



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

**Βέλτιστη διαχείριση ενεργειακών πόρων στην απελευθερωμένη
αγορά ενέργειας**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μαρία Βασάκου

Επιβλέπων: Νικόλαος Χατζηαργυρίου, Καθηγητής ΕΜΠ

Ανέστης Αναστασιάδης, Υποψήφιος Διδάκτορας ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2011



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Βέλτιστη διαχείριση ενεργειακών πόρων στην απελευθερωμένη αγορά ενέργειας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μαρία Βασάκου

Επιβλέπων: Νικόλαος Χατζηαργυρίου, Καθηγητής ΕΜΠ

Ανέστης Αναστασιάδης, Υποψήφιος Διδάκτορας ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την Δευτέρα 18 Ιουλίου 2011.

.....
Νικόλαος Χατζηαργυρίου

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Παύλος Γεωργιλάκης

Λέκτορας Ε.Μ.Π.

.....
Σταύρος Παπαθανασίου

Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2011

.....

Μαρία Βασάκου

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © 2011.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη της διαχείρισης ορυκτών πόρων και η δυνατότητα υποκατάστασής τους από μη εξαντλήσιμους πόρους. Δεδομένου ότι η οικονομία μιας κοινωνίας αλληλεπιδρά με τη φύση και την οικολογία πρέπει στις οικονομικές μελέτες να λαμβάνονται υπόψη κοινωνικοί και περιβαλλοντικοί παράγοντες, οι οποίοι μπορούν να θεωρηθούν σαν μια εξωτερική οικονομία που επηρεάζει αλλά και επηρεάζεται.

Στην Ελλάδα, ο λιγνίτης που υπάρχει σε μεγάλη ποσότητα, είναι η κύρια πηγή ηλεκτροπαραγωγής. Περιβαλλοντικοί λόγοι, όμως επιβάλλουν να γίνει βέλτιστη εξόρυξη και χρήση του αλλά και να μελετηθεί η δυνατότητα υποκατάστασης μέρους της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από λιγότερο ρυπογόνους πόρους. Οι ανανεώσιμες πηγές και πιο συγκεκριμένα τα αιολικά, λόγω των κλιματικών συνθηκών της χώρας, μπορούν να αποτελέσουν εναλλακτική για την Ελλάδα.

Θεωρούμε μια συνάρτηση ζήτησης για το λιγνίτη και μελετούμε με βάση αυτή τη βέλτιστη διαχείριση ενός αποθέματος σε ορισμένο χρόνο. Εξετάζουμε επίσης πως επιδρά η μεταβολή αυτής της καμπύλης αλλά και άλλων παραμέτρων στο σύστημα. Επίσης, συγκρίνουμε το μακροπρόθεσμο, συνολικό κόστος που έχει η χρήση αυτού του πόρου σε σχέση με την επένδυση σε αιολικά, για τη μερική υποκατάσταση του.

Στόχος μας είναι το βέλτιστο οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος για την Ελλάδα στην επόμενη δεκαετία.

Λέξεις Κλειδιά:

Βέλτιστη διαχείριση , απελευθερωμένη αγορά ενέργειας , εξαντλήσιμοι πόροι , αιολική ενέργεια , λιγνίτης

Abstract

The purpose of this diploma thesis is to study the management of mineral resources and the possibility of their substitution by non-exhaustible resources. Since the economy of a society interacts with nature and ecology, economic studies should take into account social and environmental factors that may be considered as an external economy which affect and are affected by them.

In Greece, lignite which exists in great quantity, is the main source of electricity. However, environmental reasons require the optimization of its extraction and use, but also to study the possibility of substitution, part of electricity production, from less polluting sources. Renewable energy sources and more specifically the wind energy, due to climatic conditions of the country, may become an alternative for Greece.

We consider a demand function for lignite and study an optimal management of a certain stock at a certain time period. We also study how changes of that demand curve, and also of other parameters, affect the system. Then, we compare the long-term total cost of using this resource in relation to the investment in wind energy, aiming at partial substitution.

Our goal is the optimal economic and environmental costs for Greece in the next decade.

Keywords:

Optimal management , liberalized energy market , exhaustible resources , wind power , lignite

Ευχαριστίες

Υπεύθυνος καθηγητής στην εκπόνηση της διπλωματικής μου ήταν ο κ. Ν. Χατζηαργυρίου, στον οποίο οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες για την ανάθεση αυτής και για τη δυνατότητα που μου δόθηκε μέσω αυτής να εμπλουτίσω τις γνώσεις μου πάνω στα θέματα με τα οποία ασχολείται το Εργαστήριο Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα της διπλωματικής κ. Ανέστη Αναστασιάδη, για την πολύτιμη βοήθειά του και την εξαιρετική συνεργασία μας κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένειά μου, τους γονείς μου και τα αδέρφια μου, Σπυριδούλα, Βασιλική και Βασίλη για την πολύτιμη υποστήριξη και συμπαράστασή τους σε κάθε μου βήμα όλα τα χρόνια της φοίτησής μου καθώς επίσης και τους φίλους μου Μαρία, Φωτεινή, Όπη, Νίκο, Παναγιώτη, Σουζάνα, Βαλίνα, Έλλη, Αντώνη, Χαράλαμπο, Χριστίνα για τον σεβασμό, την εμπιστοσύνη και την κατανόηση που μου παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια ως φοιτήτρια.

«Engineering is the fine art of making what you want with what you've got!»

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
1.1 ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΚΑΙ ΦΥΣΗ	13
1.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ	18
1.2.1 Γενικά	18
1.2.2 Αριστοποίηση κατά Pareto στην ανταλλαγή	19
1.2.3 Αριστοποίηση κατά Pareto στην παραγωγή	19
1.2.4 Αριστοποίηση κατά Pareto για το σύνολο της οικονομίας	19
1.3 ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	23
1.3.1 Γενικά	23
1.3.2 Ατμοσφαιρική ρύπανση	22
1.3.3 Ρύπανση των υδάτινων πόρων	24
1.3.4 Ηχητική Ρύπανση	26
1.3.5 Αισθητική Ρύπανση	27
1.4 ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΑ & ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΡΥΠΑΝΣΗΣ	28
1.4.1 Ραδιενεργή Ρύπανση	28
1.3.2 Φαινόμενο του θερμοκηπίου	29
1.3.3 Καταστροφή της στιβάδας του Όζοντος	30
1.3.4 Φαινόμενο όξινης βροχής	30
2. Η ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	32
2.1 ΓΕΝΙΚΑ	32
2.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΡΙΣΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ (ΜΕΡΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ)	32
2.3 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΡΙΣΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ (ΓΕΝΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ)	35
2.4 ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΑΓΟΡΑΣ ΠΛΗΡΟΥΣ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΥ & ΑΡΙΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	37
2.4 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΛΑΧΙΣΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΠΗΓΩΝ	39
2.6 ΜΕΤΡΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	41
2.6.1 Γενικά	41
2.6.2 Άμεσες διοικητικές ρυθμίσεις	41
2.6.3 Επιβολή φόρων στις εκπομπές ρύπανσης	42
2.6.4 Καταβολή επιδοτήσεων	43
2.6.5 Έκδοση αδειών ρύπανσης	44
2.6.6 Λοιπά μέτρα για την προστασία του περιβάλλοντος	45
2.7 ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ: ΑΝΟΜΟΙΟΜΟΡΦΑ ΑΝΑΜΙΓΝΥΟΜΕΝΟΙ ΡΥΠΟΙ	46
3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΦΕΛΟΥΣ - ΚΟΣΤΟΥΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	49
3.1 ΓΕΝΙΚΑ	49
3.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΟΦΕΛΟΥΣ ΑΠΟ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ	50
3.2.1 Η ποιότητα του περιβάλλοντος ως συμπληρωματικό ή υποκατάστατο αγαθό	50
3.2.2 Η ποιότητα του περιβάλλοντος ως συντελεστής παραγωγής	50
3.2.3 Αποτίμηση για τη μείωση της θνησιμότητας και νοσηρότητας	53
4. ΑΡΙΣΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΕΞΑΝΤΛΗΣΙΜΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ	54
4.1 ΓΕΝΙΚΑ	54
4.2 ΒΑΣΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΑΡΙΣΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΜΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΟΡΩΝ	55

4.2.1	Γενικά	55
4.2.2	Υπόδειγμα δύο χρονικών περιόδων	55
4.2.3	Η ύπαρξη ενός υποκατάστατου	59
4.3	ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΧΡΗΣΗ ΕΞΑΝΤΛΗΣΗΜΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΜΟΡΦΕΣ ΑΓΟΡΑΣ	64
4.3.1	Εξαντλήσιμοι πόροι στον τέλειο ανταγωνισμό	64
4.3.2	Εξαντλήσιμοι πόροι στο μονοπώλιο	65
4.4	ΕΠΙΤΟΚΙΟ, ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ	68
4.5	ΕΡΕΥΝΑ, ΑΝΑΚΑΛΥΨΕΙΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΟΔΟΣ	69
5.	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ.....	71
5.1	ΓΕΝΙΚΑ	71
5.2	Ο ΕΝΕΡΓΙΑΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	73
5.2.1	Γενικά	73
5.2.2	Ενεργειακοί τομείς	73
5.2.3	Ενέργεια και περιβάλλον: Πολιτικές σε εξέλιξη	79
5.3	ΘΕΩΡΙΑ ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ	80
5.4	Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ ΚΑΙ ΟΙ ΑΠΕ ΩΣ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΤΟ .	82
5.4.1	Ο λιγνίτης ως εξαντλήσιμος πόρος.....	82
5.4.2	Τα αιολικά ως υποκατάστατο του λιγνίτη	91
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ.....	95
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....	99
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ	103
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	109

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΚΑΙ ΦΥΣΗ

Το περιβάλλον άρχισε να λαμβάνεται υπόψιν στην οικονομική σκέψη γύρω στα τέλη της δεκαετίας του 1960 και πλέον η οικονομική του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων αποτελεί έναν πλήρως ανεπτυγμένο κλάδο της οικονομικής επιστήμης. Ο κλάδος αυτός μελετά την αλληλεπίδραση οικονομίας και φύσης, δηλαδή γιατί η οικονομία προκαλεί οικολογικά προβλήματα και με ποια μέτρα μπορούν αυτά να αντιμετωπιστούν. Η μελέτη αυτή γίνεται μέσω της νεοκλασικής οικονομικής θεωρίας που μελετά τη συμπεριφορά των οικονομικών μονάδων και το πώς αυτές διαχειρίζονται τους πόρους που έχουν διαθέσιμους. Επειδή επικεντρώνεται περισσότερο στη συμπεριφορά των μεμονωμένων οικονομικών μονάδων (καταναλωτές και επιχειρήσεις) παρά στα συνολικά μεγέθη της οικονομίας χρησιμοποιεί περισσότερα εργαλεία από την μικροοικονομική ανάλυση παρά από την μακροοικονομική.

Η οικονομία αλληλεπιδρά με τη φύση. Στον όρο οικονομία περιλαμβάνονται τα οικονομούντα άτομα, οι θεσμοί και οι μηχανισμοί της οικονομικής ζωής με βασική μονάδα ανάλυσης το άτομο και τη συμπεριφορά του. Ο όρος φύση, φυσικό περιβάλλον ή απλά περιβάλλον αναφέρεται στους κύκλους ύλης και ενέργειας που είναι υπεύθυνοι για τη δημιουργία, εξέλιξη και διατήρηση της ζωής στη γη. Η φύση στην οικονομική θεωρία είναι μια πηγή φυσικών πόρων που σε συνεργασία με την εργασία και το κεφάλαιο οδηγούν στην παραγωγή. Προσφέρει όμως στον άνθρωπο επιπλέον στοιχεία απαραίτητα για την ανάπτυξη ζωής (όπως ο αέρας), φυσική ομορφιά και παραμένει πάντα πηγή γνώσης. Στο φυσικό περιβάλλον καταλήγουν όμως κατάλοιπα και απορρίμματα της παραγωγής και της κατανάλωσης. Κάποια από αυτά, όπως τα οργανικά, η φύση έχει μηχανισμούς να τα αποικοδομήσει αλλά άλλες μορφές ρύπανσης, όπως ο μόλυβδος, ξεπερνούν την φέρουσα ικανότητα της φύσης, συσσωρεύονται και έχουν οικολογικές συνέπειες. Οι φυσικοί πόροι που αντλεί το οικονομικό σύστημα αναπαράγονται αργά ή γρήγορα ενώ υπάρχει και η δυνατότητα ανακύκλωσής τους αλλά δεν είναι ανεξάντλητοι και τίθεται λοιπόν το ερώτημα εάν και υπό ποιες συνθήκες είναι δυνατή η διατηρήσιμη ανάπτυξη.

Η οικονομική του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων συνδυάζοντας όλα τα παραπάνω αναλύει την καταστροφή του περιβάλλοντος λόγω ρύπανσης, τον κίνδυνο εξάντλησης των φυσικών πόρων και πώς αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν την ανάπτυξη τώρα και μελλοντικά. Για το σκοπό αυτό λαμβάνει υπόψιν και άλλες φυσικές επιστήμες με κυριότερη αυτή της οικολογίας που ασχολείται με την αλληλεπίδραση των ζώντων οργανισμών μεταξύ τους και με το αβιοτικό περιβάλλον τους.

Η οικολογία ξεπερνά την βιολογία που μελετά τους οργανισμούς μεμονωμένα. Το φυσικό περιβάλλον έχει ένα βιοτικό μέρος (έμβια όντα) και ένα αβιοτικό (άβια ύλη και φυσικοί παράγοντες όπως θερμοκρασία). Στη συνέχεια δίνονται κάποιοι πολύ χρήσιμοι ορισμοί. Πληθυσμό ονομάζουμε το σύνολο των μελών ενός είδους που κατοικεί σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Η βιοκοινότητα ή κοινότητα αποτελείται από όλους τους πληθυσμούς διαφορετικών ειδών σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Ως οικοσύστημα ορίζεται μια βιοκοινότητα και το φυσικό της περιβάλλον και περιλαμβάνει τις αλληλεπιδράσεις των οργανισμών μεταξύ τους και με το μη βιοτικό περιβάλλον, πχ. οικοσύστημα ενός δάσους, μιας λίμνης κλπ. Όλες οι κοινότητες των έμβιων οργανισμών της γης, μεταξύ αυτών και οι ανθρώπινες, συγκροτούν τη βιόσφαιρα. Η βιόσφαιρα και οι αλληλεπιδράσεις της με την ατμόσφαιρα (αέρας), την υδρόσφαιρα (νερό) και τη λιθόσφαιρα (εξωτερικός στερεός φλοιός της γης) αποτελούν την οικόσφαιρα, δηλαδή το οικοσύστημα ολόκληρης της γης. Κάθε οικοσύστημα διατηρείται μέσω των κύκλων της ζωής,

της ύλης και της ενέργειας. Η ενέργεια, η οποία αντλείται από τον ήλιο και είναι απαραίτητη για τις βιολογικές λειτουργίες, είναι η ικανότητα ενός σώματος να παράγει έργο. Η μελέτη της ενέργειας και των μετατροπών της αποτελούν αντικείμενο της θερμοδυναμικής.

Σύμφωνα με τον πρώτο νόμο της θερμοδυναμικής η ενέργεια και η ύλη δεν μπορούν να δημιουργηθούν ή να καταστραφούν. Άρα οι ζώντες οργανισμοί παίρνουν ενέργεια από το περιβάλλον τους την οποία και μετατρέπουν. Εφόσον η ύλη δεν καταστρέφεται, όταν τα ανόργανα και οργανικά απορρίμματα υπερβαίνουν τη φέρουσα ικανότητα της φύσης για απορρόφηση και αποικοδόμηση, δημιουργείται ρύπανση και καταστρέφεται το φυσικό περιβάλλον. Αυτό σημαίνει ότι η παραγωγική διαδικασία γίνεται δυνατή μόνο με συνδυασμό του φυσικού κεφαλαίου με το παραγμένο κεφάλαιο και το ανθρώπινο κεφάλαιο αφού υπάρχει όριο στη δυνατότητα υποκατάστασης μεταξύ του φυσικού και παραγμένου κεφαλαίου στα πλαίσια του οικονομικού συστήματος.

Ο δεύτερος νόμος της θερμοδυναμικής είναι ο νόμος της εντροπίας. Σύμφωνα με αυτόν, καθώς η ενέργεια μετασχηματίζεται από τη μια μορφή στην άλλη, μέρος της χρήσιμης ενέργειας υποβαθμίζεται σε μια μορφή που είναι λιγότερο χρήσιμη. Καθώς λοιπόν αυξάνεται η χρήση της ενέργειας, αυξάνεται και η εντροπία, δηλαδή το ποσό της ενέργειας που δεν είναι διαθέσιμο για έργο, αφού μέρος της ενέργειας μετατρέπεται σε θερμότητα στο περιβάλλον. Άρα καμία διαδικασία μετατροπής ενέργειας δεν έχει βαθμό απόδοσης 100%. Εάν δηλαδή η γη θεωρηθεί κλειστό σύστημα με συγκεκριμένους πόρους, η χρήση τους αυξάνει την εντροπία, η πόροι υποβαθμίζονται και το σύστημα καθίσταται μη διατηρήσιμο.

Οι δύο νόμοι της θερμοδυναμικής θέτουν αρκετούς περιορισμούς σε ένα κλειστό σύστημα. Η γη όμως δεν είναι κλειστό σύστημα καθώς εισάγει ενέργεια από τον ήλιο μέσω της φωτοσύνθεσης των φυτών. Η φωτοσύνθεση είναι μια βιολογική διεργασία κατά την οποία τα φυτά απορροφούν ηλιακή ενέργεια και την μετασχηματίζουν σε χημική για να καλύψουν τις ανάγκες τους (γι' αυτό ονομάζονται παραγωγοί ή αυτότροφοι οργανισμοί). Τα φυτά αποτελούν τον πρώτο κρίκο των τροφικών αλυσίδων μέσω των οποίων μεταφέρεται η ενέργεια από τον έναν οργανισμό στον άλλο. Η ροή ενέργειας μέσω των τροφικών αλυσίδων είναι μονόδρομη από τους παραγωγούς, στους καταναλωτές και τέλος στους αποσυνθέτες. Παραγωγοί είναι η χλωρίδα ξηράς και νερού καθώς και το φυτοπλαγκτόν. Καταναλωτές ή ετερότροφοι οργανισμοί είναι οι ζωικοί. Χωρίζονται σε πρωτογενείς (φυτοφάγα ζώα), δευτερογενείς (σαρκοβόρα που τρέφονται από φυτοφάγα) και τριτογενείς (σαρκοβόρα που τρέφονται από άλλα σαρκοβόρα). Τα παμφάγα, όπως ο άνθρωπος, τρέφονται με φυτά και ζώα. Οι αποσυνθέτες είναι μικρόβια, βακτηρίδια και μύκητες που αποσυνθέτουν την οργανική ύλη σε ανόργανα στοιχεία τροφοδοτώντας την φωτοσύνθεση. Αποσυνθέτες υπάρχουν σε όλους τους κρίκους των τροφικών αλυσίδων οι οποίες συμπλέκονται δημιουργώντας τροφικά δίκτυα. Σε μια τροφική αλυσίδα, επειδή όταν η ενέργεια χρησιμοποιείται από έναν οργανισμό δεν είναι διαθέσιμη για χρήση από άλλον, η ενέργεια μειώνεται σε κάθε διαδοχικό κρίκο σύμφωνα με το δεύτερο νόμο θερμοδυναμικής. Αυτό διαγραμματικά περιγράφεται από τις οικολογικές πυραμίδες.

Σε μια κοινότητα, οι οργανισμοί αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Οι κύριοι τρόποι είναι η καταβρόχθιση ενός είδους από ένα άλλο, η συμβίωση και ο ανταγωνισμός. Στα πλαίσια αυτών των σχέσεων, οι διαφορετικοί πληθυσμοί ενός οικοσυστήματος σε φυσική κατάσταση τείνουν σε ισορροπία την οποία μπορεί να διαταράξουν επεμβάσεις από τον άνθρωπο.

Η οργανική ύλη των έμβιων όντων δημιουργείται από βασικές ανόργανες ουσίες, οι κύκλοι των οποίων είναι σημαντικοί για τη διατήρηση της ζωής. Παρατίθενται λοιπόν σύντομα οι κύκλοι των σημαντικότερων ανόργανων στοιχείων.

Το νερό με επενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας εξατμίζεται και δημιουργούνται νέφη στον ουρανό. Τα νέφη αυτά μετακινούνται από τον αέρα και όταν ψύχονται το νερό επιστρέφει

λόγω της βαρύτητας στη γη με τη μορφή βροχής ή χιονιού. Ένα μέρος χρησιμοποιείται από τη χλωρίδα και την πανίδα και το υπόλοιπο τροφοδοτεί τα υπόγεια στρώματα, τις λίμνες, τα ποτάμια και τους ωκεανούς από όπου εξατμίζεται ξανά. Ο κύκλος διαταράσσεται με αλλαγές της θερμοκρασίας και της διαδοχής των εποχών. Άρα προβλήματα μπορούν να προκαλέσουν η ατμοσφαιρική ρύπανση, η ρύπανση των υδάτων, αποδασώσεις και διάφορα ανθρώπινα έργα.

Ο άνθρακας αποτελεί βασικό στοιχείο της οργανικής ύλης. Τα φυτά τον αντλούν από την ατμόσφαιρα και τον ενσωματώνουν σε χημικές ενώσεις. Μεγάλες ποσότητες του αποθηκεύονται στα δέντρα, τα ορυκτά καύσιμα, την ατμόσφαιρα και τη θάλασσα η οποία απορροφά το πλεονάζον CO₂ στην ατμόσφαιρα. Ο άνθρακας επιστρέφει στην ατμόσφαιρα μέσω της αναπνοής των οργανισμών και της καύσης καυσίμων και ξύλου. Ο κύκλος διαταράσσεται από πυρκαγιές, αποδασώσεις και μεγάλη χρήση ορυκτών καυσίμων.

Το οξυγόνο αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την ύπαρξη ζωής. Εκλύεται με τη φωτοσύνθεση στην ατμόσφαιρα απ' όπου απορροφάται κατά την αναπνοή των οργανισμών. Ο κύκλος του έχει την αντίθετη φορά από αυτή του άνθρακα. Αποθηκευτικές δεξαμενές του οξυγόνου είναι η ατμόσφαιρα και η θάλασσα που εξισορροπούνται. Προβλήματα δημιουργούνται σε υδάτινους πόρους λόγω λιπασμάτων που πολλαπλασιάζουν τα φύκια (ευτροφισμός). Με τον ευτροφισμό μειώνεται το οξυγόνο του νερού οδηγώντας άλλους υδρόβιους οργανισμούς (ψάρια) σε ασφυξία.

Το άζωτο συμμετέχει με τον άνθρακα και το οξυγόνο στη δημιουργία της οργανικής ύλης. Αποτελεί το κύριο συστατικό της ατμόσφαιρας αλλά δεν συνδυάζεται εύκολα με άλλα στοιχεία. Μικροοργανισμοί το μετατρέπουν σε αμμωνία και νιτρικά άλατα κάνοντας έτσι τον κύκλο των τροφικών αλυσίδων. Η υπερβολική χρήση αζωτούχων λιπασμάτων στη γεωργία μπορεί να προκαλέσει ευτροφισμό και να μολύνει το πόσιμο νερό. Ο φώσφορος συμμετέχει στη σύνθεση πρωτεϊνών και ζωντανών κυττάρων. Δεν συναντάται σε αέρια μορφή. Βρίσκεται στη λιθόσφαιρα και μέσω της απόπλυσης της επιφάνειας μεταφέρεται στη βιόσφαιρα. Μέσω των φυτών εισέρχεται στις τροφικές αλυσίδες όπου οι αποσυνθέτες ολοκληρώνουν τον κύκλο του. Χρήση υπερβολικών ποσοτήτων φωσφόρου μπορεί να δημιουργήσει, όπως και με το άζωτο, το φαινόμενο του ευτροφισμού.

Με αυτόν τον τρόπο τα ανόργανα στοιχεία συντελούν στη δημιουργία της οργανικής ύλης των φυτών και μέσω των τροφικών αλυσίδων όλων των οργανισμών. Στο τέλος η οργανική ύλη αποσυντίθεται και ο κύκλος ξεκινάει πάλι. Αυτός ο κύκλος μπορεί να επηρεαστεί από ανθρώπινες οικονομικές δραστηριότητες με αρνητικές επιπτώσεις στην οικόσφαιρα.

Οι παράγοντες που συχνά αναφέρονται ως αιτίες των οικολογικών προβλημάτων είναι η αύξηση του πληθυσμού, η αστικοποίησή του, η εκβιομηχάνιση σε συνάρτηση με την τεχνολογία, η οικονομική ανάπτυξη και η αύξηση του κατά κεφαλήν εισοδήματος.

Η αύξηση του πληθυσμού έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής και της κατανάλωσης. Ταυτόχρονα προκαλεί αύξηση της ζήτησης φυσικών πόρων, καθώς και αύξηση απορριμμάτων και ρύπανσης με αρνητικές επιπτώσεις. Οι ρυθμοί αύξησης του πληθυσμού της γης τις τελευταίες δεκαετίες θεωρούνται υψηλοί αλλά παρουσιάζουν τελευταία μια επιβράδυνση. Οι αναπτυσσόμενες χώρες έχουν μεγαλύτερο πληθυσμό, μεγαλύτερο ρυθμό αύξησης πληθυσμού αλλά μικρότερο κατά κεφαλήν ετήσιο εισόδημα και αναμενόμενη διάρκεια ζωής κατοίκων από τις αναπτυγμένες. Κατά την περίοδο 1950-90 ο πληθυσμός της γης υπερδιπλασιάστηκε για διάφορους λόγους και σαν μέτρο ελέγχου του προτείνεται ο έλεγχος των γεννήσεων. Το μέτρο αυτό προσεγγίζει οικονομικά η μικροοικονομική θεωρία της γονιμότητας σύμφωνα με την οποία τα παιδιά είναι διαρκή καταναλωτικά αγαθά για τους γονείς άρα ο άριστος πληθυσμός παιδιών προκύπτει από την τομή των καμπυλών προσφοράς και ζήτησης παιδιών οι οποίες μπορούν να επηρεαστούν από μέτρα πολιτικής. Συνήθως προτείνονται

μετριοπαθή μέτρα όπως βελτίωση κοινωνικής ασφάλισης, βελτίωση της θέσης της γυναίκας και οικονομικά κίνητρα.

Η αστικοποίηση προκαλεί μεγάλη συγκέντρωση του πληθυσμού και της κατανάλωσης σε περιορισμένη περιοχή παρεμποδίζοντας της κλιματικές και φυσικές συνθήκες, προκαλώντας μεγάλη συγκέντρωση ρύπανσης και απορριμμάτων που ξεπερνούν τη φέρουσα ικανότητα αποδόμησής τους από το περιβάλλον. Η αστικοποίηση αφορά στη συγκέντρωση ατόμων και επιχειρήσεων στις πόλεις καθώς οι μεν αναζητούν περισσότερες ευκαιρίες και καλύτερες υπηρεσίες ενώ οι δε αναζητούν αύξηση του κέρδους τους στις μεγαλύτερες και καλύτερες αγορές. Μέτρα για την αποκέντρωση θα πρέπει να έχουν ως στόχο τον επηρεασμό της συμπεριφοράς των οικονομικών αυτών μονάδων μέσω κινήτρων και την ανάπτυξη σχετικών υποδομών στην περιφέρεια. Η ταχεία εκβιομηχάνιση σε συνδυασμό με την τεχνολογία θεωρείται από τους βασικούς παράγοντες της καταστροφής του φυσικού περιβάλλοντος καθώς χρησιμοποιεί μεγάλες ποσότητες φυσικών πόρων, είναι ενεργοβόρα και συμπαραγάγει μεγάλες ποσότητες ρύπανσης.

Από μικροοικονομική σκοπιά, οι επιχειρήσεις προβαίνουν σε αξιολόγηση των εναλλακτικών επενδύσεων και επιλέγουν εκείνη η οποία θα τους αποδώσει το μεγαλύτερο κέρδος. Λαμβάνουν όμως υπόψιν μόνο το ιδιωτικό όφελος και κόστος αγνοώντας εξωτερικές οικονομίες όπως η ρύπανση, εφόσον δεν υπάρχει παρέμβαση του κράτους εκτός και αν κάποιες τεχνολογίες που οδηγούν σε εξοικονόμηση ενέργειας αξιολογηθούν ως οικονομικά βιώσιμες. Στόχος της οικονομικής του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων είναι να αναλύσει τις περιπτώσεις κατά τις οποίες υπάρχει διάσταση μεταξύ ιδιωτικού και κοινωνικού κόστους με αρνητικές επιπτώσεις για το φυσικό περιβάλλον και να προτείνει μέτρα τα οποία θα επιβάλλουν το πλήρες κόστος για κάθε οικονομική δραστηριότητα.

Τα προβλήματα που προκαλεί η οικονομική ανάπτυξη στο περιβάλλον μπορούν να αναλυθούν μέσω των παραγόντων που την διέπουν και του τρόπου μέτρησής της. Ως δείκτες οικονομικής ανάπτυξης χρησιμοποιούνται το Ακαθάριστο και το Καθαρό Εθνικό Προϊόν (ΑΕΠ και ΚΕΠ), συνήθως σε κατά κεφαλή βάση. Το ΑΕΠ όμως δεν περιλαμβάνει προϊόντα από δραστηριότητες που δεν εκδηλώνονται μέσα στην αγορά και επομένως δεν αποτιμώνται μέσω της αγοράς όπως η ρύπανση, τα ελεύθερα και δημόσια αγαθά. Όσον αφορά το ΚΕΠ, οι αποσβέσεις περιλαμβάνουν μόνο τη φθορά του παραγμένου κεφαλαίου και όχι του φυσικού. Συμπερασματικά, η γνωστή παραδοσιακή μέτρηση του ΑΕΠ και του ΚΕΠ συντείνει ώστε η οικονομική ανάπτυξη να αγνοεί την καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος που προκαλεί. Η οικονομική του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων διερευνά μέτρα τα οποία να συνδυάζονται με το μηχανισμό της αγοράς και να έχουν ως αποτέλεσμα την αλλαγή της συμπεριφοράς των οικονομικών μονάδων ώστε να επιτυγχάνεται η προστασία του περιβάλλοντος. Επίσης διερευνά μεταβολές στη μέτρηση του ΑΕΠ και ΚΕΠ ώστε οι δείκτες να δίνουν τα σωστά μηνύματα σχετικά με τη διατηρησιμότητα ή μη των σημερινών επιπέδων κατανάλωσης.

Έχουν εντούτοις αναπτυχθεί αξιόλογες κριτικές θεωρήσεις της οικονομικής του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων ως προς μερικές βασικές της υποθέσεις, τον τρόπο ανάλυσης που ακολουθεί και τα συμπεράσματα που εξάγει, καθώς στηρίζεται στην νεοκλασική οικονομική θεωρία. Οι πιο ριζοσπαστικές αναλύσεις των οικολογικών προβλημάτων (Μαρξιστική θεωρία και Κοινωνική οικολογία) απομακρύνονται πλήρως από τη νεοκλασική θεωρία και χρησιμοποιούν άλλες βασικές έννοιες προκειμένου να αναλύσουν την οικονομία και την αλληλεπίδρασή της με τη φύση. Θεωρούν ότι τα οικολογικά προβλήματα είναι το αποτέλεσμα του τρόπου οργάνωσης των σύγχρονων κοινωνιών (ταξικές σχέσεις και σχέσεις εξουσίας αντίστοιχα). Η παραγωγή και κατα συνέπεια η προσφορά προϊόντων προς κατανάλωση

στο σύστημα της ελεύθερης αγοράς οργανώνεται με βάση το κέρδος και σαν δευτερεύον αποτέλεσμα έχει την ικανοποίηση των ανθρωπίνων αναγκών. Επιπλέον, ο τρόπος που δημιουργούνται και ικανοποιούνται οι ανθρώπινες ανάγκες αποτελεί συστατική διαδικασία των δυτικών κοινωνιών.

Σύμφωνα με τις ριζοσπαστικές αντιλήψεις, τα οικολογικά προβλήματα θα λυθούν σε ένα κοινωνικό σύστημα που οι άνθρωποι θα καθορίζουν συλλογικά την παραγωγική τους δραστηριότητα και θα ιδιοποιούνται τα αποτελέσματά της, στη βάση της ισότιμης κοινωνικής συμμετοχής.

1.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

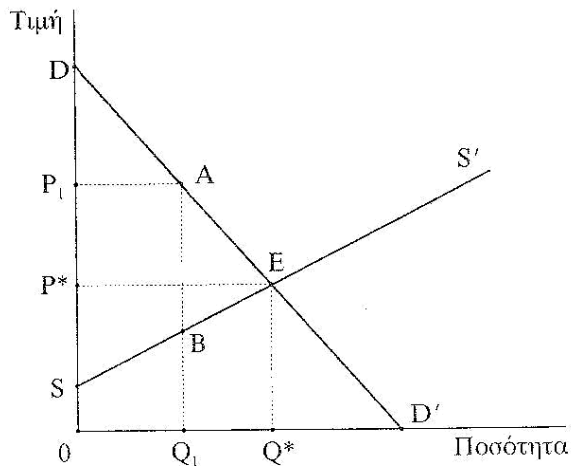
1.2.1 Γενικά

Η οικονομική του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων, όπως ήδη αναφέραμε, στηρίζεται στη μικροοικονομική (νεοκλασική) θεωρία. Η μεγιστοποίηση της χρησιμότητας του καταναλωτή και η μεγιστοποίηση του κέρδους του παραγωγού αποτελούν τα πρωταρχικά κίνητρα για την ανάληψη μιας οικονομικής δραστηριότητας που αφορά στο φυσικό περιβάλλον. Οι αποφάσεις για την ανάληψή της απαιτούν ένα κριτήριο. Αυτό είναι η αποτελεσματικότητα της κατανομής των πόρων. Μια κατανομή πόρων χαρακτηρίζεται αποτελεσματική όταν μεγιστοποιείται το καθαρό όφελος που προκύπτει από τη συγκεκριμένη κατανομή έναντι εναλλακτικών χρήσεων.

Το κριτήριο της αποτελεσματικότητας στηρίζεται στο κριτήριο του Pareto. Μια κατανομή θεωρείται άριστη κατά Pareto όταν καμιά μεταβολή από αυτήν δεν μπορεί να βελτιώσει τη θέση ενός ή περισσότερων ατόμων χωρίς να χειροτερεύσει τη θέση άλλων. Οι αποτελεσματικές κατανομές των πόρων είναι άριστες κατά Pareto.

Για να καταλήξουμε στις απαραίτητες συνθήκες υποθέτουμε ότι (i) οι συναρτήσεις χρησιμότητας και παραγωγής είναι διπλά παραγωγίσιμες και κοίλες, (ii) δεν υπάρχει κορεσμός εκ μέρους των καταναλωτών, (iii) δεν υπάρχουν εξωτερικές οικονομίες. Στην περίπτωση των εξωτερικών οικονομιών, των δημόσιων και ελεύθερων αγαθών θα διερευνήσουμε πώς επηρεάζονται οι συνθήκες αριστοποίησης κατά Pareto.

Στη στατική ανάλυση λαμβάνουμε αποφάσεις μεταξύ εναλλακτικών κατανομών πόρων οι οποίες αφορούν στην ίδια χρονική περίοδο. Επιδιώκουμε τη μεγιστοποίηση του καθαρού οφέλους. Στις αναλύσεις μερικής ισορροπίας, η καμπύλη ζήτησης χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του οφέλους, ενώ η καμπύλη προσφοράς για τη μέτρηση του κόστους. Το καθαρό όφελος ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ του συνολικού οφέλους και του συνολικού κόστους και η μεγιστοποίησή του επιτυγχάνεται γεωμετρικά στο σημείο τομής των καμπυλών ζήτησης και προσφοράς.



DD'	συνάρτηση ζήτησης
SS'	συνάρτηση προσφοράς
QQ*	επίπεδο προϊόντος
ODEQ*	συνολικό όφελος
OP*EQ*	ποσό πληρωμής
P*DE	πλεόνασμα καταναλωτή
OSEQ*	συνολικό κόστος παραγωγής
OP*EQ*	έσοδα παραγωγού
SP*E	πλεόνασμα παραγωγού
SDE	καθαρό όφελος

Διάγραμμα 2.1 Μεγιστοποίηση καθαρού οφέλους.

Το επίπεδο QQ* είναι άριστο κατά Pareto

Αν με P και Q συμβολίσουμε την τιμή και ποσότητα του προϊόντος αντίστοιχα, οι συνθήκες για τη μεγιστοποίηση του καθαρού οφέλους στην ανάλυση μερικής ισορροπίας είναι:

$$\begin{aligned} D(Q^*) - S(Q^*) &= 0 \\ D'(Q^*) - S'(Q^*) &< 0 \end{aligned} \quad (1.1)$$

Για την ανάλυση γενικής ισορροπίας θα υποθέσουμε ότι έχουμε μια οικονομία που αποτελείται από δύο καταναλωτές και δύο επιχειρήσεις και ότι παράγονται και καταναλώνονται δύο αγαθά.

1.2.2 Αριστοποίηση κατά Pareto στην ανταλλαγή

Εάν U_A και U_B οι συναρτήσεις χρησιμότητας των καταναλωτών και q_{1A} , q_{2A} οι ποσότητες των αγαθών που καταναλώνει ο A και q_{1B} , q_{2B} αντίστοιχα για τον B προκύπτει με χρήση πολλαπλασιαστών Lagrange ότι:

$$\frac{\partial U_A / \partial q_{1A}}{\partial U_A / \partial q_{2A}} = \frac{\partial U_B / \partial q_{1B}}{\partial U_B / \partial q_{2B}} \quad (1.2)$$

Η ισορροπία δηλαδή επιτυγχάνεται όταν ο οριακός λόγος υποκατάστασης (Ο.Λ.Υ.) του αγαθού 1 σε 2 είναι ο αυτός και για τους δύο καταναλωτές. Η συνθήκη αυτή ικανοποιείται σε συνθήκες πλήρους ανταγωνισμού.

1.2.3 Αριστοποίηση κατά Pareto στην παραγωγή

Έστω ότι υπάρχουν δύο επιχειρήσεις που απασχολούν δύο παραγωγικούς συντελεστές: κεφάλαιο (K) και εργασία (L). Η μία παράγει το προϊόν 1 (q_1) και η άλλη το προϊόν 2 (q_2). Προκύπτει ότι:

$$\frac{\partial F_1 / \partial K_1}{\partial F_1 / \partial L_1} = \frac{\partial F_2 / \partial K_2}{\partial F_2 / \partial L_2} \quad (1.3)$$

Άρα για την ισορροπία της παραγωγής, ο οριακός λόγος τεχνικής υποκατάστασης (Ο.Λ.Τ.Υ.) μεταξύ δύο συντελεστών παραγωγής πρέπει να είναι ο ίδιος για όλες τις επιχειρήσεις. Η συνθήκη αυτή ικανοποιείται σε συνθήκες πλήρους ανταγωνισμού.

1.2.4 Αριστοποίηση κατά Pareto για το σύνολο της οικονομίας

Η άριστη κατανομή κατά Pareto για την οικονομία ως σύνολο απαιτεί συνθήκες για την επίτευξη της ισορροπίας μεταξύ παραγωγής και ανταλλαγής. Κατ' αντιστοιχία με πριν καταλήγουμε ότι:

$$\frac{\frac{\partial U_A}{\partial q_{1A}}}{\frac{\partial U_A}{\partial q_{2A}}} = \frac{\frac{\partial F}{\partial q_1}}{\frac{\partial F}{\partial q_2}} \quad (1.4)$$

$$\frac{\frac{\partial U_B}{\partial q_{1B}}}{\frac{\partial U_B}{\partial q_{2B}}} = \frac{\frac{\partial F}{\partial q_1}}{\frac{\partial F}{\partial q_2}}$$

Αυτές οι σχέσεις δείχνουν πως για μια άριστη κατανομή, ο οριακός λόγος υποκατάστασης αγαθών για κάθε καταναλωτή πρέπει να ισούται με τον οριακό λόγο μετασχηματισμού των αγαθών στην παραγωγή. Αυτές οι συνθήκες ικανοποιούνται σε συνθήκες πλήρους ανταγωνισμού.

Το κριτήριο του Pareto μας βοηθά να επιλέξουμε αποτελεσματικές κατανομές των πόρων στηριζόμενοι στην αρχική διανομή τους ή, εναλλακτικά, στην αρχική διανομή του εισοδήματος όμως ενέχει σοβαρές αξιολογικές κρίσεις αφού εξ ορισμού θέτει εκτός επιλογής κάποιες κατανομές και στηρίζεται στο status quo της κατανομής των πόρων. Επιπλέον, είναι δυνατόν να οδηγήσει σε απροσδιοριστία, αφού η οικονομία από μια μη αποτελεσματική κατανομή των πόρων μπορεί συνήθως να οδηγηθεί σε πολλές εναλλακτικές άριστες κατανομές κατά Pareto. Οπότε χρειάζονται περαιτέρω αξιολογικές κρίσεις οι οποίες, μαζί με τα αποτελέσματά τους, δεν είναι απαραίτητο να είναι αποδεκτές από όλα τα άτομα μιας κοινωνίας.

Στη δυναμική ανάλυση, ο χρόνος αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα. Προεξοφλώντας τα καθαρά οφέλη στην παρούσα περίοδο, υπολογίζουμε την παρούσα αξία αυτών των καθαρών οφελών. Έστω B η διαχρονική ροή των οφελών, C η διαχρονική ροή των εξόδων και r το επιτόκιο προεξόφλησης. Η παρούσα αξία της διαχρονικής ροής των καθαρών οφελών είναι:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \quad (1.5)$$

Το κριτήριο της αποτελεσματικότητας απαιτεί τη μεγιστοποίηση της καθαρής παρούσας αξίας. Στην περίπτωση του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων, η αρχή της δυναμικής αποτελεσματικότητας δεν θεωρείται επαρκές κριτήριο για την επιλογή εναλλακτικών κατανομών των πόρων γιατί πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν και η διατηρησιμότητα των μελλοντικών γενεών. Σύμφωνα λοιπόν με το κριτήριο της διατηρησιμότητας ή αειφορίας (sustainability criterion) η κατανομή των πόρων και η χρήση του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων θα είναι άριστες διαχρονικά όταν καμία αλλαγή δεν μπορεί να βελτιώσει τη θέση της σημερινής γενεάς χωρίς να χειροτερεύσει τη θέση των μελλοντικών γενεών.

Η δυναμική αποτελεσματικότητα φαίνεται να είναι σε αντίθεση με το κριτήριο της διατηρησιμότητας. Η πλειοψηφία των νεοκλασικών οικονομολόγων υποστηρίζει πως αυτό δεν ισχύει όταν τα οφέλη μοιράζονται κατάλληλα μεταξύ των γενεών. Οι μελλοντικές γενεές όμως δεν είναι παρούσες για να εκφράσουν τις επιθυμίες τους και επίσης η εξάντληση φυσικών πόρων κρίσιμης σημασίας μπορεί να είναι μη αντιστρέψιμη. Άρα σήμερα οι περισσότεροι συγκλίνουν πως τα κριτήρια της δυναμικής αποτελεσματικότητας και της διατηρησιμότητας θα μπορούσαν να συνδυαστούν.

Εξωτερική οικονομία υφίσταται όταν η ευημερία μιας οικονομικής μονάδας εξαρτάται όχι μόνο από τις δικές της δραστηριότητες αλλά και από δραστηριότητες άλλων μονάδων πάνω στις οποίες δεν έχει κανέναν έλεγχο. Ο μηχανισμός της αγοράς πλήρους ανταγωνισμού αδυνατεί να εξασφαλίσει την άριστη κατανομή των πόρων στην περίπτωση των εξωτερικών οικονομιών καθώς το ιδιωτικό οριακό κόστος διαφέρει από το κοινωνικό. Στην συμπαραγωγή προϊόντων και ρύπανσης, η αγορά, χωρίς εξωτερική παρέμβαση, οδηγεί σε μεγαλύτερη παραγωγή προϊόντος και επομένως και ρύπανσης από όσο είναι κοινωνικά άριστο, η τιμή του προϊόντος είναι χαμηλή και δεν υπάρχει κίνητρο για περιορισμό της ρύπανσης. Η κλασική αντιμετώπιση της εξωτερικής οικονομίας από τη μικροοικονομική θεωρία ήταν η επιβολή φόρου (ή η χορήγηση επιδότησης) αλλά δεν πρόκειται για απλή λύση.

Μια κατηγορία εξωτερικών οικονομιών είναι οι χρηματικές εξωτερικές οικονομίες που δημιουργούνται και μεταδίδονται με μεταβολές στις τιμές των αγαθών των παραγωγικών συντελεστών. Αυτές όμως δεν οδηγούν σε αποτυχία του μηχανισμού της αγοράς και δεν δημιουργούν ανησυχίες για την κατανομή των πόρων.

Θεωρητικά το μονοπώλιο παράγει μικρότερο επίπεδο προϊόντος και επομένως και ρύπανσης από τον πλήρη ανταγωνισμό στην περίπτωση αρνητικών εξωτερικών οικονομιών αφού ο παραγωγός στο μονοπώλιο εξισώνει το οριακό του έσοδο με το ιδιωτικό οριακό του κόστος και έτσι παράγει επίπεδο προϊόντος μικρότερο του επιπέδου του τέλει ανταγωνισμού.

Τα δημόσια αγαθά είναι αγαθά που παρουσιάζουν αδιαιρετότητες στην κατανάλωση (δηλαδή η κατανάλωση ενός ατόμου δεν μειώνει το πόσο που είναι διαθέσιμο στους άλλους) και επιπλέον δεν υπάρχει η δυνατότητα αποκλεισμού. Το δημόσιο αγαθό μπορεί να θεωρηθεί σαν ακραία περίπτωση εξωτερικής οικονομίας. Στα οικονομικά του περιβάλλοντος, η ποιότητα του περιβάλλοντος θεωρείται ως ένα δημόσιο αγαθό. Οι συνθήκες της άριστης κατά Pareto κατανομής δεν ισχύουν για τα δημόσια αγαθά και πρέπει να εξάγουμε νέες.

Έστω ότι υπάρχουν δύο καταναλωτές και δύο αγαθά κατά αναλογία με τα προηγούμενα. Το αγαθό 1 όμως τώρα είναι απλό, ενώ το αγαθό 2 είναι δημόσιο. Καταλήγουμε λοιπόν ότι:

$$\frac{\partial U_A / \partial q_2}{\partial U_A / \partial q_{1A}} + \frac{\partial U_B / \partial q_2}{\partial U_B / \partial q_{1B}} = \frac{\partial F / \partial q_2}{\partial F / \partial q_1} \quad (1.6)$$

Άρα το άθροισμα των οριακών λόγων υποκατάστασης του δημόσιου αγαθού q_2 σε q_1 για τους καταναλωτές Α και Β πρέπει να ισούται με τον οριακό λόγο μετασχηματισμού των αγαθών στην παραγωγή. Αυτή η σχέση διαφέρει σαφώς από αυτές που αφορούσαν δύο απλά (ιδιωτικά) αγαθά.

Ο ιδιωτικός τομέας δεν είναι σε θέση να παράγει τα δημόσια αγαθά σε ποσότητες που είναι κοινωνικά άριστες. Στην περίπτωση του δημόσιου αγαθού δεν μπορούμε να αθροίσουμε οριζόντια τις ατομικές καμπύλες ζήτησης για να εξάγουμε τη συνολική καμπύλη ζήτησης. Αυτή προκύπτει τώρα αθροίζοντας κάθετα τις καμπύλες ζήτησης για κάθε επίπεδο κατανάλωσης του δημόσιου αγαθού. Το άριστο επίπεδο παραγωγής προκύπτει έπειτα από διαφορική τιμολόγηση για τον κάθε καταναλωτή. Ο διαφορισμός τιμής, βέβαια, είναι δυνατός όταν οι καμπύλες ζήτησης είναι γνωστές. Εφόσον όμως δεν υπάρχει η δυνατότητα αποκλεισμού, οι καταναλωτές έχουν κίνητρο να μην αποκαλύψουν τις πραγματικές τους προτιμήσεις και να προσπαθήσουν να καταναλώνουν δωρεάν.

Πολλά αγαθά και φυσικοί πόροι χαρακτηρίζονται ελεύθερα γιατί παρέχονται από τη φύση σε αφθονία σε σχέση με τη ζήτησή τους όπως ο αέρας και το νερό των φυσικών πηγών.

Κάποια από αυτά όμως παύουν να συναντώνται σε αφθονία όταν αυξάνεται υπερβολικά η ζήτησή τους και αυτό εγκυμονεί κινδύνους έλλειψής τους λόγω υπερβολικής χρήσης όταν η στενότητα δεν γίνεται αντιληπτή.

Η δημιουργία εξωτερικών οικονομιών και η ύπαρξη δημόσιων αγαθών που οδηγούν στη χειροτέρευση της ποιότητας του περιβάλλοντος, μπορούν να θεωρηθούν ως περιπτώσεις πόρων και αγαθών για τα οποία δεν υπάρχει σαφής καθορισμός δικαιωμάτων ιδιοκτησίας οπότε ο μηχανισμός της αγοράς δεν μπορεί να λειτουργήσει αποτελεσματικά. Το δικαίωμα ιδιοκτησίας είναι ένα σύνολο νομικών τίτλων που ορίζουν τα δικαιώματα του ιδιοκτήτη, τα προνόμια και τους περιορισμούς για τη χρήση των πόρων. Τα δικαιώματα αυτά πρέπει να χαρακτηρίζονται από: καθολικότητα, δυνατότητα αποκλεισμού, μεταβίβασης και επιβολής και κατοχύρωσης. Τότε ο ιδιοκτήτης ενός πόρου έχει κίνητρο να τον χρησιμοποιήσει αποδοτικά, αφού τόσο το όφελος από την αποτελεσματική του χρήση όσο και τη ζημιά από τυχόν κακή χρήση την υφίσταται μόνο αυτός.

Με βάση αυτά τα δικαιώματα μπορεί να εξηγηθεί γιατί υπάρχουν προβλήματα στην περίπτωση εξωτερικών οικονομιών και δημόσιων αγαθών όπου δεν υφίσταται η έννοια του αποκλεισμού καθώς και στην περίπτωση ελεύθερων αγαθών για τα οποία δεν υπάρχουν ατομικά ή συλλογικά δικαιώματα ιδιοκτησίας. Ο σαφής καθορισμός δικαιωμάτων ιδιοκτησίας έχει συχνά προταθεί ως λύση των περιβαλλοντικών προβλημάτων. Ο προσδιορισμός τους γίνεται μέσω της παρέμβασης της πολιτείας και η κατοχύρωσή τους επιτυγχάνεται με προσφυγή στη δικαστική και εκτελεστική εξουσία. Ο τρόπος απονομής, όμως, των δικαιωμάτων ιδιοκτησίας προκαλεί μεταβολή στη διανομή του εισοδήματος και την κοινωνική ευημερία.

Όταν έχουν προσδιοριστεί δικαιώματα ιδιοκτησίας, η διαπραγμάτευση μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών μπορεί να οδηγήσει σε μια αποτελεσματική λύση, όταν ο αριθμός των εμπλεκόμενων είναι μικρός. Το σημαντικότερο πρόβλημα με την ιδιωτική διαπραγμάτευση έγκειται στο γεγονός ότι ο αριθμός των εμπλεκόμενων μερών στην περίπτωση της ρύπανσης είναι μεγάλος. Επομένως το κόστος διαπραγμάτευσης είναι μεγάλο, ώστε η λύση της διαπραγμάτευσης να μην προσφέρεται για την επίτευξη ενός αποτελεσματικού επιπέδου ρύπανσης. Άρα οι λύσεις της διαπραγμάτευσης και της νομικής υπευθυνότητας για τα περιβαλλοντικά προβλήματα φαίνεται να είναι περιορισμένης εμβέλειας στην πράξη λόγω του υψηλού κόστους συναλλαγών.

1.3 ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

1.3.1 Γενικά

Η εκπομπή και η συσσώρευση στοιχείων, προσωρινή ή μόνιμη, επιβλαβών για την ανάπτυξη και τη διαβίωση του ανθρώπου και κάθε έμβιου οργανισμού ορίζει τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Οι φυσικές αυτές συνέπειες της ρύπανσης, που επηρεάζουν το σύνολο, μπορούν αποτιμώμενες σε οικονομικούς όρους να αποτελέσουν κόστος ή καλύτερα ζημιά σε μία εξωτερική οικονομία. Η αποφυγή τους πάλι μπορεί να θεωρηθεί το όφελος από την προστασία της ποιότητας του περιβάλλοντος.

Βασικές μορφές περιβαλλοντικής ρύπανσης που αναφέρονται εκτενώς παρακάτω, είναι η ρύπανση της ατμόσφαιρας, των υδάτινων πόρων, του εδάφους καθώς και η αισθητική ρύπανση. Παράλληλα διασυννοριακές ή παγκόσμιες επιπτώσεις αυτής προκαλούν φαινόμενα όπως η ραδιενεργός ρύπανση, το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η τρύπα του όζοντος.

1.3.2 Ατμοσφαιρική ρύπανση

Κύρια αιτία της ρύπανσης της ατμόσφαιρας αποτελεί η καύση ενεργειακών πόρων. Για τον λόγο αυτό τη διακρίνουμε σε βιομηχανική (σταθμοί ηλεκτρικής ενέργειας, βιομηχανικές μονάδες ορυκτών, γεωργίας κτλ.) και αστική (μεταφορικά μέσα, θέρμανση κτιρίων). Οι ρύποι της ατμόσφαιρας μπορούν, επίσης, να διακριθούν σε δύο επιμέρους κατηγορίες. Στις ουσίες εκείνες που δεν μεταβάλλονται και ονομάζουμε «σταθερές πρωτογενείς ρυπαντικές ουσίες» και σε εκείνες που δημιουργούνται μέσω αντίδρασης κάποιας πρωτογενούς ουσίας με την ηλιακή ακτινοβολία ή άλλα στοιχεία της ατμόσφαιρας και ονομάζονται δευτερογενείς ρυπαντικές ουσίες.

Από τους κυριότερους ατμοσφαιρικούς ρύπους με βάση τις επιπτώσεις τους στον άνθρωπο μπορούμε να ξεχωρίσουμε το διοξείδιο του θείου (SO₂), το οποίο θεωρείται από τα πιο επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία γιατί μπορεί να μετατρέπεται σε θειικό οξύ και θειικά άλατα. Τα οξείδια του αζώτου (NO_x), επίσης, τα οποία προκαλούν αρνητικές επιδράσεις στο αναπνευστικό και στο νευρικό σύστημα και μείωση στο ρυθμό ανάπτυξης και αναπαραγωγής. Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) αξίζει ακόμα να αναφερθεί, μίας και αποτελεί κύριο παράγοντα καρδιοαναπνευστικών διαταραχών λόγω της μείωσης οξυγόνωσης των κυττάρων, οι υδρογονάνθρακες (HC) γιατί ευθύνονται για την πρόκληση διαφόρων μορφών καρκίνου και τα αιωρούμενα σωματίδια (TSP) λόγω του αναπνεύσιμου μεγέθους, θεωρούνται επικίνδυνα. Τέλος, στο όζον (O₃), στους φωτοχημικούς ρυπαντές και στον καπνό οφείλονται σοβαρά αναπνευστικά προβλήματα και προβλήματα όρασης.

Η ταχύτητα διασποράς και διάχυσης των ρύπων αυτών, που επηρεάζεται από τη γεωγραφική θέση και το κλίμα της κάθε περιοχής, σε συνδυασμό με το είδος του ρύπου και την ποσότητα, καθορίζουν το μέγεθος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Η μεταφορά τους όμως από περιοχή σε περιοχή και η διάρκεια παραμονής τους καθορίζονται σε ένα βαθμό από τις καιρικές συνθήκες αλλά κυρίως καθορίζονται από τη σύνθεση και τη θερμοκρασία των ρυπαντών.

Από την άλλη πλευρά, οι ίδιοι οι ρύποι λόγω της μοριακής τους σύνθεσης παρέχουν στην ατμόσφαιρα μια δυνατότητα αυτοκαθαρισμού. Πιο αναλυτικά, οι ρυπαντικές ουσίες, ως μοριακές ενώσεις είναι βαρύτερες και θερμότερες του αέρα οπότε εμφανίζουν ανυψωτικές ταχύτητες. Συνεπώς μεταπηδούν σε υψηλότερα στρώματα με αποτέλεσμα την ψύξη, τη σμίκρυνση του όγκου τους και στη συνέχεια τη διάχυση και τη διασπορά τους. Η δημιουργία

φαινομένων νέφους αποτελεί συνέπεια της παρεμπόδισης αυτής ακριβώς της διαδικασίας λόγω της αναστροφής της θερμότητας.

Η χώρα μας, τα τελευταία χρόνια, συγκεντρώνει όλο και περισσότερες εστίες ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Το μεγαλύτερο ποσοστό εκπομπής ρύπων, κυρίως NOX, CO₂, SO₂, προκαλούν οι τομείς της ενέργειας, της βιομηχανίας και των μεταφορών. Για το λόγο αυτό οι πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές της χώρας μας, που χαρακτηρίζονται από υπερσυγκέντρωση βενζινοκίνητων μεταφορικών μέσων και σταθμών πετρελαϊκής καύσης για θέρμανση κτιρίων μαζί με τις περιοχές έντονης βιομηχανικής δραστηριότητας και λιγνιτικής παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος εμφανίζουν αυξημένη ρύπανση της ατμόσφαιρας. Παρατηρούμε λοιπόν ότι όλοι οι τομείς της οικονομικής δραστηριότητας είναι άρρηκτα συνδεδεμένοι με τη ρύπανση και ο δείκτης που συνδέει τα δύο αυτά μεγέθη, το ποσοστό εκπομπής ρύπων ανά μονάδα ΑΕΠ, είναι ιδιαίτερα υψηλός.

Εκτός όμως από τις επιβαρυνμένες ελληνικές πόλεις, όπως η Αθήνα, η Θεσσαλονίκη, η Πτολεμαΐδα και η Κοζάνη το φαινόμενο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης πλήττει και πολλές άλλες περιοχές στον παγκόσμιο χάρτη. Με σκοπό την πρόληψη και τη μείωση του φαινομένου, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ), έθεσε κάποια ανώτατα όρια εκπομπής ρύπων ή αλλιώς όρια λήψης μέτρων για τη ραγδαία ελάττωση της ρύπανσης. Τα μέτρα αυτά διαχωρίζονται σε δύο βαθμίδες, όπου στην πρώτη περιλαμβάνεται η μείωση κατά 50% της κυκλοφορίας των οχημάτων για ιδιωτική χρήση και η κατά 30% μείωση της βιομηχανικής δραστηριότητας, ενώ στη δεύτερη βαθμίδα η εξ' ολοκλήρου διακοπή κάθε κεντρικής θέρμανσης και η άμεση διακοπή της βιομηχανίας. Αξίζει να σημειωθεί πως τα μέτρα αυτά λαμβάνονται μόνο σε περίπτωση υπέρβασης των ορισμένων ορίων ρύπανσης που η Ελλάδα σε καμία περίπτωση δεν φτάνει, δεδομένου ότι παρουσιάζει μεγάλα ποσοστά εκπομπής ρύπων.

Προηγουμένως αναφέρθηκε πως οι οικονομικές δραστηριότητες έμμεσα πλήττουν το περιβάλλον μέσω καυσαερίων, αποβλήτων κ.ο.κ. Σαν φαύλος κύκλος και το περιβάλλον, εννοώντας τη μόλυνση αυτού, πλήττει τις οικονομικές δραστηριότητες του ανθρώπου μέσω καταστροφής οικοδομημάτων και γης, άρα μέσω καταστροφής περιουσιών, γεωργίας και πρώτων υλών. Στην Ελλάδα αποτέλεσμα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης αποτελεί η διάβρωση και η καταστροφή των αρχαίων μνημείων, ανυπολόγιστη ζημιά για τον πολιτισμό. Ιδιαίτερα επιβλαβείς είναι βέβαια και οι άμεσες επιπτώσεις στον άνθρωπο, δηλαδή στην υγεία του. Προβλήματα αναπνευστικού και νευρολογικού συστήματος, μη φυσιολογικής διάπλασης σώματος και οργάνων και κινητικής συμπεριφοράς είναι συνήθως οφειλόμενα στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Καθίσταται, άρα, σαφές πως κάθε βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας συνεισφέρει ουσιαστικά στην βελτίωση της υγείας άρα και στην αύξηση της ποιότητας και της διάρκειας ζωής του ανθρώπου.

1.3.3 Ρύπανση των υδάτινων πόρων

Αναφερόμαστε στη βιολογική, χημική και βακτηριολογική μόλυνση των υδάτων, όπως λιμνών, ποταμών και θαλασσών από τη ρίψη αποβλήτων βιομηχανικής και οικιακής χρήσης, τη χρήση λιπασμάτων και φαρμάκων στη γεωργία καθώς και τη μεταφορά πετρελαϊκών προϊόντων μέσα από τη θάλασσα. Η κατ'επέκταση αδυναμία φυσιολογικής χρήσης των υδάτων αυτών, υπό την έννοια της αδυναμίας ανάπτυξης υδρόβιας ζωής, της αδυναμίας χρήσης στη γεωργία, στη βιομηχανία και στην άρδευση, συντελεί στον ορισμό της έννοιας της ρύπανσης των υδάτινων πόρων.

Ουσίες, η παρουσία των οποίων αποτελεί ένδειξη ρύπανσης των υδάτων είναι τα ιόντα αμμωνίου (NH₄⁺) τα οποία βρίσκονται κυρίως στα οικιακά και βιομηχανικά λύματα, στα ζωικά

απορρίμματα και στα λιπάσματα, τα νιτρικά ιόντα (NO_3^-) τα οποία προκαλούν υπερβολική ανάπτυξη των υδρόβιων φυτικών οργανισμών (ευτροφισμός). Επιπρόσθετα, ένδειξη ρύπανσης αποτελούν χαμηλές συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου (DO_2), υψηλές συγκεντρώσεις ιόντων χλωρίου (CL^-) καθώς και παρουσία βαρέων μετάλλων, όπως υδραργύρου (Hg), τοξικής και θανατηφόρας ουσίας. Τέλος η παρουσία κολοβακτηριδίων στο νερό αποτελεί στοιχείο ρύπανσης, το όξινο και αλκαλικό νερό δεν επιτρέπει την ανάπτυξη υδρόβιας ζωής και η υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα παραπέμπει σε μεγάλη συγκέντρωση ανόργανων ουσιών.

Όπως και στην ατμόσφαιρα έτσι και στον υδάτινο κόσμο υπάρχει δυνατότητα αυτοκαθαρισμού. Η διαδικασία απαιτεί μικρή ποσότητα αποβλήτων και επαρκή ποσότητα οξυγόνου για τη μετατροπή της νεκρής ύλης σε ζωική, που θα αποτελέσει στη συνέχεια τροφή των μικροοργανισμών. Οι ποσότητες συχνά των ρύπων είναι αρκετά μεγάλες και το ποσοστό του οξυγόνου που απομένει μετά την απορρόφηση ποσοτήτων από φύκια και υδρόφυτα, δεν επαρκεί για να ολοκληρωθεί η βιολογική αυτή διεργασία. Αντιθέτως, λοιπόν, προκαλείται παραγωγή μεθανίου και διοξειδίου που ως αποτέλεσμα έχει θολά και σκούρα νερά με δυσάρεστη οσμή.

Η ζήτηση οξυγόνου είναι αυτή που φανερώνει και το μέγεθος της ρύπανσης των υδάτινων πόρων. Είναι είτε βιολογική όπου με το δείκτη BOD_9 φανερώνεται η απαίτηση οξυγόνου για τον καθαρισμό μέσω της δημιουργίας μικροοργανισμών, είτε χημική όπου με το δείκτη COD φαίνεται η απαίτηση οξυγόνου για τη συνολική οξειδωση. Οι δύο αυτοί δείκτες αδυνατούν να μετρήσουν την τοξική ρύπανση.

Η διαταραχή της θερμοκρασίας του νερού είναι από τους βασικούς λόγους της ρύπανσης των υδάτων. Η διαταραχή αυτή προέρχεται κυρίως από τη βιομηχανία, όπως διυλιστήρια πετρελαίου, μονάδες ηλεκτροπαραγωγής και συμπαραγωγής που χρησιμοποιούν κυρίως νερό για λόγους ψύξης, οπότε τα απόβλητα τους είναι πολύ υψηλής θερμοκρασίας. Η διαφοροποίηση – διαταραχή της θερμοκρασίας δημιουργεί προβλήματα σε όλο το οικοσύστημα, επηρεάζοντας την υδρόβια ανάπτυξη άρα την τροφική αλυσίδα και τη φωτοσύνθεση. Εκτός από την έμμεση αυτή επίδραση της τροφικής αλυσίδας, η μόλυνση του νερού επιδρά και άμεσα στον άνθρωπο, επηρεάζοντας την ίδια τη χρήση του νερού, πόσης και κολύμβησης.

Η χώρα μας λόγω της ανεπτυγμένης γεωργίας παρουσιάζει ρύπανση των υδάτινων πόρων της κυρίως λόγω των λιπασμάτων και των φυτοφαρμάκων, η χρήση των οποίων έχει αυξηθεί κατά 23% την τελευταία δεκαετία με σκοπό την αύξηση της απόδοσης. Για το λόγο αυτό το Υπουργείο Υγείας παρακολουθεί συστηματικά την ποιότητα των υδάτων, επιφανειακών και υπόγειων, καθώς και τα υπολείμματα φυτοφαρμάκων και βιομηχανικών αποβλήτων για την αποφυγή της εξέλιξης της ρύπανσης σε τοξική. Αυτό πραγματοποιείται με σκοπό την προφύλαξη του ίδιου του ανθρώπου αλλά και της αλιείας που αποτελεί βασικό κομμάτι του εμπορίου και εν γένει της οικονομίας της χώρας. Παράλληλα η διαφύλαξη καθαρών υδάτων και ειδικά των θαλάσσιων, διασφαλίζει τη διατήρηση του τουρισμού άλλου ένα κύριου οικονομικού πυλώνα της χώρας. Παρ' όλα αυτά η μόλυνση των λιμνών και θαλασσών της χώρας έχει φτάσει σε επικίνδυνο βαθμό. Αντίθετα τα νερά των ποταμών θεωρούνται αρκετά καλής ποιότητας, σημαντικό στοιχείο για τη διασφάλιση πόσιμου νερού.

Φαίνονται λοιπόν ξεκάθαρα οι αρνητικές επιπτώσεις της ρύπανσης των υδάτων σε μια χώρα όπως η Ελλάδα. Επιπλέον γίνονται εμφανείς οι καταστροφικές επιδράσεις στο οικοσύστημα και στη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας γενικότερα.

Ρύπανση του εδάφους

Τρίτη κατά σειρά μορφή ρύπανσης, αυτή του εδάφους, η οποία οφείλεται κυρίως σε απορρίμματα καταναλωτικών και παραγωγικών ενεργειών καθώς και στη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων στην καλλιέργεια.

Καθώς μεγάλο ποσοστό κατοικεί σε αστικές περιοχές, πολύ μεγάλες ποσότητες στερεών αποβλήτων καταναλωτικής δραστηριότητας παράγονται στα μεγάλα αστικά κέντρα. Παράδειγμα, η Αθήνα, όπου πάνω από ένα κιλό στερεών απορριμμάτων παράγονται ανά κάτοικο καθημερινά. Τα στερεά ατομικά και οικιακά απορρίμματα χαρακτηρίζονται ως οργανικά (υπολείμματα τροφής), ως συσκευασίες τροφίμων (κουτιά, φιάλες αλουμινίου, γυάλινες συσκευασίες) και παλιά σκευή ή συσκευές. Αν και το μεγαλύτερο ποσοστό των στερεών απορριμμάτων είναι κατάλληλο για να υποστεί ανακύκλωση, η νοοτροπία αυτή δεν έχει ακόμα ενσωματωθεί στον τρόπο ζωής των κατοίκων της χώρας, οπότε μόνο ένα 10% των απορριμμάτων ανακυκλώνεται ενώ το υπόλοιπο καταλήγει σε χωματερές. Όπου και οι χωματερές βρίσκονται σε χειρίστη κατάσταση χωρίς μονάδες καύσης ή λιπασματοποίησης. Γίνεται χρήση της μεθόδου της ταφής, τις πιο πολλές φορές δεν είναι και υγειονομική, με αποτέλεσμα τη ρύπανση των γύρω από τις χωματερές περιοχών.

Στερεά και υγρά απόβλητα που προέρχονται από μεγάλες βιομηχανικές μονάδες αποθηκεύονται σε ακατάλληλους χώρους ή εκφορτώνονται στο έδαφος διότι δεν διατίθενται κατάλληλες περιβαλλοντικές προδιαγραφές. Άλλη μορφή αποβλήτων υπεύθυνη για τη μόλυνση του εδάφους είναι τα νοσοκομειακά απόβλητα, τα οποία βρίθουν μικροβίων και μεταδοτικών νοσημάτων και είναι πολύ επικίνδυνα για τον άνθρωπο. Σημαντική επιβάρυνση του περιβάλλοντος, αποτελεί η εξόριση μετάλλων, η οποία γίνεται σε ανοιχτά ορυχεία με αποτέλεσμα την καταστροφή του εδάφους. Τέλος σοβαρή ρυπαντική πηγή αποτελούν και οι παλιές συσκευές, όπως και τα παλιά αυτοκίνητα πολλά κομμάτια των οποίων, ανακυκλώνονται, κάτι το οποίο μπορεί να αποτελέσει μια μικρή διέξοδο.

Η ρύπανση του εδάφους χαρακτηρίζεται και αυτή αρκετά επιβλαβής για την υγεία του ανθρώπου, όσο και οι δύο προηγούμενες, επηρεάζοντας την τροφική αλυσίδα, καταστρέφοντας τη γονιμότητα του εδάφους και προκαλώντας προβλήματα υγιεινής.

1.3.4 Ηχητική Ρύπανση

Ο θόρυβος αποτελεί μορφή ρύπανσης. Οποιαδήποτε πηγή θορύβου, ήχου δηλαδή μεγάλης έντασης, θεωρείται ότι παράγει ηχητική ρύπανση. Τέτοιες πηγές μπορεί να αποτελέσουν τα μέσα μεταφοράς, τα μηχανήματα κατασκευών, οι βιομηχανίες, οι οικιακές συσκευές, οι εγκαταστάσεις διασκέδασης και τα κλιματιστικά μηχανήματα.

Κυρίες ζώνες ηχορύπανσης αποτελούν τα αστικά και βιομηχανικά κέντρα. Ορίζεται ως δείκτης L_{eq} , δείκτης η συνεχής στάθμη θορύβου η οποία σε ορισμένη χρονική περίοδο έχει το ίδιο ενεργειακό περιεχόμενο με αυτό του πραγματικού θορύβου, σταθερού ή μεταβαλλόμενου κατά την ίδια χρονική περίοδο. Ως μέγιστη τιμή του δείκτη έχουν οριστεί τα 55 db από τον ΠΟΥ σε χρονική διάρκεια 8 ωρών. Αξίζει να σημειωθεί πως το ανθρώπινο αυτί αισθάνεται πόνο στα 140 db και στην Ελλάδα οι κάτοικοι μιας πυκνοκατοικημένης περιοχής εκτίθενται καθημερινά σε στάθμη L_{eq} πάνω από 75 db καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας (24 ώρες).

Ο θόρυβος αποτελεί βασική πηγή προβλημάτων όπως η μείωση της παραγωγικότητας, η δημιουργία άγχους, η αδυναμία ύπνου και ξεκούρασης, η ψυχική διαταραχή και η ψυχολογική ένταση, η μείωση της ακοής και προβλημάτων στο καρδιαγγειακό σύστημα. Εκτός από τα προβλήματα υγείας η ηχορύπανση έχει δυσάρεστες επιπτώσεις στα αρχαία μνημεία τα οποία υφίστανται δονήσεις και κραδασμούς λόγω της αύξησης των ηχητικών παλμών με τη δημιουργία θορύβου.

1.3.5 Αισθητική Ρύπανση

Η χωροταξική και πολεοδομική δομή μιας χώρας αποτελούν αιτία αισθητικής ρύπανσης. Η υποβάθμιση ορισμένων περιοχών, η μαζική αστικοποίηση του πληθυσμού, η αυθαίρετη δόμηση σε παραθαλάσσιες και δασικές περιοχές είναι χαρακτηριστικά τέτοιας ρύπανσης.

Αποτέλεσμα της ρύπανσης αυτής είναι η ατέρμονη επέκταση οικιστικών συγκεντρώσεων και η αδυναμία χωροθέτησης με αποτέλεσμα την καταστροφή και αλλοίωση του φυσικού περιβάλλοντος, την ανεξέλεγκτη καταστροφή πρασίνου και συνεπώς την πρόκληση φυσικών φαινομένων, όπως πλημμυρών και σεισμών, σε μεγαλύτερη ένταση. Παρατηρείται ακόμα έλλειψη κοινού ελεύθερου χώρου στις περιοχές αυτές, εγκατάλειψη ιστορικών κέντρων και αρνητικές επιπτώσεις, όπως μαζικοποίηση και αστικοποίηση των κατοίκων, μείωση του τουρισμού σε πυκνοκατοικημένες περιοχές, και άλλες συνέπειες που συντελούν αρνητικά στην οικονομία της χώρας και στην ποιότητα ζωής.

Στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια γίνονται προσπάθειες αποκέντρωσης, ανάπλασης και διαμόρφωσης υποβαθμισμένων περιοχών, καθώς και προστασία ευαίσθητων οικολογικά εκτάσεων, με σκοπό την επαναφορά της οικολογικής ισορροπίας και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής.

1.4 ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΑ & ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Πρόκειται για μορφές ρύπανσης που αφορούν το σύνολο του πλανήτη μιας και λόγω της διάδοσης τους ή των πολλών εστιών προκαλούν αρνητικές συνέπειες σε πολύ μεγάλη έκταση και τα φαινόμενα που τις συνοδεύουν επηρεάζουν τον πλανήτη στο σύνολό του.

1.4.1 Ραδιενεργή Ρύπανση

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και οι δοκιμές πυρηνικών όπλων είναι οι βασικότεροι λόγοι πρόκλησης ραδιενεργής ρύπανσης στο περιβάλλον. Οι σταθμοί ατομικής ενέργειας εκπέμπουν, ύστερα από τη πραγματοποίηση αλυσιδωτών αντιδράσεων, θείουχα και αζωτούχα οξειδία στην ατμόσφαιρα. Οι σταθμοί πυρηνικής ενέργειας από την άλλη πλευρά δεν εκπέμπουν αυτά τα οξειδία αλλά προκαλούν και αυτοί ραδιενεργή ρύπανση.

Η ραδιενεργή ρύπανση είναι υπερβολικά έως και θανάσιμα επιβλαβής για τον άνθρωπο, μιας και δεν έχει ακόμα ευρεθεί τρόπος αντιμετώπισης αυτής και των ζημιών που προκαλεί. Η ραδιενέργεια, γενικά, μειώνεται εκθετικά με το χρόνο, σύμφωνα την «περίοδο ημιζωής» που αποτελεί το χρονικό διάστημα που απαιτείται για τη μείωση της στο μισό. Υπάρχουν στοιχεία που έχουν μικρό χρόνο ημιζωής, 10 χρόνια και άλλα που φτάνουν σε χρόνο τα δισεκατομμύρια έτη.

Ο άνθρωπος δέχεται μια ετήσια δόση ακτινοβολίας είτε από φυσικές πηγές, είτε για ιατρικούς λόγους με μέγιστη τα 500 μιλριαντ το χρόνο, τιμή αποδεκτή και ελάχιστα επιβλαβής.

Η εξόρυξη ουρανίου κατά την παραγωγή πυρηνικής ενέργειας, η εκπομπή ακτινοβολίας από την επεξεργασία των καταλοίπων των σταθμών ενέργειας, τα τυχόν ατυχήματα που συμβαίνουν αποτελούν πηγές ρύπανσης από ραδιενέργεια. Παράδειγμα το ραδόνιο, ραδιενεργό αέριο, ιδιαίτερα επικίνδυνο για τον άνθρωπο που παράγεται κατά την εξόρυξη ή τη διάσπαση του ραδίου. Εκπέμπεται από το έδαφος, τα οικοδομικά υλικά, τα υπόγεια νερά και αέρια. Προκαλεί δυσλειτουργία του αναπνευστικού συστήματος και σε αυτό οφείλεται το 10% των καρκίνων του πνεύμονα, ενώ συμβάλλει και στην πρόκληση άλλων μορφών καρκίνου. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η επεξεργασία καταλοίπων των πυρηνικών σταθμών αποτελεί πηγή ραδιενέργειας, πρέπει όμως να αναφερθεί ότι μετά από 20-30 έτη λειτουργίας ο ίδιος ο αντιδραστήρας θεωρείται απόρριμμα και συνεπώς αποτελεί εστία ραδιενεργής ρύπανσης.

Οι σταθμοί ατομικής ενέργειας, πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιούν τη σχάση του ουρανίου για τη λειτουργία τους. Επειδή η σχάση είναι φαινόμενο, το οποίο αυτοτροφοδοτείται, η περίπτωση ατυχήματος, είναι πολύ πιθανή αν δεν υπάρχει επαρκής έλεγχος. Σημαντικά για την ανθρωπότητα ατυχήματα αυτού του είδους αποτελούν τα ατυχήματα στο Three Miles Island των ΗΠΑ το 1979, στο Chernobil της πρώην Σοβιετικής Ένωσης το 1986 και το πρόσφατο στη Fukushima της Ιαπωνίας. Τα ατυχήματα αυτά οφείλονται στην μεγάλη άνοδο της θερμοκρασίας όπου στην πρώτη περίπτωση το δοχείο εγκλωβισμού άντεξε αλλά είχαμε μεγάλη διαρροή ιωδίου ενώ στη δεύτερη εξερράγη και το ραδιενεργό υλικό που διαχύθηκε σε όλη την Ευρώπη.

Άλλη θετική χρήση της ραδιενέργειας αποτελεί η εφαρμογή της στην ιατρική όπου τα τελευταία χρόνια διαπιστώθηκε ότι τα διοϊσότοπα έχουν τη δυνατότητα καταστροφής καρκινικών κυττάρων.

Παρ' όλα αυτά η ραδιενέργεια είναι ανεπανόρθωτα επιβλαβής για τον άνθρωπο καθώς προσβάλλει τα κύτταρα και μπορεί να προκαλέσει καρκίνο, λευχαιμία, μεταλλάξεις και βιολογικές καταστροφές. Για το λόγο αυτό η εξασφάλιση μέτρων ασφαλείας στους σταθμούς παραγωγής ενέργειας καθώς και γενικά στις χώρες που λειτουργούν τέτοιοι αντιδραστήρες ή γίνονται πυρηνικές δοκιμές, είναι επιτακτική ανάγκη.

1.4.2 Φαινόμενο του θερμοκηπίου

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι ζωτικής σημασίας για την ομαλή λειτουργία του πλανήτη μας και τη διατήρηση της ισορροπίας. Αέρια της γήινης ατμόσφαιρας, όπως το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄), το υποξείδιο του αζώτου (N₂O), οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs) και το όζον (O₃) δημιουργούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης εκπέμπεται ως υπέρυθρη στο διάστημα. Ένα μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας κατακρατείται από τα αέρια του θερμοκηπίου και κάποια ποσά της ακτινοβολούνται ξανά στην επιφάνεια της γης. Αυτός ο μηχανισμός κάνει τον πλανήτη μας κατοικήσιμο.

Με τη βοήθεια του ανθρώπου, τα τελευταία χρόνια, ο μηχανισμός αυτός δυσλειτουργεί κυρίως στην έξοδο της θερμότητας και συνεπώς αυξάνεται η μέση θερμοκρασία του πλανήτη. Το πρόβλημα δυσλειτουργίας χαρακτηρίζεται ως ένταση του φαινομένου του θερμοκηπίου και δημιουργείται λόγω της αύξησης των συγκεντρώσεων των αερίων που προαναφέρθηκαν με γρήγορους ρυθμούς.

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) συναντάται στο 50% της συγκέντρωσης των αερίων. Συνεπώς είναι αυτό το οποίο κατέχει και μεγαλύτερο ποσοστό στη διαταραχή του φαινομένου. Η αύξηση οφείλεται στην αύξηση των εκπομπών CO₂ του ανθρώπου από καύση ορυκτών καυσίμων και πυρκαγιών λόγω εμπρησμών. Η αποδάσωση μειώνει την απορρόφηση του κατά τη φωτοσύνθεση και έτσι η εκπομπή του δεν αντισταθμίζεται. Αν και τα υπόλοιπα αέρια όλα μαζί κατέχουν ποσοστό όσο το CO₂, παρουσιάζουν μεγαλύτερη απορρόφηση υπέρυθρης ακτινοβολίας από αυτό. Το μεθάνιο αποτελεί το 20% των αερίων και προέρχεται από αερόβια ζύμωση φυτικής ύλης, εντερικών ζυμώσεων ζώων, διαχείριση ζωικών απορριμμάτων, διαρροή φυσικού αερίου. Το υποξείδιο του αζώτου αποτελεί το 6% και προέρχεται από βακτηριδιακές καύσεις και χρήση αζωτούχων λιπασμάτων, ενώ συντελεί και στη δημιουργία της “τρύπας του όζοντος” της τροπόσφαιρας όπως και οι χλωροφθοράνθρακες. Οι CFCs χρησιμοποιούνται ως ψυκτικά υγρά, ως προωθητικά σε δοχεία σπρέι και ως υλικά παραγωγής συσκευασιών.

Η αύξηση της θερμοκρασίας της γης λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου αναμένεται να προκαλέσει κλιματικές αλλαγές, με κυριότερες επιπτώσεις των αλλαγών αυτών τη μεταβολή της ζώνης των βροχοπτώσεων, την άνοδο της στάθμης της θάλασσας και τα ακραία καιρικά φαινόμενα. Η μεταβολή των βροχοπτώσεων θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των υδάτινων πόρων και την εμφάνιση φαινομένων ξηρασίας. Επιπλέον προβλέπεται μείωση της χιονοκάλυψης και των θαλάσσιων πηγών με αποτέλεσμα τη μείωση αποθεμάτων νερού από την τήξη του χιονιού.

Η τήξη των πολικών πάγων θα προκαλέσει άνοδο στη στάθμη της θάλασσας καθώς και θερμική διαστολή των ωκεανών. Η αύξηση της στάθμης της θάλασσας θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των πλημμυρών και συνεπώς τη διάβρωση του εδάφους λόγω του αλμυρού νερού που θα έχει εισρεύσει.

Πολλή πιθανή θεωρείται και η πρόκληση ακραίων φυσικών φαινομένων όπως ισχυρές καταιγίδες και καύσωνες, ξηρασία, πυρκαγιές δασικών περιοχών, ακραίων βροχοπτώσεων και τυφώνων.

Οι κλιματολογικές αλλαγές θα οδηγήσουν είτε στην πρόωρη ανάπτυξη φυτών με αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης, είτε στη μείωση της βλάστησης. Επίσης θα οδηγήσουν σε αύξηση των τροπικών δασών και μετατόπιση τους προς τους πόλους με αποτέλεσμα την ερημοποίηση των περιοχών αυτών. Τέλος η αύξηση της θερμοκρασίας θα προκαλέσει ανάπτυξη τοξικών μικροφυτών, τα οποία μπορεί να συσσωρευτούν στα ψάρια. Συνεπώς πιθανές

θεωρούνται και οι δηλητηριάσεις στον άνθρωπο που σε συνδυασμό με τους φυσικούς κινδύνους θα αυξήσουν το ποσοστό θνησιμότητας.

1.4.3 Καταστροφή της στιβάδας του Όζοντος

Στρατόσφαιρα ονομάζεται η περιοχή της ατμόσφαιρας που απέχει 12-50 χιλιόμετρα από την επιφάνεια της γής. “Τρύπα του όζοντος” ονομάζεται το φαινόμενο μείωσης της συγκέντρωσης του όζοντος στη στρατόσφαιρα. Η δημιουργία της αποδίδεται στους χλωροφθοράνθρακες, στα αλογονοπαράγωγα, στο μεθυλοχλωροφθόριο και στον τετραχλωράνθρακα. Οι ενώσεις αυτές είναι τοξικές και δεν καίγονται ενώ παράλληλα έχουν μεγάλο χρόνο ζωής. Διασπώνται στο επίπεδο της στρατόσφαιρας και απελευθερώνουν χλώριο και βρώμιο με τη βοήθεια της υπεριώδους ακτινοβολίας και δρουν καταλυτικά στην καταστροφή του όζοντος.

Η τρύπα του όζοντος έχει ως αποτέλεσμα μεγάλα ποσοστά υπεριώδους ακτινοβολίας να καταφθάνουν στη γη λόγω μείωσης του όζοντος, ακτινοβολία που εγκυμονεί πολλούς κινδύνους για τον άνθρωπο, τα φυτά, τα ζώα και υποβαθμίζει την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα. Τα πιο πιθανά προβλήματα στον άνθρωπο είναι αυτά του ανοσοποιητικού συστήματος, γενετικές ανωμαλίες, ο καρκίνος του δέρματος και ο καταρράκτης. Εκτός από τις άμεσες αυτές συνέπειες της τρύπας του όζοντος στον άνθρωπο υπάρχουν και έμμεσες επιδράσεις μέσω των ζωικών πρωτεϊνών που καταναλώνει. Η υπεριώδης ακτινοβολία καταστρέφει τα υδρόβια οικοσυστήματα άρα μειώνει το φυτοπλαγκτόν που με τη σειρά του προκαλεί μεγάλη απώλεια ψαριών, που αποτελούν βασική τροφή του ανθρώπου. Για την αντιμετώπιση του φαινομένου αυτού απαιτείται μείωση των εκπομπών των παραπάνω ουσιών, που βρίσκουν εφαρμογές κυρίως σε τομείς ψύξης, κλιματισμού, πυρόσβεσης και σε γεωργικά φάρμακα.

Η Ελλάδα, ως μέλος της Ε.Ε., έχει υπογράψει το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ, σύμφωνα με το οποίο, για την προστασία του όζοντος της στρατόσφαιρας απαιτείται η διακοπή χρήσης και παραγωγής των CFCs και αντικατάσταση τους με ουσίες επιτρεπόμενες από το πρωτόκολλο. Έτσι, το μέγεθος παραγωγής CFCs στη χώρα μας έχει μειωθεί περίπου κατά 90% της αρχικής παραγωγής.

1.4.4 Φαινόμενο όξινης βροχής

Ο όρος όξινη βροχή αναφέρεται στην ατμοσφαιρική απόθεση όξινων ουσιών όπως τα οξείδια του αζώτου (NOx) και του θείου (SOx). Όξινες ουσίες εναποτίθενται στο έδαφος είτε μέσω βροχής ή άλλων υγρών μορφών, είτε ως ξηρά σωματίδια. Ως όξινες ουσίες χαρακτηρίζουμε αυτές με ΡΗ χαμηλότερο του 7, όριο οξύτητας και αλκαλικότητας, όπου μείωση του ΡΗ κατά μία μονάδα συνεπάγεται δεκαπλάσια αύξηση της οξύτητας.

Τα τελευταία χρόνια οι ανθρωπογενείς πηγές όξινης εναπόθεσης έχουν αυξηθεί κυρίως μέσω νιτρικών και θεικών αλάτων από εκπομπές βιομηχανικών ρύπων. Οι ρύποι που προκαλούν οξύτητα μεταφέρονται μέσω του ανέμου σε μεγάλες χιλιομετρικές αποστάσεις και παραμένουν για αρκετό χρονικό διάστημα στην ατμόσφαιρα με συνέπεια τη μόλυνση πολλών γεωγραφικών περιοχών.

Η όξινη βροχή προκαλεί σοβαρές ζημιές στο περιβάλλον όπως την καταστροφή των δασικών εκτάσεων, την εξασθένηση των δέντρων και των φυτών, την αύξηση της οξύτητας των υδάτινων πόρων και γενικότερα την καταστροφή της χλωρίδας και της πανίδας. Επιπλέον έχει επιβλαβείς συνέπειες στον άνθρωπο με κυριότερες αυτές των αναπνευστικών επιδημιών. Σε αυτή ακόμα οφείλεται και η καταστροφή αρχαίων μνημείων λόγω διάβρωσης των μαρμάρων

από το όξινο νερό.

Στη χώρα μας η ευρεία χρήση λιγνίτη για την παραγωγή ενέργειας έχει ως αποτέλεσμα την υψηλή εκπομπή CO₂ άρα και την υψηλή όξινη εναπόθεση, καταστροφική για το υψηλής περιεκτικότητας σε ασβέστιο έδαφος της. Η Ελλάδα έχει υπογράψει το πρωτόκολλο του Όσλο με σκοπό τη μείωση των εκπομπών CO₂ καταφέροντας μείωση κατά 3%, καθώς και το πρωτόκολλο της Σόφιας για μείωση εκπομπής NO_x, χωρίς όμως θετικό αποτέλεσμα αφού οι εκπομπές μέχρι σήμερα αυξάνονται κατά 12%.

2 Η ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η ρύπανση του περιβάλλοντος από οικονομική σκοπιά είναι αποτέλεσμα εξωτερικών οικονομιών ενώ το καθαρό περιβάλλον μπορεί να χαρακτηριστεί ως δημόσιο αγαθό. Οι μηχανισμοί της αγοράς αδυνατούν να ελέγξουν το πρόβλημα της ρύπανσης και για τον λόγο αυτό θεωρείται αναγκαία η κρατική παρέμβαση. Ζητούμενο πάντα για την Πολιτεία αποτελεί ο καθορισμός του άριστου επιπέδου ρύπανσης και των απαιτούμενων μέτρων για την επίτευξη αυτού.

Για την επιλογή του άριστου επιπέδου ρύπανσης είναι αναγκαίος ο χαρακτηρισμός των ρύπων με βάση την δυνατότητα αποδήμησης, την χωροθέτηση και την χωρική εξάπλωση του. Έχουμε, έτσι, συσσωρευόμενους (stock) και μη συσσωρευόμενους (fund) ρύπους (pollutants) στο περιβάλλον με τους πρώτους να έχουν πολύ μικρή ή καμία δυνατότητα αποδόμησης και να αποθεματοποιούνται διαχρονικά. Ως προς την χωροθέτηση της πηγής ρύπανσης λαμβάνεται υπόψη η απόσταση μεταξύ πηγής και φυσικού αποδέκτη, καθώς και στοιχεία διάχυσης, διάσπασης και διάλυσης του ρύπου. Σε συνδυασμό, τώρα με την χωρική εξάπλωση του ρύπου μπορούμε να έχουμε τοπική ρύπανση, πλησίον της πηγής ή περιφερειακή ρύπανση, με εξάπλωση στην ευρύτερη περιφέρεια.

Η συλλογή και η επεξεργασία όλων αυτών των παραμέτρων πολλές φορές είναι δύσκολη και έχει υπέρογκο κόστος οπότε η επιλογή του άριστου επιπέδου είναι αδύνατο να προσδιοριστεί με αναλυτικό τρόπο. Έτσι το άριστο επίπεδο ρύπανσης και η επιμέρους κατανομή μεταξύ των εστιών ρύπανσης γίνεται αποτελεσματικά με την συνδρομή της οικονομικής θεωρίας.

2.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΡΙΣΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ (ΜΕΡΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ)

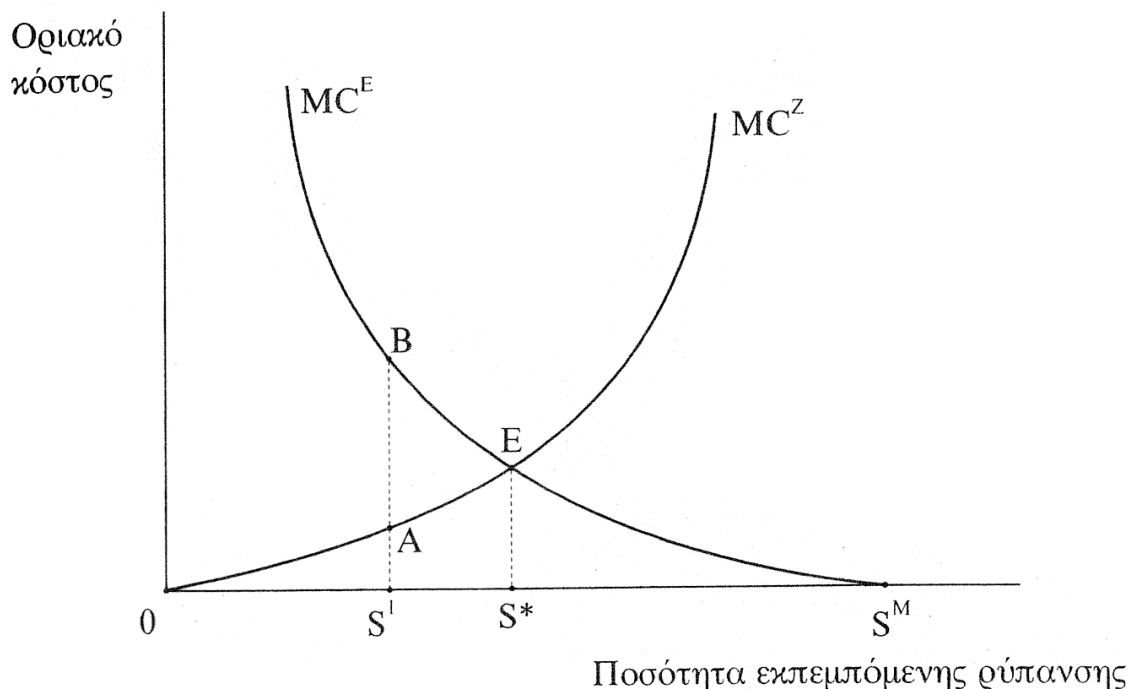
Για να προσδιορίσουμε το επιθυμητό επίπεδο θεωρούμε τον ρύπο μη συσσωρευόμενο και την ρύπανση σφαιρική, ομοιόμορφη και ανεξάρτητη του τόπου εγκατάστασης. Ο προσδιορισμός του επιπέδου, με βάση την μερική ισορροπία, θα γίνει κατ' επέκταση με την μεγιστοποίηση των καθαρών οφελών που προκύπτουν από τον περιορισμό της ρύπανσης. Ουσιαστικά κύρια στόχευση αποτελεί η μείωση των ζημιών που προκαλεί η ρύπανση, στόχος που επιτυγχάνεται με την μείωση της ίδιας της εκπεμπόμενης ρύπανσης με διαδικασίες ελέγχου, όπως με τη χρήση αντιρρυπαντικής τεχνολογίας, καθαρότερων καυσίμων, μεταβολές στην τεχνολογία παραγωγής ώστε να εκπέμπεται μικρότερη ρύπανση. Ο έλεγχος αυτός συνεπάγεται κόστος για την οικονομική μονάδα και η διαφορά αυτού με το αποφεχθέν κόστος των ζημιών αποτελεί το καθαρό όφελος.

Γίνεται σαφές, με βάση τα παραπάνω, ότι το πρόβλημα μεγιστοποίησης του καθαρού οφέλους που προκύπτει από τον έλεγχο και τη μείωση της ρύπανσης μπορεί να εκφραστεί ως πρόβλημα ελαχιστοποίησης του κόστους. Το συνολικό κόστος απαρτίζεται από το κόστος των ζημιών που δημιουργεί το επίπεδο της ρύπανσης και από το κόστος ελέγχου που έχει περιορίσει τη ρύπανση στο επίπεδο αυτό. Τα κόστη αυτά, για διευκόλυνση, εκφράζονται μέσω των αντίστοιχων καμπυλών οριακού κόστους MCZ και MCE.

Στους μη συσσωρευόμενους ρύπους, που έχουμε θεωρήσει, ισχύει ότι με την αύξηση της ποσότητας εκπομπή έχουμε και μείωση της απορροφητικής ικανότητας της φύσης άρα αναμένεται αύξηση του οριακού κόστους ζημιών με την αύξηση της εκπομπής. Παράλληλα το

κόστος ελέγχου αυξάνεται όσο αυξάνονται και οι απαιτήσεις αυτού στην ελεγχόμενη ποσότητα ρύπων. Οι σχέσεις του κάθε οριακού κόστους με την ποσότητα εκπεμπόμενης ρύπανσης φαίνονται ποιοτικά στο παρακάτω διάγραμμα

Διάγραμμα 1.1

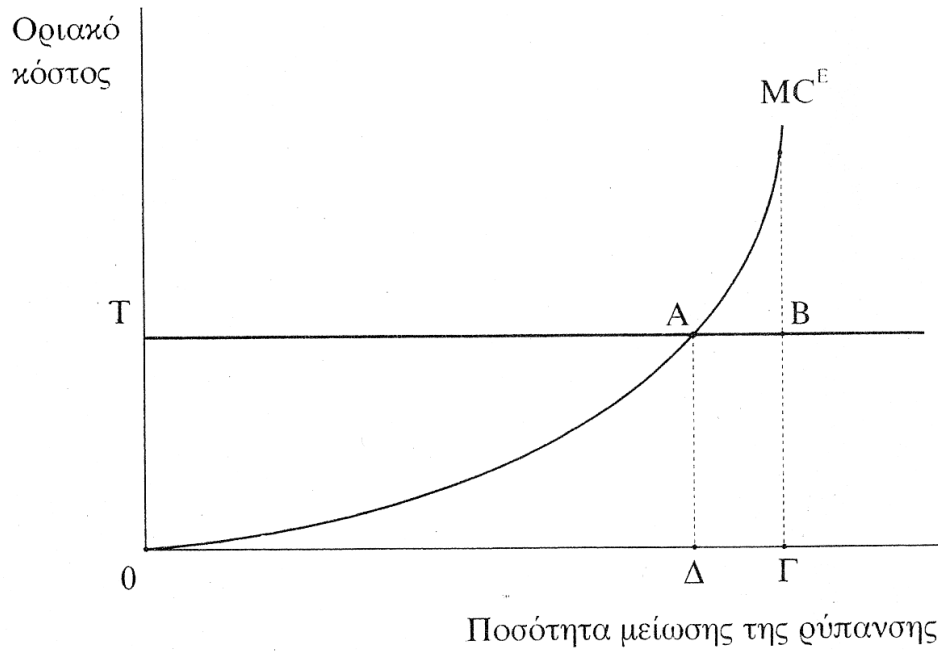


Τα σημεία S^0 και S^M αποτελούν τις ακραίες περιπτώσεις όπου έχουμε μηδενική ρύπανση και μέγιστο έλεγχο ή απουσία ελέγχου και μέγιστο επίπεδο ρύπανσης. Το σημείο τομής των καμπυλών αποτελεί και το άριστο επίπεδο ρύπανσης όπου έχουμε εξίσωση του οριακού κόστους ζημιών με το οριακό κόστος ελέγχου. Κάθε μετακίνηση δεξιά ή αριστερά του σημείου S^* θα επιφέρει αύξηση του κόστους και δεν θα είναι αποτελεσματική κατά Pareto.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω για την επίτευξη του άριστου επιπέδου απαιτείται η παρέμβαση της Πολιτείας, όπου με διάφορα μέτρα δύναται να δώσει κίνητρα στις οικονομικές μονάδες να προσαρμόσουν τη ρύπανση που εκπέμπουν στο άριστο επίπεδο. Η επιβολή φόρου ανά μονάδα ρύπου αποτελεί μια μορφή άμεσου διοικητικού ελέγχου ενώ πιο απλά ένα μέτρο πολιτικής μπορεί να αποτελέσει η θεσμοθέτηση ανώτατου ορίου εκπομπών ανά οικονομική μονάδα. Στην απλή θεώρηση του ανώτατου ορίου εκπομπών η τιμή S^* , δηλαδή το άριστο επίπεδο ρύπανσης τίθεται ως στόχος και η υπέρβαση αυτού θα συνεπάγεται οικονομικές κυρώσεις προς τις μονάδες. Στην περίπτωση της φορολόγησης με ενιαία κλίμακα ανά μονάδα εκπεμπόμενης ρύπανσης, το επίπεδο του φόρου πρέπει να είναι ίσο με το επίπεδο οριακού κόστους, δηλαδή με την τομή των MC^Z και MC^E .

Έτσι η οικονομική μονάδα έχει κίνητρο για να ελέγχει τη ρύπανση όσο το οριακό κόστος ελέγχου είναι μικρότερο από το φόρο όπως φαίνεται και στο διάγραμμα.

Διάγραμμα 1.2



Τα παραπάνω βασίστηκαν στη θεώρηση ότι οι ρύποι είναι μη συσσωρευόμενοι. Αν υποθέσουμε ότι η ζημιά που προκαλεί η ρύπανση είναι διαχρονική και ο ρύπος συσσωρευόμενος στο περιβάλλον τότε έχουμε επιβάρυνση τόσο της τρέχουσας περιόδου όσο και των μελλοντικών. Θεωρώντας, παράλληλα, ότι η ποσότητα της ρύπανσης είναι ανάλογη της ποσότητας παραγωγής μπορούμε να πούμε με βεβαιότητα ότι διαχρονικά θα έχουμε μείωση του άριστου επιπέδου ρύπανσης και του άριστου επιπέδου παραγωγής του αγαθού. Επέκταση αυτού αποτελεί η αύξηση της τιμής του αγαθού διαχρονικά (μείωση της παραγωγής του αγαθού και αύξηση του κοινωνικού κόστους). Ένας έλεγχος της ρύπανσης που θα μπορούσε να υιοθετηθεί στην περίπτωση αυτή θα είχε ως βάση του την συνεχή αύξηση των απορροφούμενων πόρων για αντιρρύπανση και την διατήρηση του επιπέδου ρύπανσης σταθερού, δηλαδή χωρίς την συσσώρευση νέων ρύπων, στην περίπτωση της ισορροπίας σταθερής κατάστασης.

2.3 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΡΙΣΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ (ΓΕΝΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ)

Αρχική υπόθεση αποτελεί η ύπαρξη συνθηκών πλήρους ανταγωνισμού, δηλαδή, μεγάλος αριθμός εστιών εξωτερικής οικονομίας και μεγάλος αριθμός ατόμων που πλήττονται από αυτές. Οι παραγωγικές δραστηριότητες των οικονομικών μονάδων θεωρούμε ότι προκαλούν μία εξωτερική οικονομία που δημιουργεί αρνητική χρησιμότητα στους καταναλωτές (π.χ. θόρυβο).

Ορίζουμε τις εξής μεταβλητές:

x_{ij} = ποσότητα αγαθού i που καταναλώνεται από j άτομο.

q_{ij} = ποσότητα αγαθού i που παράγεται από την k επιχείρηση.

r_{ij} = συνολική ποσότητα του αγαθού i που είναι διαθέσιμη.

S_k = συνολική εκπομπή ρύπανσης της επιχείρησης k (εξωτερική οικονομία).

$z = \Sigma(S_k)$ = συνολική ποσότητα εκπομπής στην κοινότητα

όπου $i = 1, \dots, n$ τα αγαθά

$j = 1, \dots, m$ τα άτομα

$k = 1, \dots, h$ οι επιχειρήσεις

Ορίζουμε και τις συναρτήσεις της ανάλυσης μας ως εξής:

$u^j(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj}, z)$ είναι η συνάρτηση χρησιμότητας του j καταναλωτή

$f^k(q_{1k}, q_{2k}, \dots, q_{nk}, S_k) = 0$ είναι η παραγωγικές δυνατότητες της επιχείρησης k .

Αξίζει να αναφέρουμε ότι :

- μερικά q_{ik} μπορεί να παράγονται και να χρησιμοποιούνται από ίδιες ή άλλες επιχειρήσεις (ενδιάμεσα αγαθά)
- οι συνολικές εκπομπές (z) συμπεριλαμβάνονται στη u , συνάρτηση χρησιμότητας για να προσδιοριστεί η αρνητική χρησιμότητα της ρύπανσης
- η ρύπανση αποτελεί εξωτερική δημόσια οικονομία από την άποψη ότι η ποσότητα ρύπανσης που καταναλώνεται από έναν καταναλωτή δεν μειώνει την ποσότητα της ρύπανσης που υφίστανται οι άλλοι καταναλωτές
- υποθέτουμε πως οι συναρτήσεις χρησιμότητας και παραγωγής έχουν τις απαιτούμενες ιδιότητες ώστε να υπάρχει και να είναι μοναδική η λύση του προβλήματος μεγιστοποίησης

Για την επίτευξη μια άριστης κατά Pareto κατανομής, αρκεί απλά να μεγιστοποιήσουμε τη χρησιμότητα ενός καταναλωτή υπο τον περιορισμό ότι η χρησιμότητα των υπολοίπων δεν χειροτερεύει και υπο τους περιορισμούς των παραγωγικών δυνατοτήτων και της διαθεσιμότητας πόρων.

Πιο συγκεκριμένα, μεγιστοποιούμε τη χρησιμότητα του καταναλωτή 1

$$u^1(x_{11}, \dots, x_{n1}, z)$$

υπο τους περιορισμούς

$$u^j(x_{1j}, \dots, x_{nj}, z) = u^{*j} \quad j = 2, \dots, m$$

$$f^k(q_{1k}, \dots, q_{nk}, s_k) = 0 \quad k = 1, \dots, h$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} - \sum_{k=1}^h q_{ik} = r_i \quad i = 1, \dots, n$$

Η συνάρτηση Lagrange για το πρόβλημα διατυπώνεται ως εξής

$$L = \sum_{j=1}^m \lambda_j [u^j(\cdot) - u^{*j}] - \sum_{k=1}^h \mu_k f^k(\cdot) + \sum_{i=1}^n w_i (r_i - \sum_{j=1}^m x_{ij} + \sum_{k=1}^h q_{ik})$$

όπου θεωρούμε το $\lambda_1=1$ και το $u^{*1}=0$.

Τα λ_j , μ_k και w_i είναι οι πολλαπλασιαστές Lagrange. Παίρνοντας τις παραγώγους ως προς x_{ij} , q_{ik} και s_k εξάγουμε τις απαραίτητες, για μέγιστο, συνθήκες πρώτης τάξης.

$$\frac{\partial L}{\partial x_{ij}} = \frac{\partial L}{\partial q_{ik}} = \frac{\partial L}{\partial s_k} = 0$$

Επίσης με βάση τους περιορισμούς πρέπει να ισχύουν

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_j} = \frac{\partial L}{\partial \mu_k} = \frac{\partial L}{\partial w_i} = 0$$

Με λύση των εξισώσεων εξάγουμε τα άριστα επίπεδα κατά Pareto x_{ij}^0 , q_{ik}^0 και s_k^0 και τους πολλαπλασιαστές λ_i , μ_k και w_i . Το s_k^0 είναι το άριστο επίπεδο ρύπανσης που πρέπει να εκπέμπει κάθε εστία-επιχείρηση \bar{k} . Στις επιχειρήσεις γίνεται διάκριση μεταξύ της επιχείρησης \bar{k} που δημιουργεί την την εξωτερική οικονομία και των υπολοίπων επιχειρήσεων που δεν δημιουργούν εξωτερική οικονομία.

Για την ερμηνία των συνθηκών για την κατα Pareto άριστη κατανομή θεωρούμε το αγαθό ελεύθερος χρόνος, έστω 1^* , που καταναλώνεται απο όλα τα άτομα και χρησιμοποιείται από όλες τις επιχειρήσεις.

Έτσι προκύπτουν οι ισότητες

$$\begin{aligned}
-w_{1^*} \frac{f_s^{\bar{k}}}{f_{1^*}^{\bar{k}}} &= -\sum_j w_{1^*} \frac{u_z^j}{u_{1^*}^j} = w_{1^*} \sum_j \frac{\partial x_{1^*j}}{\partial z} = w_{1^*} \frac{\partial q_{1^*\bar{k}}}{\partial s_{\bar{k}}} \\
-\sum_j w_{1^*} \frac{u_z^j}{u_{1^*}^j} &= w_{1^*} \sum_j \frac{\partial x_{1^*j}}{\partial z} \quad (1.7) & -w_{1^*} \frac{f_s^{\bar{k}}}{f_{1^*}^{\bar{k}}} &= w_{1^*} \frac{\partial q_{1^*\bar{k}}}{\partial s_{\bar{k}}} \quad (1.8)
\end{aligned}$$

Ο όρος (1.7) μπορεί να ερμηνευθεί ως η οριακή κοινωνική ζημία που δημιουργεί μια μονάδα εκτεμπόμενης ρύπανσης. Η οριακή κοινωνική ζημία σε όρους αξίας μετράται εδώ με την αξία της εργασίας (ελεύθερου χρόνου) που απαιτείται για την εξάλειψη των αποτελεσμάτων που δημιουργούνται στην κοινωνική ευημερία από την αύξηση της ρύπανσης κατά μία μονάδα.

Ο όρος (1.8) δείχνει την αξία της εργασίας που απαιτείται για μια οριακή μείωση της ρύπανσης. Είναι το οριακό κόστος μείωσης (ελέγχου) της ρύπανσης. Όταν η επιχείρηση εκπέμπει μία επιπλέον μονάδα ρύπανσης, δείχνει το οριακό οφελος της επιχείρησης από την οριακή αύξηση της ρύπανσης, το οποίο μετράτε με την αξία της εξοικονομούμενης εργασίας.

Συμπερασματικά διαπιστώνουμε ότι το άριστο επίπεδο ρύπανσης επιτυγχάνεται όταν το οριακό κόστος ελέγχου της ρύπανσης μιάς ρυπαίνουσας επιχείρησης εξισώνεται με την οριακή κοινωνική ζημία που δημιουργεί μια μονάδα ρυπανσης. Αυτό το συμπέρασμα πρέπει να καθοδηγεί την πολιτική προστασίας του περιβάλλοντος.

2.4 ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΑΓΟΡΑΣ ΠΛΗΡΟΥΣ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΥ & ΑΡΙΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Η αγορά σε συνθήκες πλήρους ανταγωνισμού έχει δεδομένες τιμές αγαθών αλλά δεν διαμορφώνει τιμή για τη ρύπανση. Για την αντιμετώπιση της εξωτερικής οικονομίας προτείνεται ο φόρος κατά Pigou, ένας φόρος t_s ανα μονάδα εκτεμπόμενης ρύπανσης, ο οποίος θα έδινε κίνητρο στην επιχείρηση-πηγή να μειώσει τις εκπομπές της. Άλλοι προτείνουν να φορολογηθούν ή να επιδοτηθούν οι υφιστάμενοι τη ρύπανση. Έστω λοιπόν t^j φόρος που υφίστανται οι θιγόμενοι, θετικός ή αρνητικός, ο οποίος εξαρτάται από το επίπεδο δραστηριότητας του j .

Το πρόβλημα το οποίο τίθεται είναι ο προσδιορισμός των φόρων t_s και t^j ώστε σε συνθήκες πλήρους ανταγωνισμού να ικανοποιούνται οι συνθήκες για το άριστο, κατά Pareto, επίπεδο ρύπανσης. Για να προσδιορίσουμε το άριστο, αυτή τη φορά, επίπεδο φόρων πρέπει να ελαχιστοποιήσουμε τη δαπάνη των καταναλωτών και να μεγιστοποιήσουμε το κέρδος των επιχειρήσεων.

Ο καταναλωτής j ελαχιστοποιεί τη δαπάνη του υπό τον περιορισμό της επίτευξης ενός δεδομένου επιπέδου χρησιμότητας. Άρα ελαχιστοποιεί την $E = \sum_i p_i x_{ij} + t^j$ υπό τον περιορισμό $u^j(\cdot) = u^{*j}$, όπου p_i είναι η τιμή του i αγαθού και u^j όπως προηγουμένως.

Η συνάρτηση Lagrange για το πρόβλημα είναι $L_j = \sum_i p_i x_{ij} + t^j + a_j [u^j(\cdot) - u^{*j}]$ για όλα τα j , όπου a_j πολλαπλασιαστές του Lagrange.

Συνθήκες πρώτης τάξης: $\frac{\partial L_j}{\partial x_{ij}} = p_i - a_j u_i^j + t_i^j$ για όλα τα j , όπου $u_i^j = \frac{\partial u_j}{\partial x_{ij}}$ και $t_i^j = \frac{\partial t^j}{\partial x_{ij}}$

Επίσης λόγω του περιορισμού πρέπει $\frac{\partial L_j}{\partial a_j} = 0$

Αντίστοιχα, η επιχείρηση μεγιστοποιεί τα κέρδη τη μετά το φόρο, υπό τον περιορισμό της συνάρτησης παραγωγής. Δηλαδή μεγιστοποιεί την $\Pi = p_i q_{ik} - t_s s_k$ υπό τον περιορισμό $f^k(\cdot) = 0$.

Η συνάρτηση Lagrange για το πρόβλημα είναι $L_k = \sum_i p_i q_{ik} - t_s s_k - \beta_k f^k(\cdot)$

και οι συνθήκες πρώτης τάξης $\frac{\partial L_k}{\partial q_{ik}} = p_i - \beta_k f_i^k = 0$ για όλα τα i, k

$$\frac{\partial L_k}{\partial s_k} = -t_s - \beta_k f_s^k = 0 \text{ για όλα τα } k$$

όπου $f_i^k = \frac{\partial f^k}{\partial q_{ik}}$ και $f_s^k = \frac{\partial f^k}{\partial s_k}$

Συγκρίνοντας αυτές τις συνθήκες πρώτης τάξης με τις αντίστοιχες κατά Pareto παρατηρούμε πως όταν

$$t_i^j = 0 \text{ και } t_s = \sum_j \lambda_j u_z^j$$

ταυτίζονται μεταξύ τους και επομένως δίνουν τις ίδιες λύσεις, δηλαδή οι άριστες λύσεις κατά Pareto είναι ίδιες με τις λύσεις της αγοράς. Αυτό σημαίνει πως ισχύουν επίσης οι ισότητες $p_i = w_i$, $\lambda_j = \alpha_j$, $\mu_k = \beta_k$.

Συμπεραίνουμε λοιπόν πως η αγορά του πλήρους ανταγωνισμού ικανοποιεί τις συνθήκες για την επίτευξη του άριστου κατά Pareto επιπέδου ρύπανσης όταν επιβάλλεται φόρος t_s ανά μονάδα εκπεμπόμενης ρύπανσης, ο οποίος ισούται με την οριακή κοινωνική ζημία (και με το οριακό κόστος ελέγχου) στο άριστο επίπεδο της ρύπανσης και όταν επιβάλλονται μηδενικοί φόροι ή αποζημιώσεις στους πληττόμενους από τη ρύπανση. Η πρόταση αυτή αποτελεί μια βασική πολιτική προστασίας του περιβάλλοντος σε συνθήκες πλήρους ανταγωνισμού.

2.5 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΛΑΧΙΣΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΠΗΓΩΝ

Έχοντας προσδιορισμένο το επιθυμητό επίπεδο ρύπανσης μπορεί να κατανεμηθεί η συνολική ποσότητα μείωσης αυτής μεταξύ των πηγών που τη δημιουργούν. Υποθέτουμε ότι έχουμε ένα σφαιρικό ρύπο, ομοιόμορφα αναμιγνόμενο και μη συσσωρευτικό. Υποθέτουμε ακόμη ότι S_k είναι η ποσότητα ρύπανσης που εκπέμπει η πηγή k όταν δεν υπάρχει κανένας έλεγχος ρύπανσης.

Θεωρούμε τη συνάρτηση του κόστους ελέγχου της ρύπανσης για την πηγή k : $C_k(A_k)$ $k = 1, \dots, m$ όπου A_k είναι η ποσότητα μείωσης της ρύπανσης,

Θεωρούμε τη συνάρτηση του επιθυμητού συνολικού επιπέδου ρύπανσης: $\sum_k (S_k - A_k) = S^*$, όπου S^* είναι το επιθυμητό επίπεδο και $(S_k - A_k)$ οι πραγματοποιούμενες εκπομπές ρύπων μετά τον έλεγχο.

Στόχος μας είναι ο προσδιορισμός των αποτελεσματικών επιπέδων A_k για κάθε εστία που θα εξασφαλίζουν το επιθυμητό συνολικά επίπεδο με το ελάχιστο κόστος. Μαθηματικά, το παραπάνω διατυπώνεται με την ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους ελέγχου υπο τον περιορισμό του επιθυμητού επιπέδου. Έτσι έχουμε ελαχιστοποίηση του: $\sum_k C_k(A_k)$ υπο τον περιορισμό του επιθυμητού συνολικού επιπέδου ρύπανσης.

Η συνάρτηση Lagrange για το πρόβλημα αυτό είναι:

$L = \sum_k C_k(A_k) + \lambda [\sum_k (S_k - A_k) - S^*]$ όπου λ είναι ο πολλαπλασιαστής του Lagrange.

Οι συνθήκες πρώτης τάξης είναι: $\frac{\partial L}{\partial A_k} = \frac{\partial C_k}{\partial A_k} - \lambda = 0 \quad k = 1, \dots, m$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = \sum_k (S_k - A_k) - S^* = 0$$

Ο πολλαπλασιαστής Lagrange μπορεί να εκφραστεί ως

$$\lambda = \frac{\partial C_k}{\partial A_k} \quad \text{ή} \quad \lambda = \frac{\partial C_1}{\partial A_1} = \frac{\partial C_2}{\partial A_2} = \dots = \frac{\partial C_m}{\partial A_m}$$

Έτσι γίνεται ξεκάθαρο ότι εκφράζει τη μεταβολή του συνολικού κόστους ελέγχου όταν μεταβάλλεται κατά μία μονάδα το επίπεδο εκπομπών S^* . Φαίνεται ότι η αποτελεσματική κατανομή της μείωσης των ρύπων για την επίτευξη του επιπέδου επιτυγχάνεται όταν εξισώνεται το οριακό κόστος ελέγχου κατά μήκος όλων των πηγών που προβαίνουν σε έλεγχο.

Σύμφωνα με τα παραπάνω αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την επιβολή φόρου, έστω t_k ανά μονάδα εκπομπών ρύπανσης. Έτσι η οικονομική μονάδα (επιχείρηση k) θα επιδίωκε την ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους που οφείλεται στην περιβαλλοντική ρύθμιση, αρα θα επιδίωκε την ελαχιστοποίηση του $C^P = C_k(A_k) + t_k(S_k - A_k)$

Με συνθήκη πρώτης τάξης $\frac{\partial C^P}{\partial A_k} = \frac{\partial C_k}{\partial A_k} - t_k = 0$ ή $\frac{\partial C_k}{\partial A_k} = t_k$

Η επιχείρηση k θα επιλέξει έτσι το επίπεδο A_k ώστε να εξισώνεται ο φόρος με το οριακό κόστος ελέγχου. Συγκρίνοντας τώρα τις σχέσεις 2222 προκύπτει ταύτηση του φόρου t_k με τον πολλαπλασιαστή λ της Lagrange, οπότε μπορούμε με ασφάλεια να προσδιορίσουμε τον φόρο ίσο με το οριακό κόστος ελέγχου.

Αν ως μέτρο πολιτικής χρησιμοποιήσουμε ένα σύστημα αδειών ρύπανσης στο οποίο μια άδεια επιτρέπει την εκπομπή μίας μονάδας ρύπανσης προβαίνουμε στις εξής θεωρήσεις. Εστω

ότι στην επιχείρηση k έχουν κατανεμηθεί Ω_k άδειες αρχικά, τότε η επιχείρηση εξετάζει τα ενδεχόμενα αγοραπωλησιών πάντα με στόχευση την ελαχιστοποίηση του συνολικού της κόστους, που δύναται να επιφέρει η όποια περιβαλλοντική ρύθμιση.

Έχουμε τη συνάρτηση κόστους $C^P = C_k(A_k) + P_w[\Omega_k + (S_k - A_k)]$

όπου P_w η τιμή της άδειας την οποία λαμβάνει η επιχείρηση ως δεδομένη

Το σημείο A_k που επιλέγεται από την επιχείρηση ως βέλτιστο προκύπτει από τη συνθήκη πρώτης τάξης

$$\frac{\partial C^P}{\partial A_k} = \frac{\partial C_k}{\partial A_k} - P_w = 0 \quad \text{ή} \quad \frac{\partial C_k}{\partial A_k} = P_w$$

Σημειώνεται ότι το επίπεδο A_k είναι εκείνο που εξισώνεται η τιμή της άδειας με το οριακό κόστος ελέγχου. Έτσι και σε αυτή την περίπτωση έχουμε την επίτευξη του επιθυμητού επιπέδου όταν ταυτίζεται η τιμή της άδειας με τον πολλαπλασιαστή Lagrange, δηλαδή όταν $\lambda = P_w$ και η τιμή της άδειας είναι ίση με το εξισωμένο οριακό κόστος κατά μήκος όλων των πηγών.

2.6 ΜΕΤΡΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

2.6.1 Γενικά

Τα μέτρα για την προστασία του περιβάλλοντος έχουν ως στόχο τους να δώσουν κίνητρα ή να αναγκάσουν τις οικονομικές μονάδες να συνυπολογίσουν τις εξωτερικές οικονομίες που δημιουργούν (η ρύπανση έχει θεωρηθεί τέτοια). Η κυβερνητική παρέμβαση είναι λοιπόν απαραίτητη και τα μέτρα που δύναται να πάρει μπορούν να έχουν τη μορφή άμεσων διοικητικών ρυθμίσεων σχετικά με την ποσότητα των ρύπων, την ποιότητα των καυσίμων και το είδος των εφαρμοζόμενων τεχνολογιών. Επίσης μπορούν να αποτελούν οικονομικής φύσης μέτρα, όπως η επιβολή φόρου επί της ρυπογόνας ποσότητας ή επί του προϊόντος που ευθύνεται για τη ρύπανση, η καταβολή επιδοτήσεων, η έκδοση αδειών και η δημιουργία σχετικής αγοράς, οι εθελοντικές συμφωνίες και η καθιέρωση επιστρεφόμενων εγγυήσεων για την προστασία του περιβάλλοντος. Παράλληλα οι δημόσιες επενδύσεις για τη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος και η εκπαίδευση με στόχο τη δημιουργία οικολογικής γνώσης και συνείδησης αποτελούν μέτρα κρατικής παρέμβασης. Όλα τα μέτρα αυτά δεν είναι αμοιβαία αποκλειόμενα αλλά πρέπει να συνδυάζονται στον απαιτούμενο βαθμό για την επίτευξη του άριστου - επιθυμητού επιπέδου ρύπανσης.

2.6.2 Άμεσες διοικητικές ρυθμίσεις

Οι άμεσες διοικητικές ρυθμίσεις και οι έλεγχοι της ρύπανσης αποτελούν ακόμα και σήμερα τα πιο διαδεδομένα και ευρέως εφαρμοζόμενα μέτρα προστασίας του περιβάλλοντος. Η άμεση αυτή διοικητική ρύθμιση που επιβάλλεται διά νόμου έχει τη μορφή οδηγίας στις μεμονωμένες οικονομικές μονάδες, η οποία απαιτεί η εκπομπή ρύπανσης να βρίσκεται σε ορισμένο ανώτατο επίπεδο και η υπέρβαση αυτού αποτελεί παραβίαση του νόμου όπου υπάρχουν κυρώσεις. Οι πρότυπες τιμές ρύπανσης, δηλαδή τα ανώτατα όρια αποτελούν νομοθετημένα όρια ρύπανσης για την κάθε εστία και ο καθορισμός αυτών είναι ζητούμενο προς ανάλυση.

Όπως προηγουμένως θεωρούμε δεδομένο πως τα τιθέμενα όρια σε κάθε εστία, αθροιζόμενα, αποτελούν το επιθυμητό επίπεδο ρύπανσης. Ο πιο απλός τρόπος καθορισμού των ορίων αυτών είναι η επιλογή ίδιου πρότυπου επιπέδου ρύπανσης για όλες τις πηγές. Αποτελεί από μία άποψη ένα δίκαιο τρόπο καθορισμού αφού επιβάλει ισόποση ρύπανση του περιβάλλοντος από κάθε πηγή. Δεν συνυπολογίζει όμως το σε κάθε περίπτωση προκύπτον κόστος ελέγχου, το οποίο δύναται να διαφέρει μεταξύ των βιομηχανιών και μπορεί να προκαλέσει δυσανάλογο οικονομικό κόστος. Η δυσαναλογία αυτή μετακυλύεται στην κοινωνία για την οποία αυξάνεται το συνολικό κόστος ελέγχου της συνολικής ρύπανσης και προκύπτει απορρόφηση πόρων που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αλλού με μεγαλύτερη χρησιμότητα και αποτέλεσμα τη μεγιστοποίηση της κοινωνικής ευημερίας.

Η επιβολή των άμεσων διοικητικών ρυθμίσεων απαιτεί μηχανισμό παρακολούθησης και ελέγχου τόσο του περιβάλλοντος γενικά όσο και της λειτουργίας των πηγών για τον έλεγχο και την επιβολή των τυχών ποινών με τη μορφή των χρηματικών προστίμων.

Οι άμεσες ρυθμίσεις μπορούν βέβαια να πάρουν τη μορφή της επιβολής εγκαταστάσεων και τη χρήση συγκεκριμένης τεχνολογίας (αντιρυπαντικής) για την παραγωγή ενός προϊόντος. Ακόμα και τη μορφή της επιβολής χρήσης ευγενέστερων και πιο φιλικών προς το περιβάλλον καυσίμων στη θέρμανση, στις μεταφορές και στην παραγωγή, της επιβολής βιομηχανικής χωροθέτησης σε λιγότερο επιβαρυσμένα κέντρα μακριά από πυκνοκατοικημένες περιοχές και τον

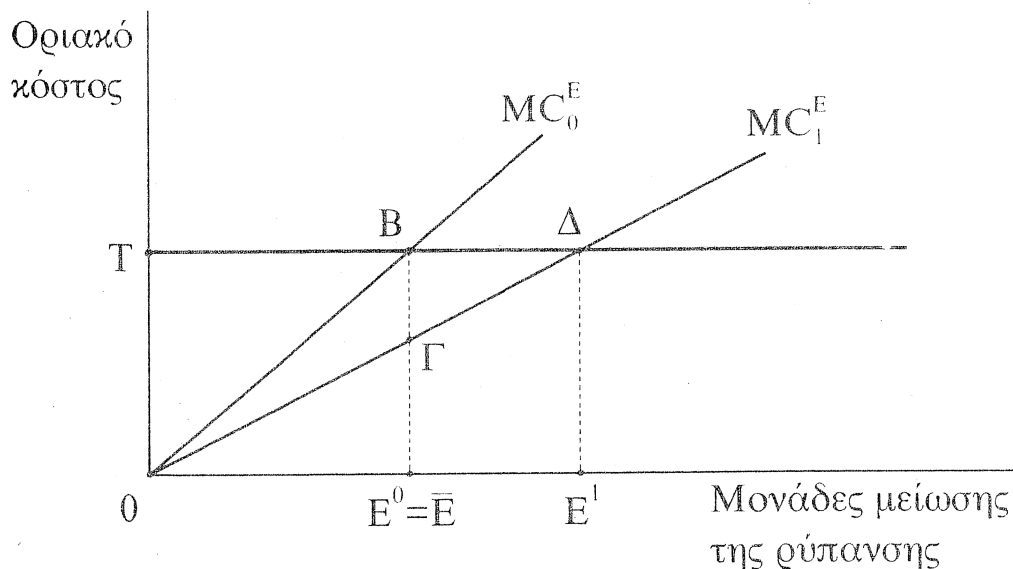
περιορισμό των μετακινήσεων σε αστικά κέντρα. Όλες αυτές οι εναλλακτικές σε κάθε περίπτωση χρήζουν και διαφορετικής αποτελεσματικότητας και αποδοχής από τις πηγές, αφού δεν έχουν ποσοτικό μέτρο περιορισμού και μπορεί να προκαλούν υπέρογκο κόστος ελέγχου σχετικά με την απόδοσή τους.

Αξίζει να σημειωθεί πως οι άμεσες διοικητικές ρυθμίσεις ως μέτρα θεωρούνται αναντικατάστατα σε περιπτώσεις επικίνδυνων ρύπων για τους οποίους απαιτείται η απαγόρευση εκπομπής τους στο περιβάλλον. Σε περιπτώσεις ακόμα δυσμενών περιβαλλοντικών ή έκτακτων συνθηκών όπου απαιτείται άμεση μείωση των ρύπων αποτελούν μοναδική αποτελεσματική λύση. Τέλος η δυσκολία επιβολής άλλων μέτρων που αναλύονται παρακάτω και είναι πιο ελκυστικά από οικονομικής άποψης οδηγούν στη χρήση των άμεσων διοικητικών ρυθμίσεων.

2.6.3 Επιβολή φόρων στις εκπομπές ρύπανσης

Η επιβολή φόρου ανά μονάδα εκπεμπόμενης ρύπανσης παρέχει κίνητρα στις επιχειρήσεις να συμπεριλάβουν στο κόστος τους, το κόστος της εξωτερικής οικονομίας, δηλαδή της ρύπανσης που προκαλούν. Η οικονομική μονάδα, έτσι, θα ελέγχει μέσω αντιρυπαντικής τεχνολογίας τη ρύπανση που εκπέμπει στο βαθμό που ο έλεγχος κοστίζει λιγότερο από το φόρο που επιβάλλεται με απώτερο σκοπό τη μεγιστοποίηση των κερδών της. Σε προηγούμενη ανάλυση δείξαμε ότι για την επίτευξη του επιθυμητού επιπέδου ρύπανσης με την επιβολή φόρου απαιτείται ο καθορισμός του φόρου στο επίπεδο εξίσωσης του με το οριακό κόστος ζημιών.

Ο φόρος σαν μέτρο πολιτικής από οικονομικής σκοπιάς θεωρείται πιο αποτελεσματικός σε σύγκριση με τις πρότυπες τιμές ρύπανσης γιατί επιτυγχάνει την ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους ή του κόστους ελέγχου. Οι πρότυπες τιμές όπως είπαμε ξανά τίθενται ομοιόμορφα ή αυθαίρετα και μόνο τυχαία ταυτίζονται ή πλησιάζουν των άριστο - ελάχιστου κόστους περιορισμό της ρύπανσης. Ο φόρος επιπλέον σε σχέση με τα επιβαλλόμενα πρότυπα δίνει μεγαλύτερα κίνητρα για την υιοθέτηση νέας πιο φτηνής και αποτελεσματικής τεχνολογίας αντιρύπανσης. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η μετατόπιση του οριακού κόστους που προκαλεί η τεχνολογική πρόοδος και με σταθερό τον φόρο παρατηρούμε την εξοικονόμηση σε φόρο και την μείωση της ρύπανσης που αυτή συνεπάγεται.



Οι φόροι αφού τεθούν λειτουργούν για μεγάλο χρονικό διάστημα, οι διαδικασίες επιβολής

και ελέγχου τυποποιούνται και τα αποτελέσματα είναι δυνατό να προβλεφθούν. Γενικά οι εκπομπές των ρύπων από μια επιχείρηση μπορούν να μετρηθούν και στη συνέχεια να επιβληθούν φόροι και να εισπραχθούν, οπότε και υπερκαλύπτονται τα προβλήματα της αποφυγής των ποινών που εμφανίζονται κατά την εφαρμογή των άμεσων ρυθμίσεων. Οι φόροι ικανοποιούν την αρχή “ο ρυπαίνων πληρώνει” και, κατ’αυτή την έννοια ικανοποιούν το κριτήριο της ισοκατανομής του εισοδήματος. Οι φόροι, επιπλέον, δημιουργούν έσοδα για το κράτος τα οποία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη χρηματοδότηση προγραμμάτων αποκατάστασης της ποιότητας του περιβάλλοντος.

Σε συνθήκες, όμως, πληθωρισμού ο φόρος ανά μονάδα εκπεμπόμενων ρύπων, ο οποίος διατηρείται σταθερός για κάποιο χρονικό διάστημα, χάνει την περιβαλλοντική του αποτελεσματικότητα. Ένας σταθερός και ομοιόμορφος φόρος δεν μπορεί να αντιμετωπίσει το πρόβλημα της αυξανόμενης ρύπανσης μιας περιοχής λόγω οικονομικής ανάπτυξης ή συγκέντρωσης ρυπογόνων εστιών. Από πρακτικής πλευράς ο φόρος αντιμετωπίζει το πρόβλημα της μέτρησης των εκπομπών ανά εστία, πρόβλημα που διογκώνεται όταν ο αριθμός των εστιών είναι μεγάλος και όταν οι εστίες είναι κινητές ή μη ανιχνεύσιμες.

2.6.4 Καταβολή επιδοτήσεων

Οι οικονομικές μονάδες που επιβάλλεται να μειώσουν τη ρύπανση που εκπέμπουν στα πλαίσια της περιβαλλοντικής ρύθμισης επιζητούν οικονομική βοήθεια με τη μορφή επιδότησης. Οι λόγοι που προβάλλουν ποικίλουν και σχετίζονται με την ευθύνη που έχουν ως προς το μέγεθος της ρύπανσης και την εξάρτηση της ανταγωνιστικότητας τους σε διεθνές περιβάλλον από την λήψη άλλων επώδυνων μέτρων. Η κύρια αντίρρηση που προβάλλεται σχετικά με τις επιδοτήσεις είναι ότι εναντιώνεται στην δίκαιη αρχή “ο ρυπαίνων πληρώνει” και ουσιαστικά επιβραβεύει αντί να τιμωρεί αυτόν που προκαλεί τη ρύπανση.

Οι επιδοτήσεις μπορούν να έχουν τη μορφή της επιδότησης ανά μονάδα μείωσης της εκπεμπόμενης ρύπανσης, της κρατικής επιχορήγησης αντιρρυπαντικού εξοπλισμού, των απαλλαγών από φόρο, τις επιχορήγησης επιτοκίου δανεισμού για αγορά αντιρρυπαντικού εξοπλισμού. Οι επιχορηγήσεις αντιρρυπαντικού εξοπλισμού χρησιμοποιούνται πολύ συχνά στην πράξη χωρίς να είναι απαλλαγμένες από προβλήματα. Ουσιαστικότερο όλων είναι το γεγονός ότι επιδοτούν τη δυνατότητα μείωσης και όχι την πραγματική μείωση γιατί αφορούν την αρχική εγκατάσταση και δεν προσφέρουν κίνητρο για την αποτελεσματική της χρήση.

Οι επιδοτήσεις ανά μονάδα μείωσης της ρύπανσης θεωρούνται συνήθως μέτρα ισοδύναμα των φόρων όσον αφορά στη συμπεριφορά της ατομικής επιχείρησης. Όταν, δηλαδή, επιδοτείται ανά μονάδα μείωσης της ρύπανσης, θα συνεχίσει να ελέγχει τις εκπομπές μέχρι το σημείο που η επιδότηση είναι μεγαλύτερη από το ανά μονάδα κόστος ελέγχου. Αν η επιχείρηση δεν συμπεριφερθεί με τον τρόπο αυτό θα ζημιωθεί κατά το διαφυγών καθαρό όφελος της διαφοράς μεταξύ επιδότησης και κόστους ελέγχου.

Ουσιαστικά οι φόροι αυξάνουν το μέσο κόστος της επιχείρησης ενώ οι επιδοτήσεις το μειώνουν. Οι φόροι, ως εκ τούτου, μειώνουν το κέρδος των επιχειρήσεων ενώ οι επιδοτήσεις το αυξάνουν καθιστώντας έτσι τις μη κερδοφόρες επιχειρήσεις βιώσιμες. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα σε συνθήκες πλήρους ανταγωνισμού η τιμή του προϊόντος να ισούται με το ελάχιστο του μέσου κόστους και να αυξάνεται η προσφορά με την είσοδο νέων επιχειρήσεων. Έτσι οι επιδοτήσεις μπορούν να μειώσουν τη ρύπανση ανά επιχείρηση αλλά να αυξήσουν την συνολική εκπεμπόμενη ρύπανση στον κλάδο. Τέλος η επιδότηση δεν αυξάνει αλλά αντίθετα

μειώνει την τιμή του προϊόντος με αποτέλεσμα να μην προσανατολίζεται η κατανάλωση μέσω των τιμών σε λιγότερα ρυπογόνα προϊόντα.

Όταν βέβαια έχουμε περιπτώσεις όπου η αποτελεσματική επίτευξη του επιπέδου ρύπανσης οδηγεί σε κατανομή τέτοια, που επιβαρύνει λίγες μόνο επιχειρήσεις ή κλάδους, γεγονός που μπορεί να συντελεστεί όταν το κόστος αντιρρύπανσης των επιχειρήσεων ή κλάδων είναι μικρό, τότε οι επιδοτήσεις του ελέγχου της ρύπανσης θεωρείται δίκαιη λύση. Στα πλαίσια της πολιτικής οικονομικής ανάπτυξης και μάλιστα της περιφερειακής, οι επιχορηγήσεις και οι επιδοτήσεις τείνουν να προτιμώνται όταν ο έλεγχος αυξάνει σημαντικά το κόστος παραγωγής σε κλάδους ζωτικούς για την οικονομία, την ανταγωνιστικότητα και την ανεργία. Η οπτική αυτή δεν αποτελεί αμιγώς πολιτική προστασίας του περιβάλλοντος αλλά μια πιο σύνθετη κοινωνική, οικονομική και περιβαλλοντική πολιτική.

2.6.5 Έκδοση αδειών ρύπανσης

Το σύστημα αδειών ουσιαστικά δημιουργεί μια αγορά για το προϊόν “ρύπανση”. Στην περίπτωση αυτή, κάθε επιχείρηση απαιτείται να έχει άδεια προκειμένου να εκπέμπει ρυπαντικές ουσίες. Οι άδειες είναι μεταβιβάσιμες και προσδιορίζουν το ποσό ρύπανσης που κάθε πηγή δικαιούται να εκπέμπει, δεδομένου ότι η υπέρβαση του ποσού αυτού έχει ως αποτέλεσμα μεγάλες χρηματικές ποινές. Το συνολικό ποσό των αδειών πρέπει να επιτρέπει το άριστο επίπεδο ρύπανσης.

Πρέπει να παρατηρήσουμε ότι στο σύστημα αυτό η Πολιτεία χρειάζεται να προσδιορίσει μόνο τον αριθμό των αδειών και δεν απαιτείται γνώση του εκάστοτε κόστους ελέγχου. Το σύστημα αδειών οδηγεί σε ελαχιστοποίηση του κόστους ελέγχου στο σημείο που εξισώνεται το οριακό κόστος ελέγχου των πηγών ρύπανσης. Έτσι προσδιορίζεται μόνο το επιθυμητό επίπεδο ρύπανσης και συνεπακόλουθα ο αριθμός αδειών που απαιτούνται, οπότε η αγορά θα αναλάβει την αποτελεσματική κατανομή των αδειών μεταξύ των διάφορων εστιών. Ο αρχικός καταμερισμός αδειών είναι προτιμότερο να γίνει με τη δημοπρασία αυτών, που σαν συνέπεια έχει την συγκέντρωση εσόδων από το κράτος και η αρχική κατανομή θα ικανοποιεί τη συνθήκη εξίσωσης της τιμής της άδειας με το οριακό κόστος ελέγχου της ρύπανσης.

Επιπρόσθετα πλεονεκτήματα των αδειών έναντι του φόρου είναι ότι δεν επηρεάζεται η αποτελεσματικότητα τους από τον πληθωρισμό, παρά μόνο η τιμή τους όσο ο αριθμός τους παραμένει σταθερός και το κόστος ελέγχου της ρύπανσης μεταβάλλεται. Μεταβολή της τιμής τους επέρχεται όταν αυξάνεται η ρύπανση λόγω ανάπτυξης ή λόγω συγκέντρωσης δραστηριοτήτων σε μια περιοχή και η ζήτηση τους αυξάνεται. Στην περίπτωση αυτή οι επιχειρήσεις εξισώνουν τη νέα τιμή της άδειας με αυξημένο το οριακό κόστος ελέγχου και έτσι ελέγχουν μεγαλύτερη ποσότητα ρύπων. Σε αντίστοιχη περίπτωση η ρύθμιση με τον φόρο θα απαιτούσε αναπροσαρμογή του, δηλαδή παρέμβαση από την Περιβαλλοντική Αρχή.

Πέρα όλων αυτών των θετικών υπάρχουν και δυσκολίες στη δημιουργία και στη διαχείριση μιας αγοράς αδειών που να λειτουργεί με αποτελεσματικό τρόπο. Την ευθύνη της διερεύνησης του κόστους ελέγχου και της αγοράς αδειών έχουν πλέον οι ρυπαίνουσες εστίες οι οποίες μπορούν να προβούν σε συμφέρουσες ανταλλαγές αδειών. Όταν όμως ο αριθμός των εστιών είναι μεγάλος υπάρχει υψηλό κόστος συναλλαγών και έτσι η χρήση του συστήματος αδειών μπορεί να μην αποτελεί την καλύτερη δυνατή λύση για την προστασία του περιβάλλοντος. Επίσης υπάρχει ο κίνδυνος συγκέντρωσης πολλών αδειών σε λίγες εστίες, δηλαδή δημιουργία ολιγοπωλιακής οργάνωσης στην αγορά αδειών καθώς και ο κίνδυνος μελλοντικά η κοινωνία να δαπανά σημαντικούς πόρους για την προστασία του περιβάλλοντος,

αφαιρώντας τους από άλλες πιεστικές κοινωνικές ανάγκες.

Συμπερασματικά τόσο οι φόροι όσο και το σύστημα αδειών δεν είναι δυνατόν να αποφέρουν αποτελέσματα χωρίς ένα καλά οργανωμένο σύστημα παρακολούθησης και εφαρμογής. Τέτοιο σύστημα είναι δύσκολο και δαπανηρό να οργανωθεί ειδικά όταν οι εστίες είναι πολλές ή κινητές και δεν μπορούν να εντοπιστούν οι πηγές ή να καταμετρηθούν αποτελεσματικά οι εκπομπές ρύπων.

2.6.6 Λοιπά μέτρα για την προστασία του περιβάλλοντος

Μπορούν ακόμα να τεθούν κανόνες νομικής υπαιτιότητας, ώστε να δίνονται κίνητρα στους ρυπαίνοντες για την αποφυγή της ρύπανσης και των ζημιών που δημιουργεί. Ένας σημαντικός τέτοιος κανόνας είναι η πληρωμή προστίμου για την υπέρβαση του θεσμοθετημένου ορίου, ένας άλλος είναι η καταβολή αποζημίωσης στους θιγόμενους ή η αποκατάσταση του περιβάλλοντος από αυτόν που προκάλεσε τη ρύπανση και τέλος μπορεί να προκαταβάλλεται ένα ποσό ως ομολογία για την πιθανή ζημιά και να παρακρατείται στο τέλος το ποσό που αντιστοιχεί στη ζημιά που επιτελέστηκε.

Άλλο ένα σύστημα είναι αυτό των επιστρεφόμενων εγγυήσεων, το οποίο είναι ιδιαίτερα ελκυστικό στις περιπτώσεις που η παρακολούθηση και ο έλεγχος των εκπομπών από τις πηγές τους είναι δύσκολοι. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα οι ρυπαίνοντες να έρθουν σε εθελοντικές συμφωνίες με την Περιβαλλοντική Αρχή σχετικά με την ποσότητα ρύπανσης που εκπέμπουν, το επίπεδο του προϊόντος ή την παραγωγική διαδικασία που χρησιμοποιούν. Συνήθως συνάπτονται μέσω άμεσων περιβαλλοντικών ρυθμίσεων και μπορούν να οδηγήσουν στην επιδότηση νέων αντιρρυπαντικών τεχνολογιών. Η αποτελεσματικότητα αυτών εξαρτάται από την αυστηρότητα των στόχων που τίθενται κατόπιν διαπραγμάτευσης και της παρακολούθησης των προστίμων που επιβάλλονται σε περίπτωση αθέτησης της συμφωνίας.

Ακόμα το κράτος αναλαμβάνει δημόσιες επενδύσεις για την προστασία του περιβάλλοντος και για την αποκατάσταση υποβαθμισμένων περιβαλλοντικά περιοχών. Τέτοιες παρεμβάσεις γίνονται σε κέντρα επεξεργασίας λυμάτων, σε έργα αποχέτευσης, σε αναδάσωση και δενδροφύτευση και σε βελτίωση των μέσων μαζικής μεταφοράς. Επιπλέον χρηματοδοτεί ερευνητικά προγράμματα ανάπτυξης και διάδοσης αντιρρυπαντικών τεχνολογιών και επενδύει στη γενική εκπαίδευση και ενημέρωση σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος. Η πολιτεία ακόμη είναι υπεύθυνη και πρέπει να μεριμνά για τη διατήρηση του πληθυσμού σε ορισμένα επίπεδα και για τον περιορισμό φαινομένων αστυφιλίας εφόσον τα συγκεκριμένα φαινόμενα επιβαρύνουν σοβαρά το περιβάλλον. Τέλος μπορεί να δώσει κίνητρα για μια πιο ορθολογική διαχείριση των απορριμμάτων και ιδιαίτερα κίνητρα για ανακύκλωση. Η ορθολογική διαχείριση και η ανακύκλωση επηρεάζονται αρνητικά από τις χαμηλές τιμές των νέων πρώτων υλών και από το χαμηλό κόστος αποκομιδής των απορριμμάτων. Διοικητικά μέτρα μπορούν να επιβάλλουν στους πολίτες την ανακύκλωση όπως και η ανάπτυξη οικολογικής συνείδησης συνδυαζόμενη με τη χρήση οικονομικών κινήτρων

2.7 ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ: ΑΝΟΜΟΙΟΜΟΡΦΑ ΑΝΑΜΙΓΝΥΟΜΕΝΟΙ ΡΥΠΟΙ

Η χωροθέτηση της εστίας ρύπανσης ως προς τον αποδέκτη της ρύπανσης επηρεάζει τη συγκέντρωση της ρύπανσης σε αυτόν όταν η εκπεμπόμενη ρύπανση δεν αναμιγνύεται και δεν

διαχέεται κατ' ομοιόμορφο τρόπο στους αποδέκτες. Όσο μεγαλύτερη είναι η χωροταξική διασπορά των εστιών γύρω από τον αποδέκτη, τόσο μικρότερη είναι η συγκέντρωση της ρύπανσης στον αποδέκτη λόγω της φέρουσας ικανότητας της φύσης για διάχυση, διάλυση και διάσπαση διαφόρων μορφών ρύπανσης.

Οι ζημίες που δημιουργεί ένας ανομοιόμορφα αναμιγνυόμενος ρύπος εξαρτώνται από τη συγκέντρωση της ρύπανσης που δημιουργείται στους φυσικούς αποδέκτες (νερό, αέρα ή έδαφος). Σ' αυτήν την περίπτωση μας ενδιαφέρει κατά κύριο λόγο η συγκέντρωση της ρύπανσης που δημιουργείται στους αποδέκτες.

Για να εξετάσουμε την επίτευξη ενός επιθυμητού επιπέδου συγκέντρωσης της ρύπανσης στους αποδέκτες με το μικρότερο δυνατό κόστος, θεωρούμε S_k την ποσότητα ρύπανσης που εκπέμπει η πηγή k όταν δεν υπάρχει κανένας έλεγχος της ρύπανσης. Για αυτή την πηγή η συνάρτηση κόστους ελέγχου της ρύπανσης είναι $C_k(A_k)$ όπου $k = 1, \dots, h$ και A_k η ποσότητα μείωσης της ρύπανσης.

Έστω ότι a_{kj} είναι ο συντελεστής μεταβίβασης (transfer coefficient) μιας μονάδας εκπεμπόμενης ρύπανσης από την πηγή k στον αποδέκτη j . Η συγκέντρωση που δημιουργείται στον αποδέκτη j από όλες τις πηγές είναι $\sum_k a_{kj}(S_k - A_k)$ όπου $(S_k - A_k)$ οι πραγματοποιούμενες εκπομπές ρύπανσης της πηγής k .

Έστω ότι η επιθυμητή συγκέντρωση ρύπανσης στον αποδέκτη j είναι Q_j^* ώστε $\sum_k a_{kj}(S_k - A_k) = Q_j^*$ (5.1)

Το πρόβλημα της περιβαλλοντικής ρύθμισης συνίσταται στην επίτευξη του στόχου Q_j^* με το ελάχιστο δυνατό κόστος. Πρόκειται για πρόβλημα ελαχιστοποίησης του συνολικού κόστους ελέγχου $\sum_k C_k(A_k)$ υπό τον περιορισμό (5.1). Η συνάρτηση Lagrange για το πρόβλημα είναι:

$$L = \sum_k C_k(A_k) + \lambda \left[\sum_k a_{kj}(S_k - A_k) - Q_j^* \right]$$

Και οι συνθήκες πρώτης τάξης είναι:

$$\frac{\partial L}{\partial A_k} = \frac{\partial C_k}{\partial A_k} - \lambda a_{kj} = 0 \text{ και } \frac{\partial L}{\partial \lambda} = \sum_k a_{kj}(S_k - A_k) - Q_j^* = 0$$

Από την πρώτη παίρνουμε:

$$\lambda = \frac{\partial C_1 / \partial A_1}{a_{1j}} = \frac{\partial C_2 / \partial A_2}{a_{2j}} = \dots = \frac{\partial C_k / \partial A_k}{a_{kj}} = \frac{\partial C_h / \partial A_h}{a_{hj}}$$

Ο πολλαπλασιαστής λ δείχνει τη μεταβολή του συνολικού κόστους ελέγχου όταν μεταβάλλεται η επιθυμητή συγκέντρωση Q_j^* στον αποδέκτη κατά μια μονάδα. Δηλαδή, το οριακό κόστος μείωσης της συγκέντρωσης όταν μειώνεται η επιθυμητή συγκέντρωση κατά μια μονάδα. Άρα, για την αποτελεσματική κατανομή της μείωσης της συγκέντρωσης στον αποδέκτη j μεταξύ των πηγών που τη δημιουργούν, απαιτείται εξίσωση του οριακού κόστους συγκέντρωσης κατά μήκος όλων των πηγών που τη δημιουργούν.

Για την αποτελεσματική κατανομή μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μέτρα, μεταξύ άλλων, ο φόρος και οι άδειες ρύπανσης ή συγκέντρωσης της ρύπανσης. Έστω ότι επιλέγουμε το φόρο επί των εκπομπών ρύπανσης ως μέτρο. Υποθέτουμε ότι t_k είναι ο φόρος που επιβάλλεται

ανά μονάδα εκπομπών της επιχείρησης k και είναι σταθερός για την επιχείρηση. Η επιχείρηση τότε, θα επιδιώξει να ελαχιστοποιήσει το κόστος που της δημιουργεί η περιβαλλοντική ρύθμιση:

$$C^P = C_k(A_k) + t_k(S_k - A_k)$$

Η συνθήκη πρώτης τάξης ως προς A_k είναι:

$$\frac{\partial C^P}{\partial A_k} = \frac{\partial C_k}{\partial A_k} - t_k = 0$$

Συγκρίνοντάς την με πριν παρατηρούμε ότι ταυτίζονται όταν: $t_k = \lambda \alpha_{kj}$

Επομένως, ο φόρος επί των εκπομπών για την επίτευξη της αποτελεσματικής κατανομής πρέπει να διαφέρει κατά πηγή και συγκεκριμένα:

$$t_k = \left(\frac{\partial C_k / \partial A_k}{a_{kj}} \right) \alpha_{kj} = \partial C_k / \partial A_k$$

Ο φόρος επί των εκπομπών της επιχείρησης k ισούται με το οριακό κόστος ελέγχου της k στο αποτελεσματικό επίπεδο A_k^* .

Εναλλακτικά μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ως μέτρο ένα σύστημα αδειών. Έστω ότι μια άδεια επιτρέπει την αύξηση της συγκέντρωσης της ρύπανσης στον αποδέκτη j κατά μια μονάδα. Αν στην επιχείρηση k κατανεμήθηκαν Ω_{kj} άδειες συγκέντρωσης της ρύπανσης αρχικά, η πηγή θα προβεί σε αγοραπωλησία αδειών με στόχο την ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους από την ρύπανση που είναι:

$$C^P = C_k(A_k) + P_W [\Omega_{kj} + a_{kj}(S_k - A_k)]$$

όπου P_W είναι η τιμή της άδειας την οποία λαμβάνει η πηγή ως δεδομένη. Η συνθήκη πρώτης τάξης είναι:

$$\frac{\partial C^P}{\partial A_k} = \frac{\partial C_k}{\partial A_k} - P_W a_{kj} = 0$$

Σε αυτήν την περίπτωση η ταύτιση επιτυγχάνεται όταν $P_W = \lambda$, δηλαδή όταν η τιμή της άδειας ισούται με το εξισωμένο οριακό κόστος συγκέντρωσης στον αποδέκτη κατά μήκος όλων των πηγών που δημιουργούν τη συγκέντρωση.

Εάν μια άδεια επιτρέπει την εκπομπή μιας μονάδας ρύπανσης από την πηγή k , η εξίσωση συνολικού κόστους που πρέπει να ελαχιστοποιηθεί και η συνθήκη πρώτης τάξης παραμένουν οι ίδιες, χωρίς όμως τον όρο a_{kj} πλέον. Άρα έχουμε ταύτιση όταν $P_W = \lambda \alpha_{kj}$ οπότε:

$$P_W = \left(\frac{\partial C_k / \partial A_k}{a_{kj}} \right) \alpha_{kj} = \partial C_k / \partial A_k$$

Η τιμή της άδειας για εκπομπές ρύπανσης από την επιχείρηση k ισούται με το οριακό κόστος ελέγχου της ρύπανσης της επιχείρησης k στο αποτελεσματικό επίπεδο A_k^* .

3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΦΕΛΟΥΣ - ΚΟΣΤΟΥΣ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ο προσδιορισμός του άριστου επιπέδου μείωσης της ρύπανσης βασίζεται στη μεγιστοποίηση του καθαρού οφέλους που προκύπτει από τη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος. Οι ζημίες που αποφεύγονται λόγω της μείωσης της ρύπανσης συνιστούν το όφελος των περιβαλλοντικών ρυθμίσεων εκ μέρους της Πολιτείας. Εφόσον τα οικονομούντα άτομα έχουν επίγνωση των αποτελεσμάτων της ρύπανσης, τα οφέλη σε χρηματικούς όρους από τη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος μπορούν να προσδιοριστούν από τη διάθεση των ατόμων για πληρωμή για μια συγκεκριμένη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος, ή εναλλακτικά, από τη διάθεση των ατόμων να δεχθούν αποζημίωση για μια συγκεκριμένη χειροτέρευση της ποιότητας του περιβάλλοντος. Οι διαθέσεις αυτές φαίνονται όπως έχουμε αναφέρει στην καμπύλη ζήτησης.

Η ποιότητα του περιβάλλοντος παρουσιάζει πολλά χαρακτηριστικά δημόσιου αγαθού ελεύθερης πρόσβασης, άρα υπάρχει πρόβλημα μέτρησης της διάθεσης των ατόμων για πληρωμή ή για αποζημίωση. Έχουν εντούτοις αναπτυχθεί αξιολογικοί μέθοδοι προσδιορισμού της ζήτησης μη εμπορεύσιμων αγαθών, όπως είναι η ποιότητα του περιβάλλοντος, μια μεγάλη κατηγορία των οποίων βασίζεται σε πληροφορίες που παρέχουν οι αγορές άλλων αγαθών ή παραγωγικών συντελεστών, οι οποίες επηρεάζονται από την ποιότητα του περιβάλλοντος.

Υπάρχουν όμως περιπτώσεις, όπως η διατήρηση της φυσικής ομορφιάς ενός τοπίου, κατά τις οποίες δεν μπορούν να αντληθούν πληροφορίες άμεσα ή έμμεσα από την αγορά. Σ' αυτές τις περιπτώσεις ακολουθείται η μέθοδος της εκμείωσης της διάθεσης των ατόμων για πληρωμή ή αποζημίωση για υποθετικές αλλαγές της ποιότητας του περιβάλλοντος μέσω ερωτηματολογίων ή παιγνίων.

Πέραν, όμως, του οφέλους που προκύπτει από τη χρήση του φυσικού περιβάλλοντος μπορεί να υπάρχει και όφελος από τη μη χρήση της φύσης. Τέτοια οφέλη είναι η αξία διατήρησης της επιλογής (option value) και η αξία διατήρησης ή ύπαρξης (existence value). Τα οφέλη αυτά μπορούν να προσδιοριστούν μόνο μέσω ερωτηματολογίων ή παιγνίων που εκμαιεύουν τη διάθεση των ατόμων για πληρωμή.

Για τον προσδιορισμό του καθαρού οφέλους, απαιτείται και η γνώση του κόστους μείωσης της ρύπανσης. Η εκτίμηση του κόστους ελέγχου της ρύπανσης παρουσιάζει μικρότερες δυσκολίες από την εκτίμηση του οφέλους. Χρησιμοποιείται λοιπόν η τεχνική οφέλους-κόστους για την κοινωνικο-οικονομική αξιολόγηση έργων βελτίωσης της ποιότητας του περιβάλλοντος καθώς και έργων χρήσης φυσικών πόρων.

3.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΟΦΕΛΟΥΣ ΑΠΟ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Οι βελτιώσεις της ποιότητας του περιβάλλοντος δημιουργούν οφέλη σε διάφορους τομείς της οικονομίας. Πρέπει λοιπόν να εξεταστεί το φάσμα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και να επιλεγούν οι πλέον κατάλληλες μέθοδοι για την εκτίμηση του οφέλους για τους επηρεαζόμενους τομείς.

3.2.1 Η ποιότητα του περιβάλλοντος ως συμπληρωματικό ή υποκατάστατο αγαθό

Η ποιότητα του περιβάλλοντος μπορεί να θεωρηθεί ως υποκατάστατο αγαθών τα οποία χρησιμοποιούν τα άτομα για να προστατευθούν από τη ρύπανση. Το όφελος που προκύπτει μπορεί να μετρηθεί από το ύψος της «προστατευτικής» δαπάνης (averting expenditure), την οποία εξοικονομούν τα άτομα λόγω βελτίωσης της ποιότητας του περιβάλλοντος. Κατά πόσο οι μεταβολές αυτών των προστατευτικών δαπανών είναι καλές προσεγγίσεις του αντίστοιχου οφέλους από τη βελτίωση του περιβάλλοντος εξαρτάται από τη μορφή της συνάρτησης χρησιμότητας των ατόμων και, ειδικότερα, από το βαθμό υποκατάστασης μεταξύ της ποιότητας του περιβάλλοντος και των άλλων καταναλωτικών αγαθών.

Η ποιότητα του περιβάλλοντος μπορεί, επίσης, να αποτελεί συμπληρωματικό αγαθό καταναλωτικών αγαθών και υπηρεσιών και, επομένως, να επηρεάζει την καμπύλη ζήτησής τους. Όταν αυξάνεται η ποιότητα του περιβάλλοντος, αυξάνεται η ζήτηση του συμπληρωματικού (ιδιωτικού) αγαθού, μετατοπίζοντας την καμπύλη ζήτησης προς τα δεξιά. Εάν υποθέσουμε ότι η καμπύλη προσφοράς είναι πλήρως ελαστική, δηλαδή ότι η τιμή παραμένει σταθερή, το καθαρό όφελος από τη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος μετράται με την αύξηση του πλεονάσματος του καταναλωτή.

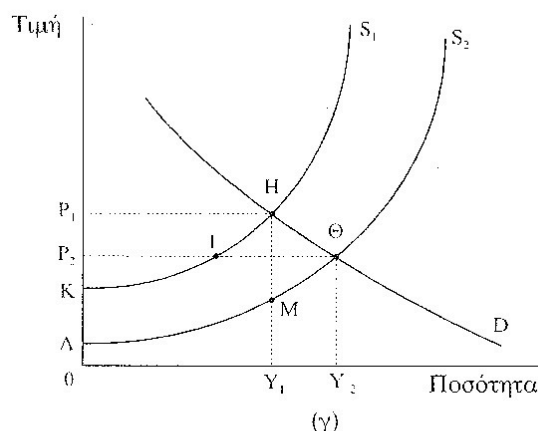
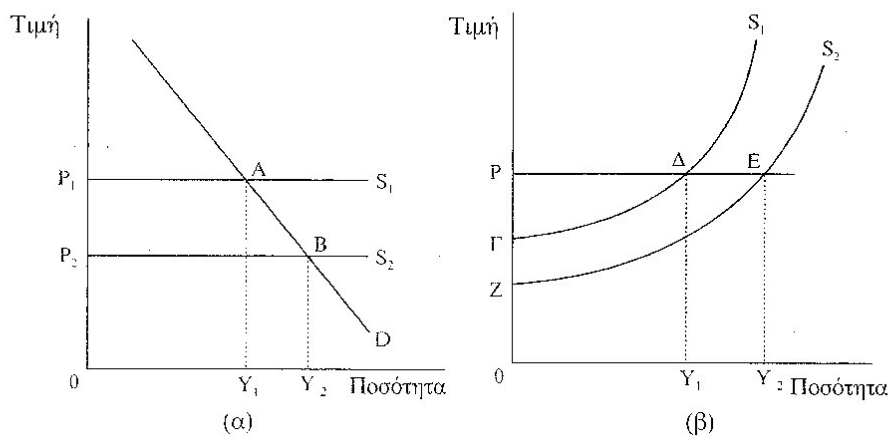
3.2.2 Η ποιότητα του περιβάλλοντος ως συντελεστής παραγωγής

Η ποιότητα του περιβάλλοντος (Q) μπορεί να υπεισέρχεται στη συνάρτηση παραγωγής ενός αγαθού Y ως παραγωγικός συντελεστής και να έχει θετικές ή αρνητικές επιδράσεις στο επίπεδο της παραγωγής και στο κόστος. Επίσης, μπορεί να επηρεάζει όχι μόνο την ποσότητα αλλά και την τιμή του προϊόντος, όπως, επίσης, και τα εισοδήματα των άλλων παραγωγικών συντελεστών, πχ. κεφαλαίου (K) και εργασίας (L), που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή του Y . Παραδείγματα της ποιότητας του περιβάλλοντος ως παραγωγικού συντελεστή μπορούμε να αντλήσουμε από τους τομείς της αλιείας, δασοπονίας και της γεωργίας (πχ. η χειροτέρευση της ποιότητας του νερού άρδευσης μειώνει την παραγωγικότητα των αγροτικών καλλιεργειών).

Εφόσον η ποιότητα του περιβάλλοντος Q επηρεάζει την παραγωγή και την προσφορά ενός εμπορεύσιμου αγαθού $Y=Y(K,L,Q)$, το όφελος από μεταβολές στην ποιότητα του περιβάλλοντος μπορεί να οριστεί και να μετρηθεί μέσω των μεταβολών που προκαλεί σε μεταβλητές που σχετίζονται με το εμπορεύσιμο αγαθό και καταγράφονται από το μηχανισμό της αγοράς. Μια μεταβολή στην ποιότητα του περιβάλλοντος προκαλεί μετατοπίσεις στις καμπύλες παραγωγής, κόστους και προσφοράς του αγαθού καθώς και στις καμπύλες ζήτησης παραγωγικών συντελεστών τα αποτελέσματα των οποίων εξαρτώνται από τις συνθήκες που επικρατούν στις αγορές προϊόντος και παραγωγικών συντελεστών.

Για να διερευνήσουμε το όφελος των καταναλωτών, ας υποθέσουμε ότι επικρατούν συνθήκες πλήρους ανταγωνισμού στον κλάδο Y καθώς και συνθήκες σταθερού κόστους. Οι υποθέσεις αυτές σημαίνουν ότι οι καμπύλες προσφοράς των παραγωγικών συντελεστών είναι

απείρως ελαστικές και επομένως η καμπύλη προσφοράς του αγαθού Y είναι επίσης απείρως ελαστική. Στο διάγραμμα 6.2(α) η καμπύλη προσφοράς μετατοπίζεται από τη θέση S_1 στη θέση S_2 , η τιμή μειώνεται από P_1 σε P_2 και η ποσότητα αυξάνεται από Y_1 σε Y_2 . Το όφελος, είναι η αύξηση του πλεονάσματος του καταναλωτή ίση με το εμβαδόν P_1ABP_2 .



Διάγραμμα 6.2 Όφελος από τη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος ως συντελεστή παραγωγής.

Αντίστοιχα, για να διερευνήσουμε το όφελος των παραγωγών, ας υποθέσουμε ότι η μεταβολή της ποιότητας του περιβάλλοντος επηρεάζει ένα μόνο παραγωγό στον κλάδο και ότι οι τιμές των παραγωγικών συντελεστών και του προϊόντος είναι δεδομένες για το συγκεκριμένο παραγωγό. Η τιμή του προϊόντος για τον παραγωγό είναι δεδομένη και ίση με OP στο διάγραμμα 6.2(β). Το όφελος συνίσταται στην αύξηση του πλεονάσματος του παραγωγού και είναι ίσο με το εμβαδό $\Gamma\Delta EZ$.

Εάν η συγκεκριμένη επιχείρηση δεν αντιμετωπίζει απείρως ελαστικές καμπύλες προσφοράς παραγωγικών συντελεστών, καθώς αυξάνει το προϊόν και η ζήτηση παραγωγικών συντελεστών, τμήμα του οφέλους θα μεταβιβαστεί στους κατόχους των παραγωγικών συντελεστών μέσω μεταβολών των τιμών και των εισοδημάτων των παραγωγικών συντελεστών.

Η ανάλυση αυτή γενικεύεται στο διάγραμμα 6.2(γ). Το όφελος των καταναλωτών από τη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος μετράται με το εμβαδόν $P_1H\Theta P_2$. Μέρος του οφέλους των καταναλωτών (P_1HIP_2) προήλθε από μείωση του πλεονάσματος του παραγωγού. Άρα, το καθαρό όφελος από τη μείωση της τιμής λόγω βελτίωσης της ποιότητας του περιβάλλοντος από την οπτική του κοινωνικού σχεδιαστή είναι το εμβαδόν $H\Theta I$. Διαμορφώνεται ένα πλεόνασμα παραγωγού ίσο με το εμβαδόν $P_2\Theta\Lambda$, όπου το εμβαδόν $KI\Theta\Lambda$ αποτελεί το μέρος του πλεονάσματος που οφείλεται στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος. Το συνολικό λοιπόν όφελος από τη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος είναι, από τη μεριά του κοινωνικού σχεδιαστή, το εμβαδόν $KH\Theta\Lambda$.

Για τον περιορισμό του οφέλους απαιτείται γνώση της επίδρασης της μεταβολής της ποιότητας του περιβάλλοντος στο κόστος παραγωγής. Απαιτείται επίσης γνώση των συνθηκών προσφοράς του κλάδου και της καμπύλης ζήτησης για το αγαθό Y . Σε μερικές περιπτώσεις, η εκτίμηση μπορεί να είναι απλή. Στην περίπτωση κατά την οποία η ποιότητα του περιβάλλοντος (Q) είναι τέλει υποκατάστατο ενός άλλου παραγωγικού συντελεστή, τότε βελτίωση του Q θα οδηγήσει σε μείωση του κόστους αυτού του παραγωγικού συντελεστή. Εάν η μεταβολή της ποιότητας του περιβάλλοντος επηρεάζει πέραν του σταθερού κόστους και το μεταβλητό και το οριακό κόστος, το μέτρο της εξοικονόμησης του κόστους πρέπει να λαμβάνει υπόψιν και την επίδραση του χαμηλότερου κόστους στο επίπεδο παραγωγής. Όπως δείξαμε και στο διάγραμμα 6.2(γ), τότε θα έχουμε αύξηση της παραγωγής του κλάδου και μείωση της τιμής του προϊόντος.

Από την άλλη πλευρά, εάν η γνώση του κόστους, της ζήτησης και της δομής της αγοράς μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι το όφελος από τη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος θα περιέλθει στους παραγωγούς, μπορούμε να υπολογίσουμε το όφελος από τις μεταβολές (πραγματικές ή προσδοκώμενες) στα εισοδήματα της επιχείρησης (κέρδος) και των παραγωγικών συντελεστών. Εάν η επιχείρηση είναι μικρή σε σχέση με τον κλάδο δεν αναμένονται μεταβολές στις τιμές του προϊόντος και των μεταβλητών συντελεστών. Τότε, η αυξημένη παραγωγικότητα μπορεί να αποτιμηθεί με τις τιμές της αγοράς και να αποτελέσει το μέτρο του οφέλους. Σ' αυτή την περίπτωση, το όφελος μπορεί να αποτιμηθεί από την αύξηση της παραγωγής πολλαπλασιασμένη με την τιμή, μείον το συνολικό μεταβλητό κόστος που αφορά στην αύξηση της παραγωγής.

Η προσέγγιση που λαμβάνει υπόψιν κυρίως τις ποσοτικές επιπτώσεις της ρύπανσης του περιβάλλοντος (ή της μείωσής της), τις οποίες αποτιμά σε χρηματικές μονάδες, υποθέτοντας ότι δεν μεταβάλλονται οι τιμές των προϊόντων και των παραγωγικών συντελεστών (και επομένως και οι ποσότητες ισορροπίας των σχετικών αγορών), αναφέρεται ως “συνάρτηση ζημιών” και περιλαμβάνει δύο στάδια. Στο πρώτο, γίνεται η εκτίμηση της φυσικής σχέσης μεταξύ μιας δόσης ρύπου και των φυσικών ζημιών που προκαλεί στα οικοσυστήματα, στον άνθρωπο και στα περιουσιακά στοιχεία αλλά ανακύπτουν πολλές δυσκολίες καθώς δεν επιτρέπονται πειράματα στον άνθρωπο. Εναλλακτικά, χρησιμοποιούνται στατιστικές μέθοδοι οι οποίες βασίζονται σε ιστορικά στοιχεία, η αξιοπιστία όμως της μεθόδου αμφισβητείται. Στο δεύτερο στάδιο, πραγματοποιείται η χρηματική αποτίμηση των ζημιών, χρησιμοποιώντας τις αγοραίες τιμές των αγαθών και παραγωγικών συντελεστών, των οποίων οι ποσότητες επηρεάζονται από την ποιότητα του περιβάλλοντος, και υποθέτοντας ότι οι τιμές αυτές δεν μεταβάλλονται.

Η μέθοδος του εναλλακτικού κόστους μπορεί να ενταχθεί σε αυτήν την ενότητα αν και αφορά στη διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος στη φυσική του κατάσταση. Οι φυσικοί πόροι έχουν συχνά εναλλακτικές χρήσεις μερικές από τις οποίες είναι αμοιβαία αποκλειόμενες και είναι δυνατόν να έχουν μη αντιστρέψιμες συνέπειες. Τη βάση της μεθόδου του εναλλακτικού κόστους αποτελεί το γεγονός ότι υπάρχει ένα εναλλακτικό κόστος διατήρησης ενός φυσικού πόρου στη φυσική του κατάσταση (διατήρηση μιας λίμνης, ενός δάσους κλπ). Επομένως, το

εναλλακτικό κόστος μετρά τι έχουμε αποστερηθεί για τη διατήρηση ενός φυσικού πόρου. Όταν δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν άλλες μέθοδοι, η μέθοδος αυτή μας δίνει μια αποτίμηση της διάθεσης της κοινωνίας για πληρωμή για τη διατήρηση ενός φυσικού συστήματος.

3.2.3 Αποτίμηση για τη μείωση της θνησιμότητας και νοσηρότητας

Μερικές από τις πλέον σοβαρές επιπτώσεις της ρύπανσης αφορούν στην ανθρώπινη υγεία. Βελτιώσεις στην ποιότητα του περιβάλλοντος, επομένως, έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση της νοσηρότητας και της θνησιμότητας. Η εκτίμηση του οφέλους όμως από τη βελτίωση της υγείας του ανθρώπου και τη μείωση της θνησιμότητας είναι δύσκολη. Υπάρχουν δύο μέθοδοι για την αποτίμησή του. Η πρώτη συνίσταται στην εκτίμηση του κόστους των πόρων που δεσμεύονται ή χάνονται λόγω θνησιμότητας και νοσηρότητας και η δεύτερη στην εκτίμηση της διάθεσης των ατόμων για πληρωμή, ώστε να επιτύχουν μια μείωση της πιθανότητας των ασθενειών ή να επιτύχουν μια αύξηση στην πιθανή διάρκεια ζωής.

Στα πλαίσια της πρώτης μεθόδου, η χρηματική αξία των ζημιών που προκαλεί η ρύπανση στην ανθρώπινη υγεία απαρτίζεται από τις ιατρικές δαπάνες και από τα απολεσθέντα εισοδήματα λόγω ασθένειας και πρόωρου θανάτου και συμπεριλαμβάνει και το ψυχικό κόστος που δημιουργείται στον ασθενή και στο οικογενειακό και φιλικό του περιβάλλον. Αυτό γιατί τα άτομα θεωρούνται ως ανθρώπινο κεφάλαιο για την κοινωνία και η απώλεια εργάσιμου χρόνου ή ολόκληρης ζωής αποτιμάται με βάση την αξία του οριακού προϊόντος της εργασίας του ατόμου, το οποίο ισούται σε συνθήκες ισορροπίας σε πλήρη ανταγωνισμό με το μισθό.

Η αξία της εργασίας ενός ατόμου καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του είναι η παρούσα αξία των μελλοντικών εισοδημάτων του από εργασία. Εάν I_t το αναμενόμενο ακαθάριστο εισόδημα του ατόμου στο χρόνο t από μισθωτή εργασία, P_T^t η πιθανότητα του ατόμου στο χρόνο T να είναι ζωντανός κατά το χρόνο t και r το (σταθερό) επιτόκιο αναγωγής, η παρούσα αξία (στο χρόνο T) των εισοδημάτων του ατόμου μπορεί να γραφεί ως εξής:

$$PVL = \sum_{t=T}^{\infty} \frac{I_t P_T^t}{(1+r)^{t-T}}$$

Έχουν αναπτυχθεί πολλές επικρίσεις στην παραπάνω προσέγγιση στο ηθικό επίπεδο κυρίως γιατί η ανθρώπινη ζωή θεωρείται ανεκτίμητη. Στην πραγματικότητα όμως η κοινωνία σε πολλές περιπτώσεις προσδιορίζει σιωπηρά αξία στην ανθρώπινη ζωή, όπως πχ. στην περίπτωση αυτοκινητιστικών ατυχημάτων μέσω αποζημιώσεων. Ως εκ τούτου, οι ηθικές αντιρρήσεις που μπορούν να εγερθούν θα πρέπει να επεκτείνονται και στους άλλους τομείς της κοινωνικής ζωής και δεν θα πρέπει να αποτελούν εμπόδιο για την πραγματοποίηση έργων προστασίας της φύσης, συμπεριλαμβανομένης και της ανθρώπινης φύσης. Αντίστοιχοι είναι και οι προβληματισμοί ως προς την αποτίμηση της υγείας και της ζωής παιδιών, συνταξιούχων, ατόμων ανίκανων προς εργασία και νοικοκυριών. Η έννοια του ανθρώπινου κεφαλαίου, που αποτελεί τη βάση των εκτιμήσεων, στηρίζεται στην αξιολογική κρίση ότι η αξία του ατόμου είναι ίση με εκείνο που προσφέρει ως εργασία και θέτει τις κατηγορίες αυτές σε δυσμενή θέση.

4 ΑΡΙΣΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΕΞΑΝΤΛΗΣΙΜΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Οι φυσικοί πόροι χρησιμοποιούνται είτε σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή τελικών αγαθών, είτε απευθείας σαν τελικά καταναλωτικά αγαθά και διακρίνονται σε εξαντλήσιμους και ανανεώσιμους πόρους, ανάλογα με το ρυθμό αναπλήρωσής τους από τη φύση. Η αναπλήρωση αυτή γίνεται με πολύ αργό ρυθμό ώστε η χρήση τους οδηγεί σταδιακά και στην εξάντλησή τους. Οι ανανεώσιμοι πόροι αναπληρώνονται με έναν αξιόλογο ρυθμό από τη φύση, όταν όμως ο ρυθμός χρησιμοποίησής τους ξεπερνά το ρυθμό αναπλήρωσής τους εκ μέρους της φύσης, είναι δυνατόν και οι ανανεώσιμοι πόροι να εξαντληθούν. Το κύριο πρόβλημα, λοιπόν, που τίθεται στην οικονομική θεωρία προς μελέτη είναι ποιος είναι ο άριστος ρυθμός χρήσης των φυσικών πόρων.

Το πρόβλημα της στενότητας ή εξάντλησης των φυσικών πόρων για μια μεμονωμένη χώρα εξαρτάται κατ' αρχήν από τα διαθέσιμα αποθέματά τους. Τα αποθέματα συνήθως χαρακτηρίζονται και εκτιμώνται βάσει οικονομικών ή γεωλογικών κριτηρίων. Ως τρέχοντα αποθέματα (current reserves) ορίζονται τα γνωστά αποθέματα που είναι εκμεταλλεύσιμα. Τα δυναμικά εκμεταλλεύσιμα αποθέματα (potential reserves) είναι αποθέματα του πόρου που μπορούν να εξορυχθούν κάποια περίοδο στο μέλλον σε συνάρτηση με τις τιμές που αναμένονται να διαμορφωθούν στην αγορά. Επίσης, τα αποθέματα των φυσικών πόρων μπορούν να καταγραφούν ως γεωλογικά κοιτάσματα με τη μορφή που εμφανίζονται στη γη, χωρίς να λαμβάνεται υπόψιν το κόστος ή η τιμή. Στην Ελλάδα, τα σπουδαιότερα μεταλλεύματα είναι οι βωξίτες, ο λιγνίτης, τα νικελιούχα σιδηρομεταλλεύματα και ο μαγνησίτης. Από τα λατομικά προϊόντα, τα μάρμαρα αποτελούν από τους πλέον συναλλαγματοφόρους τομείς.

Η στενότητα των φυσικών πόρων μπορεί να αντιμετωπιστεί ή να μετριαστεί με την τεχνολογική πρόοδο, τις ανακαλύψεις νέων κοιτασμάτων, την ανακύκλωση και την υποκατάσταση πόρων που βρίσκονται σε στενότητα με ανανεώσιμους πόρους. Επίσης, σε επίπεδο χώρας, μπορεί να αντιμετωπιστεί με το εμπόριο μεταξύ χωρών πλούσιων σε φυσικούς πόρους και χωρών με περιορισμένους φυσικούς πόρους. Δείκτες της στενότητας των φυσικών πόρων που μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν και ως κίνητρα, αποτελούν οι τιμές των εξορυσσόμενων ορυκτών και μεταλλευμάτων, η πρόσοδος στενότητας και το οριακό κόστος εξόρυξης.

Οι φυσικοί πόροι έχουν ιδιαίτερη σημασία για πολλές αναπτυσσόμενες χώρες. Οι χώρες που έχουν περιορισμένα γνωστά (όχι απαραίτητα και πραγματικά) αποθέματα ενέργειας και μεταλλευμάτων αναγκάζονται να εισάγουν τα προϊόντα αυτά. Αντίθετα, οι χώρες που εξάγουν φυσικούς πόρους στηρίζουν στον εξορυκτικό τομέα μεγάλο ποσοστό της οικονομικής ανάπτυξής τους.

4.2 ΒΑΣΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΑΡΙΣΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΜΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΟΡΩΝ

4.2.1 Γενικά

Ένας εξαντλήσιμος φυσικός πόρος διαφέρει από οποιοδήποτε απλό προϊόν στο ότι δεν είναι να δυνατόν να παραχθεί από οποιαδήποτε παραγωγική διαδικασία, άρα η ποσότητά του είναι σταθερή. Αν εξορυχθεί και χρησιμοποιηθεί αυτός ο πόρος δεν θα είναι πλέον διαθέσιμος μελλοντικά λόγω των πεπερασμένων αποθεμάτων. Σε αυτή την περίπτωση υπάρχει ένα κόστος από την τωρινή χρήση του που δεν επιτρέπει την μελλοντική κατανάλωση. Το κόστος αυτό ονομάζεται κόστος ευκαιρίας. Άρα λοιπόν η τιμή ενός πόρου που εξορύσσεται τώρα πρέπει να καλύπτει τόσο το οριακό κόστος εξόρυξής του, όσο και το κόστος ευκαιρίας του χρήστη (συνήθως αποκαλείται και πρόσδοδος στενότητας).

Με βάση τη δυναμική αποτελεσματικότητα, που έχουμε αναφέρει σε προηγούμενο κεφάλαιο, η χρήση ενός πόρου γίνεται βέλτιστη όταν μεγιστοποιείται η παρούσα αξία του διαχρονικού καθαρού κοινωνικού οφέλους. Χρησιμοποιώντας ένα υπόδειγμα για δύο διαφορετικές χρονικές περιόδους, θα μελετήσουμε τη διαχρονική συμπεριφορά του κόστους ευκαιρίας και της τιμής του εξορυσσόμενου πόρου και έπειτα θα γενικεύσουμε την ανάλυση.

4.2.2 Υπόδειγμα δύο χρονικών περιόδων

Έστω ότι διαθέτουμε ένα απόθεμα λιγνίτη 120 μονάδων ($S=120$), το οριακό κόστος εξόρυξης του οποίου είναι 3 ευρώ ανά μονάδα ($MC=3$). Υποθέτουμε ότι το απόθεμά μας εξαντλείται έπειτα από δύο εξορύξεις. Εάν την πρώτη φορά παίρνουμε ποσότητα q_0 και τη δεύτερη ποσότητα q_1 , τότε ισχύει: $q_0 + q_1 = S = 120$.

Η καμπύλη ζήτησης δίνεται από τον τύπο $P_t = 30 - 0,25q_t$, όπου p_t και q_t η τιμή και η ποσότητα του λιγνίτη αντίστοιχα την χρονική στιγμή t . Υποθέτουμε επίσης πως το επιτόκιο της αγοράς είναι $r=5\%$. Το ζητούμενο λοιπόν είναι, με βάση αυτά τα δεδομένα, πως πρέπει να καταναμηθεί η ποσότητα του λιγνίτη που εξορύσσεται τις δύο αυτές χρονικές στιγμές ώστε να αποκομίσουμε το μέγιστο καθαρό κοινωνικό όφελος.

Σε προηγούμενο κεφάλαιο είδαμε πως το συνολικό όφελος και κόστος για μια ποσότητα του πόρου υπολογίζονται αν ολοκληρώσουμε πάνω στις καμπύλες ζήτησης και οριακού κόστους αντίστοιχα. Το καθαρό συνολικό όφελος και για τις δύο περιόδους δίνεται λοιπόν από τη σχέση:

$$NPV = \left[\int_0^{q_0} (30 - 0,25q) dq - \int_0^{q_0} 3 dq \right] + \left[\int_0^{q_1} \frac{(30 - 0,25q) dq}{1+r} - \int_0^{q_1} \frac{3 dq}{1+r} \right]$$

Αυτό το όφελος πρέπει να μεγιστοποιηθεί υπό τον περιορισμό που έχουμε ήδη αναφέρει (το άθροισμα των δύο ποσοτήτων που εξορύσσονται ισούται με το συνολικό διαθέσιμο πετρέλαιο). Παίρνουμε την συνάρτηση Lagrange του προβλήματος:

$$L = \int_0^{q_0} [(30 - 0,25q) - 3] dq + \int_0^{q_1} \frac{[(30 - 0,25q) - 3] dq}{1+r} + \mu(120 - q_0 - q_1)$$

όπου μ ο πολλαπλασιαστής Lagrange.

Οι συνθήκες πρώτης τάξης είναι:

$$\frac{\partial L}{\partial q_0} = 30 - 0,25q_0 - 3 - \mu = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial q_1} = \frac{(30 - 0,25q_1) - 3}{1 + r} - \mu = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = 120 - q_0 - q_1 = 0$$

λύνοντας αυτές τις εξισώσεις παίρνουμε: $q_0=61,2$, $q_1=58,8$, $\mu=11,7$
 οι τιμές του πετρελαίου τις δύο χρονικές στιγμές είναι: $p_0=14,7$, $p_1=15,3$

Παρατηρούμε ότι η ποσότητα που εξορύσσουμε μειώνεται διαχρονικά ενώ η τιμή του λιγνίτη αυξάνεται όσο περνάει ο χρόνος.

Εάν η τιμή της προσόδου στενότητας είναι λ_t , από τις δύο πρώτες συνθήκες πρώτης τάξης έχουμε ότι:

$$\mu = P_0 - MC_0 = \lambda_0$$

$$\mu = \frac{P_1 - MC_1}{1 + r} = \frac{\lambda_1}{1 + r}$$

Επομένως $\lambda_0=11,7$ και $\lambda_1=12,285$

Για να επιτύχουμε λοιπόν την άριστη εξόρυξη ενός πεπερασμένου πόρου, μια συνθήκη που πρέπει να ισχύει είναι η πρόσοδος στενότητας λ_t να ισούται με τη διαφορά μεταξύ τιμής και οριακού κόστους.

$$\lambda_t = P_t - MC_t$$

Από τις ίδιες συνθήκες πρώτης τάξης μπορούμε να εξάγουμε και τις σχέσεις:

$$\mu = P_0 - MC_0 = \frac{P_1 - MC_1}{1 + r} \quad (7.1)$$

$$\mu = \lambda_0 = \frac{\lambda_1}{1 + r} \quad \text{ή} \quad \lambda_1 = \lambda_0(1 + r) \quad (7.2)$$

Σύμφωνα με τις σχέσεις αυτές, η πρόσοδος στενότητας από τη χρονική στιγμή t_0 στην t_1 αυξήθηκε με το ρυθμό του επιτοκίου. Σχετίζεται επίσης και με τον πολλαπλασιαστή μ . Το μ δείχνει τη μεταβολή στην αξία της αντικειμενικής συνάρτησης που αντιστοιχεί σε μια μικρή μεταβολή στον περιορισμό (δηλαδή στο απόθεμα). Είναι λοιπόν το οριακό κόστος ευκαιρίας παραγωγής και κατανάλωσης μιας μονάδας λιγνίτη σήμερα. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, η παρούσα αξία του οριακού κόστους ευκαιρίας είναι η ίδια και στις δύο χρονικές στιγμές.

Γενίκευση των συνθηκών άριστης εξόρυξης για πολλές χρονικές περιόδους

Εάν επεκτείνουμε την τελευταία σχέση για $t > 2$ παίρνουμε:

$$\mu = \lambda_0 = \frac{\lambda_1}{1+r} = \frac{\lambda_2}{(1+r)^2} = \dots = \frac{\lambda_t}{(1+r)^t}$$

από όπου παίρνουμε: $\lambda_t = \lambda_0(1+r)^t$

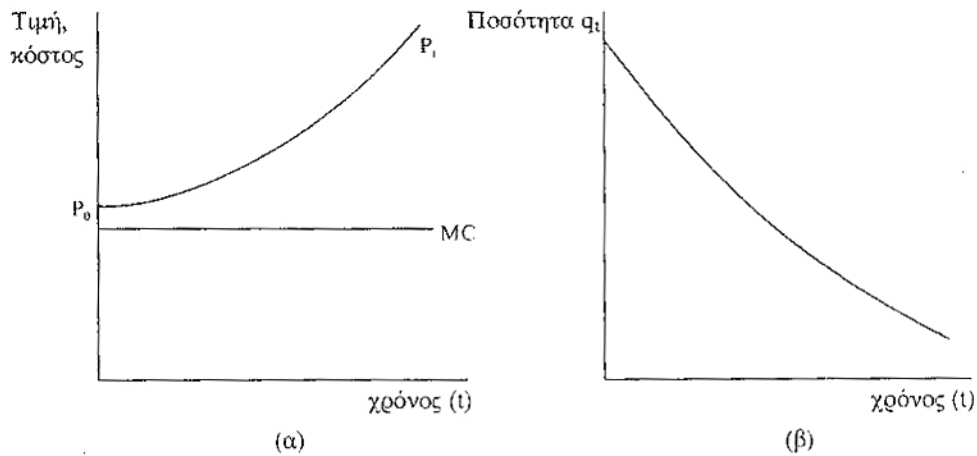
Αρα γενικά στην περίπτωση σταθερού οριακού κόστους εξόρυξης, η πρόσοδος στενότητας αυξάνει με το ρυθμό του επιτοκίου. Το συμπέρασμα αυτό είναι λογικό οικονομικά καθώς το απόθεμα του πόρου ανήκει στον ιδιοκτήτη του εδάφους και πρόκειται για κεφαλαιούχο αγαθό το οποίο μπορεί να επενδυθεί. Είναι λογικό ο ιδιοκτήτης να προτιμά την επένδυση με το υψηλότερο επιτόκιο εσωτερικής αποδοτικότητας. Επειδή λοιπόν σε κατάσταση ισορροπίας πρέπει οι αποδόσεις να ίδιες για όλες τις επενδύσεις, ο ιδιοκτήτης του φυσικού πόρου για να αποφασίσει να τον διατηρήσει στο έδαφος πρέπει να έχει απόδοση ίση με την απόδοση των εναλλακτικών τοποθετήσεων (επιτόκιο r). Αν η απόδοσή του είναι μικρότερη, έχει συμφέρον να εξορύξει τον πόρο, να τον διαθέσει στην αγορά με την τρέχουσα τιμή του και το κέρδος που θα αποκομίσει ($P_t - MC_t$ ανά μονάδα) να το επενδύσει με απόδοση ίση με το τρέχον επιτόκιο r . Θα τον αφήσει δηλαδή στο έδαφος μόνο εάν ο πόρος *in situ* έχει ίδια απόδοση με τις εναλλακτικές τοποθετήσεις.

Εάν επεκτείνουμε τη σχέση (7.1) για t χρονικές περιόδους παίρνουμε τη διαχρονική κίνηση της τιμής του πόρου που εξορύσσουμε, δεδομένου ότι χρησιμοποιείται βέλτιστα, η οποία είναι:

$$P_0 - MC_0 = \frac{P_1 - MC_1}{1+r} = \frac{P_2 - MC_2}{(1+r)^2} = \dots = \frac{P_t - MC_t}{(1+r)^t}$$

από όπου έχουμε: $P_t = (P_0 - MC_0)(1+r)^t + MC_t$

Η τελευταία σχέση δείχνει ότι η τιμή απομακρύνεται σταδιακά από το οριακό κόστος εξόρυξης του πόρου. Αφού η τιμή διαχρονικά αυξάνεται, ενώ η κλίση της καμπύλης ζήτησης είναι αρνητική, η ποσότητα που εξορύσσουμε διαχρονικά μειώνεται. Στο παρακάτω διάγραμμα δίνεται η διαχρονική εξέλιξη της τιμής και της εξορυσσόμενης ποσότητας ενός εξαντλήσιμου πόρου. Αξίζει να σημειωθεί πως, αν το εισόδημα αυξάνεται με το χρόνο, η καμπύλη ζήτησης μπορεί να μετατοπιστεί προς τα δεξιά και άρα η εξορυσσόμενη ποσότητα να αυξηθεί για κάποιο χρονικό διάστημα.



Διάγραμμα 7.1 Η διαχρονική εξέλιξη της τιμής και της εξορυσσόμενης ποσότητας ενός εξαντλήσιμου πόρου.

Υποθέτοντας πως οι εξορυσσόμενες ποσότητες ακολουθούν τη βέλτιστη διαδρομή q_t^* , q_{t+1}^* , ..., q_T^* και ότι το συνολικό κόστος για την εξόρυξη ποσότητας q_t σε χρόνο t είναι $C(q_t)$, η τιμή πώλησης του αποθέματος που απομένει στο χρόνο t είναι η παρούσα αξία των μελλοντικών καθαρών οφελών από τις εξορύξεις, δηλαδή:

$$V_t = \sum_t^T \frac{\int_0^{q_t^*} P(q) dq - C(q_t^*)}{(1+r)^t}$$

Από αυτή τη σχέση μπορούμε να υπολογίσουμε πως η μείωση της αξίας του αποθέματος λόγω εξόρυξης ποσότητας q_t^* είναι:

$$V_t - V_{t+1} = [P_t - MC(q_t^*)]q_t^*$$

Η μείωση της τιμής του αποθέματος του πόρου ισούται με τη συνολική πρόσοδο στενότητας ($\lambda_t^* q_t^*$). Η διαφορά αυτή στην τιμή ονομάζεται και οικονομική απόσβεση λόγω εξόρυξης ποσότητας q_t^* . Η εξόρυξη λοιπόν του πόρου, δηλαδή η εξάντλησή του, από οικονομικής πλευράς ισούται με την πρόσοδο στενότητας που δημιουργεί η τρέχουσα εξόρυξη. Για τη σωστή μέτρηση του καθαρού εθνικού εισοδήματος έχει προταθεί να αφαιρείται από το Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν (ΑΕΠ) κάθε χώρας η οικονομική απόσβεση των εξαντλήσιμων πόρων.

4.2.3 Η ύπαρξη ενός υποκατάστατου

Εάν υπάρχει κάποιο υποκατάστατο του εξαντλήσιμου πόρου το οποίο μπορεί να προσφέρει τις ίδιες υπηρεσίες, επηρεάζονται διαχρονικά οι παράμετροι που μελετήσαμε (P_t , q_t , λ_t). Συνήθως, ναι μεν μπορεί να προσφέρει τις ίδιες υπηρεσίες αλλά με μεγαλύτερο κόστος, η τιμή λοιπόν του εξορυσσόμενου πόρου P_t μπορεί να αυξηθεί έως το οριακό κόστος του υποκατάστατου. Το οριακό αυτό κόστος προσδιορίζει την αρχική πρόσοδο στενότητας λ_0 άρα και την αρχική τιμή P_0 του πόρου.

Υποθέτουμε λοιπόν ότι έχουμε ένα υποκατάστατο του λιγνίτη, πχ. έναν ανανεώσιμο πόρο, με οριακό κόστος σταθερό και ίσο με MC_S . Εάν ο χρόνος μετάβασης από το λιγνίτη στο υποκατάστατο είναι T , η τιμή του πετρελαίου σε αυτό το χρόνο είναι $P_T = MC_S$. Η τιμή λοιπόν μπορεί να δοθεί από τον τύπο:

$$P_t = MC_T + (P_0 - MC_0)(1 + r)^T$$

από όπου λύνουμε ως προς $P_0 - MC_0 = \lambda_0$ και παίρνουμε:

$$\lambda_0 = P_0 - MC_0 = \frac{P_T - MC_T}{(1 + r)^T} = \frac{MC_S - MC_T}{(1 + r)^T}$$

και γενικεύοντας για οποιοδήποτε χρόνο $t < T$:

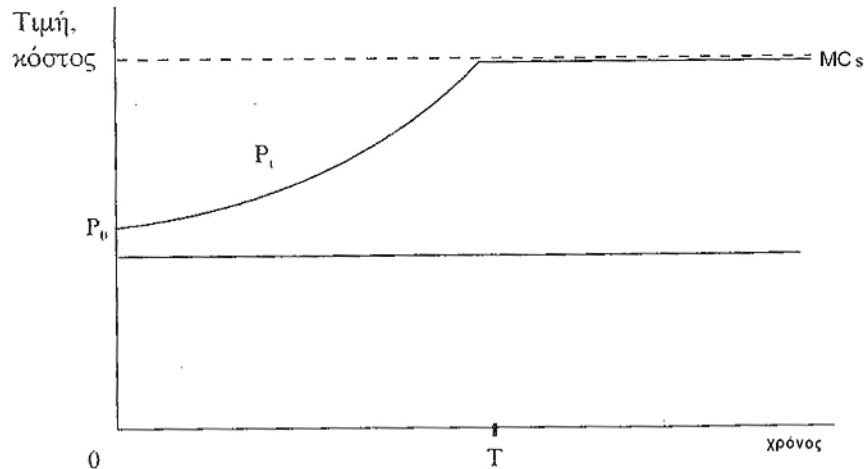
$$\lambda_t = P_t - MC_t = \frac{MC_S - MC_T}{(1 + r)^T} (1 + r)^t = \frac{MC_S - MC_T}{(1 + r)^{T-t}}$$

Η σχέση αυτή μας δείχνει πως μεταβάλλεται διαχρονικά η πρόσοδος στενότητας για το υποκατάστατο. Το ανώτατο όριο του λ_t είναι $\lambda_T = MC_S - MC_T$, δηλαδή η διαφορά μεταξύ του οριακού κόστους του υποκατάστατου και του οριακού κόστους εξόρυξης του πόρου στο χρόνο T . Για χρόνο $t < T$, το λ_t ισούται με αυτή τη διαφορά προεξοφλημένη όμως στο χρόνο t .

Επιπλέον, η τιμή P_t για χρόνο $t < T$ δίνεται από τον τύπο:

$$P_t = MC_t + \frac{MC_S - MC_T}{(1 + r)^{T-t}}$$

Η τιμή αυξάνει κατά λ_t με σταθερό διαχρονικό οριακό κόστος $MC_t = MC$ ώστε να φτάσει το ανώτατο όριό της, δηλαδή το οριακό κόστος του υποκατάστατου MC_S . Στο παρακάτω διάγραμμα δίνεται η διαχρονική εξέλιξη της τιμής σε αυτή την περίπτωση. Σε κάποιο χρονικό διάστημα το υποκατάστατο μπορεί να χρησιμοποιείται παράλληλα με τον εξαντλήσιμο πόρο.



Διάγραμμα 7.2 Διαχρονική εξέλιξη της τιμής στην περίπτωση υποκατάστατου.

Αυξανόμενο κόστος εξόρυξης και άριστη χρήση των μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων

Γενικεύουμε την προηγούμενη ανάλυση υποθέτοντας πως πλέον το κόστος εξόρυξης επηρεάζεται εκτός από το την ποσότητα εξόρυξης q_t και από το μέγεθος του αποθέματος του εξαντλήσιμου πόρου S_t . Τώρα το κόστος εξόρυξης παίρνει τη μορφή:

$$C = C(q_t, S_t)$$

για την επιρροή του αποθέματος στο κόστος εξόρυξης γνωρίζουμε πως όσο λιγότερο το απόθεμα που απομένει, τόσο μεγαλύτερο το κόστος εξόρυξης ($\partial C / \partial S_t < 0$). Αυτό συμβαίνει γιατί τα καλύτερης ποιότητας κοιτάσματα εξορύσσονται πρώτα και ύστερα μένουν αυτά που είναι βαθύτερα ή μικρότερης περιεκτικότητας.

Υποθέτουμε πως η καμπύλη ζήτησης για το εξορυσσόμενο ορυκτό είναι:

$$P_t = P(q_t)$$

όπου P_t η τιμή. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι πάλι η μεγιστοποίηση της παρούσας αξίας των καθαρών ωφελειών που δίνεται από τον τύπο:

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{\int_0^{q_t} P(q) dq - C(q_t, S_t)}{(1+r)^t}$$

με χρονικό ορίζοντα $t=0, \dots, T$. Έστω ότι ο πόρος εξαντλείται στο χρόνο T . Και σε αυτή την περίπτωση υπάρχει ο περιορισμός του συνολικού αποθέματος, έστω \bar{S}_0 . Άρα πρέπει να ισχύει:

$$\sum_{t=0}^T q_t = \bar{S}_0$$

Αναλυτικά, σε κάθε χρονική περίοδο $S_t - S_{t+1} = q_t$ και δεδομένου ότι S_t το απόθεμα στην αρχή της περιόδου t , ο περιορισμός μπορεί να γραφτεί:

$$\begin{aligned} q_0 &= \bar{S}_0 - S_1 \\ q_1 &= S_1 - S_2 \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\cdot \\ q_{t-1} &= S_{t-1} - S_t \\ q_t &= S_t - S_{t+1} \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\cdot \\ q_{T-1} &= S_{T-1} - S_T \\ q_T &= S_T \end{aligned}$$

Από αυτές τις σχέσεις συμπεραίνουμε πως κάθε χρονική περίοδο, η εξορυσσόμενη ποσότητα δίνεται από τη διαφορά του αποθέματος στην αρχή και στο τέλος αυτής της περιόδου.

Για να μεγιστοποιήσουμε τη συνάρτηση της παρούσας αξίας των καθαρών ωφελειών δεδομένων αυτών των περιορισμών για την εξορυσσόμενη ποσότητα, η εξίσωση Lagrange είναι:

$$\sum_{t=0}^T \frac{\int_0^{q_t} P(q) dq - C(q_t, S_t)}{(1+r)^t} + \sum_{t=0}^T \mu_t (S_t - S_{t+1} - q_t)$$

Οι συνθήκες πρώτης τάξης σε αυτή την περίπτωση είναι:

$$\frac{\partial L}{\partial q_t} = \frac{P(q_t) - \partial C / \partial q_t}{(1+r)^t} - \mu_t = 0 \quad t = 0, \dots, T$$

$$\frac{\partial L}{\partial S_t} = -\frac{\partial C / \partial S_t}{(1+r)^t} + \mu_t - \mu_{t-1} = 0 \quad t = 0, \dots, T$$

$$\frac{\partial L}{\partial \mu_t} = S_t - S_{t+1} - q_t = 0 \quad t = 0, \dots, T$$

Ανάλογα με την προηγούμενη ενότητα, η πρώτη συνθήκη άριστης εξάντλησης είναι:

$$\frac{P(q_t) - \partial C / \partial q_t}{(1+r)^t} = \mu_t = \frac{\lambda_t}{(1+r)^t}$$

Το μ_t (πολ/στης Lagrange) είναι η πρόσδοδος στενότητας και λ_t η τρέχουσα αξία της προσόδου στενότητας. Οπότε $P_t - MC_t = \lambda_t$ ή $P_t = MC_t + \lambda_t$, όπου $MC_t = \partial C / \partial q_t$.

Οπότε για να επιτύχουμε βέλτιστη εξόρυξη πρέπει η τιμή του εξαντλήσιμου πόρου να είναι τουλάχιστον ίση με το οριακό κόστος εξόρυξης και την πρόσοδο στενότητας.

Για να δούμε πως μεταβάλλεται διαχρονικά και η πρόσοδος στενότητας, από τη δεύτερη συνθήκη πρώτης τάξης έχουμε:

$$\frac{\partial C / \partial S_t}{(1+r)^t} - \frac{\lambda_t}{(1+r)^t} + \frac{\lambda_{t-1}}{(1+r)^{t-1}} = 0 \quad \text{ή} \quad \frac{\partial C}{\partial S_t} - \lambda_t + \lambda_{t-1}(1+r) = 0$$

ή αλλιώς

$$\lambda_t - \lambda_{t-1} = r\lambda_{t-1} + \partial C / \partial S_t$$

για να ερμηνευτεί πιο εύκολα η παραπάνω σχέση, θεωρούμε ότι οι χρονικές περίοδοι είναι πολύ μικρές, οπότε περνάμε σε συνεχή χρόνο και η σχέση γράφεται:

$$\frac{d\lambda_t}{dt} = r\lambda_t + \frac{\partial C}{\partial S_t}$$

Καταλαβαίνουμε λοιπόν αφού $\partial C / \partial S_t < 0$, ότι ο ρυθμός μεταβολής της προσόδου στενότητας είναι μικρότερος από το επιτόκιο. Η μη εξόρυξη δημιουργεί δηλαδή μια εξοικονόμηση κόστους, ένα κέρδος που συνυπολογίζεται ώστε να μην απαιτείται αύξηση της προσόδου στενότητας ίση με την απόδοση r των εναλλακτικών επενδύσεων. Με άλλα λόγια, η πρόσοδος στενότητας συν την εξοικονόμηση κόστους που προκύπτει από τη μη εξόρυξη του ορυκτού πρέπει να μεταβάλλονται με το ρυθμό του επιτοκίου. Εάν το κόστος εξόρυξης δεν επηρεάζεται από την εξάντληση του ορυκτού ($\partial C / \partial S_t = 0$), η πρόσοδος στενότητας αυξάνεται στο ρυθμό του επιτοκίου. Αυτή η περίπτωση έχει ήδη αναλυθεί.

Για τη διαχρονική εξέλιξη της τιμής έχουμε:

$$\frac{dP_t}{dt} = \frac{d(\partial C / \partial q_t)}{dt} + \frac{d\lambda_t}{dt}$$

όπου

$$\frac{d\lambda_t}{dt}$$

έχει υπολογιστεί,

$$-q_t = \frac{dS_t}{dt}$$

και

$$\frac{d(\partial C / \partial q_t)}{dt} = \frac{\partial^2 C}{\partial q_t^2} \frac{dq_t}{dt} - q_t \frac{\partial^2 C}{\partial S_t \partial q_t}$$

άρα:

$$\frac{dP_t}{dt} = \left[r\lambda_t + \frac{\partial C}{\partial S_t} \right] + \left[\frac{\partial^2 C}{\partial q_t^2} \frac{dq_t}{dt} - q_t \frac{\partial^2 C}{\partial S_t \partial q_t} \right]$$

Από τη σχέση αυτή συμπεραίνουμε πως η φορά της μεταβολής της τιμής δεν μπορεί να είναι γνωστή από πριν αφού εξαρτάται από τα πρόσημα και το μέγεθος των επιμέρους όρων. Δεν

μπορούμε λοιπόν να ξέρουμε από πριν εάν η εξορυσσόμενη ποσότητα αυξάνεται διαχρονικά ή μειώνεται.

Εάν το κόστος εξόρυξης δεν επηρεάζεται από το απόθεμα που διαθέτουμε και το οριακό κόστος είναι σταθερό (άρα όλες οι παράγωγοι ως προς C είναι μηδενικές), καταλήγουμε στην απλή περίπτωση όπου $\frac{dP_t}{dt} = r\lambda_t = r(P_t - MC_t)$.

Εάν επιπλέον το οριακό κόστος εξόρυξης είναι αμελητέο η σχέση γίνεται:

$$\frac{dP_t}{dt} = rP_t \quad \text{ή} \quad \frac{dP_t/dt}{P_t} = \frac{\dot{P}}{P} = r$$

4.3 ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΧΡΗΣΗ ΕΞΑΝΤΛΗΣΗΜΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΜΟΡΦΕΣ ΑΓΟΡΑΣ

4.3.1 Εξαντλήσιμοι πόροι στον τέλει ανταγωνισμό

Με τις τιμές, στον τέλει ανταγωνισμό, δεδομένες η οικονομική μονάδα προσπαθεί να μεγιστοποιήσει τα κέρδη της. Θεωρούμε εξαντλήσιμο πόρο ορυκτό με απόθεμα S_t και κόστος εξόρυξη καθοριζόμενο από το ποσότητα εξόρυξης του ορυκτού, q_t . Έτσι κατά τη χρονική περίοδο $t=0, \dots, T$ η επιχείρηση εξορύσσει το ορυκτό με συνάρτηση κόστους $C=C(q_t, S_t)$ και στόχο τη μεγιστοποίηση της καθαρής παρούσας αξίας η οποία είναι:

$$PV\Pi = \sum_{t=0}^T [P_t q_t - C(q_t, S_t)](1+r)^{-t}$$

όπου P_t είναι η τιμή του ορυκτού.

Με δεδομένα τα αποθέματα και θεωρώντας την ποσότητα q_t έχουμε τον εξής περιορισμό:

$$\sum_{t=0}^T q_t = \bar{S}_0$$

και αναδρομικά τον διατυπώνουμε για τη χρονική στιγμή t ως :

$$q_t = S_t - S_{t+1}$$

Η εξίσωση Lagrange για το πρόβλημα της μεγιστοποίησης είναι:

$$L = \sum_{t=0}^T [P_t q_t - C(q_t, S_t)](1+r)^{-t} + \sum_{t=0}^T \mu_t (S_t - S_{t+1} - q_t)$$

Οι συνθήκες πρώτης τάξης είναι:

$$\frac{\partial L}{\partial q_t} = \frac{P_t - \frac{\partial C}{\partial q_t}}{(1+r)^t} - \mu_t = 0 \quad t = 0, \dots, T$$

$$\frac{\partial L}{\partial S_t} = -\frac{\frac{\partial C}{\partial S_t}}{(1+r)^t} + \mu_t - \mu_{t-1} = 0 \quad t = 0, \dots, T$$

$$\frac{\partial L}{\partial \mu_t} = S_t - S_{t+1} - q_t \quad t = 0, \dots, T$$

Παρατηρούμε ότι οι συνθήκες είναι ίδιες με αυτές που συναντήσαμε στο πρόβλημα των κοινωνικά άριστων επιπέδων____, και αυτό σημαίνει ότι στην περίπτωση του τέλει ανταγωνισμού η εξόρυξη και οι τιμές ισούνται με τα κοινωνικά άριστα επίπεδα τους

(επισημαίνεται ότι το επιτόκιο προεξόφλησης πρέπει να είναι το ίδιο στις δύο αυτές περιπτώσεις).

4.3.2 Εξαντλήσιμοι πόροι στο μονοπώλιο

Όπως και στον ανταγωνισμό έτσι και στο μονοπώλιο η οικονομική μονάδα προσπαθεί να μεγιστοποιήσει τα κέρδη της οπότε η περιγραφή της λειτουργίας του μονοπωλίου στην εξόρυξη ενός εξαντλήσιμου πόρου γίνεται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο, δηλαδή ισχύουν:

$$PV\Pi = \sum_{t=0}^T [P_t q_t - C(q_t, S_t)](1+r)^{-t}$$

$$\sum_{t=0}^T q_t = \bar{S}_0 \quad \text{κα} \quad q_t = S_t - S_{t+1}$$

Η εξίσωση Lagrange για το πρόβλημα αυτό διατυπώνεται όπως και παραπάνω:

$$L = \sum_{t=0}^T [P_t q_t - C(q_t, S_t)](1+r)^{-t} + \sum_{t=0}^T \mu_t (S_t - S_{t+1} - q_t)$$

και οι παρόμοιες συνθήκες πρώτης τάξης είναι:

$$\frac{\partial L}{\partial S_t} = -\frac{\frac{\partial C}{\partial S_t}}{(1+r)^t} + \mu_t - \mu_{t-1} = 0 \quad t = 0, \dots, T$$

$$\frac{\partial L}{\partial \mu_t} = S_t - S_{t+1} - q_t \quad t = 0, \dots, T$$

Η διαφορά με την περίπτωση του τέλει ανταγωνισμού έγκειται στο ότι ο μονοπωλείτης λαμβάνει υπόψη του την επίδραση των δικών του αποφάσεων σχετικά με το επίπεδο παραγωγής στην τιμή και στα συνολικά έσοδα. Ο πωλητής συγκρίνει το οριακό κόστος παραγωγής με το οριακό έσοδο οπότε και έχουμε:

$$MR_t = \frac{d(P_t, q_t)}{dq_t} = P_t + q_t \frac{dP_t}{dq_t}$$

όπου ως συνθήκη πρώτης τάξης για την εξίσωση Lagrange τη διατυπώνουμε:

$$\frac{\partial L}{\partial S_t} = \frac{P_t + q_t \frac{dP_t}{dq_t} - \frac{\partial C}{\partial q_t}}{(1+r)^t} - \mu_t = 0 \quad t = 0, \dots, T$$

Την συνθήκη αυτή, άμα λάβουμε υπόψη της συνθήκες στο άριστο κοινωνικά επίπεδο, μπορούμε να την γράψουμε και ως εξής:

$$MR_t - MC_t = \lambda_t \quad \text{ή} \quad MR_t = MC_t + \lambda_t$$

Συγκρίνοντας τώρα τις σχέσεις αυτές με την αντίστοιχη του άριστου κοινωνικά επιπέδου παρατηρούμε την εξόρυξη του μονοπώλιου q^M να είναι μικρότερη αυτής του πλήρους ανταγωνισμού q^A αφού το μονοπώλιο θέτει αρχική τιμή P^M μεγαλύτερη από την αρχική τιμή του πλήρους ανταγωνισμού P^A . Έτσι ο πόρος φαίνεται να εξαντλείται πιο αργά στο μονοπώλιο απ' ό,τι στον τέλει ανταγωνισμό. Στην πραγματικότητα όμως η ελαστικότητα της καμπύλης ζήτησης και ιδιαίτερα η διαχρονική συμπεριφορά της είναι οι κύριες αιτίες που καθορίζουν το ρυθμό εξάντληση. Υπάρχει βέβαια και η περίπτωση όπου το μονοπώλιο εξαντλεί τον πόρο πιο γρήγορα και αυτό συμβαίνει όταν έχουμε ως δεδομένη την εξάντληση του πόρου στο ίδιο χρονικό πλαίσιο και η ελαστικότητα μειώνεται διαχρονικά. Αντίθετα, με αυξανόμενη διαχρονικά την ελαστικότητα θα έχουμε αρχικά τουλάχιστον πιο αργή εξάντληση στην περίπτωση του μονοπώλιου.

Σε όρους ελαστικότητας μπορούμε να γράψουμε τη σχέση συγκρισης του οριακού κόστους παραγωγής και του οριακού εσόδου ως εξής

$$MR_t = P_t + q_t \frac{dP_t}{dq_t} = P_t \left(1 + \frac{q_t}{P_t} \frac{dP_t}{dq_t} \right) = P_t \left(1 - \frac{1}{\varepsilon_t} \right)$$

όπου

$$\varepsilon_t = - \frac{dq_t}{dP_t} \frac{P_t}{q_t} \quad \text{η ελαστικότητα}$$

Αν θεωρήσουμε τώρα την ελαστικότητα μεταβαλλόμενη και την πραγματοποίηση της εξάντλησης σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα, μπορούμε κάνοντας χρήση της γενικής αρχής της μονοπωλιακής αγοράς περί αποτελεσματικού διαχωρισμού των αγορών, να δείξουμε ότι το μονοπώλιο επιβάλλοντας άλλες τιμές ανάλογα με την ελαστικότητα, μπορεί να αυξήσει τα κέρδη του. Έτσι αν η ελαστικότητα διαχρονικά αυξάνεται ($\varepsilon_1 < \varepsilon_2$) το μονοπώλιο θα παράγει μικρότερη ποσότητα την περίοδο 1 και μεγαλύτερη την περίοδο 2, πάντα οι ποσότητες συγκρινόμενες με εκείνες του ανταγωνισμού, προκειμένου να κερδίσει από την ανελαστικότητα της ζήτησης στην περίοδο 1. Επομένως γίνεται φανερή η εξάντληση του πόρου με πιο αργό ρυθμό από ότι στην περίπτωση του τέλει ανταγωνισμού. Το μονοπώλιο, επιπρόσθετα, στην περίπτωση της διαχρονικά μειούμενης ελαστικότητας, θα παράγει μεγαλύτερη ποσότητα την περίοδο 1 και μικρότερη την περίοδο 2 σε σχέση με τον πλήρη ανταγωνισμό ώστε να επωφεληθεί από την ανελαστικότητα στην περίοδο 2 και έτσι θα εξαντλήσει τον πόρο με γρηγορότερο ρυθμό από τον τέλει ανταγωνισμό.

Μπορούμε βέβαια με μερικές απλοποιήσεις σχετικά με το κόστος και συγκεκριμένα υποθέτοντας $MC_t=0$ και $\partial C/\partial S_t=0$ όπου θα έχουμε $MR_t=\lambda_t$, να έχουμε μια διαφορετική προσέγγιση για το ρυθμό εξάντλησης του πόρου σε λειτουργία αγοράς πλήρους ανταγωνισμού και μονοπώλιου. Η βέλτιστη συνθήκη εξάντλησης στο μονοπώλιο με τις υποθέσεις αυτές διαμορφώνεται ως εξής:

$$P_1^M \left(1 - \frac{1}{\varepsilon_1} \right) = \frac{P_2^M \left(1 - \frac{1}{\varepsilon_1} \right)}{1 + r}$$

Με τις υποθέσεις αυτές στον πλήρη ανταγωνισμό λαμβάνουμε τη συνθήκη για άριστη εξάντληση:

$$P_1^A = \frac{P_2^A}{(1+r)}$$

Στην περίπτωση όπου έχουμε ένα υποκατάστατο κόστους MC_s και εισάγεται στην περίοδο 2 με την προϋπόθεση $P_2^A = P_2^M = MC_s$ όταν $\varepsilon_1 = \varepsilon_2$ τότε θα έχουμε:

$$\frac{P_2^M}{P_1^M} = 1 + r = \frac{P_2^A}{P_1^A}$$

και το μονοπώλιο θα εξαντλεί τον πόρο με τον ίδιο ρυθμό όπως και η ανταγωνιστική επιχείρηση. Αν ($\varepsilon_1 > \varepsilon_2$) το μονοπώλιο θα εξαντλεί πιο γρήγορα τον πόρο ενώ αν ($\varepsilon_1 < \varepsilon_2$) το μονοπώλιο θα εξαντλεί πιο αργά τον πόρο από ότι η ανταγωνιστική επιχείρηση.

4.4 ΕΠΙΤΟΚΙΟ, ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Με βάση την ανάλυση, που έχουν γίνει παραπάνω, μπορούμε να βγάλουμε το συμπέρασμα ότι υψηλά επιτόκια προκαλούν γρήγορη εξάντληση των πόρων. Αυτό είναι αποτέλεσμα της μικρής παρούσας αξίας για τα μελλοντικά οφέλη, που προκαλεί ένα υψηλό επιτόκιο, σε αντίθεση με τη μεγαλύτερη παρούσα αξία που έχουν τα οφέλη από τις σημερινές εξορύξεις. Εκτός αυτού, τα υψηλά επιτόκια αυξάνουν την τιμή του εξορυσσόμενου πόρου, με συνέπεια την εξόρυξη όλο και μεγαλύτερων ποσοτήτων από τις επιχειρήσεις, γεγονός που αυξάνει το ρυθμό εξάντλησης του πόρου. Με την αύξηση της τιμής του πόρου λόγω των υψηλών επιτοκίων, επισπεύδεται η μετάβαση στο υποκατάστατο του εξαντλήσιμου πόρου. Από την άλλη πλευρά όμως, όταν η ζήτηση μειώνεται, σε αντίθεση με τη διαχρονική σταθερότητά της, η ποσότητα που εξορύσσεται περιορίζεται, αφού η τιμή αυξάνεται. Η καμπύλη ζήτησης όμως μπορεί να επιτελέσει και τον αντίθετο ρόλο, καθώς αν είναι ανελαστική και μετατοπίζεται δεξιά, διαχρονικά, η ζήτηση αυξάνεται και επισπεύδεται η εξάντληση του πόρου.

Όσον αφορά τώρα το κοινωνικό επιτόκιο προεξόφλησης, αυτό μπορεί να μην είναι άμεσα συνδεδεμένο με το ιδιωτικό επιτόκιο. Η εξάντληση του πόρου επιταχύνεται, σε σχέση με αυτή που είναι κοινωνικά επιθυμητή, εάν το ιδιωτικό επιτόκιο που χρησιμοποιείται από τις επιχειρήσεις είναι μεγαλύτερο από το κοινωνικό. Όταν έχουμε ατελής λειτουργία των μελλοντικών αγορών, χρησιμοποιούνται υψηλά ιδιωτικά επιτόκια, λόγω κινδύνου και αβεβαιότητας και έτσι εμπεριέχουν ασφάλιστρο. Οι πηγές τώρα του κινδύνου και της αβεβαιότητας έχουν ως βάση τους τη ζήτηση αλλά και την προσφορά με ειδική βαρύτητα στην τεχνολογική μεταβολή και στην ανακάλυψη κοιτασμάτων. Ο κίνδυνος της εθνικοποίησης χρησιμοποιείται ως ένας από τους σοβαρότερους λόγους για υψηλά επιτόκια στις επιχειρήσεις που λειτουργούν στον κλάδο των εξαντλήσιμων πόρων. Παρόλα αυτά είναι περίπλοκη η επίδραση του επιτοκίου στο ρυθμό εξόρυξης ενός μη ανανεώσιμου πόρου.

Όπως έχει προαναφερθεί, η εξόρυξη πόρων προκαλεί περιβαλλοντική ρύπανση, το κόστος της οποίας, όταν δεν υπάρχει παβέμβαση στην αγορά, δεν περιλαμβάνεται στην τιμή του εξορυσσόμενου πόρου και στο ιδιωτικό κόστος. Αυτό έχει ως συνέπεια, μεγαλύτερη εξορυσσόμενη ποσότητα και η τιμή της αγοράς να είναι μικρότερη της αποτελεσματικής τιμής, με αποτέλεσμα τον ταχύτερο ρυθμό εξάντλησης σε σχέση με τον κοινωνικά επιθυμητό. Όσον αφορά την πλευρά της προσφοράς του εξαντλήσιμου πόρου, η παραγόμενη ποσότητα τείνει να περιοριστεί, αφού η αποτελεσματική τιμολόγησή του, περιλαμβανόμενου και του κόστους ρύπανσης, αυξάνει το κόστος του πόρου με συνέπεια να μειώνεται το οριακό κέρδος της επιχείρησης. Η αύξηση του κόστους και της τιμής του πόρου, επισπεύδει, με τη σειρά της, τη μετάβαση στο υποκατάστατο του εξαντλήσιμου πόρου. Βλέποντας την πλευρά της ζήτησης και εφόσον υπολογίσουμε το οριακό κόστος ζημιών της ρύπανσης στην τιμή του πόρου, η τιμή αυξάνεται, με συνέπεια τη μείωση της ζητούμενης ποσότητας και την επιβράδυνση του ρυθμού εξάντλησης του πόρου.

4.5 ΕΡΕΥΝΑ, ΑΝΑΚΑΛΥΨΕΙΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΟΔΟΣ

Η έρευνα, η τεχνολογική πρόοδος και οι ανακαλύψεις είναι δραστηριότητες που αυξάνουν τα αποθέματα των πόρων και συνεπώς μετριάζουν το πρόβλημα της εξάντλησης, ενώ λόγω της αύξησης του κόστους από την εξάντληση μειώνουν το κόστος εξόρυξης. Δηλαδή :

$$\frac{\partial C}{\partial S_t} < 0$$

Με βάση αναλύσεις που έγιναν προηγουμένως μπορούμε να μελετήσουμε την επίδραση των ανακαλύψεων στην άριστη χρήση των πόρων. Έστω ότι μια επιχείρηση μεγιστοποιεί την παρούσα αξία των καθαρών ωφελειών, εξορύσσοντας ποσότητα q_t , με τιμή για το προϊόν P_t , με συνάρτηση του κόστους εξόρυξης $C(q_t, S_t)$, όπου S_t το απόθεμα που έχει απομείνει στο έδαφος. Οι ανακαλύψεις της επιχείρησης στο χρόνο t είναι Z_t . Οι ανακαλύψεις έχουν κόστος και έστω συνάρτηση κόστους των ανακαλύψεων:

$$\Phi = \Phi(Z_t)$$

Το πρόβλημα αναφορά πάντα τη μεγιστοποίηση του κέρδους της επιχείρησης και μπορεί να διατυπωθεί ως εξής:

$$\Pi = \sum_{t=0}^T [P_t q_t - C(q_t, S_t) - \Phi(Z_t)](1+r)^{-t}$$

με περιορισμούς

$$S_t - S_{t+1} = q_t - Z_t \quad t = 0, \dots, T$$

Η εξίσωση Lagrange για το συγκεκριμένο πρόβλημα θα είναι

$$L = \sum_{t=0}^T [P_t q_t - C(q_t, S_t) - \Phi(Z_t)](1+r)^{-t} + \sum_{t=0}^T \mu_t (S_t - S_{t+1} - q_t + Z_t)$$

Οι συνθήκες πρώτης τάξης είναι:

$$\frac{\partial L}{\partial q_t} = \frac{P_t - \frac{\partial C}{\partial q_t}}{(1+r)^t} - \mu_t = 0 \quad t = 0, \dots, T$$

$$\frac{\partial L}{\partial S_t} = -\frac{\frac{\partial C}{\partial S_t}}{(1+r)^t} + \mu_t - \mu_{t-1} = 0 \quad t = 0, \dots, T$$

$$\frac{\partial L}{\partial \mu_t} = S_t - S_{t+1} - q_t \quad t = 0, \dots, T$$

και επιπλέον η συνθήκη:

$$\frac{\partial L}{\partial Z_t} = -\frac{\frac{\partial \Phi}{\partial Z_t}}{(1+r)^t} + \mu_t = 0 \quad t = 0, \dots, T$$

όπου έχοντας

$$\mu_t = \frac{\lambda_t}{(1+r)^t}$$

παίρνουμε την σχέση:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial Z_t} = \lambda_t$$

Η τελευταία σχέση δείχνει πως η τιμή μιας μονάδας του πόρου στο έδαφος ισούται με το οριακό κόστος ανακαλύψεων σε συνθήκες πλήρους ανταγωνισμού και έτσι η πρόσοδος στενότητας που δείχνει το όφελος από τη διατήρηση μιας μονάδας στο έδαφος πρέπει να ισούται με το κόστος προσθήκης μιας μονάδας μιας επιπλέον μονάδας στο κοιτάσμα μέσω ανακαλύψεων. Το αποτέλεσμα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό επειδή το οριακό κόστος των ανακαλύψεων είναι τουλάχιστον εμπειρικά μετρήσιμο και έτσι μπορούμε να έχουμε ένα μέτρο σχετικά με το πρόσοδο στενότητας.

Η τεχνολογική πρόοδος δύναται να επηρεάζει το κόστος ανακάλυψης και το κόστος εξόρισης με αποτέλεσμα να αυξάνονται τα αποθέματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Η τεχνολογική πρόοδος μπορεί βέβαια να δημιουργήσει νέα υποκατάστατα του εξαντλήσιμου πόρου και να βελτιώσει την παραγωγή των ήδη γνωστών οπότε να επέλθει μείωσης του κόστους παραγωγής. Μπορεί παράλληλα να ανακαλύψει νέες μεθόδους παραγωγής μέσω των οποίων οι εξαντλήσιμοι πόροι αντικαθίστανται από ανανεώσιμους. Με το συνδυασμό των αποτελεσμάτων της τεχνολογικής προόδου είναι εφικτό να επέλθει διαχρονικά πτώση τιμών των εξορυσσόμενων πόρων αφού η ανακάλυψη νέων κοιτασμάτων λύνει έστω και προσωρινά το πρόβλημα της εξάντλησης ενώ η τεχνολογική παρέμβαση στα υποκατάστατα μπορεί να λύσει αποτελεσματικά το πρόβλημα.

5 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ

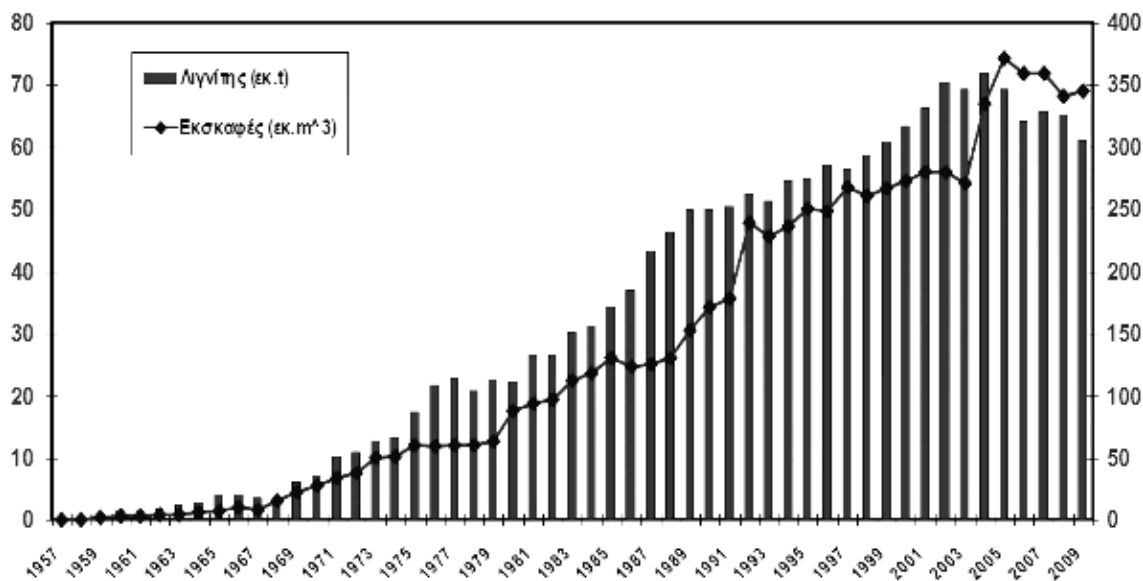
5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η Ελλάδα διαθέτει σημαντικές ποσότητες λιγνιτικών κοιτασμάτων που η μέχρι σήμερα αξιοποίησή τους συμβάλλει αποφασιστικά στην ενεργειακή ανάπτυξη της χώρας μας.

Η συστηματική εκμετάλλευση του λιγνίτη για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ξεκίνησε την 10ετία του 1950. Σήμερα η εκμετάλλευση του λιγνίτη αναπτύσσεται στο Λιγνιτικό Κέντρο Δυτικής Μακεδονίας και στο Λιγνιτικό Κέντρο Μεγαλόπολης. Ο εξορυσσόμενος λιγνίτης χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας καλύπτοντας περίπου 63% των αναγκών της χώρας.

Για την εκμετάλλευση των λιγνιτικών κοιτασμάτων εφαρμόζεται η μέθοδος συνεχούς λειτουργίας, η οποία συνδυάζει ηλεκτροκίνητο εξοπλισμό με μεγάλη δυναμικότητα όπως είναι οι καδοφόροι εκσκαφείς, οι ταινιόδρομοι και οι αποθέτες. Ο σημερινός ετήσιος ρυθμός παραγωγής λιγνίτη από τα ορυχεία της ΔΕΗ ανέρχεται σε περίπου 70 εκ. τόνους αν και η πρόσφατη κρίση επέφερε μείωση της παραγωγής.

Εξέλιξη συνολικών εκσκαφών (εκ. m³) - Παραγωγής Λιγνίτη (εκ. t) 1957 - 2009



Η εκμεταλλευσιμότητα των λιγνιτικών κοιτασμάτων εκφράζεται κατά βάση με οικονομικά κριτήρια, επηρεάζεται όμως και από άλλες παραμέτρους οι οποίες λαμβάνονται υπόψη στη λήψη ανάλογων αποφάσεων.

Στο πλαίσιο των προτεραιοτήτων που τίθενται διεθνώς στον ενεργειακό τομέα σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος, το περιβαλλοντικό κριτήριο λαμβάνεται σοβαρά υπόψη κατά το σχεδιασμό της εκμετάλλευσης λιγνιτικών κοιτασμάτων και κατά την αξιολόγηση ανάλογων επενδύσεων.

Σύμφωνα με μελέτες του ΙΓΜΕ (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών) τα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα λιγνίτη αυτή τη στιγμή είναι 3,1 δις τόνοι ενώ υπάρχουν ακόμα 4 δις τόνοι υπόλοιπα βεβαιωμένα αποθέματα. Αν υποθέσουμε ότι διατηρείται η σημερινή κατανάλωση, τα αποθέματα αυτά επαρκούν για ακόμα περίπου 40-50 χρόνια. Τα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα λιγνίτη βρίσκονται στη Δ. Μακεδονία (Πτολεμαίδα, Αμύνταιο, Φλώρινα) 1.9 δις τόνοι (59.3%), στη Δράμα 1 δις τόνοι (28.0 %), στη Μεγαλόπολη 257.5 εκ. τόνοι (8.1 %), στην Ελασσόνα 146 εκ. τόνοι (4.6 %) ενώ έχουν ήδη καταναλωθεί περίπου 1.3 δις τόνοι (29 % αρχικών εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων).

Όσον αφορά το κόστος εξόρυξης του λιγνίτη υπάρχουν διάφορες ταξινομήσεις και επομένως ορισμοί καθώς το απόθεμα του κοιτάσματος σχετίζεται με την αντίστοιχη ποιότητά του (συσχέτιση ποιότητας-αποθέματος), εξαρτάται επομένως από τις προδιαγραφές του ατμοηλεκτρικού σταθμού αλλά και από το είδος του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί, από την άποψη της εκλεκτικής απόληψης. Η επιλογή του εξοπλισμού σχετίζεται άμεσα με τη μέθοδο εκμετάλλευσης.

Στα βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά του λιγνίτη τροφοδοσίας των σταθμών περιλαμβάνονται η φυσική υγρασία (%), η τέφρα επί ξηρού (%), η κατώτερη θερμογόνο ικανότητα (kcal/kg) καθώς και η περιεκτικότητα σε διάφορες επιβαρυντικές για το περιβάλλον ουσίες.

Ιδιαίτερη σημασία παρουσιάζουν οι διακυμάνσεις των παραμέτρων της ποιότητας εντός του κοιτάσματος, δηλαδή η χωρική κατανομή, αλλά και η χρονική κατανομή αν ληφθεί υπόψη η διαχρονική εξέλιξη της εκμετάλλευσης του ορυχείου, ανάλογα με τον στρατηγικό τρόπο ανάπτυξης που θα επιλεγεί κατά την εκπόνηση της μεταλλευτικής μελέτης. Έτσι, ανάλογα με την ποιότητα του λιγνίτη, θα απαιτείται και διαφορετική ποσότητα καυσίμου για την παραγωγή της ίδιας ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο στρατηγικός σχεδιασμός της εκμετάλλευσης βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στη χωρική κατανομή των αποθεμάτων και στη μεταβλητότητα που παρουσιάζουν τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά. Οι έντονες μεταβολές της ποιότητας των απολήψιμων αποθεμάτων επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τον καθορισμό της θέσης διάνοιξης του ορυχείου, το μοντέλο ανάπτυξης της εκμετάλλευσης και φυσικά τον διαχρονικό σχεδιασμό παραγωγής.

Με βάση και αυτά τα στοιχεία, το άμεσο κόστος εξόρυξης του λιγνίτη, στο οποίο περιλαμβάνονται μόνο οι δαπάνες μισθοδοσίας, υλικών, και εργολαβιών, καθώς και οι φόροι και τέλη διαμορφώθηκε το 2007 σε 8,97 ευρώ/τόνο. Το πλήρες κόστος εξόρυξης του λιγνίτη, στο οποίο περιλαμβάνεται επιπλέον το κόστος της αναλίσκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, οι αποσβέσεις και απόδοση 8% στα επενδεδυμένα κεφάλαια στο πλαίσιο του λογιστικού διαχωρισμού διαμορφώθηκε αντίστοιχα σε 13 ευρώ/τόνο το 2007.

5.2 Ο ΕΝΕΡΓΙΑΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

5.2.1 Γενικά

Ο ενεργειακός τομέας της Ελλάδας είναι στρατηγικής σημασίας για την οικονομική ανάπτυξη και την κοινωνική ευημερία της χώρας. Τα ενεργειακά προβλήματα της χώρας παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες με τα γενικότερα ενεργειακά προβλήματα, έχουν όμως και σημαντικές ιδιαιτερότητες. Στους εγχώριους πόρους που διαθέτει περιλαμβάνονται κυρίως λιγνίτες, υδροδυναμικό και άλλες ανανεώσιμες μορφές ενέργειας.

Οι ενεργειακές ανάγκες της χώρας αυξάνουν με ρυθμούς που ακολουθούν το ρυθμό αύξησης του ΑΕΠ καθώς και τις κλαδικές αναδιαρθρώσεις της οικονομίας. Βέβαια, το ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας χαρακτηρίζεται από χαμηλή ενεργειακή απόδοση και «ανορθολογική» χρήση ενεργειακών μορφών. Έχει εξαπλωθεί εντούτοις η χρήση φυσικού αερίου και σταδιακά διευρύνεται η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Η ανάγκη προστασίας του περιβάλλοντος θα επιταχύνει αυτή την αναδιάρθρωση.

Στα ισοζύγια (Παράρτημα II) διαχρονικά, παρουσιάζεται η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στην Ελλάδα να αποτελείται κυρίως από πηγές υγρών καυσίμων, όπου σταδιακά μειώνεται λόγω χρήσης στερεών καυσίμων και φυσικού αερίου. Στην παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας η εγχώρια παραγωγή στηρίζεται κυρίως στα στερεά καύσιμα και ειδικά στο λιγνίτη που χρησιμοποιείται κατά το μεγαλύτερο μέρος του στην ηλεκτροπαραγωγή.

Παρατηρούμε επίσης ότι υπάρχει μια σαφής προσπάθεια μείωσης της συμμετοχής των εισαγωγών στο ενεργειακό ισοζύγιο και της επιβάρυνσης του ισοζυγίου πληρωμών. Αυτό συμβαίνει γιατί όσο πιο μεγάλες είναι οι εισαγωγές προϊόντων, τόσο πιο ευάλωτη είναι η χώρα και ειδικότερα το ισοζύγιο πληρωμών στις διακυμάνσεις και κυρίως στις αυξήσεις των τιμών των ενεργειακών προϊόντων.

Η συνολική κατανάλωση παρουσιάζει αύξηση με την πάροδο των ετών αλλά η εξέλιξη της δομής της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης αντικατοπτρίζει τη διάρθρωση της ελληνικής οικονομίας, στην οποία η σημασία των υπηρεσιών του εμπορικού τομέα μεγαλώνει έναντι της βιομηχανίας. Έχει επίσης διαπιστωθεί παλαιότερα μια τάση υποκατάστασης της ηλεκτρικής ενέργειας σε άλλης μορφές ενέργειας στις χρήσεις αυτές, η οποία δεν φαίνεται να έχει ανατραπεί. Αυτή οφειλόταν στην μικρότερη αύξηση των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με τις τιμές των υγρών καυσίμων ως αποτέλεσμα της πολιτικής αξιοποίησης των εγχώριων πόρων (λιγνίτη και υδροδυναμικού) για ηλεκτροπαραγωγή, ώστε να μετριαστούν τα αποτελέσματα της ενεργειακής χρήσης.

5.2.2 Ενεργειακοί τομείς

Στη συνέχεια, θα διερευνήσουμε αναλυτικά την κατάσταση των τομέων της ηλεκτρικής ενέργειας και των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας, ενώ θα παρουσιαστούν συνοπτικά και οι τομείς υγρών/στερεών καυσίμων και φυσικού αερίου.

Ο επόμενος πίνακας παρουσιάζει το ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας για το 2008 (αναλυτικά στο Παράρτημα II). Σε αυτό δίνεται μια πλήρης εικόνα του ενεργειακού τομέα της χώρας, συμπεριλαμβανομένων των εισαγωγών και της μετατροπής ενέργειας.

Ενεργειακό Ισοζύγιο έτος: 2008

1000 ΤΙΠ	Σύνολο προϊόντων	Σύνολο Λιγνίτη	Σύνολο πετρελαιοειδών	Σύνολο ΑΠΕ	Ηλεκτρική Ενέργεια
Πρωτογενής παραγωγή	10,066	8,351	0	1,639	0
Εισαγωγές	33,105	2	6,770	6	651
Μεταβολή αποθεμάτων	-558	-135	-136	0	0
Εξαγωγές	7,620	0	6,378	0	169
Αποθήκες καυσίμων πλοίων	3,058	0	3,058	0	0
Ακαθάριστη Εγχώρια Κατανάλωση	31,938	8,217	-2,802	1,645	483
Προς Μετατροπή	35,317	8,172	2,371	34	0
Από Μετατροπή	27,024	0	22,040	0	4,931
Ανταλλαγές και μεταβιβάσεις, ανταποδόσεις	61	0	-1,557	-434	434
Κατανάλωση Ενεργειακού Τομέα	1,803	0	1,178	0	587
Απώλειες διανομής	395	0	0	0	391
Διαθέσιμο προς τελική κατανάλωση	21,463	45	14,133	1,133	4,871
Τελική Ενεργειακή Κατανάλωση	21,195	62	13,951	1,133	4,871
Βιομηχανία	4,238	58	1,803	264	1,331
Μεταφορές	8,510	0	8,406	69	21
Εμπόριο, Δημ. Διοίκηση και Οικιακός τομέας	8,446	4	3,742	800	3,519
Οικιακός	5,142	4	2,549	777	1,559
Αγροτικός	1,088	0	802	19	267
Στατιστική διαφορά	-627	-17	-524	0	0

Ηλεκτρική ενέργεια

Στην Ελλάδα, ο τομέας ενέργειας είναι κρατικό μονοπώλιο από το 1956 καθώς η ΔΕΗ μετράει περισσότερα από πενήντα χρόνια προσφοράς. Υπάρχουν όμως προβλήματα τα οποία περιορίζουν την αποτελεσματικότητα των υπηρεσιών της. Ξεκίνησε λοιπόν και στην Ελλάδα η απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας μετά την οδηγία 96/92 της ΕΕ. Σε πρώτη φάση η προσπάθεια προέβλεπε απελευθέρωση για τους βιομηχανικούς καταναλωτές, άδειες λειτουργίας για ιδιωτικούς σταθμούς παραγωγής και άλλες νέες επενδύσεις. Στα πλαίσια εναρμόνισης της ελληνικής νομοθεσίας με αυτήν την οδηγία και εκσυγχρονισμού των ενεργειακών αγορών της Ελλάδας συστάθηκε η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) με το νόμο 2773/22-12-99. Ο ρόλος της δεν είναι ελεγκτικός ή δικαστικός αλλά να διευκολύνει τον ελεύθερο και υγιή ανταγωνισμό προς όφελος του τελικού καταναλωτή. Η ΡΑΕ είναι μια ανεξάρτητη αρχή που φροντίζει, εισηγείται και προωθεί την ύπαρξη συνθηκών ίσων ευκαιριών, και υγιούς ανταγωνισμού και παρέχει την άδεια λειτουργίας σε παραγωγούς, προμηθευτές και λοιπούς φορείς της αγοράς. Ο δεύτερος βασικό φορέας της απελευθερωμένης αγοράς που συστάθηκε με τον ίδιο νόμο είναι η Ανώνυμη Εταιρεία Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ή Διαχειριστής του Συστήματος ή ΔΕΣΜΗΕ), η εταιρεία που διαχειρίζεται το Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας. Ο ΔΕΣΜΗΕ φροντίζει να υπάρχει ανά πάσα στιγμή ισορροπία παραγωγής και κατανάλωσης και η ηλεκτρική ενέργεια να παρέχεται κατά τρόπο αξιόπιστο, ασφαλή και ποιοτικά αποδεκτό. Ο δεύτερος ρόλος του ΔΕΣΜΗΕ είναι να εκκαθαρίζει την αγορά, να λειτουργεί σαν ένα είδος χρηματιστηρίου που υπολογίζει κάθε ημέρα ποιός οφείλει σε ποιόν. Ο ΔΕΣΜΗΕ δεν εμπορεύεται ηλεκτρική ενέργεια και οι βασικές συναλλακτικές σχέσεις είναι διμερείς μεταξύ παραγωγών/προμηθευτών και των

πελατών τους. Τελικός στόχος είναι η μείωση του κόστους και άρα χαμηλότερες τιμές που προσδιορίζονται από τις δυνάμεις της προσφοράς και της ζήτησης.

Η συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας στο ελληνικό ενεργειακό ισοζύγιο είναι πολύ μεγάλη σε σχέση με άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Αυτό οφείλεται στην ύπαρξη αρκετών ηλεκτροβόρων κλάδων αλλά και στο γεγονός ότι υπάρχουν περιορισμένα υποκατάστατα της ηλεκτρικής ενέργειας σε ορισμένες χρήσεις. Επιπλέον, οι χαμηλές της τιμές σε μερικές χρήσεις στα πλαίσια άσκησης αναπτυξιακής ή κοινωνικής πολιτικής ενθάρρυναν την υποκατάσταση ηλεκτρικής ενέργειας σε άλλα καύσιμα και την υπερκατανάλωση, με σοβαρή επιβάρυνση κόστους για το ενεργειακό ισοζύγιο. Το βασικό πλεονέκτημα που παρουσιάζει όμως η ηλεκτρική ενέργεια στην Ελλάδα είναι ότι παράγεται κυρίως από εγχώριους πόρους.

Ο λιγνίτης είναι η κύρια μορφή πρωτογενών ενεργειακών πόρων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το 1997 ολοκληρώθηκαν οι αγωγοί φυσικού αερίου οπότε και αρχίζει η εισαγωγή του στο ενεργειακό σύστημα και στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας. Εκμετάλλευση μέρους του αιολικού δυναμικού της χώρας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας πραγματοποιείται κυρίως στα νησιά όπου έχουν εγκατασταθεί αρκετές ανεμογεννήτριες και αιολικά πάρκα, όπως θα δούμε και παρακάτω. Υπάρχουν επίσης ορισμένοι ιδιώτες που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια για να καλύψουν τις δικές τους ανάγκες και πωλούν το πλεόνασμα στην ΔΕΗ. Η συμπαραγωγή (ταυτόχρονη παραγωγή ενέργειας και θερμότητας από το ίδιο καύσιμο) στην Ελλάδα είναι περιορισμένη και αναπτύσσεται μόνο σε μεγάλες βιομηχανικές μονάδες.

Το σύστημα μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας γίνεται μέσω ενός διασυνδεδεμένου δικτύου, το οποίο συνδέει όλες τις περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας. Ένας μεγάλος αριθμός νησιών επίσης συνδέεται με υποθαλάσσια καλώδια με το διασυνδεδεμένο σύστημα αλλά υπάρχουν επίσης και αυτόνομα νησιωτικά δίκτυα (τα μεγαλύτερα από αυτά είναι της Κρήτης και της Ρόδου).

Η ΔΕΗ σε συνεργασία με την ιταλική INTEL προσανατολίζονται στη σύνδεση των δύο εθνικών δικτύων μέσω υποβρύχιου καλωδίου, γεγονός που θα σημάνει τη σύνδεση της Ελλάδας και με το δίκτυο της υπόλοιπης ΕΕ. Προσπάθεια διασύνδεσης γίνεται και με την Τουρκία, η οποία συνδέεται με τις χώρες της Μέσης Ανατολής. Μια τρίτη κατεύθυνση τέλος είναι ο άξονας Βορράς-Νότος, με αύξηση της μεταφορικής ικανότητας με τη Βουλγαρία και την Αλβανία.

Η ΔΕΗ χρησιμοποιεί τριών ειδών τιμολόγια ανάλογα με το είδος των καταναλωτών ηλεκτρικής ενέργειας. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιεί τιμολόγια για καταναλωτές υψηλής τάσης όπως είναι οι μεγάλες ενεργοβόρες βιομηχανίες, τιμολόγια για καταναλωτές μέσης τάσης όπως είναι αγροτικοί και εμπορικοί καταναλωτές και τέλος τιμολόγια για καταναλωτές χαμηλής τάσης όπως είναι οι οικιακοί καταναλωτές. Αυτές οι κατηγορίες έχουν και επιμέρους υποδιαίρεσεις λόγω ιδιαιτεροτήτων.

Υγρά καύσιμα

Στο ισοζύγιο της Ελλάδας (πριν την οικονομική κρίση) παρατηρούταν μια συνολική αύξηση των πωλήσεων των βενζινών, ως αποτέλεσμα της αύξησης αγοράς επιβατικών αυτοκινήτων καθώς επίσης και της μεγάλης αύξησης της κατανάλωσης πετρελαίου θέρμανσης.

Η εγχώρια παραγωγή αργού πετρελαίου αποτελεί ένα πολύ μικρό ποσοστό της συνολικής εισροής αργού προς διύλιση και επίσης παρουσιάζει μια σταδιακή πτωτική τάση. Οι εισαγωγές πραγματοποιούνται από διάφορες προμηθεύτριες χώρες, κυρίως το Ιράν και τη Σαουδική Αραβία αλλά και τη Ρωσία. Η εξάρτηση λοιπόν της Ελλάδας από εισαγωγές είναι σχεδόν απόλυτη. Εντούτοις, τα τελευταία χρόνια γίνονται όλο και περισσότερες έρευνες για κοιτάσματα πετρελαίου στον ελλαδικό χώρο, τόσο στη στεριά όσο και στη θάλασσα και έχουν ανακαλυφθεί αρκετά εκμεταλλεύσιμα κοιτάσματα. Η Ελλάδα θεωρείται από τις πλέον ανεξερεύνητες περιοχές για εξεύρεση υδρογονανθράκων καθώς η γεωλογική φύση της χώρας και το βάθος των υδάτων δημιουργούν δυσκολίες στις έρευνες και τις γεωτρήσεις.

Η δομή της πετρελαϊκής αγοράς στην Ελλάδα αποτελείται από τα διυλιστήρια και τις εταιρίες εμπορίας και διανομής προϊόντων πετρελαίου. Η εταιρία Ελληνικά Πετρέλαια είναι η μόνη πλήρης καθετοποιημένη εταιρία πετρελαίου στην ελληνική αγορά και κατέχει κυρίαρχη θέση. Η αγορά πετρελαιοειδών παρουσιάζει γενικά κάποια προβλήματα ανταγωνισμού, αφού στην εμπορία οι τρεις πρώτες εταιρίες έχουν συνολικό μερίδιο αγοράς μεγαλύτερο από 50%.

Στερεά καύσιμα

Ο λιγνίτης αποτελεί για την Ελλάδα τη σημαντικότερη πρωτογενή πηγή ενέργειας, υπάρχει σε αφθονία και το κόστος του (μη συμπεριλαμβανομένων των εξωτερικών οικονομιών) είναι ανταγωνιστικό σε σχέση με άλλα εισαγόμενα καύσιμα. Σε αυτόν βασίζεται ο ασφαλής εφοδιασμός της χώρας με ηλεκτρική ενέργεια.

Αν και ο λιγνίτης παραμένει για την Ελλάδα μια σημαντική εγχώρια πηγή ενέργειας, η σημασία του στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας τείνει να περιοριστεί. Η χρήση φυσικού αερίου στην Ελλάδα, είτε χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, είτε για αντικατάσταση της ηλεκτρικής ενέργειας στις τελικές χρήσεις, ασκεί περιοριστικές πιέσεις στη χρήση λιγνίτη. Επίσης, η σημαντική ατμοσφαιρική ρύπανση που δημιουργεί ο λιγνίτης και τα πιθανά μελλοντικά μέτρα για την προστασία του περιβάλλοντος θα επιτείνουν τις πιέσεις για μείωση της συμμετοχής του λιγνίτη στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας όπως προβλέπεται και από τον στόχο 20-20-20. Θα μελετήσουμε το κόστος και τις προοπτικές του λιγνίτη στο επόμενο κεφάλαιο.

Οι γαιάνθρακες εισάγονται στη χώρα μας από μεγάλες βιομηχανίες τσιμέντου και από μικρές ενεργειακές εταιρίες. Το πετρελαϊκό κοκ, το οποίο είναι παράγωγο πετρελαϊκής επεξεργασίας, συμπεριλαμβάνεται στα στερεά καύσιμα και χρησιμοποιείται κυρίως στη βιομηχανία και τη βιοτεχνία, παρά τις σοβαρές περιβαλλοντικές του επιπτώσεις. Μελλοντικά, δεν αναμένεται αύξηση της εισαγωγής και κατανάλωσης γαιανθράκων καθώς επιβάλλονται από την ΕΕ αυστηρές προδιαγραφές στην παραγωγή και διαχείριση πρώτων υλών και απορριμάτων.

Φυσικό αέριο

Η εισαγωγή φυσικού αερίου στην Ελλάδα αποτέλεσε ένα μεγάλο έργο υποδομής για το ενεργειακό σύστημα της χώρας. Το φυσικό αέριο αυξάνει την αποδοτικότητα του ενεργειακού συστήματος της χώρας και μετριάξει τις αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η μεταφορά και διανομή του φυσικού αερίου στον οικιακό, εμπορικό και βιομηχανικό καταναλωτή προϋποθέτει

όμως ένα εκτεταμένο δίκτυο. Υπεύθυνη για την ανάπτυξη και εκμετάλλευση του δικτύου μεταφοράς και διανομής φυσικού αερίου στην Ελλάδα είναι η Δημόσια Επιχείρηση Αερίου (ΔΕΠΑ) που ιδρύθηκε το 1988. Η απελευθέρωση της ελληνικής αγοράς φυσικού αερίου προβλέπεται και από την οδηγία 98/30/EK της ΕΕ.

Η ΔΕΠΑ έχει προχωρήσει σε συμφωνίες με αρκετές χώρες για εισαγωγή φυσικού αερίου, ενώ γίνονται μελέτες για την κατασκευή νέων αγωγών στην προσπάθεια να εξασφαλιστεί ο εφοδιασμός της χώρας με φυσικό αέριο από διαφορετικούς προμηθευτές και να γίνει το ενεργειακό σύστημα της χώρας λιγότερο ευάλωτο και εξαρτημένο στα στερεά καύσιμα.

Οι καταναλωτές φυσικού αερίου διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες: τους μεγάλους (βιομηχανία, παραγωγή ηλεκτρισμού) με μέσο όρο κατανάλωσης μεγαλύτερο από 100 GWh και τους μικρούς (μικροί βιομηχανικοί καταναλωτές, οικιακός-εμπορικός τομέας, αγροτικός τομέας) με ετήσιο μέσο όρο κατανάλωσης μικρότερο των 100 GWh.

Οι πωλήσεις προέρχονται από υποκατάσταση άλλων συμβατικών καυσίμων. Η τιμολόγηση γίνεται σύμφωνα με την τιμή του καυσίμου που υποκαθιστά και με στόχο την ενθάρρυνση των καταναλωτών προς επιλογές που προάγουν τη διείσδυση φυσικού αερίου και την κάλυψη του κόστους εισαγωγής, μεταφοράς και διάθεσής του.

Η μεγαλύτερη αξιοποίηση του φυσικού αερίου θα γίνει σε πρώτη φάση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ειδικά στην βιομηχανική συμπαραγωγή καθώς μπορεί να βελτιώσει κατά πολύ την ενεργειακή αποδοτικότητα των συμβατικών ηλεκτροπαραγωγικών σταθμών.

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Η χώρα μας λόγω του κλίματος της (πολλές μέρες ηλιοφάνεια και αρκετοί άνεμοι) διαθέτει αξιόλογο δυναμικό για τη χρήση αιολικής και ηλιακής ενέργειας αλλά μπορεί επίσης να αξιοποιήσει την υδραυλική ενέργεια, τη γεωθερμία και τη βιομάζα. Ένα σημαντικό λοιπόν μέρος των εγχώριων ενεργειακών αναγκών θα μπορούσε να καλυφθεί από τις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας. Με αυτόν τον τρόπο, θα μειώνονταν αφενός οι εισαγωγές ενέργειας, μειώνοντας την ενεργειακή εξάρτηση της χώρας αλλά και οι εκπομπές ρύπων από τις συμβατικές μορφές ενέργειας, οφελώντας το περιβάλλον. Με δεδομένο ότι σήμερα η αξιοποίησή τους είναι ακόμα περιορισμένη, η ανάπτυξη των ΑΠΕ αποτελεί μια σημαντική στρατηγική για την επίλυση αρκετών προβλημάτων του ενεργειακού τομέα της χώρας. Σύμφωνα μάλιστα και με το στόχο 20-20-20 που έχει συμφωνηθεί πρέπει μέχρι το 2020, το 20% της παραγωγής ενέργειας στην Ελλάδα να προέρχεται από ΑΠΕ. Ας δούμε πιο αναλυτικά τι ισχύει για κάθε μια από αυτές.

Αιολική ενέργεια

Στην Ελλάδα υπάρχουν περιοχές όπως τα νησιά του Αιγαίου και κάποια σημεία της ηπειρωτικής χώρας που χαρακτηρίζονται από σταθερούς, δυνατούς ανέμους. Στις περιοχές αυτές μπορούν να εγκατασταθούν ανεμογεννήτριες κάτι που ήδη έχει ξεκινήσει αλλά σε πολύ μικρό βαθμό. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, η Ελλάδα θα μπορούσε να καλύψει τουλάχιστον το 15% των αναγκών της σε ηλεκτρισμό από την αιολική ενέργεια.

Παρά το μεγάλο όμως αιολικό δυναμικό της χώρας, η αιολική ενέργεια παραμένει σε ένα μεγάλο βαθμό ανεκμετάλλευτη κυρίως λόγω αποθαρρυντικών νομοθετικών ρυθμίσεων, διοικητικών δυσχεριών και γραφειοκρατικών διαδικασιών ενώ σε κάποιες περιπτώσεις παρατηρείται απουσία των κατάλληλων υποδομών για μεταφορά και διασύνδεση με το δίκτυο της ηλεκτρικής ενέργειας.

Αναλυτικότερες πληροφορίες για τις μελλοντικές προοπτικές των αιολικών και το κόστος επένδυσης και παραγωγής ενέργειας που τους αντιστοιχεί υπάρχουν στην μελέτη του επόμενου κεφαλαίου.

Ηλιακή ενέργεια

Η ηλιοφάνεια διαρκεί στο μεγαλύτερο τμήμα της χώρας περισσότερο από 2.700 ώρες το χρόνο και η ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο κυμαίνεται από 5000-6100 MJ/m² το χρόνο. Η ηλιακή ενέργεια στην Ελλάδα αξιοποιείται κυρίως για ανάγκες ζεστού νερού με τη βοήθεια θερμικών συστημάτων. Η χώρα μας έχει την πρώτη θέση στη χρήση όσο και στην παραγωγή ηλιακών συστημάτων και εξάγει μεγάλο ποσοστό της συνολικής παραγωγής ηλιακών συστημάτων ενώ η δυνητική αγορά είναι πολύ μεγάλη.

Η ηλιακή ενέργεια όμως μετατρέπεται και σε ηλεκτρική με τη χρήση φωτοβολταϊκών συλλεκτών. Αυτά τα συστήματα παραγωγής ηλεκτρισμού διακρίνονται σε αυτόνομα και διασυνδεδεμένα. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα αναπτύχθηκαν πολύ και με ιδιωτικές επενδύσεις τα τελευταία χρόνια λόγω και της επιδότησης που δίνεται για πώληση ηλεκτρικής ενέργειας στη ΔΕΗ. Με αυτόν τον τρόπο μικροί και μεγάλοι φωτοβολταϊκοί σταθμοί μπορούν να συνδεθούν με το υπάρχον δίκτυο ηλεκτρισμού και να διευρύνουν τη διείσδυση της ηλιακής ενέργειας στην παραγωγή ρεύματος.

Ένας επιπλέον τρόπος αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας είναι η χρήση των παθητικών ηλιακών συστημάτων. Τα ηλιακά παθητικά συστήματα ενσωματώνονται στο κτίριο και συμβάλλουν στη θέρμανση των κτιρίων και κατ' επέκταση στην ενεργειακή εξοικονόμηση.

Υδροηλεκτρική ενέργεια

Σε πολλές περιοχές της χώρας, κυρίως στη Δυτική Ελλάδα, η μορφολογία του εδάφους ευνοεί τη δημιουργία φραγμάτων, τα οποία δημιουργούν με τη σειρά τους ταμιευτήρες νερού και επιτρέπουν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω υδατοπτώσεων. Σήμερα στην Ελλάδα έχουν κατασκευαστεί αρκετά μικρά υδροηλεκτρικά καθώς και τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα της ΔΕΗ.

Γεωθερμία

Η γεωθερμική ενέργεια είναι θερμική ενέργεια εγκλωβισμένη στο υπέδαφος υπό τη μορφή αερίων ή νερών σε μεγάλα βάθη και υψηλές θερμοκρασίες. Μπορεί να έλθει στην επιφάνεια είτε τυχαία είτε μέσω γεωτρήσεων. Η γεωθερμική ενέργεια διακρίνεται σε γεωθερμία υψηλής ενθαλπίας, μέσης και χαμηλής ανάλογα τη θερμοκρασία.

Η χώρα μας διαθέτει αρκετά πεδία υψηλής και μέσης ενθαλπίας. Έχει όμως και περιοχές με γεωθερμία χαμηλής ενθαλπίας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θερμοκήπια, θέρμανση κτιρίων, κλιματισμό, ξήρανση βαμβακιού κλπ.

Βιομάζα

Η βιομάζα είναι αποτέλεσμα της φωτοσύνθεσης των φυτικών οργανισμών, κατά την οποία η ηλιακή ενέργεια, ύστερα από φυσικές διεργασίες, μετατρέπεται σε μάζα των φυτών. Προφανώς αφθονεί, άρα θεωρείται από τις ΑΠΕ που αυξάνει συνεχώς το μερίδιό της για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών.

Στην Ελλάδα έχει παρατηρηθεί σε μελέτες πως εάν ισχύσει απαλλαγή από το φόρο εσωτερικής κατανάλωσης, τα βιοκαύσιμα μπορούν να λειτουργήσουν ανταγωνιστικά προς τα συμβατικά.

5.2.3 Ενέργεια και περιβάλλον: Πολιτικές σε εξέλιξη

Η εκπομπή και κατανάλωση ενέργειας έχουν επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα λόγω εκπομπής διαφόρων ρυπογόνων ουσιών. Ο τομέας παραγωγής ενέργειας συντελεί στην πλειοψηφία των εκπομπών SO_x και ακολουθούν βιομηχανία και μεταφορές. Ο τομέας των μεταφορών, μέσω της καύσης υγρών καυσίμων, συντελεί στην πλειοψηφία των εκπομπών NO_x ακολουθούμενος από την παραγωγή ενέργειας και τη βιομηχανία. Επίσης οι μεταφορές ευθύνονται κυρίως για τις εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και η παραγωγή ενέργειας για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), του κύριου αερίου που συντελεί στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Αφού λοιπόν οι τομείς των μεταφορών και της παραγωγής ενέργειας προκαλούν τη μεγαλύτερη ρύπανση του περιβάλλοντος, η ΕΕ με την οδηγία 93/12/ΕΟΚ έχει δεσμεύσει την πετρελαϊκή βιομηχανία και την αυτοκινητοβιομηχανία, να συμμετάσχουν καθοριστικά στην μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από την κίνηση οχημάτων. Η οδηγία αυτή καθορίζει τις προδιαγραφές ποιότητας καυσίμων και θέτει όρια εκπομπών καυσαερίων. Η ΕΕ προσπαθεί επίσης να ελέγξει τις αναθυμιάσεις καυσίμων από την αποθήκευση και μεταφορά πετρελαϊκών προϊόντων.

Η ευρεία εισαγωγή και χρήση φυσικού αερίου στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη ΔΕΗ, στη βιομηχανία και στον οικιακό τομέα μειώνει επίσης τις εκπομπές ρύπων και τις αρνητικές επιπτώσεις των συμβατικών καυσίμων στην ατμόσφαιρα. Επίσης βοηθείται πολύ και η συμπαραγωγή. Επιπλέον από το 2013 η ΔΕΗ θα πρέπει να πληρώνει για το CO₂ που εκπέμπει.

5.3 ΘΕΩΡΙΑ ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ

Η μεθοδολογία αποβλέπει στην επιλογή ενός βέλτιστου τεχνικά και οικονομικά σεναρίου το οποίο αποσκοπεί στη μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας και υποκατάσταση υγρών καυσίμων. Αν εφαρμοστεί αυτό το σενάριο, το συνολικό κόστος παραγωγής μειώνεται. Η γενική μεθοδολογία αποτελείται από τρία βασικά μέρη:

1. Ενεργειακή απόδοση των υπό εξέταση συστημάτων,
2. Κοστολόγηση συστημάτων και λειτουργικού κόστους,
3. Υπολογισμός οικονομικής βιωσιμότητας επενδύσεων.

Για το τελευταίο, η οικονομική αξιολόγηση υποψήφιων έργων στον ενεργειακό τομέα επιτυγχάνεται με τη σύγκριση του βαθμού μακροπρόθεσμης οικονομικής βιωσιμότητας κάθε εναλλακτικής λύσης. Η σύγκριση γίνεται με τη βοήθεια οικονομικών δεικτών ή οικονομικών κριτηρίων. Τα κριτήρια αυτά προσδιορίζουν την οικονομικότητα μιας επένδυσης σε σχέση με τον επενδυτή. Οι οικονομικοί δείκτες που μπορούν να εξεταστούν είναι:

1. Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ),
2. Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης (ΕΣΑ),
3. Περίοδος Επανάκτησης Κεφαλαίου (ΠΕΚ).

Τα επικρατέστερα οικονομικά κριτήρια αξιολόγησης είναι οι δείκτες ΚΠΑ και ΕΣΑ. Οι μέθοδοι αυτοί έχουν πλεονεκτήματα σε σχέση με το δείκτη ΠΕΚ, γιατί λαμβάνουν υπόψη τη χρονική αξία του χρήματος και βασίζονται στην έννοια της παρούσας αξίας. Επίσης, εξετάζονται διαχρονικά όλες οι δαπάνες και τα οφέλη, με αποτέλεσμα οι χρηματοροές να περιγράφουν την πραγματική οικονομική εικόνα και βιωσιμότητα της επένδυσης.

Ο οικονομικός δείκτης αξιολόγησης επενδύσεων ΠΕΚ, αν και χρησιμοποιείται συχνά, παρουσιάζει ατέλειες όπως είναι οι εξής:

- ο Δε λαμβάνει επαρκώς υπόψη τη διαχρονική κατανομή των εσόδων/εξόδων της επένδυσης,
- ο Αγνοεί σε μεγάλο βαθμό τη διαχρονική οικονομική αξία του χρήματος.

Ωστόσο ο προσδιορισμός αυτού του δείκτη δίνει μια προκαταρκτική εκτίμηση μιας επένδυσης, μεταξύ εναλλακτικών λύσεων, για περαιτέρω ανάλυση.

Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)

Ο υπολογισμός της ΚΠΑ μιας επένδυσης βασίζεται στην έννοια της παρούσας αξίας του χρήματος. Η παρούσα αξία των διαχρονικών εισροών μείον την παρούσα αξία των διαχρονικών δαπανών είναι η καθαρή αξία της παρούσας επένδυσης, η οποία εκφράζεται ως εξής:

$$ΚΠΑ(d) = \sum_{t=1}^N \left\{ \frac{F_t}{(1+d)^t} \right\} - K_{\sigma}$$

Όπου:

d επιτόκιο αναγωγής σε καθαρά παρούσα αξία πάνω από το γενικό πληθωρισμό (συνήθως χρησιμοποιείται το επιτόκιο δανεισμού κεφαλαίου). Ως χρονικό σημείο αναφοράς λαμβάνεται ο χρόνος έναρξης εμπορικής λειτουργίας της εγκατάστασης.

F_t καθαρή χρηματική ροή της επένδυσης για τη χρονική περίοδο t (έσοδα μείον λειτουργικές δαπάνες)

N διάρκεια οικονομικής ζωής της επένδυσης

K_0 συνολικό κόστος επένδυσης που έχει αναχθεί στο χρόνο αναφοράς

Με βάση αυτό το κριτήριο, μια επένδυση κρίνεται συμφέρουσα όταν η συνολική καθαρή παρούσα αξία της είναι μεγαλύτερη από το μηδέν, δηλαδή όταν:

$$ΚΠΑ(d) > 0$$

Ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει την ΚΠΑ μιας επένδυσης είναι το επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία. Επομένως, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στην επιλογή αυτής της παραμέτρου. Συνήθως, λαμβάνεται υπόψη ο ρυθμός απόδοσης κάποιας εναλλακτικής επένδυσης. Επίσης, το επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία μπορεί να αντιπροσωπεύσει την ευκολία δανεισμού κεφαλαίων συγκεκριμένου επενδυτή. Με άλλα λόγια, δεν υπάρχει ένα απόλυτο μέτρο επιλογής για το επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία, αλλά μια ομάδα μέτρων ανάλογα με το επιτόκιο που αντιστοιχεί σε κάθε επενδυτή ή για την ομάδα επιτοκίων που εξετάζονται.

5.4 Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ

5.3.1 Ο λιγνίτης ως εξαντλήσιμος πόρος

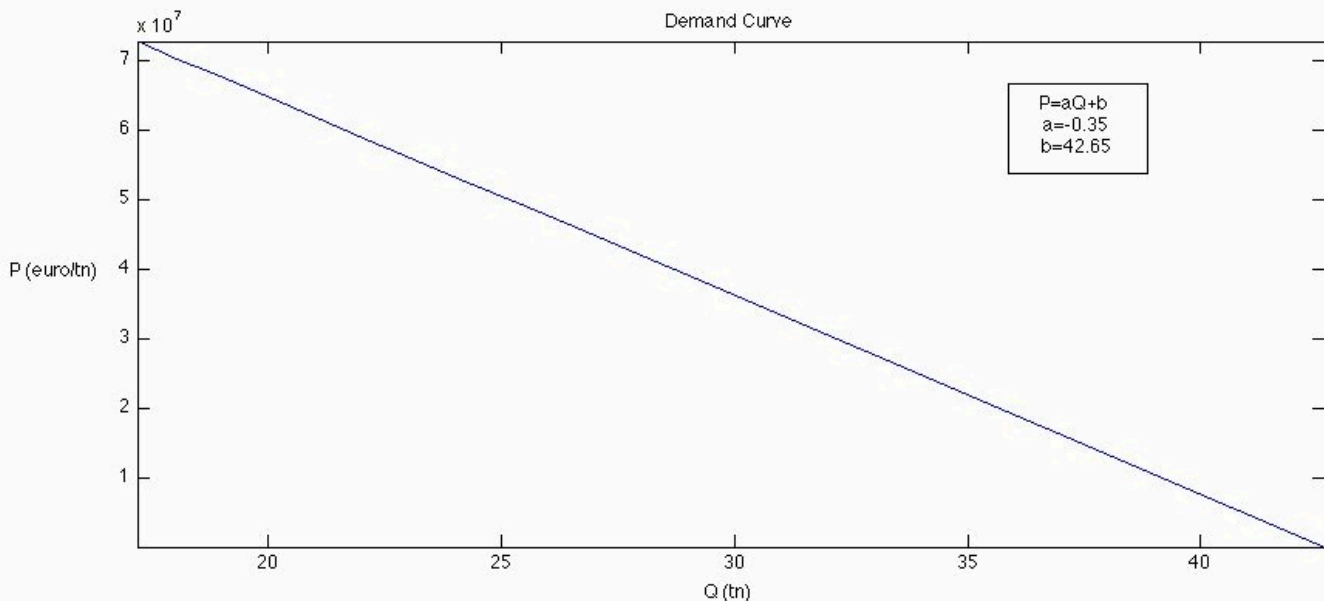
Επανερχόμαστε λοιπόν στο παράδειγμα εξόρυξης του προηγούμενου κεφαλαίου χρησιμοποιώντας αυτά τα δεδομένα για την Ελλάδα και με χρονικό ορίζοντα την επόμενη δεκαετία έως το 2020. Οπότε έστω ότι τώρα έχουμε απόθεμα 600 εκ. τόνων λιγνίτη (θεωρώντας ζήτηση με βάση τη σημερινή πτωτική τάση, δηλαδή στη δεκαετία λίγο λιγότερη από το 20% της 50ετίας των εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων) το οποίο πρέπει να υπολογίσουμε πώς θα εξορυχθεί βέλτιστα. Άρα με βάση τις εξορυσσόμενες ποσότητες q κάθε έτος:

$$S=600=Q_{11}+Q_{12}+Q_{13}+Q_{14}+Q_{15}+Q_{16}+Q_{17}+Q_{18}+Q_{19}+Q_{20}$$

Το οριακό κόστος εξόρυξης είναι $MC=13$ ευρώ/τόνο και αν θεωρήσουμε ως μονάδα το 1 εκ. τόνους είναι 13 εκ. ευρώ ανά μονάδα. Θεωρούμε ότι το κόστος είναι πάντα το ίδιο σε απόλυτη τιμή για όλες τις χρονιές, άρα επηρεάζεται από τη διαφορετική αξία του χρήματος κάθε χρονική περίοδο (πρακτικά είναι σαν να αυξάνεται κάθε χρόνο με το επιτόκιο αναγωγής). Το επιτόκιο της αγοράς θεωρείται σταθερό $r=5\%$ (ενδεικτικό επιτόκιο δανεισμού κεφαλαίου).

Η καμπύλη ζήτησης είναι μια γραμμική σχέση που δίνεται από τον τύπο $P_t = b + a * q_t$, όπου P_t και Q_t η τιμή και η ποσότητα του λιγνίτη αντίστοιχα την χρονική στιγμή t . Γνωρίζουμε το κόστος εξόρυξης καθώς και τους τόνους εξορυσσόμενου άνθρακα σε προηγούμενες χρονιές. Από αυτά τα δεδομένα υπολογίζονται τα a , b και η σχέση τελικά είναι

$$P_t = 42,65 - 3,5 * 10^{-7} * Q_t$$



Το καθαρό συνολικό όφελος για όλες τις περιόδους δίνεται λοιπόν από τη σχέση:

$$NPV = \sum_{t=0}^{t=9} \frac{\int_0^{q_t} (42,65 - 3,5 * 10^{-7} q) dq}{(1+r)^t} - 13 * 10^6$$

Από τη συνάρτηση Lagrange του προβλήματος, όπου μ ο συντελεστής Lagrange, με βάση τη θεωρία και τα παραδείγματα που προηγούνται οι συνθήκες πρώτης τάξης είναι:

$$\frac{\partial L}{\partial q_{11}} = 42,65 - 3,5 * 10^{-7} q_{11} - 13 * 10^6 - \mu = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial q_{12}} = \frac{(42,65 - 3,5 * 10^{-7} q_{12})}{1,05} - 13 * 10^6 - \mu = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial q_{13}} = \frac{(42,65 - 3,5 * 10^{-7} q_{13})}{1,05^2} - 13 * 10^6 - \mu = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial q_{14}} = \frac{(42,65 - 3,5 * 10^{-7} q_{14})}{1,05^3} - 13 * 10^6 - \mu = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial q_{15}} = \frac{(42,65 - 3,5 * 10^{-7} q_{15})}{1,05^4} - 13 * 10^6 - \mu = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial q_{16}} = \frac{(42,65 - 3,5 * 10^{-7} q_{16})}{1,05^5} - 13 * 10^6 - \mu = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial q_{17}} = \frac{(42,65 - 3,5 * 10^{-7} q_{17})}{1,05^6} - 13 * 10^6 - \mu = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial q_{18}} = \frac{(42,65 - 3,5 * 10^{-7} q_{18})}{1,05^7} - 13 * 10^6 - \mu = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial q_{19}} = \frac{(42,65 - 3,5 * 10^{-7} q_{19})}{1,05^8} - 13 * 10^6 - \mu = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial q_{20}} = \frac{(42,65 - 3,5 * 10^{-7} q_{20})}{1,05^9} - 13 * 10^6 - \mu = 0$$

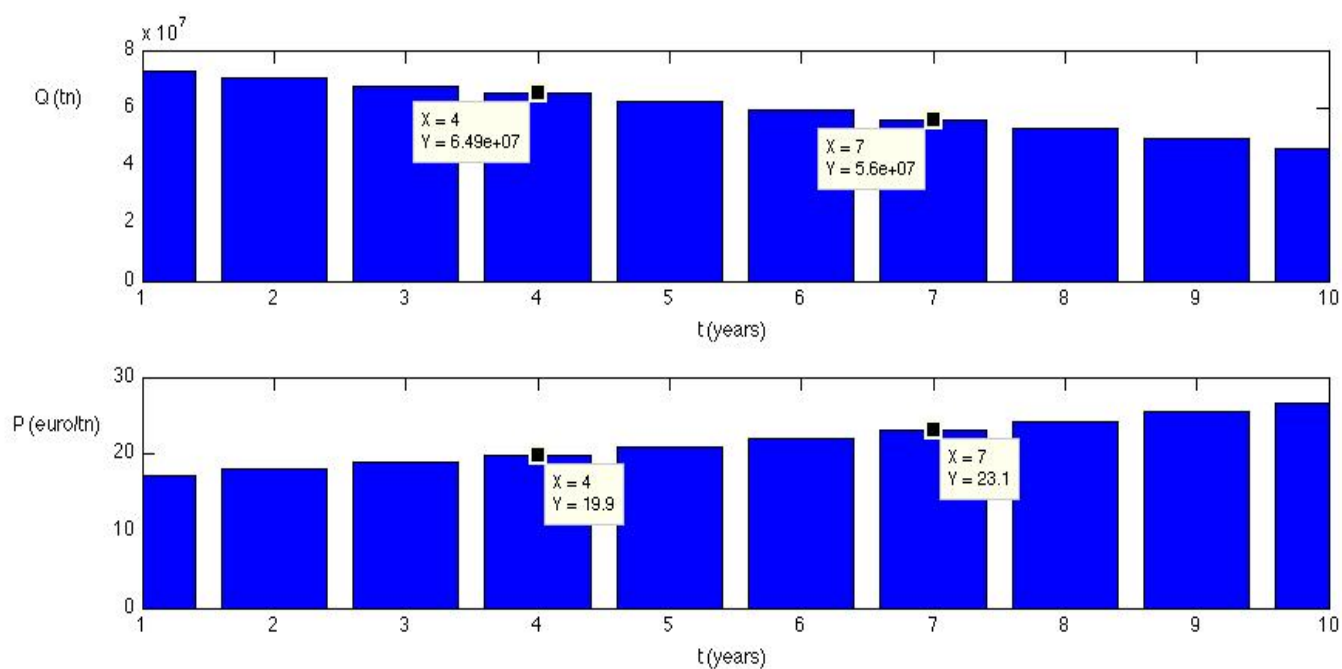
$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = 600 * 10^6 - q_{11} - q_{12} - q_{13} - q_{14} - q_{15} - q_{16} - q_{17} - q_{18} - q_{19} - q_{20} = 0$$

λύνοντας αυτές τις εξισώσεις παίρνουμε την ποσότητα και την τιμή του λιγνίτη για κάθε χρονική περίοδο.

Έτσι έχουμε:

t (Έτη)	Ποσότητες Q (tn*10 ⁶)	Τιμή P (€/tn)
1	72.678	17.21
2	70.219	18.07
3	67.637	18.97
4	64.926	19.92
5	62.079	20.92
6	59.091	21.96
7	55.952	23.06
8	52.657	24.22
9	49.197	25.43
10	45.564	26.70

Και συντελεστή Lagrange $\mu = 4.21274048002137$

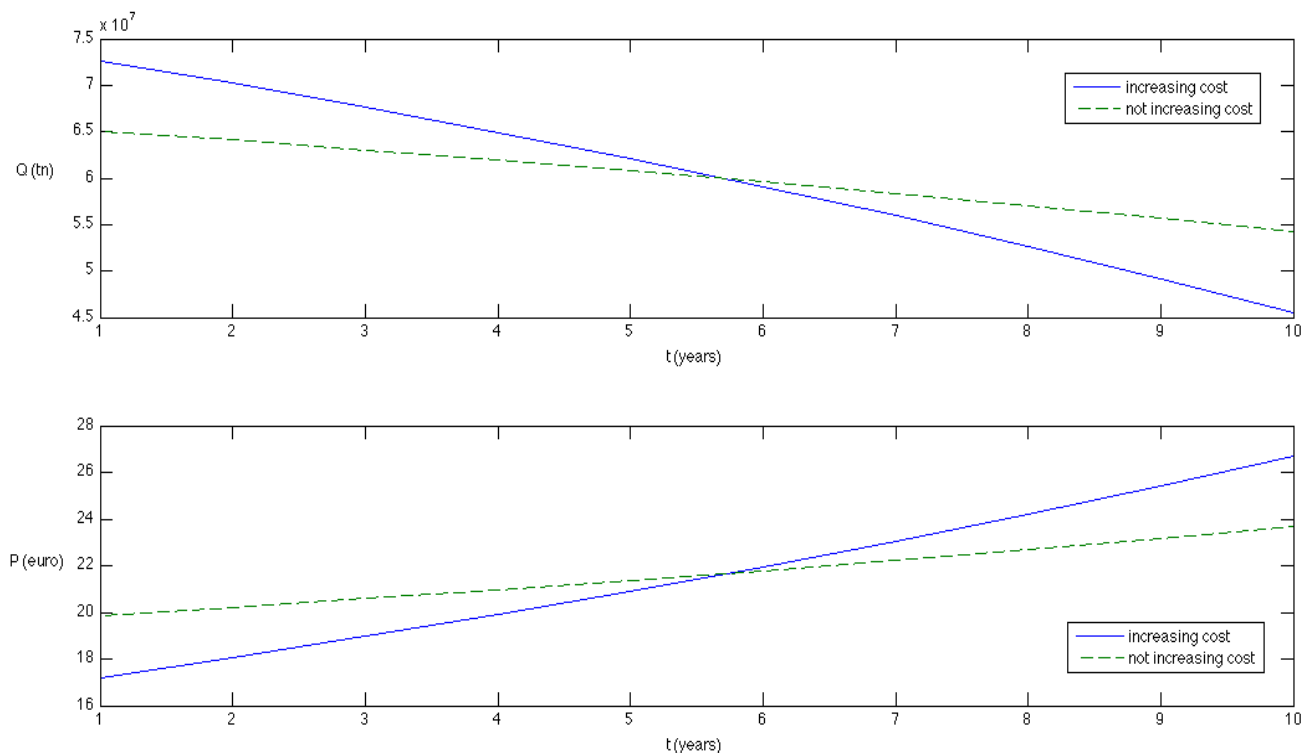


Παρατηρούμε λοιπόν, ότι η ποσότητα που εξορύσσουμε, ξεκινώντας από τιμές που θεωρούνται φυσιολογικές με βάση τις εξορύξεις των τελευταίων ετών, μειώνεται διαχρονικά ενώ η τιμή του λιγνίτη, που σήμερα ανάλογα την ποιότητα κοιτάσματος κυμαίνεται στα 16-19 ευρώ/τόνο, αυξάνεται όσο περνάει ο χρόνος (έχουμε θεωρήσει και το κόστος εξόρυξης σταθερό). Προς το τέλος της δεκαετίας μάλιστα όταν εξορύσσονται οι τελευταίες ποσότητες λιγνίτη, η τιμή του έχει αυξηθεί σημαντικά. Τα αποτελέσματά μας λοιπόν είναι τα αναμενόμενα σύμφωνα και με το παράδειγμα σε προηγούμενη ενότητα.

Λύνουμε τώρα το ίδιο σύστημα θεωρώντας τώρα πως το κόστος εξόρυξης δεν παραμένει στην ίδια τιμή κάθε χρονική στιγμή αλλά είναι σταθερό στην τιμή 13 ευρώ(του 2011)/τόνο. Η συνάρτηση λοιπόν του καθαρού συνολικού οφέλους είναι τώρα:

$$NPV = \sum_{t=0}^{t=9} \frac{\int_0^{qt} (42,65 - 3,5 * 10^{-7}q) dq - 13 * 10^6}{(1+r)^t}$$

Παρακάτω δίνονται οι γραφικές παραστάσεις για τις εξορυσσόμενες ποσότητες και την τιμή του λιγνίτη για να συγκρίνουμε τις δύο περιπτώσεις.

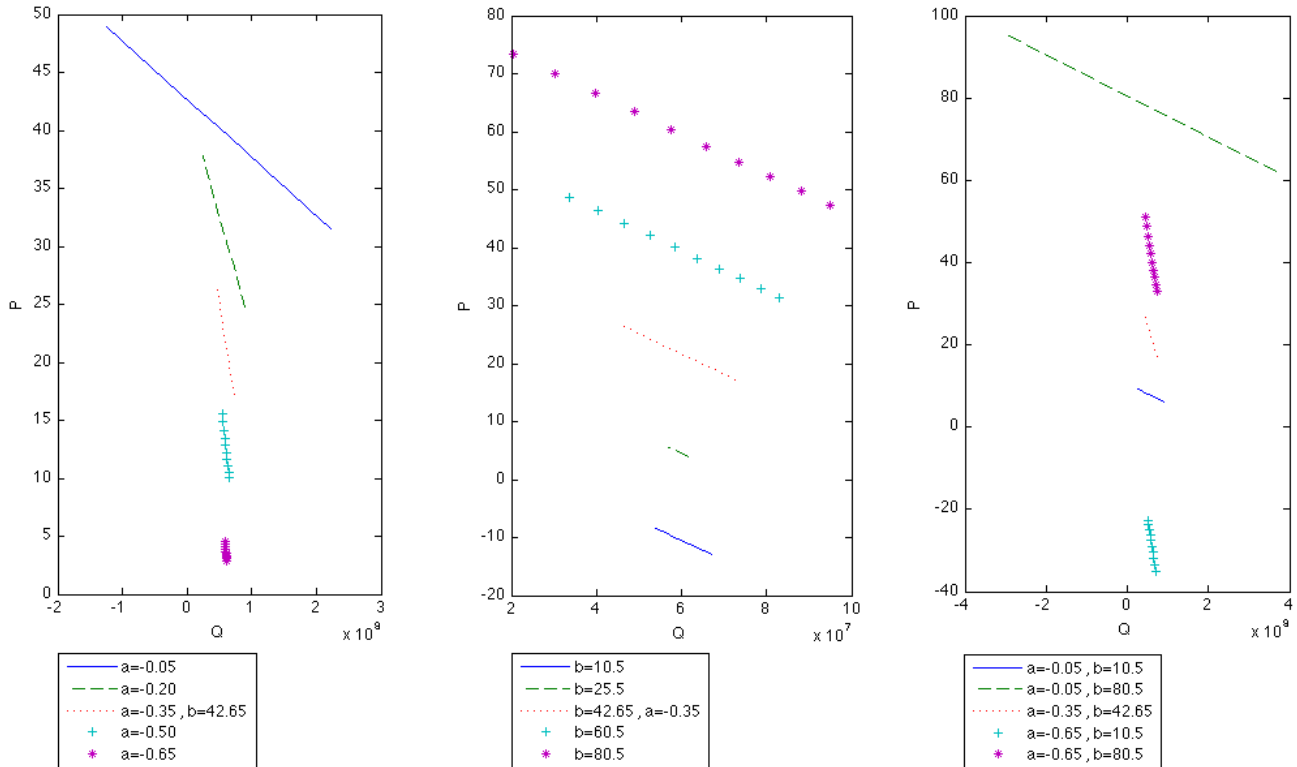


Παρατηρούμε πως για τις ποσότητες που εξορύσσουμε και την τιμή, η συμπεριφορά παραμένει η ίδια, δηλαδή οι εξορυσσόμενες ποσότητες μειώνονται με το χρόνο ενώ η τιμή αυξάνεται. Η αλλαγή αυτή όμως είναι πιο απότομη, άρα έχει μεγαλύτερο εύρος τιμών, όταν το κόστος εξόρυξης είναι το ίδιο αλλά με διαφορετική αξία χρήματος κάθε χρονιά. Αφου λοιπόν στον υπολογισμό για το παρόν κοινωνικό όφελος δεν αναπροσαρμόζεται βάσει του επιτοκίου όπως η τιμή, το όφελος αυξάνεται με μικρότερο ρυθμό με την πάροδο των ετών άρα στην βέλτιστη εξόρυξη συμφέρει να εξορυχθούν μεγαλύτερες ποσότητες νωρίτερα. Αντίθετα όταν το επιτόκιο θεωρείται σταθερό διαχρονικά με βάση την παρούσα χρηματική αξία, δηλαδή στον τύπο για το κοινωνικό όφελος αναπροσαρμόζεται στο παρόν βάσει επιτοκίου (άρα σαν νόμισμα μειώνεται), το κοινωνικό όφελος μεγιστοποιείται για πιο ομαλή μείωση στις εξορυσσόμενες ποσότητες. Αντίστοιχα, μέσω της σύνδεσης εξορυσσόμενης ποσότητας με την τιμή προκύπτει και η διαφορά στην κλίση των ευθειών για τις τιμές.

Η καμπύλη ζήτησης θεωρήσαμε πως είναι γραμμική και προσδιορίσαμε τις τιμές των a και b. Αυτές οι τιμές όμως μπορεί να μεταβάλλονται. Μελετώντας πειραματικά πώς

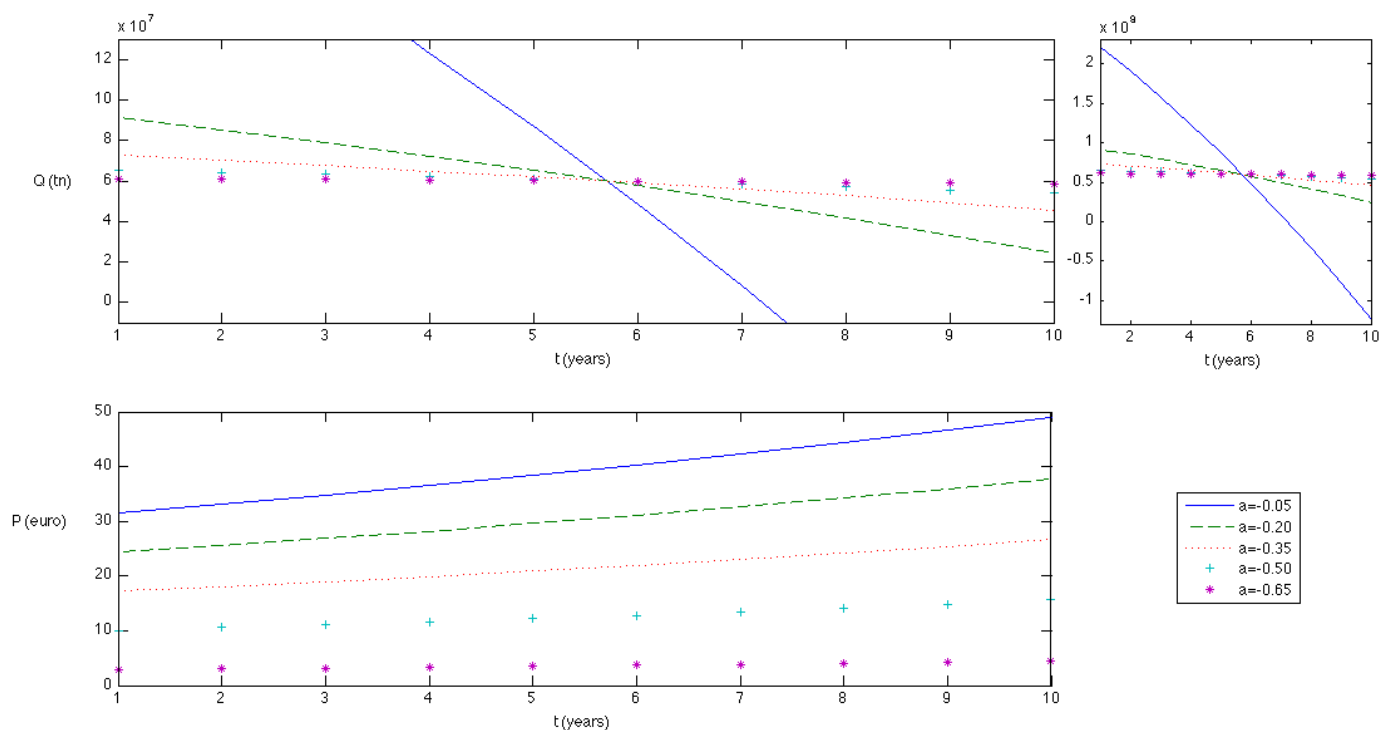
μεταβάλλονται τα αποτελέσματά μας για διάφορες τιμές των a , b παίρνουμε τις εξής γραφικές παραστάσεις:

Αρχικά έχουμε τις καμπύλες ζήτησης για μεταβολή του a , b , a και b ταυτόχρονα:



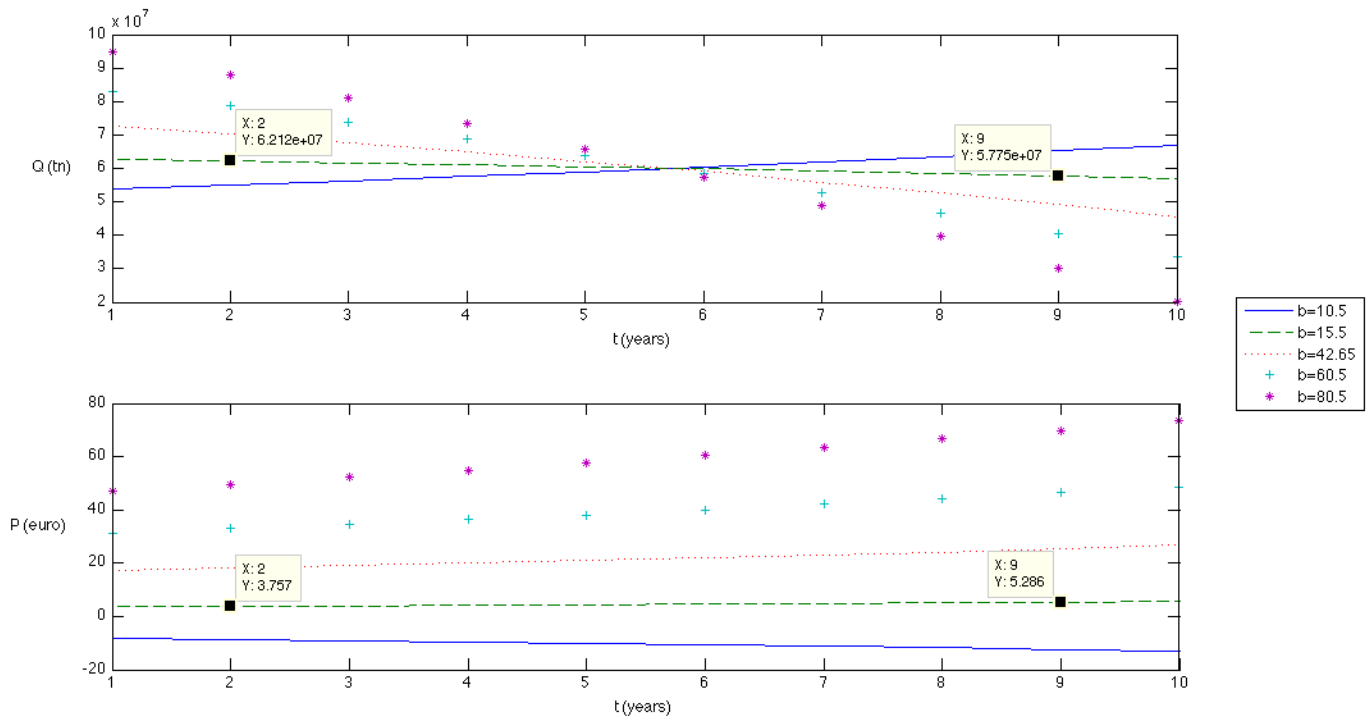
Καταρχάς η ευθεία μας είναι η $P_t = 42,65 - 3,5 * 10^{-7} * Q_t$ που προκύπτει από τη γενική μορφή $P_t = b + a * q_t$. Μεταβολή του a αλλάζει την κλίση της καμπύλης, δηλαδή όπως φαίνεται στα διαγράμματα όσο το a μειώνεται (άρα η απόλυτη τιμή του αυξάνεται καθώς είναι αρνητικό) η κλίση γίνεται πιο απότομη και το αντίθετο συμβαίνει όσο το a αυξάνει. Μεταβολή του b απλά μετατοπίζει την ευθεία, δηλαδή όσο το b αυξάνει, η ευθεία μετατοπίζεται προς τα επάνω και το αντίθετο συμβαίνει όσο το b μειώνεται. Με ταυτόχρονες μεταβολές των a , b η ευθεία μας μετατοπίζεται και αλλάζει και κλίση.

Για την μεταβολή του a έχουμε:



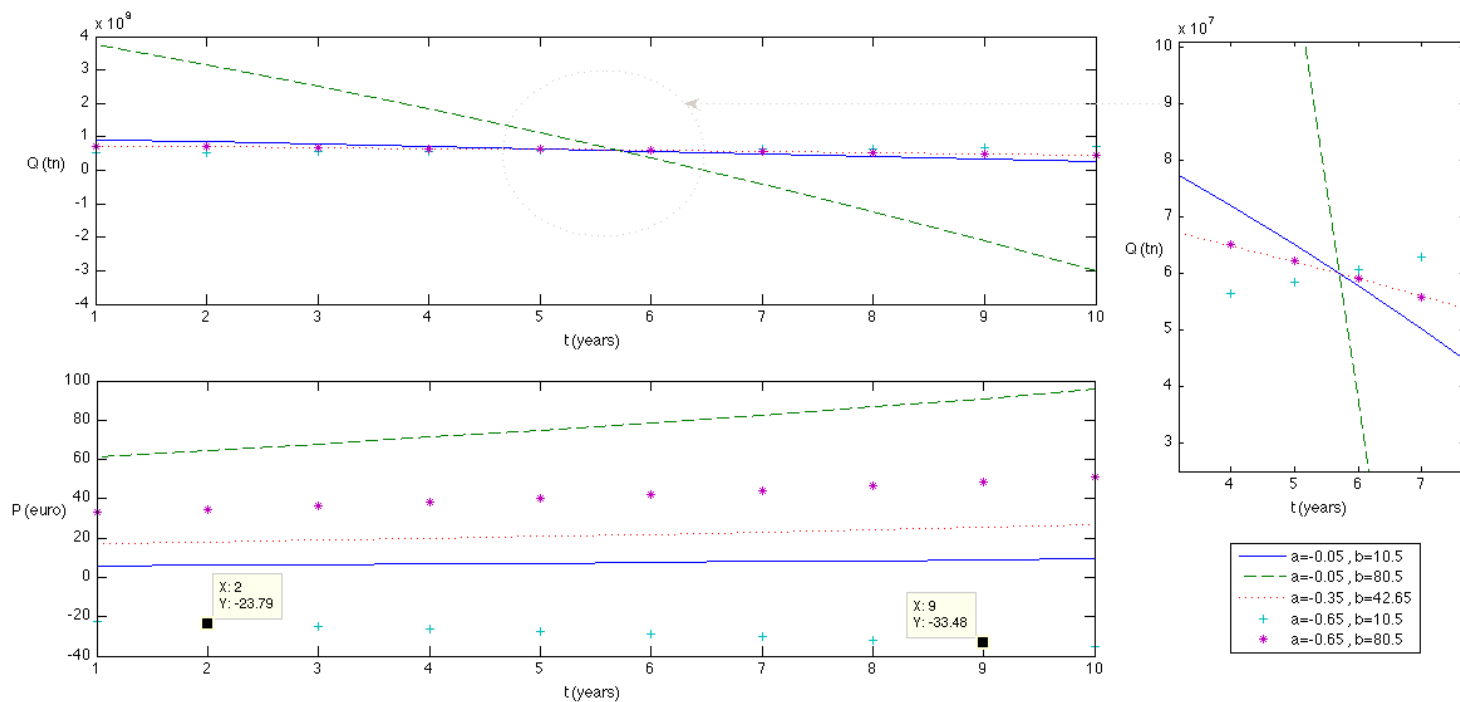
Όσο το a αυξάνεται παρατηρούμε πως οι εξορυσσόμενες ποσότητες μειώνονται πολύ πιο γρήγορα και αφού έχουμε συγκεκριμένο απόθεμα αυτό σημαίνει πως αυξάνεται και το εύρος τιμών που παίρνουν, όπως φαίνεται και στα διαγράμματα. Παρατηρούμε πως όλες οι ευθείες δείχνουν να έχουν ένα σημείο τομής κοντά στο μέσο του ολικού χρόνου. Αυτό είναι λογικό καθώς μιλάμε για γραμμικές μεταβολές και σταθερό άθροισμα για τις ποσότητες. Άρα υπάρχει μια μορφή συμμετρίας καθώς όσο μεγαλύτερες είναι στην αρχή οι ποσότητες, τόσο μικρότερες γίνονται μετά οδηγώντας σε μια «σταθερή» μεσαία τιμή. Για την τιμή του λιγνίτη ισχύει πως αυξάνεται και σαν απόλυτη τιμή αλλά και ο ρυθμός αύξησής της. Οι αντίθετες μεταβολές ισχύουν όταν το a μειώνεται (λόγω γραμμικότητας).

Για την μεταβολή του b έχουμε:



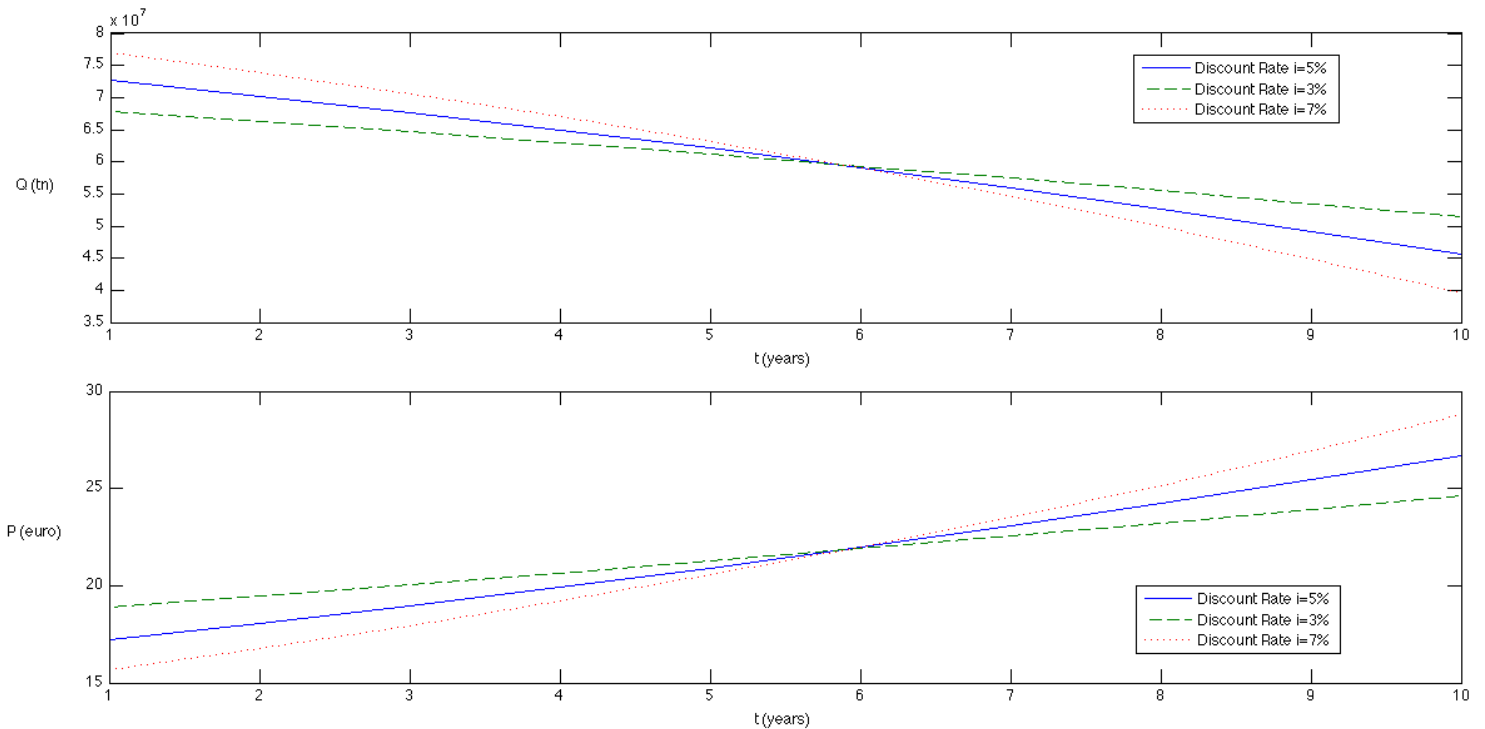
Για το b παρατηρούμε πως ισχύει το ίδιο. Όσο αυξάνεται τόσο πιο γρήγορα μειώνονται οι εξορυσσόμενες ποσότητες ενώ οι τιμές αυξάνονται με ταχύτερο ρυθμό και έχουν μεγαλύτερες τιμές. Υπάρχει πάλι ένα «σημείο τομής» για τις ποσότητες και τα αντίθετα ισχύουν όταν μειώνεται. Παρατηρούμε όμως πως όταν το b μειωθεί πολύ και γίνει μικρότερο από το κόστος εξόρυξης (για την ελάχιστη τιμή 10 που του δώσαμε) αλλάζει πλέον η συμπεριφορά καθώς οι εξορυσσόμενες ποσότητες αυξάνονται με το χρόνο ενώ η τιμή του λιγνίτη είναι αρνητική και μειώνεται και άλλο με το χρόνο. Αυτό συμβαίνει γιατί πρακτικά εάν δεν καλύπτεται το κόστος εξόρυξης δεν μας συμφέρει να εξορύξουμε ποσότητες στο παρόν. Επίσης για χαμηλή τιμή του b γενικά παρατηρούμε ότι η μεταβολή ποσοτήτων και τιμών έχει την αναμενόμενη συμπεριφορά (για $b=MC$ είναι λοιπόν η οριακή περίπτωση όπου εξορύσσουμε σταθερά την ίδια ποσότητα και η τιμή είναι επίσης σταθερή) αλλά ακόμα δεν μας συμφέρει γιατί η τιμή δεν καλύπτει το κόστος εξόρυξης ή αλλιώς $KPA < 0$ (πρέπει δηλαδή το b να είναι αρκετά μεγαλύτερο του κόστους εξόρυξης)

Για την μεταβολή του a και του b ταυτόχρονα έχουμε:



Οι παραπάνω παρατηρήσεις συνδυάζονται όταν έχουμε ταυτόχρονες μεταβολές των a, b .

Τέλος επαναλαμβάνουμε τη λύση του αρχικού μας προβλήματος με μεταβολή στην τιμή του επιτοκίου αναγωγής και παίρνουμε τα παρακάτω διαγράμματα:



Παρατηρούμε πως όσο αυξάνεται το επιτόκιο αυξάνεται το εύρος και η ταχύτητα μείωσης των εξορυσσόμενων ποσοτήτων ενώ αυξάνεται και το εύρος και η ταχύτητα αύξησης της τιμής του λιγνίτη. Η συμπεριφορά των τιμών που προκαλεί και άρα η αντίστοιχη συμπεριφορά ποσοτήτων είναι λογική καθώς αυξανόμενο επιτόκιο αυξάνει περισσότερο τις μελλοντικές τιμές.

5.3.2 Τα αιολικά ως υποκατάστατο του λιγνίτη

Στη συνέχεια θέλουμε να μελετήσουμε τι συμβαίνει στην περίπτωση που έχουμε ένα υποκατάστατο για το λιγνίτη, έστω τα αιολικά που είναι μια μορφή ΑΠΕ. Τα στοιχεία παραγωγής από τον ΔΕΣΜΗΕ για το 2010 είναι (Στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα, χωρίς τους Αυτόνομους σταθμούς των νησιών):

(Τα μεγέθη είναι σε MWh.)

ΛΙΓΝΙΤΙΚΗ	27.439.614	52,4%
ΠΕΤΡΕΛΑΙΚΗ	113.272	0,2%
ΦΥΣ.ΑΕΡΙΟ	10.365.063	19,8%
ΥΔΡΟΗΛ/ΚΗ	6.702.589	12,8%
ΑΠΕ	2.039.109	3,9%
ΕΙΣΑΓΩΓΕΣ	5.706.131	10,9%

Σύμφωνα με το στόχο 20-20-20, προβλέπεται αύξηση της συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο από 8.5% που ήταν το 2005 σε 20% μέχρι το 2020. Άρα η εγκατεστημένη ισχύς των αιολικών, τα οποία θεωρούμε εμείς σε αυτό το παράδειγμα ως υποκατάστατο, θα πρέπει να έχει πολλαπλασιαστεί.

Ο στόχος προβλέπει τα εξής:

Πίνακας 1. Σενάριο επίτευξης στόχων 20-20-20

Εγκ. Ισχύς Ηλεκτροπαραγωγής (GW)	2010	2015	2020	2025	2030
Λιγνίτη	4826	3992	3362	2295	2295
Πετρελαϊκά Προϊόντα	2109	1344	1345	1349	1334
Φ. Αέριο	3349	5810	7211	8324	9170
Βιομάζα / Βιοαέριο	60	120	250	370	500
Υ/Η	3237	3615	4531	4531	4531
Αιολικά	1042	4303	7500	8750	10000
Φ/Β	184	1270	2567	3167	3833
Γεωθερμία	0	20	120	340	400
Σύνολο	14807	20474	26885	29126	32063



Ισχύς 1995-2007 (αριστερός άξονας)

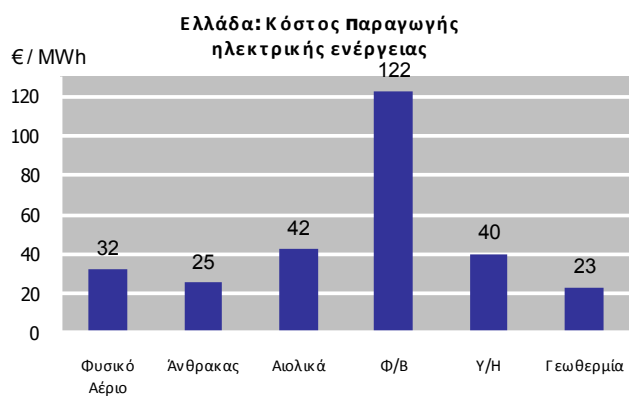
Στόχος Ισχύος 2020 (δεξής άξονας)

Πηγή : ΣΕΦ, Υπουργείο Ανάπτυξης, Εκτιμήσεις ΕΤΕ

Η κυριαρχία των αιολικών είναι εύλογη, καθώς αποτελούν μέχρι σήμερα την μορφή ΑΠΕ με το χαμηλότερο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας - λόγω πιο «ώριμης» τεχνολογίας σε σχέση με τις άλλες ΑΠΕ

Αυτό που πρέπει να μελετήσουμε δεδομένου ότι η Ελλάδα παράγει ηλεκτρική ενέργεια κυρίως από λιγνίτη που υπάρχει σε αφθονία, είναι πόσο συμφέρουσα είναι οικονομικά η αντικατάσταση λιγνιτικών μονάδων από αιολικά.

Για την επιρροή του αποθέματος λιγνίτη στο κόστος εξόρυξης γνωρίζουμε πως όσο λιγότερο το απόθεμα που απομένει, τόσο μεγαλύτερο το κόστος εξόρυξης. Αυτό συμβαίνει γιατί τα καλύτερης ποιότητας κοιτάσματα εξορύσσονται πρώτα και ύστερα μένουν αυτά που είναι



Πηγή : OECD/IEA

βαθύτερα ή μικρότερης περιεκτικότητας. Αυτό θα επιβαρύνει ακόμα περισσότερο το κόστος παραγωγής από λιγνίτη, ενώ ενδέχεται το κόστος δικαιωμάτων CO₂ που θα επιβληθεί να αυξάνεται συνεχώς με την πάροδο των ετών.

Αντίθετα, η διαρκής εξέλιξη της τεχνολογίας αναμένεται να μειώσει το κόστος εγκατάστασης και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας των αιολικών αλλά και των ΑΠΕ γενικότερα καθιστώντας τις επενδύσεις σε αυτές ιδιαίτερα συμφέρουσες με βάση και το

κριτήριο καθαρής παρούσας αξίας. Για το λόγο αυτό ήδη δίνονται επιδοτήσεις και γίνεται προσπάθεια για μερική και σταδιακή αντικατάσταση τμήματος της ηλεκτροπαραγωγής από λιγνίτη με παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ παρ' ότι αυτή τη στιγμή το κόστος παραγωγής ενέργειας από αιολικά είναι αρκετά μεγάλο.

Πιο συγκεκριμένα όμως και με δεδομένο ότι είτε θα πρέπει να αξιοποιηθούν τα κοιτάσματα λιγνίτη στην Ελασσόνα και τη Δράμα (169 και 900 εκ. τόνοι λιγνίτη αντίστοιχα), είτε να γίνουν επενδύσεις σε αιολικά έχουμε τα εξής στοιχεία.

Ο λιγνίτης είναι ένας εγχώριος πόρος ο οποίος χρησιμοποιείται για την παραγωγή ρεύματος το οποίο παρέχει το base load, δηλαδή την κάλυψη της βασικής και συνεχούς ζήτησης ρεύματος. Η κάλυψη της ζήτησης αυτής (σε αντίθεση με την ζήτηση αιχμής) πρέπει να καλύπτει ορισμένες προδιαγραφές όπως:

- Η παραγωγή να είναι συνεχής και σταθερή όλο το 24ωρο με υψηλό συντελεστή χρήσης της ονομαστικής ισχύος (capacity factor: Το ποσοστό του χρόνου στον οποίο η εγκατάσταση λειτουργεί στην ονομαστική της ισχύ).
- Το κόστος της παραγωγής να είναι κατα το δυνατόν σταθερό και χαμηλό προκειμένου η ζήτηση να καλύπτεται με φτηνό τρόπο.

Τα εργοστάσια λιγνίτη έχουν εγκατεστημένη ισχύ ύψους 5228 MW ενώ το 2005 παρήγαγαν 32000 GWh ενέργειας. Έχουν δηλαδή capacity factor περίπου 70% ενώ παρέχουν σταθερή και συνεχή παραγωγή ρεύματος.

Επίσης πρέπει να έχουμε υπόψη μας ότι τα αποθεματα της Μεγαλόπολης επαρκούν για 20 χρόνια, επομένως στο μέλλον θα χρειαστεί η αντικατάσταση του σταθμού ισχύος 850 MW (με 70% capacity factor απαιτείται η αντικατάσταση περίπου 5000 GWh base load παραγωγής).

Με δεδομένο ότι για τη λειτουργία μονάδων ισχύος 600 MW απαιτούνται περίπου 8 εκ τόνοι λιγνίτη και ότι τυχόν νέες μονάδες θα πρέπει να έχουν χρόνο ζωής 30 – 40 χρόνια προκύπτει ότι οι νέες μονάδες θα είναι μεγέθους:

- Δράμα: 900 εκ τόνοι λιγνίτης , 1700 – 2300 MW, 10400 – 14000 GWh ετήσιας παραγωγής
- Ελασσόνα: 170 εκ τόνοι λιγνίτης, 300 – 400 MW, 1800 – 2400 GWh ετήσιας παραγωγής (Σημείωση: Οι παραπάνω υπολογισμοί είναι πολύ πρόχειροι καθώς η δυνατότητα παραγωγής εξαρτάται απο την αποδοτικότητα της μονάδας και την ενεργειακή πυκνότητα του λιγνίτη. Στην περίπτωση της Ελασσόνας θεωρείται ότι είναι δυνατόν να εγκατασταθεί μονάδα μέχρι 600 MW ενώ στη Δράμα μέχρι 1800MW).

Αν λάβουμε υπόψη μας το μικρότερο νούμερο προκύπτουν νέες μονάδες συνολικού μεγέθους 2000 MW με ετήσια παραγωγή 12200 GWh. Υπολογίζεται ότι μέχρι το 2020 θα απαιτηθούν περίπου 20000 GWh επιπλέον παραγωγής (60.000 GWh σε 80.000 GWh) οπότε η επιπλέον παραγωγή θα καλύψει περίπου το 60% της απαίτησης.

Με δεδομένο ότι νέα μονάδα 600 MW έχει κόστος 1,3 δις € θα απαιτηθούν περίπου 4,5 δις € για την κατασκευή των μονάδων. Μαζί με τα ορυχεία είναι δεδομένο ότι η επένδυση θα φτάσει τα 5 δις €. Παράλληλα, στις νέες μονάδες το CO2 που παράγεται είναι περίπου το 50-60% σε σχέση με τις παλαιές μονάδες. Εφόσον θεωρήσουμε σταθερό ένα κόστος δικαιωμάτων ρύπων ίσο με 0,02€/KWh τότε το ετήσιο κόστος ανά μονάδα θα είναι:

- Δράμα: 200 εκ. €, Σε 40 έτη: 8 δις €
- Ελασσόνα: 40 εκ €, Σε 40 έτη: 1,6 δις €.

Παρότι λοιπόν το αρχικό κόστος εγκατάστασης θα είναι σχετικά λογικό, το συνολικό κόστος διάρκειας ζωής θα είναι αρκετά υψηλό. Αν προσθέσουμε το κόστος εξόρυξης του λιγνίτη, λειτουργίας της μονάδας και δικαιωμάτων ρύπων (θεωρώντας ότι η τιμή τους θα μειώνεται σταδιακά) είναι βέβαιο ότι το συνολικό κόστος θα φτάσει τουλάχιστον τα 15 δις € αν και θα παρουσιάζει το πλεονέκτημα ότι δε θα πληρωθεί κατά την εγκατάσταση αλλά σταδιακά στη διάρκεια ζωής της επένδυσης (ας έχουμε υπόψη μας ότι συνεχίζει και υπάρχει η απαίτηση για επιπλέον παραγωγή 8.000 GWh πλύν της νέας παραγωγής απο λιγνίτη).

Όσον αφορά τα αιολικά, με τη χώρα μας να διαθέτει τεχνικά εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό της τάξης των 11.000-14.000 MW, η ηλεκτροπαραγωγή από ανεμογεννήτριες εκτιμάται ότι θα προσεγγίσει τις 12.000 GWh το 2020 (περίπου 5.000 MW εγκατεστημένης ισχύος) από περίπου 2.000 GWh το 2007, καλύπτοντας έτσι το 15% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα.

Επομένως υπάρχει η δυνατότητα επιπλέον παραγωγής 10.000 GWh με capacity factor (που προκύπτει από τα παραπάνω στοιχεία) περίπου 27%. Τόσο χαμηλή τιμή δημιουργεί την ανάγκη για την ύπαρξη εφεδρικής ισχύος για την κάλυψη περιόδων χαμηλής παραγωγικότητας κάτι που σημαίνει ότι σημαντικό ποσοστό της ισχύος θα πρέπει να καλύπτεται από άλλες μεθόδους παραγωγής ενέργειας. Παράλληλα, συνεπάγεται ότι απαιτείται η εγκατάσταση πολύ μεγαλύτερης συνολικής ισχύος για την ίδια παραγωγή, με το ανάλογο συνολικό αρχικό κόστος.

Η αιολική ενέργεια έχει κόστος εγκατάστασης που κυμαίνεται με την τοποθεσία, τα έργα μηχανικού και διασύνδεσης που απαιτούνται, τα μεγέθη των γεννητριών κτλ. Έτσι κυμαίνεται στα 700 – 1500 € /KW, επομένως το κόστος των επιπλέον 4.000 MW είναι τουλάχιστον 3 – 6 δις €. Αν λάβουμε υπόψη μας την τιμή αγοράς ενέργειας από αιολικές εγκαταστάσεις (0,087€/KWh) και τη συγκρίνουμε με το συνδυασμό του κόστους της τρέχουσας παραγωγής από λιγνίτη (0,04 – 0,05€/ KWh) και των δικαιωμάτων ρύπων. Εφόσον από το 2013 η ΔΕΗ θα πρέπει να πληρώνει για όλους τους ρύπους που παράγει και με βάση στατιστικά της ίδιας ο λιγνίτης παράγει περίπου 1,35 kg/Kwh, το κόστος είναι 0,034€/KWh (θεωρώντας δικαιώματα 25€/τόννο CO2 τα οποία μπορεί και να αυξηθούν) γίνεται σαφές ότι ουσιαστικά δεν απαιτείται επιδότηση της παραγόμενης ενέργειας.

Για το κόστος της τρέχουσας παραγωγής από λιγνίτη πρέπει να διευκρινιστεί πως η έννοια του κόστους καυσίμου για το λιγνίτη είναι λίγο ασαφής καθώς η ΔΕΗ:

- Λειτουργεί τα ορυχεία η ίδια χωρίς να προμηθεύεται λιγνίτη στην ανοικτή αγορά (εκτός απο πολύ μικρές ποσότητες).
- Τα ορυχεία έχουν αποσβέσει εδώ και πολύ καιρό το οποιοδήποτε αρχικό κόστος εγκατάστασης.
- Δεν πληρώνει κάποιο τέλος στο κράτος για τη χρήση του λιγνίτη λόγω της προϊστορίας της ως δημόσιας εταιρίας η οποία πραγματοποίησε την ηλεκτροδότηση της χώρας.

Ουσιαστικά καθώς το μεγαλύτερο μέρος των μηχανικών μέσων κατά την εξόρυξη λειτουργούν ηλεκτρικά το μοναδικό της κόστος είναι το κόστος εργασίας. Γενικά πάντως το κόστος είναι σίγουρα μικρότερο από 4-5 €λεπτά/KWh.

Μία ακόμα δυνατότητα που είναι διαθέσιμη (και θα έπρεπε να εξεταστεί ούτως ή άλλως) είναι η αναβάθμιση των υπαρχόντων μονάδων λιγνίτη σε νέες αποδοτικού τύπου. Πάντως, τα αιολικά παρουσιάζουν καλές προοπτικές και χαμηλό αρχικό κόστος. Καθώς όμως η παραγωγή τους είναι στοχαστική θα πρέπει να συνδυαστούν με άλλες πηγές παραγωγής. Το πιθανότερο σενάριο λοιπόν είναι να διαθέτουν υδροηλεκτρικά ως εφεδρική παραγωγή (έτσι τα φράγματα μπορούν να αξιοποιηθούν και στην αγροτική παραγωγή όταν η ηλεκτρική τους παραγωγή δεν

αξιοποιείται). Συνολικά το κόστος εγκατάστασης τους βέβαια θα είναι αρκετά μεγαλύτερο (ίσως και διπλάσιο) μίας αντίστοιχης μονάδας λιγνίτη αν και στη συνέχεια το κόστος λειτουργίας τους είναι ιδιαίτερα χαμηλό (χαμηλές απαιτήσεις σε προσωπικό, δωρεάν καύσιμο κτλ).

Είναι δεδομένο πάντως ότι το αρχικό κόστος εγκατάστασης των εναλλακτικών λύσεων είναι πολύ μεγαλύτερο των μονάδων λιγνίτη, αν και θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και το κόστος λειτουργίας τους (το οποίο είναι πολύ μικρό) καθώς και των δικαιωμάτων ρύπων για την καύση λιγνίτη (όπως επίσης και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στις περιοχές των εργοστασίων).

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

Ο ενεργειακός τομέας κατά τις τελευταίες δεκαετίες αναπτύσσεται συνεχώς προκειμένου να ικανοποιήσει τη διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας στη χώρα. Η αύξηση υπήρξε μεγάλη κυρίως στον οικιακό και εμπορικό τομέα καθώς και στον τομέα των υπηρεσιών. Για την κάλυψη των αναγκών της πρωτογενούς ζήτησης χρησιμοποιούνται κυρίως ο λιγνίτης και το πετρέλαιο αν και η συμμετοχή των υγρών καυσίμων έχει περιοριστεί. Αυτή η διάρθρωση δημιουργεί σημαντική ρύπανση στο περιβάλλον, ιδιαίτερα στα αστικά κέντρα και στις περιοχές όπου βρίσκονται εγκατεστημένες ενεργειακές επιχειρήσεις (λιγνιτικοί σταθμοί, διυλιστήρια κλπ.). Ως ένα βαθμό έχουν διεισδύσει στο ισοζύγιο πρωτογενούς ενέργειας το φυσικό αέριο και οι ανανεώσιμες. Η κατανάλωση τελικής ενέργειας ικανοποιείται κυρίως με πετρέλαιο και ηλεκτρική ενέργεια.

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες βασικός στόχος της ενεργειακής πολιτικής της χώρας ήταν η παροχή ενέργειας προς τους καταναλωτές με το ελάχιστο δυνατό κόστος. Για αυτό το λόγο ακολουθήθηκε η στρατηγική της αξιοποίησης των εγχώριων πόρων, η μείωση της εξάρτησης από το εισαγόμενο πετρέλαιο καθώς και η διεύρυνση της ενεργειακής τροφοδοσίας και η ασφάλεια της προμήθειας ενέργειας. Η προστασία του περιβάλλοντος ήταν ένας από τους δευτερεύοντες στόχους, όπως και η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και η εξοικονόμηση ενέργειας, τομείς στους οποίους δεν παρουσιάστηκαν αξιόλογα αποτελέσματα. Αρκετά από τα μέτρα προς αυτήν την κατεύθυνση λήφθηκαν στο επίπεδο της ΕΕ και η Ελλάδα προσαρμόστηκε, ενώ επίσης χρηματοδοτήθηκαν εν μέρει από κοινοτικές πηγές.

Φορείς της ενεργειακής πολιτικής, κατά την περίοδο αυτή, ήταν κυρίως το κράτος και οι δημόσιες επιχειρήσεις του κλάδου. Ο κρατικός έλεγχος με παρεμβάσεις στην καθημερινή λειτουργία των δημόσιων επιχειρήσεων, η άσκηση αναπτυξιακής και κοινωνικής πολιτικής ιδιαίτερα μέσω της τιμολογιακής πολιτικής, η αδιαφάνεια και η χρήση των δημόσιων επιχειρήσεων για την εξυπηρέτηση πελατειακών σχέσεων έφεραν σε δυσχερή θέση τις δημόσιες επιχειρήσεις του κλάδου. Η λειτουργία τους παρουσίασε αρκετά προβλήματα (αύξηση του ενεργειακού κόστους, ανεπαρκή έσοδα, προβλήματα χρηματοδότησης των επενδύσεων, προβλήματα εργατικού δυναμικού κλπ) ώστε η ιδιωτικοποίησή τους να προβάλλεται ως λύση, σύμφωνα και με τις οδηγίες της ΕΕ.

Για αυτό το λόγο ξεκίνησε σταδιακά και στη χώρα μας η απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας. Η απελευθέρωση όμως της ενέργειας στην Ελλάδα υστερεί σημαντικά σε σχέση με τις περισσότερες χώρες της ΕΕ για διάφορους λόγους. Η Ελλάδα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα εισαγόμενα καύσιμα και η τιμές των εναλλακτικών καυσίμων είναι ακόμα αρκετά υψηλές. Επιπλέον, δεν προχωράει παράλληλα και η απελευθέρωση του φυσικού αερίου. Στους πολιτικούς λόγους πρέπει να τονιστεί ο παραμένον έντονος κρατικός παρεμβατισμός ο οποίος συνεπάγεται και διατήρηση της κυρίαρχης θέσης της ΔΕΗ στην ελληνική αγορά ενέργειας.

Για την επίλυση του προβλήματος χρειάζεται πρώτα από όλα η προσέλκυση ιδιωτικών επενδύσεων. Πρέπει επίσης να υπάρξει στροφή σε άλλες πηγές ενέργειας όπως οι ανανεώσιμες (ΑΠΕ) οι οποίες κυρίως χάρη στις κρατικές επιχορηγήσεις έχουν αναπτυχθεί πολύ γρήγορα τα τελευταία χρόνια αλλά και το φυσικό αέριο του οποίου η αγορά πρέπει να συντονιστεί με αυτήν του ηλεκτρισμού.

Τα πλεονεκτήματα που θα προκύψουν είναι προφανή. Μείωση του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας άρα και των τιμών, ανάπτυξη νέων επιχειρηματικών δραστηριοτήτων σχετικών με την ηλεκτρική ενέργεια, αξιόπιστη τεχνικά και ποιοτικά παροχή ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και οικονομικά προσιτή και ποιοτική ηλεκτρική ενέργεια προς όλους εξυπηρετώντας ταυτόχρονα τους στόχους που έχουν τεθεί διεθνώς σχετικά με την διείσδυση των ΑΠΕ και το περιβάλλον.

Υπάρχουν πάντως αρκετές αμφισβητήσεις κατά πόσον οι ιδιωτικοποιήσεις μπορούν να δημιουργήσουν ανταγωνισμό σε μια αγορά όπως η ελληνική, που είναι σχετικά μικρή και οι υπάρχουσες δημόσιες επιχειρήσεις έχουν πλεονεκτήματα κόστους σε σχέση με όσες θα δημιουργηθούν. Υπάρχει επίσης ανησυχία σχετικά με πιθανή έλλειψη ενδιαφέροντος για εξυπηρέτηση από τους ιδιώτες απομακρυσμένων και λιγότερο ανεπτυγμένων περιοχών (αυτό θα απαιτούσε επιδοτήσεις).

Συγκεκριμένα για το λιγνίτη, η χρήση και αξιοποίησή του έχει σημαντικά θετικά αποτελέσματα για τη χώρα καθώς είναι ο σημαντικότερος εγχώριος ενεργειακός πόρος με αξιόλογα αποθέματα. Άρα εξασφαλίζεται η απρόσκοπτη διάθεση καυσίμου και επιτυγχάνεται ως ένα βαθμό η ανεξάρτηση από τις εισαγωγές ενεργειακών πόρων. Συμβάλει επίσης στην περιφερειακή ανάπτυξη, τη διασφάλιση πολλών θέσεων εργασίας και την ενίσχυση και αποκέντρωση της βιομηχανίας. Μπορεί επίσης να προβλεφθεί η μελλοντική διαμόρφωση του κόστους του.

Το μεγάλο πρόβλημα που συνδέεται με τη χρήση του λιγνίτη όμως είναι η ρύπανση του περιβάλλοντος. Άρα στην υψηλή ανταγωνιστικότητά του δεν έχει ληφθεί υπόψη το κόστος των εξωτερικών οικονομιών που δημιουργεί. Η λήψη μέτρων μείωσης των ρύπων (ειδικά η πληρωμή δικαιωμάτων εκπομπής) θα μειώσει την ανταγωνιστικότητά του. Χρειάζονται λοιπόν κάποιες παρεμβάσεις και αναβαθμίσεις των υπάρχουσων υποδομών αλλά θα πρέπει να υπάρξει στροφή προς την ανάπτυξη και χρήση καθαρότερων τεχνολογιών.

Όσον αφορά τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας υπάρχουν ακόμα πολλά περιθώρια ανάπτυξης για τα θερμικά συστήματα ηλιακής ενέργειας αλλά και για τη διεύδυση ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή και ειδικά για την αιολική. Το κόστος επένδυσης και παραγωγής είναι ακόμα υψηλό αλλά τα μέτρα μείωσης ρύπων CO₂ τις κάνουν ανταγωνιστικές και άρα οι επενδύσεις σε αυτές είναι οικονομικά βιώσιμες.

Τέλος, η μεγάλε ενεργειακή ένταση στην Ελλάδα δείχνει ότι υπάρχουν δυνατότητες μεγάλης εξοικονόμησης ενέργειας και αύξησης της ενεργειακής απόδοσης του ενεργειακού συστήματος.

6 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Παρακάτω φαίνεται ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε στο MATLAB για την εύρεση των βέλτιστων λύσεων της συνάρτησης:

$$NPV = \sum_{t=0}^{t=9} \frac{\int_0^{q_t} (42,65 - 3,5 * 10^{-7} q) dq}{(1+r)^t} - 13 * 10^6$$

με συνθήκες πρώτης τάξης:

$$\frac{\partial L}{\partial q_{11}} = 42,65 - 3,5 * 10^{-7} q_{11} - 13 * 10^6 - \mu = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial q_{12}} = \frac{(42,65 - 3,5 * 10^{-7} q_{12})}{1,05} - 13 * 10^6 - \mu = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial q_{13}} = \frac{(42,65 - 3,5 * 10^{-7} q_{13})}{1,05^2} - 13 * 10^6 - \mu = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial q_{14}} = \frac{(42,65 - 3,5 * 10^{-7} q_{14})}{1,05^3} - 13 * 10^6 - \mu = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial q_{15}} = \frac{(42,65 - 3,5 * 10^{-7} q_{15})}{1,05^4} - 13 * 10^6 - \mu = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial q_{16}} = \frac{(42,65 - 3,5 * 10^{-7} q_{16})}{1,05^5} - 13 * 10^6 - \mu = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial q_{17}} = \frac{(42,65 - 3,5 * 10^{-7} q_{17})}{1,05^6} - 13 * 10^6 - \mu = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial q_{18}} = \frac{(42,65 - 3,5 * 10^{-7} q_{18})}{1,05^7} - 13 * 10^6 - \mu = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial q_{19}} = \frac{(42,65 - 3,5 * 10^{-7} q_{19})}{1,05^8} - 13 * 10^6 - \mu = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial q_{20}} = \frac{(42,65 - 3,5 * 10^{-7} q_{20})}{1,05^9} - 13 * 10^6 - \mu = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = 600 * 10^6 - q_{11} - q_{12} - q_{13} - q_{14} - q_{15} - q_{16} - q_{17} - q_{18} - q_{19} - q_{20} = 0$$

Κώδικας:

```
%orismos a
```

```
a=0.35*10^(-6)
```

```
a1=0.05*10^(-6)
```

```
a2=0.20*10^(-6)
```

```
a3=0.5*10^(-6)
```

```
a4=0.65*10^(-6)
```

```
%orismos b
```

```
b=42.65
```

```
b1=10.5
```

```
b2=25.5
```

```
b3=60.5
```

```
b4=80.5
```

```
%orismos epitokiou r
```

```
r=1.05
```

```
%orismos kostous k auksisis
```

```
c=13
```

```
g=1.05
```

```
%orismos apothematos
```

```
l=600*10^6
```

```
%A
```

```
A=[a 0 0 0 0 0 0 0 0 r^0; 0 a 0 0 0 0 0 0 0 r^1; 0 0 a 0 0 0 0 0 0 r^2; 0 0 0 a 0 0 0 0 0 r^3;
0 0 0 0 a 0 0 0 0 0 r^4; 0 0 0 0 0 a 0 0 0 0 r^5; 0 0 0 0 0 0 a 0 0 0 r^6; 0 0 0 0 0 0 0 a 0 0 r^7; 0 0
0 0 0 0 0 0 a 0 r^8; 0 0 0 0 0 0 0 0 a r^9; 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0]
```

%A1

A1=[a1 0 0 0 0 0 0 0 0 r^0; 0 a1 0 0 0 0 0 0 0 r^1; 0 0 a1 0 0 0 0 0 0 r^2; 0 0 0 a1 0 0 0 0 0
0 r^3; 0 0 0 0 a1 0 0 0 0 r^4; 0 0 0 0 0 a1 0 0 0 0 r^5; 0 0 0 0 0 0 a1 0 0 0 0 r^6; 0 0 0 0 0 0 0 a1
0 0 r^7; 0 0 0 0 0 0 0 0 a1 0 r^8; 0 0 0 0 0 0 0 0 0 a1 r^9; 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0]

%A2

A2=[a2 0 0 0 0 0 0 0 0 r^0; 0 a2 0 0 0 0 0 0 0 r^1; 0 0 a2 0 0 0 0 0 0 r^2; 0 0 0 a2 0 0 0 0 0
0 r^3; 0 0 0 0 a2 0 0 0 0 r^4; 0 0 0 0 0 a2 0 0 0 0 r^5; 0 0 0 0 0 0 a2 0 0 0 0 r^6; 0 0 0 0 0 0 0 a2
0 0 r^7; 0 0 0 0 0 0 0 0 a2 0 r^8; 0 0 0 0 0 0 0 0 0 a2 r^9; 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0]

%A3

A3=[a3 0 0 0 0 0 0 0 0 r^0; 0 a3 0 0 0 0 0 0 0 r^1; 0 0 a3 0 0 0 0 0 0 r^2; 0 0 0 a3 0 0 0 0 0
0 r^3; 0 0 0 0 a3 0 0 0 0 r^4; 0 0 0 0 0 a3 0 0 0 0 r^5; 0 0 0 0 0 0 a3 0 0 0 0 r^6; 0 0 0 0 0 0 0 a3
0 0 r^7; 0 0 0 0 0 0 0 0 a3 0 r^8; 0 0 0 0 0 0 0 0 0 a3 r^9; 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0]

%A4

A4=[a4 0 0 0 0 0 0 0 0 r^0; 0 a4 0 0 0 0 0 0 0 r^1; 0 0 a4 0 0 0 0 0 0 r^2; 0 0 0 a4 0 0 0 0 0
0 r^3; 0 0 0 0 a4 0 0 0 0 r^4; 0 0 0 0 0 a4 0 0 0 0 r^5; 0 0 0 0 0 0 a4 0 0 0 0 r^6; 0 0 0 0 0 0 0 a4
0 0 r^7; 0 0 0 0 0 0 0 0 a4 0 r^8; 0 0 0 0 0 0 0 0 0 a4 r^9; 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0]

%B

B=[b-c*g^0;b-c*g^1;b-c*g^2;b-c*g^3;b-c*g^4;b-c*g^5;b-c*g^6;b-c*g^7;b-c*g^8;b-
c*g^9;]

%B1

B1=[b1-c*g^0;b1-c*g^1;b1-c*g^2;b1-c*g^3;b1-c*g^4;b1-c*g^5;b1-c*g^6;b1-c*g^7;b1-
c*g^8;b1-c*g^9;]

%B2

B2=[b2-c*g^0;b2-c*g^1;b2-c*g^2;b2-c*g^3;b2-c*g^4;b2-c*g^5;b2-c*g^6;b2-c*g^7;b2-
c*g^8;b2-c*g^9;]

%B3

B3=[b3-c*g^0;b3-c*g^1;b3-c*g^2;b3-c*g^3;b3-c*g^4;b3-c*g^5;b3-c*g^6;b3-c*g^7;b3-
c*g^8;b3-c*g^9;]

%B4

$B4=[b4-c*g^0;b4-c*g^1;b4-c*g^2;b4-c*g^3;b4-c*g^4;b4-c*g^5;b4-c*g^6;b4-c*g^7;b4-c*g^8;b4-c*g^9;]$

%mesa simeia

$Q=A \setminus B$

$P=Q*(-a)+b$

%oi posotites Q

$Q10=A1 \setminus B;$

$Q20=A2 \setminus B;$

$Q30=A3 \setminus B;$

$Q40=A4 \setminus B;$

$Q01=A \setminus B1;$

$Q02=A \setminus B2;$

$Q03=A \setminus B3;$

$Q04=A \setminus B4;$

%oi times P

$P10=Q10*(-a1)+b$

$P20=Q20*(-a2)+b$

$P30=Q30*(-a3)+b$

$P40=Q40*(-a4)+b$

$P01=Q01*(-a)+b1$

$P02=Q02*(-a)+b2$

$P03=Q03*(-a)+b3$

$P04=Q04*(-a)+b4$

%akraies times

$Q11=A1 \setminus B1$

116

$$Q_{44} = A_4 \setminus B_4$$

$$Q_{14} = A_1 \setminus B_4$$

$$Q_{41} = A_4 \setminus B_1$$

$$P_{11} = Q_{11} * (-a_1) + b_1$$

$$P_{14} = Q_{14} * (-a_1) + b_4$$

$$P_{41} = Q_{41} * (-a_4) + b_1$$

$$P_{44} = Q_{44} * (-a_4) + b_4$$

%plots

Ενεργειακό Ισοζύγιο 2004



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΕΤΟΥΣ 2007

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
Πληροφορίες:

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΣΤΕΡΕΑ ΚΑΥΣΙΜΑ		ΥΓΡΑ ΚΑΥΣΙΜΑ				ΑΕΡΙΑ		ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ				ΘΕΡΜΟΤ.	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΥΣΙΜΩΝ	
	Ανεφοδιαστικά	Σύνολο	Αέρια	Υγρά	Βενζίνη	Κιρολίνη & καυσίμα αερίων	Μαζούτ	Άλλα πετρ. προϊόντα	Φυσικό αέριο	Ηλιακή Ενέργεια	Βιομάζα	Βιοηλεκτρισμός				Υδροηλεκτρισμός
ΡΟΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Αριθμ. Κιλά	Σύνολο Μπρικέτ	Αριθμ. Κιλά	Σύνολο Μπρικέτ	Αριθμ. Κιλά	Σύνολο Μπρικέτ	Αριθμ. Κιλά	Σύνολο Μπρικέτ	Αριθμ. Κιλά	Σύνολο Μπρικέτ	Αριθμ. Κιλά	Σύνολο Μπρικέτ	Αριθμ. Κιλά	Σύνολο Μπρικέτ	Αριθμ. Κιλά	Σύνολο Μπρικέτ
82	8374								23	160	14	1010	81	156	223	10043
396	1	20472	2483	5280	24	639	412	0	2674	647	884	3413	6			6
80	7	-205	-22	-77	-2	62	5	16	181	-245	-94	-7	4			32608
10		1063	6424	3199	275	1443	832	337	2346	935	286					-224
									371	2774	54					7875
466	0	19286	2471	-4420	-253	-742	-415	-321	138	-3306	480	3428	160	14	1011	3199
		8323	1	19310	441	2077	44	523	1510	0	2497	6	35	6	6	31559
		6642	1	2021				516	1505		2497	6	30	6	6	36392
		1657		57				7	5		13		5	6	6	11191
		24		19310	4411								0	0	0	1738
				0	0	23342	791	708	4534	1792	885	6667	6796	1169	0	24
				23342	791	708	4534	1792	885	6667	6796	1169	0	0	0	23461
				1006	-987	-24	80	-62	-408	33	-629	25				28475
				1006	-987	-24	80	-41	-26	59	-46	-2				5056
																77
																0
																23342
																19
																0
																19
																0
																1938
																424
																21276
																291
																288
																3
																22792
																5404
																8813
																8874
																5337
																1098
																-1571

Μονάδα μέτρησης: 1000 T.I.P

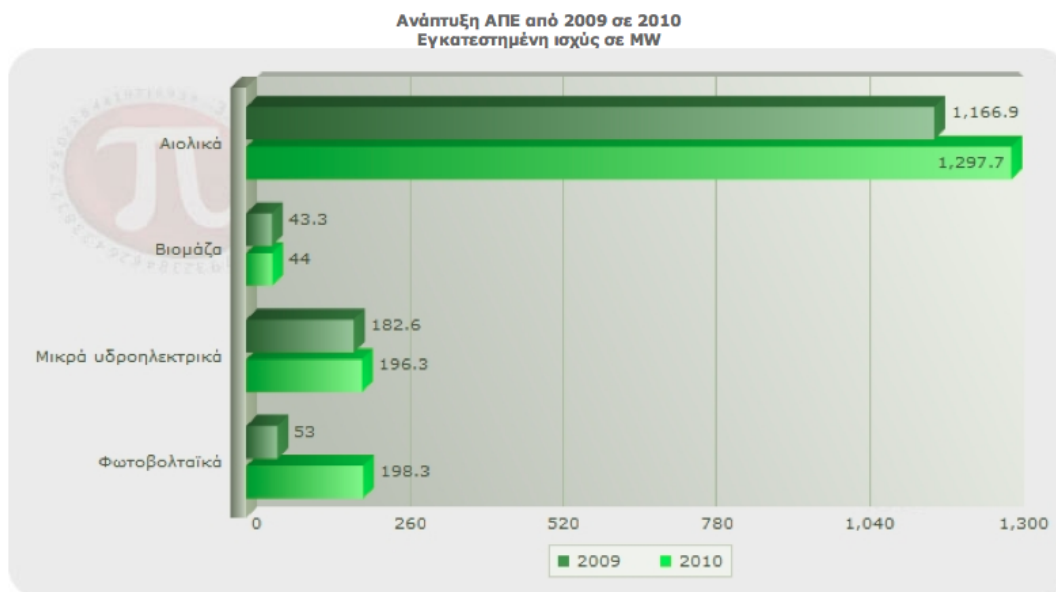
ΓΕΝΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 2000

1000 ΠΠΠ

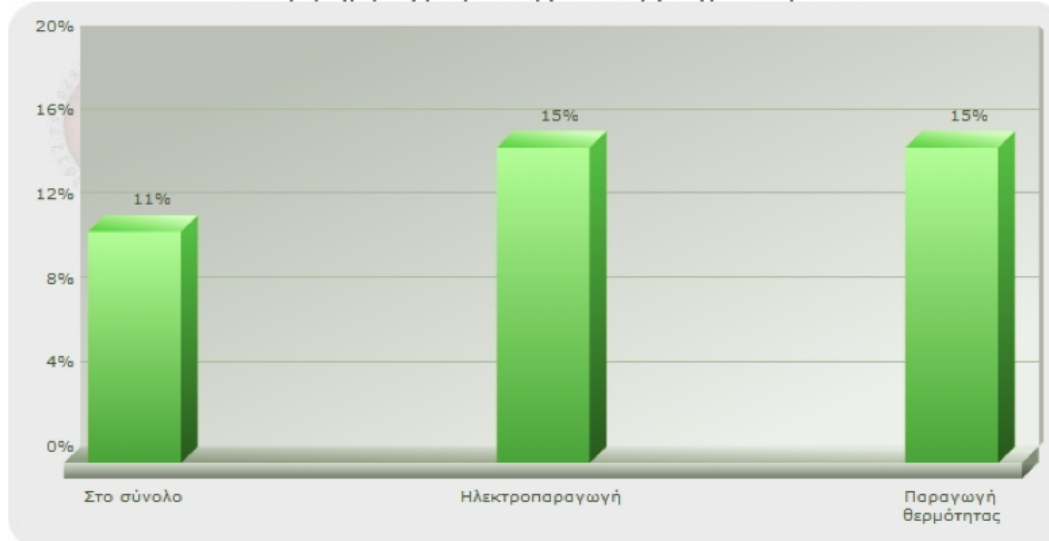
ΜΟΡΦΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ - ΠΡΟΪΟΝΤΑ	ΣΤΕΡΕΑ ΚΑΥΣΙΜΑ				ΥΓΡΑ ΚΑΥΣΙΜΑ						ΑΕΡΙΑ ΚΑΥΣΙΜΑ				ΑΝΑΝΕΩΣ. ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ				ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ				ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΥΣΙΜΩΝ				
	Αργίτες	Πηδών Αργίτη	Γραυόθρακας	Καός	Σύνολο	Από Π. Σφαίρ. θ. Α.	Βοζύνη	Καύσιμα Αέρια	Νηφτά	Μαζούτ	Υγραέρ. (θερ. Πηρ.)	Αναρ. Πηροίνα	Σύνολο	Φυσ. Αέριο	Αέριο Πόλης	Σύνολο	Βιομ. Καύσ.	Ηλιακή	Σύνολο	Υδροηλεκτρικ. η	Αιολιοηλεκτρικ. η	Σύνολο		Αυθακλή εν.	Υδροηλεκτρικ. η	Αιολιοηλεκτρικ. η	Σύνολο
1. ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗ	8.222				8.222	279							279	31		31	946	99	1.045	106	969		1.075				10.652
2. ΕΙΣΑΓΩΓΕΣ			809	1	810	22.110	415	97	2.013	174	556	25.365	1.687			1.687						408					28.270
3. ΕΞΑΓΩΓΕΣ		3		38	41		1.011	755	824	1.580	317	1.184	5.671									410					6.122
4. ΠΟΝΤΟΠΟΡΑ ΠΛΟΙΑ									750	2.898	38	3.686															3.686
5. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ (+/-)		89	-42		47	-104	-27	-144	108	-32	-2	-346	-15			-15											-314
6. ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΗ ΧΩΡΑ	8.308	729	1	9.038	22.285	-623	-802	547	-4.336	-319	-811	15.941	1.703	1.703	1.703	946	99	1.045				1.073					28.800
7. ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	-8.248	42	-4	-8.210	-22.320	3.780	2.094	5.305	5.818	779	2.414	-2.130	-1.279	-1.279	-1.279	-1.279						11.552					-67
α. Εργοστάσια Μπρικετών				21																							21
β. Αέριο Πόλης				51																							-88
γ. Διαλυτήρια																											
δ. Κέντρα Ηλεκτρισμού	-8.218	-9	-4	-8.231					-382	-1.660		-2.042	-1.279	-1.279	-1.279												
8. ΚΑΤΑΝΑΛ. ΕΝΕΡΓ. ΤΟΜΕΑ (-)									372	38	640	1.050	33	33	33	33						1.305	1.305	251	251		2.388
α. Λιγνιτορυχεία																											251
β. Εργοστάσια Μπρικετών																											33
γ. Παραγωγή Υδρογόνου/κων																											
δ. Παραγωγή Αερίου Πόλης																											1.231
ε. Διαλυτήρια																											873
ζ. Κέντρα Ηλεκτρισμού																											1.161
9. ΑΠΩΛΕΙΣ																											287
10. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΔΙΑΘΟΡΑ	60	42	725	1	828	35	123	-2	98	37	-4	287															
11. ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ						3.280	1.290	5.950	1.147	418	963	13.048	379	379	379	946	99	1.045				10.171	10.171				25.471
12. ΜΗ ΕΝΕΡΓ. ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (-)												640	122	122													762
13. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	60	42	725	1	828	3.280	1.290	5.950	1.147	418	323	12.408	257	257	257	946	99	1.045				10.171	10.171				24.709
α. Βιομηχανία	49	28	725	1	803							12.408	244	244	244	241		1.045				3.711	3.711				18.249
β. Μεταφορές					803	3.230	1.290	2.193	236	15		2.016	244	244	244	241		241				3.193	3.193				6.497
γ. Οικιακή Εμπορική κτλ.	11	14			25	50	3.253	28	97			6.964	13	13	13	705	99	804				1.165	1.165	54	54		7.018
					25							6.964	13	13	13	705	99	804				1.165	1.165	54	54		6.984
					25							3.428	13	13	13	705	99	804				6.924	6.924				11.194
					25							3.428	13	13	13	705	99	804				2.526	2.526				6.796

ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας το 2010

Πηγή: Καθημερινή (25/03/2011)



Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στο ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας το 2010



Πρόβλεψη για το 2012
(με βάση απήσεις - αδειοδοτήσεις)

Αιολικά	1.900 - 2.000 MW
Βιομάζα	50 - 80 MW
Μικρά υδροηλεκτρικά	230 - 250 MW
Φωτοβολταϊκά	650 - 750 MW
Σύνολο	2.830 - 3.080 MW