



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**«Εκτίμηση συναρτήσεων ζημίας και ελέγχου ρυπαντών για  
καθορισμό αποτελεσματικών πολιτικών επίλυσης  
περιβαλλοντικών προβλημάτων»**

Επιβλέπων: Γεώργιος Εμμ. Χάλκος, Καθηγητής

Δήμητρα Χ. Κίτσου

Βόλος, Φεβρουάριος 2015

## ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

# «Εκτίμηση συναρτήσεων ζημίας και ελέγχου ρυπαντών για καθορισμό αποτελεσματικών πολιτικών επίλυσης περιβαλλοντικών προβλημάτων»

Δήμητρα Χ. Κίτσου

### Συμβουλευτική Τριμελής Επιτροπή

**Γεώργιος Χάλκος**, Καθηγητής Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Επιβλέπων)  
**Βασιλεία Νιννή**, Καθηγήτρια Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών  
**Κωνσταντίνος Μπίθας**, Καθηγητής Πάντειο Πανεπιστήμιο

### Εξεταστική Επταμελής Επιτροπή

**Γεώργιος Χάλκος**, Καθηγητής Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Επιβλέπων)  
**Βασιλεία Νιννή**, Καθηγήτρια Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών  
**Κωνσταντίνος Μπίθας**, Καθηγητής Πάντειο Πανεπιστήμιο  
**Ηλίας Κεβόρκ**, Επικ. Καθηγητής Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας  
**Νικόλαος Τζερεμές**, Επικ. Καθηγητής Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας  
**Στεριανή Ματζιώρη**, Επικ. Καθηγήτρια Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας  
**Κωνσταντίνος Ευαγγελινός**, Επικ. Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Αιγαίου



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Η παρούσα έρευνα έχει συγχρηματοδοτηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο - ΕΚΤ) και από εθνικούς πόρους μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» του Εθνικού Στρατηγικού Πλαισίου Αναφοράς (ΕΣΠΑ) – Ερευνητικό Χρηματοδοτούμενο Έργο: Ηράκλειτος II, Επένδυση στην κοινωνία της γνώσης μέσω του Ευρωπαϊκού Κοινωνικού Ταμείου.

## Περίληψη

Ο προσδιορισμός του “αρίστου” επιπέδου προστασίας του περιβάλλοντος βασίζεται στην αρχή της μεγιστοποίησης του καθαρού οφέλους που προκύπτει από τον περιορισμό ή την εξάλειψη της ρύπανσης. Για το σωστό προσδιορισμό του επιπέδου προστασίας του περιβάλλοντος οι ζημιές που προκαλεί η ρύπανση πρέπει να προσδιοριστούν με πληρότητα ώστε να εκτιμηθεί με επάρκεια το όφελος. Στόχος πάντα είναι η επίτευξη μιας άριστης λύσης κατά Pareto.

Με αυτή την εκπόνηση της διδακτορικής διατριβής θα προσπαθήσουμε να καθορίσουμε το βέλτιστο επίπεδο ρύπανσης κάτω από τις υποθέσεις των γραμμικών, δευτεροβάθμιων και εκθετικών συνάρτησης του κόστους ζημίας και ελέγχου. Το σημείο της τομής τους, θα αντιπροσωπεύει το άριστο επίπεδο. Θα υποθέσουμε ότι οι καμπύλες αλληλεπιδρούν, δημιουργώντας την περιοχή, που θα την ονομάσουμε ‘άριστη’. Θα αποδείξουμε ότι αυτή η αλληλεπίδραση δεν είναι πάντα αποδεκτή, χρησιμοποιώντας τρεις περιπτώσεις ανά συνάρτηση οριακού κόστους και ζημίας καθώς και τους συνδυασμούς τους. Θα εξετάσουμε επίσης πως αυτή η σημαντική περιοχή μπορεί να αξιολογηθεί, χρησιμοποιώντας έναν δείκτη, σε περίπτωση όπου διαφορετικές περιοχές προστεθούν, υιοθετώντας διαφορετικά ανταγωνιστικά μοντέλα και πολιτικές από εκείνα που εκφράζονται από τις καμπύλες κόστους και κέρδους. Πριν καταλήξουμε λοιπόν σε οποιαδήποτε απόφαση θα πρέπει να βάλουμε ως στόχο μια νέα περιβαλλοντική πολιτική η οποία θα έχει σκοπό το βέλτιστο επίπεδο της περιβαλλοντικής ρύπανσης.

Ως εκ τούτου, προτείνουμε την φορολογία ως οικονομικό μέσο για την προστασία του περιβάλλοντος. Για αυτό εισαγάγαμε τον σταθμισμένο διαφοροποιημένο φόρο απόστασης. Ένα φόρο που διαφοροποιείται ανάλογα με το «επίπεδο της απόστασης” από το κέντρο της ρύπανσης. Πόσο μακριά δηλαδή από της πηγή συγκέντρωσης της ρύπανσης η περιοχή έχει μολυνθεί.

**Λέξεις κλειδιά:** κόστη ζημίας, κόστη ελέγχου, περιοχή ωφέλειας, άριστο επίπεδο ρύπανσης, σταθμισμένος διαφοροποιημένος φόρος απόστασης

## **Abstract**

Rationality in the formulation and applicability of environmental policies depends on careful consideration of their consequences on the nature and on the society. For this reason it is important to quantify the costs and benefits in the most accurate way. But the validity of any cost benefit analysis (hereafter CBA) is ambiguous as the results may have large uncertainties. Uncertainty is present in all environmental problems and this makes clear the need for thoughtful policy design and evaluation.

As uncertainty may be due to the lack of appropriate abatement and damage cost data, in this PhD thesis we apply a method of calibrating non-existing damage cost estimates relying on individual country abatement cost. In this way a calibrated benefit area (BAc) is estimated. Specifically, we try to identify the optimal pollution level under the assumptions of linear, quadratic and exponential abatement and damage cost functions. As far as the parameters are concerned the first two are linear while the third is a non-linear function. The assumed correct model eliminates the uncertainty about curve fitting, and the present thesis is working towards this target: whatever the choice of model is the appropriate theory has been developed.

Finally a weighted location differential tax was introduced. The proposed tax is differentiated according to the “level of distance” from the center of pollution i.e. how far from it has the area being contaminated due to this particular source of pollution.

**Key words:** damage costs, abatement costs, benefit area, optimal pollution level, weighted location adjusted differential tax

## Ευχαριστίες

Η ολοκλήρωση της διατριβής αυτής σηματοδοτεί τόσο την λήξη ενός ταξιδιού όσο και την επίτευξη ενός στόχου. Ο στόχος μου αυτός θα ήταν ανέφικτος χωρίς την υποστήριξη πολλών ανθρώπων τους οποίους θα ήθελα να ευχαριστήσω.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον επιβλέποντα καθηγητή Γεώργιο Χάλκο για την αμέριστη συμπαράσταση του και την πολύτιμη επιστημονική καθοδήγηση του σε όλα τα στάδια εκπόνησης αυτής της διατριβής.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω θερμά τα δύο μέλη της συμβουλευτικής επιτροπής, την καθηγήτρια Βασιλεία Νιννή καθώς και τον καθηγητή Κωνσταντίνο Μπίθα για την υποστήριξη τους σε όλη τη διάρκεια υλοποίησης της έρευνας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες στους επίκουρους καθηγητές του Εργαστηρίου Επιχειρησιακών Ερευνών Ηλία Κεβόρκ, Νικόλαο Τζερεμέ, και Ματζιώρη Στεριανή, για την πολύτιμη βοήθεια τους.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα το πρόγραμμα Ηράκλειτος II με την οικονομική υποστήριξη του οποίου μπόρεσα να αντιμετωπίσω τις ανάγκες της εκπόνησης της διατριβής μου.

Τέλος, ευχαριστώ ολόψυχα την οικογένεια μου για την υποστήριξη της καθ' όλη την διάρκεια της προσπάθειας μου.

Δήμητρα Κίτσου

Ιανουάριος 2015

*Στους γονείς μου*

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### Εισαγωγή

.....

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

---

---

### Θεωρητικό Υπόβαθρο

---

---

Ενότητα 2.1

#### Οικονομία και Περιβάλλον .....

2.1.1 Ρύπανση του Περιβάλλοντος .....

2.1.2 Κύριοι Ρυπαντές .....

Ενότητα 2.2

#### Ατμοσφαιρική Ρύπανση .....

2.2.1 Το φαινόμενο του Θερμοκηπίου .....

2.2.1.2 Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής .....

2.2.3 Το πρόβλημα της τρύπας του όζοντος .....

2.2.4 Η όξινη βροχή .....

2.2.4.1 Μέθοδοι καταπολέμησης των εκπομπών του θείου .....

Ενότητα 2.3

**Ρύπανση των υδάτινων πόρων** .....

2.3.1 Θαλάσσια ρύπανση .....

Ενότητα 2.4

**Στερεά και υγρά αποβλήτα** .....

2.4.1 Κατηγορίες υγρών αποβλήτων .....

2.4.1.1 Επεξεργασία των υγρών αποβλήτων .....

2.4.2 Τύποι στερεών αποβλήτων .....

2.4.2.1 Η διαχείριση των στερεών αποβλήτων .....

Ενότητα 2.5

**Βιοποικιλότητα** .....

2.5.1 Δείκτες βιοποικιλότητας .....

2.5.2 Παράκτια ζώνη .....

2.5.2.1 Χαρακτηριστικά της παράκτιας ζώνης .....

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

---

### **Εκτιμήσεις συναρτήσεων ζημίας και κόστους ελέγχου**

---

Ενότητα 3.1

**Το άριστο επίπεδο ρύπανσης** .....

3.1.1 Συναρτήσεις ζημίας και οφέλους .....

Ενότητα 3.2

**Το οριακό όφελος** .....



3.2.1	Καμπύλες κόστους ελέγχου .....	
		Ενότητα 3.3
	<b>Περιοχή ωφέλειας</b> .....	
		Ενότητα 3.4
	<b>Μέτρα περιβαλλοντικής πολιτικής</b> .....	
3.4.1	Τέλη .....	
3.4.2	Εμπορεύσιμες άδειες ρύπανσης .....	
3.4.3	Περιβαλλοντικοί φόροι .....	
3.4.4	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της φορολογίας .....	
		Ενότητα 3.5
	<b>Αβεβαιότητα</b> .....	
3.5.1	Αβεβαιότητα σχετικά με το κόστος ελέγχου.....	
3.5.2	Αβεβαιότητα σχετικά με τις περιβαλλοντικές ζημιές.....	
		Ενότητα 3.6
	<b>Οικονομική Αξιολόγηση Περιβάλλοντος</b> .....	
3.6.1	Οι κατηγορίες των περιβαλλοντικών αξιών.....	
		Ενότητα 3.7
	<b>Μέθοδοι Οικονομικής Αξιολόγησης Περιβάλλοντος</b> .....	
3.7.1	Μέθοδοι Αποκαλυφθείσας Προτίμησης (Revealed-Preferences Methods) ....	
3.7.2	Μέθοδοι Δηλωμένων Προτιμήσεων (Stated Preferences Methods).....	
3.7.2.1	Μέθοδος της Υποθετικής Αγοράς (CVM).....	
3.7.2.1.1	Πρόθεση Πληρωμής (WTP) ή Αποδοχή Αποζημίωσης (WTA).....	

- 3.7.2.1.1.1 Μέθοδοι Προστατευτικής Συμπεριφοράς (Defensive Behavior Method) και Κόστους Ζημίας (Damage Cost Method) .....
- 3.7.2.2 Μέθοδος Διαμόρφωσης Επιλογών (Choice Modeling Method, CMM) .....
- 3.7.2.2.1 Μέθοδος Πειράματος Επιλογής (Choice Experiment Method, CEM).....

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### **Βιβλιογραφική Ανασκόπηση**

- Ενότητα 4.1
- Αβεβαιότητα-Κόστη Ελέγχου και Κόστη Ζημίας** .....
- Ενότητα 4.2
- Παράκτια Ρύπανση** .....

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### **Άριστο επίπεδο ρύπανσης και Περιοχή Ωφέλειας**

- Ενότητα 5.1
- Εισαγωγή** .....
- Ενότητα 5.2
- Καμπύλες MAC, MD και η Περιοχή Ωφέλειας BA** .....
- Ενότητα 5.3
- Συνθήκες ύπαρξης Περιοχής Ωφέλειας (Benefit Area)** .....
- Ενότητα 5.4
- MD Γραμμική και MAC Γραμμική**.....

	Ενότητα 5.5
<b>MD Γραμμική και MAC Δευτεροβάθμια.....</b>	
	Ενότητα 5.6
<b>MD Γραμμική και MAC Εκθετική.....</b>	
	Ενότητα 5.7
<b>MD Δευτεροβάθμια και MAC Γραμμική .....</b>	
5.7.1 Περίπτωση B1(i) .....	
5.7.2 Περίπτωση B1(ii) .....	
5.7.3 Περίπτωση B1(iii) .....	
	Ενότητα 5.8
<b>MD Δευτεροβάθμια και MAC Δευτεροβάθμια .....</b>	
5.8.1 Περίπτωση Σχήματος 5.20 .....	
5.8.2 Περίπτωση Σχήματος 5.21.....	
	Ενότητα 5.9
<b>MD Δευτεροβάθμια και MAC Εκθετική .....</b>	
5.9.1 Περίπτωση Σχήματος 5.23 .....	
5.9.2 Περίπτωση Σχήματος 5.24 .....	
	Ενότητα 5.10
<b>MD Εκθετική και MAC Γραμμική .....</b>	
	Ενότητα 5.11
<b>MD Εκθετική και MAC Δευτεροβάθμια .....</b>	
	Ενότητα 5.12
<b>MD Εκθετική και MAC Εκθετική.....</b>	

**Συμπεράσματα.....**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

---

---

### **Εμπειρικές εφαρμογές προσέγγισης Κόστους Ζημίας**

---

---

Ενότητα 6.0

**Εισαγωγή .....**

Ενότητα 6.1

**Χρήση Μεθόδου CVM πρωτογενών στοιχείων και εκτίμηση WTP .....**

6.1.1 Υπόβαθρο .....

6.1.2 Γενική περιγραφή των περιοχών όπου διεξήχθη η έρευνα .....

6.1.3 Η μεθοδολογία και ο σκοπός της πρωτογενούς έρευνας .....

6.1.4 Περιεχόμενο ερωτήσεων, διατυπώσεις και αποσαφηνίσεις .....

6.1.5 Η διαδικασία συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου .....

6.1.6 Το σχέδιο δειγματοληψίας .....

6.1.7 Επεξεργασία δεδομένων, κωδικοποίηση και εισαγωγή .....

6.1.8 Περιληπτικά στατιστικά δημογραφικά και κοινωνικοοικονομικά στοιχεία ..

6.1.9 Προθυμία πληρωμής (Willingness to pay analysis, WTP) .....

6.1.10 Ανάλυση και αποτελέσματα .....

Ενότητα 6.2

**Χρήση δευτερογενών στοιχείων και «βαθμονόμηση» της ζημίας .....**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

---

---

### Σταθμισμένος διαφοροποιημένος φόρος απόστασης

---

---

Ενότητα 7.1

Εισαγωγή .....

Ενότητα 7.2

Σύντομη βιβλιογραφική ανασκόπηση .....

Ενότητα 7.3

Ο σταθμισμένος διαφοροποιημένος φόρος απόστασης .....

Ενότητα 7.4

Χρήση κατάλληλης κατανομής .....

7.4.1 Υπολογίζοντας τις διαφορές στις διακυμάνσεις .....

Ενότητα 7.5

Συμπεράσματα.....

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

---

---

### Συμπεράσματα και προτεινόμενες πολιτικές

---

---

.....

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

.....

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

.....

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

<b>Πίνακας 2.1.</b> Τομείς που επιδρούν στην παράκτια ζώνη και στο θαλάσσιο περιβάλλον.....	
<b>Πίνακας 2.2.</b> Εκκλήρωση βασικών στόχων της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Παράκτιας Ζώνης.....	
<b>Πίνακας 4.1.</b> Αριθμός περιπτώσεων διαφορετικών επιδράσεων στην υγεία σχετικών με τις ανθρωπογενείς εκπομπές για το έτος 2000 στη Δανία.....	
<b>Πίνακας 5.1.</b> Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων για τις περιπτώσεις των MAC και MD.....	
<b>Πίνακας 6.1.</b> Κατανομή Ηλικίας.....	
<b>Πίνακας 6.2.</b> Κατανομή Φύλου.....	
<b>Πίνακας 6.3.</b> Κατανομή του αριθμού των μελών των νοικοκυριών.....	
<b>Πίνακας 6.4.</b> Κατανομή του εργασιακού καθεστώτος.....	
<b>Πίνακας 6.5.</b> Κατανομή του επιπέδου εκπαίδευσης.....	
<b>Πίνακας 6.6.</b> Κατανομή εισοδήματος.....	
<b>Πίνακας 6.7. :</b> Κατανομή ερωτηθέντων που είχαν δωρίσει χρήματα σε κάποιον περιβαλλοντικό οργανισμό τα τελευταία τρία χρόνια.....	
<b>Πίνακας 6.8.</b> Κατανομή ερωτηθέντων που είναι μέλος κάποιου περιβαλλοντικού οργανισμού.....	
<b>Πίνακας 6.9.</b> Κατανομή των ερωτηθέντων που έχουν δουλέψει εθελοντικά σε κάποιον περιβαλλοντικό οργανισμό.....	
<b>Πίνακας 6.10.</b> Μέσος όρος για συγκεκριμένες μεταβλητές.....	
<b>Πίνακας 6.11.</b> Ανάλυση μη παραμετρικού $\chi^2$ τεστ.....	
<b>Πίνακας 6.12.</b> τιμές -p για την Ανάλυση Διακύμανσης μονής κατεύθυνσης για έλεγχο των διαφορών ανάμεσα στους μέσους.....	
<b>Πίνακας 6.13.</b> Σύγκριση σε ζεύγη διαφορών των μέσων της WTP με τη χρήση της στατιστικής Dunnett-T3.....	
<b>Πίνακας 6.14.</b> Μέσο ποσοστό για τις ερωτήσεις του τμήματος Α σχετικά με τις προσωπικές απόψεις των ερωτηθέντων για τη Μεσόγειο Θάλασσα.....	
<b>Πίνακας 6.15.</b> Κατανομή των απαντήσεων σχετικά με την ανάληψη ευθύνης για τη διατήρηση της ποιότητας του θαλάσσιου περιβάλλοντος.....	

- Πίνακας 6.16.** Μέσο ποσοστό των ερωτήσεων του τμήματος Β σχετικά με την ευθύνη για την υποβάθμιση του θαλάσσιου περιβάλλοντος και την προστασία του.....
- Πίνακας 6.17.** Μέσο ποσοστό των ερωτήσεων του τμήματος Β σχετικά με την διαχείριση της τοπικής αυτοδιοίκησης και την εμπιστοσύνη.....
- Πίνακας 6.18.** Μέσο ποσοστό των ερωτήσεων του τμήματος Β σχετικά με την εφαρμογή του νομοθετικού πλαισίου.....
- Πίνακας 6.19.** Μέσο ποσοστό των ερωτήσεων του τμήματος Β σχετικά με την οικονομία και το θαλάσσιο περιβάλλον.....
- Πίνακας 6.20.** Μέσο ποσοστό των ερωτήσεων του τμήματος Β σχετικά με την μικρής κλίμακας επαγγελματική αλιεία – απαγόρευση ή μη.....
- Πίνακας 6.21.** Μέσο ποσοστό των ερωτήσεων του τμήματος Β (συμπληρωματικές ερωτήσεις) σχετικά με τα υψηλής σημασίας είδη.....
- Πίνακας 6.22.** Υπολογισμός συντελεστών για δευτεροβάθμιες MD και MAC.....
- Πίνακας 6.23.** ‘Βαθμονόμηση’ της περιοχής ωφέλειας (BA<sup>c</sup>).....



## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1.	Το οικονομικό σύστημα και το περιβάλλον.....
Σχήμα 3.1.	Συνολικό και Οριακό κόστος ελέγχου για την Αυστρία το 2000.....
Σχήμα 3.2.	Γραφική παράσταση του άριστου επιπέδου ρύπανσης.....
Σχήμα 3.3.	Υπερεκτίμηση του MAC.....
Σχήμα 3.4.	Υποεκτίμηση της πραγματικής καμπύλης MAC.....
Σχήμα 3.5	Υπερεκτίμηση της καμπύλης MAC με πιο επίπεδη MD.....
Σχήμα 3.6.	Υποεκτίμηση της MAC με πιο επίπεδη MD.....
Σχήμα 3.7.	Αβεβαιότητα σχετικά με τις περιβαλλοντικές ζημίες.....
Σχήμα 5.1.	Άριστο επίπεδο ρύπανσης.....
Σχήμα 5.2.	Οι MAC και MD δεν τέμνονται, δεν υπάρχει περιοχή ωφέλειας.....
Σχήμα 5.3.	Η περιοχή ωφέλειας περιορίζεται σε ένα σημείο.....
Σχήμα 5.4.	Άριστο επίπεδο ρύπανσης με μη γραμμικές συναρτήσεις κόστους ελέγχου και ζημίας.....
Σχήμα 5.5.	Οι MAC και MD δευτεροβάθμιες και δεν τέμνονται.....
Σχήμα 5.6.	Το Άριστο επίπεδο ρύπανσης με τις αντίστοιχες συντεταγμένες.....
Σχήμα 7.7.	Η περίπτωση το $\chi_0 < 0$ . Δεν υπάρχει οικονομικό ενδιαφέρον.....
Σχήμα 5.8.	MD γραμμική και MAC δευτεροβάθμια.....
Σχήμα 5.9.	MD γραμμική και MAC δευτεροβάθμια, με $\beta_0 < 0$ .....
Σχήμα 5.10.	Η MD γραμμική και η MAC αύξουσα εκθετική.....
Σχήμα 5.11.	Η MD έχει διπλή ρίζα $\rho = \rho_1 = \rho_2$ και ελάχιστο.....
Σχήμα 5.12.	Η MD έχει δύο ρίζες άνισες πραγματικές, θετικές και ελάχιστο.....
Σχήμα 5.13.	Η MD δεν έχει πραγματικές ρίζες, και έχει ελάχιστο.....
Σχήμα 5.14.	Η MD έχει δύο ρίζες άνισες πραγματικές και μέγιστο.....
Σχήμα 5.15.	Η MD δεν έχει πραγματικές ρίζες και έχει ελάχιστο.....
Σχήμα 5.16.	Η MD και η MAC έχουν ελάχιστο και δεν έχουν πραγματικές ρίζες..
Σχήμα 5.17.	Η MD και η MAC έχουν μέγιστο και δεν έχουν πραγματικές ρίζες...
Σχήμα 7.18.	Η MD με την MAC έχουν ένα κοινό σημείο.....
Σχήμα 5.19.	Η MD και η MAC δεν έχουν κοινό σημείο.....
Σχήμα 5.20.	Η MD έχει μια πραγματική, διπλή ρίζα και ελάχιστο. Η MAC έχει ελάχιστο, όχι πραγματικές ρίζες.....
Σχήμα 5.21.	Η MD έχει δύο πραγματικές, θετικές ρίζες και ελάχιστο. Η MAC έχει ελάχιστο.....
Σχήμα 5.22.	Η MD και η MAC έχουν και οι δυο ελάχιστα χωρίς κοινά σημεία...
Σχήμα 5.23.	Η MD δευτεροβάθμια με μία διπλή ρίζα και η MAC εκθετική. Υπάρχει κοινό σημείο.....
Σχήμα 5.24.	Η MD δευτεροβάθμια με δύο ρίζες και η MAC εκθετική. Υπάρχει κοινό σημείο.....
Σχήμα 5.25.	Η MD δευτεροβάθμια και η MAC εκθετική χωρίς κοινό σημείο.....

3.5.2 Αβεβαιότητα σχετικά με τις περιβαλλοντικές ζημίες

**Σχήμα 5.26.** Η MD εκθετική και η MAC γραμμική.....

**Σχήμα 5.27.** Η MD εκθετική και η MAC δευτεροβάθμια.....

**Σχήμα 5.28.** Η MD εκθετική και η MAC εκθετική.....

**Σχήμα 6.1(α).** Κατανομή WTP για όλες τις περιοχές.....

**Σχήμα 6.1(β).** Κατανομή WTP για την Καλλιθέα.....

**Σχήμα 6.1(γ).** Κατανομή WTP για το Ατσιπόπουλο.....

**Σχήμα 6.1(δ).** Κατανομή WTP για την Παλιά Πόλη.....

**Σχήμα 6.2.** WTP μέσος για την μεταβλητή “Ηλικία”.....

**Σχήμα 6.3.** WTP μέσος για την μεταβλητή “Εισόδημα”.....

**Σχήμα 7.1.** Ομοιόμορφη κατανομή.....

**Σχήμα 7.2.** Ομοιόμορφη κατανομή με  $\mu = \frac{1}{2}$  και  $\sigma = \delta$ .....

**Σχήμα 7.3.** Γραφική παράσταση της σχέσης ανάμεσα σε Ομοιόμορφη, Κανονική και Laplace.....

**Σχήμα 7.4.** Γραφική παράσταση της  $E[TPC_{i,y}] = E(1/4 - 3/8X)^2$  με  $X_y \sim N_y(\mu, \delta^2)$  ως συνάρτηση της κλίμακας παραμέτρου  $\delta$ .....

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## Εισαγωγή

---

Στις μέρες μας, η ρύπανση του περιβάλλοντος αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα κοινωνικά και οικονομικά προβλήματα. Οι αποτυχίες της αγοράς όπως η ύπαρξη δημοσίων αγαθών και εξωτερικοτήτων επιβάλλουν την χρήση οικονομικών μέσων για την βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος. Η σύγχρονη Οικονομική του Περιβάλλοντος αντιμετωπίζει τη μείωση της ρύπανσης ή την αποκατάσταση της ποιότητας του περιβάλλοντος ως μια οικονομική δραστηριότητα που χρησιμοποιεί παραγωγικούς πόρους προκειμένου να παράγει το αγαθό “ποιότητα του περιβάλλοντος”. Το όφελος που προκύπτει από την προστασία του περιβάλλοντος είναι η μείωση των ζημιών που προκαλεί η ρύπανση αυτή.

Από την άλλη πλευρά η μείωση της ρύπανσης επιτυγχάνεται με την χρήση αντιρρυπαντικών τεχνολογιών, με την υποκατάσταση ρυπογόνων τεχνολογιών παραγωγής, με τεχνολογίες που εκπέμπουν μικρότερες ποσότητες ρύπων, με την χρήση λιγότερων ρυπογόνων καυσίμων, με μεθόδους ανακύκλωσης και άλλα. Ο προσδιορισμός του “αρίστου” επιπέδου προστασίας του περιβάλλοντος βασίζεται στην αρχή της μεγιστοποίησης του καθαρού οφέλους (όφελος από την μείωση των ζημιών μείον το κόστος ελέγχου της ρύπανσης), που προκύπτει από τον περιορισμό ή την εξάλειψη της ρύπανσης.

Για το σωστό προσδιορισμό του επιπέδου προστασίας του περιβάλλοντος οι ζημιές που προκαλεί η ρύπανση πρέπει να προσδιοριστούν με πληρότητα ώστε να εκτιμηθεί με επάρκεια το όφελος. Στόχος πάντα είναι η επίτευξη μιας άριστης λύσης κατά Pareto.

Έχουν γραφτεί πολλά πρόσφατα σχετικά με το μέγεθος των διαπραγματεύσεων και συμφωνιών σχετικά με την επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων. Οι διαπραγματεύσεις και οι συμφωνίες τοποθετούνται ανάμεσα στους υπευθύνους λήψης αποφάσεων οι οποίες προσπαθούν να συμβιβάσουν αντιμαχόμενες πολιτικές σχετικά με την χρήση της γης, την ενέργεια και την ποιότητα του αέρα.

Το κύριο πρόβλημα στην προώθηση διεθνών συνεργασιών είναι η απουσία μιας πειστικής επιστημονικής έκβασης. Οι οικονομολόγοι του περιβάλλοντος αναγνωρίζουν ότι η αβεβαιότητα η οποία προκύπτει από την φύση της συνάρτησης

του οριακού κόστους ελέγχου (marginal abatement cost, MAC) και την οριακή συνάρτηση ζημίας (marginal damage function, MD), είναι καθοριστικής σημασίας προκειμένου να καταλήξουμε στην κατά Pareto αποτελεσματική πολιτική.

Η αβεβαιότητα διεισδύει στις ‘επιλογές’ του ενδιαφερόμενου ανάμεσα στον υπολογισμό του οριακού κόστους ελέγχου (MAC) και του οριακού κόστους ζημίας (MDC). Η αβεβαιότητα στην επιχείρηση δημιουργείται λόγω της ύπαρξης της συνάρτησης του MAC και λόγω της αβεβαιότητας που προέρχεται από τις διαφορετικές επιδράσεις. Η αβεβαιότητα σχετικά με την συνάρτηση MAC της επιχείρησης δημιουργείται κυρίως, λόγω της τεχνολογίας επειδή η παρουσία της τεχνολογίας μπορεί να είναι σχετικά πρόσφατη και να μην έχει ακόμα εδραιωθεί, ενώ ταυτόχρονα δημιουργείται οικονομική αβεβαιότητα από την συγκέντρωση του κόστους που απεικονίζεται μέσω της καμπύλης αποτελεσματικότητας.

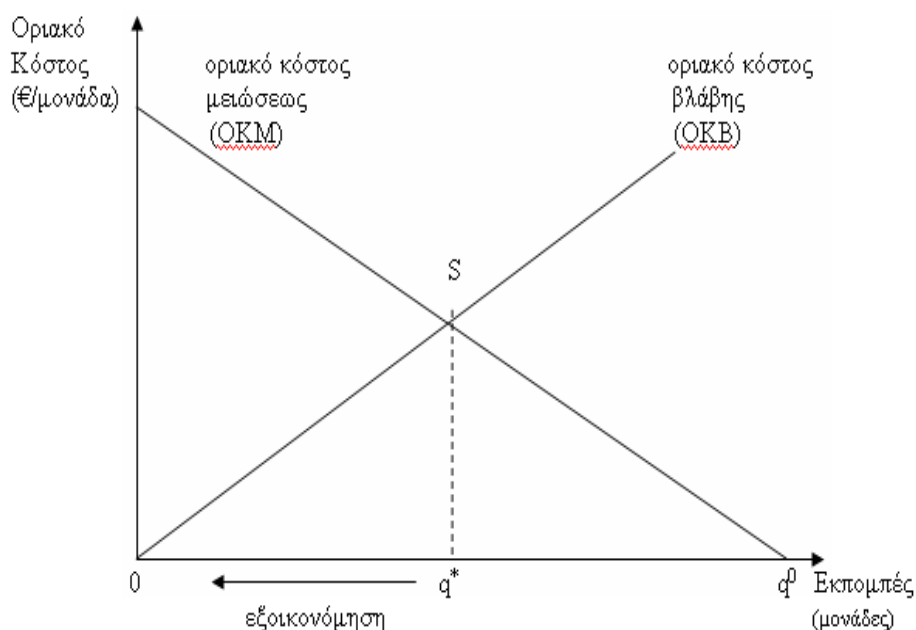
Επιπλέον η αβεβαιότητα σχετικά με τις μελλοντικές τιμές των εισαγωγών, συνεπάγεται μια επιπλέον αβεβαιότητα στην επιχείρηση, στην συνάρτηση του οριακού κόστους ελέγχου (MAC). Από την άλλη πλευρά, οι αλλαγές στα περιβαλλοντικά δεδομένα ή στην τιμή των φόρων ή στα αποτελέσματα της άδειας εκπομπής αερίων, μπορεί να δημιουργήσει επιπλέον συγκρούσεις. Η αβεβαιότητα στα πλαίσια του περιβαλλοντικού ελέγχου δημιουργεί παρόμοια φαινόμενα με αυτά που αντιμετωπίζει μια επιχείρηση όπως είναι η αβεβαιότητα της επιχείρησης για την καμπύλη του οριακού κόστους της, το οποίο με την σειρά του δημιουργεί αβεβαιότητα σχετικά με την καμπύλη συνολικού οριακού κόστους ελέγχου που αντιμετωπίζει η κοινωνία.

Παρόλο που η πολιτική του περιβάλλοντος είναι πιθανόν απαλλαγμένη από την αβεβαιότητα που διακατέχει μια επιχείρηση – ως αποτέλεσμα των επιλογών της – έχει να αντιμετωπίσει δύο ακόμα πηγές αβεβαιότητας. Η πρώτη αφορά το γεγονός ότι η περιβαλλοντική πολιτική ελέγχου μπορεί να έχει μόνο ασαφή εκτίμηση της κοινωνικής συνάρτησης της οριακής ζημίας, καθώς το μέγεθος του σφάλματος που υπολογίζουμε σχετικά με το κόστος της υγείας και την ρύπανση του αέρα είναι μεγάλο. Από την άλλη πλευρά, ακόμα και αν μια επιχείρηση γνωρίζει την συνάρτηση MAC η καμπύλη του οριακού κόστους της, μπορεί να παραμένει άγνωστη.

Με αυτή την εκπόνηση της διδακτορικής διατριβής θα προσπαθήσουμε να καθορίσουμε το βέλτιστο επίπεδο ρύπανσης κάτω από τις υποθέσεις των γραμμικών, δευτεροβάθμιων και εκθετικών συνάρτησης του κόστους ζημίας και ελέγχου. Η δημιουργία επιπέδων με υπερβολικές περιβαλλοντικές καταστροφές συνδέεται με την

αδυναμία υπολογισμού του κοινωνικού κόστους. Αυτή η αδυναμία δείχνει την αποτυχία της αγοράς η οποία απαιτεί την μεσολάβηση νέων πολιτικών προκειμένου να διορθωθεί.

Πριν καταλήξουμε λοιπόν σε οποιαδήποτε απόφαση θα πρέπει να βάλουμε ως στόχο μια νέα περιβαλλοντική πολιτική η οποία θα έχει σκοπό το βέλτιστο επίπεδο της περιβαλλοντικής ρύπανσης. Στη συνέχεια απαιτείται να γίνει σύγκριση του κόστους ζημίας με το κόστος ελέγχου. Οι οικονομικές θεωρίες προτείνουν πως το βέλτιστο επίπεδο ρύπανσης πραγματοποιείται όταν το οριακό κόστος ζημίας είναι ίσο με το οριακό κόστος ελέγχου, όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Προκειμένου λοιπόν να βρούμε το άριστο επίπεδο ρύπανσης θα χρησιμοποιήσουμε δυο καμπύλες οι οποίες θα προσδιορίζουν το κόστος ελέγχου και την συνάρτηση κέρδους (ή ζημίας) αντίστοιχα μιας χώρας ή μιας επαρχιακής πόλης ή ενός δήμου. Το σημείο της τομής τους, θα αντιπροσωπεύει το άριστο επίπεδο. Θα υποθέσουμε ότι οι καμπύλες αλληλεπιδρούν, δημιουργώντας την περιοχή, που θα την ονομάσουμε 'άριστη'. Θα αποδείξουμε ότι αυτή η αλληλεπίδραση δεν είναι πάντα αποδεκτή, χρησιμοποιώντας τρεις περιπτώσεις ανά συνάρτηση οριακού κόστους και ζημίας καθώς και τους συνδυασμούς τους:

- α) Γραμμικές καμπύλες,
- β) Δευτεροβάθμιες καμπύλες και
- γ) εκθετικές καμπύλες.

Θα εξετάσουμε επίσης πως αυτή η σημαντική περιοχή μπορεί να αξιολογηθεί, χρησιμοποιώντας έναν δείκτη, σε περίπτωση όπου διαφορετικές περιοχές

προστεθούν, υιοθετώντας διαφορετικά ανταγωνιστικά μοντέλα και πολιτικές από εκείνα που εκφράζονται από τις καμπύλες κόστους και κέρδους.

Η τυπική προσέγγιση που καθορίζει το άριστο επίπεδο ρύπανσης προκύπτει από τον έλεγχο της οριακής ζημίας από μια επιπλέον μονάδα ρύπανσης με το αντίστοιχο οριακό κόστος ελέγχου. Σε αυτή την προσπάθεια θα διενεργηθούν ενέργειες προκειμένου να καθοριστεί το άριστο επίπεδο ρύπανσης κάτω από διαφορετικές υποθέσεις σχετικά με την συνάρτηση κόστους ελέγχου. Τι γίνεται δηλαδή στην περίπτωση της γραμμικής, δευτεροβάθμιας και εκθετικής συνάρτησης καθώς επίσης και ποίος είναι ο ρόλος της βαριάς βιομηχανίας για το βαθμό ρύπανσης και πόσο επηρεάζονται τα διάφορα επίπεδα ρύπανσης από την γεωγραφική θέση της εκάστοτε χώρας.

Έτσι θα εξάγουμε τα κόστη ελέγχου και ζημίας για ένα αριθμό χωρών για κάποια από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα. Η οικονομική θεωρία, μας δείχνει πως ο άριστος φορολογικός συντελεστής επιτυγχάνεται στο σημείο όπου το οριακό κόστος ελέγχου (marginal abatement cost, MAC) ισούται με το οριακό κόστος ζημίας (marginal damage cost, MD), της ρύπανσης που πρέπει να μειωθεί. Προτείνεται λοιπόν ένας νέος φόρος ο οποίος αποτελεί μια άλλη οπτική στη διαφοροποιημένη φορολογία και βασίζεται στην γενίκευση του διαφοροποιημένου φόρου. Ο φόρος αυτός διαφοροποιείται ανάλογα με το «μέγεθος της απόστασης» από το κέντρο της ρύπανσης και ονομάζεται 'σταθμισμένος διαφοροποιημένος φόρος απόστασης'.

Με βάση τα παραπάνω, η διατριβή έχει δομηθεί πάνω σε 8 κεφάλαια. Το παρόν αποτελεί το εισαγωγικό κεφάλαιο, όπου παρουσιάζονται οι βασικές διαστάσεις του εξεταζόμενου από την διατριβή αντικειμένου. Το δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζει μια σύντομη ανασκόπηση στις θεωρητικές έννοιες. Το τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζει τις καμπύλες ελέγχου και ζημίας, το άριστο επίπεδο της ρύπανσης καθώς και την περιοχή ωφέλειας. Επίσης υπενθυμίζει τα μέτρα περιβαλλοντικής πολιτικής, τις μεθόδους οικονομικής αξιολόγησης του περιβάλλοντος και τις αβεβαιότητες που συνδέονται τόσο με τα κόστη ελέγχου όσο και με τις ζημιές. Το κεφάλαιο 4 επικεντρώνεται στην βιβλιογραφική ανασκόπηση της διδακτορικής διατριβής, ενώ το κεφάλαιο 5 αναλύει μεθοδικά και αναλυτικά τις περιπτώσεις όπου τόσο η καμπύλη ελέγχου όσο και η καμπύλη ζημίας μπορεί να είναι γραμμική, δευτεροβάθμια ή εκθετική. Προσεγγίζεται κάθε φορά το άριστο σημείο μείωσης της ζημίας και η περιοχή ωφέλειας. Το κεφάλαιο 6 εξετάζει δύο εμπειρικές εφαρμογές για την προσέγγιση των ζημιών. Στην πρώτη

εφαρμογή χρησιμοποιήθηκαν πρωτογενή στοιχεία ενώ στην δεύτερη δευτερογενή. Στο κεφάλαιο 7 προτείνεται ο σταθμισμένο διαφοροποιημένο φόρο απόστασης (weighted location differential tax) ως ένα νέο μέτρο περιβαλλοντικής πολιτικής. Τέλος, στο κεφάλαιο 8 περιλαμβάνονται τα βασικά συμπεράσματα της διατριβής.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Θεωρητικό υπόβαθρο

---

#### 2.1 Οικονομία και Περιβάλλον

Η Γη έχει σαφή όρια σε αντίθεση με το αχανές διάστημα που την περιβάλλει. Φυτά, ζώα και άνθρωποι μοιράζονται στην επιφάνειά της τον ίδιο περιορισμένο χώρο και συνδέονται μεταξύ τους με ένα πυκνό δίκτυο σχέσεων και αλληλεξαρτήσεων. Καμία πράξη, καμία μεταβολή των φυσικών και βιολογικών συνθηκών οπουδήποτε και αν συμβεί δεν είναι χωρίς επιπτώσεις κάπου αλλού.

Στο παρελθόν το ενδιαφέρον των ανθρώπων δεν επικεντρωνόταν στην προστασία του περιβάλλοντος, το οποίο άλλωστε θεωρούσαν διαρκές και άφθαρτο, αλλά κυρίως στην όσο το δυνατόν μεγαλύτερη «χρήση» του προς όφελός τους (μεγαλύτερη υλική ευημερία, μεγιστοποίηση κέρδους). Η αφύπνιση του κοινού και των κυβερνήσεων υπήρξε απότομη: η προϋπάρχουσα δυσανασχέτηση για την καταστροφή του περιβάλλοντος ξαφνικά άρχισε να εκδηλώνεται με εκρηκτικό ρυθμό. Καθώς οι σχετικές πληροφορίες πολλαπλασιάζονταν άρχισε να γίνεται συνείδηση ότι οι ιδιότητες της φύσης, που οι οικονομολόγοι των περασμένων αιώνων αποκαλούσαν «πρωτογενείς και άφθαρτες», έχασαν σε μεγάλο βαθμό το δεύτερο από τα εν λόγω χαρακτηριστικά.

Οι σύγχρονοι οικονομολόγοι ισχυρίζονται ότι το περιβάλλον έχει μια πεπερασμένη «ικανότητα αντοχής» στο να εξασφαλίζει τις συνθήκες επιβίωσης της ανθρωπότητας, και ότι, όταν η ικανότητα αυτή εξαντλείται, διαταράσσεται ανεπανόρθωτα η οικολογική ισορροπία, με καταστρεπτικές συνέπειες για το ανθρώπινο είδος.

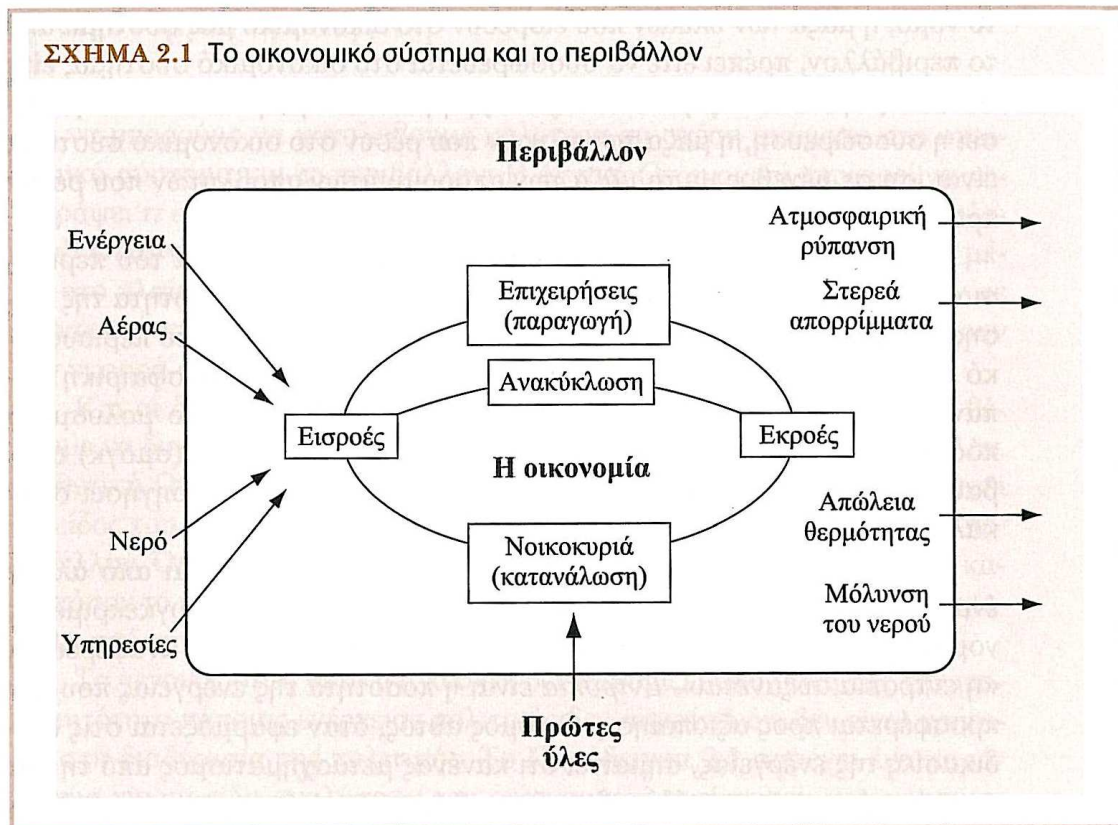
Η προσέγγιση της οικονομικής επιστήμης θεωρεί ότι το περιβάλλον είναι ένα σύνθετο περιουσιακό στοιχείο που προσφέρει ποικίλες υπηρεσίες στην ανθρωπότητα. Η ένταση και η σύνθεση των υπηρεσιών αυτών εξαρτώνται από τις πράξεις των ανθρώπων κάτω από τους περιορισμούς που επιβάλλουν οι φυσικοί νόμοι.

Προκειμένου να κάνουμε ορθολογικές επιλογές ως προς την σχέση μεταξύ οικονομικού συστήματος και περιβάλλοντος, έχουν αναπτυχθεί συγκεκριμένα



δεοντολογικά κριτήρια. Σύμφωνα με τα κριτήρια αυτά, περιβαλλοντικό πρόβλημα υπάρχει όταν οι κατανομές των πόρων είναι είτε μη αποτελεσματικές είτε αναμένεται ν' αφήσουν τις μελλοντικές γενιές σε χειρότερη κατάσταση από τη σημερινή.

**Σχήμα 2.1:** Το οικονομικό σύστημα και το περιβάλλον



Πηγή: Tietenberg, (2010, σελ. 61)

Στις τελευταίες δεκαετίες οι ανθρώπινες ανάγκες σε σχέση με το φυσικό περιβάλλον αυξήθηκαν με τρομακτικό ρυθμό εξαιτίας της ραγδαίας αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού, της υπέρμετρα αυξανόμενης αστικοποίησης, της γρήγορης βιομηχανικής ανάπτυξης και της ανόδου του βιοτικού επιπέδου. Επιπλέον, η επιτάχυνση της εξόρυξης ορυκτών μεταλλευμάτων και καυσίμων υλών, ο πολλαπλασιασμός της παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας και αγαθών αλλά κυρίως η δημιουργία αποβλήτων και η απόρριψή τους στο νερό, στην ατμόσφαιρα και στο έδαφος έφτασαν σε ύψη πρωτοφανή στην ιστορία, καθιστώντας έτσι το περιβαλλοντικό πρόβλημα όχι μόνο οξύ αλλά και παγκόσμιο. Το φαινόμενο της απότομης μετάβασης από μια κατάσταση αδιαφορίας για τα προβλήματα του περιβάλλοντος σε μια κατάσταση γενικής αγωνίας, καθώς και η σχετική σύγχυση που

παρατηρείται ακόμη για θέματα σχετικά με το χαρακτήρα, τα αίτια, τις επιπτώσεις και τις λύσεις των περιβαλλοντικών προβλημάτων είναι χαρακτηριστικά που υποδεικνύουν τόσο την κρισιμότητα της κατάστασης όσο και την ανάγκη για μια συστηματική διερεύνηση και αξιολόγηση των διαφόρων πλευρών του περιβαλλοντικού προβλήματος.

### **2.1.1 Ρύπανση του περιβάλλοντος**

Αρχικά ας διακρίνουμε τη διαφορά μεταξύ των όρων «μόλυνση» και «ρύπανση». Ως ρύπανση (pollution) εννοούμε την αποβολή στο περιβάλλον ποσοτήτων ουσιών ή και θορύβου που μπορούν διαχρονικά να προκαλέσουν ζημιά στην υγεία των ανθρώπων, των ζωικών και φυτικών οργανισμών. Η μόλυνση (contamination) είναι ειδική μορφή της ρύπανσης και αντιπροσωπεύει την παρουσία στο περιβάλλον παθογόνων μικροοργανισμών που η παρουσία τους εγκυμονεί κινδύνους για το περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται. Η έννοια της ρύπανσης είναι σχετική αφού σχεδόν όλες οι ουσίες δεν βρίσκονται σε καθαρή μορφή, όμως ανησυχία υπάρχει αν ξεπεράσουν κάποιο δεδομένο επίπεδο (κρίσιμο φορτίο) που διαφοροποιείται από περίπτωση σε περίπτωση. Η ρύπανση του περιβάλλοντος εξαρτάται από τρεις παράγοντες: τις πηγές ρύπανσης (είδος και ποσότητα ρύπων), τις μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν και τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής (Χάλκος, 2013).

Οι ουσίες που ρυπαίνουν ονομάζονται *ρυπαντές* και είναι είτε διαλυτοί, αν εξαφανίζονται ή αφομοιώνονται βιολογικά (τροφές, ξύλα, κλπ) ή μη διαλυτοί αν δεν διαλύονται, όπως τα βαρέα πλαστικά και τα κουτιά αλουμινίου. Η ρύπανση μπορεί να είναι μερική και προσωρινή ή ολική και μόνιμη. Στην πρώτη περίπτωση το κόστος είναι χαμηλό ενώ στην δεύτερη υψηλό. Ειδική περίπτωση ρύπανσης αποτελεί η μόλυνση που αναφέρεται στην πρόκληση παθογόνων μικροοργανισμών στο περιβάλλον (πχ. επικίνδυνες ασθένειες) (Χάλκος, 2013). Τα σημεία από τα οποία πηγάζουν οι ρύποι ονομάζονται πηγές και μπορεί να είναι ανθρωπογενείς ή φυσικές.

### **2.1.2 Κύριοι ρυπαντές**

Στην συνέχεια θα αναφέρουμε κάποιους από τους σπουδαιότερους ρυπαντές του περιβάλλοντος (όπως περιγράφονται στο Χάλκος, 2013).

- Διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>)

Αποτελεί υποπροϊόν όλων των καύσεων ορυκτών καυσίμων (κάρβουνου, πετρελαίου, βενζίνης, φυσικού αερίου κλπ.), αλλά και του ξύλου, πλαστικών κ.ά. οργανικών ενώσεων. Παράγεται ακόμα από την αποσύνθεση οργανικών ουσιών. Μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα εκπέμπονται επίσης από τα ηφαίστεια και από τις θερμές πηγές αλλά και από τη διάλυση των ανθρακικών πετρωμάτων. Είναι αέριο συστατικό της γήινης ατμόσφαιρας, άχρωμο, άοσμο και άγευστο σε κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας.

- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Προέρχεται από την ατελή καύση διαφόρων καυσίμων, όταν είναι ανεπαρκής η τροφοδοσία τους σε οξυγόνο. Η μεγαλύτερη πηγή μονοξειδίου του άνθρακα στα αστικά κέντρα είναι τα βενζινοκίνητα οχήματα, με συνολικές εκπομπές μεγαλύτερες από το σύνολο των άλλων ρύπων.

- Διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>)

Είναι αέριο άχρωμο με έντονη δυσάρεστη οσμή. Προέρχεται κυρίως από τις καύσεις διαφόρων καυσίμων που περιέχουν θείο, αλλά και από τη βιομηχανική δραστηριότητα παραγωγής θειικού οξέος. Στην ατμόσφαιρα μετατρέπεται βαθμιαία σε θειικό οξύ και άλατα, ιδιαίτερα επιβλαβή για την υγεία. Είναι ίσως ο σοβαρότερος ρύπος στην ατμόσφαιρα.

- Οξειδία αζώτου (NO<sub>x</sub>)

Προέρχονται από την καύση στερεών, υγρών και αέριων καυσίμων, και αποτελούν βασικά στοιχεία φωτοχημικών αντιδράσεων. Στις ευρύτερες περιοχές πόλεων, οι πηγές ρύπανσης από οξειδία του αζώτου, είναι η βιομηχανία, οι μεταφορές και η θέρμανση. Το NO<sub>2</sub> έχει έντονη οσμή και χρώμα σκούρο κόκκινο και θεωρείται ρύπος. Τα NO<sub>x</sub> είναι τοξικές ενώσεις με επιπτώσεις σε φυτά, σε ζώα αλλά και σε ανθρώπους.

- Όζον (O<sub>3</sub>)

Αέριο άχρωμο με έντονη μυρωδιά, βαρύτερο από τον αέρα ενώ έχει οξειδωτικές ικανότητες. Παίρνει τις μέγιστες τιμές του τις μεσημεριανές ώρες.

Ως ρύπος θεωρείται μόνο το όζον των κατώτερων ατμοσφαιρικών στρωμάτων που μπορεί να αναπνέει ο άνθρωπος, ενώ το όζον της στρατόσφαιρας αποτελεί ζωτικό στοιχείο εφόσον εμποδίζει τη διόδο των υπεριωδών ακτινών που προκαλεί καταστροφές.

- Υδρογονάνθρακες (HC)

Χημικές ενώσεις άνθρακα με υδρογόνο. Πρόκειται για πολυμελή οικογένεια χημικών ενώσεων με βάση υδρογόνο και άνθρακα. Προέρχονται κυρίως από τη μερική καύση καυσίμων και είναι επιρρεπείς σε φωτοχημικές αντιδράσεις.

*Πτητικές οργανικές ενώσεις* (volatile organic compounds, VOCs) είναι κάθε οργανική ένωση που όταν εισέλθει στην ατμόσφαιρα και πάρει μέρος σε φωτοχημικές αντιδράσεις εξατμίζεται.

Άλλη κατηγορία των HC είναι οι *πολυαρωματικοί* (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PHAs) οι οποίοι έχουν στο μόριο τους συμπυκνωμένους αρωματικούς δακτυλίους (π.χ. ναφθαλίνιο C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>).

- Καπνός

Κατηγορία αιωρούμενων σωματιδίων μικρού μεγέθους. Προέρχεται από ατελή καύση καυσίμων. Η σύσταση των μαύρων σωματιδίων του είναι άνθρακας, άκαυστοι υδρογονάνθρακες και μόλυβδος. Μεγάλες συγκεντρώσεις καπνού προκαλούν αναπνευστικά προβλήματα. Άλλα αιωρούμενα σωματίδια είναι η ομίχλη, η σκόνη και η τέφρα.

- Μόλυβδος, χλώριο

Τα αιωρούμενα σωματίδια μολύβδου είναι τοξικά. Προέρχονται από τις βιομηχανίες χρωμάτων και συσσωρευτών και από τις καύσεις των αυτοκινήτων. Ο μόλυβδος απορροφάται από το αίμα. Το χλώριο είναι τοξικό στην επαφή και την εισπνοή και πολύ τοξικό για τους θαλάσσιους οργανισμούς.

- Αμίαντος

Ο αμίαντος είναι ομάδα πυριτικών ορυκτών που έχουν ως χαρακτηριστικό την ινώδη μορφή. Είναι βασικό οικοδομικό αλλά και βιομηχανικό υλικό εξαιρετικά βλαβερό στην ανθρώπινη υγεία που μπορεί να προκαλέσει καρκίνο των πνευμόνων (ασβέστωση)

Τα περισσότερα απειλούμενα προϊόντα από τους βασικούς ρυπαντές είναι η βενζίνη, τα παρασιτοκτόνα και τα λιπάσματα, το χλώριο, το υδροφθόριο και τα κυανιούχα άλατα, οι πλαστικές συσκευασίες και τα ενδιάμεσα τους, τα βαρέα μέταλλα στις χρωστικές και οι χλωριοφθοριομένοι άνθρακες (Καρβούνης, 1991).

## 2.2 Ατμοσφαιρική ρύπανση

Η ατμόσφαιρα χωρίζεται σε περιοχές που φέρουν ορισμένα φυσικά ή χημικά χαρακτηριστικά. Η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας του αέρα διαφέρει ανάλογα με την απόσταση από την επιφάνεια της γης. Με βάση το κριτήριο αυτό η ατμόσφαιρα χωρίζεται σε ζώνες ( τροπόσφαιρα, στρατόσφαιρα, μεσόσφαιρα, θερμόσφαιρα). Η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας μεταβάλλεται προς διάφορες κατευθύνσεις ανάλογα με την απόσταση από το έδαφος. Αρχικά μειώνεται, σε μεγαλύτερο ύψος αυξάνεται, στη συνέχεια μειώνεται και βαθμιαία αυξάνεται. Οι αλλαγές της κατεύθυνσης των μεταβολών δεν γίνονται απότομα.

Η φυσική κατάσταση των ρύπων της ατμόσφαιρας συντελεί στη διάκρισή τους σε αέρια (διοξείδιο του θείου, μονοξείδιο του άνθρακα) και σε στέρεα ή υγρά σωματίδια. Οι πτητικές ουσίες που ρυπαίνουν τον ατμοσφαιρικό αέρα μεταφέρονται συνήθως διαμέσου των ρευμάτων του αέρα: τα θερμότερα ρεύματα παρουσιάζουν την τάση να ανέρχονται προς τα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, παρασύροντας μαζί τους διάφορες πτητικές ουσίες και αέρια.

Ως πηγές της ατμοσφαιρικής ρύπανσης αναφέρονται τα ηφαίστεια που εκπέμπουν στην ατμόσφαιρα αέρια και σωματίδια, η σήψη οργανικών ουσιών, οι πυρκαγιές, (φυσικές πηγές) αλλά και τα μεταφορικά μέσα, οι βιομηχανικές και βιοτεχνικές δραστηριότητες, οι μονάδες παραγωγής ενέργειας κ.α. (τεχνητές πηγές) που αποτελούν και την κύρια πηγή ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε ένα κατεξοχήν αστικοποιημένο κόσμο.

### 2.2.1 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Ένα μέρος από την ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται η Γη, απορροφάται από το σύστημα Γης-ατμόσφαιρας, ενώ το υπόλοιπο διαφεύγει στο διάστημα. Περίπου το 30% της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται ενώ το 70% απορροφάται (κατά 16% από την ατμόσφαιρα - συμπεριλαμβανομένου και του στρατοσφαιρικού στρώματος του όζοντος- κατά 3% από τα νέφη και το μεγαλύτερο ποσοστό (51%) από την επιφάνεια και τους ωκεανούς.

Λόγω της θερμοκρασίας της, η Γη εκπέμπει επίσης θερμική ακτινοβολία (κατά τρόπο ανάλογο με τον Ήλιο), η οποία αντιστοιχεί σε μεγάλα μήκη κύματος. Η ατμόσφαιρα της Γης διαθέτει την ικανότητα να απορροφά το μεγαλύτερο μέρος της γήινης ακτινοβολίας (71%), μέσω των αερίων συστατικών της που συμβάλλουν στο

φαινόμενο του θερμοκηπίου και αναφέρονται συνολικά με τον όρο *αέρια του θερμοκηπίου* (διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, το υποξείδιο του αζώτου, τα φθοριούχα αέρια και το όζον της τροπόσφαιρας). Αυτά είναι που απορροφούν την μεγάλου μήκους κύματος γήινη ακτινοβολία, κατακρατώντας έτσι ένα μεγάλο μέρος της στην ατμόσφαιρα, η οποία με τη σειρά της ακτινοβολεί πίσω προς την επιφάνεια της γης μεγάλες ποσότητες αυτής της ενέργειας.

Η ισορροπία μεταξύ εισερχόμενης και εξερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας καθορίζει το παγκόσμιο κλίμα. Το κλίμα στις μέρες μας αλλάζει και πολλοί έχουν ταυτίσει την κλιματική αλλαγή με το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Το θερμοκηπικό φαινόμενο είναι μια φυσική ατμοσφαιρική διεργασία απαραίτητη για το κλίμα της Γης. Αν πούμε ότι η μέση θερμοκρασία στον πλανήτη μας είναι 15° C, τότε χωρίς του φαινόμενου του θερμοκηπίου θα ήταν 25-35° C χαμηλότερη. Δηλαδή ενώ το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι χρήσιμο στο κλίμα της Γης, το πρόβλημα έγκειται στην υπερβολή του φαινομένου από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και στην συνεπαγόμενη συγκέντρωση μεγαλύτερης ποσότητας των αερίων του θερμοκηπίου σε μη επιτρεπτά επίπεδα (Χάλκος, 2013).

Τη μεγαλύτερη συνεισφορά στην ένταση του φαινομένου του θερμοκηπίου έχει το *διοξείδιο του άνθρακα* (CO<sub>2</sub>). Το διοξείδιο του άνθρακα έχει μέσο χρόνο παραμονής στην ατμόσφαιρα τέσσερα χρόνια. Απορροφάται από τα φυτά κατά τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης ή αντιδρά με την αλκαλικότητα της θάλασσας παρέχοντας όξινα ανθρακικά.

Τα άλλα αέρια του θερμοκηπίου όπως το *μεθάνιο* (CH<sub>4</sub>), το *υποξείδιο του αζώτου* (N<sub>2</sub>O), και τα φθοριούχα αέρια (F-gases) συναντώνται σε μικρότερη συγκέντρωση στην ατμόσφαιρα από το CO<sub>2</sub>. Εντούτοις, παρουσιάζουν μεγαλύτερη απορροφητικότητα υπέρυθρης ακτινοβολίας από το διοξείδιο του άνθρακα και μεγαλύτερα επίπεδα δυνητικής θέρμανσης του πλανήτη.

Η ένταση του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι πιθανόν να προκαλέσει *ακραία καιρικά φαινόμενα* ( ισχυρές καταιγίδες, καύσωνες). Οι υψηλές θερμοκρασίες και η ξηρασία κατά το καλοκαίρι συντείνουν στο συχνό φαινόμενο των πυρκαγιών και στην καταστροφή των δασών και δασικών περιοχών.

Παρά τον στόχο της *IPCC* για τις ετήσιες κατά κεφαλήν εκπομπές CO<sub>2</sub>, ακόμη δεν γνωρίζουμε πόση άνοδο της θερμοκρασίας θα προκαλέσουν τα διάφορα επίπεδα αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Οι εκτιμώμενες τιμές παρουσιάζουν μεγάλες αποκλίσεις, ακόμη και ύστερα από ένα τέταρτο του αιώνα

επιστημονικών προσπαθειών, εξαιτίας της πολυπλοκότητας του ίδιου του περιβάλλοντος. Αυτή είναι μια από τις αιτίες για τις οποίες η επιτυχία των ενεργειών καταπολέμησης σε παγκόσμιο επίπεδο συναντά μεγάλα εμπόδια.

Παρόλα αυτά κανείς δεν μπορεί να περιμένει ότι το κόστος της καταπολέμησης της κλιματικής αλλαγής θα είναι χαμηλό. Αυτό το κόστος όμως θα αυξηθεί ακόμη περισσότερο αν δεν υιοθετήσουμε συνετές παγκόσμιες στρατηγικές στις οποίες οι προσπάθειές μας για μετριασμό του φαινομένου θα προσαρμόζονται συνεχώς στα νέα δεδομένα.

### **2.2.1.2 Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής**

Η κλιματική αλλαγή επηρεάζει πολλούς τομείς όπως μεταξύ άλλων τον αγροτικό τομέα, τις παράκτιες περιοχές, τους υδάτινους πόρους, την ανθρώπινη υγεία και τη θνησιμότητα. Η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης κατά 2°C – 5° C εξαιτίας του φαινομένου του θερμοκηπίου αναμένεται να προκαλέσει σημαντικές κλιματικές μεταβολές. Οι κυριότερες επιπτώσεις των αλλαγών αυτών αφορούν στη μεταβολή της ζώνης των βροχοπτώσεων, στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας, το λιώσιμο των στρωμάτων πολικού πάγου και η υποχώρηση των παγετώνων.

Η αύξηση της θερμοκρασίας εκτιμάται ότι θα μετακινήσει τη ζώνη των βροχοπτώσεων με αποτέλεσμα τη μείωση των υδάτινων πόρων και την πιθανή εμφάνιση του φαινομένου της ξηρασίας σε ορισμένες περιοχές. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, υπάρχει κίνδυνος να προκαλέσει αύξηση της συχνότητας και ένταση των πλημμύρων, με αποτέλεσμα τη διάβρωση των εύφορων εδαφών, την καταστροφή των παράκτιων οικισμών και την αλάτωση του υδροφόρου ορίζοντα των περιοχών στις οποίες θα εισρεύσει αλμυρό νερό. Εκτιμάται ότι θα συντελεστεί μέσα από μεγάλα παλιρροιακά κύματα και τυφώνες και θα επιφέρει την καταστροφή και το θάνατο μεγάλου αριθμού ανθρώπων, καθώς υπολογίζεται ότι πάνω από το 1/3 του πληθυσμού της γης ζει σε παράκτιες περιοχές (IPCC 2001, Cline 1992).

### **2.2.3 Το πρόβλημα της τρύπας του όζοντος**

Ως «τρύπα» του όζοντος χαρακτηρίζεται το φαινόμενο της μείωσης της συγκέντρωσης του όζοντος στη στρατόσφαιρα, την περιοχή της ατμόσφαιρας που απέχει 12-50 χιλιόμετρα από την επιφάνεια της γης. Το όζον της ατμόσφαιρας απορροφά την υπεριώδη ακτινοβολία και η μείωσή του επιτρέπει μεγαλύτερα ποσά της ακτινοβολίας αυτής να φτάσουν στη γη. Τα αποτελέσματα του φαινομένου και

της υπερϊόδους ακτινοβολίας εγκυμονούν πολλαπλούς κινδύνους. Πρόσφατα, έχει δοθεί προσοχή σε μερικούς αλογονομένους υδρογονάνθρακες που περιέχουν βρώμιο - αποτελεσματικός καταστροφέας του όζοντος σε βάση μορίου με μόριο από ότι είναι το χλώριο- και που χρησιμοποιούνται ευρέως ως πυροσβεστικά μέσα και ως απολυμαντικά.

Τα μεγάλα μεγέθη της υπερϊόδους ακτινοβολίας, λόγω της μείωσης της στιβάδας του όζοντος, επηρεάζουν την υγεία των ανθρώπων, των ζώων, των φυτών, μικροοργανισμών, καθώς επίσης και την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα. Εκτός από αυτές τις άμεσες επιδράσεις στο ανθρώπινο είδος (καρκίνος του δέρματος, γενετικές ανωμαλίες, πιθανή εξασθένιση του ανοσοποιητικού συστήματος), υπάρχουν και άλλες λιγότερο ορατές συνέπειες. Για παράδειγμα, η αυξημένη υπερϊόδης ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει, σοβαρές καταστροφές σε υδρόβια οικοσυστήματα.

Διεθνείς συσκέψεις έχουν πραγματοποιηθεί και Πρωτόκολλα (μεταξύ άλλων το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ ,1987) αμοιβαίας δέσμευσης για λήψη μέτρων με σκοπό τη μείωση των ουσιών που καταστρέφουν το όζον, έχουν υπογραφεί τα τελευταία χρόνια, προκειμένου να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά το πρόβλημα.

#### **2.2.4 Η όξινη βροχή**

Από τη δεκαετία του 1980, το φαινόμενο της όξινης βροχής έχει καταστεί ένα από τα σημαντικότερα παγκόσμια διασυνοριακά περιβαλλοντικά προβλήματα που απασχολεί τις κυβερνήσεις και τις περιβαλλοντικές οργανώσεις.

Το πρόβλημα είναι δηλαδή η παρουσία στην βροχή ρύπων με έντονη όξινη αντίδραση. Οι ανθρωπογενείς πηγές των οξειδίων του αζώτου και του θείου ποικίλουν. Στις Η.Π.Α. και στην Ευρώπη η κύρια πηγή εκπομπής αυτών των ρύπων είναι η βιομηχανία όπου πραγματοποιείται μεγαλύτερη καύση άνθρακα και πετρελαίου. Η φύση του προβλήματος είναι τέτοια ώστε αφορά πολλές χώρες, δεδομένου ότι οι ρύποι που προκαλούν οξύτητα συνήθως μεταφέρονται, μέσω του ανέμου, σε μεγάλες χιλιομετρικές αποστάσεις από την πηγή που εκπέμφθηκαν και παραμένουν στην ατμόσφαιρα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Έτσι, γεωγραφικές περιοχές και χώρες που υφίστανται τη βλάβη δεν συμπίπτουν με τις γεωγραφικές περιοχές και χώρες όπου βρίσκονται οι πηγές. Η διεύθυνση και η ταχύτητα του ανέμου σε μια ευρύτερη περιοχή γύρω από την πηγή δημιουργίας των ρύπων προσδιορίζουν και την έκταση που θα επηρεαστεί από την όξινη εναπόθεση.



Τα πιο σημαντικά αέρια που οδηγούν στο σχηματισμό της όξινης βροχής είναι το διοξείδιο του θείου ( $\text{SO}_2$ ) και τα οξείδια του αζώτου που οξειδώνονται σχηματίζοντας διοξείδιο του αζώτου ( $\text{NO}_2$ ) και υδρολύεται σχηματίζοντας νιτρικό οξύ ( $\text{HNO}_3$ ).

Η δραστηριότητα της όξινης βροχής μετριέται με την κλίμακα του pH. Όσο χαμηλότερο είναι το pH τόσο πιο όξινη είναι η βροχή. Τα δυσμενή αποτελέσματα μπορούν να αφορούν άμεσα την ίδια την όξινη βροχή, ή έμμεσα, όπως τα αποτελέσματα του οξέος στο έδαφος. Ορισμένα είδη δέντρων επηρεάζονται ολοκληρωτικά από την βροχή αυτή, με αποτέλεσμα μεγάλες δασικές εκτάσεις να καταστρέφονται. Τα δάση υψηλού ύψους είναι ιδιαίτερα τρωτά, καθώς περιβάλλονται συχνά από όξινη ομίχλη που είναι πιο όξινη από τη βροχή.

Οι επιστήμονες έχουν επιβεβαιώσει και άμεσες βλάβες στην ανθρώπινη υγεία: αυξάνεται η πιθανότητα εμφάνισης ορισμένων μορφών καρκίνου και επιβαρύνεται η αναπνευστική λειτουργία σε ανθρώπους με προδιάθεση άσθματος.



*Τα μαρμάρινα ιστορικά μνημεία είναι το πιο συνηθισμένο θύμα της όξινης βροχής*

Σημαντικές είναι επίσης οι επιπτώσεις της όξινης βροχής στα οικιστικά περιβάλλοντα που μπορεί να προκαλέσει ζημία σε ορισμένα οικοδομικά υλικά και ιδιαίτερα σε ιστορικά μνημεία. Η διασυνοριακή φύση του προβλήματος απαιτεί διεθνή συνεργασία για την επίλυση του (Halkos 1993,1994,1995).

#### **2.2.4.1 Μέθοδοι καταπολέμησης των εκπομπών του θείου**

Για τον έλεγχο των εκπομπών του διοξειδίου του θείου στις στατικές πηγές μπορούμε να έχουμε:

- κατεργασία πριν από την καύση, όπως ο φυσικός καθαρισμός του καυσίμου, η αποθείωση του πετρελαίου και η αντικατάσταση καυσίμου.
- απομάκρυνση θείου κατά τη διάρκεια της καύσης όπως οι μέθοδοι αποθείωσης που εφαρμόζονται σε σταθμούς που χρησιμοποιούν

κονιοποιημένο καύσιμο με απευθείας ψεκασμό ασβεστόλιθου και όσε χρησιμοποιούν νέες τεχνολογίες καύσεως. Επίσης η καύση υπό πίεση ρευστοποιημένης στιβάδας ή με αεριοποίηση του άνθρακα (Pressurized Fluidized Bed Combustion, PFBC) είναι πρακτικές εκτενώς διαδεδομένες.

➤ απομάκρυνση θείου μετά την καύση του καυσίμου, η οποία μπορεί να γίνει με την μέθοδο της αποθείωσης αερίου καυσίμου (Flue Gas Desulphurization, FGD). Οι διαδικασίες FGD μπορούν να διακριθούν γενικά σ :

- 1) υγρού καθαρισμού- μη αναγεννήσιμες (π.χ. ασβεστόλιθος, γύψος),
- 2) υγρού καθαρισμού-αναγεννήσιμες (π.χ. Wellman-Lord)
- 3) ξήρανσης ψεκασμού (spray drying)

Για να εξαχθεί μια καμπύλη κόστους ελέγχου απαιτείται η ατομική προσέγγιση κάθε τομέα και κάθε καυσίμου όπου όλα τα διαθέσιμα καύσιμα (πετρέλαιο, λιγνίτης, κλπ) και όλοι οι τομείς (βιομηχανία, μεταφορές κλπ) λαμβάνονται υπόψη. Το κόστος των μεθόδων ελέγχου των εκπομπών θείου είναι ανεξάρτητο από τη σειρά εισαγωγής και κάθε μέθοδος έχει ένα πάγιο συντελεστή μείωσης της ρύπανσης όταν λειτουργεί στην καθορισμένη ικανότητα της (Χάλκος, 2013).

### 2.3 Ρύπανση των υδάτινων πόρων

Το νερό είναι απαραίτητο για την ύπαρξη και την επιβίωση όλων των ζωντανών οργανισμών ενώ αποτελεί τη βάση της ζωής στον πλανήτη. Περίπου το 70% της επιφάνειας της Γης σκεπάζεται με νερό. Είναι ζωτικός πόρος για τη γεωργία, τη βιοτεχνία, τις μεταφορές και άλλες αμέτρητες ανθρώπινες δραστηριότητες. Η ρύπανση του νερού είναι ένα θέμα που τα τελευταία χρόνια έχει πάρει τεράστιες διαστάσεις εφόσον απειλεί την υγεία μας και υποβαθμίζει την ποιότητα ζωής μας.

Με τον όρο «ρύπανση υδάτων» ονομάζεται οποιαδήποτε μεταβολή των φυσικών, χημικών και βιολογικών παραμέτρων του νερού (θαλασσών, ποταμών, λιμνών), λόγω της παρουσίας σε αυτό ουσιών σε ποσότητα που υπερβαίνει τα φυσιολογικά όρια. Οι ουσίες αυτές διαλύονται στο νερό, επιπλέουν ή κατακάθονται στον πυθμένα και προέρχονται κυρίως από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως το πετρέλαιο και τα λιπάσματα. Η ρύπανση χωρίζεται σε δυο κατηγορίες: την *άμεση* ρύπανση, δηλαδή αυτή που μπορούμε να τη δούμε όπως τα τοξικά απόβλητα που σκοτώνουν αμέσως τα ψάρια και την *έμμεση* ρύπανση, δηλαδή αυτή που δεν είναι

ορατή και σιγά σιγά προκαλεί αλλαγές στα είδη που βρίσκονται στο νερό.

Η χημεία των επιφανειακών νερών επηρεάζεται από τρεις παράγοντες:

- ▶ το φυσικό περιβάλλον που περιέχει τη μάζα του νερού και από τη λεκάνη απορροής του,
- ▶ τις επιπτώσεις των δραστηριοτήτων που αλλοιώνουν απευθείας το περιβάλλον αυτό (π.χ. λιπάσματα ή απόρριψη βιομηχανικών καταλοίπων σε ποτάμια κλπ)
- ▶ τις έμμεσες επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, όπως αυτές συμβαίνουν μέσω της ατμοσφαιρικής μεταφοράς και της αποθέσεως ανθρωπογενών εκπεμπόμενων ουσιών.

Σε κάθε συγκεκριμένη περίπτωση μπορούν να συμμετέχουν όλοι οι παραπάνω παράγοντες, αλλά και ο κάθε ένας χωριστά θα μπορούσε να είναι πολύ σοβαρός. Ένα από τα θέματα που έλαβαν πολύ μεγάλη δημοσιότητα τα προηγούμενα 20-25 χρόνια ήταν η οξίνιση των λιμνών και των ποταμών, γενικά (αλλά όχι πάντα) ως συνέπεια της αποθέσεως οξέων. Ο βαθμός κατά τον οποίο οι μάζες του νερού οξύνονται σχετίζεται ισχυρά με τα χημικά χαρακτηριστικά του χώματος και των βράχων στη γειτνιάζουσα περιοχή.

Κατά τη ρύπανση των υδάτων εμφανίζονται οι εξής καταστάσεις:

1. Αύξηση αιωρούμενων και διαλυμένων ουσιών
2. Τοξικότητα
3. Παθογένεια
4. Αποξυγόνωση
5. Ευτροφισμός

Οι λίμνες, τα ποτάμια και οι θάλασσες υφίστανται βιολογική, χημική και βακτηριολογική ρύπανση από την απόρριψη των υγρών αποβλήτων της βιομηχανίας και της οικιακής χρήσης, από τη μεταφορά πετρελαιοειδών, καθώς επίσης και από τη χρησιμοποίηση λιπασμάτων και φαρμάκων στη γεωργία. Αν και πολλές από αυτές τις ρυπαντικές ουσίες διασπώνται και απορροφώνται από τον υδάτινο αποδέκτη εν τούτοις άλλες δεν είναι δυνατό να αποικοδομηθούν από το οικοσύστημα του αποδέκτη.

Η ανίχνευση συγκεκριμένων στοιχείων στα ύδατα δείχνει την ύπαρξη συγκεκριμένης μορφής ρύπανσης. Ως παράδειγμα:

- Χαμηλές τιμές διαλυμένου οξυγόνου ( $DO_2$ ) αποτελούν ένδειξη ρύπανσης από οργανικές κυρίως ουσίες, που απαιτούν οξυγόνο για την αποικοδόμησή τους ενώ

υψηλές συγκεντρώσεις ιόντων χλωρίου αποδίδονται σε ρύπανση από βιομηχανικά απόβλητα και αστικά λύματα.

- Η παρουσία εξάλλου της τοξικής ουσίας του *υδραργύρου* (*Hg*), φανερώνει ρύπανση από βιομηχανία, φάρμακα και εκρηκτικά, όπου ο υδράργυρος βρίσκεται πολλές εφαρμογές.

Η οργανικής προέλευσης ρύπανση των νερών, δημιουργείται κυρίως από αστικά λύματα και από τα απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων, χαρτιού και χημικών προϊόντων. Η έλλειψη οξυγόνου θα ανακόψει και την εξέλιξη όλων των μορφών αερόβιας ζωής στο υδάτινο οικοσύστημα. Η παρουσία φωσφόρου στο νερό εισάγει την καταλυτική επιτάχυνση της βιολογικής επεξεργασίας καθαρισμού με σημαντική αύξηση στην ταχύτητα κατανάλωσης και οξυγόνου. Η παρουσία αζωτούχων και φωσφορούχων ουσιών (θρεπτικών ουσιών) στο νερό, βοηθούν στον πολλαπλασιασμό των φυκιών και άλλων υδρόφυτων τα οποία απορροφούν μεγάλες ποσότητες οξυγόνου, γεγονός που επιταχύνει τη μείωση της περιεκτικότητας του νερού σε οξυγόνο. Ρύπανση των υδάτων προκαλείται επίσης από βαρέα μέταλλα (κάδμιο, υδράργυρος, μόλυβδος, νικέλιο και χαλκός) και από διάφορες τοξικές ουσίες όπως είναι οι φαινόλες και μερικά γεωργικά φάρμακα που εμπεριέχονται σε αστικά, γεωργικά και βιομηχανικά απόβλητα.

Οι υδάτινοι πόροι μπορεί να υπόκεινται σε διαταραχή της θερμοκρασίας του νερού, η οποία είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της ζωής στο οικοσύστημα.

Άλλη μορφή ρύπανσης των νερών είναι η απόρριψη της σκόνης και στερεών ουσιών, οι οποίες μένουν χημικά αναλλοίωτες μέσα στο νερό, αλλά διαταράσσουν τη ζωή του οικοσυστήματος με το να εμποδίζουν το φως να διεισδύει και κατά συνέπεια τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης.

### **2.3.1 Θαλάσσια ρύπανση**

Ως *θαλάσσια ρύπανση* αναφερόμαστε στην άμεση ή έμμεση εισαγωγή ανθρωπογενούς προέλευσης ουσιών στη θάλασσα και στις εκβολές των ποταμών. Η θαλάσσια ρύπανση συχνά δημιουργείται όταν υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση ανθρώπων και βιομηχανικών μονάδων. Οι πηγές της ρύπανσης των θαλασσών είναι πολλές και κατά το πλείστον ανθρωπογενούς προέλευσης. Οι κυριότερες πηγές της θαλάσσιας ρύπανσης είναι τα πετρελαιοφόρα πλοία σε περίπτωση ατυχήματος και οι θαλάσσιες μεταφορές, η βιομηχανία και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τα

αποχετευτικά συστήματα και τα αστικά λύματα, οι γεωργικές καλλιέργειες κα. (Χάλκος, 2013).

Η Διεθνής Συνθήκη για την πρόληψη της Θαλάσσιας Ρύπανσης (Σύμβαση OPRC) υιοθετήθηκε από τον IMO στις 30 Νοεμβρίου του 1990 και τέθηκε σε διεθνή εφαρμογή στις 13 Μαΐου του 1995. Η Ελλάδα, με συνολική ακτογραμμή μήκους 13.676 χιλιόμετρα, ως κατ' εξοχήν ναυτική χώρα, επικύρωσε - από το 1990 κιόλας - τη Διεθνή Συνθήκη για την πρόληψη και αντιμετώπιση της Θαλάσσιας Ρύπανσης, αναλαμβάνοντας την υποχρέωση να διατηρεί και να προφυλάσσει το θαλάσσιο περιβάλλον, ειδικότερα κατά τη διάρκεια περιστατικών πραγματικής ή ενδεχόμενης ρύπανσης. Βάσει Ελληνικής και Ευρωπαϊκής νομοθεσίας, η Ελλάδα έχει καταρτίσει το Εθνικό Σχέδιο Αντιμετώπισης Θαλάσσιας Ρύπανσης για την αντιμετώπιση περιστατικών θαλάσσιας ρύπανσης.

## 2.4 Στερεά και Υγρά απόβλητα

Η πλειονότητα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων δημιουργεί απόβλητα ή απορρίμματα, όπως τα υπολείμματα των τροφών. Ως *απορρίμματα* θεωρούνται τα άχρηστα υλικά ή προϊόντα που προέρχονται από τις ανθρώπινες ενέργειες και επιβαρύνουν το περιβάλλον. Ομοίως, τα *απόβλητα* είναι αντικείμενα που προκαλούν περιβαλλοντική επιβάρυνση και ο κάτοχος τους επιθυμεί ή πρέπει να απαλλαγεί από αυτά. Τα απόβλητα διακρίνονται σε στερεά και σε υγρά, ενώ τα οικιακά (αστικά) και βιομηχανικά υγρά απόνερα καλούνται και *λύματα* (Χάλκος, 2013).

Ως *στερεά απόβλητα* χαρακτηρίζονται οποιοδήποτε υλικά είναι ανεπιθύμητα και δεν είναι αέρια ή υγρά. Δημιουργούνται κατά την παραγωγή ενδιάμεσων ή τελικών προϊόντων, την εξόρυξη ή την χρήση πρώτων υλών, την κατανάλωση προϊόντων αλλά και σε πολλές άλλες καθημερινές δραστηριότητες.

Τα *υγρά απόβλητα* είναι όλες οι ποσότητες υδάτων που μπορεί να προκύψουν είτε από οικιακές δραστηριότητες, είτε από βιομηχανικές, είτε από διάφορες άλλες ανθρωπογενής δραστηριότητες, τα οποία συλλέγονται στο σύστημα αποχέτευσης της κάθε πόλης και οδηγούνται στο χώρο επεξεργασίας τους. Δηλαδή ως υγρά απόβλητα μπορούμε να θεωρήσουμε τις υγρές απορροές από τις χρήσεις αυτές μαζί με τα υπόγεια, τα επιφανειακά και τα πιθανά όμβρια ύδατα.

### **2.4.1 Κατηγορίες υγρών αποβλήτων**

Ανάλογα τη χρήση από όπου προήλθαν, ορίζουμε τα υγρά απόβλητα στις παρακάτω κατηγορίες (Χάλκος, 2013):

- *Αστικά υγρά απόβλητα*, είναι τα απόνερα που αποβάλλονται από κατοικίες, καταστήματα, ξενοδοχεία και άλλες παρόμοιες πηγές.
- *Βιομηχανικά υγρά απόβλητα*, είναι τα απόβλητα που παράγονται σε διάφορες βιομηχανίες για παράδειγμα μεταλλουργικές, ηλεκτροπαραγωγικές ή κλωστοϋφαντουργικές.
- *Γεωργικά υγρά απόβλητα*, απόβλητα που παράγονται από κάθε γεωργική δραστηριότητα, όπως για παράδειγμα οι εντατικές κτηνοτροφικές μονάδες.
- *Ομβρια νερά*, είναι οι απορροές από τις βροχοπτώσεις και από το λιώσιμο του χιονιού.

Τα υγρά απόβλητα μπορούν να χαρακτηριστούν από τη φυσική, χημική και βιολογική τους σύσταση. Τα φυσικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων συμπεριλαμβάνουν την ολική περιεκτικότητα σε στερεά συστατικά, την οσμή, τη θερμοκρασία, την πυκνότητα, το χρώμα και τη θολερότητα.

#### **2.4.1.1 Επεξεργασία των υγρών αποβλήτων**

Σε πολλές θαλάσσιες λεκάνες απορροής υπάρχει ανεπαρκής επεξεργασία των οικιακών λυμάτων και ακατέργαστα λύματα συχνά απορρίπτονται κατευθείαν σε παράκτια νερά και ποτάμια. Λόγω της διάσπασης της οργανικής ύλης, τέτοια απόβλητα μπορεί να προκαλέσουν άμεσα προβλήματα στη θαλάσσια ζωή με τις υψηλές απαιτήσεις σε οξυγόνο και μέσω των τοξικών αποτελεσμάτων της αμμωνίας.

Η επεξεργασία των αποβλήτων ακολουθεί μια σειρά από στάδια που είναι τα εξής:

- Προεπεξεργασία ή προκαταρκτική επεξεργασία
- Πρωτοβάθμια επεξεργασία
- Δευτεροβάθμια (ή βιολογική) επεξεργασία
- Τριτοβάθμια επεξεργασία

### **2.4.2 Τύποι στερεών αποβλήτων**

Τα στερεά απόβλητα (απορρίμματα) ανάλογα με την προέλευση τους μπορούν να διακρίνονται στις εξής κατηγορίες (Μπαλαφούτας, 1990):

∇ *Οικιακά*: Σε αυτά ανήκουν τα απορρίμματα των νοικοκυριών.

- ∇ *Βιομηχανικά*: Είναι αυτά που προκύπτουν σαν άχρηστα υλικά της παραγωγικής διαδικασίας στην ελαφρά και βαριά βιομηχανία, στις κατασκευές και κατεδαφίσεις, στα δυλιστήρια, χημικές εγκαταστάσεις, σταθμούς ενέργειας κ.λ.π.
- ∇ *Αγροτικά*: Πρόκειται για τα απορρίμματα που προκύπτουν από τους κήπους και διάφορες άλλες αγροτικές χρήσεις, όπως θερμοκήπια κ.λ.π.
- ∇ *Εμπορικά*: Είναι τα απορρίμματα που προέρχονται από τα καταστήματα, εστιατόρια, αγορές, γραφεία, ξενοδοχεία. Κατ' επέκταση στην κατηγορία αυτή των απορριμμάτων ανήκουν κι όσα συγκεντρώνονται στους δημοτικούς χώρους. Τα εμπορικά απορρίμματα αποτελούνται από υπολείμματα τροφών, υλικά κατεδάφισης, ορισμένα ογκώδη απορρίμματα και ορισμένα επικίνδυνα απορρίμματα.
- ∇ *Ειδικά*: Στην κατηγορία αυτή ανήκουν διάφορα άλλα είδη απορριμμάτων όπως αυτά των νοσοκομείων, των ερησθηρίων και των γκαράζ, Σε αυτά μπορούν να ενταχθούν και τα *επικίνδυνα απόβλητα* όπως είναι τα χημικά, βιολογικά, εύφλεκτα ή και ραδιενεργά. Όλα αυτά συναντιούνται συνήθως σε υγρή μορφή, χωρίς όμως να αποκλείεται η εμφάνισή τους σε αέρια ή στερεά μορφή ή ακόμη και σε μορφή λάσπης.

#### **2.4.2.1 Η διαχείριση των στερεών αποβλήτων**

Η ολοκληρωμένη διαχείριση των απορριμμάτων πρέπει να ενσωματώνει πρακτικές και μέτρα που προωθούν την αειφόρο ανάπτυξη σε Εθνικό, Περιφερειακό αλλά και τοπικό επίπεδο.

Ο όρος διαχείριση απορριμμάτων εμπεριέχει τις τεχνικές διαδικασίες και μεθόδους οι οποίες σχετίζονται με τη συλλογή, την προσωρινή αποθήκευση, την ανάκτηση χρήσιμων υλικών εξ αυτών και την τελική διάθεση τους σε κατάλληλα επιλεγμένους χώρους. Σήμερα η διαχείριση των απορριμμάτων είναι παγκοσμίως ένα από τα πιο σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα, ιδιαίτερα στις οικονομικά αναπτυγμένες κοινωνίες. Οι περιβαλλοντικά παραδεκτές μέθοδοι διάθεσης απορριμμάτων είναι οι εξής:

- Υγειονομική ταφή απορριμμάτων
- Λιπασματοποίηση απορριμμάτων
- Καύση απορριμμάτων

- Μηχανική διαλογή
- Ανακύκλωση απορριμμάτων

Τα πλεονεκτήματα της διαχείρισης αποβλήτων παρατίθενται στην συνέχεια:

1. Καθαροί χώροι εργασίας, αποθήκευσης και διέλευσης χωρίς ζημία στον περιβάλλοντα χώρο.
2. Εμφανή περιβαλλοντική συνείδηση, που γίνεται άμεσα αντιληπτοί από τους πολίτες.
3. Διεύρυνση χώρων αποθήκευσης εμπορευμάτων και πρώτων υλών, που προκύπτει από την τακτική διαχείριση αποβλήτων.

Στις βιομηχανικές χώρες, η διαχείριση αποβλήτων κατατάσσεται γενικά στα κυριότερα προβλήματα που δεν μπορούν να λυθούν με τεχνικούς τρόπους μόνον. Απαιτείται μια θεμελιακή τροποποίηση στα σημερινά πρότυπα παραγωγής, καταναλώσεως και περιορισμού των αποβλήτων προκειμένου να αναδειχθεί ένας νέος τύπος κοινωνίας που να βασίζεται στην αρχή της «βιώσιμης ανάπτυξης» χωρίς περαιτέρω υποβάθμιση του περιβάλλοντος ή της ποιότητας ζωής των μελλοντικών γενεών.

Λογικά, πρέπει να τεθεί η ακόλουθη ιεραρχία των λύσεων:

- Πρόληψη δημιουργίας αποβλήτων
- Επαναχρησιμοποίηση αποβλήτων
- Ανακύκλωση υλικών από απόβλητα
- Χρησιμοποίηση ενέργειας προερχόμενης από απόβλητα
- Ασφαλής απομάκρυνση των αποβλήτων

Η παραπάνω κατάταξη, επί του παρόντος, είναι γενικά αποδεκτή, αλλά η πρακτική της εφαρμογή παρεμποδίζεται από πολλά προβλήματα. Είναι πραγματική πρόκληση το να συμβιβασθεί ένα μακροπρόθεσμο οικολογικό όραμα με ανέμελο τρόπο ζωής και υλιστική συμπεριφορά του μέσου καταναλωτή από τη μια πλευρά και το ισχύον βιομηχανο-οικονομικο-χρηματοδοτικό σύστημα από την άλλη (Halkos, 2009).

## **2.5 Βιοποικιλότητα**

Η ένταση της αστικοποίησης και η αύξηση των υποδομών, η υπερεκμετάλλευση των φυσικών πόρων, η κάθε είδους ρύπανση και η εισαγωγή ξενικών ειδών στα οικοσυστήματα βλάπτουν τη βιοποικιλότητα. Ως βιοποικιλότητα ορίζεται «...η



ποικιλία των οργανισμών του ζωικού και φυτικού κεφαλαίου γήινων, εναέριων και υδάτινων, καθώς και τα διάφορα συμπλέγματα οικοσυστημάτων που σε αυτά διαβιώνουν» (Department of Environment, 1994).

Η διατήρηση της βιοποικιλότητας αποτελεί μια από τα σημαντικότερες αρχές της αειφόρου ανάπτυξης αν και κινδυνεύει σημαντικά εξαιτίας της ανθρώπινης δραστηριότητας. Στο σύνολο της ευρωπαϊκής ηπείρου, απειλούνται το 42% των θηλαστικών, το 15% των πτηνών και το 52% των ψαριών του γλυκού νερού. Παράλληλα, πάνω από 1.000 είδη φυτών απειλούνται με εξαφάνιση ή τελούν υπό εξαφάνιση.

### 2.5.1 Δείκτες βιοποικιλότητας

Η ιδέα της διατήρησης της βιοποικιλότητας έχει αρχίσει να απασχολεί τα τελευταία χρόνια τις διάφορες κυβερνήσεις. Οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων μπορούν να χρησιμοποιήσουν δείκτες, για την εκτίμηση συνθηκών και τάσεων αλλά και για τη επίτευξη συγκεκριμένων στόχων. Οι δείκτες, δείχνουν τις μεταβολές μιας μεταβλητής ή μιας ομάδας συσχετιζόμενων μεταβλητών μεταξύ δύο περιόδων ή δύο καταστάσεων. Μπορούμε να κατασκευάσουμε δείκτες στηριζόμενοι (Χάλκος, 2013):

1. Στον πλούτο των ειδών
2. Στα είδη που απειλούνται με εξαφάνιση ή εξάντληση (αριθμός ή ποσοστό)
3. Στα ενδημικά είδη ή ενδημικά είδη που απειλούνται με εξαφάνιση (αριθμός ή ποσοστό)
4. Στα είδη σε κίνδυνο (Species Risk Index)
5. Στα είδη με μεταβαλλόμενο πληθυσμό (αριθμός ή ποσοστό)
6. Στα απειλούμενα ή ενδημικά είδη σε υπό προστασία περιοχές (αριθμούς ή ποσοστό)
7. Στα ενδημικά είδη σε υπό προστασία περιοχές ή σε ex-situ συλλογές (αριθμός ή ποσοστό)
8. Στα είδη που χρησιμοποιούνται από τους τοπικούς κατοίκους (αριθμός ή ποσοστό)

Οι δείκτες μπορούν να βοηθήσουν τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να ορίσουν προτεραιότητες για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας ενώ ποικίλουν εξαρτώμενοι από το αν αναφερόμαστε σε επίπεδο απλώς μια έρευνας ή σε εθνικό ή παγκόσμιο σχεδιασμό.

Κάτω από τη σκιά των κινδύνων που απειλούν τη βιολογική ποικιλότητα, η στρατηγική της προστασίας της φύσης ξανασχεδιάζεται. Η προστασία των σημερινών βιοτόπων δεν μπορεί πλέον να έπεται της διεξοδικής επιστημονικής έρευνας, αλλά στο μέλλον θα πρέπει να προηγείται αυτής. Το μεγάλο κόστος αλλά και η αβέβαιη επιτυχία των επανορθωτικών μέτρων (π.χ. αναδασώσεις ) συνηγορούν σαφώς υπέρ της πρόληψης και της πρόγνωσης.

### **2.5.2 Παράκτια ζώνη**

Δεν υπάρχει ένας κοινά αποδεκτός ορισμός για το τι περιλαμβάνει η παράκτια ζώνη, αλλά υπάρχουν αρκετοί συμπληρωματικοί ορισμοί καθένας από τους οποίους εξυπηρετεί διαφορετικό σκοπό. Ένας γενικός ορισμός είναι “ το μέρος της ξηράς που επηρεάζεται από τη γειτνίαση με τη θάλασσα, και το μέρος της θάλασσας που επηρεάζεται από τη γειτνίαση με την ξηρά, μέχρι του σημείου στο οποίο οι χερσαίες δραστηριότητες του ανθρώπου έχουν μια μετρήσιμη επίδραση στην χημεία του νερού και στην θαλάσσια οικολογία”. Επίσης αναφέρεται στον εναέριο χώρο καθώς και στο υπέδαφος (Άρθρο 15 Coastal Protection and Management Act, 1995). Η παράκτια ζώνη ορίζεται επίσης ως η γεωμορφολογική περιοχή στην οποία οι αλληλεπιδράσεις του θαλάσσιου και του χερσαίου τμήματος συνεισφέρουν στη δημιουργία πολύπλοκων συστημάτων, οικολογικών συστημάτων και πόρων οι οποίοι με τη σειρά τους αλληλεπιδρούν με τις ανθρώπινες κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης Αρθ.2 παρ.ε).

Αν και στην ελληνική νομοθεσία δεν υπάρχει σαφής ορισμός για την παράκτια ζώνη, ορίζεται ως *αιγιαλός*: ‘είναι η ζώνη της ξηράς, που βρέχεται από τη θάλασσα από τις μεγαλύτερες και συνήθεις αναβάσεις των κυμάτων’ (Ν.2971/2001).

Ως *παράλια* ορίζεται: ‘είναι η ζώνη ξηράς που προστίθεται στον αιγιαλό, καθορίζεται δε σε πλάτος μέχρι και πενήντα (50) μέτρα από την οριογραμμή του αιγιαλού, προς την εξυπηρέτηση της επικοινωνίας της ξηράς με τη θάλασσα και αντίστροφα’ (Ν.2971/2001).

#### **2.5.2.1 Χαρακτηριστικά της παράκτιας ζώνης**

Τα χαρακτηριστικά των παράκτιων ζωνών μπορεί να είναι είτε φυσικά όπως για παράδειγμα οι παραλίες και οι υγρότοποι είτε αποτέλεσμα ανθρώπινων δραστηριοτήτων όπως είναι τα λιμάνια, η βιομηχανία του τουρισμού και γενικότερα τα διάφορα χαρακτηριστικά των αστικών παράκτιων περιοχών. Στον πίνακα 2.1

παρουσιάζονται οι τομείς που επιδρούν σημαντικά στο παράκτιο και θαλάσσιο περιβάλλον.

**Πίνακας 2.1:** Τομείς που επιδρούν στην παράκτια ζώνη και στο θαλάσσιο περιβάλλον

Αγροτική καλλιέργεια	Παράκτια και ορεινή καλλιέργεια, αρδευτικά συστήματα
Υδατοκαλλιέργεια	Ιχθυοκαλλιέργεια
Αλιεία	Παράκτια αλιεία, αλιεία σε βαθιά ύδατα
Δασοκομία	Εκμετάλλευση δασικών προϊόντων
Ενέργεια	Παράκτιες και υπερπαράκτιες έρευνες φυσικού αερίου και πετρελαίου, παράκτια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, υδροηλεκτρικά φράγματα στην ενδοχώρα
Μεταφορές	Παράκτιοι δρόμοι, σιδηρόδρομοι, γέφυρες, λιμάνια κατασκευή καναλιών
Αστικοποίηση	Τροποποίηση της ακτογραμμής, διάθεση και διαχείριση αποβλήτων, ανάπτυξη συστημάτων άρδευσης και αποχέτευσης
Βιομηχανία	Παράκτιες βιομηχανικές εγκαταστάσεις, παράκτια και θαλάσσια εξόρυξη (άμμος, αλάτι), βιομηχανικά απόβλητα
Τουρισμός	Παραθαλάσσιες ξενοδοχειακές μονάδες και εγκαταστάσεις αναψυχής, διάθεση αποβλήτων και λυμάτων

**Πηγή:** Χάλκος, (2013)

Στο πλαίσιο αυτό δημιουργήθηκε το Πρόγραμμα για την Ολοκληρωμένη Διαχείριση των Παράκτιων Ζωνών. Στον πίνακα 2.2 φαίνονται οι στόχοι του με σκοπό την παροχή πληροφοριών σχετικά με τη βιώσιμη διαχείριση τους.

**Πίνακας 2.2:** Εκπλήρωση βασικών στόχων της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Παράκτιας Ζώνης

<b>Βασικές Αρχές της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Παράκτιας Ζώνης</b>	
<b>Στόχοι</b>	Προστασία αξιόλογων παράκτιων οικοσυστημάτων
	Ορθολογική διαχείριση υδάτινων πόρων
	Προστασία οικιστικών συνόλων
	Αξιολόγηση των υφιστάμενων έργων υποδομής
	Διαφύλαξη και ενίσχυση των οικονομικών δραστηριοτήτων

Εντούτοις, παρόλο που η ελληνική παράκτια ζώνη έχει ιδιαίτερη σημασία τόσο από οικονομική όσο και περιβαλλοντική – πολιτιστική πλευρά, δεν διαθέτει ολοκληρωμένο νομοθετικό πλαίσιο για την βιώσιμη διαχείριση της παράκτιας ζώνης της.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### Εκτιμήσεις συναρτήσεων ζημίας και κόστους ελέγχου

---

#### 3.1 Το άριστο επίπεδο ρύπανσης

Όταν τίθεται κάποιες φορές το ερώτημα μέχρι ποιο βαθμό ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων θα πρέπει να περιορίσει την περιβαλλοντική ρύπανση, συχνά έχουμε την απάντηση ότι θα πρέπει να περιοριστεί πλήρως. Δηλαδή να έχουμε ένα μηδενικό επίπεδο ρύπανσης. Αλλά υπάρχουν περιπτώσεις όπου η ρύπανση μπορεί να είναι αναγκαία. Γιατί να είναι η ρύπανση αναγκαία;

Μια απάντηση προέρχεται από το γεγονός ότι η παραγωγή κάποιων αγαθών και υπηρεσιών που βρίσκουμε χρήσιμα δεν θα ήταν δυνατή χωρίς την παραγωγή κάποιου επιπέδου ρύπανσης, ακόμα κι αν είναι μόνο ένα μικρό ποσοστό. Η ανεκτικότητα σε κάποιο επίπεδο ρύπανσης βοηθάει στην παραγωγή αγαθών που υπό άλλες συνθήκες θα ήταν ανέφικτη. Ξεκινώντας επομένως από το γεγονός ότι δεν μπορούμε να έχουμε πλήρη εξάλειψη της ρύπανσης το πρόβλημα εντοπίζεται στο «πόση ρύπανση». Ποιος θα είναι δηλαδή το επίπεδο εκείνο της ρύπανσης που θα μας αποφέρει το «άριστο» επίπεδο ρύπανσης του περιβάλλοντος και ως εκ τούτου θα συντελέσει στην μεγιστοποίηση της κοινωνικής ευημερίας.

##### 3.1.1 Συναρτήσεις ζημίας και οφέλους

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου η ζημία στην κοινωνία από την εκπομπές ρύπων (εξωτερικές επιβαρύνσεις) είναι άμεσες τόσο στην υγεία των ανθρώπων όσο και στο περιβάλλον. Για παράδειγμα, οι εκπομπές αέριων ρύπων από σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να επηρεάσουν άμεσα την ανθρώπινη υγεία δυσχεραίνοντας την αναπνοή.

Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις όπου η ζημία στην κοινωνία δεν είναι άμεση, αλλά δημιουργείται από το συσσωρευμένο απόθεμα της ρύπανσης όπως το φαινόμενο της υπερθέρμανσης του πλανήτη που οφείλεται στην συσσώρευση των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Έτσι, η ζημία μπορεί να ταξινομηθεί ανάλογα με τα

αίτια της πρόκλησης της. Ανάλογα με το αν η ζημία προέρχεται από τη ροή ή το απόθεμα του ρυπαντή έχουμε (Χάλκος, 2013) :

- Τη ζημία ροής (flow damage) που εμφανίζεται ως το αποτέλεσμα της ζημίας από τη ροή των καταλοίπων : δηλαδή το ποσοστό των ρύπων που διαχέεται στο περιβαλλοντικό σύστημα.
- Την αποθεματική ζημία (stock damage) που περιγράφει την περίπτωση στην οποία η ζημία εξαρτάται από την συσσώρευση του ρυπαντή.

Οι μικτές περιπτώσεις ζημίας είναι εκείνες όπου η ζημία προκύπτει και από τα αποτελέσματα ροής και από τα αποτελέσματα αποθεμάτων. Οι ρύποι από τα απόβλητα για παράδειγμα στο υδάτινο σύστημα διαμορφώνονται μερικές φορές ως μικτοί ρύποι ροής αποθεμάτων. Παρόμοιες είναι επίσης οι ζημίες που προκύπτουν από τις εκπομπές των ενώσεων του άνθρακα, του θείου και του αζώτου. Συμβολίζοντας ως F (Flow) τη ροή, ως S (Stock) το απόθεμα και ως D (Damage) τη ζημία έχουμε :

Ζημία ροής :  $D=D(F)$  και

Αποθεματική ζημία :  $D=D(S)$

Για να θέσουμε περιβαλλοντικούς στόχους θα πρέπει να μεγιστοποιήσουμε το καθαρό όφελος κάθε περιβαλλοντικής ενέργειας. Το μέγιστο επιτυγχάνεται όταν το οριακό όφελος (Marginal Benefit, MB) ισούται με το οριακό κόστος ζημίας (Marginal Damage, MD).

Το πρόβλημα με τον καθορισμό του άριστου επιπέδου περιβαλλοντικής ζημίας είναι ότι ενώ τα οριακά οφέλη μπορούν να εκτιμηθούν με σχετική ακρίβεια, τα αντίστοιχα κόστη ζημίας δεν είναι τόσο εύκολο να υπολογιστούν και αρκετές φορές απαιτούν την χρήση κατάλληλων μεθόδων για την οικονομική αποτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

### 3.2 Το οριακό όφελος

Το όφελος από τον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος συνίσταται στη μείωση των ζημιών που προκαλεί η ρύπανση. Από την άλλη πλευρά, η μείωση της ρύπανσης επιτυγχάνεται με διαδικασίες ελέγχου της εκπεμπόμενης ρύπανσης, όπως η χρήση αντιρρυπαντικής τεχνολογίας, η χρήση καθαρότερων καυσίμων, μεταβολές στην τεχνολογία παραγωγής ώστε να εκπέμπεται μικρότερη ρύπανση κλπ.

Ο έλεγχος της ρύπανσης συνεπάγεται κόστος για την οικονομική μονάδα. Το καθαρό όφελος ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ του αποφευχθέντος κόστους των ζημιών που προκύπτει από τη μείωση της ρύπανσης και του κόστους ελέγχου της ρύπανσης.

Το οριακό όφελος (Marginal Benefit, MB), προκύπτει από την αφαίρεση του οριακού (ιδιωτικού) κόστους από τα οριακά έσοδα όπου σε συνθήκες τέλει ανταγωνισμού, ισχύει ότι η δεδομένη τιμή ισούται με τα οριακά και μέσα έσοδα. Το οριακό όφελος μπορεί να χαρακτηριστεί και ως οριακό κόστος καταπολέμησης ή ελέγχου της ρύπανσης (Marginal Abatement Cost, MAC), αφού παρουσιάζει τη μείωση του κέρδους της επιχείρησης από τις διαδοχικές μειώσεις στα επίπεδα της ρύπανσης (Χάλκος, 2013).

### 3.2.1 Καμπύλες κόστους ελέγχου

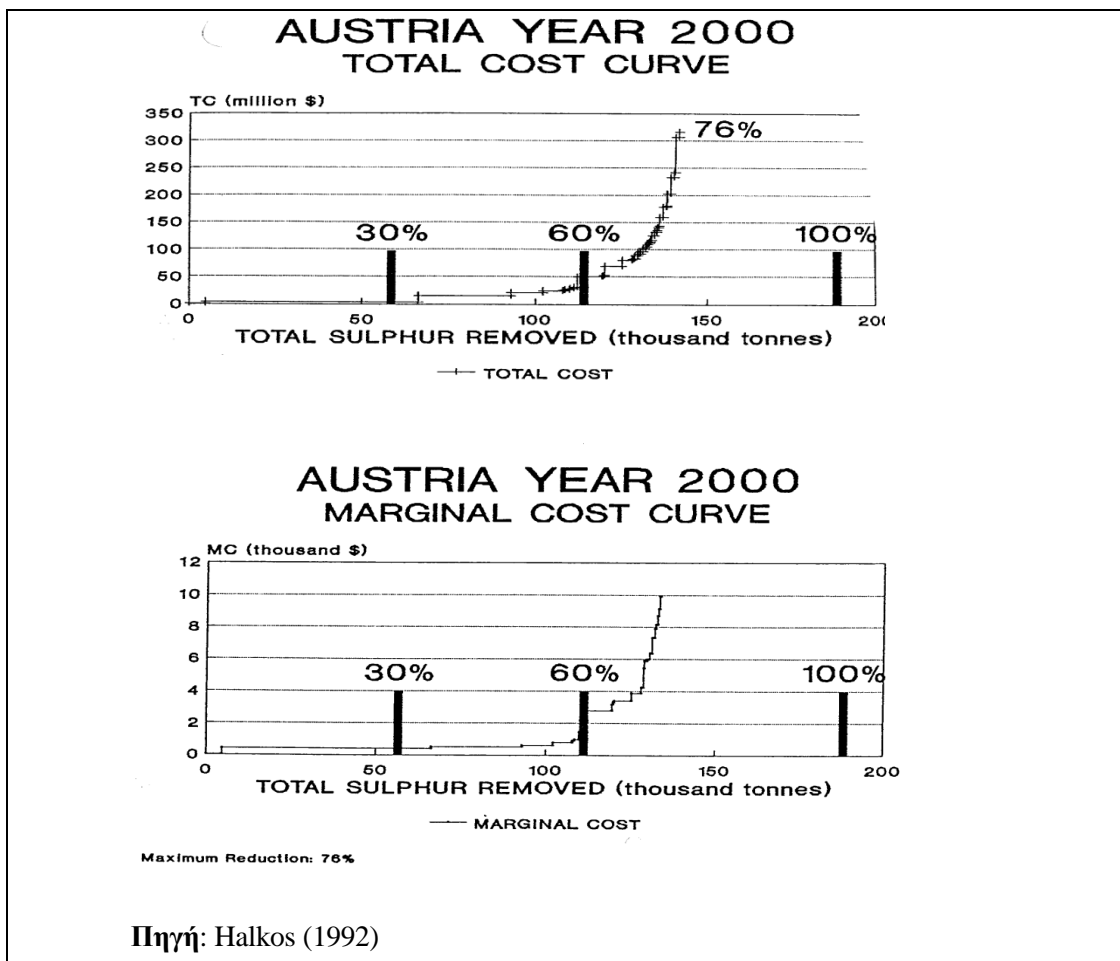
Οι τεχνολογίες καταπολέμησης διαφέρουν στο κόστος και στη δυνατότητα της εφαρμογής, ανάλογα με τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά των καυσίμων που χρησιμοποιούνται και το μέγεθος των εγκαταστάσεων. Κάθε τεχνολογία μειώνει τις εκπομπές κατά μια αναλογία που λέγεται «απόδοση καταπολέμησης» (abatement efficient), η οποία υποτίθεται ότι είναι σταθερή για κάθε μέθοδο ελέγχου στο μέγεθος της εγκατάστασης στο οποίο η μέθοδος είναι αποτελεσματική. Υποθέτουμε ότι οι ρυθμιστικές αρχές ζητούν να μεγιστοποιηθεί η καταπολέμηση (Χάλκος, 2013), υπό τον περιορισμό του διαθέσιμου προϋπολογισμού. Οι καθορισμένες ανά πηγή δυνατότητες μείωσης των εκπομπών μπορούν να ενοποιηθούν κατά σειρά αυξανόμενου οριακού κόστους και να αποδώσουν την ελάχιστη συνάρτηση κόστους μείωσης των εκπομπών για κάθε χώρα.

Η καμπύλη οριακού κόστους είναι μια διακεκομμένη κλιμακωτή (stepwise) συνάρτηση, όπου κάθε σκαλοπάτι αντιπροσωπεύει μια συγκεκριμένη ξεχωριστή τεχνολογία καταπολέμησης. Το επίπεδο κάθε βήματος (σκαλιού) δείχνει το κόστος προσαύξησης μιας τεχνολογίας σχετικής με τη μέγιστη προσαυξητική ποσότητα των ρυπαντών (π.χ. SO<sub>x</sub> ή NO<sub>x</sub>), που απομακρύνονται, εισάγοντας αυτή την τεχνολογία.

Η αλληλουχία των αποδοτικών τεχνολογιών δίνει το μακροχρόνιο (long run) οριακό κόστος καταπολέμησης. Στο χαμηλότερο άκρο της καμπύλης αντιπροσωπεύονται οι λιγότερο δαπανηρές στρατηγικές. Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό απομάκρυνσης του ρυπαντή τόσο υψηλότερο θα είναι το κόστος για την απομάκρυνση μιας επιπλέον ποσότητας (Χάλκος, 2013). Στο Σχήμα 3.1

παρουσιάζονται γραφικά οι καμπύλες του συνολικού και οριακού κόστους ελέγχου για την Αυστρία το 2000.

**Σχήμα 3.1:** Συνολικό και Οριακό κόστος ελέγχου για την Αυστρία το 2000



Το κόστος μιας μεθόδου ελέγχου των εκπομπών δίνεται με το συνολικό ετήσιο κόστος (total annualized cost, TAC) μιας επιλογής έλεγχου, συμπεριλαμβανομένου του κεφαλαίου και των συνιστωσών του λειτουργικού κόστους:

$$TAC = \left\{ (TCC) \left[ \frac{r}{1 - (1+r)^{-n}} \right] \right\} + VOMC + FOMC$$

όπου TCC (total capital cost) είναι το συνολικό κόστος κεφαλαίου (\$), VOMC (variable operating and maintenance costs) και FOMC (fixed operating and maintenance costs) είναι τα μεταβλητά και σταθερά κόστη λειτουργίας και συντήρησης (\$) αντίστοιχα και  $(r / 1 - (1+r)^{-n})$  είναι ο συντελεστής προεξόφλησης με πραγματικό επιτόκιο  $r$ , το οποίο μετατρέπει το πάγιο κόστος σε μια ισάξια ροή από ίσες ετήσιες μελλοντικές πληρωμές, λαμβάνοντας υπόψη την αξία των χρημάτων



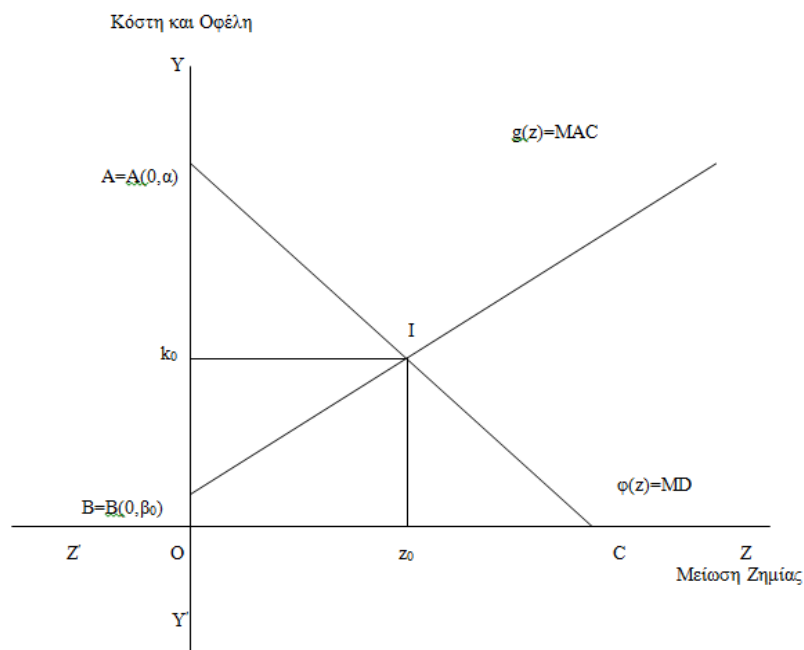
στο χρόνο. Το  $n$  αντιπροσωπεύει την οικονομική ζωή του κεφαλαίου (σε χρόνια) (Χάλλκος, 2013).

### 3.3 Περιοχή ωφέλειας

Ο αποτελεσματικός στόχος είναι το σημείο  $Z_0$ , όπου στο επίπεδο αυτό των εκπομπών εξισώνεται το οριακό κόστος ελέγχου (Marginal Abatement Cost, MAC) με τις οριακές ζημιές (Marginal Damage, MD). Το εμβαδόν του τριγώνου (AIB) αντιπροσωπεύει το συνολικό καθαρό κοινωνικό όφελος που θα δημιουργηθεί σε αυτό το επίπεδο των εκπομπών και ονομάζεται περιοχή ωφέλειας (Benefit Area).

Η περιοχή ωφέλειας δηλαδή, παριστά το μέγιστο καθαρό όφελος, δηλαδή το σύνολο του οριακού οφέλους μείον το σύνολο του οριακού κόστους μέχρι το επίπεδο περιορισμού των ζημιών από την ρύπανση  $OZ_0$  που δημιουργείται από την δραστηριότητα περιορισμού της ρύπανσης στο σημείο  $Z_0$ . Το επίπεδο όπου μεγιστοποιείται το καθαρό όφελος είναι ισοδύναμο με τα αποτελέσματα που επικρατούν αν οι ρυπαίνουσες εξωτερικότητες είχαν εσωτερικευθεί πλήρως. Το Σχήμα 3.2 παρουσιάζει γραφικά το άριστο επίπεδο ρύπανσης με την ανάλογη περιοχή ωφέλειας (Benefit Area).

**Σχήμα 3.2:** Γραφική παράσταση του άριστου επιπέδου ρύπανσης



### 3.4 Μέτρα περιβαλλοντικής πολιτικής

Το άριστο επίπεδο μείωσης της ρύπανσης μπορεί να εξασφαλιστεί με την επιβολή άμεσων ρυθμίσεων ή διαφόρων οικονομικών μέσων. Συγκεκριμένα οι μέθοδοι περιβαλλοντικού ελέγχου περιλαμβάνουν ενέργειες προστασίας του περιβάλλοντος με τη χρήση προτύπων, τελών, φόρων επιδοτήσεων, παροχή ατομικών δικαιωμάτων ιδιοκτησίας και εμπορεύσιμων αδειών ρύπανσης (Χάλκος, 2013). Στη συνέχεια, θα παρουσιάσουμε συνοπτικά τα τέλη και τις εμπορεύσιμες άδειες ενώ, θα εστιάσουμε στους φόρους, που αποτελούν ιδιαίτερο τμήμα της μετέπειτα ανάλυσή μας.

#### 3.4.1 Τέλη

Τα *τέλη εκπομπών* είναι ένα ποσό που εισπράττει η κυβέρνηση και επιβάλλεται σε κάθε μονάδα ρύπου που απελευθερώνεται στον αέρα ή στο νερό. Το συνολικό ποσό που θα καταβάλει μια πηγή στην κυβέρνηση μπορεί να υπολογιστεί πολλαπλασιάζοντας το τέλος επί την ποσότητα των εκπεμπόμενων ρύπων. Η επιχείρηση μπορεί να ελέγξει μέρος της ρύπανσής της με χαμηλότερο κόστος αντί να πληρώνει τα τέλη. Θα συνέφερε την επιχείρηση να μειώσει τις εκπομπές της μέχρι εκεί που το οριακό κόστος της μείωσης είναι ίσο με το τέλος εκπομπών. Πόσο υψηλά πρέπει να είναι τα τέλη για να διασφαλίσουμε ότι η μείωση των εκπομπών που θα προκύψει είναι το επιθυμητό επίπεδο;

Χωρίς να γνωρίζει το κόστος ελέγχου η αρμόδια αρχή δεν μπορεί να καθορίσει αρχικά αυτό το επίπεδο. Το διαμορφώνει σταδιακά με μια επαναλαμβανόμενη διαχρονική διαδικασία δοκιμής και απόρριψης, παρατηρώντας τις αντιδράσεις στις εκπομπές ρύπων με το ύψος των τελών.

Η επιβολή των τελών προκαλεί τα ίδια αποτελέσματα π.χ. στην τιμή των ορυκτών καυσίμων, όπως αυτά από ένα φόρο επί των εκπομπών ρύπων. Όμως, ενώ τα έσοδα του φόρου επί των ρύπων (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> κ.α.) συγκεντρώνονται από την κυβέρνηση, τα έσοδα από τα τέλη χρησιμοποιούνται για την ενθάρρυνση και χρηματοδότηση μέτρων μείωσης των εκπομπών ρύπων (Χάλκος, 2013).

#### 3.4.2 Εμπορεύσιμες άδειες ρύπανσης

Σ ένα σύστημα *εμπορεύσιμων αδειών* η κυβέρνηση ή ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων καθορίζει ένα ανώτατο όριο εκπομπής από τις πηγές. Κατόπιν, σε κάποιες ρυπογόνες παραγωγικές πηγές, διανέμεται ένας αριθμός εμπορευσίμων

αδειών. Η αρχική διανομή μπορεί να είναι παρόμοια με τα αρχικά πρότυπα, επιτρέποντας στους ρυπαίνοντες ένα ποσό που καθορίζεται από την ποσότητα των ρύπων τους ή οι άδειες μπορούν να δημοπρατηθούν στους ρυπαίνοντες ή να διανεμηθούν με άλλους τρόπους, όπως για παράδειγμα βάσει του ιστορικού επιπέδου των εκπομπών. Οι εμπορεύσιμες άδειες διαφέρουν από τα πρότυπα όπου οι ρυπαίνοντες μπορούν να τις πωλούν ή να τις αγοράζουν.

Σκοπός των εμπορευσίμων αδειών είναι ο περιορισμός της συνολικής ρύπανσης σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο. Οι ελεγκτικές αρχές εκδίδουν απλώς τον κατάλληλο αριθμό αδειών και αφήνουν την αγορά να ισορροπήσει στο κατάλληλο σημείο. Το σύστημα αυτό επιτρέπει στην κυβέρνηση να επιτυγχάνει τους περιβαλλοντικούς της στόχους με το χαμηλότερο δυνατό κόστος (Χάλκος, 2013).

### **3.4.3 Περιβαλλοντικοί φόροι**

Οι περιβαλλοντικοί φόροι βασίζονται στην έννοια του φόρου κατά Pigou. Ο φόρος Pigou (Pigouvian tax) είναι ο φόρος που επιβάλλεται σε κάθε μονάδα προϊόντος, της πηγής που προκαλεί την εξωτερική επιβάρυνση και το ύψος του ισούται με το οριακό εξωτερικό κόστος (οριακή ζημία, MD). Η επιλογή φόρων συνεπάγεται έσοδα που μπορούν να συγκεντρωθούν από μια Κεντρική Αρχή με σκοπό τη δημιουργία ενός κεφαλαίου για τον έλεγχο της ρύπανσης. Η Αρχή θα μπορούσε να διανέμει κάθε φορολογικό έσοδο για να επιδοτήσει περαιτέρω καταπολέμηση των εκπομπών (Χάλκος, 2013).

Η επιβολή φόρων αποτελεί εναλλακτικό εργαλείο καταπολέμησης της ρύπανσης και λειτουργεί μέσω της εσωτερικεύσης της εξωτερικότητας. Ένας φόρος στη ρύπανση δίνει το κίνητρο στον παραγωγό της ρύπανσης να ρυθμίσει το επίπεδο παραγωγής του προϊόντος ή και να χρησιμοποιήσει τεχνικές ελέγχου.

Ο καθορισμός του φόρου είναι δύσκολος καθώς χρειαζόμαστε πληροφορίες για την εκτίμηση του οριακού κόστους ελέγχου της ρύπανσης (MAC). Το πρόβλημα είναι πως να βρεθεί το σωστό ύψος φόρου/επιδότησης. Η πρώτη άριστη λύση (First-best solution) επιτυγχάνεται εξισώνοντας το φόρο με την τιμή του οριακού κόστους ελέγχου. Λόγω δυσκολίας γνώσης της καμπύλης οριακού κόστους, μια δεύτερη άριστη λύση (Second-best solution) είναι να θέσουμε ένα υψηλό επίπεδο φόρου (Χάλκος, 2013).

Σύμφωνα με τον Halkos (1993, 1994, 1996) και στην περίπτωση των εκπομπών θείου:

- Η επιβολή φόρων συνεπάγεται μεγαλύτερη μείωση των εκπομπών από τη χρήση προτύπων.
- Το κόστος επίτευξης είναι πιο δαπανηρό στην περίπτωση του ενιαίου φόρου<sup>1</sup>.
- Ένας ενιαίος φόρος σε κάθε εξαγόμενο τόνο θείου από μια χώρα σε όλες τις άλλες δεν θα προσεγγίσει την πρώτη άριστη λύση.
- Κάθε προσπάθεια να εφαρμόσουμε τον ίδιο φόρο σε κάθε μονάδα εκπομπής θείου είναι αναποτελεσματική.
- Οι διαφοροποιημένοι φόροι<sup>2</sup> είναι πιο αποτελεσματικοί από πλευράς κόστους συγκρινόμενοι με τους ενιαίους.

### 3.4.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της φορολογίας<sup>3</sup>

Η χρήση της φορολογίας χαρακτηρίζεται από μια σειρά πλεονεκτημάτων. Καταρχήν δίνουν ένα συνεχές κίνητρο για επιπρόσθετες μειώσεις των εκπομπών ρύπων με εγκατάσταση βελτιωμένων μεθόδων ελέγχου, αφού αυτό συνεπάγεται μείωση των φορολογικών υποχρεώσεων για την πηγή του περιβαλλοντικού προβλήματος. Ταυτόχρονα, η χρήση φόρων, έναντι κανονισμών ως μέτρο περιβαλλοντικής προστασίας δίνει τη δυνατότητα στις πηγές ρύπανσης να συμμορφωθούν προς την πολιτική αυτή με το χαμηλότερο κόστος. Από την άλλη πλευρά η επιχειρηματολογία της *διπλής ωφέλειας* (*double dividend*) του φόρου τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο έχει επικρατήσει στη διεθνή βιβλιογραφία.

Ομοίως, υπάρχουν και διάφορα μειονεκτήματα. Η αποτελεσματική χρησιμοποίηση ενός περιβαλλοντικού φόρου προϋποθέτει ότι ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων γνωρίζει με βεβαιότητα τις ελαστικότητες του φόρου ώστε να μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια το ύψος του φόρου. Όπως όλοι οι φόροι, έτσι και ο περιβαλλοντικός φόρος δημιουργεί στην οικονομία μια απώλεια (*deadweight loss*) η οποία πρέπει να συνυπολογίζεται στο όφελος από την μείωση της ρύπανσης. Τέλος,

<sup>1</sup> Ενιαίος φόρος (*uniform tax*): σύστημα φορολόγησης με βάση ένα ενιαίο φόρο

<sup>2</sup> Διαφοροποιημένος φόρος (*differentiated tax*): στηρίζεται στη διαφορετική αναλογία, δηλαδή σε ένα διαφορετικό ποσό που μπορεί να εφαρμοστεί σε διαφορετικές περιπτώσεις

<sup>3</sup> Χάλκος (2013).

ένα πρόβλημα με τους περιβαλλοντικούς φόρους είναι η αντίστροφη προοδευτικότητα που συνήθως τους χαρακτηρίζει.

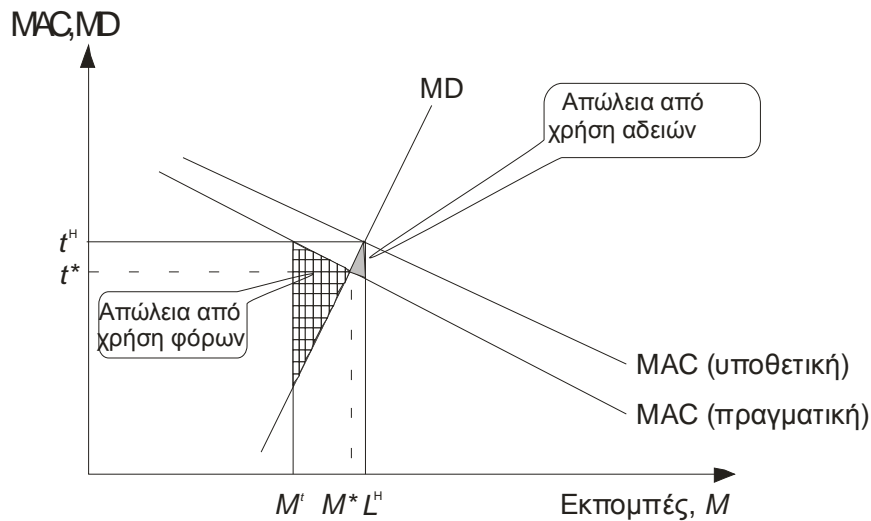
### **3.5 Αβεβαιότητα**

Η αβεβαιότητα διεισδύει στις αναλύσεις που βασίζονται στον υπολογισμό του οριακού κόστους ελέγχου (MAC) και του οριακού κόστους ζημίας (MD). Η αβεβαιότητα στην επιχείρηση δημιουργείται λόγω της ύπαρξης της συνάρτησης του MAC και λόγω της αβεβαιότητας που προέρχεται από τις διαφορετικές επιδράσεις. Η αβεβαιότητα σχετικά με την συνάρτηση MAC της επιχείρησης δημιουργείται κυρίως, λόγω της τεχνολογίας επειδή η παρουσία της τεχνολογίας μπορεί να είναι σχετικά πρόσφατη και να μην έχει ακόμα εδραιωθεί, ενώ ταυτόχρονα δημιουργείται οικονομική αβεβαιότητα από τη συγκέντρωση του κόστους που απεικονίζεται μέσω της καμπύλης αποτελεσματικότητας. Στην περίπτωση που υπάρχει αβεβαιότητα οι αποφάσεις παίρνονται πριν γίνουν γνωστές όλες οι πληροφορίες που σχετίζονται με την περίπτωση. Ως εκ τούτου, αναπόφευκτα οδηγούμαστε σε λανθασμένες αποφάσεις οι οποίες δημιουργούν επιπλέον κόστη.

#### **3.5.1 Αβεβαιότητα σχετικά με το κόστος ελέγχου**

Η αβεβαιότητα για το κόστος ελέγχου των εκπομπών ενδέχεται να οδηγήσει σε διάφορα ανακριβή συμπεράσματα. Ας υποθέσουμε ότι ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων γνωρίζει τη συνάρτηση ρύπανσης της οριακής ζημίας (MD), αλλά πρέπει να υπολογίσει τη συνάρτηση του οριακού κόστους ελέγχου (MAC) όπου συχνά οδηγείτε σε λάθος συμπεράσματα. Η υπερεκτίμηση και η υποτίμηση του κόστους ελέγχου θα οδηγήσουν τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων σε λάθος συμπεράσματα σχετικά με το αποτελεσματικό επίπεδο της ρύπανσης και άρα και το επιθυμητό επίπεδο απώλειας. Όπως όμως θα δούμε το μέγεθος της απώλειας διαφέρει ανάλογα με τα εργαλεία που ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων επιλέγει κάθε φορά να χρησιμοποιήσει. Στην συνέχεια θα εξετάσουμε τα σχετικά μεγέθη της απώλειας της αποδοτικότητας στο πλαίσιο ενός συστήματος φορολόγησης των εκπομπών και ενός καθεστώτος εμπορεύσιμων αδειών.

Σχήμα 3.3 Υπερεκτίμηση του MAC



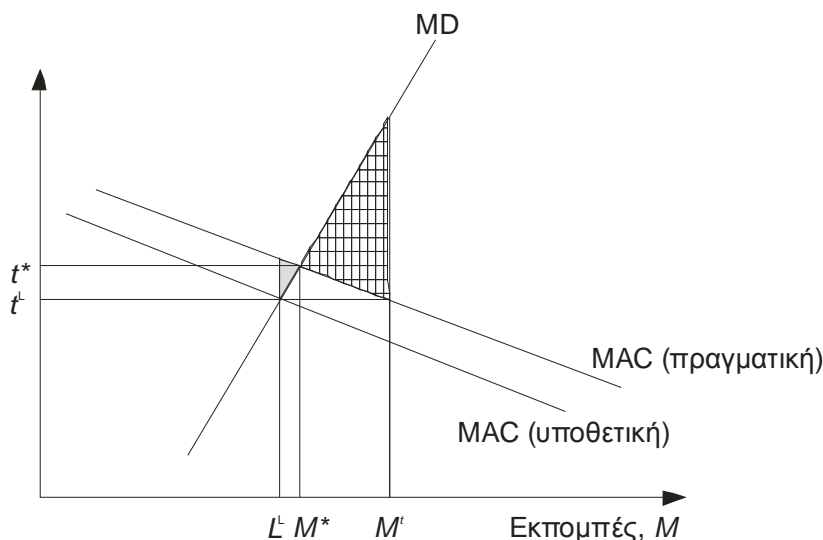
Το Σχήμα 3.3 απεικονίζει την υπόθεση κατά την οποία το οριακό κόστος ελέγχου υπερεκτιμάται. Ας εξετάσουμε πρώτα την περίπτωση επιβολής προστίμου στις εκπομπές. Από την (εσφαλμένη) παραδοχή ότι η καμπύλη MAC είναι αυτή που φέρει την ένδειξη MAC (υποθετική), ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων επιβάλλει φόρο ανάλογο με  $t^H$  (ο οποίος αντιτίθεται στο πραγματικό αποτελεσματικό επίπεδο,  $t^*$ ). Οι επιχειρήσεις θα περιορίσουν τις εκπομπές τους όσο το πραγματικό (true) MAC, που είναι κάτω από το φόρο, και έτσι θα εκπέμπουν στο  $M^t$ , ένα ποσοστό μικρότερο από το άριστο επίπεδο. Η προκύπτουσα απώλεια ορίζεται από τη μικρή πτώση των καθαρών οφελών σε  $M^t$  σε σύγκριση με το μέγιστο εφικτό επίπεδο  $M^*$ . Αυτό παρουσιάζεται στο διάγραμμα με την γραμμωτή περιοχή.

Στην συνέχεια θα συγκρίνουμε αυτή την απώλεια με αυτή που προκύπτει από τη χρησιμοποίηση ενός συστήματος αδειών. Χρησιμοποιώντας εσφαλμένες πληροφορίες, ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων πιστεύει ότι ο αποτελεσματικός στόχος είναι στο  $L^H$  (ενώ θα πρέπει να είναι στο  $M^*$ ). Οι λανθασμένες πληροφορίες θα οδηγήσουν την ρυθμιστική αρχή στο να ακολουθήσει ανεπαρκές μεθόδους ελέγχου. Η απώλεια της αποτελεσματικότητας απεικονίζεται στο διάγραμμα με την σκιασμένη επιφάνεια.

Φυσικά, τα λάθη μπορούν επίσης να λάβουν τη μορφή της υποτίμησης του κόστους ελέγχου των εκπομπών. Αυτό απεικονίζεται στο Σχήμα 3.4 στο οποίο η θέση των «πραγματικών» συναρτήσεων είναι πανομοιότυπες με εκείνες του σχήματος 3.3, επιτρέποντας την άμεση σύγκριση των δύο σχημάτων. Η υποθετική

καμπύλη MAC βρίσκεται στην πραγματική θέση της. Χρησιμοποιώντας παρόμοια αιτιολογία με αυτή που προαναφέραμε, μπορεί να θεωρηθεί ότι ένας φόρος επί των εκπομπών όταν υπάρχει απώλεια (το γραμμοσκιασμένο τμήμα), είναι μεγαλύτερος από την περίπτωση που η απώλεια συνδέεται με τις άδειες (σκιασμένο τρίγωνο).

**Σχήμα 3.4** Υποεκτίμηση της πραγματικής καμπύλης MAC

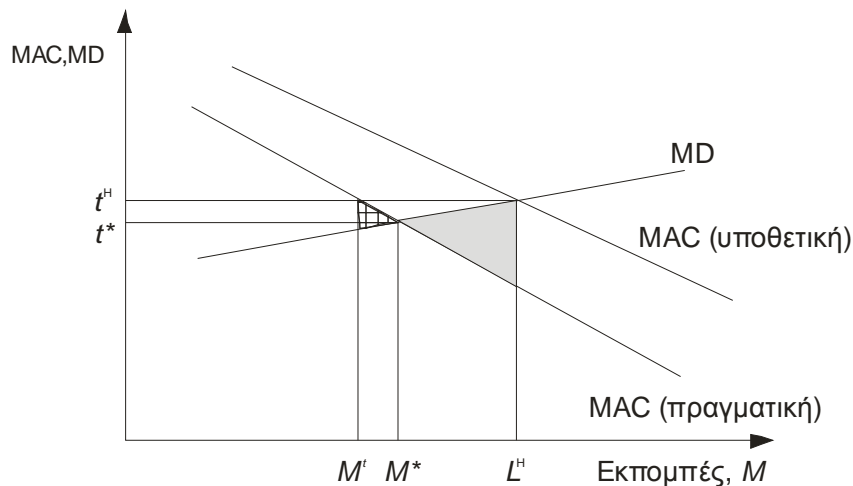


Μια λανθασμένη εκτίμηση των καμπυλών κόστους οδηγεί σε απώλεια της απόδοσης. Στην περίπτωση που ερευνήσαμε, ανεξάρτητα από το αν η λάθος εκτίμηση αφορά μια από τις παραπάνω περιπτώσεις - ή η υποεκτίμηση, η απώλεια από τη χρήση των φόρων υπερβαίνει την απώλεια από τη χρήση αδειών. Ωστόσο, το αποτέλεσμα αυτό εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο κατασκευάσαμε τα σχήματα 3.3 και 3.4.

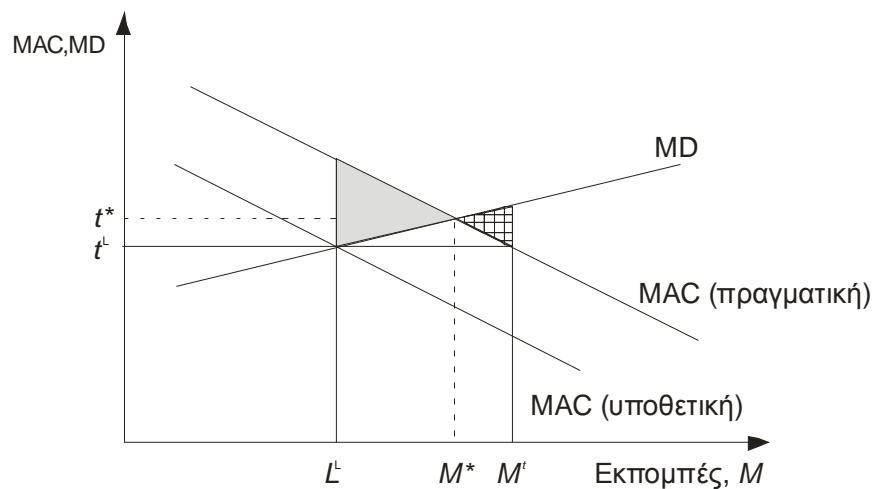
Θα συγκρίνουμε τα αποτελέσματα αυτά με τα στοιχεία από τις περιπτώσεις που παρουσιάζονται στο σχήματα 3.5 και 3.6. Αυτά είναι ανάλογα με τις δύο περιπτώσεις που εξετάσαμε, αλλά συντάσσεται με μια πιο επίπεδη καμπύλη οριακής ζημίας. Για άλλη μια φορά, και τα δύο εργαλεία περιβαλλοντικής πολιτικής δημιουργούν απώλειες στην απόδοση όταν γίνονται λάθη σχετικά με το κόστος ελέγχου των ρύπων. Όμως, η απώλεια είναι μεγαλύτερη με την επιβολή αδειών από ότι με την επιβολή φόρου. Φαίνεται, ότι αυτό που διαφοροποιεί τα δύο ζεύγη των περιπτώσεων είναι οι σχετικές κλίσεις των καμπυλών MAC και MD. Καταλήγουμε στα ακόλουθα γενικά αποτελέσματα:

1. Όταν η κλίση (σε απόλυτες τιμές) της καμπύλης MAC είναι μικρότερη από την κλίση της καμπύλης MD, οι άδειες είναι προτιμότερες από τους φόρους (γιατί αυτές οδηγούν σε μικρότερες απώλειες απόδοσης).
2. Όταν η κλίση (σε απόλυτες τιμές) της καμπύλης MAC είναι μεγαλύτερη από την κλίση της καμπύλης MD, οι φόροι είναι προτιμότεροι από τις άδειες (γιατί αυτές οδηγούν σε μικρότερες απώλειες απόδοσης)

**Σχήμα 3.5:** Υπερεκτίμηση της καμπύλης MAC με πιο επίπεδη μορφή καμπύλης MD



**Σχήμα 3.6 :** Υποεκτίμηση της MAC με πιο επίπεδη MD

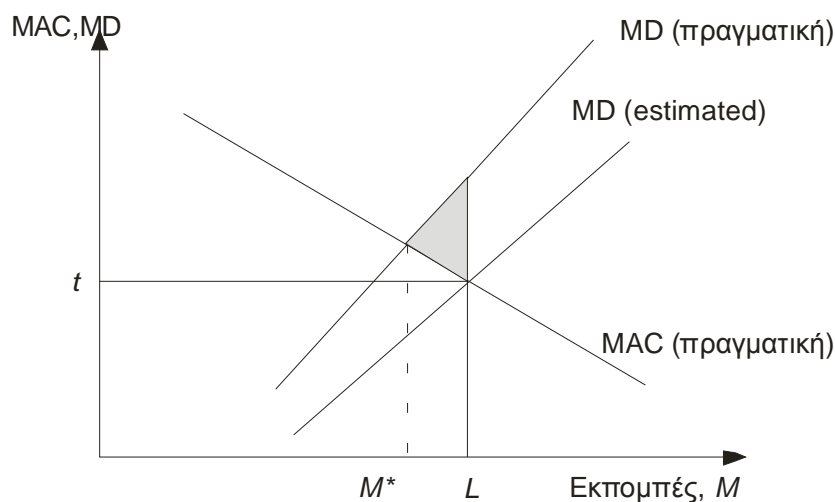




### 3.5.2 Αβεβαιότητα σχετικά με τις περιβαλλοντικές ζημίες

Στην συνέχεια παρουσιάζεται η προσέγγιση της ανάλυσης μας από την πλευρά της ζημίας. Αυτό το αποτέλεσμα απεικονίζεται στο σχήμα 3.7.

Σχήμα 3.7 Αβεβαιότητα σχετικά με τις περιβαλλοντικές ζημίες



Δεδομένης της εκτιμημένης συνάρτησης οριακής ζημίας και τη συνάρτηση οριακού κόστους ελέγχου (υποθέτουμε ότι εδώ υπολογίζεται σωστά), ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων μπορεί να θέσει ένα φόρο στο ύψος  $t$  ή να κάνει ποσοτικό έλεγχο στο επίπεδο  $L$ . Σε κάθε περίπτωση, το επίπεδο των πραγματικών εκπομπών υπερβαίνει το  $M^*$  και η απώλεια της αποδοτικότητας που συνδέεται με τον εσφαλμένο στόχο φαίνεται από την σκιασμένη περιοχή στο διάγραμμα 3.7.

Η αιτιολογία γιατί τα λάθη στην εκτίμηση των ζημιών και τα λάθη στην εκτίμηση του κόστους ελέγχου των ρύπων έχουν διαφορετικές επιπτώσεις σχετίζεται με τη συμπεριφορά των επιχειρήσεων. Όταν τα λάθη γίνονται από την πλευρά της ζημίας, το φορολογικό καθεστώς και ο έλεγχος της ποσότητας συμπίπτουν ως προς τις επιπτώσεις τους στον έλεγχο. Αλλά όταν τα σφάλματα σχετίζονται με το κόστος ελέγχου, η απόκλιση μεταξύ του κόστους εκτίμησης (το οποίο καθορίζει το επίπεδο των κανονιστικών ρυθμίσεων που επιβάλλονται από τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων) και το αληθές κόστος (το οποίο καθορίζει τη συμπεριφορά των επιχειρήσεων) οδηγεί στο να συνειδητοποιήσουν οι επιχειρήσεις την ποσότητα και την ποιότητα των εκπομπών ρύπων τους.

Ας αναφέρουμε ότι τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει μέχρι στιγμής αφορούν μόνο μια συγκεκριμένη - και πολύ περιορισμένη-μορφή της αβεβαιότητας, στην οποία είναι γνωστή η γενική μορφή της συνάρτησης ζημίας, αλλά η θέση της δεν μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια. Γενικά η εκτίμηση της συνάρτησης ζημίας είναι δύσκολη και απαιτεί επιστημονική κατάρτιση και μεθοδολογία. Στην επόμενη ενότητα αναφερόμαστε στην οικονομική αξιολόγηση του περιβάλλοντος και στις μεθόδους αποτίμησης των διαφόρων αξιών και κατ'επέκταση των ζημιών από την περιβαλλοντική υποβάθμιση.

### **3.6 Οικονομική αξιολόγηση περιβάλλοντος**

Όπως είδαμε ο καθορισμός του άριστου επιπέδου ρύπανσης απαιτεί τη μεγιστοποίηση του καθαρού οφέλους από τη βελτίωση της περιβαλλοντικής ποιότητας. Η συνεχής υποβάθμιση του περιβάλλοντος έχει προκαλέσει κοινωνικό κόστος έχοντας αρνητική επίδραση στην ευημερία των πολιτών.

Η προσπάθεια λοιπόν να αποτιμήσουμε χρηματικά ή οικονομικά το περιβάλλον είναι απαραίτητη. Στην περίπτωση των αγαθών που υφίστανται στην αγορά, αυτό μπορεί να γίνει εφικτό μέσω των τιμών τους στην αγορά που αντικατοπτρίζουν τη ζήτηση για τα αγαθά αυτά. Ενδιαφέρον ωστόσο παρουσιάζει το ερώτημα, πώς θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί η αποτίμηση αγαθών τα οποία δεν υπάρχουν στην αγορά τη στιγμή της αποτίμησης (non-market goods). Το γεγονός αυτό από μόνο του δεν επιτρέπει τη διενέργεια πραγματικής αγοραπωλησίας.

Η απουσία λοιπόν άμεσων ή έμμεσων αγορών, οδήγησε τους οικονομολόγους στην ανάγκη αναζήτησης υποθετικών αγαθών και μεθόδων οι οποίες θα τους επιτρέπουν να αποτιμήσουν τα αγαθά. Είναι λοιπόν εμφανές ότι χρειάζεται να οριστεί μια αγορά που να κάνει εφικτή την εκτίμηση της προθυμίας πληρωμής για τα περιβαλλοντικά αγαθά. Προκειμένου λοιπόν να είμαστε σε θέση να καταγράψουμε και να ποσοτικοποιήσουμε τις ατομικές προτιμήσεις για τα περιβαλλοντικών αγαθών και υπηρεσίες βάσει της οικονομικής αποτελεσματικότητας, χρησιμοποιούμε την *Οικονομική Αξιολόγηση του Περιβάλλοντος (ΟΑΠ)*(Χάλκος, 2013).

#### **3.6.1 Οι κατηγορίες των περιβαλλοντικών αξιών**

Όπως προαναφέρθηκε, ένας σημαντικός αριθμός περιβαλλοντικών αγαθών και υπηρεσιών δεν έχει χρηματική αξία καθώς δεν υπάρχουν αντίστοιχες αγορές για

αυτά. Μπορούμε σε κάποιες περιπτώσεις να προσεγγίσουμε τη χρηματική τους αξία στηριζόμενοι στην εξωτερικότητα (επιβάρυνση) από την προκαλούμενη περιβαλλοντική ζημία. Αυτή η επιβάρυνση – ζημία, μειώνει την ευημερία που αναλογεί στις μελλοντικές γενιές. Ως εκ τούτου, και βασιζόμενοι στο Χάλκος (2013) στην συνέχεια θα παρουσιάσουμε τις διάφορες κατηγορίες περιβαλλοντικής ευημερίας.

Η συνολική οικονομική αξία (total economic value) που αποκομίζουμε από το περιβάλλον εκφράζεται ως το άθροισμα της αξίας χρήσης (use value) και της μη-χρηστικής αξίας (non-use value).

1. Η αξία χρήσης μπορεί να είναι άμεση (direct use value) και έμμεση (indirect use value). Οι έμμεσες αξίες χρήσης συνδέονται με τα λειτουργικά οφέλη και είναι γνωστές και ως *λειτουργικές (functional values)*.
  - Δυνητική αξία ή αξία επιλογής ή αξία πιθανής χρήσης στο μέλλον (option value): Οι αξίες αυτές συνδέονται με την ενδεχόμενη μελλοντική χρήση του περιβάλλοντος. Αποτελούν ουσιαστικά την έκφραση της προθυμίας πληρωμής των ατόμων για τη διατήρηση του περιβάλλοντος.
  - Η αμιγώς πιθανή μελλοντική χρήση (ή «οιονεί» δυνητική αξία)(quasi-option value), η οποία είναι απόρροια της αύξησης του επιστημονικού επιπέδου γνώσης σχετικά με τη δυνητική αξιοποίηση του περιβαλλοντικού πόρου.
2. Μη- χρηστική αξία (non-use value): Πολλοί ερευνητές ονομάζουν τις αξίες αυτές ως *παθητικές αξίες χρήσης (passive –use value) ή αξίες διατήρησης (preservation)*. Είναι αξίες που αποδίδουν οι άνθρωποι σε φυσικούς πόρους τους οποίους δεν χρησιμοποιούν άμεσα και δεν έρχονται σε καμιά φυσική επαφή με αυτούς. Πρόκειται για αξίες που δεν συνδέονται με την πραγματική ή την ενδεχόμενη χρήση του αγαθού, αλλά με την πραγματική του φύση. Στη βιβλιογραφία οι αξίες μη χρήσης διακρίνονται σε αξίες ύπαρξης (existence values) και σε αξίες μεταβίβασης (bequest values).
  - Αξία εγγενής και αξία ύπαρξης (intrinsic ή existence values). Οι αξίες αυτές αφορούν την απαραίτητη διατήρηση των ειδών στην αλυσίδα του οικοσυστήματος. Η αξία ύπαρξης μπορεί να συνδεθεί απλώς και με τη βιολογική αξία ενός περιβαλλοντικού αγαθού δίνοντας την *εσωτερική ή ουσιαστική αξία (instrumental value)* του η οποία είναι

σημαντική. Η αξία ύπαρξης είναι η προθυμία πληρωμής των ανθρώπων για τη διατήρηση του περιβάλλοντος, η οποία δεν σχετίζεται με την τρέχουσα ή τη δυνητική χρήση (Herriges et al. 2000, Alberini et al. 2002, Beaumont και Tinch 2003, Knoder 2002).

- Η αξία μεταβίβασης (bequest) αναπαριστά την προθυμία πληρωμής, ώστε α διατηρηθεί το περιβάλλον με σκοπό να μεταβιβαστεί στις επόμενες γενιές, οι οποίες θα ωφεληθούν από αυτό. Πρώτος αναγνώρισε την αξία μεταβίβασης ο Krutilla (1976).

### 3.7 Μέθοδοι οικονομικής αξιολόγησης περιβάλλοντος

Όπως είδαμε, το άριστο επίπεδο της ρύπανσης επιτυγχάνεται στο σημείο που πραγματοποιείται το μέγιστο καθαρό όφελος. Για τον προσδιορισμό του καθαρού οφέλους χρειάζεται η γνώση των συναρτήσεων ωφέλειας και κόστους από την καταπολέμηση της ρύπανσης. Πρακτικώς η επακριβής μέτρηση του κόστους καταπολέμησης της ρύπανσης είναι δύσκολη κυρίως γιατί οι επιχειρήσεις αρκετές φορές είναι απρόθυμες να γνωστοποιήσουνε τα κόστη τους στο ευρύ κοινό προκειμένου να έχουμε μια έγκυρη εκτίμηση του ύψους των κοστών αυτών.

Επίσης και η εκτίμηση της περιβαλλοντικής ζημίας παρουσιάζει αρκετές δυσκολίες. Οι οικονομολόγοι λοιπόν, αναζητούν μεθόδους οι οποίες τους επιτρέπουν να αποτιμούν τα περιβαλλοντικά αγαθά και να εφαρμόζουν αναλύσεις κόστους-οφέλους. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφοροι μέθοδοι στην κατεύθυνση αυτή, μέθοδοι οι οποίες χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: στις μεθόδους αποκαλυφθείσας προτίμησης (revealed preferences methods) και στις μεθόδους δηλωμένης προτίμησης (stated preference methods). Η οικονομική αξία μπορεί να υπολογιστεί (προσεγγιστεί) με τη βοήθεια της δημιουργίας των συνθηκών μιας υποθετικής αγοράς.

#### 3.7.1 Οι μέθοδοι αποκαλυφθείσας προτίμησης (Revealed -Preferences Methods)

Οι μέθοδοι αποκαλυφθείσας προτίμησης χρησιμοποιούνται κυρίως όταν τα αγαθά υφίστανται ήδη στην αγορά και δεν είναι υποθετικά. Σε αυτή την κατηγορία μη υποθετικών μεθόδων, τα άτομα αποκαλύπτουν την αποτίμηση τους για κάποιο αγαθό, μέσα από πραγματικές διαδικασίες αγοράς κατά τη διάρκεια των οποίων θυσιάζουν

μέρος του χρηματικού τους εισοδήματος. Η αποτίμηση για τα αγαθά, εκμαιεύεται μέσω στοιχείων από πραγματικές αγορές, πειράματα εργαστηρίου, πειράματα πεδίου και δημοπρασίες. Οι πιο γνωστές αποκαλυφθείσες μέθοδοι αποτίμησης είναι η μέθοδος της έμμεσης ή ωφελμιστικής τιμολόγησης (Hedonic Pricing Method, HPM) και η μέθοδος κόστους ταξιδιού (Travel Cost Method, TCM).

### **3.7.2 Οι μέθοδοι δηλωμένων προτιμήσεων (Stated -Preferences Methods)**

Η μέθοδος των δηλωμένων προτιμήσεων χρησιμοποιείται εκτενώς στα οικονομικά του περιβάλλοντος τις τελευταίες δεκαετίες. Ένα από τα βασικά της χαρακτηριστικά είναι ότι χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της μη –χρηστικής αξίας. Η βασική υπόθεση αυτής της μεθόδου είναι ότι πρωταρχικά βασίζεται σε ερωτηματολόγια όπου οι προτιμήσεις εξάγονται από τους συμμετέχοντες στην έρευνα. Οι ερωτήσεις μπαίνουν σε σειρά με τέτοιο τρόπο ώστε να αποκαλυφθούν οι άμεσες και έμμεσες χρηματικές αξίες της έρευνας.

Οι άμεσες ερωτήσεις είναι της μορφής ‘Πόσα χρήματα είστε πρόθυμος να πληρώσετε;’ Η ‘Είστε πρόθυμος να πληρώσετε ένα X ποσό;’ Ταυτόχρονα για να εκμαιεύσουμε τις προτιμήσεις των ερωτηθέντων με την έμμεση προσέγγιση περιλαμβάνουμε επιλογές με διαφορετικά χαρακτηριστικά όπου οι συμμετέχοντες καλούνται να διαλέξουν (Pearce, 2002). Στη πραγματικότητα η απουσία πραγματικής αγοράς υποκαθίσταται από μια υποθετική όπου οι αξίες υπολογίζονται μέσω της προθυμίας πληρωμής ή της αποδοχής αποζημίωσης από τον ‘καταναλωτή’. Δύο είδη των δηλωμένων προτιμήσεων είναι η μέθοδος υποθετικής αγοράς (Contingent Valuation Method, CVM) και η μέθοδος διαμόρφωσης επιλογών (Choice Modelling, CM).

#### **3.7.2.1 Η μέθοδος της Υποθετικής Αγοράς (Contingent Valuation Method, CVM)**

Η προσέγγιση της μεθόδου της υποθετικής αγοράς (CVM) εφαρμόζεται όταν δεν υπάρχει πραγματική αγορά. Έτσι δημιουργώντας μια υποθετική αγορά είναι δυνατόν να υπολογίσουμε τα μη εμπορεύσιμα αγαθά και τις υπηρεσίες. Η τυπική αγορά δεν μπορεί να δημιουργήσει τιμές για τα δημόσια αγαθά λόγω της μη ανταγωνιστικής τους και μη αποκλειστικής τους φύσης. Ως αποτέλεσμα δεν μπορούμε να απεικονίσουμε την τιμή των μη εμπορεύσιμων αγαθών και τις προτιμήσεις των ατόμων για αυτά. Ο Ciriacy-Wantrup (1947) ήταν ο πρώτος που πρότεινε την μέθοδο

υποθετικής αγοράς και υποστήριξε ότι τα άτομα παροτρύνονται να εκφράσουν την προτίμηση τους από την χρήση αγαθών μέσω συνέντευξης (Hanemann, 1994).

Τα άτομα δηλαδή που συμμετέχουν στην έρευνα παρακινούνται να εκφράσουν το μέγιστο ποσό της προθυμίας πληρωμής (Willingness To Pay, WTP) για μια βελτίωση του περιβάλλοντος ή εναλλακτικά την πρόθεση αποδοχής αποζημίωσης (Willingness To Accept, WTA) για την απώλεια των περιβαλλοντικών αγαθών ή υπηρεσιών. Όσο αφορά την πρόθεση πληρωμής ή αποδοχής αποζημίωσης των ερωτηθέντων, υπάρχουν διάφοροι τρόποι άντλησης και καταγραφής. Ωστόσο, είναι δύσκολο για τα άτομα να δηλώσουν την αξία ανταλλαγής καθώς δεν είναι εξοικειωμένοι με την υποθετική αγορά και υπάρχει έλλειψη πληροφόρησης.

Αν συγκρίνουμε τη μέθοδο αυτή με άλλες, θα λέγαμε ότι είναι πιο αξιόπιστη λόγω της αμεσότητας άντλησης της απαραίτητης πληροφόρησης, αλλά και πιο δύσκολη στις υποθέσεις που την οριοθετούν. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η βασική υπόθεση της μεθόδου είναι η άθροιση των ποσών προθυμίας πληρωμής (WTP) αντιστοιχούν στην αξιολόγηση του υπό εξέταση θέματος (Χάλκος, 2013). Συνήθως όμως τα άτομα που ερωτώνται τείνουν να υποεκτιμούν αυτό που πραγματικά θα πλήρωναν για τη βελτίωση ενός περιβαλλοντικού αγαθού (Pearce et al., 2002). Ταυτόχρονα, το πλεονέκτημα της μεθόδου της υποθετικής αγοράς είναι η εκτίμηση της συνολικής αξίας ενός περιβαλλοντικού αγαθού (Χάλκος, 2013).

#### **3.7.2.1.1 Πρόθεση πληρωμής (WTP) ή αποδοχή αποζημίωσης (WTA)**

Η αξία των αγαθών μπορεί να προσεγγιστεί με τις μεθόδους της πρόθεσης πληρωμής (Willingness To Pay, WTP) ή της πρόθεσης αποδοχής αποζημίωσης (Willingness To Accept, WTA). Η προθυμία πληρωμής είναι η βασική έννοια για την εκτίμηση των εμπορεύσιμων και μη εμπορεύσιμων αγαθών.

Με τη μέθοδο της πρόθεσης πληρωμής (WTP) τα άτομα δηλώνουν το ποσό που προτίθενται να πληρώσουν για τη χρήση των υπό εξέταση περιβαλλοντικών αγαθών και υπηρεσιών αν θα υπήρχε μια αγορά. Η υποτιθέμενη αυτή αγορά δημιουργείται με τη βοήθεια ενός ερωτηματολογίου στο οποίο κάθε άτομο δηλώνει το ποσό που είναι διατεθειμένο να πληρώσει για τη χρήση του περιβαλλοντικού αγαθού ή υπηρεσίας σε διαφορετικές ποσότητες ή ποιότητες αυτού.

Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι βασική παράμετρος που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη όταν αποτιμάται η προθυμία πληρωμής των καταναλωτών είναι η μέθοδος που χρησιμοποιείται να δίνει κίνητρα στους ερωτηθέντες, ώστε να αποκαλύπτουν τις

αληθινές τους προτιμήσεις. Σε διαφορετική περίπτωση τα αποτελέσματα της αποτίμησης χαρακτηρίζονται ως μεροληπτικά.

Με τη χρήση τυχαίων και αντιπροσωπευτικών δειγμάτων και με σωστά δομημένα ερωτηματολόγια μπορούμε να εκτιμήσουμε τη συνολική αξία του περιβαλλοντικού αγαθού ή της υπηρεσίας. Βάσει του δείγματος εκτιμάμε τη συνάρτηση πρόθεσης πληρωμής, που περιλαμβάνει τους προσδιοριστικούς παράγοντες της επιθυμίας πληρωμής, όπως (Χάλκος, 2013) :

- το εισόδημα του ατόμου ( $Y_i$ ),
- το μορφωτικό επίπεδο ( $M_i$ ),
- το φύλο ( $\Phi_i$ ),
- άλλες κοινωνικοοικονομικές μεταβλητές ( $K_i$ ),
- την περιβαλλοντική ή όχι ευαισθητοποίηση ( $E_i$ ) και
- την κατάσταση του περιβαλλοντικού αγαθού ή υπηρεσίας ( $\Pi_A$ ).

Δηλαδή, η πρόθεση πληρωμής (WTP) είναι συνάρτηση ( $f$ ) των μεταβλητών αυτών και μπορεί να εκφραστεί ως :

$$WTP_i = f(Y_i, M_i, \Phi_i, K_i, E_i, \Pi_A)$$

Πολλαπλασιάζοντας το μέσο όρο της WTP με τον αριθμό των ατόμων της υπό εξέταση κοινωνίας, λαμβάνουμε μια προσέγγιση της οικονομικής αξίας του περιβαλλοντικού αγαθού ή της υπηρεσίας.

Στην συνέχεια, μέσω της μεθόδου προστατευτικής συμπεριφοράς (defensive behavior method), θα προσεγγίσουμε την WTP στο μοντέλο αυτό.

#### **3.7.2.1.1 Μέθοδοι προστατευτικής συμπεριφοράς (defensive behavior method) και κόστους ζημίας (damage cost method)**

Η μέθοδος προστατευτικής συμπεριφοράς εκφράζει τις ενέργειες των ατόμων που γίνονται με σκοπό να μειώσουν τις περιβαλλοντικές ζημίες. Η προστατευτική συμπεριφορά περιλαμβάνει ενέργειες που μειώνουν την έκθεση στη ρύπανση καθώς και δράσεις που μετριάζουν τις δυσμενείς επιπτώσεις της έκθεσης. Η μέθοδος της προστατευτικής συμπεριφοράς απλώς υποθέτει ότι ένα ορθολογικό άτομο θα επιλέξει να έχει προστατευτική συμπεριφορά σε περίπτωση που η αξία από τις ζημίες που θα αποφευχθούν υπερβαίνει το κόστος της προστατευτικής συμπεριφοράς.

Οι ζημιές από την άλλη πλευρά, αφορούν το κόστος που σχετίζεται με τη ρύπανση, συμπεριλαμβανομένου του άμεσου και έμμεσου κόστους. Το άμεσο κόστος είναι η δαπάνη ή τα έξοδα που σχετίζονται με τη θεραπεία, ή τη διόρθωση των υλικών ζημιών. Το έμμεσο κόστος αντανακλά το κόστος ευκαιρίας, τη μείωση παραγωγής ή τα διαφυγόντα έσοδα από τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Η μέθοδος κόστους ζημίας δηλαδή μετρά τα οφέλη από τη μείωση της ρύπανσης.

Υπάρχουν δύο βασικές διαφορές ανάμεσα στις δύο μεθόδους: Πρώτον, η μέθοδος προστατευτικής συμπεριφοράς εστιάζεται στο κατά πόσο η συμπεριφορά των ατόμων ανταποκρίνεται στις περιβαλλοντικές αλλαγές και στην συμπεριφορά τους με τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται. Εν τούτοις, η μέθοδος κόστους ζημίας θεωρεί ότι δεν υπάρχει συμπεριφορά τέτοια των ατόμων που να ανταποκρίνεται στις περιβαλλοντικές αλλαγές ή ότι οι συμπεριφορές αυτές δεν είναι αποτελεσματικές. Δεύτερον, η μέθοδος προστατευτικής συμπεριφοράς έχει σχεδιαστεί να εκτιμάει ή τουλάχιστον να οριοθετεί ένα θεωρητικό προσεγγιστικό μέτρο της οικονομικής αξίας όπως η προθυμία πληρωμής (willingness-to-pay, WTP) σε σχέση με την μέθοδο κόστους ζημίας που δεν έχει τέτοιο μέτρο.

Παρά τις διαφορές τους οι δύο μέθοδοι έχουν και κάποια κοινά σημεία, όπως ότι και οι δύο μπορούν να αναπτυχθούν και να συγκριθούν στα πλαίσια ενός απλού μοντέλου νοικοκυριού. Επίσης και οι δύο χρησιμοποιούνται για να μετρούν τις αλλαγές στις εκροές της ρύπανσης καθώς και να επισημαίνουν τις αλλαγές της ρύπανσης και της επιπτώσεις της.

### Θεωρητικό πλαίσιο

Στο μοντέλο Harrington –Portney, η χρησιμότητα (utility) ενός ατόμου εκφράζεται συναρτησιακά ως :

$$U = U(X, L, S), \quad (1)$$

Όπου  $X$  είναι οι καταναλωτικές δαπάνες,  $L$  ο ελεύθερος χρόνος και  $S$  ο χρόνος ασθένειας. Η οριακή χρησιμότητα της κατανάλωσης και του ελεύθερου χρόνου είναι θετική αλλά η οριακή χρησιμότητα του χρόνου ασθένειας είναι αρνητική. Ο χρόνος ασθένειας 'προέρχεται' από τη συνάρτηση (παραγωγής) υγείας (health production function)

$$S = S(E, G, Z) \quad (2)$$



Όπου  $E$  είναι η έκθεση (exposure) στη ρύπανση,  $G$  οι δραστηριότητες μετριασμού (mitigating activities) και  $Z$  ένα σύνολο εξωγενών παραγόντων που επηρεάζουν την έκταση της ασθένειας όπως οι χρόνιες παθήσεις και η ηλικία. Η έκθεση αυξάνει την έκταση της ασθένειας ενώ η απομάκρυνση την μειώνει. Η έκθεση στη ρύπανση επίσης επηρεάζεται από την συμπεριφορά, σύμφωνα με τη συνάρτηση παραγωγής

$$E = E(A, a) \quad (3)$$

Όπου  $a$  το επίπεδο της ρύπανσης στην ατμόσφαιρα και  $A$  η αποτρεπτική συμπεριφορά (averting behavior). Η ατμοσφαιρική ρύπανση αυξάνει την έκθεση ενώ η αποτρεπτική συμπεριφορά τη μειώνει. Το μοντέλο περιλαμβάνει δύο είδη προστατευτικής συμπεριφοράς: την αποτρεπτική συμπεριφορά ( $A$ ) που μειώνει την έκθεση στην ρύπανση και την συμπεριφορά μετριασμού (mitigation activity) ( $G$ ) που μειώνει τις αρνητικές επιδράσεις της έκθεσης. Για να γίνει σαφής η διάκριση, τα άτομα με άσθμα μπορούν να μειώσουν την έκθεση τους στο μολυσμένο αέρα με το να περνούν λιγότερο χρόνο έξω, όταν υπάρχουν υψηλά επίπεδα αέριων ρύπων ( $A$ ), και /ή μπορούν να χρησιμοποιούν κάποιο εισπνεόμενο βρογχοδιασταλτικό ( $G$ ) για να μειώσουν τα συμπτώματα του άσθματος.

Αλλά σε αυτό το μοντέλο η διάκριση μεταξύ των δύο συμπεριφορών είναι απλώς επεξηγηματική. Αν αντικαταστήσουμε την εξίσωση (3) στην εξίσωση (2) τότε η συνάρτηση (παραγωγής) υγείας γίνεται:

$$S = S[E(A, a), G, Z] = \hat{S}(A, a, G, Z) \quad (4)$$

Η  $\hat{S}$  εκφράζει τη συνάρτηση  $S$ , βάσει των άλλων μεταβλητών. Στην εξίσωση αυτή φαίνεται πως το  $G$  και το  $A$  είναι δύο διαφορετικοί τρόποι για να μειωθεί η ασθένεια δοθέντος του επιπέδου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Ο εισοδηματικός περιορισμός μπορεί να εκφραστεί μέσω των αντίστοιχων μεταβλητών όπου  $I$  το εισόδημα που δεν προέρχεται από την εργασία,  $T_w$  ο χρόνος εργασίας με ημερομίσθιο  $w$ ,  $p_g$  και  $p_a$  είναι οι τιμές της μονάδας για  $G$  και  $A$ , και  $M(S)$  τα έξοδα θεραπείας/πρόληψης συνήθως τα ιατρικά έξοδα ως συνάρτηση του χρόνου ασθένειας.

$$I + wT_w = X + p_g G + p_a A + M(S) \quad (5)$$

Η ερμηνεία αυτής της συνάρτησης είναι ότι καθώς η ασθένεια συνεχίζεται το άτομο αναγκάζεται να επιβαρύνεται με επιπλέον ιατροφαρμακευτικά έξοδα. Τα έξοδα

αυτά προσδιορίζονται από τη συνάρτηση  $M(S)$ . Ωστόσο, το  $I$  περιλαμβάνει τη συνάρτηση με τα ιατροφαρμακευτικά έξοδα.

Ένας ακόμη περιορισμός χρειάζεται προκειμένου να ολοκληρωθεί το υπόδειγμα. Ο συνολικά διαθέσιμος χρόνος ( $T$ ) κατανέμεται στη δουλειά, τον ελεύθερο χρόνο και την ασθένεια ως :

$$T = T_w + L + S$$

Αν λύσουμε αυτή την εξίσωση ως προς  $T_w$  τότε  $T_w = T - (L + S)$  και αν αντικαταστήσουμε τη σχέση (5) αυτή τον εισοδηματικό περιορισμό έχουμε τον πλήρη εισοδηματικό περιορισμό ως :

$$\begin{aligned} I + w[T - (L + S)] &= X + p_g G + p_a A + M(S) \Rightarrow \\ I + wT &= X + wL + p_g G + p_a A + M(S) + wS \quad (6) \end{aligned}$$

Στην εξίσωση (6)  $M(S) + wS$  είναι οι ζημίες. Στο πλαίσιο της υγείας που αντιστοιχούν στα μεμονωμένα κόστη της ασθένειας. Αυτά αποτελούνται από το άμεσο κόστος της ιατροφαρμακευτικής περίθαλψης και το έμμεσο από τον χαμένο χρόνο λόγω της ασθένειας. Αν λοιπόν θέσουμε :

$$C(S) = M(S) + wS$$

και θελήσουμε να υπολογίσουμε την πρόθεση πληρωμής (WTP) ή να χρησιμοποιήσουμε το πλεόνασμα καταναλωτή προσεγγιστικά για τη διακύμανση αποζημίωσης για μια μεταβολή στη ρύπανση, θα μπορούμε να λύσουμε το πρόβλημα μεγιστοποίησης της χρησιμότητας στην (1) (Δες Cropper 1981 και Gerking και Stanley, 1986).

Στην συνέχεια ας εξετάσουμε το πρόβλημα μεγιστοποίησης της χρησιμότητας σε δύο περιπτώσεις. Στην πρώτη περίπτωση το άτομο επιλέγει προστατευτικές συμπεριφορές για να μειώσει τις δαπάνες πρόληψης ( $p_g G + p_a A$ ) δημιουργώντας ένα δεδομένο χρονικό ορίζοντα ασθένειας σύμφωνα με την εξίσωση (4). Στη δεύτερη περίπτωση, το άτομο επιλέγει τον χρόνο ασθένειας μεταξύ της κατανάλωσης και του ελεύθερου χρόνου για να μεγιστοποιήσει τη χρησιμότητα. Η συνθήκη πρώτης τάξης για το πρόβλημα ελαχιστοποίησης του κόστους δίνεται ως :

$$\begin{aligned} p_g - \kappa(\partial S / \partial G) &= 0 \\ p_a - \kappa(\partial S / \partial E)(\partial E / \partial A) &= 0 \\ S^0 - S[G, E(A, \alpha), Z] &= 0 \quad (7) \end{aligned}$$

Στην παραπάνω εξίσωση το  $S^0$  είναι η δοθείσα ποσότητα του χρόνου ασθένειας και το  $\kappa$  είναι ο πολλαπλασιαστής Lagrange. Υποθέτοντας ότι ισχύει η συνθήκη δεύτερης τάξης, μπορούμε να λύσουμε τη συνθήκη πρώτης τάξης και να βρούμε τις τιμές των  $G$ ,  $A$  και  $\kappa$  που ελαχιστοποιούν τα έξοδα πρόληψης, απαραίτητα για την εμφάνιση του  $S^0$ , ως συναρτήσεις των εξωγενών μεταβλητών ( $p_g, p_a, S^0, a$ , και  $Z$ ). Αυτές οι συναρτήσεις είναι :

$$\begin{aligned} G^0 &= G(P_g, P_a, S^0, a, Z) \\ A^0 &= A(p_g, p_a, S^0, a, Z) \\ \kappa^0 &= \kappa(p_g, p_a, S^0, a, Z) \end{aligned} \quad (8)$$

Με αυτές τις εξισώσεις μπορούμε να ορίσουμε τη *συνάρτηση εξόδων προστασίας* (*defensive expenditure function*) (Bartik 1988), η οποία μας δίνει το ελάχιστο κόστος από την δεδομένη ποσότητα του χρόνου ασθένειας  $S^0$  όταν οι τιμές από τη συμπεριφορά προστασίας (*defensive behavior*) είναι  $p_g$  και  $p_a$ , η αέρια ρύπανση δίνεται ως :

$$D = (p_g, p_a, S^0, a, Z) = p_g G^0 + p_a A^0 \quad (9)$$

Τα ελάχιστα έξοδα προστασίας είναι μια συνάρτηση των τιμών του χρόνου ασθένειας και της αέριας ρύπανσης γιατί τα  $G^0$  και  $A^0$  είναι συναρτήσεις αυτών των μεταβλητών. Οι ιδιότητες αυτής της συνάρτησης χρησιμεύουν στην ερμηνεία του *μοντέλου προστατευτικής συμπεριφοράς*.

Σύμφωνα με το *θεώρημα της περιβάλλουσας καμπύλης* (*envelope theorem*) το οριακό κόστος του χρόνου ασθένειας ισούται με τον πολλαπλασιαστή Lagrange  $\kappa$ . Χρησιμοποιώντας την συνθήκη πρώτης τάξης της (7) έχουμε :

$$\frac{\partial D}{\partial S} = \kappa = \frac{P_g}{(\partial S / \partial G)} = \frac{P_a}{(\partial S / \partial E)(\partial E / \partial A)} < 0 \quad (10)$$

Η πρώτη ισότητα στην (10) προκύπτει από το θεώρημα της περιβάλλουσας καμπύλης ενώ η δεύτερη προέρχεται από τη συνθήκη πρώτης τάξης και απεικονίζει τα γενικά αποτελέσματα από τη θεωρία παραγωγής όπου το οριακό κόστος ισούται με το οριακό προϊόν. Η ανισότητα υποδεικνύει ότι τα έξοδα προστασίας πρέπει να αυξηθούν εάν θέλουμε το χρόνος ασθένειας να μειωθεί.

Το οριακό αποτέλεσμα (marginal effect) από την ατμοσφαιρική ρύπανση στα έξοδα προστασίας μπορεί επίσης να υπολογιστεί βάσει του θεωρήματος της περιβάλλουσας καμπύλης ως :

$$\begin{aligned} \partial D / \partial a &= -(\partial D / \partial S)(\partial S / \partial E)(\partial E / \partial A) \\ &= -p_g \frac{(\partial S / \partial E)(\partial E / \partial a)}{(\partial S / \partial G)} = -p_a \frac{(\partial E / \partial a)}{(\partial E / \partial A)} > 0 \end{aligned} \quad (11)$$

Προκειμένου στη συνέχεια να λύσουμε το δεύτερο στάδιο στο πρόβλημα μεγιστοποίησης της χρησιμότητας αντικαθιστούμε τη συνάρτηση εξόδων για προστασία με τον εισοδηματικό περιορισμό και η εξίσωση (6) γίνεται :

$$I + wT = X + wL + D(p_g, p_a, S^0, a) + M(S) + wS$$

Η συνθήκη πρώτης τάξης περιλαμβάνοντας το χρόνο ασθένειας είναι :

$$(\partial U / \partial S) - \lambda [(\partial D / \partial S) + (dM / dS) + w] = 0 \quad (12)$$

Όπου  $\lambda$  είναι ο πολλαπλασιαστής Lagrange και ερμηνεύεται ως η οριακή χρησιμότητα του συνολικού εισοδήματος. Η (12) μπορεί επίσης να γραφτεί και ως :

$$-(\partial U / \partial S) / \lambda + (dM / dS) + w = -(\partial D / \partial S) \quad (13)$$

Στην εξίσωση (13) παρατηρούμε πως τα οριακά οφέλη από την μείωση του χρόνου ασθένειας ισούνται με το οριακό κόστος προκειμένου να μειωθεί ο χρόνος ασθένειας.

#### Εκτιμώντας τις οριακές μεταβολές της ρύπανσης

Έστω  $V(I, w, p_g, p_a, a)$  η έμμεση συνάρτηση χρησιμότητας (*indirect utility function*). Σύμφωνα με το *θεώρημα της περιβάλλουσας καμπύλης (envelope theorem)*, η οριακή προθυμία πληρωμής (marginal WTP) για τη μείωση της ρύπανσης δίνεται ως :

$$-(\partial V / \partial a) / \lambda = \partial D / \partial a \quad (14)$$

Η εξίσωση μπορεί να γραφεί με δύο τρόπους για καλύτερη κατανόηση του πώς η προθυμία πληρωμής (WTP) μετρίεται στο μοντέλο προστατευτικής συμπεριφοράς. Χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις (11) και (12) η οριακή πρόθεση πληρωμής ισοδυναμεί με :

$$\begin{aligned}
 & -(\partial V / \partial a) / \lambda = \\
 & [-(\partial U / \partial S) / \lambda + dM / dS + w](\partial S / \partial E)(\partial E / \partial a) \quad (15)
 \end{aligned}$$

Χρησιμοποιώντας την εξίσωση (11) μπορούμε να έχουμε μια πιο εύχρηστη μορφή της προθυμίας πληρωμής :

$$\begin{aligned}
 & -(\partial V / \partial a) / \lambda \\
 & = -P_g \frac{(\partial S / \partial E)(\partial E / \partial a)}{\partial S / \partial G} = -P_a \frac{\partial E / \partial a}{\partial E / \partial A} \quad (16)
 \end{aligned}$$

Η παραπάνω εξίσωση, παρουσιάζει και δύο ενδιαφέροντα σημεία σχετικά με το μοντέλο προστατευτικής συμπεριφοράς. Πρώτον, το άτομο δεν είναι πρόθυμο να πληρώσει πολλά χρήματα για τη μείωση της ρύπανσης όταν η προστατευτική συμπεριφορά είναι φτηνή (μικρό  $P_g$  ή  $P_a$ ) και αποτελεσματική (μεγάλο  $\partial S / \partial G$  ή  $\partial E / \partial A$ ) ή όταν η ρύπανση έχει μικρές επιπτώσεις στην υγεία (μικρό  $\partial S / \partial E$  ή  $\partial E / \partial a$ ). Αντιστρόφως, το άτομο θα είναι πρόθυμο να πληρώσει αρκετά χρήματα εάν η προστατευτική συμπεριφορά είναι ακριβή και αναποτελεσματική ή αν η ρύπανση έχει μεγάλες επιπτώσεις στην υγεία. Δεύτερον, αν υπάρχουν δύο προστατευτικές συμπεριφορές, η προθυμία πληρωμής (WTP) πρέπει να είναι ίδια, ανεξάρτητα από το ποια προστατευτική συμπεριφορά (G ή A στα μοντέλα) χρησιμοποιείται για να υπολογίσει τον οριακό λόγο τεχνικής υποκατάστασης. Αν αυτή η προϋπόθεση δεν ισχύει το άτομο δεν συμπεριφέρεται όπως θα αναμενόταν από το μοντέλο και η όλη προσέγγιση τίθεται σε αμφισβήτηση.

#### Εκτιμώντας τις οριακές μεταβολές στις εκροές (outcomes)

Εκτιμώντας την οριακή προθυμία πληρωμής για τη μείωση της ρύπανσης σύμφωνα με την εξίσωση (14) δεν μπορούμε να τη σχετίσουμε με την ανάλυση κόστους- οφέλους που χρησιμοποιείται για τις περιβαλλοντικές ρυθμίσεις. Συχνά αντιμετωπίζεται μια έμμεση εκτίμηση της περιβαλλοντικής ρύπανσης μέσα από τις εκτιμήσεις από τις μεταβολές στην κατάσταση υγείας των ατόμων ή από τις μεταβολές στους κινδύνους της υγείας.

Στην συνέχεια θα εκτιμήσουμε την οριακή τιμή της ασθένειας  $dS$ . Η συνθήκη πρώτης τάξης για το χρόνο ασθένειας στο πρόβλημα μεγιστοποίησης της χρησιμότητας λέει ότι το άτομο επιλέγει το χρόνο ασθένειας για να εξισώσει τα οριακά οφέλη από την μείωση της ασθένειας με το οριακό κόστος της μείωσης της

ασθένειας. Έτσι, χρησιμοποιώντας τις σχέσεις (11) και (12) η οριακή τιμή της ασθένειας  $dS$  βάσει της σχέσης (10) γίνεται :

$$\begin{aligned} & [-(\partial U / \partial S) / \lambda + (dM / dS) + w]dS = -(\partial D / \partial S)dS \\ & = -[p_g / (\partial S / \partial G)]dS = -[P_a / [(\partial S / \partial E)(\partial E / \partial A)]]ds \end{aligned} \quad (17)$$

Η εξίσωση (17) παριστάνει τις τιμές εκείνες από τη μεταβολή στα αποτελέσματα της ρύπανσης  $D$  από την  $a$ , ενώ η εξίσωση (16) αποτυπώνει τις τιμές από τις μεταβολές στο περιβάλλον, μέσω της  $V$  που προκαλούν μεταβολές στις εκροές, στην παράμετρο  $a$ .

#### Συγκρίνοντας την Προθυμία Πληρωμής (WTP) και τα Κόστη Ζημίας (Damage Costs)

Αναφέρθηκε ότι τα συνολικά κόστη ασθένειας για το άτομο είναι  $C(S) = M(S) + wS$  και η οριακή επίπτωση από μια δοθείσα μεταβολή στην ασθένεια και κατ' επέκταση στο κόστος είναι :

$$dC = (dM / dS + w)dS \quad (18)$$

Στην συνέχεια συγκρίνουμε το WTP στην εξίσωση (15) με το οριακό κόστος ζημίας στην εξίσωση (18). Για μια δοθείσα μείωση στην ασθένεια με  $dS < 0$ , το WTP υπερβαίνει την απόλυτη τιμή της μείωσης του κόστους ασθένειας κατά το ποσό  $(\partial U / \partial S) / \lambda > 0$ . Έτσι, WTP για μια δοθείσα μείωση στην ασθένεια υπερβαίνει το κόστος ασθένειας γιατί το κόστος ασθένειας δεν υπολογίζεται για την αξία χρήσης (utility value) της υγείας ή του πόνου.

Η απόκλιση ανάμεσα στο WTP και στο κόστος ασθένειας για μια μεταβολή στη ρύπανση είναι λιγότερο σαφής. Το μοντέλο προστατευτικής συμπεριφοράς υποστηρίζει ότι το άτομο προσαρμόζει τη συμπεριφορά του ανάλογα με τις μεταβολές του περιβάλλοντος. Αυτή η συμπεριφορά στη συνέχεια επηρεάζει την υγεία. Έτσι, η συνολική επίδραση της ρύπανσης στην υγεία θα είναι άμεση αν η συμπεριφορά του ατόμου δεν αλλάξει και έμμεση αν η συμπεριφορά του ατόμου αλλάξει. Δηλαδή οι μεταβολές στο χρόνο ασθένειας από τις περιβαλλοντικές μεταβολές είναι το άθροισμα των άμεσων και έμμεσων επιπτώσεων της ρύπανσης στην υγεία του ατόμου.

$$\begin{aligned} dS / da &= (\partial S / \partial E)(\partial E / \partial a) \\ &+ (\partial S / \partial G)(\partial G^* / \partial a) + (\partial S / \partial E)(\partial E / \partial A)(\partial A^* / \partial a) \end{aligned} \quad (19)$$

Όπου  $G^*$  και  $A^*$  είναι οι επιλογές μεγιστοποίησης της χρησιμότητας από την συμπεριφορά μετριασμού και αποτροπής. Υποθέτουμε ότι τα άμεσα αποτελέσματα είναι θετικά (η ρύπανση αυξάνει τον χρόνο ασθένειας). Επίσης, η προστατευτική συμπεριφορά αυξάνεται με την ρύπανση και ως εκ τούτου τα έμμεσα αποτελέσματα είναι αρνητικά. Έτσι, τα συνολικά αποτελέσματα της ρύπανσης στην υγεία στην εξίσωση (19) είναι λιγότερα από τα άμεσα αποτελέσματα.

Το κόστος ασθένειας υπολογίζεται ως:

$$dC = [dM / dS + w] \times \left[ (\partial S / \partial E)(\partial E / \partial a) + (\partial S / \partial G)(\partial G^* / \partial a) \right] da \quad (20)$$

$$+ (\partial E / \partial E)(\partial E / \partial A)(\partial A^* / \partial a)$$

Συγκρίνοντας τα κόστη ασθένειας με την προθυμία πληρωμής στις σχέσεις (14) και (15) το μοντέλο προτείνει ότι για δοθείσες μεταβολές στην ρύπανση του αέρα, το WTP πιθανόν υπέρβαινε το κόστος ασθένειας γιατί το τελευταίο δεν συνυπολογίζει τον πόνο και την ταλαιπωρία από την ασθένεια και την συμπεριφορά που υιοθετούν τα άτομα προκειμένου να μειώσουν τις βλαβερές συνέπειες της ρύπανσης.

### 3.7.2.2 Μέθοδος Διαμόρφωσης Επιλογών (Choice Modeling, CMM)<sup>4</sup>

Η μέθοδος της διαμόρφωσης των επιλογών ανήκει στην κατηγορία των μεθόδων δηλωμένης προτίμησης με τη διαφορά ότι στηρίζεται στην αποτίμηση της αξίας των χαρακτηριστικών των περιβαλλοντικών αγαθών και τη μεταβολή αυτών. Συγκεκριμένα στο πλαίσιο της έρευνας οι ερωτηθέντες καλούνται να επιλέξουν μεταξύ εναλλακτικών περιγραφών του εξεταζόμενου περιβαλλοντικού αγαθού το οποίο διαφοροποιείται σε όρους χαρακτηριστικών και σε επίπεδα. Οι ερωτηθέντες αποκαλύπτουν έμμεσα την προθυμία πληρωμής τους μέσω τιμών και κόστους που παρατίθεται σε κάθε μεταβολή των χαρακτηριστικών (Hanley et al., 2001).

Η μέθοδος μπορεί να διακριθεί στις παρακάτω κατηγορίες :

- μέθοδος πειράματος επιλογής (choice experiment)

<sup>4</sup> Χάλκος (2013)

- μέθοδος υποθετικής ταξινόμησης (contingent ranking)
- μέθοδος υποθετικής βαθμολόγησης ή αποτίμησης (contingent rating)
- μέθοδος σύγκρισης κατά ζεύγη (paired comparison analysis)

### 3.7.2.2.1 Μέθοδος Πειράματος Επιλογής (Choice Experiment Method, CEM)<sup>5</sup>

Η μέθοδος του πειράματος επιλογής ή αλλιώς πείραμα βασιζόμενο στα χαρακτηριστικά (attribute –based experiment) παρέχει στους ερωτηθέντες επιλογές, οι οποίες εναλλάσσονται με βάση τη μεταβολή των χαρακτηριστικών. Οι επιλογές συνήθως περιλαμβάνουν την υφιστάμενη κατάσταση (baseline scenario) του εξεταζόμενου αγαθού. Βασικό χαρακτηριστικό όπως και στην μέθοδο CVM είναι ότι εκμαιεύεται η συνολική αξία του υπό εξέταση αγαθού που περιλαμβάνει την αξία χρήσης και την μη-χρηστική αξία.

Ο σχεδιασμός της μεθόδου αυτής πρέπει να είναι προσεκτικός και α κινείται στο πλαίσιο συγκεκριμένων βημάτων (Champ et al., 2003) όπως τα ακόλουθα:

1. διαπίστωση του πεδίου έρευνας και χαρακτηρισμός του προβλήματος,
2. περιγραφή των χαρακτηριστικών του εξεταζόμενου αγαθού,
3. σχεδιασμός των εναλλακτικών σεναρίων και επιλογών,
4. πειραματικός σχεδιασμός (experimental desigh),
5. κατασκευή του ερωτηματολογίου,
6. συλλογή δεδομένων,
7. εκτίμηση του επιλεγόμενου υποδείγματος για την ανάλυση των δεδομένων,
8. εξαγωγή συμπερασμάτων με στόχο την πρόταση εναλλακτικών πολιτικών διαχείρισης του αγαθού.

Η οικονομική αποτίμηση των περιβαλλοντικών αγαθών και ειδικότερα η μέθοδος του πειράματος επιλογής εμπεριέχουν δυσκολία και πολυπλοκότητα. Συχνά παρατηρείται αδυναμία κατανόησης του υπό εξέταση προβλήματος από μέρος των ερωτηθέντων. Τα εκάστοτε προβλήματα όμως μπορούν να αντιμετωπιστούν και να λυθούν με την βοήθεια των ερευνητών και με τη χρήση κατάλληλων μεθόδων.

---

<sup>5</sup> Χάλκος (2013)



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### Βιβλιογραφική ανασκόπηση

---

#### 4.1 Αβεβαιότητα - κόστη ελέγχου και κόστη ζημίας

Ο ορθολογισμός στη διαμόρφωση και την εφαρμογή των περιβαλλοντικών πολιτικών εξαρτάται από την προσεκτική εξέταση των συνεπειών τους, τόσο για τη φύση όσο και για την κοινωνία. Για το λόγο αυτό είναι σημαντικό να ποσοτικοποιηθούν τα κόστη και τα οφέλη με τον πιο ακριβή τρόπο. Αλλά η εγκυρότητα οποιασδήποτε ανάλυσης κόστους-οφέλους (εφεξής CBA) είναι ασαφής και τα αποτελέσματα μπορεί να έχουν μεγάλες αβεβαιότητες. Η αβεβαιότητα είναι παρούσα σε όλα τα περιβαλλοντικά προβλήματα και αυτό καθιστά σαφή την ανάγκη προσεκτικού σχεδιασμού και αξιολόγησης. Μπορεί να έχουμε αβεβαιότητα για τις υποκείμενες φυσικές ή οικολογικές διαδικασίες, καθώς και για τις οικονομικές συνέπειες από την αλλαγή στην ποιότητα του περιβάλλοντος.

Η αβεβαιότητα είναι εμφανής όχι μόνο στην εκτίμηση των παραμέτρων, αλλά και στην επιλογή του κατάλληλου μοντέλου που "ταιριάζει" με το πρόβλημα. Οι πηγές της αβεβαιότητας και των επιπτώσεών της στη διαμόρφωση της πολιτικής μπορεί να εκφράζεται από τις μη- γραμμικές συναρτήσεις κόστους ζημίας και κόστους ελέγχου.

Τα κόστη ζημίας ή τα εξωτερικά κόστη μπορούν να εκτιμηθούν από την ανάλυση των εκπομπών των ρύπων, τη διασπορά τους και τη "μεταφορά" τους (σε περιπτώσεις διασυνοριακής ρύπανσης, όπως το πρόβλημα της όξινης βροχής), την επίδρασή τους με τη συνάρτηση δόσης-απόκρισης (dose-response) και την τελική τους (αν είναι εφικτό) χρηματική αποτίμηση.

Οι συναρτήσεις κόστους ζημίας και κόστους ελέγχου είναι μη-γραμμικές και η ακριβής μορφή των συναρτήσεών τους είναι άγνωστη. Ταυτόχρονα, οι περιβαλλοντικές πολιτικές σχετίζονται ανομοιόμορφα και συνήθως αλληλεπιδρούν με ένα περίπλοκο τρόπο με την αβεβαιότητα. Αυτή η πολυπλοκότητα γίνεται μεγαλύτερη, αν σκεφτούμε τις πολύ μεγάλες χρονικές περιόδους διαρκείας που χαρακτηρίζουν τα περιβαλλοντικά προβλήματα (Pindyck, 2007).

Η συνάρτηση του κόστους ζημίας συσχετίζει τη ρύπανση και τις εκπομπές ενός συγκεκριμένου ρύπου. Οι ζημίες μετριούνται ως η επίδραση των εκπομπών στην υγεία, τα μνημεία, τις δραστηριότητες αναψυχής, τις λίμνες, τα κτήρια κλπ.

Οι αβεβαιότητες στη λειτουργία των ζημιών και του κόστους ελέγχου επηρεάζουν τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων μέσα από ποικίλους τρόπους (Halkos, 1996). Αρχικά, όσον αφορά την επιλογή του κατάλληλου μέσου πολιτικής. Ο Weitzman (1974) έδειξε ότι με την παρουσία αβεβαιότητας στην συνάρτηση κόστους, η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου εξαρτάται από την κλίση των καμπυλών. Σε συνθήκες βεβαιότητας οι μέθοδοι θα είναι εξίσου αποτελεσματικές αλλά σε συνθήκες αβεβαιότητας, η επιλογή είναι σημαντική και εξαρτάται από τις κλίσεις των καμπυλών του οριακού κόστους ελέγχου και των οριακών ζημιών. Στην περίπτωση όπου η κλίση της οριακής ζημίας είναι απότομη και του οριακού κόστους ελέγχου επίπεδη, οι μέθοδοι που βασίζονται στην ποσότητα είναι περισσότερο επαρκείς. Στην περίπτωση όπου η καμπύλη οριακού κόστους ελέγχου είναι απότομη και η καμπύλη της οριακής ζημίας επίπεδη, είναι προτιμότερο να επιλεγεί μια μέθοδος βασιζόμενη στην τιμή (Halkos, 2000).

Ένα πλήθος μελετών έχουν επεκτείνει τις απόψεις του Weitzman και έδειξαν ότι ‘υβριδικές’ πολιτικές όπου συνδυάζονται και οι δύο μέθοδοι είναι προτιμότερες από τις μεμονωμένες προαναφερθείσες προσπάθειες (Roberts και Spence, 1976; Weitzman, 1978; Pizer 2002; Jacoby και Ellerman, 2004).

Καθώς η αβεβαιότητα μπορεί να οφείλεται στην έλλειψη των κατάλληλων δεδομένων για τα κόστη ζημίας και τα κόστη ελέγχου, οι Hutton και Halkos (1995) καθώς και οι Halkos και Kitsos (2005) εφάρμοσαν μια μέθοδο βαθμονόμησης (calibration) των μη υπαρχόντων εκτιμήσεων κόστους ζημιών, στηριζόμενοι σε κάθε χώρας ξεχωριστά τη συνάρτηση κόστους ελέγχου. Με τον τρόπο αυτό μια ‘‘calibrated’’ περιοχή οφέλους ( $BA^C$ ) υπολογίστηκε.

Οι Rabl et al. (2005) σύγκριναν τις συναρτήσεις κόστους ελέγχου και ζημίας για ένα πλήθος ρυπαντών. Ξεχώρισαν τις διακριτές από τις συνεχείς πολιτικές επιλογές. Για παράδειγμα, ο καθορισμός ορίων στις εκπομπές διοξειδίου του θείου από ένα σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι μια συνεχής πολιτική. Αντίστοιχα, η απόφαση να χρησιμοποιηθεί μια συγκεκριμένη μέθοδος ελέγχου η οποία θα σχετίζεται με ένα σταθερό ρυθμό εκπομπών, μπορεί να θεωρηθεί ως μια περίπτωση διακριτούς επιλογής. Επικεντρώθηκαν επίσης στην αβεβαιότητα όχι μόνο του κόστους ζημίας αλλά και του κόστους ελέγχου, υποστηρίζοντας ότι η

αβεβαιότητες του κόστους ελέγχου είναι εξίσου σημαντικές. Έδειξαν ότι για τις εκπομπές NO<sub>x</sub> και SO<sub>2</sub> ένα σφάλμα της τάξεως του 3 θα αυξήσει το συνολικό κοινωνικό κόστος μέχρι το 20%. Για τις διοξίνες και το CO<sub>2</sub> οι αβεβαιότητες του κόστους ζημίας είναι μεγαλύτερες από αυτές του NO<sub>x</sub> και SO<sub>2</sub>. Ομοίως, στην περίπτωση των διακριτών επιλογών, δεν υπάρχει κάποιο γενικό συμπέρασμα και υπάρχουν επιπτώσεις στο κόστος μόνο στην περίπτωση της λάθους επιλογή με τη διαφορά μεταξύ του κόστους ελέγχου και του κόστους ζημίας να είναι υψηλότερη από τις αβεβαιότητες.

Αξιίζει να αναφέρουμε ότι η αβεβαιότητα μπορεί να επηρεάσει την βέλτιστη χρονική στιγμή στην εφαρμογή μιας πολιτικής, εάν τα εφάπαξ κόστη στην εφαρμογή της πολιτικής ή στις περιβαλλοντικές ζημιές από την απουσία περιβαλλοντικών πολιτικών είναι εν μέρει μη αναστρέψιμα. Οι συνέπειες της μη αντιστρεψιμότητας έχουν μελετηθεί εκτενώς στην βιβλιογραφία (Pindyck 2000, 2002; Fisher και Hanemann 1990; Gollier et al. 2000; Ulph και Ulph 1997; Kolstad 1996).

Η εξόρυξη και η χρήση των πόρων μαζί με την κατανομή τους πιθανόν να προκαλέσουν προβλήματα υγείας. Το 2006 οι εργαζόμενοι στην παραγωγή πετρελαίου αντιμετώπισαν 21 θανάτους ανά 100,000 εργαζόμενους. Παρόλα αυτά, τα συγκεκριμένα νούμερα είναι χαμηλότερα σε σχέση με τα δεδομένα που υπάρχουν στη βαριά βιομηχανία όπως είναι στον κλάδο των ανθρακωρύχων (περίπου 50) και των υλοτόμων (περίπου 87.5) (Bureau of Labor Statistics, 2007).

Στον πίνακα 4.1 παρουσιάζονται οι περιπτώσεις για την Ευρώπη και την Δανία σχετικά με τις επιπτώσεις των ανθρωπογενών επιπτώσεων προερχόμενες από την Δανία για το έτος 2000 όπως παρουσιάστηκε στους Brandt et al. (2013). Τα συνολικά εξωτερικά κόστη που σχετίζονται με την υγεία και τον αντίκτυπο που είχε η εκπομπή ρύπων από τη Δανία σε όλο τον κόσμο για το έτος 2000 υπολογίστηκε ότι ήταν 4.9 δις € ετησίως. Από αυτά, 817 εκατομμύρια € το χρόνο υπολογίστηκαν τα εξωτερικά κόστη μόνο της Δανίας. Επίσης στην πλειονότητα τους οι κλάδοι παραγωγής ρύπων στην Δανία είναι η γεωργία (43%), η οδική κυκλοφορία (18%), η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (10%), η καύση ξύλου (9%) και άλλες κινητές πηγές (8%).

**Πίνακας 4.1:** Αριθμός περιπτώσεων διαφορετικών επιδράσεων στην υγεία σχετικών με τις ανθρωπογενείς εκπομπές για το έτος 2000 στη Δανία

Health impact	Number of cases (in Europe)	Number of cases (in Denmark)
Chronic Bronchitis	4350	802
Restricted Activity Days	4 440 000	820 000
Respiratory Hospital Admissions	234	44
Congestive Heart Failure	324	69
Lung Cancer	666	123
Bronchodilator Use Children	128 000	21 600
Bronchodilator Use Adults	851 000	157 000
Cough Children	441 000	74 600
Cough Adults	876 000	162 000
Lower Respiratory Symptoms Children	170 000	52 800
Lower Respiratory Symptoms Adults	316 000	58 300
Infant mortality	5	1
Total	7277220	1355951

Πηγή: Halkos (2013)

Ο Litman (2013) υπολόγισε για τις ΗΠΑ τα εξωτερικά κόστη στην παραγωγή πετρελαίου, την εισαγωγή και τη διανομή ως \$90-160 ανά βαρέλι και συνολικά \$635-1.080 δις ετησίως. Αυτό συνεπάγεται ότι το εσωτερικό κόστος για κάθε \$ που δαπανάται από τους καταναλωτές για το πετρέλαιο αντιστοιχεί σε \$0.63 – 1.08 σε όρους εξωτερικού κόστους. Από αυτά τα εξωτερικά κόστη, τα υπολογισθέντα κόστη των χωρίς αποζημίωση περιβαλλοντικών ζημιών (υπόγεια και επιφανειακά ύδατα, απώλεια και αισθητική υποβάθμιση) κυμαίνονται από \$10-30 δις.

Σχετικά με τη ρύπανση του αέρα στην περίπτωση των αερίων του θερμοκηπίου (Greenhouse Gases, GHGs) η πρώτη ανάλυση κόστους-οφέλους (cost-benefit analysis, CBA) διεξήχθη από τον Nordhaus (1991). Σύμφωνα με τον Tol (2013) υπάρχουν 16 μελέτες και 17 εκτιμήσεις για τις επιπτώσεις στην παγκόσμια ευημερία από την κλιματική αλλαγή (Nordhaus 1994a,b, 2006, 2008, 2011; Fankhauser, 1994, 1995; Tol, 1995, 2002a,b; Bosello et al., 2012; Maddison, 2003; Mendelsohn et al., 2000a,b; Maddison and Rehdanz, 2011; Rehdanz and Maddison,

2005). Το αποτέλεσμα στην ευημερία από το διπλασιασμό της ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου είναι σχετικά μικρό (μόλις ένα μικρό ποσοστό του ΑΕΠ).

Ο Tol (2013) παρουσίασε μια λίστα με 75 μελέτες και 588 εκτιμήσεις για το κοινωνικό κόστος από τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα. Ως εκτιμητή εφαρμόσε τη συνάρτηση πυκνότητας Κέρνελ για 588 παρατηρήσεις εκφραζόμενες για το έτος 2010 US \$ και για εκπομπές ρύπων του 2010. Ο Tol βρήκε ότι το μέσο οριακό κόστος του άνθρακα σε αυτές τις μελέτες έχει εκτιμώμενη αξία ίση με \$196 ανά μετρικό τόνο για τον άνθρακα, με επικρατούσα τιμή \$49/tC. Αυτό συνεπάγεται υψηλή ασυμμετρία λόγω των υψηλών εκτιμήσεων που εξηγείται κυρίως από τη χρήση διαφορετικών ποσοστών προτιμώμενου χρόνου (time preference). Ένα υψηλό ποσοστό του χρόνου προτίμησης δείχνει ότι τα κόστη από την κλιματική αλλαγή που λαμβάνουν χώρα στο μέλλον έχουν χαμηλότερη παρούσα αξία. Ο Tol εξήγαγε το μέσο κοινωνικό κόστος του άνθρακα για τις μελέτες με ποσοστά 3% και 0% με χρόνο προτίμησης ίσο με \$25/tC και \$296/tC αντίστοιχα.

Η Υπηρεσία Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (Department of Energy and Climate Change (2009)) υπολόγισε το κοινωνικό κόστος του άνθρακα (συμπεριλαμβανομένου και του κόστους ελέγχου των εκπομπών) σε ένα εύρος μεταξύ £ 35 και £ 140 ανά τόνο CO<sub>2</sub>. Οι Miyoshi και Mason (2013) έδειξαν τις εκτιμήσεις του οριακού κόστους ζημίας του CO<sub>2</sub> για το αεροδρόμιο του Μάντσεστερ. Συγκεκριμένα στην περίπτωση της διάμεσης τιμής του άνθρακα (£ 51/t) , το συνολικό κόστος ζημίας που προκλήθηκε από το διοξείδιο του άνθρακα το οποίο παρήχθη από την πρόσβαση των επιβατών ήταν σχεδόν £ 11 m ( σε τιμές του 2009) ενώ το κόστος του CO<sub>2</sub> κατά ‘το παίρνω και αφήνω’ των χρηστών ήταν £ 0.72 ανά επιβάτη συγκρινόμενο με το £ 0.62 για ‘ταξί’, £ 0.41 για ‘παρκάρισμα’ και £ 0.77 για τους χρήστες του ‘minicab’. Ο μέσος αριθμός των επιβατών είναι περίπου 3.8. Αυτό συνεπάγεται ένα κόστος ζημίας από το CO<sub>2</sub> ανά ταξίδι για τους χρήστες ‘ παίρνω και αφήνω’ ίσο περίπου με £ 2.74 συγκρινόμενο με £ 0.87 για το ‘παρκάρισμα’, £ 3.23 για το ‘minicab’ και £ 2.48 για τους χρήστες ‘ταξί’.

Οι εκτιμήσεις για τα κόστη ζημίας μπορούν επίσης να βρεθούν μεταξύ άλλων σε τρία γνωστά ολοκληρωμένα μοντέλα εκτίμησης (Integrated Assessment Models , IAMs): Dynamic Integrated Climate and Economy (DICE), Policy Analysis of the Greenhouse Effect (PAGE), και το Climate Framework for Uncertainty, Negotiation, and Distribution (FUND).

Λόγω των αλλαγών στις εκπομπές του 2010, η αξία της διάμεσης τιμής του κοινωνικού κόστους του άνθρακα (social cost of carbon, SCC), είναι \$21/t ενώ προβλέπεται ότι το 2020 θα αυξηθεί σε \$26/t 2020 (Greenstone et al., 2013). Κάθε ένα από τα τρία μοντέλα δείχνει ίσο ενδιαφέρον για το SCC. Παρόλο που υπάρχουν και άλλα παρόμοια μοντέλα τα οποία μπορούν να απεικονίσουν την πολυπλοκότητα των επιστημών με πολύ καλό τρόπο, δεν συνδέουν τις φυσικές επιπτώσεις με τις οικονομικές ζημίες που είναι ένα βασικό κομμάτι στον υπολογισμό του κοινωνικού κόστους του άνθρακα.

Ο Nordhaus (1994a) παρουσίασε τις εκτιμήσεις για τα ποσοστά της απώλειας του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος ενώ σχετικά με την οριακή ζημία των ρύπων παρουσίασε ένα ποσοστό ανάμεσα £6 και £65/t άνθρακα με μια διάμεση εκτίμηση των £27 (2008).

Οι Roughgarden και Schneider (1999) στηριζόμενοι στην μελέτη του Nordhaus μαζί με άλλες μελέτες, δημιούργησαν διαστήματα εμπιστοσύνης για μια συνάρτηση ζημίας. Ομοίως οι Heal και Kriström (2002) και Pizer (2006) υπολόγισαν την αβεβαιότητα χρησιμοποιώντας υποκειμενική ανάλυση (subjective analysis) και την γνώμη των ειδικών. Συγκεκριμένα ο Pizer (2003) τροποποίησε το μοντέλο DICE που αναπτύχθηκε από τον Nordhaus (1994b) αντικαθιστώντας την αρχική δευτεροβάθμια σχέση ανάμεσα στη ζημία και την αλλαγή θερμοκρασίας με μια πιο πολύπλοκη συνάρτηση. Το κύριο συμπέρασμα από τις εμπειρικές μελέτες μέχρι τώρα είναι ότι παρόλο που υπάρχει ένα επίπεδο αβεβαιότητας δεν είμαστε σε θέση να το ποσοτικοποιήσουμε.

## 4.2 Παράκτια ρύπανση

Τελευταία η προσοχή της Ευρωπαϊκής Ένωσης εστιάζει στα κόστη και τα οφέλη από τη βελτίωση της ποιότητας του νερού στις παράκτιες περιοχές κυρίως εξαιτίας του υψηλού κόστους της αποτυχίας αρκετών υδάτων να φτάσουν τα ποιοτικά πρότυπα (Langford et al., 2000)

Οι παράκτιες περιοχές είναι μοναδικά οικοσυστήματα διαφορετικά από τους ωκεανούς ή τις χερσαίες περιοχές. Είναι περιοχές ελκυστικές ως προς την ανάπτυξη τόσο της κοινωνίας όσο και της οικονομίας, επηρεάζοντας την παρούσα και την μελλοντική ευημερία της. Επίσης προσφέρουν αγαθά και υπηρεσίες τα οποία είναι χρήσιμα στους ανθρώπους καθώς και ευκαιρίες για αναψυχή. Οι άνθρωποι δεν

χρησιμοποιούν τις ακτές μόνο για υδατοκαλλιέργειες αλλά και για τουρισμό, ξεκούραση και αναψυχή (Jennings, 2004).

Οι οικονομολόγοι του περιβάλλοντος υπολογίζουν την αξία των φυσικών πηγών και των υδάτινων πόρων στηριζόμενοι στο ποσό που τα άτομα είναι πρόθυμα να πληρώσουν προκειμένου να προστατέψουν ή να αυξήσουν τις παροχές τους από τις πηγές αυτές και τους αντίστοιχους πόρους. Αρκετές προσπάθειες έχουν γίνει προκειμένου να υπολογιστούν οι υπηρεσίες του φυσικού οικοσυστήματος και των υδάτινων πόρων (Alberini et al. 2005; He et al. 2005; Hougner et al. 2006; Branderet al. 2007; Costanza et al. 2007; Sattout et al. 2007) καθώς επίσης και κάποιες προσπάθειες για τον υπολογισμό της αξίας των τεχνητών τοπίων (Bolund and Hunhammar 1999; Tian and Cai 2004).

Οι ακτές σε όλο τον κόσμο δέχονται εκατομμύρια τουρίστες κάθε χρόνο για δραστηριότητες αναψυχής όπως το κολύμπι, σερφινγκ, καταδύσεις κλπ. Κάποιες φορές οι απαιτήσεις από τα άτομα για αυτές τις δραστηριότητες ξεπερνούν τα όρια της χωρητικότητας της περιοχής και οι επιδράσεις τους στην διατήρηση του φυσικού πλούτου μπορεί να δημιουργήσουν βραχυχρόνιες ή μακροχρόνιες ζημιές (Goodhead and Jonson, 1996). Η αναψυχή είναι βασικό συστατικό της ευημερίας (Driver et al., 1991). Ο παράκτιος τουρισμός και η ανάγκη για αναψυχή έχουν αυξηθεί ραγδαία τις τελευταίες δεκαετίες αποτελώντας κατ' αυτό τον τρόπο πρωταρχικό στοιχείο του ΑΕΠ σε αρκετές χώρες που προσπαθούν να προσελκύσουν τουρίστες οι οποίοι ξοδεύουν τα χρήματά τους στην τοπική οικονομία.

Ένα ποσοστό του ύψους 40% του παγκόσμιου πληθυσμού ζει σε 100χλμ ακτών, το οποίο μας δείχνει ότι υπάρχει μια πίεση στις παράκτιες περιοχές (Carter, 2002). Η αύξηση του πληθυσμού και η μετακίνηση μέρος του πληθυσμού σε παράκτιες περιοχές έχουν δημιουργήσει μια αυξανόμενη πίεση στο παράκτιο περιβάλλον σε όλο τον κόσμο. Οι επιλογές των ανθρώπων για τις δραστηριότητες αναψυχής επηρεάζονται από τα γενικά χαρακτηριστικά του τόπου και τις προτιμήσεις των ατόμων (Parson et al., 2000, Roca et al., 2009).

Σύμφωνα με τους Paudel et al. (2011) τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά της περιοχής είναι ένας σημαντικός παράγοντας στη διαδικασία λήψης αποφάσεων των κατασκηνωτών και των κολυμβητών για να επιλέξουν ένα τόπο για αναψυχή. Αυτά τα χαρακτηριστικά ίσως είναι περισσότερο σημαντικά από τη δυνατότητα για κολύμπι του τόπου προορισμού του κατασκηνωτή. Μια αλλαγή στο περιβαλλοντικό καθεστώς μπορεί να δημιουργήσει περισσότερες υπηρεσίες αναψυχής επηρεάζοντας

την ευημερία των τουριστών και τα κέρδη των επιχειρήσεων και της περιοχής. Θα αυξηθεί επίσης η ζήτηση από τους παραθεριστές για αγαθά και υπηρεσίες και αυτός είναι ένας σημαντικός λόγος να διαλέξουν τη συγκεκριμένη παραλία (Roca et al., 2009). Έτσι αν θέλουμε να αυξήσουμε τα οφέλη μιας παράκτιας περιοχής θα πρέπει να βελτιώσουμε την ποιότητα του περιβάλλοντος και τις δραστηριότητες αναψυχής.

Οι αλλαγές στις περιβαλλοντικές διαδικασίες και λειτουργίες έχουν σαν αποτέλεσμα αλλαγές στην κοινωνική ευημερία (Atkins και Burdon, 2006). Αν σε μια παραλία αλλάξουν οι δραστηριότητες αναψυχής που προσφέρει, πιθανόν θα αλλάξουν και τα οφέλη των επισκεπτών. Οι περιβαλλοντικές αξίες είναι άμεσες και σχετίζονται με κάθε καθαρή μεταβολή στην κοινωνική ευημερία, βασιζόμενες στην προθυμία πληρωμής των ανθρώπων για αγαθά και υπηρεσίες (Johnson και Johnson, 1990). Έτσι, η αξία της κοινωνίας στις παράκτιες περιοχές είναι συνάρτηση των διαφορετικών χρήσεων και υπηρεσιών που οι παράκτιοι πόροι προσφέρουν.

Το θαλάσσιο και παράκτιο οικοσύστημα παίζουν σημαντικό ρόλο στην ισορροπία του περιβάλλοντος καθώς αλληλεπιδρούν δυναμικά. Το νερό καλύπτει πάνω απ το 70% και το υπόλοιπο αποτελεί τη χερσαία ζώνη (Burke et al., 2001, UNEP, 2006). Το συνολικό μήκος της παγκόσμιας ακτογραμμής εκτείνεται πάνω από 350,000-1,000,000χλμ και περίπου του 84% των χωρών ανήκουν σε αυτό το κομμάτι της ακτογραμμής με διάφορα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά και οικοσυστήματα (Martinez et al., 2007).

Οι άνθρωποι είναι άμεσα δεμένοι με το θαλάσσιο και παράκτιο οικοσύστημα. Επηρεάζει τις επιλογές τους τόσο στον βαθμό που επιλέγουν να μείνουν κάπου μόνιμα για λόγους ξεκούρασης, αναψυχής ή τουρισμού όσο ακόμα και για οικονομικούς λόγους (Martinez et al., 2007). Η ευημερία των ατόμων βασίζεται στην εκμετάλλευση των πλεονεκτημάτων που προσφέρει το οικοσύστημα.

Απ την άλλη πλευρά οι άνθρωποι αποτελούν σημαντική απειλή στο οικοσύστημα σαν αποτέλεσμα της υποβάθμισης του. Η απώλεια βιοποικιλότητας, η κακή ποιότητα του νερού και η άνοδος της στάθμης της θάλασσας είναι κάποια απ τα παραδείγματα της αρνητικής επέμβασης των ανθρώπων στην φύση. Η ανθρωπογενής πίεση υφίσταται επίσης και στο θαλάσσιο και παράκτιο οικοσύστημα χωρίς πάντα να απεικονίζεται το πραγματικό μέγεθος της καταστροφής (Halpern 2007, 2008). Οι Salm et al. (2000) ανέφεραν ότι η περιβαλλοντική υποβάθμιση των θαλάσσιων και παράκτιων οικοσυστημάτων προέρχεται από τις διάφορες ανθρωποκεντρικές



παρεμβάσεις οι οποίες έχουν ως στόχο την αύξηση των κερδών, αντικαθιστώντας τελικά το περιβάλλον με λιμάνια, βιομηχανίες, φράγματα και οικισμούς.

Η αποτίμηση του θαλάσσιου και παράκτιου οικοσυστήματος αποτελεί ένα απ' τα πιο απαιτητικά ζητήματα στην οικονομική του περιβάλλοντος. Ο υπολογισμός της αξίας του θαλάσσιου και παράκτιου οικοσυστήματος βασίζεται στην οπτική, σύμφωνα με την οποία, η αξία τους είναι η αλληλεπίδραση των ατόμων και των ροών του θαλάσσιου και παράκτιου αυτού οικοσυστήματος. Επιπλέον η ανθρωποκεντρική προοπτική του θαλάσσιου και παράκτιου οικοσυστήματος υπονοεί ότι η χρησιμότητα προέρχεται από τα άτομα και την συνολική επίδραση στην ευημερία του ανθρώπου (Nunes & van den Bergh, 2001; Nunes et al., 2009).

Οι Fisher et al. (2009) ισχυρίστηκαν ότι τα αγαθά και οι υπηρεσίες του οικοσυστήματος είναι αλληλένδετα στο βαθμό που προσφέρουν τα οφέλη τους στους ανθρώπους. Η ταξινόμηση των θαλάσσιων και παράκτιων οικοτόπων μπορεί να χωριστεί σε πέντε κατηγορίες: στην εκβολή των ποταμών, στην επίδραση του γλυκού νερού, στην περιοχή κοντά στην ακτή, στη νηρητική ζώνη και στην ωκεάνια ζώνη. Οι αλλαγές και οι εναλλαγές των διαφορετικών λειτουργιών και διαδικασιών του θαλάσσιου και παράκτιου οικοσυστήματος οδηγούν σε αλλαγές στην ευημερία των ανθρώπων παρέχοντας τους τελικά τα καλύτερα αγαθά και υπηρεσίες (Luisetti et al., 2010). Κάποια από τα οφέλη ή τις τελικές υπηρεσίες απορρέουν από ενδιάμεσες διαδικασίες όπως η διατήρηση της βιοποικιλότητας, η διατήρηση των αερίων του θερμοκηπίου, η προστασία των παράκτιων ακτών, η ψυχαγωγία και η πολιτιστική κληρονομία.

Η έλλειψη γνώσης σχετικά με τα αγαθά και τις υπηρεσίες που μας παρέχει το οικοσύστημα, οδηγεί σε αναποτελεσματικές πολιτικές προκειμένου να διαχειριστούν τις αρνητικές επιδράσεις από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Μέχρι σήμερα, οι άμεσες αγορές κατάφεραν να επικεντρωθούν στην αξία κάποιων αγαθών που είναι αναγκαία για την επιβίωση του ανθρώπου αλλά απέτυχαν σε κάποια άλλα όπως είναι η αναψυχή, η κουλτούρα ή κάποιες αισθητικές υπηρεσίες οι οποίες καλούνται μη-εμπορεύσιμες αξίες (Pendleton et al., 2007).

Λόγω της ατέλειας της αγοράς ή των ατελών αγορών κυρίως για τη μη – χρηστική αξία είναι σημαντικό να διεξαχθούν μελέτες. Όπως είδαμε στο κεφάλαιο 3 οι οικονομολόγοι με την προοπτική να υπολογίσουν χρηματικά τα περιβαλλοντικά αγαθά και υπηρεσίες χρησιμοποιούν μεθόδους όπως η μέθοδος άμεσης αγοράς (direct

market valuation) η μέθοδος της αποκαλυφθείσας προτίμησης (the revealed preference methods ) και την μέθοδο δηλωμένων προτιμήσεων (stated preference).

Προκειμένου να μετρηθούν οι αξίες ύπαρξης (existence values) και άλλες έμμεσες αξίες χρήσης (indirect use values) χρησιμοποιήθηκε ανάμεσα σε άλλες μεθόδους η μέθοδος της υποθετικής αγοράς (contingent valuation method, CVM) (Halkos και Jones, 2012, Halkos και Matsiori, 2012, Bjornstad και Kahn, 1996, Freeman, 1993).

Η τελευταία μέθοδος είναι από τις πιο διαδεδομένες (Stevens, 1997), και έχει το πλεονέκτημα κόστους συγκριτικά με τις άλλες θεωρίες (Diamond and Hausman, 1993). Η ακριβής μέτρηση της ζημίας είναι σημαντική αλλά είναι και δύσκολη υπόθεση καθώς υπάρχουν πολλά πρακτικά προβλήματα τα οποία παρουσιάζονται στις μελέτες των Farmer et al. (2001), Georgiou et al. (1997) και Barbier (1998).

Υπάρχει έντονη διαμάχη ανάμεσα στα δύο πλαίσια των οικολόγων και των οικονομολόγων. Και τα δύο χαρακτηρίζονται από περιπλοκότητα στις εκάστοτε ενέργειές τους. Από την πλευρά των οικονομικών η λειτουργία του περιβαλλοντικού οικοσυστήματος αποσκοπεί στην ευημερία των ανθρώπων. Σύμφωνα με τους οικολόγους η ευημερία του ανθρώπου είναι πολύ περιορισμένη καθώς το οικονομικό σύστημα εξελίσσεται μέσα σε ένα μεγαλύτερο, το περιβάλλον. Άρα, είναι προφανές για τους οικολόγους ότι η οικονομική αξία του οικοσυστήματος δεν είναι αντιπροσωπευτική της πραγματικής αξίας, καθώς ο υπολογισμός του οικοσυστήματος εξαρτάται από την υπόθεση ότι υπάρχει σταθερότητα και αδράνεια στην λειτουργία του περιβάλλοντος (Limburg et al., 2002).

Η συνεργασία των δύο διαφορετικών επιστημονικών πεδίων προκειμένου να καθορίσουν την αξία της φύσης εγκυμονεί αρκετές διαφωνίες μεταξύ των επιστημόνων. Οι Winter και Lockwood (2005) ανέπτυξαν ένα μοντέλο με την προοπτική να συνενώσουν διαφορετικές αξίες όπως την αξία ύπαρξης και την ουσιαστική ή εσωτερική αξία, για να υπολογίσουν την επίδραση των μελλοντικών προτιμήσεων για το περιβάλλον.

Υπάρχει μια ανθρωποκεντρική προσέγγιση συνήθως από τη μεριά των οικονομολόγων. Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση η αξία ενός συγκεκριμένου αγαθού ή υπηρεσίας βασίζεται στην ικανότητα να συνεισφέρει στην ευημερία και χρησιμότητα του ατόμου άμεσα και έμμεσα (Bockstael, 2000, Farber et al., 2002, Goulder & Kennedy, 2010). Οι ουσιαστικές αξίες (instrumental values) οι οποίες είναι κυρίως ανθρωποκεντρικές μπορούν επίσης να χωριστούν σε αξίες χρήσης (use

values) και μη χρηστικές αξίες (non-use values). Αυτή η διάκριση εξαρτάται από το κατά πόσο σχετίζονται με την πραγματική αγορά. Η αξία χρήσης περιλαμβάνει τα οφέλη που προέρχονται από το περιβάλλον άμεσα και έμμεσα. Για παράδειγμα, η άμεση αξία χρήσης (direct use values) του θαλάσσιου και παράκτιου οικοσυστήματος περιλαμβάνει τα καταναλωτικά αγαθά (φαγητό, ψάρια, ξύλα, φάρμακα κλπ) και τα μη – καταναλωτικά αγαθά όπως είναι η αισθητική ικανοποίηση που έχουμε από ένα τοπίο, η αναψυχή, ο τουρισμός κλπ.

Από την άλλη μεριά η μη χρηστική αξία (non-use value) μπορεί να χωριστεί στην αξία μεταβίβασης (bequest values), στην αξία ύπαρξης (existence values) και στην δυνητική αξία ή αξία επιλογής ή αξία πιθανής χρήσης στο μέλλον (option values) (Turner et al., 2000, Winter, 2007). Η αξία μεταβίβασης (bequest values) σχετίζεται με τα αλτρουιστικά κίνητρα των ατόμων καθώς σκοπό έχει να μεταβιβαστεί το περιβάλλον στις επόμενες γενιές οι οποίες θα επωφεληθούν από αυτό (Halkos 2013; Cicchetti & Wilde, 1992; Loomis, 1988). Η αξία ύπαρξης (existence values) ή αξία εγγενής (intrinsic valued) αφορά την ικανοποίηση η οποία βασίζεται στην γνώση ότι οι φυσικές πηγές ή τα περιβαλλοντικά αγαθά υπάρχουν (Krutilla, 1967; Cicchetti & Wilde, 1992). Ίσως κάποια από τα υπό εξαφάνιση είδη, όπως η λευκή πολική αρκούδα, να μην την δούμε ποτέ όμως θα επιθυμούσαμε τη διατήρηση της στο οικοσύστημα (Χάλκος, 2013). Επιπλέον η δυνητική αξία ή αξία επιλογής (option values) συνδέεται με την ενδεχόμενη μελλοντική χρήση του περιβάλλοντος. Μπορούν να οριστούν ως το χρηματικό ποσό το οποίο είναι πρόθυμος να πληρώσει κάποιος για να είναι σε θέση να αλλάξει κάποια στιγμή στο μέλλον τη στάση του και να χρησιμοποιήσει κάποιο περιβαλλοντικό πόρο (Χάλκος, 2013, Beaumont και Tinch, 2003).

Απ το 1980 οι οικονομολόγοι χρησιμοποιούν ευρέως τη μέθοδο της υποθετικής αγοράς (CVM) για να προσδιορίσουν την προθυμία πληρωμής των ανθρώπων για την προστασία του περιβάλλοντος. Σύμφωνα με μελέτες, η ικανοποίηση των ανθρώπων για δραστηριότητες αναψυχής είναι συνάρτηση των προτιμήσεων τους και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των φυσικών πόρων που επιλέγουν (Mill et al., 2007). Άλλες μελέτες χρησιμοποιώντας την CVM υπολογίζουν τα οφέλη αναψυχής της παράκτιας ζώνης και διερευνούν κατά πόσο οι παραλίες επηρεάζουν θετικά την προθυμία πληρωμής των ανθρώπων.

Η προσέγγιση με την μέθοδο της υποθετικής αγοράς έχει χρησιμοποιηθεί σε διάφορους τομείς των οικονομικών όπως τα οικονομικά της υγείας (O'Brien & Gafni,

1996; Ryan, 2004; Smith, 2003; Diener et al., 1998; Borghi & Jan, 2008; O'Shea et al., 2008; Ryan & Watson, 2008), τα οικονομικά το πολιτισμού (Lockwood et al., 1996; Noonan, 2002; Kim et al., 2007; Báez, 2009; Herrero et al., 2011), μεταφορές (Md Nor et al., 2003), μάρκετινγκ (Louviere & Woodworth, 1983) και στην οικονομική του περιβάλλοντος (Hanemann, 1994; Boxal et al., 1996; Adamowicz et al., 1998; Hanley et al., 1998; Christie & Azevedo, 2002; Alias et al., 2008; Skourtos et al., 2005; Remoundou et al., 2009; Halkos & Jones, 2012).

Ο πρωταρχικός στόχος των υπευθύνων λήψης αποφάσεων σε διαχείριση θεμάτων σχετικά με τη δυνατότητα αναψυχής που προσφέρουν ορισμένες περιοχές είναι η μεγιστοποίηση της ικανοποίηση των επισκεπτών (Ditton et al., 1981). Επιπλέον, αναγνωρίζουν το πιθανό όφελος που σχετίζεται με τη βελτίωση της παράκτιας πρόσβασης και τις ανέσεις που μπορεί να προσφέρει και προσπαθούν να προσδιορίσουν και να αποτιμήσουν τα οικονομικά οφέλη. Οι αποφάσεις σχετικά με τη μελλοντική διαχείριση των παράκτιων πόρων θα πρέπει να εστιάζει στις υπηρεσίες που πηγάζουν από τις εναλλακτικές στρατηγικές διαχείρισης

Αρκετές μελέτες έχουν υπολογίσει τα οικονομικά οφέλη αναψυχής από τη βελτίωση της ποιότητας της παράκτιας ζώνης περιλαμβάνοντας την ποιότητα του νερού, τις υπηρεσίες και τη βελτίωση της περιοχής. Σύμφωνα με τους Beharry-Borg et al. (2009) υπάρχουν δύο ειδών μελέτες για την οικονομική αποτίμηση της παράκτιας αναψυχής. Η πρώτη αναφέρεται στις μελέτες που σχετίζουν την αξία αναψυχής στις παραλίες με κάποιο από τα χαρακτηριστικά της περιοχής που είναι άσχετο με την ποιότητα του νερού (Silberman and Klock 1988; Parsons et al., 2000; Hanley et al., 2003; Landry et al., 2003). Η δεύτερη κατηγορία εστιάζει στην οικονομική αξία της πρόσβασης στην παραλία για αναψυχή λόγω της αλλαγής στα χαρακτηριστικά του τοπίου που συνδέεται με την ποιότητα του νερού (Vaughn et al., 1985; Bockstael et al., 1987).

Υπάρχει επίσης ένας αριθμός ποιοτικών και ποσοτικών μελετών που αναφέρονται στις μελλοντικές συνήθειες και προτιμήσεις των ατόμων για τις παραλιακές ακτογραμμές (Barry et al., 2011). Οι προτιμήσεις των ανθρώπων, οι ανάγκες και οι αντιλήψεις για περιβαλλοντική ποιότητα θα πρέπει να συνυπάρχουν σε κάθε αξιολογική διαδικασία (Priskin, 2003). Παρόλα αυτά, ο προσδιορισμός της προθυμίας πληρωμής για προγράμματα προστασίας των παραλιών δεν έχει διευκρινιστεί και διερευνηθεί (Lindsay et al., 2008). Κάποιοι ερευνητές ισχυρίζονται ότι μεταξύ άλλων, οι παράγοντες της προθυμίας πληρωμής είναι το εισόδημα, οι

προηγούμενες εμπειρίες όσον αφορά τις φυσικές τους δραστηριότητες και η γνώση της διατήρησής τους (Kotchen and Reiling, 2000; Giraud, et al., 2002).

Η ποιότητα των υδάτων και η υδρόβια ζωή επηρεάζονται άμεσα από τη συμπεριφορά των ανθρώπων όπως είναι η ανάπτυξη στις παράκτιες και θαλάσσιες περιοχές και έμμεσα από την έλλειψη προγραμμάτων διαχείρισης για την ποιότητα των υδάτων και την εφαρμογή κατάλληλων πολιτικών.

Η αναζήτηση πόρων, η εξόρυξη και η επεξεργασία μπορεί να προκαλέσουν περιβαλλοντικές ζημίες όπως τη διατάραξη των οικοτόπων από τις δραστηριότητες γεώτρησης, τις πετρελαιοκηλίδες στην θάλασσα, τη ρύπανση του αέρα και των υδάτων κλπ (Litman, 2013). Στην περίπτωση των ΗΠΑ ο καθαρισμός των πετρελαιοκηλίδων και το κόστος αποζημίωσης ζημιών ήταν 300\$ το βαρέλι στην περίπτωση του 1979 με το Ixtoc I I χύνοντας πετρέλαιο στον Κόλπο του Μεξικού και περίπου 25,000\$ το βαρέλι για το 1980 με το Exxon Valdez όπου χύθηκε πετρέλαιο στην Αλάσκα (Cohen, 2010a). Αυτά τα κόστη είναι υποτιμημένα καθώς είναι δύσκολο να υπολογιστούν οι υπηρεσίες του οικοσυστήματος. Σύμφωνα με έρευνες οι ζημίες στην άγρια ζωή ήταν περίπου 3\$ δισεκατομμύρια συγκρινόμενα με περίπου 1.0\$ δις στο συνολικό καθαρισμό της άγριας φύσης και του κόστους αποζημίωσης (Cohen, 2010a). Αυτό συνεπάγεται ότι το συνολικό κόστος ζημίας και η προθυμία πληρωμής της κοινωνίας προκειμένου να αποφύγει τις ζημίες είναι κατά πολύ υψηλότερο (2 στις 5 φορές) συγκρινόμενο με το οικονομικό κόστος που επιβάλλεται από τις βιομηχανίες πετρελαίου (Cohen, 2010b).

Οι Bockstael et al. (1989) διεξήγαγαν μελέτη στον κόλπο Chesapeake, την μεγαλύτερη εκβολή ποταμών στις ΗΠΑ, ο οποίος βρίσκεται στον Ατλαντικό Ωκεανό. Σκοπός της μελέτης ήταν να υπολογίσουν την προθυμία πληρωμής των ατόμων σχετικά με τη βελτίωση στην ποιότητα των υδάτων. Στην μελέτη, θεωρήθηκε μια υποθετική βελτίωση στην ποιότητα των υδάτων και τα δεδομένα προήλθαν από τις δραστηριότητες αναψυχής όπως είναι η χρήση της παραλίας, η βαρκάδα και το ψάρεμα. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με τη χρήση του υποδείγματος Tobit. Μερικά χρόνια αργότερα στην ίδια εκβολή ποταμών ο Lipton (2003) χρησιμοποίησε την CVM ρωτώντας τους βαρκάρηδες να αριθμήσουν τις εντυπώσεις τους για την ποιότητα των υδάτων. Οι παράγοντες οι οποίοι φάνηκε ότι επηρέασαν την WTP ήταν κατά πόσο ή όχι η βάρκα τους είχε ρυμουλκηθεί ή παρέμενε στο νερό και αν το σκάφος ήταν ιστιοφόρο ή μηχανοκίνητο. Το μοντέλο Tobit εφαρμόστηκε

προκειμένου να εξεταστεί η WTP. Παρόλα αυτά στην έρευνα δεν χρησιμοποιήθηκαν δημογραφικά χαρακτηριστικά.

Οι Hayes et al. (1992) εξέτασαν τα οφέλη από την βελτίωση τις ποιότητα των υδάτων για τους κατοίκους στον κόλπο Upper Narragansett στο νησί Rhode στα ανατολικά των ΗΠΑ. Οι μεταβλητές σχετίζονταν με τις δραστηριότητες αναψυχής, τη γενικότερη συμπεριφορά προς την ποιότητα των υδάτων και την υπόθεση ότι υπήρχε μια βελτίωση στην ποιότητα των υδάτων που έδινε την δυνατότητα στα άτομα να κολυμπούν και να έχουν πρόσβαση στις περιοχές όπου μπορούσαν να μαζέψουν κοχύλια. Επιπλέον η μελέτη περιείχε ερωτήσεις σχετικά με την απόσταση από την εκβολή, το μήκος και την παραμονή των ατόμων εκεί, τη χρονιά την οποία εγκατασταθήκαν στην περιοχή και κάποια γενικά κοινωνικοοικονομικά και δημογραφικά χαρακτηριστικά. Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν προκειμένου να ερευνηθούν την WTP για τη βελτίωση της ποιότητας του νερού εξετάστηκαν με το μοντέλο Logit.

Σχετικά με τις μελέτες προθυμίας πληρωμής που έγιναν στην Ευρώπη, οι Georgiou et al.(1998) εφάρμοσαν μοντέλα παλινδρόμησης προκειμένου να αναλύσουν τα δεδομένα τους. Υπολόγισαν την αξία εξάλειψης ενός ενδεχόμενου ρίσκου ασθένειας που μπορούσε να προκληθεί από την ποιότητα των υδάτων κολύμβησης σε δύο ανατολικές παράκτιες παραθεριστικές περιοχές στο Great Yarmouth και στο Lowestoft της Μεγάλης Βρετανίας. Επιπλέον ερεύνησαν τη σημαντικότητα της ένταξης διαφορετικών παραγόντων όπως την δυνατότητα ρίσκου των ατόμων και τη στάση τους απέναντι σε θέματα υγείας. Δεν ενέταξαν όμως στη μελέτη τους παράγοντες όπως το εισόδημα, η μόρφωση κλπ. Στην ίδια περιοχή οι Georgiou et al.(2000) προκειμένου να ενισχύσουν τα προηγούμενα τους αποτελέσματα, εξέτασαν τη WTP για τη βελτίωση της ποιότητας των υδάτων κολύμβησης προς το ρίσκο της ασθένειας. Σκοπός τους ήταν να προσφέρουν στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων πληροφορίες σχετικά με τις προτιμήσεις των ατόμων μέσα από τις παραδοσιακές κοινωνικοοικονομικές μεταβλητές, τη συμπεριφορά με την ανάληψη ρίσκου και την ευθύνη για τις κανονιστικές διαδικασίες.

Στην νοτιοδυτική ακτογραμμή της Σκωτίας οι Hanley & Kriström (2002) στην έρευνα τους με τη CVM χρησιμοποίησαν την καμπύλη Kaplan- Meier προκειμένου να επιτύχουν μια μη παραμετρική εκτίμηση της συνάρτησης κατανομής, σχετικά με τις απαντήσεις των ερωτηθέντων. Η εκτίμηση της WTP εξετάστηκε με τον τροποποιημένο αλγόριθμο του Turnbull και στη συνέχεια παρατέθηκαν τα

δεδομένα. Εφαρμόστηκε επίσης το μοντέλο Tobit. Η πλειοψηφία των κολυμβητών κατά μήκος της νοτιοδυτικής ακτογραμμής στην Σκωτία απέτυχαν να ανταποκριθούν στα πρότυπα και τις οδηγίες για τα ύδατα κολύμβησης.

Οι Hanley et al.(2003) διεξήγαγαν μια έρευνα που συνδύαζε την αποκαλυφθείσα προτίμηση με τη δηλωμένη προτίμηση για να υπολογίσει τη βελτίωση στα παράκτια ύδατα. Συγκεκριμένα, χρησιμοποίησαν και τις δύο προτιμήσεις ταυτόχρονα καταλήγοντας να εξαλείψουν την υποθετική μεροληψία (hypothetical bias) η οποία είναι ένα σύνηθες πρόβλημα στην προσέγγιση της υποθετικής συμπεριφοράς. Υπάρχουν επίσης και άλλες μελέτες σχετικά με τη βελτίωση της ποιότητας των υδάτων χρησιμοποιώντας τη μέθοδο υποθετικής συμπεριφοράς (Nahman & Rigby, 2008; Barry et al., 2011).

Στις εκβολές του Randers Fjord στην Δανία, οι Atkins et al (2007) στην μελέτη τους χρησιμοποίησαν τη μέθοδο υποθετικής αγοράς προκειμένου να εξετάσουν τις προτιμήσεις των ατόμων για τη βελτίωση της ποιότητας των υδάτων και συγκεκριμένα για τη μείωση του ευτροφισμού. Χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση με χρήση δένδρογραμμάτων (tree analysis) προκειμένου να ερευνηθεί η σχέση των ερωτηθέντων ανάμεσα στις αποφάσεις τους και ένα πλήθος μεταβλητών όπως το ετήσιο εισόδημα και η απόσταση της κατοικίας τους από τις εκβολές του Randers Fjord. Στην συνέχεια η προθυμία πληρωμής να πληρώσουν σε διάφορα bids ερευνήθηκε μέσω της ανάλυσης με χρήση δένδρογραμμάτων προκειμένου να εμφανιστεί η πολυπλοκότητα των προτιμήσεων των ερωτηθέντων

Οι Goffe et al. (1995) προσπάθησαν να υπολογίσουν τις προτιμήσεις των ατόμων σχετικά με την ποιότητα των υδάτων στο λιμάνι της Βρέστης στην Γαλλία. Ο υπολογισμός της προθυμίας πληρωμής για την υγιεινή των υδάτων και την διατήρηση του οικοσυστήματος από τον ευτροφισμό, εξετάστηκε με την εφαρμογή του μοντέλου Tobit.

Στις εκβολές του ποταμού Γουαδιάνα, ανάμεσα στην Πορτογαλία και την Ισπανία, οι Guimarães et al. (2011) περιέγραψαν την πρώτη εφαρμογή της μεθόδου προθυμίας πληρωμής για να υπολογίσουν τις προτιμήσεις των ατόμων στην βελτίωση της ποιότητας των υδάτων. Στην έρευνα χρησιμοποιήθηκαν κοινωνικοοικονομικές μεταβλητές, μεταβλητές σχετικές με τον ελεύθερο χρόνο των ερωτηθέντων όπως οι καταδύσεις, η ιστιοπλοΐα κλπ ή επαγγελματικές δραστηριότητες όπως είναι τα εστιατόρια, τα ξενοδοχεία κλπ καθώς επίσης και μεταβλητές σχετικά με τις αντιλήψεις για την ποιότητα των υδάτων και την

περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση. Η ανάλυση έγινε με το μοντέλο Logit και για την απόφαση bit χρησιμοποιήθηκε το Γενικευμένο Προσθετικό Υπόδειγμα (Generalized Additive Models, GAM).

Στην ίδια εκβολή, οι Ramazo-Hernandez & Saz-Salazar (2012) μελέτησαν τις προτιμήσεις των ερωτηθέντων αναφορικά με τη βελτίωση της ποιότητας των υδάτων σύμφωνα με το Water Framework Directive (WFD). Χρησιμοποίησαν παραμετρικές και μη παραμετρικές προσεγγίσεις. Αρχικά, εφαρμόστηκε το μοντέλο Logit το οποίο ακολουθήθηκε από το μοντέλο Spike με μηδενικό bids και δεύτερον εφαρμόστηκε η μη παραμετρική Krigström προσέγγιση προκειμένου να βρεθεί η robust εκτίμηση της μέσης προθυμίας πληρωμής (WTP) ίση με 33€ ανά οικογένεια ετησίως. Αυτός ο υπολογισμός συναθροίστηκε με το μέγεθος των νοικοκυριών που κατοικούσαν στη λεκάνη του ποταμού Γουαδιάνα αποδίδοντας ένα κοινωνικό όφελος από τη βελτίωση της ποιότητας των υδάτων ίσο με 39 εκατομμύρια € ετησίως. Σχεδόν οι μισοί από τους ερωτηθέντες (250 από τους 505) δήλωσαν ότι είναι πρόθυμοι να πληρώσουν ένα επιπλέον χρηματικό ποσό στο λογαριασμό του νερού τους προκειμένου να υλοποιηθούν οι στόχοι για την ποιότητα του νερού που ορίζονται από το WFD.

Στην Ελλάδα παρόλο που η βιβλιογραφία για τις έμμεσες αξίες είναι περιορισμένη, έχουν γίνει κάποιες μελέτες με σκοπό να καθοριστεί ο ρόλος της περιβαλλοντικής αξίας και να αντλήσουμε πληροφορίες για την λήψη αποφάσεων. Οι Kountouri et al. (2009) ερεύνησαν την αξία οικοδόμησης ενός αιολικού πάρκου χρησιμοποιώντας την μέθοδο υποθετικής αγοράς. Επιπλέον, οι Birol et al. (2006) μελέτησαν την αξία της αποδοτικής διαχείρισης των υδάτινων πόρων με την μέθοδο κόστους – οφέλους (cost-benefit analysis), την μέθοδο της έμμεσης ή ωφελμιστικής τιμολόγησης (hedonic pricing method), την μέθοδο του κόστους ταξιδιού (travel cost method) την μέθοδο πειράματος επιλογής (choice experiment) και την μέθοδο υποθετικής αγοράς (contingent valuation method). Για τον υπολογισμό της ποιότητας του νερού, οι Birol et al. (2007) εξέτασαν την WTP των αγροτών για την υιοθέτηση μιας αποτελεσματικής διαχείρισης των λυμάτων στο Ακρωτήρι στην Κύπρο.

Το ερευνητικό πλαίσιο για την ποιότητα των υδάτων για την ελληνική παράκτια και θαλάσσια ζώνη είναι επίσης περιορισμένο ( Jones et al., 2008; Organtzi et al., 2009; Halkos and Matsiori, 2011). Η Kontogianni et al. (2003) προσπάθησε να εξετάσει τις επιπτώσεις από την ποιότητα των υδάτων του Θερμαϊκού Κόλπου σχετικά με τις προτιμήσεις των κατοίκων. Οι ερωτηθέντες έπρεπε να δηλώσουν το



μέγιστο της προθυμίας τους για την αποκατάσταση του Κόλπου. Οι μεταβλητές που ενσωματώθηκαν στην μελέτη ήταν η τοποθεσία απόρριψης των δημοτικών αποβλήτων, οι δραστηριότητες αναψυχής όπως το ψάρεμα, το κολύμπι, ο περίπατος στην ακτογραμμή, η ιστιοπλοΐα, η μελλοντική συμπεριφορά των ατόμων αν η ποιότητα των υδάτων βελτιωθεί και τα κίνητρα της συνεισφοράς τους για αυτή την βελτίωση. Κάποιες άλλες μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν ήταν σχετικές με κοινωνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά. Χρησιμοποιήθηκε λογιστική παλινδρόμηση (logistic regression) προκειμένου να εξεταστεί η ευθύνη πληρωμής (payment principle), η στάση των ατόμων απέναντι επεμβάσεις, εκτιμήθηκε η WTP και επιλέχθηκαν μέθοδοι για την βελτίωση της ποιότητας του Κόλπου.

Στα βορειοανατολικά του Αιγαίου Πελάγους, όπου βρίσκεται η Λέσβος, η Jones et al. (2008) εφάρμοσαν τη μέθοδο της υποθετικής αγοράς στη μελέτη τους προκειμένου να εκμαιεύσουν από τους ερωτηθέντες την WTP για την βελτίωση της ποιότητας των υδάτων που προκύπτει από την κατασκευή Μονάδας Επεξεργασίας Λυμάτων (Sewage Treatment Plant). Στους ερωτηθέντες δόθηκαν ερωτήσεις σχετικά με τα σημαντικότερα προβλήματα της περιοχής, τους παράγοντες ρύπανσης, ποια είναι η θέση τους απέναντι στην κατασκευή της μονάδας επεξεργασίας και τις προτιμήσεις τους. Οικονομικοί επίσης λόγοι έπαιξαν ρόλο προκειμένου να υπάρξει ή όχι βελτίωση. Διαφορετικά οικονομικά μοντέλα εφαρμόστηκαν προκειμένου να εξεταστούν και να συγκριθούν τα αποτελέσματα της έρευνας, όπως το μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης (multiple regression model), ένα εκθετικό (exponential) και πολλαπλασιαστικό (multiplicative) μοντέλο. Τέλος χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο Tobit προκειμένου να αντιμετωπίσει τις μηδενικές τιμές στην WTP.

Προκειμένου να αξιολογήσει τα περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν από την κατασκευή ενός εργοστασίου επεξεργασίας λυμάτων, οι Organtzi et al. (2009) μελέτησαν την ακτή του Τορωναίου κόλπου, στην ανατολική πλευρά της χερσονήσου Κασσάνδρας στην Ελλάδα. Το ερωτηματολόγιο της διπλής οριοθετημένης διχοτομικής επιλογής (double bounded dichotomous choice) με την προσέγγιση της μεθόδου υποθετικής αγοράς, περιλάμβανε τρεις ομάδες συμμετεχόντων, όπως τους μόνιμους κάτοικους, τους ιδιοκτήτες εξοχικής κατοικίας και τους κατασκηνωτές που επισκέπτονταν το παραθαλάσσιο χωριό της Κρυοπηγής συχνά. Επίσης μεταξύ άλλων εκτιμήθηκε και η μεταβλητή των δημογραφικών και κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών χρησιμοποιώντας τη μέθοδο μέγιστης πιθανοφάνειας.

Οι Halkos & Matsiori (2012a,b) εφάρμοσαν τη μέθοδο της υποθετικής αγοράς στη μελέτη τους με σκοπό να υπολογίσουν τα οφέλη που προκύπτουν από τη βελτίωση της ποιότητας των παράκτιων παραλιών κατά μήκος του Παγασητικού κόλπου στην κεντρική Ελλάδα.

Στόχος της έρευνας ήταν να ερευνηθεί πώς οι παράγοντες που καθορίζουν την προστασία των ακτών, η παράκτια ανάπτυξη και η διαχείριση των ακτών επηρεάζουν τη WTP των ατόμων που συμμετέχουν στην έρευνα. Σκοπός της έρευνας όπως προαναφέρθηκε ήταν η βελτίωση της ποιότητας της παράκτιας ζώνης και να βραβευθούν οι παραλίες με τη μπλε σημαία (blue flag).

Οι μεταβλητές αναλύθηκαν μέσω της εφαρμογής OLS και υποδείγματος Logit καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι ένας μεγάλος αριθμός των ερωτηθέντων ήταν πρόθυμοι να πληρώσουν προκειμένου να βελτιωθεί η ποιότητα στην παράκτια ζώνη.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται πίνακας με τις βασικότερες μελέτες για την παράκτια ρύπανση με την μέθοδο της υποθετικής αγοράς τόσο στην Αμερική, την Ευρώπη όσο και στην Ελλάδα.

<b>Author (year)</b>	<b>Goods/Services estimated</b>	<b>Country</b>	<b>Sample size/ Elicitation Format</b>	<b>Econometric Approach</b>	<b>WTP/WTA</b>
Bockstael <i>et al.</i> (1989)	Water quality improvement Chesapeake	Chesapeake Bay in USA	496 in person interviews	Tobit model	Average WTP of \$ (1000) 67,582
Goffe <i>et al.</i> (1995)	(1) Improved water health, (2) Preservation of the ecosystem against eutrophication	French Harbor of Brest	607 direct interviews	Tobit model	Mean WTP of FF 218 for health and FF 173 for ecosystem
Georgiou <i>et al.</i> (1998)	Bathing water Quality	UK	400 in person interviews	Box-Cox procedure with semilog form	Mean WTP of £ 12,64 per household
Georgiou <i>et al.</i> (2000)	Bathing water Quality	UK	626 in person interviews	Multivariate statistical analysis	Mean WTP of £ 35.73 per household
Lipton (2003)	Water quality	Chesapeake Bay USA	Mail survey of 2510 sample units	Tobit model	Mean WTP for poor water quality rating:

					\$103; Fair water quality rating: \$ 124; Good: \$ 70; Very good: \$51;Excellent : \$ 38
Atkins <i>et al.</i> (2007)	Water quality improvements (reduced eutrofication)	Randers Fjord in Denmark	Mail survey of 207 respondents	Decision tree and regression analysis	Mean Willingness to pay (in terms of a local tax) of DKK 57 (€7,64)per person, per month over a ten year period.
Guimaraes <i>et al.</i> (2011)	Improvement of water quality	Guadiana Estuary between Portugal and Spain	67 face to face interviews in the pilot survey and 300 face to face interviews in the final survey	Two step model: (1) voting behaviour examined by logit (2) bid decision examined by Generalized Additive Models (GAM)	Mean WTP of € 47 per person per year over a five year period.
Ramajo-Hernandez and Saz-Salazar (2012)	Water quality improvements	Guadiana Estuary between Portugal and Spain	505 personal interviews	Logit, Spike models and Kristrom's nonparametric approach	Mean WTP of € 33 per family, per year
<b>Contingent Valuation Studies in Greece: Water quality in marine and coastal ecosystem</b>					
Jones <i>et al.</i> (2008)	Coastal water quality and the benefits derived from operation of the Sewage Treatment Plant (STP)	In the Northeast side of the Aegean Sea in Mytilene	140 personal interviews	Regression analysis for WTP estimated and Tobit model to deal with protest responses	Mean WTP € 16.84 per respondent every 4 months over a period of 4 years
Organtzi <i>et al.</i> (2009)	Environmental benefit for the	Coast of Toroneos	246 personal	Maximum likelihood	Mean WTP of € 56.40 per

	construction of wastewater treatment	Gulf at the eastern side of the Cassandra Peninsula	interviews	from the double bounded dichotomous choice model (Hanemann, et al., 1991). Confidence intervals are constructed via coefficients from the Weibull function	respondent
Halkos and Matsiori (2012a)	Improvement quality (environment, water as well as recreation activities	Pagasitikos Gulf in Volos city	300 face to face interviews	OLS and Logit model formulation	6.33% and 2.33% were willing to pay at the lowest price of 5€ and at the highest price bid of 50€ respectively

Πηγή: Modified from Halkos and Galani 2012

### Άριστο επίπεδο ρύπανσης και Περιοχή ωφέλειας

---

#### 5.1 Εισαγωγή

Η θεωρία του προσδιορισμού του άριστου επιπέδου ρύπανσης στηρίζεται στη γενική θεωρία, ότι αυτό παρίσταται ως το εμβαδόν του χωρίου που περικλείεται από τις καμπύλες MAC, MD και τον κάθετο άξονα που απεικονίζει τα κόστη. Οι Halkos και Kitsos (2005) θεώρησαν συγκεκριμένες μορφές MAC και MD. Συγκεκριμένα η μεν MAC θεωρήθηκε γραμμική, δευτεροβάθμια και εκθετική και η MD θεωρήθηκε γραμμική.

Σ αυτό το κεφάλαιο επεκτείνεται και γενικεύεται ο προσδιορισμός του άριστου επιπέδου ρύπανσης κάτω από τις υποθέσεις της γραμμικής, της δευτεροβάθμιας εξίσωσης και της εκθετικής των MAC και MD σε διάφορους συνδυασμούς. Το ισοδύναμο άριστο επίπεδο της περιβαλλοντικής πολιτικής θα αξιολογηθεί με αναλυτικούς τύπους στην γραμμική και δευτεροβάθμια περίπτωση, ενώ στην εκθετική περίπτωση αυτές οι τιμές θα καθοριστούν κατά προσέγγιση.

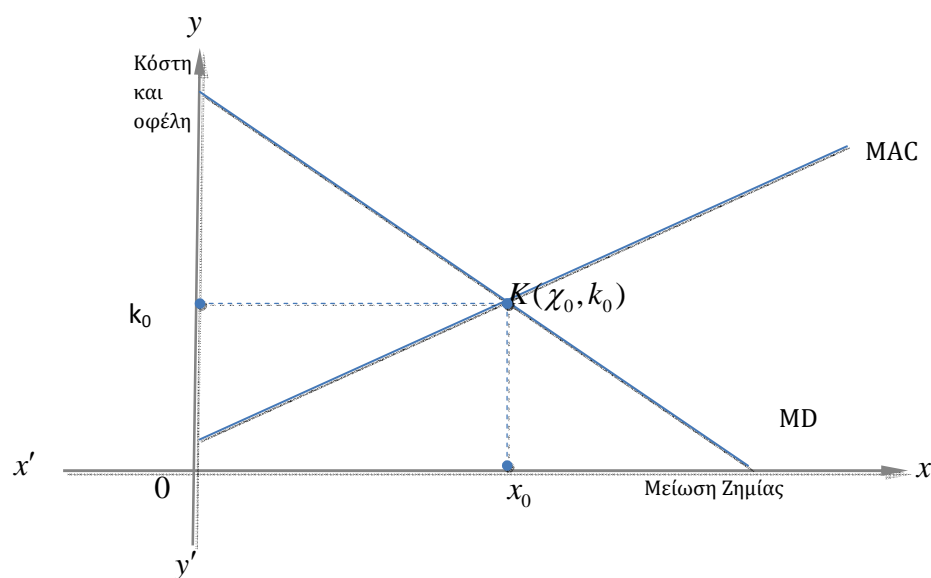
Αποδεικνύεται αρχικά η ύπαρξη συγκεκριμένων περιορισμών, οι οποίοι και θα ερευνηθούν στην παρούσα διδακτορική διατριβή. Θα αναλυθεί και θα εκτιμηθεί υπολογιστικά το εμβαδόν της περιοχής ωφέλειας (Benefit Area, BA). Για κάθε περίπτωση υπολογίζονται αναλυτικά στοιχεία και περιορισμοί για τη δημιουργία μιας αντίστοιχης περιοχής ωφέλειας. Αυτή η συγκεκριμένη περιοχή ωφέλειας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης μεταξύ διαφορετικών ανταγωνιστικών πολιτικών. Η πολιτική η οποία προάγει τη μέγιστη περιοχή ωφέλειας (Benefit Area) είναι εκείνη που αντιστοιχεί στην πιο κερδοφόρα πολιτική. Για το λόγο αυτό αναφερόμαστε στην επόμενη ενότητα στις καμπύλες MAC, MD και στην περιοχή ωφέλειας.

## 5.2 Καμπύλες MAC, MD και η περιοχή ωφέλειας ΒΑ

Όπως προαναφέρθηκε, το οριακό κόστος ελέγχου ή καταπολέμησης (Marginal Abatement Cost, MAC ) απεικονίζει το κόστος μιας πρόσθετης μονάδας ή τον τόνο ρύπανσης που μειώνεται, ή δεν εκπέμπεται. Η οριακή ζημία επίσης (Marginal Damage, MD) παριστά τη ρύπανση ως συνάρτηση της εκπομπής αερίων ενός συγκεκριμένου ρυπαντή. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και ζημιές μετρούνται ως ο αντίκτυπος μεταξύ άλλων στην ανθρώπινη υγεία, στις λίμνες, στο υπέδαφος, στα ποτάμια κ.α.

Το βέλτιστο επίπεδο ρύπανσης προσδιορίζεται όταν το οριακό κόστος ζημίας είναι ίσο με το οριακό κόστος ελέγχου, δηλαδή το σημείο τομής των καμπυλών MAC και MD. Το Σχήμα 5.1 παρουσιάζει διαγραμματικά το άριστο επίπεδο ρύπανσης όπως αυτό ορίζεται από την τομή των καμπυλών MAC και MD επιτυγχάνοντας μείωση ζημίας ύψους  $0X_0$  σε επίπεδο κόστους  $0k_0$ .

Σχήμα 5.1. Άριστο επίπεδο ρύπανσης.



Συγκεκριμένα, η περιοχή ωφέλειας (Benefit Area) ορίζεται ως το εμβαδόν της τομής των MAC και MD περικλειόμενη από τον άξονα του κόστους. Η τομή των MAC και MD έχει συντεταγμένες το βέλτιστο επίπεδο  $x_0$  που αντιστοιχεί στο

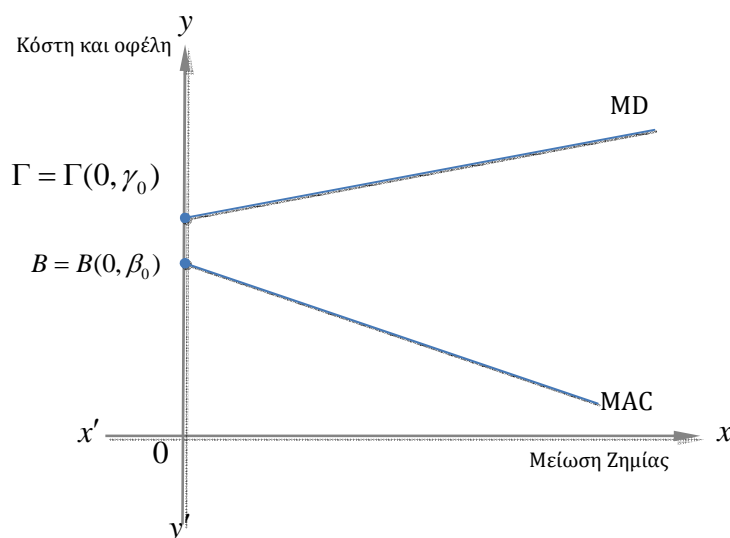
βέλτιστο περιορισμό στις ζημιές και το επίπεδο που αντιστοιχεί στο βέλτιστο κόστος (ή όφελος)  $k_0$ . Το  $X_0$  εκφράζει το 'άριστο επίπεδο' μείωση της ρύπανσης.

Τα  $\chi_0$  και  $k_0$  αντιστοιχούν στο σημείο τομής των MAC και MD που στην συνέχεια θα συμβολίζεται  $K(\chi_0, k_0)$ . Όμως η προσέγγιση αυτή είναι *θεωρητική* όπως φαίνεται στον Σχήμα 5.1. Στηρίζεται στην προσαρμογή των καμπυλών MAC και MD με τα κατάλληλα συγκεντρωθέντα δεδομένα. Αυτό όμως πιστεύουμε ότι χρειάζεται ιδιαίτερη ανάλυση και αντιμετώπιση κάτι που πραγματοποιείται στη διατριβή αυτή και στο κεφάλαιο αυτό. Τίθενται λοιπόν τα ακόλουθα ερωτήματα :

- i) Είναι γνωστή πάντα η μορφή π.χ. δευτεροβάθμια, των καμπυλών MAC και MD;
- ii) Τέμνονται πάντα;
- iii) Δημιουργείται πάντα η περιοχή ωφελείας;

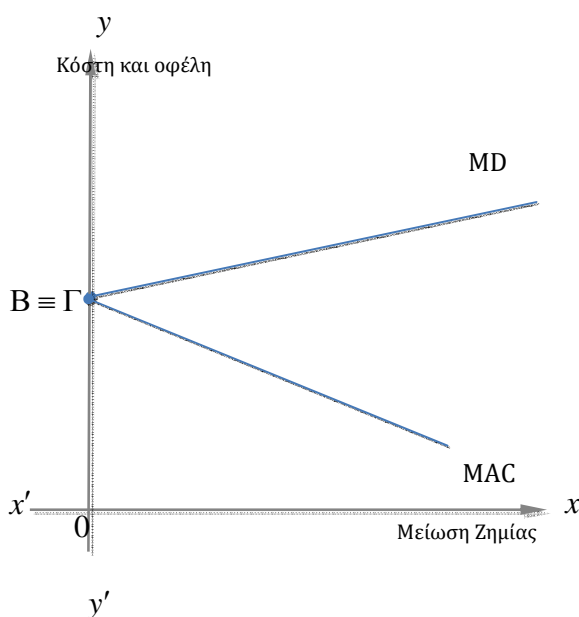
Σε σχέση με το Σχήμα 5.1 τα ερωτήματα αυτά αντικατοπτρίζουν το σκεπτικό αν όντως είναι πάντα γραμμική η MAC και η MD. Αν υπάρχει πάντα το σημείο  $K$ . Όμως, μπορεί να είναι και όπως στο σχήμα 5.2 όπου οι MAC και MD δεν τέμνονται και δεν υπάρχει περιοχή ωφέλειας.

**Σχήμα 5.2** Οι MAC και MD δεν τέμνονται, δεν υπάρχει περιοχή ωφέλειας



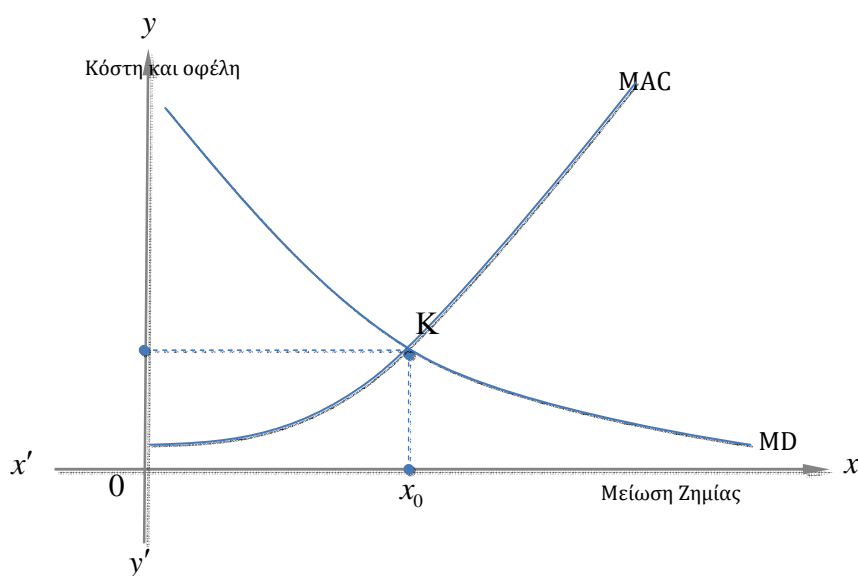
Ομοίως το Σχήμα 5.3 παρουσιάζει την περιοχή ωφέλειας οριζόμενη σε ένα σημείο

**Σχήμα 5.3** Η περιοχή ωφέλειας περιορίζεται σε ένα σημείο



Οι απαντήσεις στα ερωτήματα αυτά αναλύονται στις επόμενες ενότητες της διατριβής αυτής. Είναι εύλογη η μαθηματική – στατιστική προσέγγιση γιατί το Σχήμα 5.1 θα μπορούσε να ήταν και όπως το Σχήμα 5.4 με μη γραμμικές καμπύλες MAC και MD.

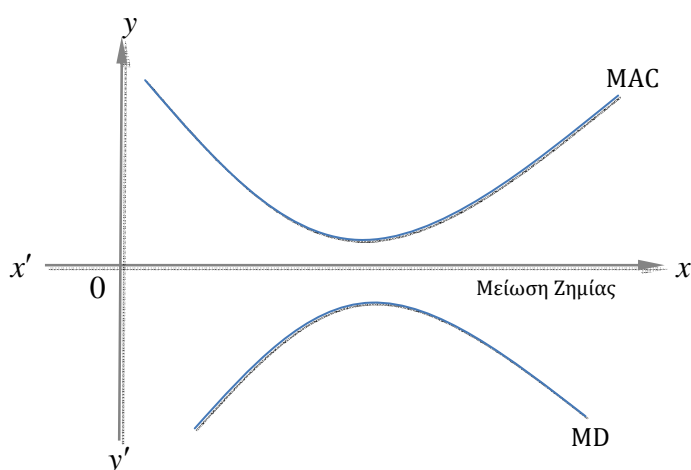
**Σχήμα 5.4** Άριστο επίπεδο ρύπανσης με μη γραμμικές συναρτήσεις κόστους ελέγχου και ζημίας





Συγκεκριμένα, το Σχήμα 5.4 παριστά μια προσέγγιση της MAC ως δευτεροβάθμιας καμπύλης και μιας δευτεροβάθμιας MD που τέμνονται. Στο Σχήμα 5.5 η ίδια μορφή δευτεροβάθμιων MAC και MD δεν έχουν πραγματικές ρίζες και δεν τέμνουν το άξονα  $x$ , ούτε τέμνονται. Άρα είναι αμφίβολης οικονομικής χρησιμότητας. Οι άμεσες όμως πρακτικές εφαρμογές στην οικονομική ανάλυση του περιβάλλοντος αποτελεί η μελέτη των συνθηκών ύπαρξης της περιοχής ωφέλειας για κάθε πιθανή μορφή MAC και MD.

**Σχήμα 5.5** Οι MAC και MD δευτεροβάθμιες και δεν τέμνονται



Άρα η θεωρητική προσέγγιση που επιτελείται στην διατριβή αυτή, αφορά τις πιο κάτω μορφές των καμπυλών MAC και MD:

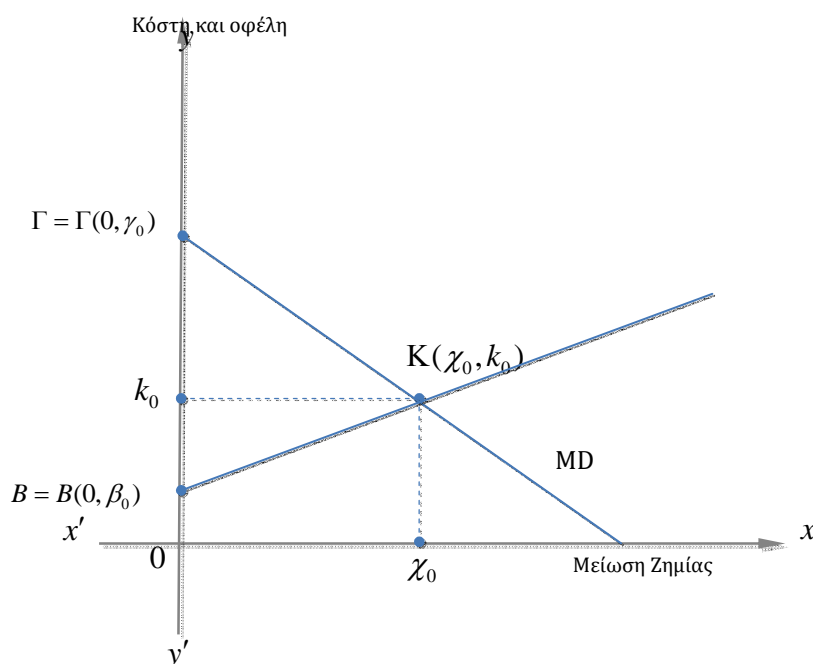
- MD: γραμμική, δευτεροβάθμια, εκθετική
- MAC: γραμμική, δευτεροβάθμια, εκθετική

Η μέθοδος προσαρμογής των δεδομένων είναι η Ανάλυση Παλινδρόμησης (για περισσότερες πληροφορίες Χάλκος 2011)

### 5.3. Συνθήκες ύπαρξης περιοχής ωφέλειας (Benefit Area)

Στην ενότητα αυτή θα εξετασθεί η θέση του βέλτιστου επιπέδου ρύπανσης, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.6 (που αποτελεί πληρέστερη μορφή του Σχήματος 5.1). Σημειώνουμε ότι σε όλες τις γραφικές παραστάσεις που θα απεικονίζονται στα σχήματα πιο κάτω, θα θεωρούνται τα ίδια σύμβολα.

**Σχήμα 5.6** Το Άριστο επίπεδο ρύπανσης με τις αντίστοιχες συντεταγμένες



Οι καμπύλες MAC και MD θεωρούνται ως συναρτήσεις  $h(\chi)$  και  $f(\chi)$  και δείχνουν το κόστος ελέγχου και τη συνάρτηση ζημίας αντίστοιχα, μιας χώρας (ή μιας επαρχίας ή ενός δήμου κλπ. ), δηλαδή

$$h(\chi) = \text{MAC} \text{ και } f(\chi) = \text{MD}.$$

Αυτό εξυπηρετεί την ανάλυση και σύγκριση των κριτηρίων. Επισημαίνεται ότι τα σημεία Γ και Β έχουν τη μία συντεταγμένη από τον ορισμό τους, μηδέν. Ο άλλος όρος δηλαδή τα  $\gamma_0$  και  $\beta_0$  είναι πάντα οι σταθεροί όροι της καμπύλης που θέλουμε να προσαρμόσουμε. Παράδειγμα, αν  $\text{MAC} = h(\chi) = \beta_0 + \beta_1 \chi + \beta_2 \chi^2$  τότε  $h(0) = \beta_0$ .

Το σημείο που τέμνει η MD τον άξονα του  $\chi$  είναι πάντα προς τις θετικές τιμές και παριστά την ρίζα της MD, δηλαδή την τιμή που την καθιστά μηδέν. Αυτή η παρατήρηση έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον όταν η MD είναι δευτεροβάθμια, όπως θα δούμε στην συνέχεια σε ανάλογη ενότητα.

Το σημείο της τομής των MAC και MD είναι το  $K = K(\chi_0, k_0)$  και εκφράζει το βέλτιστο επίπεδο της ρύπανσης. Στο Σχήμα 5.6 υποθέτουμε ότι οι καμπύλες τέμνονται, και ως εκ τούτου το εμβαδόν της περιοχής ΓΚΒ, το οποίο διαμορφώνεται από την τομή των καμπυλών, αποτελεί την 'περιοχή ωφέλειας' (Benefit Area, BA) δηλαδή :

$$BA = (\Gamma KB). \quad (\Sigma)$$

Για να αληθεύει πάντα, ότι η MAC και MD τέμνονται θα πρέπει γενικά

$$\gamma_0 > \beta_0 \quad (\Sigma 1)$$

και το  $\chi_0 > 0 \quad (\Sigma 2)$

Η συζήτηση αυτή ισχύει για όλες τις περιπτώσεις που μελετάμε στη διατριβή αυτή και οι οποίες είναι :

Περίπτωση Α :

Η καμπύλη MD = f(χ) είναι γραμμική της μορφής: MD = f(χ) = γ<sub>0</sub> + γ<sub>1</sub>χ

(1) Η καμπύλη h(x) είναι γραμμική της μορφής:

$$MAC = h(\chi) = \beta_0 + \beta_1\chi, \quad \beta_1 \neq 0$$

(2) Η καμπύλη h(x) είναι δευτεροβάθμια της μορφής:

$$MAC = h(\chi) = \beta_0 + \beta_1\chi + \beta_2\chi^2, \quad \beta_2 > 0$$

(3) Η καμπύλη h(x) είναι αύξουσα εκθετική της μορφής:

$$MAC = h(\chi) = \beta_0 \exp(\beta_1\chi)$$

Περίπτωση Β :

Η καμπύλη MD = f(χ) είναι δευτεροβάθμια της μορφής: MD = γ<sub>0</sub> + γ<sub>1</sub>χ + γ<sub>2</sub>χ<sup>2</sup>

(1) Η καμπύλη h(χ) είναι γραμμική της μορφής:

$$MAC = h(\chi) = \beta_0 + \beta_1\chi, \quad \beta_1 \neq 0$$

(2) Η καμπύλη h(x) είναι δευτεροβάθμια της μορφής:

$$MAC = h(\chi) = \beta_0 + \beta_1\chi + \beta_2\chi^2, \quad \beta_2 > 0$$

(3) Η καμπύλη h(x) είναι αύξουσα εκθετική της μορφής:

$$MAC = h(\chi) = \beta_0 \exp(\beta_1\chi)$$

Περίπτωση Γ:

Η καμπύλη MD = f(χ) είναι αύξουσα εκθετική της μορφής : MD = f(χ) = γ<sub>0</sub>e<sup>γ<sub>1</sub>χ</sup>

(1) Η καμπύλη h(χ) είναι γραμμική της μορφής:

$$MAC = h(\chi) = \beta_0 + \beta_1\chi, \quad \beta_1 \neq 0$$

(2) Η καμπύλη h(x) είναι δευτεροβάθμια της μορφής:

$$MAC = h(\chi) = \beta_0 + \beta_1\chi + \beta_2\chi^2, \quad \beta_2 > 0$$

(3) Η καμπύλη h(x) είναι αύξουσα εκθετική της μορφής:

$$MAC = h(\chi) = \beta_0 \exp(\beta_1\chi)$$

Άρα δημιουργείται ένα πλήθος εννέα κύριων περιπτώσεων που αναλύεται πιο κάτω με τη βοήθεια των Μαθηματικών, ώστε να αναλυθεί πλήρως το υπό μελέτη οικονομικό πρόβλημα. Κάποιες από αυτές τις περιπτώσεις χρειάζονται μεγαλύτερη ανάλυση από κάποιες άλλες.

## 5.4 MD γραμμική και MAC γραμμική

$$MD = f(\chi) = \gamma_0 + \gamma_1 \chi$$

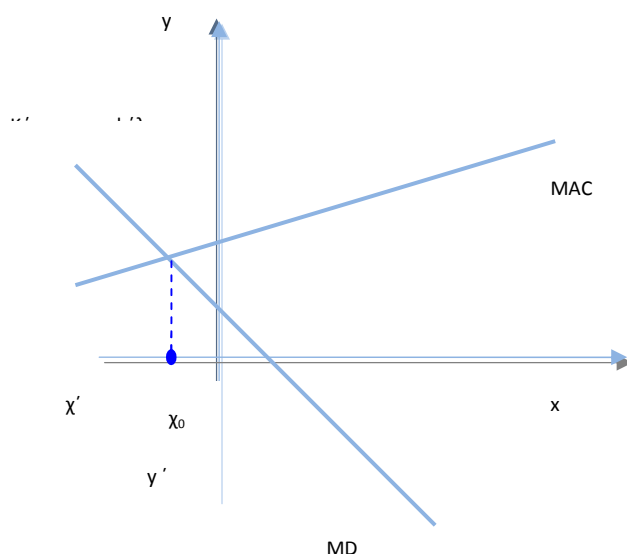
$$MAC = h(\chi) = \beta_0 + \beta_1 \chi \quad A(1)$$

Φαίνεται λοιπόν ότι στην περίπτωση A(1), δύναται να υπάρχει πρόβλημα στον προσδιορισμό της τομής των καμπυλών  $h(\chi)$  και  $f(\chi)$  από τα Σχήματα 5.2 και 5.3. Δηλαδή, από το Σχήμα 5.2 φαίνεται ότι  $\gamma_0 > \beta_0$ , όμως από την συνθήκη (Σ1) αυτό δεν μπορεί να ισχύει άρα δεν υπάρχει BA. Ενώ από το Σχήμα 5.3 φαίνεται ότι όταν το Γ ταυτίζεται με το Β, δηλαδή  $\gamma_0 = \beta_0$ , τότε η  $BA = 0$ . Σημειώνεται ότι η περίπτωση A(1), όπως στο Σχήμα 5.1 είναι ισοδύναμη με την σχέση

$$\chi_0 > 0$$

όπως έχουμε ήδη απαιτήσει στην (Σ2). Για να γίνει αυτό παραστατικά αντιληπτό, σημειώνεται ότι περιπτώσεις όπως στο Σχήμα 5.7 με  $x_0 < 0$  δεν θα συζητηθούν.

**Σχήμα 5.7** Η περίπτωση το  $\chi_0 < 0$ . Δεν υπάρχει οικονομικό ενδιαφέρον



Επιπλέον υποθέτουμε ότι η  $f(\chi)$  από μαθηματικής άποψης εξεταζόμενη, είναι μια φθίνουσα συνάρτηση με  $\gamma_1 < 0$  και η  $h(\chi)$  υποθέτουμε είναι μια αύξουσα συνάρτηση,  $\beta_1 > 0$  και με  $\beta_0 > 0$ . Για τα σημεία  $\Gamma = \Gamma(0, \gamma_0)$  και  $B = B(0, \beta_0)$  στο Σχήμα 5.1 καθώς και στα Σχήματα 5.2, 5.6 είναι πάντα  $\gamma_0 > \beta_0$ .

Σε κάθε περίπτωση αναζητούμε το βέλτιστο σημείο  $\chi_0$ . Λόγω του γεγονότος ότι τέμνονται οι καμπύλες  $MAC = h(\chi)$  και  $MD = f(\chi)$  στο προς μελέτη σημείο  $\chi_0$  θα ισχύει πάντα (με όποια μορφή έχουν οι  $h(\chi)$ ,  $f(\chi)$ ) ότι:

$$h(\chi_0) = f(\chi_0) \quad (\Sigma 3)$$

Άρα, το σημείο τομής  $K = K(\chi_0, k_0)$  ικανοποιεί την συνθήκη  $\Sigma 3$  πάντα, οπότε εδώ ισχύει η παρακάτω σχέση:

$$\begin{aligned} \beta_0 + \beta_1 \chi_0 &= \gamma_0 + \gamma_1 \chi_0 \Leftrightarrow \\ \beta_1 \chi_0 - \gamma_1 \chi_0 &= \gamma_0 - \beta_0 \Leftrightarrow \\ \chi_0 (\beta_1 - \gamma_1) &= \gamma_0 - \beta_0 \Leftrightarrow \\ \chi_0 &= \frac{\gamma_0 - \beta_0}{\beta_1 - \gamma_1} \quad \text{ή} \quad \chi_0 = -\frac{\beta_0 - \gamma_0}{\beta_1 - \gamma_1} \end{aligned} \quad (1)$$

Θέλουμε το  $\chi_0 > 0$  δηλαδή να βρίσκεται στο μισό δεξιά μέρος του άξονα  $\chi'$ , του Σχήματος 5.6. Αυτό αληθεύει όταν

$$\beta_1 > \gamma_1 \quad (1\alpha)$$

αφού όπως έχουμε ήδη θεωρήσει  $\beta_0 < \gamma_0$  οπότε  $\chi_0 > 0$ .

Στην συνέχεια υπολογίζουμε το βέλτιστο επίπεδο  $k_0$  στο σημείο ισοροπίας  $K(\chi_0, k_0)$  από την  $h(\chi)$  ή  $f(\chi)$  όταν θέσω σε αυτές την τιμή  $\chi_0$ , που βρήκαμε στην (1).

Έχουμε διαδοχικά :

$$k_0 = h(\chi_0) = \beta_0 + \beta_1 \chi_0 = \beta_0 + \beta_1 \frac{\gamma_0 - \beta_0}{\beta_1 - \gamma_1}$$

ή

$$k_0 = f(\chi_0) = \gamma_0 + \gamma_1 \frac{\gamma_0 - \beta_0}{\beta_1 - \gamma_1} \quad (1\beta)$$

Προκειμένου να υπολογίσουμε την Περιοχή Ωφέλειας (Benefit Area (BA<sub>LL</sub>)) για το γραμμικό – γραμμικό μοντέλο, υπολογίζουμε το εμβαδόν του τριγώνου ΓΚΒ, στο Σχήμα 4.6

$$\text{Άρα :} \quad \text{BA}_{LL} = (\text{ΓΚΒ}) = \frac{(\text{ΓΒ})(\text{Κκ}_0)}{2} =$$

$$(\text{από την (1)}) \quad \frac{(\gamma_0 - \beta_0)\chi_0}{2} = \frac{(\gamma_0 - \beta_0)(\gamma_0 - \beta_0)}{2(\beta_1 - \gamma_1)} = \frac{(\gamma_0 - \beta_0)^2}{2(\beta_1 - \gamma_1)} \quad (2)$$

Άρα στην περίπτωση Α1 είναι συγκεντρωτικά:

$$\text{MD} = f(\chi) = \gamma_0 + \gamma_1\chi$$

$$\text{MAC} = h(\chi) = \beta_0 + \beta_1\chi$$

Συνθήκες (Σ1), (1α):

$$\beta_0 < \gamma_0, \quad \beta_1 > \gamma_1$$

Για τους υπολογισμούς βλέπε (1), (1β), (2)

$$\chi_0 = \frac{\gamma_0 - \beta_0}{\beta_1 - \gamma_1} \quad \text{ή} \quad \chi_0 = -\frac{\beta_0 - \gamma_0}{\beta_1 - \gamma_1}$$

$$k_0 = h(\chi_0) = \beta_0 + \beta_1\chi_0 = \beta_0 + \beta_1 \frac{\gamma_0 - \beta_0}{\beta_1 - \gamma_1}$$

$$\text{ή} \quad k_0 = f(\chi_0) = \gamma_0 + \gamma_1 \frac{\gamma_0 - \beta_0}{\beta_1 - \gamma_1}$$

$$\text{και} \quad (\text{BA})_{LL} = \frac{(\gamma_0 - \beta_0)^2}{2(\beta_1 - \gamma_1)}$$

Τον τρόπο αυτό παρουσίασης θα ακολουθήσουμε και στις επόμενες ενότητες.

## 5.5 MD γραμμική και MAC δευτεροβάθμια

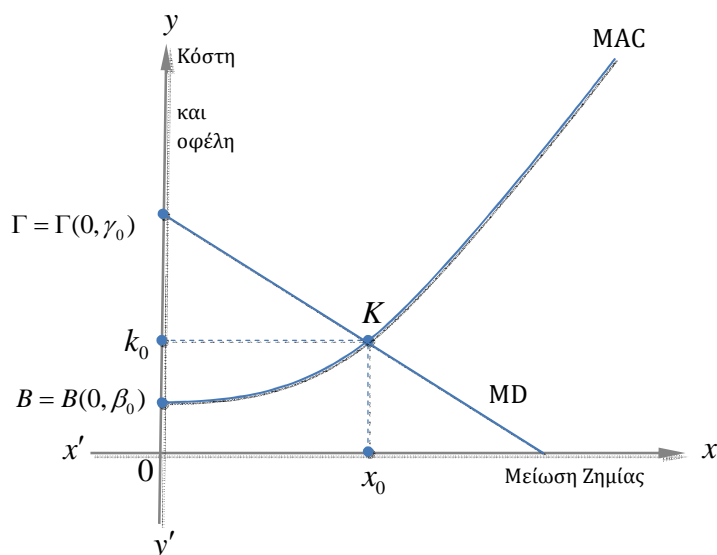
Στην συνέχεια θα εξετάσουμε την περίπτωση η MAC να είναι της μορφής μιας δευτεροβάθμιας συνάρτησης,  $h(\chi) = \beta_0 + \beta_1\chi + \beta_2\chi^2$  ενώ η  $f(\chi) = \gamma_0 + \gamma_1\chi$  παραμένει γραμμική, δηλαδή:

$$\text{MD} = f(\chi) = \gamma_0 + \gamma_1\chi \quad \text{A(2)}$$

$$\text{MAC} = h(\chi) = \beta_0 + \beta_1\chi + \beta_2\chi^2, \quad \beta_2 > 0$$

Το αντίστοιχο διάγραμμα είναι τότε, το Σχήμα 5.8:

Σχήμα 5.8 MD γραμμική και MAC δευτεροβάθμια



Στην περίπτωση αυτή, εξακολουθεί να είναι  $h(0) = \beta_0 > 0$  και θέλουμε  $\frac{\partial h(\chi)}{\partial \chi} = \beta_1 + 2\beta_2\chi > 0$ , δηλαδή το οριακό κόστος ελέγχου να έχει θετική τιμή, άρα πρέπει  $\chi > -(\beta_1/2\beta_2)$  που σημαίνει ότι η συνάρτηση  $h$  είναι αύξουσα συνάρτηση, όπως έχουμε υποθέσει.

Δηλαδή μέχρι στιγμής, οι περιορισμοί είναι :

$$\begin{aligned} 0 < \beta_0 < \gamma_0 \\ 0 < \frac{\beta_1}{2\beta_2} < \chi_0 \end{aligned} \quad (3)$$

Στο σημείο  $K$  όπου τέμνονται θα ισχύει :

$$\begin{aligned} f(\chi_0) &= h(\chi_0) \Leftrightarrow \\ \gamma_0 + \gamma_1\chi &= \beta_0 + \beta_1\chi + \beta_2\chi^2 \\ \text{οπότε} \quad (\beta_0 - \gamma_0) + (\beta_1 - \gamma_1)\chi_0 + \beta_2\chi_0^2 &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Αν θέσουμε  $M = \beta_0 - \gamma_0$  και  $\Lambda = \beta_1 - \gamma_1$  στην (4), έχω μια δευτεροβάθμια εξίσωση της μορφής:

$$\beta_2\chi_0^2 + \Lambda\chi_0 + M = 0 \quad (5)$$

Οι ρίζες της όποιας, ως γνωστό είναι:

$$\chi_0 = \frac{-\Lambda \pm \sqrt{\Delta}}{2\beta_2}$$

Όπου 
$$\Delta = \Lambda^2 - 4\beta^2 M = (\beta_1 - \gamma_1)^2 - 4\beta_2(\beta_0 - \gamma_0) \quad (6)$$

η διακρίνουσα του τριωνύμου (5).

Στη συνέχεια ανάλογα με τις περιπτώσεις, των τιμών της  $\Delta$  που μπορεί να είναι θετική, μηδέν ή αρνητική, θα έχουμε τη μορφή αποτελεσμάτων για τις ρίζες της εξίσωσης (4), χρησιμοποιώντας την εξίσωση (5). Η αρνητική  $\Delta$ , βλέπε σχήμα 5.8 δεν έχει οικονομικό ενδιαφέρον, γιατί δεν αντιστοιχεί σε πραγματικό  $\chi_0$ , αλλά σε μιγαδικό. Για την θεωρητική περίπτωση  $\Delta=0$ , υπάρχει μόνο μια ρίζα στην εξίσωση (5) και αυτή είναι:

$$\chi_0 = -\frac{\Lambda}{2\beta_2} = -\frac{\beta_1 - \gamma_1}{2\beta_2} \quad (7)$$

Επειδή υποθέσαμε ότι  $\beta_2 > 0$  πρέπει να είναι  $\beta_1 < \gamma_1$  για να είναι οι τιμές του

$\chi_0$  θετικές. Θεωρητικά θα πρέπει  $f(\chi_0) = h(\chi_0)$ . Άρα:

$$k_0 = f(x_0) = \gamma_0 - \gamma_1 \frac{\beta_1 - \gamma_1}{2\beta_2} \quad (7\alpha)$$

ή

$$k_0 = h(\chi_0) = \beta_0 + \beta_1 \left[ -\frac{\beta_1 - \gamma_1}{2\beta_2} \right] + \beta_2 \left[ -\frac{\beta_1 - \gamma_1}{2\beta_2} \right]^2$$

Όμως επειδή οι καμπύλες  $h$  και  $f$  προσδιορίζονται με τη μέθοδο της ανάλυσης παλινδρόμησης, προφανώς η ισότητα αυτή δεν θα ισχύει στην πράξη επακριβώς, λόγω των υπεισερχόμενων σφαλμάτων. Θα είναι δηλαδή  $f(\chi) \approx h(\chi)$ .

Αν το  $\Delta > 0$ ,  $\Delta$  όπως στην (6), τότε υπάρχουν δύο ρίζες στην (5), άρα υπάρχουν δύο  $\chi_0$ .

Πρέπει το  $\chi_0$  να είναι θετικό δηλαδή,  $\chi_0 > 0$ , οπότε σκεπτόμαστε ως εξής:

Είναι, από την (6) :

$$\Delta = (\beta_1 - \gamma_1)^2 - 4\beta_2(\beta_0 - \gamma_0) > 0 \quad (7\beta)$$

Έχουμε όμως γενικά από την Σ1 ότι πρέπει πάντα  $\gamma_0 > \beta_0 \Leftrightarrow \beta_0 - \gamma_0 < 0$

Επιπλέον υποθέσαμε ότι  $\beta_2 > 0$ , από την Α(2), άρα  $-4\beta_2(\beta_0 - \gamma_0) > 0$

Το  $(\beta_1 - \gamma_1)^2$  είναι πάντα θετικό με  $\beta_1 \neq \gamma_1$ . Άρα  $\Delta > 0$ , βάσει των συνθηκών που έχουμε ορίσει αναγκαστικά για την ύπαρξη της περιοχής ωφέλειας. Δηλαδή η ουσιαστική περίπτωση στο πρόβλημα που εξετάζουμε είναι  $\Delta > 0$ .



Επειδή  $\Delta > 0$  η (5) έχει δύο ρίζες πραγματικές, έστω  $\rho_1 < \rho_2$

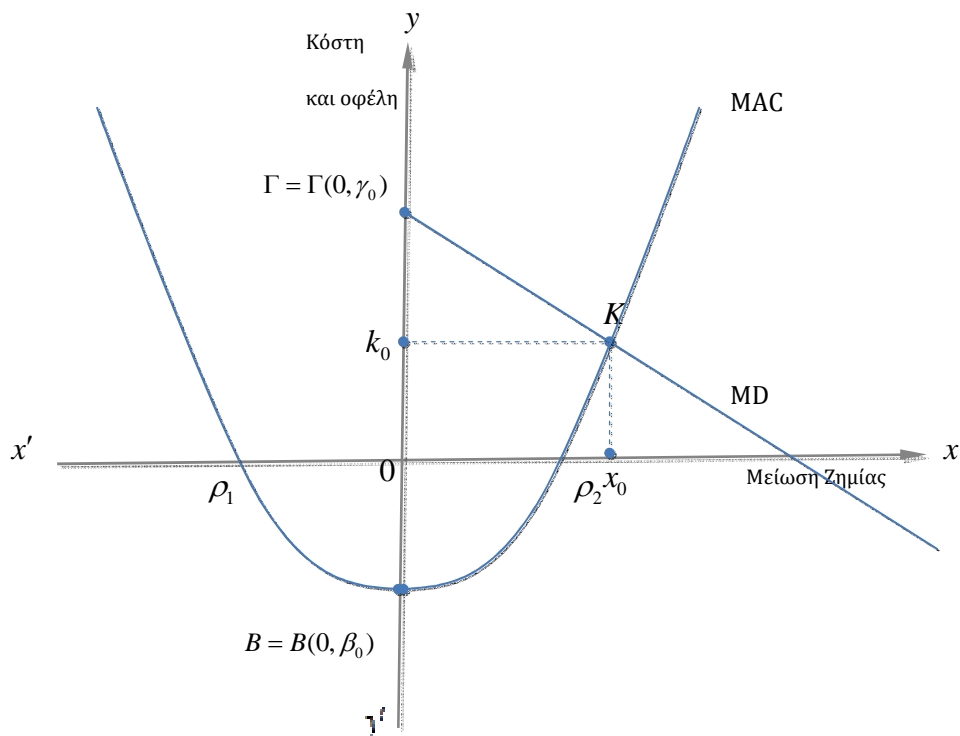
- i. Μπορεί οι δύο ρίζες να είναι θετικές
- ii. Μπορεί η μια ρίζα να είναι θετική
- iii. Μπορεί οι δύο ρίζες να είναι αρνητικές

Αναλύεται λοιπόν με βάση τις ισχύουσες συνθήκες τι ισχύει. Επειδή το  $M = \beta_0 - \gamma_0 < 0$  το γινόμενο των δύο ριζών της (5) είναι ίσο  $M/\beta_2 < 0$  (αφού  $\beta_2 > 0$ ). Οπότε, δεν υπάρχουν δύο αρνητικές ρίζες γιατί τότε το γινόμενο θα ήταν θετικό, αλλά υπάρχει μια θετική π.χ. η  $\rho_2$  και μια αρνητική  $\rho_1$ , βλέπε Σχήμα 5.9. Επιλέγεται η θετική ρίζα, αφού εργαζόμαστε με θετικές τιμές. Οπότε το σημείο που εκφράζει το βέλτιστο κόστος ( ή όφελος)  $k_0$  είναι με το  $x_0 > 0$  από (6) :

$$k_0 = f(x_0) = \gamma_0 + \gamma_1 x_0 \quad (8)$$

Το Σχήμα 5.9 περιγράφει την κατάσταση με  $\Delta > 0$ .

**Σχήμα 5.9** MD γραμμική και MAC δευτεροβάθμια, με  $\beta_0 < 0$



Η περιοχή ωφέλειας  $(BA)_{LQ}$  στην περίπτωση A2, γραμμική, δευτεροβάθμια, είναι  $(KP_2BΓ)$ , περικλείεται από την δευτεροβάθμια καμπύλη, οπότε είναι το ορισμένο ολοκλήρωμα από το 0 έως το  $X_0$ , που περικλείεται από τον άξονα  $OX$  και τη  $MAC$ .

Δηλαδή:

$$(BA)_{LQ} = \frac{(KX_0) + (OΓ)}{2} - \int_0^{x_0} h(x) dx$$

Όμως το  $KX_0$  είναι ίσο με το  $k_0$  και το  $OΓ$  είναι ίσο με το  $\gamma_0$ .

Άρα έχουμε:

$$(BA)_{LQ} = \frac{k_0 + \gamma_0}{2} x_0 - \int_0^{x_0} h(\chi) d\chi$$

Το ολοκλήρωμα υπολογίζεται ως εξής :

$$\begin{aligned} & \int_0^{x_0} (\beta_0 + \beta_1 \chi + \beta_2 \chi^2) d\chi = \\ & \left[ \beta_0 \chi + \beta_1 \frac{\chi^2}{2} + \beta_2 \frac{\chi^3}{3} \right]_0^{x_0} = H(x_0) - H(0) \\ & = H(x_0) \end{aligned}$$

Με

$$H(x_0) = \beta_0 x_0 + \beta_1 \frac{x_0^2}{2} + \beta_2 \frac{x_0^3}{3}$$

Το αποτέλεσμα αυτό γενικεύει εκείνο των Halkos και Kitsos (2005). Άρα στην περίπτωση αυτή έχω συγκεντρωτικά, από A(2):

$$MD = f(\chi) = \gamma_0 + \gamma_1 \chi$$

$$MAC = h(\chi) = \beta_0 + \beta_1 \chi + \beta_2 \chi^2$$

Με συνθήκες από A(2), (3), (7), (7α), (7β):

$$\gamma_0 > \beta_0$$

$$\beta_2 > 0$$

$$\beta_0 < 0$$

$$0 < \frac{\beta_1}{2\beta_2} < \chi_0$$

$$\Delta = (\beta_1 - \gamma_1)^2 - 4\beta_2(\beta_0 - \gamma_0)$$

$$\text{Με } \Delta = 0, \quad \chi_0 = -\frac{\beta_1 - \gamma_1}{2\beta_2}$$

$$k_0 = \gamma_0 - \gamma_1 \frac{\beta_1 - \gamma_1}{2\beta_2}$$

$$\text{ή} \quad k_0 = \beta_0 + \beta_1 \left(-\frac{\beta_1 - \gamma_1}{2\beta_2}\right) + \beta_2 \left(-\frac{\beta_1 - \gamma_1}{2\beta_2}\right)^2$$

$$k_0 = \gamma_0 + \gamma_1 \chi_0$$

$$\text{ή} \quad k_0 = \beta_0 + \beta_1 \chi_0 + \beta_2 \chi_0^2$$

$$\text{και} \quad (\text{BA})_{\text{LQ}} = \frac{k_0 + \gamma_0}{2} \chi_0 - \left(\beta_0 \chi_0 + \frac{\beta_1}{2} \chi_0^2 + \frac{\beta_2}{3} \chi_0^3\right)$$

## 5.6 MD γραμμική και MAC εκθετική

Στην συνέχεια εξετάζουμε την περίπτωση η MAC να είναι αύξουσα εκθετική και η MD να παραμένει γραμμική. Δηλαδή:

$$\text{MD} = f(\chi) = \gamma_0 + \gamma_1 \chi \quad \text{A(3)}$$

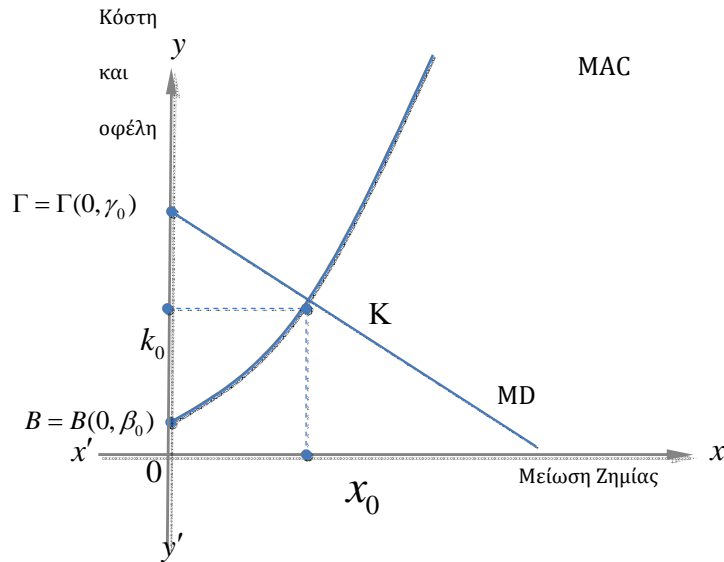
$$\text{MAC} = h(\chi) = \beta_0 \exp(\beta_1 \chi), \beta_1 > 0$$

Η βασική συνθήκη τομής των MAC και MD παραμένει η ίδια :

$$\gamma_0 > \beta_0 > 0$$

Το αντίστοιχο διάγραμμα είναι τότε :

**Σχήμα 5.10** Η MD γραμμική και η MAC αύξουσα εκθετική



Άρα για να υπολογισθεί το σημείο τομής  $\chi_0$ , που μας δείχνει τον βέλτιστο περιορισμό στις ζημίες θα πρέπει να είναι από την (Σ3):

$$MAC = h(\chi_0) = f(\chi_0) = MD(\chi_0) \Rightarrow$$

$$\beta_0 \exp(\beta_1 \chi_0) = \gamma_0 + \gamma_1 \chi_0 \Rightarrow$$

$$\beta_0 e^{\beta_1 \chi_0} = \gamma_0 + \gamma_1 \chi_0 \Rightarrow$$

$$e^{\beta_1 \chi_0} = \frac{\gamma_0 + \gamma_1 \chi_0}{\beta_0} = \frac{\gamma_0}{\beta_0} + \frac{\gamma_1}{\beta_0} \chi_0$$

$$= p + q \chi_0 \quad (9)$$

$$\text{Με } p = \frac{\gamma_0}{\beta_0}, \quad q = \frac{\gamma_1}{\beta_0}$$

Άρα η (9) είναι μη γραμμική εξίσωση και λογαριθμίζοντας την έχουμε :

$$\ln e^{\beta_1 \chi_0} = \ln(p + q \chi_0) \Rightarrow$$

$$\beta_1 \chi_0 = \ln(p + q \chi_0) \Rightarrow$$

$$\chi_0 = \frac{1}{\beta_1} \ln(p + q \chi_0) \quad (10)$$

Αν θέσω  $\Phi(\chi_0) = \frac{1}{\beta_1} \ln(p + q \chi_0)$  τότε η (10) γίνεται:

$$\chi_0 = \Phi(\chi_0) \quad (11)$$

Η εξίσωση (11) αντιμετωπίζεται μόνο με το fixed- point θεώρημα, δηλαδή με την χρήση μεθόδων της Αριθμητικής Ανάλυσης. Δημιουργείται ένα επαναληπτικό σχήμα της μορφής:

$$\chi_{0,v+1} = \Phi(\chi_{0,v}) \quad v = 1, 2, 3, \dots$$

$$\chi_{0,0} = \text{αυθαίρετο}$$

δηλαδή η αρχική τιμή ορίζεται από εμάς για να επιλυθεί η εξίσωση.

Τότε, η ακολουθία των υπολογισθέντων  $\chi_0$ , η  $\chi_{0,v}$  συγκλίνει (τείνει) στην λύση της εξίσωσης, έστω  $\xi$ , έτσι ώστε να είναι :

$$\xi = \Phi(\xi)$$

Η ακρίβεια της μεθόδου μπορεί να είναι  $10^{-3}$  ( δηλαδή ακρίβεια στο 3<sub>0</sub> δεκαδικό ψηφίο) και επιτυγχάνεται όταν :

$$|X_{0,v+1} - X_{0,v}| < 10^{-3}$$

Οπότε τότε μπορούμε να σταματήσουμε τους υπολογισμούς, φυσικά μέσω ενός προγράμματος στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Έστω λοιπόν ότι υπολογίσθηκε, αριθμητικά η προσεγγιστική τιμή του  $\chi_0$ ,

$$\chi_0 = \xi$$

Τότε το σημείο που αντιστοιχεί στο βέλτιστο κόστος (ή όφελος), δηλαδή το  $k_0$ , υπολογίζεται από τις δύο εξισώσεις είτε ως :

$$k_0 = h(\chi_0) = \beta_0 \exp(\beta_1 \xi)$$

Είτε ως:

$$k_0 = f(\chi_0) = \gamma_0 + \gamma_1 \xi$$

Θέλουμε στην συνέχεια να προσδιορίσουμε την περιοχή ωφέλειας (BA) με βάση το σχήμα 5.10.

$$(BA)_{LE} = (\Gamma KB) = (\Gamma K \chi_0 O) - (BK \chi_0 O) \quad (12)$$

Άρα, θα είναι :

$$\begin{aligned} (\Gamma K \chi_0 O) &= \frac{(K \chi_0) + (\Gamma O)}{2} \chi_0 = \\ &= \frac{k_0 + \gamma_0}{2} \chi_0 \end{aligned} \quad (13)$$

Επιπλέον το εμβαδόν του χωρίου (BKX<sub>0</sub>O) είναι ότι περικλείεται από την καμπύλη MAC από 0 έως X<sub>0</sub>, άρα είναι το ορισμένο ολοκλήρωμα

$$(BK \chi_0 O) = \int_0^{\chi_0} \beta_0 e^{\beta_1 \chi} d\chi$$

Οπότε :

$$\begin{aligned} \int_0^{\chi_0} \beta_0 e^{\beta_1 \chi} d\chi &= \beta_0 \int_0^{\chi_0} e^{\beta_1 \chi} d\chi = \\ &= \frac{\beta_0}{\beta_1} \int_0^{\chi_0} e^{\beta_1 \chi} d(\beta_1 \chi) = \\ &= \frac{\beta_0}{\beta_1} \left[ e^{\beta_1 \chi} \right]_0^{\chi_0} \end{aligned}$$

$$\text{Υπενθυμίζεται : } \int e^{\omega} d\omega = e^{\omega} + c$$

Άρα ,

$$(BK \chi_0 O) = \frac{\beta_0}{\beta_1} \left[ e^{\beta_1 \chi} \right]_0^{\chi_0} =$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{\beta_0}{\beta_1} [e^{\beta_1 \chi_0} - e^{\beta_1 0}] = \\
&= \frac{\beta_0}{\beta_1} (e^{\beta_1 \chi_0} - 1)
\end{aligned} \tag{14}$$

Οπότε τελικά από τις (13) και (14) η (12) γίνεται , με  $\chi_0 = \xi$  :

$$(\text{BA})_{\text{LE}} = \frac{k_0 + \gamma_0}{2} \chi_0 - \frac{\beta_0}{\beta_1} (e^{\beta_1 \xi} - 1)$$

Υπενθυμίζεται ότι ο παραπάνω τύπος είναι προσεγγιστικός αφού  $\chi_0 = \xi$  .

Αρα στην περίπτωση αυτή έχω συγκεντρωτικά:

$$\begin{aligned}
\text{MB} &= f(\chi) = \gamma_0 + \gamma_1 \chi \\
\text{MAC} &= h(\chi) = \beta_0 \exp(\beta_1 \chi)
\end{aligned} \tag{A(3)}$$

Με συνθήκες:

$$\beta_1 > 0$$

$$\gamma_0 > \beta_0 > 0$$

$$\chi_0 = \frac{1}{\beta_1} \ln(p + q \chi_0), \chi_0 = \xi$$

$$k_0 = h(\chi_0) = \beta_0 \exp(\beta_1 \xi)$$

και

$$(\text{BA})_{\text{LE}} = \frac{k_0 + \gamma_0}{2} \chi_0 - \frac{\beta_0}{\beta_1} (e^{\beta_1 \chi_0} - 1)$$

## 5.7 MD δευτεροβάθμια και MAC γραμμική

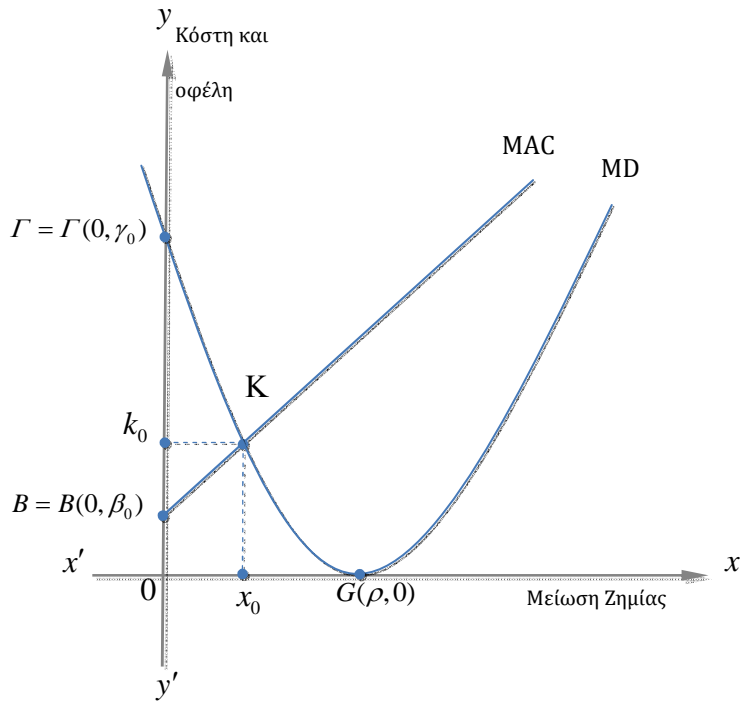
Στην περίπτωση αυτή η MD είναι δευτέρου βαθμού και η MAC πρώτου. Δηλαδή :

$$\text{MD} = f(\chi) = \gamma_0 + \gamma_1 \chi + \gamma_2 \chi^2$$

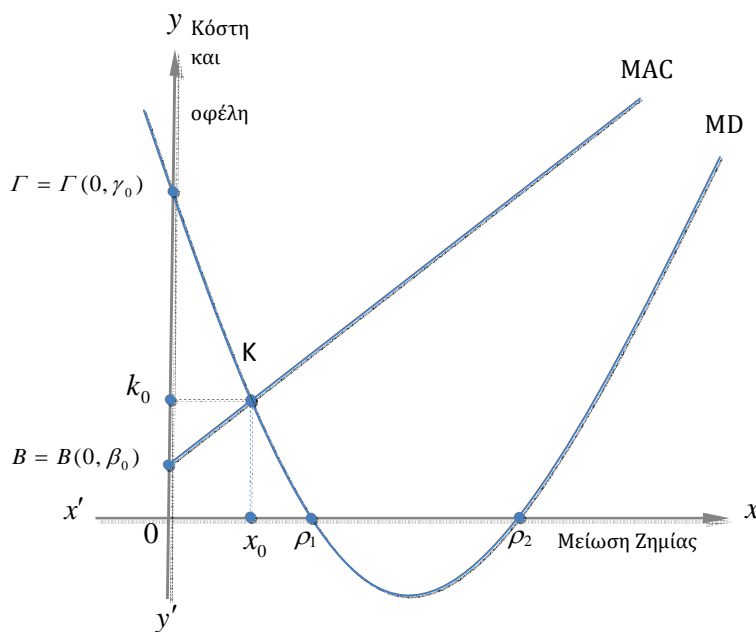
και  $MAC = h(\chi) = : \beta_0 + \beta_1 \chi$  B(1)

Το αν η MD είναι κυρτή ή κοίλη δημιουργεί τα πιο κάτω Σχήματα 5.11-5.15.

**Σχήμα 5.11.** Η MD έχει διπλή ρίζα  $\rho = \rho_1 = \rho_2$  και ελάχιστο.

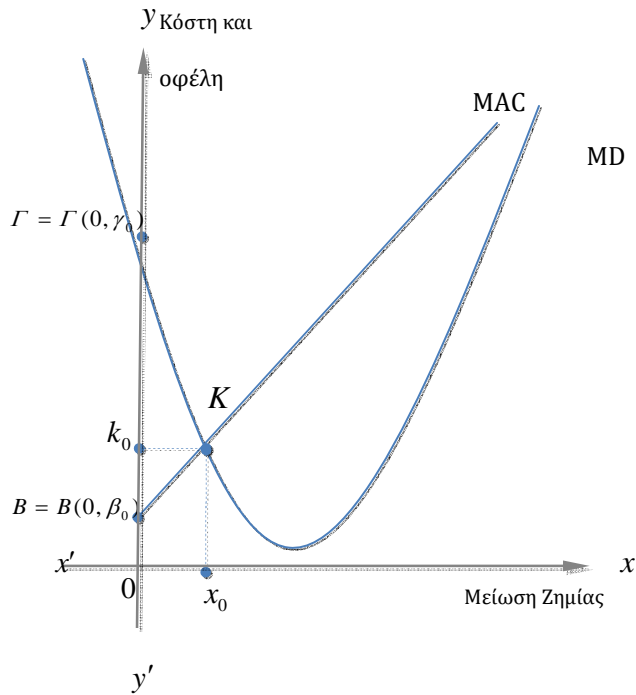


**Σχήμα 5.12** Η MD έχει δύο ρίζες άνισες πραγματικές, θετικές  $\rho_1, \rho_2$  και ελάχιστο

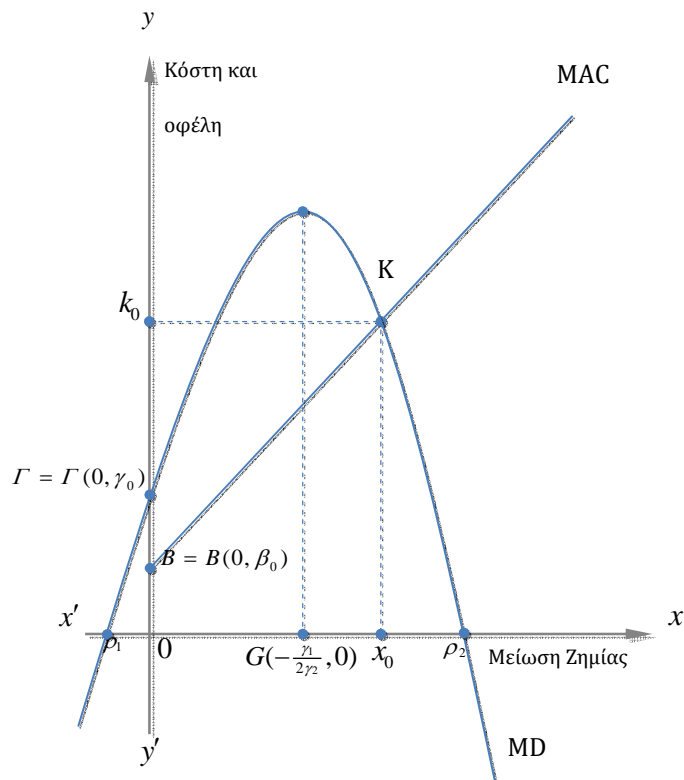




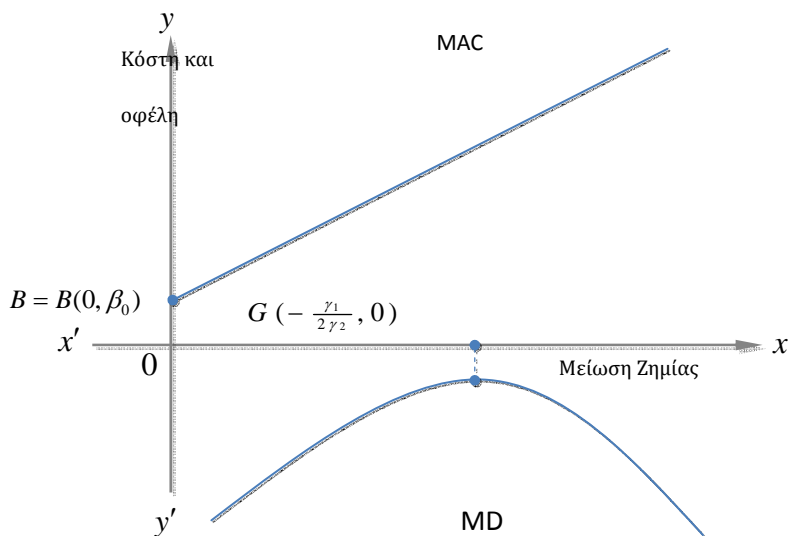
**Σχήμα 5.13** Η MD δεν έχει πραγματικές ρίζες, και έχει ελάχιστο



**Σχήμα 5.14** Η MD έχει δύο ρίζες άνισες πραγματικές  $\rho_1 < 0, \rho_2 > 0$  και μέγιστο



**Σχήμα 5.15** Η MD δεν έχει πραγματικές ρίζες και έχει ελάχιστο



Από τα σχήματα 5.11-5.15 είναι προφανές ότι οι περιπτώσεις 5.13 και 5.15 δεν έχουν οικονομικό ενδιαφέρον. Στο Σχήμα 5.13 υπάρχει μεν τομή των MAC και MD αλλά οι ρίζες της MD είναι μιγαδικές, όπως και στην περίπτωση 5.15 που όμως εκεί δεν υπάρχει σημείο τομής.

Τελικά εξετάζονται για τα θέματα του περιβάλλοντος που αντιμετωπίζονται στο διδακτορικό αυτό οι περιπτώσεις: 5.11, 5.12, 5.14

Αναλύονται οι πιο πάνω περιπτώσεις:

- **5.7.1 Περίπτωση B1(i),**

Επειδή υποθέσαμε στο σχήμα 5.11 ότι υπάρχει μια κοινή ρίζα  $\rho = \rho_1 = \rho_2$  για την  $f(\chi) = MD$ , τότε πρέπει η διακρίνουσα της MD,  $\Delta_f$ , να είναι μηδέν, δηλαδή :

$$\Delta_f = \gamma_1^2 - 4\gamma_2\gamma_0 = 0, \gamma_2 > 0$$

Σε μια τέτοια περίπτωση για την διπλή ρίζα  $\rho = -\frac{\gamma_1}{2\gamma_2}$  υποθέτουμε ότι

$$\rho > 0 \Leftrightarrow -\frac{\gamma_1}{2\gamma_2} > 0 \text{ και επειδή το } \gamma_2 \text{ υποτίθεται θετικό } (\gamma_2 > 0) \text{ θα πρέπει } \gamma_1 < 0.$$

Για τον προσδιορισμό του σημείου της τομής  $K = K(\chi_0, k_0)$  έχω:

$$\begin{aligned} f(\chi_0) &= h(\chi_0) \Leftrightarrow \\ \gamma_2 \chi_0^2 + \gamma_1 \chi_0 + \gamma_0 &= \beta_0 + \beta_1 \chi_0 \Leftrightarrow \\ \gamma_2 \chi_0^2 + (\gamma_1 - \beta_1) \chi_0 + (\gamma_0 - \beta_0) &= 0 \end{aligned} \quad (15)$$

Βρίσκω στην (15) την διακρίνουσα της  $\Delta_1$

$$\Delta_1 = (\gamma_1 - \beta_1)^2 - 4\gamma_2(\gamma_0 - \beta_0) \quad (16)$$

Αν  $\Delta_1 < 0$  δεν υπάρχει  $\chi_0 \in \square$

Αν  $\Delta_1 = 0$  υπάρχει μόνο ένα  $\chi_0$  που από το Σχήμα 5.11 είναι αδύνατο.

Θα έχει τελικά αναγκαστικά δύο λύσεις άρα  $\Delta_1 > 0$  και αναζητώ τη μικρότερη θετική λύση  $\chi_0$  της (15), δεξ Σχήμα 5.11.

Για να έχει θετικές ρίζες πρέπει

$$\text{Άθροισμα ριζών} = -\frac{\gamma_1 - \beta_1}{\gamma_2} > 0$$

$$\text{Γινόμενο ριζών} = \frac{\gamma_0 - \beta_0}{\gamma_2} > 0$$

Έχω ότι το  $\gamma_2 > 0$

$$\gamma_0 - \beta_0 > 0$$

Άρα το γινόμενο θετικό. Για να είναι το άθροισμα θετικό πρέπει :

$$\gamma_1 - \beta_1 < 0$$

Το  $\chi_0 = \min\{\rho_1 > 0, \rho_2 > 0\}$

Είναι :

- i.  $(\gamma_1 - \beta_1)^2 > 0$
- ii.  $0 < \beta_0 < \gamma_0 \Rightarrow 0 < \gamma_0 - \beta_0$

iii.  $\gamma_2 > 0$

Η τιμή της MD ή της MAC στο  $\chi_0$  αντίστοιχα προσδιορίζει το  $k_0$ . Ο πιο εύκολος τρόπος υπολογισμού είναι :

$$k_0 = h(\chi_0) = \beta_0 + \beta_1 \frac{\beta_1 - \gamma_1}{2\gamma_2} > 0$$

Που ισχύει όταν  $\gamma_1 - \beta_1 < 0$

Θεωρητικά  $f(\chi_0) = h(\chi_0)$ , όμως στην πράξη λόγω των εκτιμήσεων και των στρογγυλοποιήσεων αυτό μπορεί να μην συμβαίνει, επακριβώς όπως έχουμε επισημάνει για αυτό υπολογίζουμε το  $k_0$  με τον πιο εύκολο τρόπο.

Επιδίωξη μας είναι να υπολογισθεί η περιοχή ωφέλειας ( Benefit Area),  $BA_{QL}$ , που στο σχήμα 4.11 παρίσταται από το εμβαδόν της περιοχής ΓΚΒ.

Ο υπολογισμός αυτού του εμβαδού είναι :

$$\begin{aligned} BA_{QL} = (\Gamma KB) &= (\Gamma K\chi_0 O) - (BK\chi_0 O) = \\ &= \int_0^{\chi_0} f(\chi) d\chi - \int_0^{\chi_0} h(\chi) d\chi \\ &= \int_0^{\chi_0} [f(\chi) - h(\chi)] d\chi \\ &= \int_0^{\chi_0} [(\gamma_0 + \gamma_1\chi + \gamma_2\chi^2) - (\beta_0 + \beta_1\chi)] d\chi \\ &= \int_0^{\chi_0} [(\gamma_0 - \beta_0) + (\gamma_1 - \beta_1)\chi + \gamma_2\chi^2] d\chi \\ &= \left[ (\gamma_0 - \beta_0)\chi + (\gamma_1 - \beta_1)\frac{\chi^2}{2} + \gamma_2\frac{\chi^3}{3} \right]_0^{\chi_0} \\ &= \gamma_2\frac{\chi_0^3}{3} + (\gamma_1 - \beta_1)\frac{\chi_0^2}{2} + (\gamma_0 - \beta_0)\chi_0 \end{aligned} \quad (18)$$

με  $\chi_0$  όπως στη (1).

- **5.7.2 Περίπτωση Β1(ii)**

Εξετάζουμε την περίπτωση η MD να είναι δευτεροβάθμια με δύο ρίζες θετικές και η MAC να είναι γραμμική, όπως στο Σχήμα 5.12.

Υποθέτουμε ότι η  $MD = f(\chi)$  είναι δευτεροβάθμια, η  $MAC = h(\chi)$  γραμμική και ότι η MD έχει δύο ρίζες πραγματικές, θετικές.

Αν η μία ρίζα ήταν αρνητική η αντιμετώπιση θα ήταν παρεμφερής. Θα εργαστούμε με  $0 < \rho_1 < \rho_2$ .

Στην συνέχεια από την

$$MD = f(\chi) = \gamma_0 + \gamma_1\chi + \gamma_2\chi^2$$

επειδή,  $\rho_1, \rho_2 > 0$  ισχύουν:

$$\rho_1\rho_2 > 0 \Leftrightarrow \frac{\gamma_0}{\gamma_2} > 0$$

που ισχύει, γιατί

$$(\gamma_0 > 0, \gamma_2 > 0)$$

Επιπλέον

$$\rho_1 + \rho_2 > 0 \Leftrightarrow -\frac{\gamma_1}{\gamma_2} > 0$$

που ισχύει με  $\gamma_2 > 0$  άρα  $\gamma_1 < 0$  και άρα έχει δύο ρίζες θετικές.

Για να έχει η MD δύο ρίζες πραγματικές θα πρέπει η διακρίνουσα της  $\Delta_f$  να είναι θετική. Δηλαδή :

$$\Delta_f = \gamma_1^2 - 4\gamma_2\gamma_0 > 0, \quad \gamma_2 > 0$$

Ισοδύναμα :

$$0 < \gamma_2\gamma_0 < \left(\frac{\gamma_1}{2}\right)^2$$

Επειδή  $\gamma_2 > 0, \gamma_0 > 0$ , όπως έχουμε υποθέσει, ισχύει η πιο κάτω σχέση. Για τις ρίζες  $\rho_1$  και  $\rho_2$  υποθέτουμε την εξής διάταξη, δες Σχήμα 4.12

$$0 < \rho_1 < -\frac{\gamma_1}{2\gamma_2} < \rho_2 \quad (19)$$

που ισχύει με  $\gamma_1 < 0$ .

Άρα οι περιορισμοί στην περίπτωση αυτή είναι :

$$\gamma_2 > 0, \gamma_1 < 0 < \gamma_2 \gamma_0 < \left(\frac{\gamma_1}{2}\right)^2$$

Η σχέση (19) ζητά ένας αριθμός  $\tau = -\frac{\gamma_1}{2\gamma_2}$  να είναι μεταξύ των ριζών  $\rho_1$  και  $\rho_2$  της

$f(x)$ . Αυτό ισχύει τότε και μόνο τότε όταν, δεξ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.

$$\gamma_2 f(\tau) < 0 \quad (20)$$

Πραγματικά ισχύει:

$$\text{Επειδή το } f(\tau) = f\left(-\frac{\gamma_1}{2\gamma_2}\right) = \min \text{ της } f(\chi) = \frac{4\gamma_2\gamma_0 - \gamma_1^2}{2\gamma_2}$$

Άρα η (20) γίνεται :

$$\begin{aligned} \gamma_2 \frac{4\gamma_2\gamma_0 - \gamma_1^2}{2\gamma_2} &= -\frac{1}{2}(\gamma_1^2 - 4\gamma_2\gamma_0) = \\ &-\frac{1}{2}D_f < 0 \end{aligned}$$

Επειδή υποθέσαμε  $\Delta_f > 0$ , άρα ισχύει  $\gamma_2 f(\tau) < 0$

Και άρα η διάταξη είναι :  $0 < \rho_1 < \tau = -\frac{\gamma_1}{2\gamma_2} < \rho_1$ , ισχύει.

Για τον προσδιορισμό του σημείου τομής  $\chi_0$  ισχύει:

$$k_0 = f(\chi_0) = h(\chi_0) = \gamma_0 + \gamma_1\chi_0 + \gamma_2\chi_0^2 = \beta_0 + \beta_1\chi_0$$

Εργαζόμαστε όπως στην περίπτωση B1(i), καθώς και για τον υπολογισμό του  $k_0$  και του της  $BA_{QL}$  όπως με την (18).

### • 5.7.3 Περίπτωση B1(iii)

Απομένει η περίπτωση B1(iii) η οποία αναλύεται πιο κάτω και παρουσιάζεται στο σχήμα 5.14 :

Έχουμε :

$$f(\chi) = \gamma_0 + \gamma_1\chi + \gamma_2\chi^2, \quad \gamma_2 < 0$$

[118]

$$h(\chi) = \beta_0 + \beta_1 \chi$$

Υποθέτουμε ότι έχει δύο ρίζες πραγματικές η  $f(x)$ , οι οποίες απεικονίζονται στο

Σχήμα B1(iv), και επειδή  $\gamma_2 < 0$  σημειώνεται ότι στην τιμή  $\tau = -\frac{\gamma_1}{2\gamma_2}$  αντιστοιχεί

μέγιστο. Δηλαδή:

$$f(\tau) = \frac{4\gamma_2\gamma_0 - \gamma_1^2}{2\gamma_2} = \max f(x)$$

Άρα υποτίθεται ότι ισχύει:

$$\rho_1 < 0 < -\frac{\gamma_1}{2\gamma_2} < \rho_2 \quad (21)$$

Αποδεικνύεται ότι αυτό ισχύει με  $\gamma_2\gamma_0 < 0$

Πράγματι :

Για να είναι το “0” μεταξύ των  $\rho_1$  και  $\rho_2$  της  $f(x)$  πρέπει:

$$\gamma_2 f(0) < 0 \quad (22)$$

Για να είναι το  $-\frac{\gamma_1}{2\gamma_2} = \tau$  μεταξύ των ριζών  $\rho_1, \rho_2$  της  $f(\chi)$  πρέπει:

$$\gamma_2 f(\tau) < 0 \quad (23)$$

Αναλυτικά η (22) γίνεται :

$$\begin{aligned} \gamma_2 f(0) &= \gamma_2(\gamma_0 + \gamma_1 \cdot 0 + \gamma_2 \cdot 0^2) = \\ &= \gamma_2\gamma_0 < 0 \end{aligned}$$

Η (23) γίνεται :

$$\begin{aligned} \gamma_2 f(\tau) &= \gamma_2 f\left(-\frac{\gamma_1}{2\gamma_2}\right) = \\ &= \gamma_2 \frac{4\gamma_2\gamma_0 - \gamma_1^2}{2\gamma_2} = \\ &= -\frac{1}{2}(\gamma_1^2 - 4\gamma_2\gamma_0) = \end{aligned}$$

$$-\frac{1}{2}D_f < 0$$

Η  $D_f = \gamma_1^2 - 4\gamma_2\gamma_0 > 0$  με  $\gamma_2 < 0$

Άρα  $\gamma_1^2 > 4\gamma_2\gamma_0 \Rightarrow$

$$\gamma_2\gamma_0 < \left(\frac{\gamma_1}{2}\right)^2$$

Οπότε  $\gamma_2\gamma_0 < 0 < \left(\frac{\gamma_1}{2}\right)^2$

Γιατί  $\gamma_2 < 0$  και πάντα  $\gamma_0 > 0$

Άρα αποδείξαμε ότι η (23) είναι ισοδύναμη  $\gamma_2\gamma_0 < 0$

Περιορισμοί:

$$\gamma_2 < 0, \quad \gamma_2\gamma_0 < 0, \quad \gamma_0 > \beta_0$$

Το σημείο τομής  $\chi_0$  υπολογίζεται από την σχέση  $f(\chi_0) = h(\chi_0)$ , όπως στην περίπτωση B1(ii), ομοίως και το  $k_0$ , όμοια και η BA<sub>QL</sub>.

## 5.8 MD δευτεροβάθμια και MAC δευτεροβάθμια

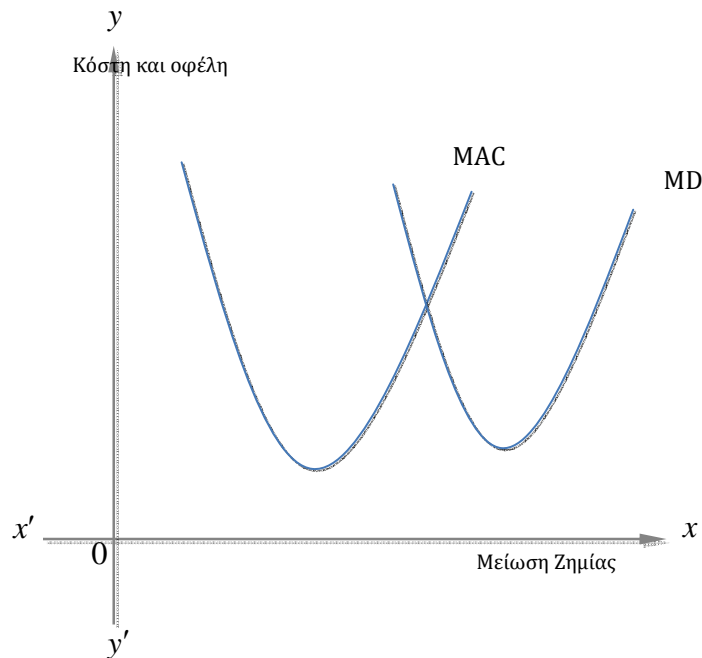
Εξετάζουμε την περίπτωση όπου και οι δυο καμπύλες δηλαδή η MD και η MAC είναι δευτεροβάθμιες. Οι ενδεχόμενες περιπτώσεις γίνονται αντιληπτές από τις παρακάτω γραφικές παραστάσεις

$$\text{Δηλαδή} \quad f(\chi) = MD = \gamma_0 + \gamma_1\chi + \gamma_2\chi^2$$

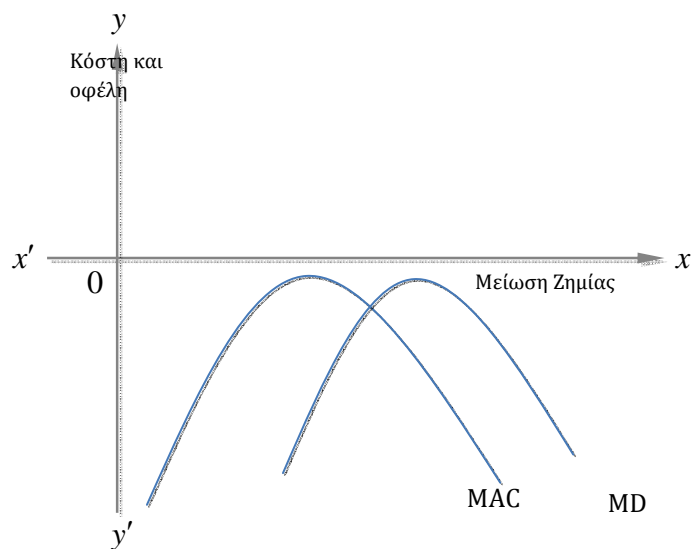
$$h(\chi) = MAC = \beta_0 + \beta_1\chi + \beta_2\chi^2$$



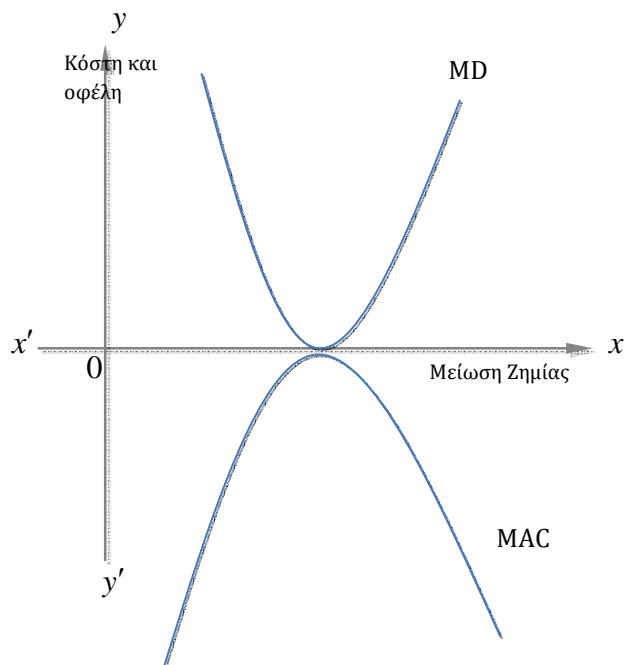
**Σχήμα 5.16** Η MD και η MAC έχουν ελάχιστο και δεν έχουν πραγματικές ρίζες



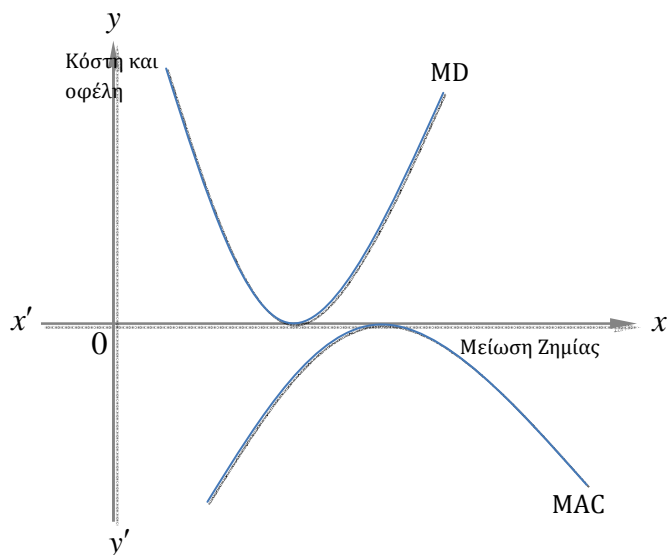
**Σχήμα 5.17** Η MD και η MAC έχουν μέγιστο και δεν έχουν πραγματικές ρίζες



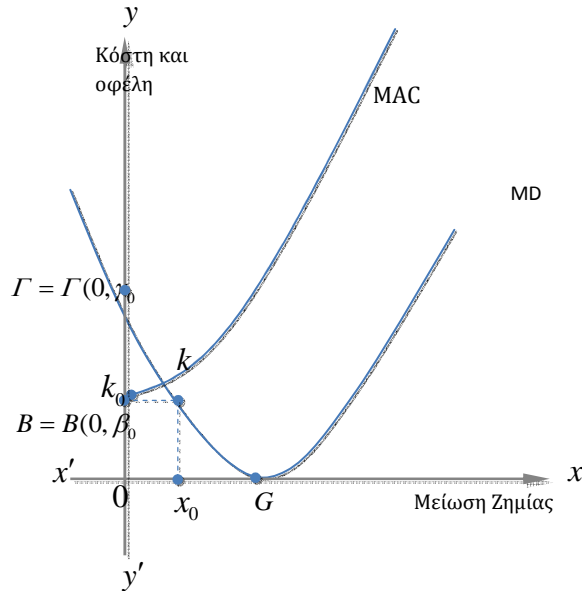
**Σχήμα 5.18** Η MD με την MAC έχουν ένα κοινό σημείο.



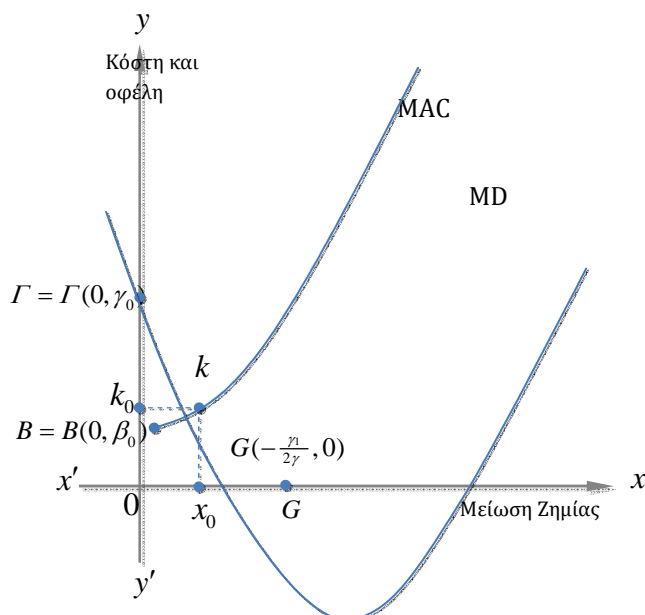
**Σχήμα 5.19** Η MD και η MAC δεν έχουν κοινό σημείο



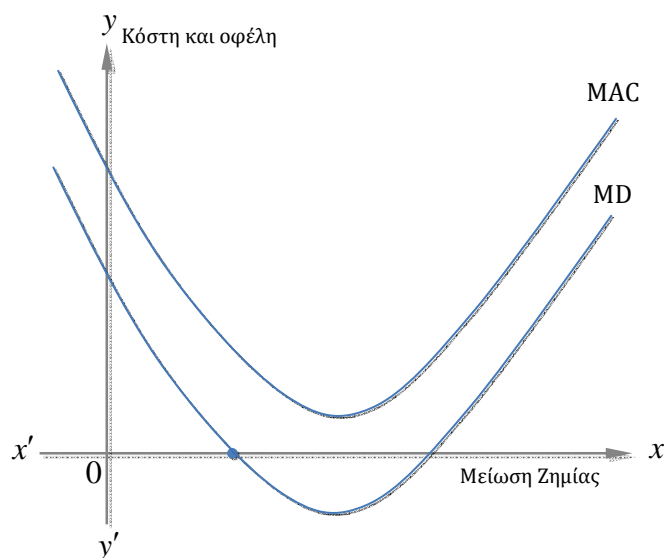
**Σχήμα 5.20** Η MD έχει μια πραγματική, διπλή ρίζα και ελάχιστο. Η MAC έχει ελάχιστο, όχι πραγματικές ρίζες



**Σχήμα 5.21** Η MD έχει δύο πραγματικές, θετικές ρίζες και ελάχιστο. Η MAC έχει ελάχιστο



**Σχήμα 5.22** Η MD και η MAC έχουν και οι δυο ελάχιστα χωρίς κοινά σημεία



Λόγω του ότι σε κάποιες περιπτώσεις η περιοχή ωφέλειας είναι ένα σημείο ενώ σε κάποιες άλλες δεν παρουσιάζει οικονομικό ενδιαφέρον θα εστιάσουμε την ανάλυση μας για τις περιπτώσεις των σχημάτων 5.20 και 5.21.

### 5.8.1 Περίπτωση σχήματος 5.20

Την περίπτωση αυτή την καλούμε B2α

Δηλαδή : Περίπτωση B2α

$$f(\chi) = MD = \gamma_0 + \gamma_1\chi + \gamma_2\chi^2$$

με  $\gamma_2 > 0$  και διακρίνουσα

$$D_f = \gamma_1^2 - 4\gamma_2\gamma_0 = 0$$

Επειδή έχει μια διπλή ρίζα

και η 
$$h(\chi) = MAC = \beta_0 + \beta_1\chi + \beta_2\chi^2$$

με  $\beta_2 > 0$  και διακρίνουσα :

$$D_h = \beta_1^2 - 4\beta_2\beta_0 < 0$$

Επειδή δεν έχει πραγματικές ρίζες

Και  $\gamma_0 > \beta_0$  (επειδή έχουν τομή).

Δηλαδή στην περίπτωση Β2α υπάρχουν δύο διακρίνουσες (σε σχέση με την Β1 που υπήρχε μία) και θα τις συμβολίζουμε με  $D_f$  και  $D_h$  αντίστοιχα όπως πιο πάνω.

Για να προσδιορισθεί το κοινό σημείο  $K(\chi_0, k_0)$  θα πρέπει να υπολογιστεί το  $\chi_0$ , ως κοινό σημείο των MB, MAC. Η τιμή της  $f$  στο  $x_0$ ,  $f(x_0)$  και η τιμή της  $h$  στο  $\chi_0$ ,  $h(x_0)$  προσδιορίζουν το  $k_0$ ,

$$k_0 = f(\chi_0) = h(\chi_0) \Leftrightarrow$$

$$f(\chi_0) = h(\chi_0) \Leftrightarrow$$

$$\begin{aligned} \gamma_0 + \gamma_1\chi_0 + \gamma_2\chi_0^2 &= \beta_0 + \beta_1\chi_0 + \beta_2\chi_0^2 \Leftrightarrow \\ (\gamma_0 - \beta_0) + (\gamma_1 - \beta_1)\chi_0 + (\gamma_2 - \beta_2)\chi_0^2 & \end{aligned} \quad (24)$$

Για να προσδιορισθεί η ρίζα  $\chi_0$  της (24) που είναι το κοινό σημείο των  $f(x)$ ,  $h(x)$  πρέπει η διακρίνουσα της  $d$  να είναι  $d \geq 0$ , γιατί με  $d < 0$  δεν έχει πραγματικές ρίζες.

Αναλυτικά :

$$d = (\gamma_1 - \beta_1)^2 - 4(\gamma_2 - \beta_2)(\gamma_0 - \beta_0) \geq 0 \quad (25a)$$

Η περίπτωση των δυο τομών είναι πέραν του οικονομικού προβληματισμού αυτού του διδακτορικού. Σε κάθε περίπτωση θέλουμε το μικρότερο  $\chi_0$ , άρα την πλησιέστερη τομή  $K(x_0, k_0)$  στον άξονα  $yy'$  για να ορισθεί μονοσήμαντα η περιοχή ωφέλειας.

Αν  $d = 0$  τότε από την (24) η τομή αντιστοιχεί στην κοινή διπλή ρίζα  $\chi_0$  της (24α) :

$$\chi_0 = -\frac{\gamma_1 - \beta_1}{2(\gamma_2 - \beta_2)} = \frac{\beta_1 - \gamma_1}{2(\gamma_2 - \beta_2)} \quad (25)$$

Θα πρέπει το  $\chi_0$  να είναι θετικό (για να έχει νόημα) και μικρότερο από την ρίζα

$\rho = -\frac{\gamma_1}{2\gamma_2}$  της  $f(x)$ . Στο Σχήμα 5.20 η ρίζα  $\rho$  αντιστοιχεί στο σημείο G.

Δηλαδή :

$$0 < \chi_0 = -\frac{\gamma_1 - \beta_1}{2(\gamma_2 - \beta_2)} < -\frac{\gamma_1}{2\gamma_2}$$

ή 
$$\frac{\gamma_1}{\gamma_2} < \frac{\gamma_1 - \beta_1}{\gamma_2 - \beta_2}$$

Άρα οι περιορισμοί είναι :

$$D_f = 0, D_h < 0, \gamma_2 > 0, \beta_2 > 0, \gamma_0 > \beta_0,$$

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_2} < \frac{\gamma_1 - \beta_1}{\gamma_2 - \beta_2}$$

Και το  $\chi_0$  όπως στην (25).

Τότε στο σημείο K η τιμή  $k_0 = f(\chi_0) = h(\chi_0)$  και μπορεί να προσδιοριστεί ως

$$0 < k_0 = f(\chi_0) = \gamma_0 + \gamma_1 \left[ \frac{\beta_1 - \gamma_1}{2(\gamma_2 - \beta_2)} \right] + \gamma_2 \left[ \frac{\beta_1 - \gamma_1}{2(\gamma_2 - \beta_2)} \right]^2 \quad (26)$$

Οπότε η περιοχή ωφέλειας  $BA_{00}$  είναι :

$$\begin{aligned} BA_{00} &= \text{εμβαδόν (ΓKB)} = \\ &= \text{εμβαδόν (ΓK}\chi_0\text{0)} - \text{εμβαδόν (BK}\chi_0\text{0)} = \\ &= \int_0^{\chi_0} (f(\chi) - h(\chi)) d\chi \end{aligned}$$

$$\text{Όμως } f(\chi) - h(\chi) = (\gamma_0 + \gamma_1\chi + \gamma_2\chi^2) - (\beta_0 + \beta_1\chi + \beta_2\chi^2) =$$

$$=(\gamma_0 - \beta_0) + (\gamma_1 - \beta_1)\chi + (\gamma_2 - \beta_2)\chi^2$$

Οπότε :

$$\begin{aligned} BA_{\rho\rho} &= \int_0^{\chi_0} [(\gamma_0 - \beta_0) + (\gamma_1 - \beta_1)\chi + (\gamma_2 - \beta_2)\chi^2] d\chi = \\ &= \left[ (\gamma_0 - \beta_0)\chi + (\gamma_1 - \beta_1)\frac{\chi^2}{2} + (\gamma_2 - \beta_2)\frac{\chi^3}{3} \right]_0^{\chi_0} = \\ &= \frac{1}{3}(\gamma_2 - \beta_2)\chi_0^3 + \frac{1}{2}(\gamma_1 - \beta_1)\chi_0^2 + (\gamma_0 - \beta_0)\chi_0 \end{aligned} \quad (27)$$

Αν αντικατασταθεί στην (27) η (25) έχουμε :

$$\begin{aligned} BA_{\rho\rho} &= \frac{1}{3}(\gamma_2 - \beta_2) \left[ \frac{\beta_1 - \gamma_1}{2(\gamma_2 - \beta_2)} \right]^3 + \frac{1}{2}(\gamma_1 - \beta_1) \left[ \frac{\beta_1 - \gamma_1}{2(\gamma_2 - \beta_2)} \right]^2 + \\ &(\gamma_0 + \beta_0) \left[ \frac{\beta_1 - \gamma_1}{2(\gamma_2 - \beta_2)} \right] \end{aligned}$$

Ευνόητο είναι ότι το  $BA_{\rho\rho} > 0$ .

### 5.8.2 Περίπτωση του Σχήματος 5.21

Την περίπτωση αυτή την καλούμε B2b.

- *Περίπτωση B2b:*

$$f(\chi) = MD = \gamma_0 + \gamma_1\chi + \gamma_2\chi^2$$

$$h(\chi) = MAC = \beta_0 + \beta_1\chi + \beta_2\chi^2$$

Στην περίπτωση αυτή εξετάζεται η  $f(\chi) = MB = \gamma_0 + \gamma_1\chi + \gamma_2\chi^2$

με δύο ρίζες θετικές

$$0 < \rho_1 < \rho_2$$

Δηλαδή με ορίζουσα θετική ,

$$D_f = \gamma_1^2 - 4\gamma_0\gamma_2 > 0$$

$$\text{Για να είναι } 0 < \chi_0 < \rho_1 < -\frac{\gamma_1}{2\gamma_2} < \rho_2 \quad (28)$$

Σκεφτόμαστε ως εξής : Έχουμε ότι η τιμή  $-\frac{\gamma_1}{2\gamma_2}$  πρέπει να είναι ανάμεσα στις ρίζες

$\rho_1, \rho_2$  της  $f(x)$  οπότε πρέπει :

$$\gamma_2 f\left(-\frac{\gamma_1}{2\gamma_2}\right) < 0 \quad (28a)$$

ή  $\gamma_2 \left[ \gamma_0 - \frac{\gamma_1^2}{2\gamma_2} + \gamma_2 \left(-\frac{\gamma_1}{2\gamma_2}\right)^2 \right] < 0$  και επειδή υποτίθεται  $\gamma_2 > 0$

$$\left[ \gamma_0 - \frac{\gamma_1^2}{2\gamma_2} + \gamma_2 \left(-\frac{\gamma_1}{2\gamma_2}\right)^2 \right] < 0 \quad \text{ή}$$

$$\gamma_0 - \frac{\gamma_1^2}{2\gamma_2} + \gamma_2 \frac{\gamma_1^2}{4\gamma_2^2} < 0 \quad \text{ή}$$

$$\gamma_0 - \frac{\gamma_1^2}{2\gamma_2} + \frac{\gamma_1^2}{4\gamma_2} = \gamma_0 - \frac{2\gamma_1^2}{4\gamma_2} + \frac{\gamma_1^2}{4\gamma_2} =$$

$$= \gamma_0 - \frac{\gamma_1^2}{4\gamma_2} = \frac{4\gamma_2\gamma_0 - \gamma_1^2}{4\gamma_2} =$$

$$= \frac{-D_f}{4\gamma_2} < 0$$

Επειδή  $\gamma_2 > 0$ ,  $-D_f < 0$ .

Ισχύει η (28a). Δηλαδή πραγματικά  $\rho_1 < -\frac{\gamma_1}{2\gamma_2} < \rho_2$

Εξετάζεται τώρα η θέση του  $x_0$  με την ανισότητα  $0 < x_0 < \rho_1 < -\frac{\gamma_1}{2\gamma_2} < \rho_2$ .

Για να ισχύει  $0 < x_0 < \rho_1 < \rho_2$  ισοδύναμα το  $x_0$  εκτός του διαστήματος των ριζών άρα πρέπει

$$D_f > 0, \gamma_2 f(x_0) > 0, x_0 < \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} = -\frac{\gamma_1}{2\gamma_2}$$

Η πρώτη συνθήκη  $D_f > 0$  ισχύει.



Η δεύτερη συνθήκη είναι ισοδύναμη :

$$\gamma_2 f(x_0) = \gamma_2 \left[ \gamma_0 + \gamma_1 x_0 + \gamma_2 x_0^2 \right] > 0$$

Το  $x_0$  υπολογίζεται με τον ίδιο τρόπο όπως στην περίπτωση B2a και είναι στην σχέση (25).

Άρα στην περίπτωση B2b έχουμε τις παρακάτω συνθήκες:

$$D_f > 0, D_h < 0, x_0 < -\frac{\gamma_1}{2\gamma_2}, \gamma_2 f(x_0) > 0$$

Σημειώνεται ότι η απαίτηση (28)  $0 < x_0 < \rho_1 < -\frac{\gamma_1}{2\gamma_2} < \rho_2$ , αποδείξαμε ότι ισχύει,

για αυτό δεν υπάρχει στις πιο πάνω συνθήκες.

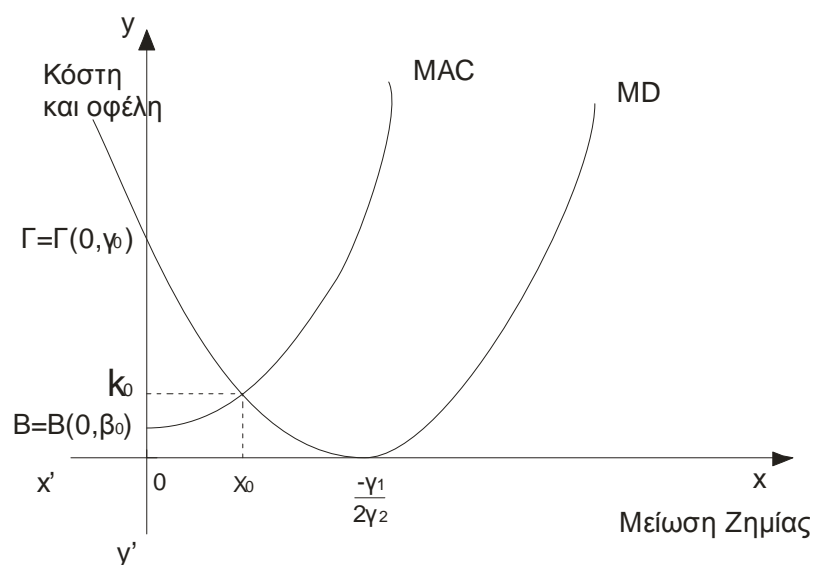
Η περιοχή ωφέλειας  $BA_{00}$  υπολογίζεται όπως στον τύπο (27), με το αντίστοιχο  $x_0$  στην περίπτωση αυτή.

## 5.9 MD δευτεροβάθμια και MAC εκθετική

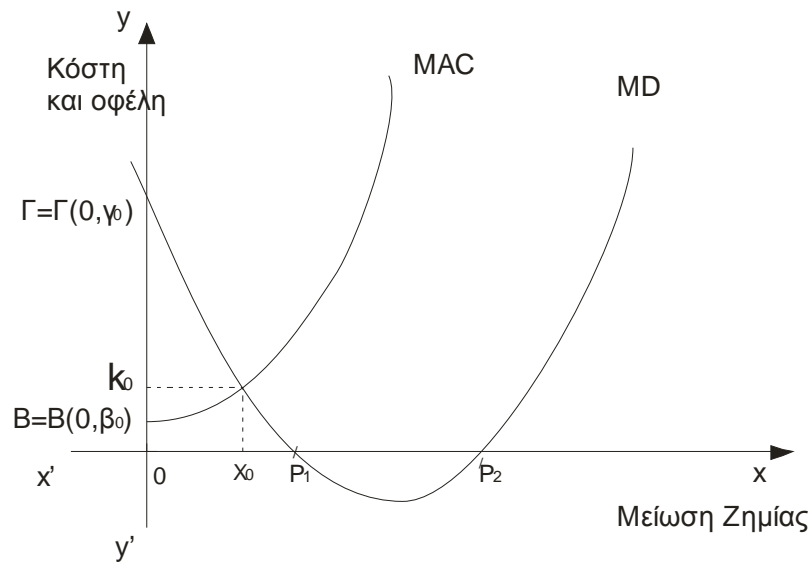
Εξετάζεται τώρα η περίπτωση η MD να είναι δευτεροβάθμια και η MAC εκθετική .

Στα ακόλουθα διαγράμματα απεικονίζεται κάποιες περιπτώσεις.

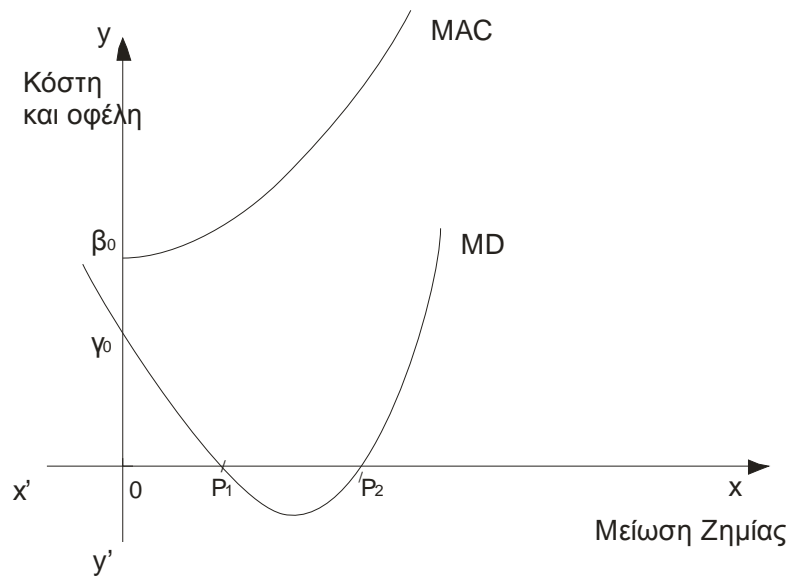
**Σχήμα 5.23** Η MD δευτεροβάθμια με μία διπλή ρίζα και η MAC εκθετική. Υπάρχει κοινό σημείο.



**Σχήμα 5.24** Η MD δευτεροβάθμια με δύο ρίζες και η MAC εκθετική. Υπάρχει κοινό σημείο



**Σχήμα 5.25** Η MD δευτεροβάθμια και η MAC εκθετική χωρίς κοινό σημείο.



Από τα παραπάνω σχήματα οι περιπτώσεις στις οποίες δεν υπάρχει σημείο τομής των MAC και MD ή το σημείο τομής τους είναι χωρίς οικονομική ερμηνεία δεν θα αποτελέσουν κομμάτι της ανάλυσης μας.

### 5.9.1 Περίπτωση σχήματος 5.23

Την περίπτωση αυτή θα την ονομάσουμε Β3α

Σ αυτή την περίπτωση έχουμε :

$$f(\chi) = MB = \gamma_0 + \gamma_1\chi + \gamma_2\chi^2, \quad \gamma_2 > 0$$

Και  $D_f = \gamma_1^2 - 4\gamma_0\gamma_2 = 0$

Η διπλή ρίζα είναι :  $\rho = -\frac{\gamma_1}{2\gamma_2} > 0$ , άρα  $\gamma_1 < 0$

Η MAC είναι :

$$h(\chi) = MAC = \beta_0 \exp(\beta_1\chi) \text{ με } \beta_0 > 0$$

Και θα πρέπει :  $\gamma_0 > \beta_0$

Προσδιορίζουμε την τομή  $K(\chi_0, k_0)$  των MAC και MD, στο σημείο  $x_0$  είναι :

$$\begin{aligned} f(\chi_0) &= h(\chi_0) \Leftrightarrow \\ \gamma_0 + \gamma_1\chi_0 + \gamma_2\chi_0^2 &= \beta_0 e^{\beta_1\chi_0} \Leftrightarrow \\ \gamma_2\chi_0^2 + \gamma_1\chi_0 + \gamma_0 - \beta_0 e^{\beta_1\chi_0} &= 0 \end{aligned} \quad (29)$$

Επειδή η (29) δεν είναι πολυώνυμο πρέπει να αποδειχθεί ότι πράγματι υπάρχει ένα  $\chi_0$  μεταξύ 0 και  $\rho$  τέτοιο ώστε  $f(\chi_0) = h(\chi_0)$  δηλαδή να ισχύει η (29).

**Πρόταση :** Πράγματι ισχύει η (29) με την συζήτηση πιο πάνω. Δηλαδή :

Για την εξίσωση :

$$G(\chi) = \gamma_2\chi^2 + \gamma_1\chi + \gamma_0 - \beta_0 e^{\beta_1\chi}$$

Υπάρχει  $\chi_0 \in (0, \rho)$  τέτοιο ώστε όταν  $\gamma_1^2 - 4\gamma_2\beta_0 > 0$  η  $G(x) = 0$ .

Απόδειξη:

Η  $G(\chi)$  επειδή η MD έχει μια διπλή ρίζα  $\rho$  τότε  $f(x) = \gamma_2(\chi - \rho)^2$  γράφεται ως εξής:

$$G(\chi) = \gamma_2(\chi - \rho)^2 - \beta_0 e^{\beta_1\chi} \quad (30)$$

Επειδή η  $f(x)$  έχει μια ρίζα  $\rho$ .

Οπότε για την ρίζα  $\rho$  της MD ισχύει από την (30):

$$G(\rho) = 0 - \beta_0 e^{\beta_1 \rho} = -\beta_0 e^{\beta_1 \rho} < 0$$

Επιπλέον  $G(0) = \gamma_2 \rho^2 - \beta_0 =$

$$= \gamma_2 \left(-\frac{\gamma_1}{2\gamma_2}\right)^2 - \beta_0 =$$

$$= \gamma_2 \frac{\gamma_1^2}{4\gamma_2^2} - \beta_0 =$$

$$= \frac{\gamma_1^2}{4\gamma_2} - \beta_0 > 0$$

ή  $= \frac{\gamma_1^2 - 4\gamma_2\beta_0}{4\gamma_2} > 0$  από τον περιορισμό και  $\gamma_2 > 0$

Άρα ισχύει :

$G(0)G(\rho) < 0$  άρα είναι γνωστό από το θεώρημα του Bolzano

$$\exists x_0 \in (0, \rho) : G(x_0) = 0.$$

Ο υπολογισμός του  $x_0$  μόνο αριθμητικά πχ με κάποιο ‘πακέτο’ μπορεί να λυθεί.

Υπολογίζεται στην συνέχεια η περιοχή ωφέλειας  $BA_{QE}$  (Quadratic, Exponential)

Η  $BA_{QE} =$  εμβαδόν (ΓΚΒ)

Οπότε :

$$(\GammaΚΒ) = \int_0^{x_0} (f(x) - h(x)) dx$$

Όμως  $f(x) - h(x) = \gamma_2 x^2 + \gamma_1 x + \gamma_0 - \beta_0 e^{\beta_1 x}$

Άρα :

$$\begin{aligned} & \int_0^{x_0} (\gamma_2 x^2 + \gamma_1 x + \gamma_0 - \beta_0 e^{\beta_1 x}) dx \\ &= \left[ \gamma_2 \frac{x^3}{3} + \gamma_1 \frac{x^2}{2} + \gamma_0 x - \frac{\beta_0}{\beta_1} e^{\beta_1 x} \right]_0^{x_0} = \\ & \frac{1}{3} \gamma_2 x_0^3 + \frac{1}{2} \gamma_1 x_0^2 + \gamma_0 x_0 - \frac{\beta_0}{\beta_1} e^{\beta_1 x_0} + \frac{\beta_0}{\beta_1} = \end{aligned}$$

$$\left[ \frac{1}{3}\gamma_2\chi_0^3 + \frac{1}{2}\gamma_1\chi_0^2 + \gamma_0\chi_0 - \frac{\beta_0}{\beta_1}e^{\beta_1\chi_0} + \frac{\beta_0}{\beta_1} \right]$$

$$= \chi_0\left(\frac{1}{3}\gamma_2\chi_0^2 + \frac{1}{2}\gamma_1\chi_0 + \gamma_0\right) - \frac{\beta_0}{\beta_1}(e^{\beta_1\chi_0} - 1) \quad (31)$$

Επειδή :

$$\int \beta_0 e^{\beta_1\chi} d\chi = \beta_0 \int e^{\beta_1\chi} dx = \frac{\beta_0}{\beta_1} \int e^{\beta_1\chi} d(\beta_1\chi) = \frac{\beta_0}{\beta_1} e^{\beta_1\chi} + c.$$

### 5.9.2 Περίπτωση σχήματος 5.24

Την περίπτωση αυτή θα την ονομάσουμε B3b.

Εξετάζεται στην συνέχεια η περίπτωση δευτεροβάθμιας MD και εκθετικής MAC. Για την δευτεροβάθμια MD υποτίθεται ότι έχει δύο ρίζες θετικές με MAC εκθετική.

Δηλαδή:

$$MD = f(\chi) = \gamma_0 + \gamma_1\chi + \gamma_2\chi^2, \quad \Delta > 0$$

$$MAC = h(\chi) = \beta_0 \exp(\beta_1\chi) \quad \beta_1 > 0, \beta_0 > 0$$

Αναλυτικά :

$$\Delta > 0 \Leftrightarrow \gamma_1^2 - 4\gamma_0\gamma_2 > 0 \quad (32)$$

Το άθροισμα των ριζών

$$S = \rho_1 + \rho_2 = -\frac{\gamma_1}{\gamma_2} > 0 \Leftrightarrow \gamma_1\gamma_2 < 0$$

Το γινόμενο των ριζών

$$P = \rho_1\rho_2 = \frac{\gamma_0}{\gamma_2} > 0 \Leftrightarrow \gamma_0\gamma_2 > 0$$

Άρα οι ρίζες  $\rho_1, \rho_2$  είναι θετικές. Έστω  $0 < \rho_1 < \rho_2$ .

Το κοινό σημείο βρίσκεται όπως στην (29). Επειδή η (29) δεν είναι πολυώνυμο πρέπει να αποδειχθεί ότι πράγματι υπάρχει ένα  $\chi_0$  μεταξύ 0 και  $\rho$  τέτοιο ώστε

$$f(\chi_0) = h(\chi_0) \text{ δηλαδή να ισχύει η (29).}$$

Η πρόταση για την (29) ισχύει και εδώ με  $\chi_0 \in (0, \rho_1)$ , δηλαδή υπάρχει μια ρίζα στην (29) στο διάστημα από 0 έως την μικρότερη θετική ρίζα. Επιπλέον η Benefit Area  $BA_{QE}$  είναι όπως στην (31).

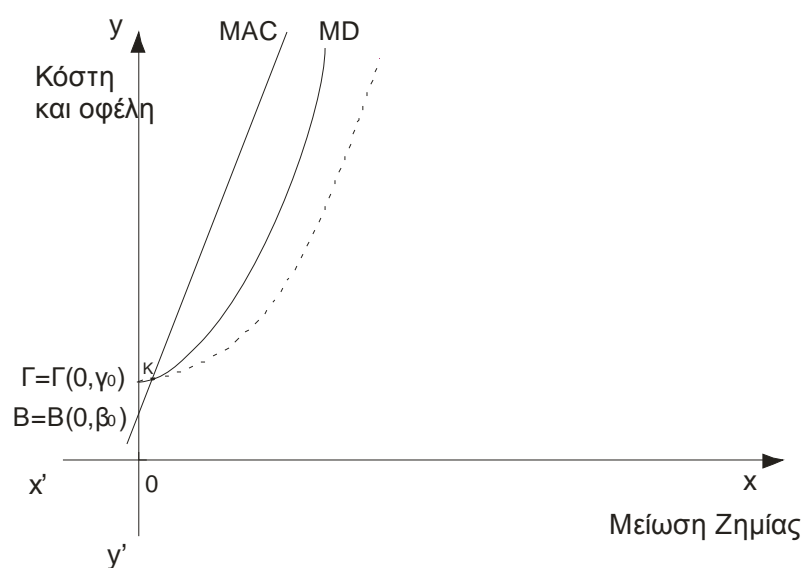
## 5.10 MD εκθετική και MAC γραμμική

Έχουμε :

$$MD = f(\chi) = \gamma_0 \exp(\gamma_1 \chi) \quad \gamma_0 > \beta_0$$

$$MAC = h(\chi) = \beta_0 + \beta_1 \chi$$

**Σχήμα 5.26** Η MD εκθετική και η MAC γραμμική.



Οι περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει κοινό σημείο ή όπου η περιοχή ωφέλειας εκφυλίζεται σε ένα σημείο ( $\beta_0 = \gamma_0$ ) δεν συζητείται.. Άρα οι κλίσεις των MD και MAC πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να τέμνονται.

$$\text{Η κλίση της MD είναι : } \frac{df(\chi)}{d\chi} = \gamma_0 \gamma_1 e^{\gamma_1 \chi}$$

$$\text{Η κλίση της MAC είναι : } \frac{dh(\chi)}{d\chi} = \beta_1$$

Το κοινό σημείο προσδιορίζεται από το βέλτιστο επίπεδο  $\chi_0$  :

$$f(\chi_0) = h(\chi_0) = \gamma_0 e^{\gamma_1 \chi_0} = \beta_0 + \beta_1 \chi_0 \Rightarrow$$

$$e^{\gamma_1 \chi_0} = \frac{\beta_0}{\gamma_0} + \frac{\beta_1}{\gamma_0} \chi_0 \Rightarrow$$

$$\begin{aligned}\gamma_1 \chi_0 &= \ln \left[ \frac{\beta_0}{\gamma_0} + \frac{\beta_1}{\gamma_0} \chi_0 \right] \Rightarrow \\ \chi_0 &= \frac{1}{\gamma_1} \ln \left[ \frac{\beta_0}{\gamma_0} + \frac{\beta_1}{\gamma_0} \chi_0 \right]\end{aligned}\quad (33)$$

Η πιο πάνω εξίσωση είναι της μορφής  $\chi = \Phi(\chi)$  και μόνο με Αριθμητική Ανάλυση (δηλαδή προσεγγιστικά με τον τύπο  $\chi_{v+1} = \Phi(\chi_v)$ ) επιλύεται και συγκεκριμένα με το Θεώρημα Fixed Point (προσεγγιστικά. Οπότε γνωρίζοντας το  $\chi_0$  υπολογίζεται το  $k_0$ . Η περιοχή ωφέλειας  $BA_{EL}$  (Exponential, Linear) είναι :

$$\begin{aligned}BA_{EL} &= \int_0^{\chi_0} (f(\chi) - h(\chi)) d\chi = \\ &= \int_0^{\chi_0} [\gamma_0 \exp(\gamma_1 \chi) - (\beta_0 + \beta_1 \chi)] d\chi = \\ &= \left[ \frac{\gamma_0}{\gamma_1} \exp(\gamma_1 \chi_0) - \frac{\gamma_0}{\gamma_1} \right] - \left[ \beta_0 \chi_0 + \beta_1 \frac{\chi_0^2}{2} \right] = \\ &= \frac{\gamma_0}{\gamma_1} (\exp(\gamma_1 \chi_0) - 1) - \chi_0 \left( \beta_0 + \frac{\beta_1}{2} \chi_0 \right)\end{aligned}\quad (34)$$

Σημειώνεται ότι πάντα θεωρούμε η  $BA > 0$

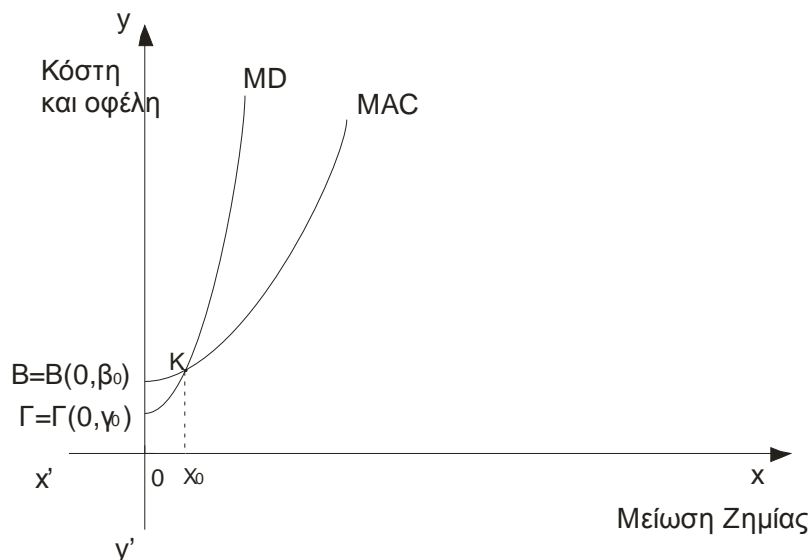
### 5.11 MD εκθετική και MAC δευτεροβάθμια

Έχουμε :

$$MD = f(\chi) = \gamma_0 \exp(\gamma_1 \chi)$$

$$MAC = h(\chi) = \beta_0 + \beta_1 \chi + \beta_2 \chi^2$$

Σχήμα 5.27 Η MD εκθετική και η MAC δευτεροβάθμια.



Η περίπτωση όπου η MAC δεν τέμνεται με την MD δεν παρέχει λύση στο πρόβλημα. Σημειώνεται ότι μέχρι τώρα υποθέσαμε  $\gamma_0 > \beta_0$  ενώ τώρα έχει γίνει η σημαντική αλλαγή της υπόθεσης αυτής,  $\beta_0 > \gamma_0$ . Βέβαια η περίπτωση  $\beta_0 = \gamma_0$ , όπως πάντα οδηγεί σε σημειακή Benefit Area.

Το ίδιο σκεπτικό για την τομή ισχύει με τις κλίσεις των MD και MAC. Στην περίπτωση μας εδώ έχουμε :

$$\text{Κλίση της MB} : \gamma_0 \gamma_1 e^{\gamma_1 x}$$

$$\text{Κλίση της MAC} : \beta_1 + 2\beta_2 x$$

Το σημείο τομής προσδιορίζεται στο βέλτιστο επίπεδο  $x_0$  έτσι ώστε

$$f(x_0) = h(x_0) \Rightarrow \gamma_0 e^{\gamma_1 x_0} = \beta_0 + \beta_1 x_0 + \beta_2 x_0^2 \Rightarrow \Rightarrow$$

$$e^{\gamma_1 x_0} = \frac{\beta_0}{\gamma_0} + \frac{\beta_1}{\gamma_0} x_0 + \frac{\beta_2}{\gamma_0} x_0^2 \Rightarrow$$

$$\gamma_1 x_0 = \ln \left[ \frac{\beta_0}{\gamma_0} + \frac{\beta_1}{\gamma_0} x_0 + \frac{\beta_2}{\gamma_0} x_0^2 \right] \Rightarrow$$

$$x_0 = \frac{1}{\gamma_1} \ln \left[ \frac{\beta_0}{\gamma_0} + \frac{\beta_1}{\gamma_0} x_0 + \frac{\beta_2}{\gamma_0} x_0^2 \right] \quad (35)$$



Σημειώνεται ότι η (35) είναι μια γενίκευση της (33). Το σκεπτικό παραμένει ίδιο, δηλαδή μόνο με Αριθμητική Ανάλυση υπολογίζεται το  $x_0$  υπάρχει και το  $k_0$ , προσδιορίζεται ανάλογα προσεγγιστικά. Η περιοχή ωφέλειας  $BA_{EQ}$  είναι όπως και η (34)

$$\begin{aligned}
 BA_{EQ} &= \int_0^{x_0} f(x) - h(x) dx = \\
 &= \int_0^{x_0} \left[ \gamma_0 e^{\gamma_1 x} - (\beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2) \right] dx = \\
 &= \frac{\gamma_0}{\gamma_1} (\exp(\gamma_1 x_0) - 1) - \left[ \beta_0 x_0 + \frac{\beta_1}{2} x_0^2 + \frac{\beta_2}{3} x_0^3 \right] \quad (36)
 \end{aligned}$$

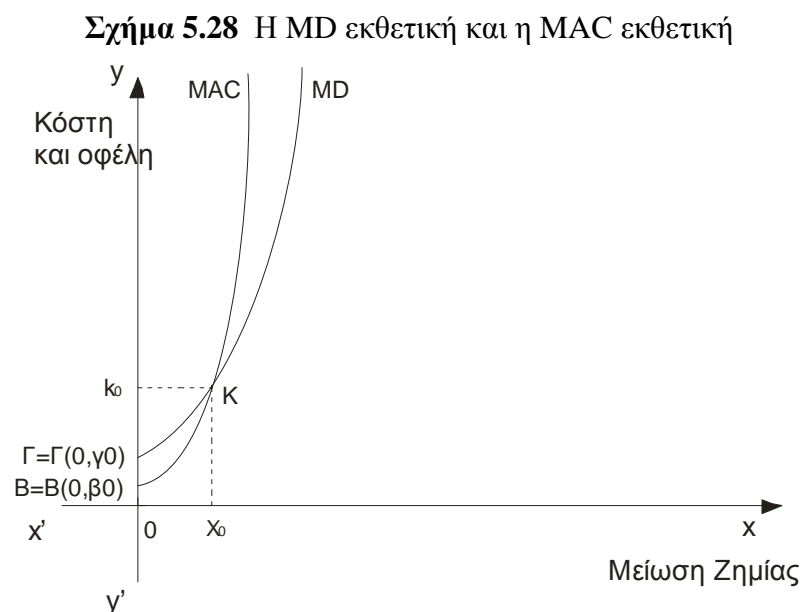
## 5.12 MD εκθετική και MAC εκθετική

Έχουμε :

$$MD = f(x) = \gamma_0 \exp(\gamma_1 x)$$

$$MAC = h(x) = \beta_0 \exp(\beta_1 x)$$

Η περίπτωση του Σχήματος 5.28 είναι ίδια με την περίπτωση του Σχήματος 5.27, με την Benefit Area του ενός να είναι μείον η Benefit Area του άλλου.



Τώρα το  $\chi_0$  προσδιορίζεται ως εξής :

$$\begin{aligned}
 \gamma_0 e^{\gamma_1 \chi_0} &= \beta_0 e^{\beta_1 \chi_0} \Rightarrow \\
 e^{\gamma_1 \chi_0} &= \frac{\beta_0}{\gamma_0} e^{\beta_1 \chi_0} \Rightarrow \\
 \gamma_1 \chi_0 &= \ln \left[ \frac{\beta_0}{\gamma_0} e^{\beta_1 \chi_0} \right] = \ln \frac{\beta_0}{\gamma_0} + \ln e^{\beta_1 \chi_0} \Rightarrow \\
 \chi_0 &= \frac{1}{\gamma_1} \ln \left( \frac{\beta_0}{\gamma_0} \right) + \frac{\beta_1}{\gamma_1} \chi_0 \Rightarrow \\
 \chi_0 \left( 1 - \frac{\beta_1}{\gamma_1} \right) &= \frac{1}{\gamma_1} \ln \left( \frac{\beta_0}{\gamma_0} \right) \Rightarrow \\
 \chi_0 &= \frac{\frac{1}{\gamma_1} \ln \left( \frac{\beta_0}{\gamma_0} \right)}{1 - \frac{\beta_1}{\gamma_1}} \quad (37)
 \end{aligned}$$

Για να είναι  $\chi_0 > 0$  πρέπει  $\frac{\beta_1}{\gamma_1} < 1$  γιατί ο αριθμητής είναι θετικός οπότε με την

αναλυτική μορφή του  $\chi_0$  όπως στην (37) υπολογισμένη αριθμητικά, προσδιορίζεται το  $k_0$ .

Η Benefit Area  $BA_{EE}$  σ' αυτή την περίπτωση είναι :

$$\begin{aligned}
 BA_{EE} &= \int_0^{\chi_0} (f(\chi) - h(\chi)) dx = \\
 &= \int_0^{\chi_0} \left[ \gamma_0 e^{\gamma_1 \chi} - \beta_0 e^{\beta_1 \chi} \right] dx = \gamma_0 \int_0^{\chi_0} e^{\gamma_1 \chi} dx - \beta_0 \int_0^{\chi_0} e^{\beta_1 \chi} dx = \\
 &= \frac{\gamma_0}{\gamma_1} \int_0^{\chi_0} e^{\gamma_1 \chi} d(\gamma_1 \chi) - \frac{\beta_0}{\beta_1} \int_0^{\chi_0} e^{\beta_1 \chi} d(\beta_1 \chi) \\
 &= \frac{\gamma_0}{\gamma_1} e^{\gamma_1 \chi_0} - \frac{\beta_0}{\beta_1} e^{\beta_1 \chi_0} \quad (38)
 \end{aligned}$$

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά οι περιπτώσεις που αναλύσαμε στις παραπάνω ενότητες και υποενότητες σύμφωνα με τους Halkos και Kitsou (2014)

**Πίνακας 1:** Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων

Case	MD=φ(z)	MAC=g(z)	$z_0 > 0$	BA	Restrictions
1	$\alpha + \beta z$	$\beta_0 + \beta_1 z$	$\frac{\beta_0 - \alpha}{\beta_1 - \beta}$	(3)	$\alpha > \beta_0$ $\beta_1 > \beta$
2	$\alpha + \beta z$	$\beta_0 + \beta_1 z + \beta_2 z^2$	$-\frac{\beta_1 - \beta}{2\beta_2}$	(7), (8)	$\beta_2 > 0$ $\beta > \beta_1$ $\alpha > \beta_0$
3	$\alpha + \beta z$	$\beta_0 e^{\beta_1 z}$	Numerically (10)	(11)	$\beta_1 > 0$
4	$\alpha z^2 + \beta z + \gamma$	$\beta_0 + \beta_1 z$			$0 < \beta_0 < \gamma$
4a	$\alpha > 0 \quad D=0$		$Z_0 = \frac{\beta_1 - \beta}{2\alpha}$	(15)	$\beta_1 > \beta \quad \beta < 0$ $0 < \beta_0 < \gamma$
4b	$\alpha > 0 \quad D > 0$				$\beta < 0 < \alpha \gamma < (\beta/2)^2$ $\beta_1 > \beta_0$
4c	$\alpha < 0 \quad D > 0$				$\beta_1 < \beta \quad \alpha \gamma < 0$
5	$\alpha z^2 + \beta z + \gamma$	$\beta_0 + \beta_1 z + \beta_2 z^2$			$\alpha \neq 0 \quad \beta_2 \neq 0$
5a	$\alpha > 0, D=0$	$\beta_1^2 - 4\beta_2\beta_0 \leq 0$ $\beta_2 > 0$	$Z_0 = -\frac{\beta - \beta_1}{2(\alpha - \beta_2)}$	(19)	$\beta_1 > \beta$ $\alpha > \beta_2$
5b	$\alpha > 0, D > 0$	$\beta_2 > 0 \quad d \leq 0$			
6	$\alpha z^2 + \beta z + \gamma$	$\beta_0 e^{\beta_1 z}$		(19)	$\beta_0 > 0 \quad \alpha > 0$
6a	$\alpha > 0, D > 0$		Numerically	(22)	$\gamma > \beta_0$
7	$\theta_0 e^{\theta_1 z}$	$\beta_0 e^{\beta_1 z}$	$z_0 = \frac{1}{\beta_1 - \theta_1} \ln \frac{\theta_0}{\beta_0}$	(23)	$\beta_1 \neq \theta_1$

(Πηγή: Halkos and Kitsou 2014)

### 5.13 Συμπεράσματα

Στο παρόν κεφάλαιο, εισαγάγαμε και αναπτύξαμε πλήρως, καλύπτοντας όλες τις πιθανές περιπτώσεις για τη μορφή των καμπυλών του οριακού κόστους ζημίας (MD) και του οριακού κόστους ελέγχου (MAC). Στηριζόμενοι στην μελέτη των Halkos και Kitsos (2005), συμβάλαμε στην έρευνα επεκτείνοντας και καλύπτοντας όλο το φάσμα των επιλογών των καμπυλών MAC και MD. Η μορφή των καμπυλών αυτών προσδιορίζεται με την Μέθοδο των Ελαχίστων Τετραγώνων. Ελέγχθησαν οι διάφορες μορφές υπό το πρίσμα των περιορισμών που θέσαμε προκειμένου να υπάρχει η περιοχή ωφέλειας (Benefit Area). Προκειμένου να αντιμετωπίσουμε την αβεβαιότητα χρησιμοποιήθηκαν τα κριτήρια επιλογής του βέλτιστου προσδιορισμού των δεδομένων.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

## Εμπειρικές εφαρμογές προσέγγισης κόστους ζημίας

---

### Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζουμε δύο εμπειρικές εφαρμογές, στηριζόμενοι στην προσέγγιση της θεωρίας που είδαμε στα κεφάλαια 2 και 5. Αρχικά αναλύουμε πως μπορεί να προσεγγιστεί το κόστος ζημίας με τη μέθοδο της υποθετικής αγοράς (Contingent Valuation Method, CVM). Τα δεδομένα μας είναι πρωτογενή και παρουσιάζουν την προθυμία των κατοίκων του νομού Ρεθύμνου προκειμένου να βελτιωθεί η ποιότητα του παράκτιου και θαλάσσιου περιβάλλον του νομού τους. Στη συνέχεια και ενώ έχουμε αναπτύξει πλήρως το θεωρητικό υπόβαθρο της περιοχής ωφέλειας στο κεφάλαιο 5, με την χρήση δευτερογενών δεδομένων ‘βαθμονομήσαμε’ την περιοχή ωφέλειας για 20 χώρες και υπολογίσαμε το άριστο σημείο μείωσης της ζημίας των χωρών αυτών.

### 6.1 Χρήση μεθόδου CVM πρωτογενών στοιχείων και εκτίμηση WTP

#### 6.1.1 Υπόβαθρο

Η παράκτια μεσογειακή ζώνη αποτελεί θαλάσσια σύνορα για 22 παράκτιες χώρες ή εδάφη που ανήκουν σε τρεις ηπείρους, και αποτελεί ένα ανεκτίμητο κομμάτι στην παγκόσμια κληρονομιά όχι μόνο λόγω της αξίας των οικοσυστημάτων της και της πολιτισμικής κληρονομιάς της, αλλά και της κοινωνικής λειτουργίας της και της θαλάσσιας ταυτότητάς της.

Ένα κομμάτι της Μεσογείου αποτελεί και η Ελλάδα. Ως ευρωπαϊκό παράκτιο κράτος της Ανατολικής Μεσογείου, η Ελλάδα διαδραματίζει ενεργό, ουσιαστικό και πρωταγωνιστικό ρόλο στην ευρύτερη περιοχή επιδιώκοντας την προαγωγή δράσεων, προγραμμάτων και συνεργασίας σε όλους τους τομείς. Ως εκ τούτου, η προώθηση μεθόδων και πρωτοβουλιών για την αντιμετώπιση των σύγχρονων περιβαλλοντικών προκλήσεων αποτελεί υψίστη προτεραιότητα

Το παράκτιο και θαλάσσιο περιβάλλον στην Ελλάδα, αντιμετωπίζει μια σειρά προβλημάτων όπως τη ρύπανση του υδάτινου ορίζοντα από τις γεωργικές δραστηριότητες, τις τράτες, την παράκτια ανάπτυξη και το ψάρεμα. Τα προβλήματα αυτά οδηγούν σε δυσμενείς μεταβολές των περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών των παράκτιων και θαλάσσιων οικοτόπων στην Ελλάδα. Για παράδειγμα έχουμε μεταβολές στην ποιότητα και στην έκταση ορισμένων οικοτόπων, συμπεριλαμβανομένων των φυκιών, στον πλήθος των πληθυσμών της θαλάσσιας ζωής, όπως είναι οι ιππόκαμποι, καθώς και στη θερμοκρασία της θάλασσας και την κατασκευή των παράκτιων υποδομών. Όλες αυτές οι αλλαγές μπορούν να αυξήσουν το μέγεθος των αρνητικών επιπτώσεων στα επόμενα χρόνια και ως εκ τούτου υπάρχει ανάγκη να ληφθούν αποφάσεις για την αποτελεσματική διαχείριση του θαλάσσιου περιβάλλοντος της Ελλάδας.

### **6.1.2 Γενική περιγραφή των περιοχών όπου διεξήχθη η έρευνα**

Η Κρήτη είναι το μεγαλύτερο και το πιο πυκνοκατοικημένο νησί της Ελλάδας καλύπτοντας το 6.3% της συνολικής έκτασης της χώρας με συνολική έκταση 8,333km<sup>2</sup>. Η Κρήτη αποτελείται από τέσσερις νομούς: το Ρέθυμνο, το Ηράκλειο, το Λασιθί και τα Χανιά. Η πρωτεύουσα της Κρήτης είναι το Ηράκλειο.

Η έρευνα μας επικεντρώθηκε στους κατοίκους του νομού Ρεθύμνου. Επιλέχθηκαν τρεις περιοχές που υπάγονται στον συγκεκριμένο νομό: η Παλιά Πόλη, η Καλλιθέα και το Ατσιπόπουλο. Συγκεκριμένα, η παλιά πόλη του Ρεθύμνου αποτελεί έναν πολύ ιδιαίτερο τουριστικό προορισμό. Με περίπου 27.760 μόνιμους κατοίκους (σύμφωνα με την απογραφή του 2011) αποτελεί το 50% του συνολικού πληθυσμού του νομού. Είναι μια γραφική και καλά οργανωμένη πόλη, με άμεση πρόσβαση στην θάλασσα και όμορφη θέα. Αποτελείται εκτός από κατοικίες, από ξενοδοχεία, ταβέρνες, παραδοσιακά μαγαζιά, γραφικά καφενεία και μια σειρά από μικρές και μεγάλες επιχειρήσεις προκειμένου ο επισκέπτης να μείνει ικανοποιημένος.

Η Καλλιθέα είναι μια από τις ομορφότερες, ιστορικές και μεγαλύτερες περιοχές του Ρεθύμνου. Τα τελευταία χρόνια, το παλιό και παραδοσιακό έχουν αντικατασταθεί από το καινούργιο και έτσι μεγάλα και σύγχρονα κτήρια απαρτίζουν τη γειτονιά. Η Καλλιθέα είναι σε απόσταση αναπνοής από την παραλία ενώ η πάνω γειτονιά βρίσκεται σχεδόν στους πρόποδες ενός πευκόφυτου λόφου. Στην περιοχή μένουν περίπου 7.050 κάτοικοι όπου εκτός από τις οικογένειες υπάρχουν και πολλοί φοιτητές.

Τέλος, το Ατσιπόπουλο είναι μια συνοικία στα περίχωρα του νομού Ρεθύμνου, όπου έχει χαρακτηριστεί ως παραδοσιακός οικισμός και έχει σπουδαίο βιοτεχνικό παρελθόν. Είναι χτισμένη αμφιθεατρικά, περίπου 10 χλμ έξω από την Πόλη και έχει μόνιμους κάτοικους περίπου 4.947 (απογραφή 2011). Αρκετοί από τους κατοίκους ασχολούνται σήμερα με την καλλιέργεια της ελιάς, αλλά και με την αγγειοπλαστική.

### **6.1.3 Η μεθοδολογία και ο σκοπός της πρωτογενούς έρευνας**

Η παρούσα μελέτη επικεντρώθηκε στην κοινή γνώμη των κατοίκων του νομού Ρεθύμνου της Κρήτης σχετικά με πιθανές αλλαγές στα διάφορα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά. Η συγκεκριμένη πρωτογενής έρευνα πραγματοποιήθηκε από τις 30 Ιανουαρίου έως τις 8 Φεβρουαρίου 2013. Στο διάστημα των δέκα ημερών συμπληρωθήκαν και συλλέχτηκαν 252 ερωτηματολόγια. Σκοπός της έρευνας αυτής, ήταν να προσεγγιστούν μέσω της μεθόδου υποθετικής αγοράς (CVM) οι ζημίες του θαλάσσιου περιβάλλοντος της παράκτιας περιοχής της Μεσόγειου θάλασσας. Επιλέχτηκαν οι αναφερθείσες τρεις περιοχές του νομού: Η Παλιά Πόλη, η Καλλιθέα και το Ατσιπόπουλο.

Σκοπός της έρευνας ήταν πέρα από τα γενικά συμπεράσματα να προσεγγίσει την προθυμία πληρωμής των κατοίκων της περιοχής μέσα από το εξής πρίσμα:

- να έχουν θέα στη θάλασσα αλλά να μην έχουν άμεση πρόσβαση (περιοχή Ατσιπόπουλο),
- να έχουν θέα στη θάλασσα και άμεση πρόσβαση (περιοχή Καλλιθέα) και
- να έχουν θέα, άμεση πρόσβαση και να εργάζονται σε τουριστικές επιχειρήσεις (περιοχή Παλιά Πόλη).

Το ερωτηματολόγιο αυτό συντάχθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε οι απόψεις των ερωτηθέντων να είναι ευδιάκριτες και να προσεγγίσουν διάφορες πτυχές της μελέτης μας. Οι ερωτήσεις επικεντρώθηκαν στη ρύπανση της Μεσογείου θάλασσας, στον ρόλο των υπεύθυνων λήψης αποφάσεων σχετικά με την ποιότητα του θαλάσσιου περιβάλλοντος και την προθυμία των κατοίκων να πληρώσουν ένα ετήσιο ποσό στον λογαριασμό του νερού τους για τα επόμενα έξι χρόνια, προκειμένου να έχουν βελτίωση στην ποιότητα του θαλάσσιου και παράκτιου οικοσυστήματος του νομού τους.

#### **6.1.4 Περιεχόμενο ερωτήσεων, διατυπώσεις και αποσαφηνίσεις**

Σε γενικές γραμμές δεν υπήρχαν προβλήματα κατανόησης των ερωτήσεων ή παρερμηνείας αυτών. Οι ερωτήσεις φάνηκαν στους ερωτηθέντες σύντομες, απλές και περιεκτικές. Οι ερωτηθέντες εξέφρασαν μια αρνητική στάση και δυσπιστία απέναντι στην κυβέρνηση και στις αντίστοιχες νομοθετικές αρχές.

#### **6.1.5 Η διαδικασία συμπλήρωσης των ερωτηματολογίων**

Η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων πραγματοποιήθηκε μέσω προσωπικής συνέντευξης και υπό την προϋπόθεση ότι τα άτομα ήταν πρόθυμα να συμμετάσχουν στην έρευνα. Επιλέχτηκε η μέθοδος αυτή λόγω της αμεσότητας που προσφέρεται ανάμεσα στον ερευνητή και στον ερωτηθέντα, της δυνατότητας επεξήγησης κάποιων τυχόν δυσνόητων σημείων του ερωτηματολογίου, καθώς επίσης και της άμεσης ενημέρωσης και σαφήνειας των ερωτηθέντων σχετικά με τη φύση και το σκοπό της συγκεκριμένης έρευνας.

#### **6.1.6 Το σχέδιο δειγματοληψίας**

Ως στατιστική μονάδα θεωρήθηκε το νοικοκυριό (με τα άτομα να ζουν μόνιμα ή προσωρινά σε κάθε περιοχή) και τον εκπρόσωπο τους, ο οποίος θα συμμετείχε στην προγραμματισμένη συνέντευξη. Παραδείγματα των νοικοκυριών που ζουν προσωρινά σε ένα τόπο είναι οι φοιτητές, τα άτομα που έχουν λάβει κάποια εργασία εποχιακής απασχόλησης ή οι οικογένειες που έχουν εξοχικά σπίτια και είναι σε διακοπές.

Αρχικά, αναζητήθηκε ένα πλαίσιο δειγματοληψίας από τους τηλεφωνικούς αριθμούς των νοικοκυριών. Για να διατηρηθεί η ανωνυμία των νοικοκυριών ζητήθηκαν μόνο ανώνυμες λίστες με τηλέφωνα από τον οργανισμό τηλεπικοινωνιών της περιοχής αλλά τελικά λόγω του νόμου περί προστασίας των προσωπικών δεδομένων, οι λίστες δεν δόθηκαν. Ως εναλλακτική λύση αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί ο Χρυσός Οδηγός. Χρησιμοποιήθηκαν πέντε τυχαία νούμερα από 60 τυχαίες σελίδες καταλήγοντας τελικά σε 300 προσπάθειες.

Για το μέγεθος και τον καταμερισμό του δείγματος χρησιμοποιήσαμε αναλογική στρωματοποιημένη τυχαία δειγματοληψία (proportional stratified random sampling). Με την χρήση της προαναφερθείσας δειγματοληπτικής τεχνικής, συλλέξαμε 51 ερωτηματολόγια από το Ατσίπόπουλο, 126 από την Παλιά Πόλη και 75

από την Καλλιθέα. Για τον καθορισμό του μεγέθους του δείγματος και τον καταμερισμό βάσει της στρωματοποιημένης δειγματοληψίας δείτε Χάλκος (2000).

### **6.1.7 Επεξεργασία δεδομένων, κωδικοποίηση και εισαγωγή**

Από την επεξεργασία των ερωτηματολογίων προέκυψε μια σειρά από λογικές προϋποθέσεις όπως για παράδειγμα ότι για όλες τις ερωτήσεις του τύπου της κλίμακας Likert, το αναφερόμενο ποσό να είναι ανάμεσα στο 0 και το 100, και ότι στην ερώτηση Α6, ο δοθέντας αριθμός ανά κουτάκι να είναι μεταξύ 1 και 5 χωρίς να επαναλαμβάνεται.

### **6.1.8 Περιληπτικά στατιστικά δημογραφικά και κοινωνικοοικονομικά στοιχεία**

Οι πίνακες 6.1-6.9 παρουσιάζουν την κατανομή των ερωτηθέντων του δείγματος σύμφωνα με τις δημογραφικές και κοινωνικοοικονομικές μεταβλητές του τμήματος Δ του ερωτηματολογίου. Επιπλέον ο πίνακας 6.10 παρουσιάζει το μέσο όρο των ποσοτικών μεταβλητών του τμήματος Δ. Όσον αφορά τη μεταβλητή 'Εκπαίδευση', η κατηγορία 'βασική' περιλαμβάνει του ερωτηθέντες που (α) δεν έχουν παρακολουθήσει/ ολοκληρώσει κανένα επίπεδο εκπαίδευσης, ή (β) έχουν ολοκληρώσει το Δημοτικό ή το Γυμνάσιο ή το Γενικό Λύκειο. Η κατηγορία 'Υψηλότερη' περιλαμβάνει τα ακόλουθα επίπεδα εκπαίδευσης : (α) Απόφοιτοι από Ινστιτούτα Επαγγελματικής Κατάρτισης (Ι.Ε.Κ), Τεχνικά Επαγγελματικά Ιδρύματα (Τ.Ε.Ι), Πανεπιστήμια, Ανώτατες Στρατιωτικές Σχολές και το Ανοιχτό Πανεπιστήμιο, και (β) Μεταπτυχιακές σπουδές (M.Sc, MBA, MA, Mlit, M.Phil, Ph.D). Η κατηγορία 'μη εργαζόμενοι' στην κατάσταση απασχόληση, περιλαμβάνει τους άνεργους, τους συνταξιούχους, τους φοιτητές και τις νοικοκυρές.

Από την εξέταση των εν λόγω πινάκων, έχουμε τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- (α) Το μεγαλύτερο ποσοστό των ερωτηθέντων ανήκει στην ηλικία των [30-44]
- (β) Το ποσοστό των γυναικών (56.6%) ήταν μεγαλύτερο των ανδρών.
- (γ) Το μεγαλύτερο ποσοστό των ερωτηθέντων προήλθε από τα νοικοκυριά, όπου ο μέσος όρος είναι 3.31 μέλη.
- (δ) Ο αριθμός των ερωτηθέντων με υψηλή εκπαίδευση ήταν 1.6 φορές περισσότερους από εκείνους με την βασική.
- (ε) Το μεγαλύτερο ποσοστό των ερωτηθέντων ήταν εργαζόμενοι πλήρους απασχόλησης στον ιδιωτικό τομέα. Το μεγαλύτερο ποσοστό των ερωτηθέντων ανέφερε εισόδημα μεταξύ 10000 και 14999.99 €.



(ζ) Το μεγαλύτερο μέσο ποσό που δωρίστηκε σε κάποιον περιβαλλοντικό οργανισμό ήταν 43.55€.

(ι) Το ποσοστό των ερωτηθέντων που είχαν δωρίσει χρήματα σε κάποιο περιβαλλοντικό οργανισμό ήταν κάτω από το 20%, (ii) το ποσοστό των ερωτηθέντων που είχαν υπάρξει μέλος σε κάποιον περιβαλλοντικό οργανισμό κυμάνθηκε κάτω του 11% και (iii) το ποσοστό των ερωτηθέντων που είχαν δουλέψει εθελοντικά σε κάποιον περιβαλλοντικό οργανισμό κυμάνθηκε κάτω του 7%.

**Πίνακας 6.1:** Κατανομή Ηλικίας

Ηλικία	Μετρήσεις	Ποσοστά
18-29	31	12,3%
30-44	114	45,1%
45-54	72	28,7%
55+	35	13,9%
Σύνολο	252	100%

**Πίνακας 6.2:** Κατανομή Φύλου

Φύλο	Μετρήσεις	Ποσοστά
Άνδρας	110	43,4%
Γυναίκα	142	56,6%
Σύνολο	252	100%

**Πίνακας 6.3:** Κατανομή του αριθμού των μελών των νοικοκυριών

Αριθμός των μελών του νοικοκυριού	Μετρήσεις	Ποσοστά
1 μέλος	42	16,4%
2 μέλη	23	9,0%
3 μέλη	62	24,6%
4 μέλη	82	32,8%
5 μέλη και πάνω	43	17,2%
Σύνολο	252	100%

**Πίνακας 6.4:** Κατανομή του εργασιακού καθεστώτος

Εργασία	Μετρήσεις	Ποσοστά
Εργαζόμενος πλήρους απασχόλησης στο Δημόσιο Τομέα	72	28,7%
Εργαζόμενος πλήρους απασχόλησης στον Ιδιωτικό Τομέα	107	42,6%
Εργαζόμενος μερικής απασχόλησης	19	7,4%
Άνεργος	54	21,3%
Σύνολο	252	100%

**Πίνακας 6.5:** Κατανομή του επιπέδου εκπαίδευσης

Επίπεδο εκπαίδευσης	Μετρήσεις	Ποσοστά
Βασική	97	38,5%
Υψηλότερη	155	61,5%
Σύνολο	252	100%

**Πίνακας 6.6:** Κατανομή εισοδήματος

Ατομικό συνολικό ετήσιο εισόδημα μετά φόρων του προηγούμενου έτους	Μετρήσεις	Ποσοστά
0 €	27	10,7%
1 - 4999.99 €	37	14,8%
5000 - 9999.99 €	48	18,9%
10000 - 14999.99 €	76	30,3%
15000 - 19999.99	35	13,9%
20000 - 29999.99 €	21	8,2%
30000 € και πάνω	8	3,3%
Σύνολο	252	100%

**Πίνακας 6.7:** Κατανομή ερωτηθέντων που είχαν δωρίσει χρήματα σε κάποιον περιβαλλοντικό οργανισμό τα τελευταία τρία χρόνια

Δωρεά σε περιβαλλοντικό οργανισμό	Μετρήσεις	Ποσοστά
Όχι	225	89,3%
Ναι	27	10,7%
Σύνολο	252	100%

**Πίνακας 6.8:** Κατανομή ερωτηθέντων που είναι μέλος κάποιου περιβαλλοντικού οργανισμού

Μέλος περιβαλλοντικού οργανισμού	Μετρήσεις	Ποσοστά
Όχι	250	99,2%
Ναι	2	,8%
Σύνολο	252	100%

**Πίνακας 6.9:** Κατανομή των ερωτηθέντων που έχουν δουλέψει εθελοντικά σε κάποιον περιβαλλοντικό οργανισμό

Εργασία για περιβαλλοντική οργάνωση	Μετρήσεις	Ποσοστά
Όχι	250	99,2%
Ναι	2	,8%
Σύνολο	252	100%

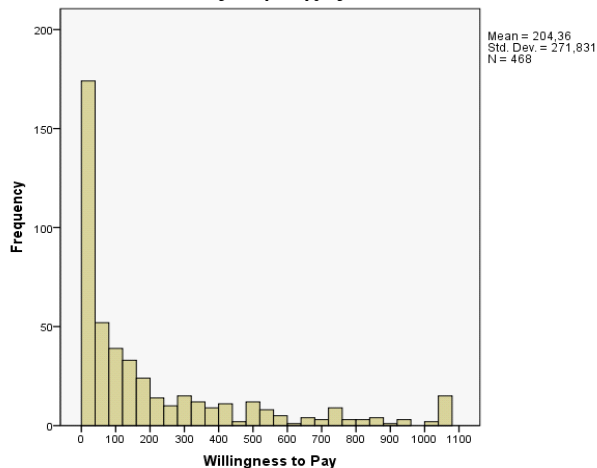
**Πίνακας 6.10:** Μέσος όρος για συγκεκριμένες μεταβλητές

	Ηλικία	Μέλη Νοικοκυριού	Ποσό δωρεάς, Ερώτηση Δ7-(β)	Οικειοθελής εργασία (σε μέρες) Ερώτηση Δ8-(β)	Διάρκεια εργασίας (σε μέρες), Ερώτηση Δ9-(β)
N	252	252	27	2	2
Μέσος	42,54	3,31	43,85	5,00	2,00

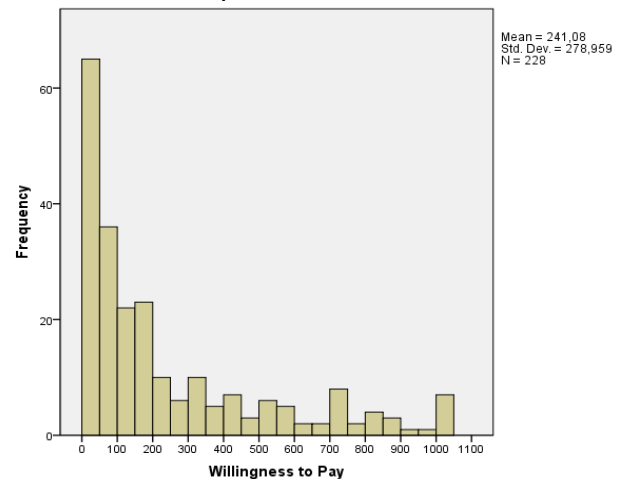
### 6.1.9 Προθυμία πληρωμής (Willingness to pay analysis, WTP)

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζουμε την προθυμία πληρωμής των κατοίκων ανά περιοχή, να πληρώσουν κάποιο ποσό για την βελτίωση της ποιότητας του θαλάσσιου και παράκτιου οικοσυστήματος του νομού τους.

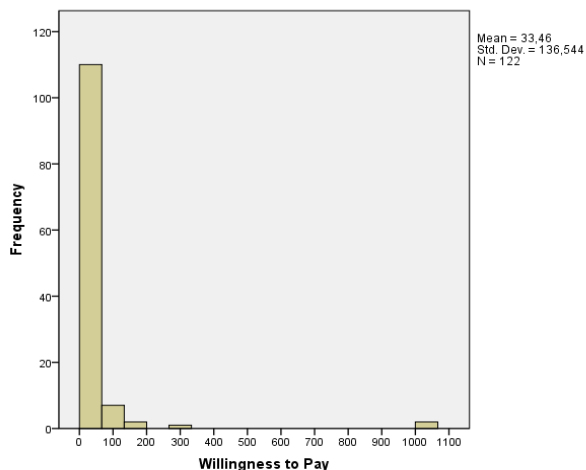
**Σχήμα 6.1(α):** Κατανομή WTP για όλες τις περιοχές



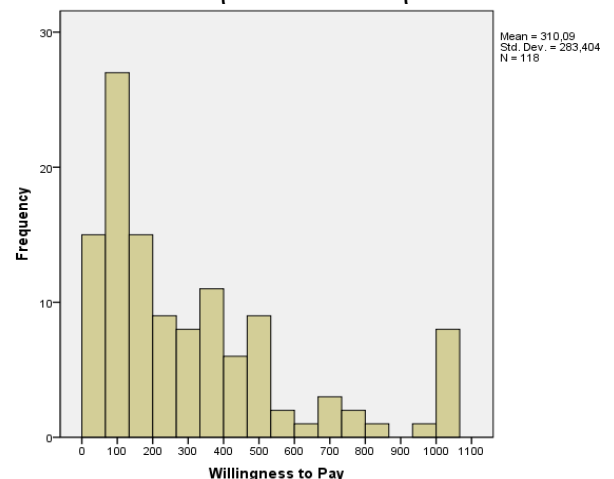
**Σχήμα 6.1(β):** Κατανομή WTP για την Καλλιθέα



**Σχήμα 6.1(γ):** Κατανομή WTP για το Ατσιπόπουλο



**Σχήμα 6.1(δ):** Κατανομή WTP για την Παλιά Πόλη



Τα Σχήματα 6.1(α) – 6.4(δ) εμφανίζουν τα ιστογράμματα για όλες τις περιοχές καθώς και για την κάθε περιοχή ξεχωριστά. Παρατηρούμε ότι :

(1) σε όλες τις περιπτώσεις η κατανομή είναι αριστερά ασύμμετρη και

(2) το Ατσιπόπουλο έδωσε τη μικρότερη μέση WTP με τη μικρότερη τυπική απόκλιση

Προκειμένου να εξετάσουμε την ύπαρξη εξάρτησης ανάμεσα στην WTP και σε συγκεκριμένες δημογραφικές - κοινωνικοοικονομικές μεταβλητές του ερωτηματολογίου χρησιμοποιώντας το μη παραμετρικό  $\chi^2$  τεστ, η μεταβλητή WTP μετασχηματίστηκε σε μια μεταβλητή ταξινομική κατηγορική με τα ακόλουθα επίπεδα:

**WTP:** “0€”, [1-5€], [6-25€], [26-75€], [76-150€], [150-300€], [301-500€] και [501€ και άνω].

Αναφορικά με τις δημογραφικές-κοινωνικοοικονομικές μεταβλητές, μπορούμε να τις χαρακτηρίσουμε ως ταξινομικές και μη ταξινομικές κατηγορικές μεταβλητές. Συγκεκριμένα :

(α) Μη ταξινομικές κατηγορικές μεταβλητές:

**Περιοχή** με επίπεδα “Καλλιθέα”, “Ατσιπόπουλο”, “Παλιά Πόλη”,

**Φύλο** με επίπεδα “Αντρας”, “Γυναίκα”,

**Εκπαίδευση** με επίπεδα “Βασική” and “Υψηλότερη”,

**Απασχόληση** με επίπεδα “Εργαζόμενος πλήρους απασχόλησης στο Δημόσιο Τομέα”, “Εργαζόμενος πλήρους απασχόλησης στον Ιδιωτικό Τομέα”, “Εργαζόμενος μερικής απασχόλησης”, “Ανεργος”,

**Δωρεές** σχετικά με το αν ο ερωτηθέντας έχει δωρίσει χρήματα σε κάποιον περιβαλλοντικό οργανισμό τα τελευταία τρία χρόνια, με επίπεδα "Ναι ", "Όχι",

**Συμμετοχή** σχετικά με το αν ο ερωτηθέντας έχει υπάρξει μέλος κάποιου περιβαλλοντικού οργανισμού με επίπεδα “Ναι”, “Όχι”,

**Εθελοντική εργασία** σχετικά με το αν ο ερωτηθέντας έχει εργαστεί εθελοντικά σε κάποιον περιβαλλοντικό οργανισμό με επίπεδα “Ναι”, “Όχι”

(β) Ταξινομικές κατηγορικές μεταβλητές:

**Ηλικία** με επίπεδα [18-29], [30-44], [45-54], [55 και άνω),

**Μέλη νοικοκυριού**, , εκφράζοντας τον “Αριθμό μελών νοικοκυριού” με επίπεδα “1 ή 2 μέλη”, “3 μέλη”, “4 μέλη”, και “5 μέλη και άνω”

**Εισόδημα**, με επίπεδα “0€ εισόδημα”, [1-4999.99€], [5000-9999.99€], [10000-14999.99€], [15000-19999.99€], [20000-29999.99€], [30000€ και άνω)

Τα αποτελέσματα από τη μη- παραμετρική  $\chi^2$  ανάλυση, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.11. Σε βαθμό σημαντικότητας 5%, συμπεραίνουμε ότι υπάρχει κάποια σχέση

ανάμεσα στην WTP και την Περιοχή, την Ηλικία, του αριθμού ,μελών του νοικοκυριού, την Εκπαίδευση, το Εισόδημα και τις Δωρεές.

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο συντελεστής συσχέτισης Pearson επίσης υπολογίστηκε μεταξύ “WTP-Ηλικία” και “WTP-Αριθμός μελών νοικοκυριού”, Στην πρώτη περίπτωση ο συντελεστής συσχέτισης ήταν -0.041 με δύο ουρών ή δικατάληκτο τιμή  $p=0.373$  δείχνοντας σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ότι υπάρχει μη-γραμμική σχέση ανάμεσα στην WTP και την Ηλικία.

Στη δεύτερη περίπτωση ο συντελεστής συσχέτισης ήταν 0.08 με δύο ουρών ή δικατάληκτο  $p\text{-value}=0.084$  δείχνοντας ξανά μη-γραμμικότητα ανάμεσα στην WTP και τον αριθμό των νοικοκυριών σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

**Πίνακας 6.11:** Ανάλυση μη παραμετρικό  $\chi^2$  τεστ

Μεταβλητές	Pearson $\chi^2$ τεστ	Ελάχιστη Αναμενόμενη Καταμέτρηση	Βαθμοί Ελευθερίας	Τιμή-p
WTP – Περιοχή	245.708	11.09	14	0.000
WTP – Ηλικία	77.866	7.33	21	0.000
WTP – Φύλο	6.521	21.25	7	0.480
WTP – Αρ. μελών νοικοκυριού	35.874	6.96	21	0.023
WTP – Εκπαίδευση	14.917	19.74	7	0.037
WTP – Εργασία	23.604	5.64	21	0.313
WTP – Εισόδημα	87.792	5.17	42	0.000
WTP – Δωρεές	21.624	6.77	7	0.003
WTP – Συμμετοχή	17.147 <sup>(a)</sup>	2.82	7	0.016
WTP – Εθελοντική εργασία	9.399 <sup>(b)</sup>	1.13	7	0.225

Για να εξετάσουμε περαιτέρω την στατιστική σημαντικότητα των διαφορών των μέσων της WTP σε όλα τα επίπεδα των μεταβλητών, “Περιοχή”, “Ηλικία”, “Αριθμός μελών νοικοκυριού” και “Εισόδημα”, διεξήχθη ανάλυση μονής κατεύθυνσης (one-way analysis) της διακύμανσης.

Ο Πίνακας 6.12 παρουσιάζει τις τιμές-p των ακόλουθων στατιστικών τεστ: Levene, F-statistic, Brown-Forsythe, και Welch. Το τεστ Levene εξετάζει την ισότητα των επιπέδων διακύμανσης, και αυτό το τεστ δεν εξαρτάται από υπόθεση της κανονικότητας. Τα Brown-Forsythe και Welch τεστ, είναι προτιμότερα από την F-statistic όταν η υπόθεση για ίσες διακυμάνσεις δεν ισχύει.

Ο Πίνακας 6.13 εμφανίζει τα αποτελέσματα από την πολλαπλή σύγκριση των τεστ , χρησιμοποιώντας το Dunnett-T3 τεστ. Αυτό το τεστ είναι κατάλληλο όταν τα επίπεδα των διακυμάνσεων είναι άνισα.

**Πίνακας 6.12:** τιμές -p για την Ανάλυση Διακύμανσης μονής κατεύθυνσης για έλεγχο των διαφορών ανάμεσα στους μέσους

Μεταβλητές	Levene's test	F-test	Τιμές -p	
			Brown-Forsythe test	Welch test
Περιοχή	0.000	0.000	0.000	0.000
Ηλικία	0.000	0.000	0.000	0.000
Αριθμός μελών νοικοκυριού	0.162	0.145	0.147	0.121
Εισόδημα	0.000	0.000	0.001	0.000

Από την ANOVA και τις πολλαπλές συγκρίσεις οδηγούμαστε στις ακόλουθες παρατηρήσεις:

- Το Ατσιπόπουλο έχει τον μικρότερο μέσο WTP, ενώ δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές για τους μέσους WTP μεταξύ της Καλλιθέας και της Παλιάς Πόλης.
- Οι ηλικίες [30-44] δίνουν το μικρότερο μέσο WTP, ενώ σε επίπεδο σημαντικότητας 5% οι διαφορές των μέσων WTP μεταξύ των άλλων διαστημάτων ηλικιών εμφανίζονται ως μη σημαντικές.
- Δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στους μέσους WTP που εμφανίζονται ανάμεσα στα νοικοκυριά με διαφορετικό αριθμό μελών.
- Μεταξύ χαμηλών (μέχρι 9999.99€) και μέτριων επιπέδων εισοδήματος [10000-19.999€], δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στους μέσους WTP. Σημαντικές διαφορές παρατηρούνται μεταξύ των μέτριων και υψηλών επιπέδων εισοδήματος, όταν οι τελευταίοι υπερβαίνουν τις 30000 €.

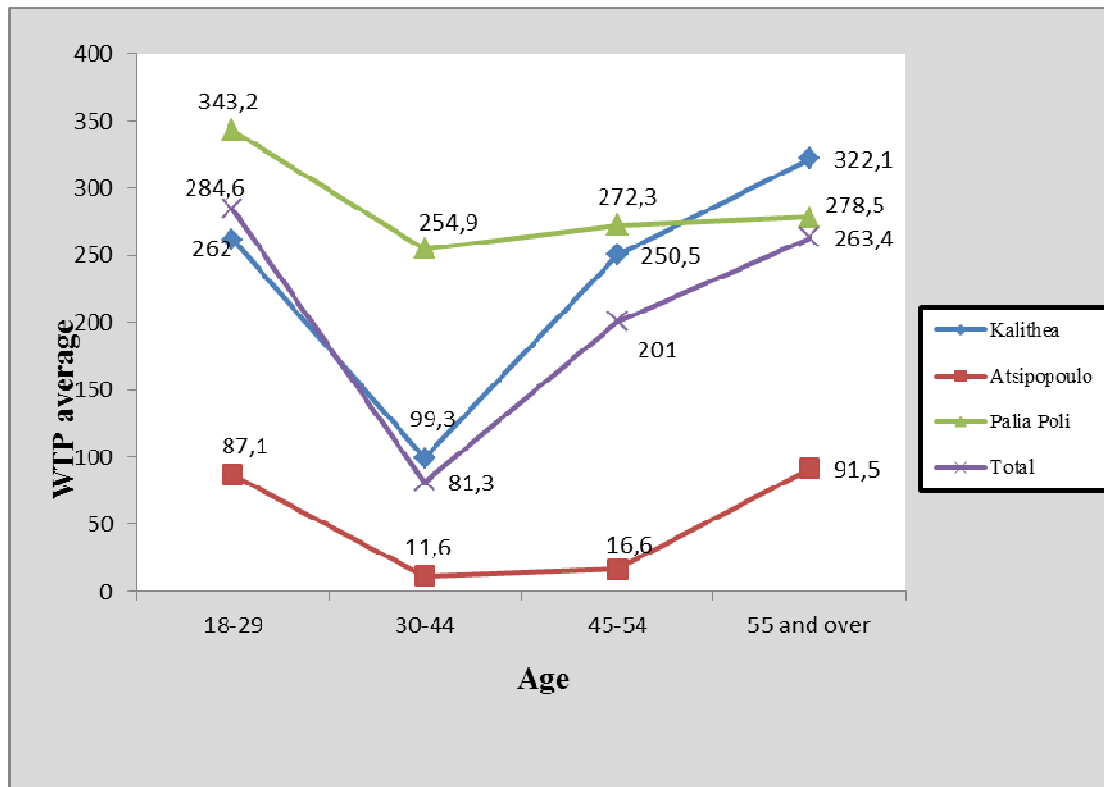
**Πίνακας 6.13:** Σύγκριση σε ζεύγη διαφορών των μέσων της WTP με τη χρήση της στατιστικής Dunnett-T3

Μεταβλητές	Επίπεδο (I)	Επίπεδο (J)	Μέση Διαφορά (I-J)	Τιμή-p
Περιοχή	Καλλιθέα	Ατσιπόπουλο	207.624	0.000
	Καλλιθέα	Παλιά Πόλη	-69.010	0.092
Ηλικία	Ατσιπόπουλο	Παλιά Πόλη	207.624	0.000
	[18 – 29]	[30 – 44]	203.362	0.000
	[18 – 29]	[45 – 54]	83.631	0.105
	[18 – 29]	[55 και πάνω)	21.176	0.997
	[30 – 44]	[45 – 54]	-119.731	0.000
	[30 – 44]	[55 και πάνω)	-182.186	0.000
Εισόδημα	[45 – 54]	[55 και πάνω)	-62.455	0.507
	0 €	1 - 4999.99 €	75.926	0.954
	0 €	5000 - 9999.99 €	72.459	0.986
	0 €	10000 - 14999.99 €	133.795	0.118
	0 €	15000 - 19999.99 €	135.177	0.156

	0 €	20000 - 29999.99 €	59.850	0.993
	0 €	30000 €και πάνω	-64.648	0.998
	1 - 4999.99 €	5000 - 9999.99 €	-3.468	1.000
	1 - 4999.99 €	10000 - 14999.99 €	57.869	0.958
	1 - 4999.99 €	15000 - 19999.99 €	59.251	0.973
	1 - 4999.99 €	20000 - 29999.99 €	-16.076	1.000
	1 - 4999.99 €	30000 €και πάνω	-140.575	0.150
	5000 - 9999.99 €	10000 - 14999.99 €	61.336	0.974
	5000 - 9999.99 €	15000 - 19999.99 €	62.718	0.982
	5000 - 9999.99 €	20000 - 29999.99 €	-12.609	1.000
	5000 - 9999.99 €	30000 €και πάνω	-137.107	0.266
	10000 - 14999.99 €	15000 - 19999.99 €	1.382	1.000
	10000 - 14999.99 €	20000 - 29999.99 €	-73.945	0.586
	10000 - 14999.99 €	30000 €και πάνω€	-198.444	0.002
	15000 - 19999.99 €	20000 - 29999.99 €	-75.327	0.696
	15000 - 19999.99 €	30000 €και πάνω €	-199.826	0.003
	20000 - 29999.99 €	30000 €και πάνω €	-124.498	0.236

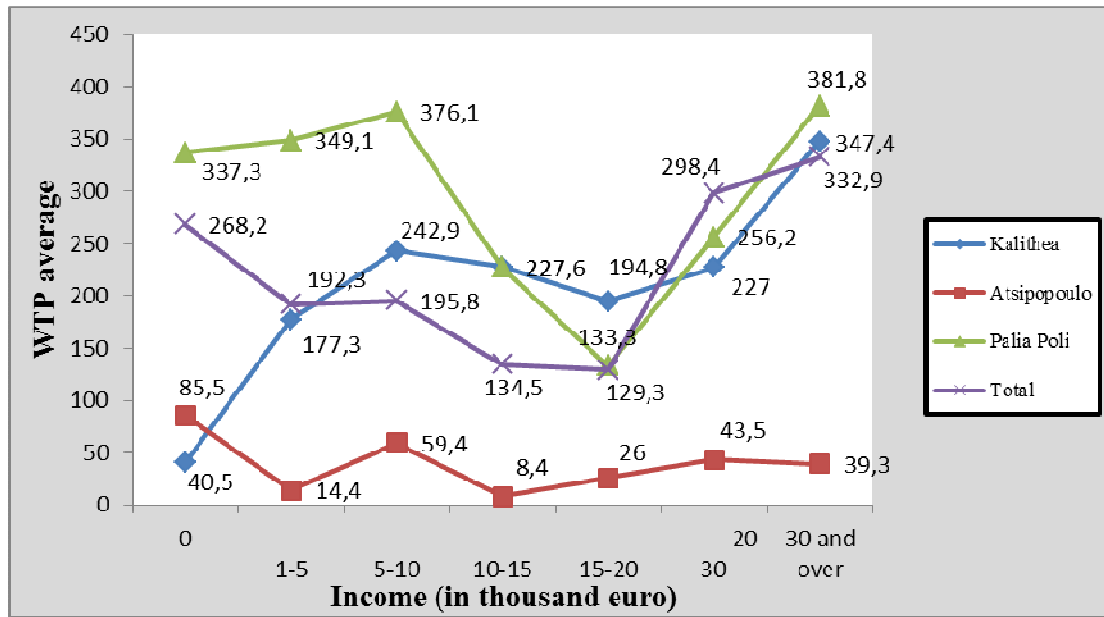
Στα Σχήματα 6.2 και 6.3 παρουσιάζονται οι μέσοι της WTP για τα επίπεδα των μεταβλητών “Ηλικία” και “Εισόδημα”. Στο Σχήμα 6.2 παρατηρούμε ότι το πλαίσιο των μέσων της WTP ανάμεσα στα διαστήματα των διαφορετικών ηλικιών δεν αλλάζει στις τρεις περιοχές. Παρατηρούμε επίσης ότι σε κάθε αντίστοιχο διάστημα, το Ατσιπόπουλο έχει τον μικρότερο μέσο WTP.

**Σχήμα 6.2:** WTP μέσος για την μεταβλητή “Ηλικία”





**Σχήμα 6.3:** WTP μέσος για την μεταβλητή “Εισόδημα”



Αντίθετα, στο Σχήμα 6.3 το πλαίσιο ανάμεσα στις τρεις περιοχές διαφέρει. Στο Ατσιπόπουλο παρατηρούμε κάποιες μεταβολές στους μέσους της WTP ανάμεσα στα εισοδήματα μέχρι 15.000 ευρώ. Στα υψηλότερα όμως εισοδηματικά επίπεδα οι μέσοι είναι μικρότεροι. Στην Καλλιθέα στα χαμηλά εισοδήματα παρατηρούμε χαμηλό μέσο WTP ενώ στα υψηλά εισοδήματα, υψηλό αντίστοιχο WTP. Τέλος στην Παλιά Πόλη παρατηρούμε να έχουμε μεγάλο μέσο WTP στα χαμηλά ή στα υψηλά εισοδήματα.

#### **6.1.10 Ανάλυση και αποτελέσματα για τα υπόλοιπα τμήματα του ερωτηματολογίου**

Αφού εξετάσαμε τα Τμήματα Δ και Γ του ερωτηματολογίου, στην συνέχεια θα παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα του δείγματος για τα υπόλοιπα τμήματα. Η αντιστοιχία μεταξύ των Πινάκων και των Τμημάτων είναι η ακόλουθη:

- Πίνακες 6.14 και 6.15 παρουσιάζουν τα αποτελέσματα του Τμήματος Α του ερωτηματολογίου σχετικά με τις προσωπικές απόψεις αναφορικά με την Μεσόγειο Θάλασσα,
- Πίνακες 6.16 – 6.21 παρουσιάζουν τα αποτελέσματα του τμήματος Β που περιλαμβάνει συμπληρωματικές ερωτήσεις.

Οι παρατηρήσεις και τα συμπεράσματα που εξάγονται από τα αποτελέσματα του δείγματος παρουσιάζονται στους προαναφερθέντες πίνακες.

## **ΤΜΗΜΑ Α**

Οι ερωτηθέντες συμφώνησαν με τις ακόλουθες καταστάσεις:

(α) οι ανθρώπινες δραστηριότητες προκαλούν περιβαλλοντικές ζημιές στο τμήμα της Μεσογείου θάλασσας και

(β) ένα υψηλής ποιότητας θαλάσσιο περιβάλλον είναι σημαντικό για την ανάπτυξη του τουρισμού.

Απ την άλλη πλευρά διαφώνησαν ότι η ανέγερση ξενοδοχείων σε δημόσιες παραλίες είναι πιο σημαντικό από την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Εν τέλει, ούτε συμφώνησαν ούτε διαφώνησαν ότι οι φόροι συγκρινόμενοι με τις περιστασιακές δωρεές αποτελούν έναν σταθερό τρόπο χρηματοδότησης για την επιτυχή διαχείριση του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Σχετικά με την ανάληψη ευθύνης για τη διατήρηση του θαλάσσιου περιβάλλοντος, 41% των ερωτηθέντων θεωρούν ότι είναι ευθύνη των πολιτών, 65% της κυβέρνησης, 38% της βιομηχανία, 22% της τοπικής αυτοδιοίκησης και 36% της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.

## **ΤΜΗΜΑ Β**

Σχετικά με την ευθύνη για την υποβάθμιση και την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος οι ερωτηθέντες συμφώνησαν απόλυτα ότι:

(α) οι πολίτες πρέπει να είναι υπεύθυνοι για τη διασφάλιση της υγείας του θαλάσσιου περιβάλλοντος και

(β) για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος πρέπει να συνεργαστούν η κυβέρνηση, οι εκπρόσωποι του παραγωγικού τομέα και οι πολίτες. Αντίθετα, διαφώνησαν με το γεγονός ότι οι ψαράδες δεν ευθύνονται για την καταστροφή που έχει προκληθεί στο θαλάσσιο περιβάλλον. Έδειξαν ουδέτεροι στάση απέναντι στο ότι ο κλάδος της επαγγελματικής αλιείας έχει την ευθύνη για την διασφάλιση της υγείας του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Στο πλαίσιο της διαχείρισης της τοπικής αυτοδιοίκησης και της εμπιστοσύνης, οι ερωτηθέντες δεν εμπιστεύονται την τοπική αυτοδιοίκηση για την αποτελεσματική διαχείριση του θαλάσσιου περιβάλλοντος και αμφιβάλλουν για την αποτελεσματικότητα στην προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Επιπλέον εμφανίζονται ουδέτεροι

(α) στο ότι δεν πιστεύουν ότι συντελούν στην υποβάθμιση του θαλάσσιου περιβάλλοντος αλλά αναγνωρίζουν ότι οι ενέργειες άλλων οδηγούν στην υποβάθμιση του και

(β) ότι για τη δημιουργία ενός νομοθετικού πλαισίου για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος η κυβέρνηση είναι σημαντικότερο να αφουγκράζεται την άποψη των πολιτών, συμπεριλαμβανομένων των ψαράδων από το να συμβουλευεται τις αρμόδιες επιστημονικές ομάδες.

Σχετικά με την εφαρμογή του νομοθετικού πλαισίου οι ερωτηθέντες συμφωνούν ότι η επιβολή κανονιστικού πλαισίου όσον αφορά την αλιεία αποτελεί έναν αποτελεσματικό τρόπο για τη διαχείριση της υγείας του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Συμφωνούν επίσης ότι θα ήταν εντελώς απρόθυμοι να υποστηρίξουν επιπλέον περιορισμούς στην ερασιτεχνική αλιεία εκτός αν δημιουργηθούν και περαιτέρω περιορισμοί στον κλάδο της μικρής- κλίμακας αλιείας. Ταυτόχρονα παρουσιάζονται ουδέτεροι στο ότι το νομοθετικό πλαίσιο που προορίζεται για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος περιορίζοντας τις ανθρώπινες δραστηριότητες δεν διασφαλίζει αποτελεσματικά την υγεία του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Εν τέλει, διαφωνούν ότι δεν πρέπει η κυβέρνηση να θέτει περιορισμούς στους πολίτες όσον αφορά την τοποθεσία ψαρέματος και αγκυροβόλησης.

Αναφορικά με την οικονομία του θαλάσσιου περιβάλλοντος οι ερωτηθέντες συμφώνησαν σθεναρά ότι (α) για τη διατήρηση της αλιείας είναι σημαντική η διατήρηση της βιωσιμότητας του πληθυσμού των ψαριών και (β) η ποιότητα του θαλάσσιου περιβάλλοντος είναι σημαντική για την οικονομία μας. Αντίθετα δεν συμφωνούν ότι η κυβέρνηση πρέπει να προωθή την ανάπτυξη του ελληνικού τουρισμού ακόμα και αν οι συνέπειες του έχουν αρνητικές επιδράσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον. Επιπλέον, λιγότεροι από τους μισούς πιστεύουν ότι αν έπρεπε να επιλέξουν μεταξύ της προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος και της δημιουργίας νέων θέσεων εργασίας, θα υποστήριζαν την δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.

Στο πλαίσιο της μικρής – κλίμακας επαγγελματικής αλιείας οι ερωτηθέντες συμφώνησαν ότι η αλιευτική κοινότητα είναι σημαντικό κομμάτι της ελληνικής κουλτούρας αλλά το ψάρεμα σε τακτική βάση μπορεί να βλάψει το θαλάσσιο περιβάλλον. Διαφώνησαν με τα ακόλουθα: (α) ψαρεύω για δική μου αναψυχή, (β) είναι αντίθετοι στην αλιεία ως δραστηριότητα ελεύθερου χρόνου και (γ) αν θα έπρεπε να αποκλειστεί ένας τύπος αλιείας, αυτός θα είναι η επαγγελματική αλιεία μικρής-

κλίμακας, επειδή η αλιεία αναψυχής είναι σημαντική στην διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς.

Στην συνέχεια, σχετικά με τα είδη υψηλής σημασίας συμφώνησαν απόλυτα ότι (α) εάν αυτά τα σπάνια είδη ψαριών (πχ ιππόκαμπος) μειωθούν, το θαλάσσιο περιβάλλον δεν θα είναι τόσο όμορφο και (β) πρέπει να προστατέψουμε τα είδη αυτά ως μελλοντική κληρονομιά για τα παιδιά μας. Διαφώνησαν επίσης απόλυτα ότι (α) δεν έχει σημασία εάν ο πληθυσμός αυτών των ειδών μειωθεί εφόσον δεν απειλείται η βιωσιμότητα τους, (β) όσον αφορά τις πολιτιστικές επιπτώσεις δεν έχει σημασία εάν αυτά τα είδη μειωθούν καθώς αυτά δεν σχετίζονται με τον πολιτισμό μας και (γ) δεν ενδιαφέρονται αν εξαφανιστούν αυτά τα είδη καθώς δεν τα γνωρίζουν.

**Πίνακας 6.14:** Μέσο ποσοστό για τις ερωτήσεις του τμήματος Α σχετικά με τις προσωπικές απόψεις των ερωτηθέντων για τη Μεσόγειο Θάλασσα

Ερωτήσεις*	Ποσοστά (%)
<b>A-1:</b> Το τμήμα της Μεσογείου Θάλασσας στην Ελλάδα αντιμετωπίζει περιβαλλοντική ζημία λόγω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.	85.66
<b>A-2:</b> Η ποιότητα της βιολογικής ζωής/υγείας της Μεσογείου Θάλασσας πρέπει να βελτιωθεί.	87.42
<b>A-3:</b> Η ανάπτυξη όπως για παράδειγμα η ανέγερση νέων ξενοδοχειακών μονάδων σε ελεύθερες παραλίες είναι σημαντικότερο θέμα από την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος.	23.69
<b>A-4:</b> Ένα υψηλής ποιότητας θαλάσσιο περιβάλλον είναι σημαντικό για την ανάπτυξη του τουρισμού.	80.20
<b>A-5:</b> Οι φόροι είναι ένας σταθερός τρόπος χρηματοδότησης για την επιτυχή διαχείριση του θαλάσσιου περιβάλλοντος σε σύγκριση με περιστασιακές δωρεές.	51.80

\*Οι απαντήσεις σε κάθε ερώτηση είναι σε συνεχή κλίμακα 0-100 με "0" διαφωνώ, "50" ούτε συμφωνώ-ούτε διαφωνώ και "100" συμφωνώ 100%.

**Πίνακας 6.15:** Κατανομή των απαντήσεων με την κλίμακα Likert σχετικά με την ανάληψη ευθύνης για τη διατήρηση της ποιότητας του θαλάσσιου περιβάλλοντος

Δηλώσεις	Τιμές της κλίμακας Likert	Ποσοστά (%)
<b>Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή</b> είναι υπεύθυνη για τη διατήρηση της ποιότητας του θαλάσσιου περιβάλλοντος.	1	25.3%
	2	10.7%
	3	8.2%
	4	14.8%
	5	41.0%
<b>Οι Κυβερνήσεις</b> είναι υπεύθυνες για τη διατήρηση της ποιότητας του θαλάσσιου περιβάλλοντος.	1	23.8%
	2	34.4%
	3	13.9%
	4	23.0%
	5	4.9%
<b>Η Βιομηχανία</b> είναι υπεύθυνη για τη διατήρηση της ποιότητας του θαλάσσιου περιβάλλοντος.	1	16.4%
	2	13.9%
	3	41.0%
	4	20.5%
	5	8.2%
<b>Οι Πολίτες</b> είναι υπεύθυνοι για τη διατήρηση της ποιότητας του θαλάσσιου περιβάλλοντος.	1	27.9%
	2	14.8%
	3	9.0%
	4	16.3%
	5	32.0%
<b>Η Τοπική Αυτοδιοίκηση</b> είναι υπεύθυνη για τη διατήρηση της ποιότητας του θαλάσσιου περιβάλλοντος.	1	7.4%
	2	25.4%
	3	32.0%
	4	23.0%
	5	12.2%

\*Οι απαντήσεις σε κάθε ερώτηση είναι στην κλίμακα Likert από 1-5 με "1" υπεύθυνος 100%, και "5" καθόλου υπεύθυνος.

**Πίνακας 6.16:** Μέσο ποσοστό των ερωτήσεων του τμήματος Β σχετικά με την ευθύνη για την υποβάθμιση του θαλάσσιου περιβάλλοντος και την προστασία του

Ερωτήσεις*	Ποσοστά (%)
<b>B-1.1:</b> Οι αγρότες ευθύνονται για την διασφάλιση της ποιότητας του θαλάσσιου περιβάλλοντος ελέγχοντας τις χημικές ουσίες που χρησιμοποιούν στα χωράφια τους.	84.88
<b>B-1.2:</b> Οι ψαράδες δεν ευθύνονται για την καταστροφή που έχει δημιουργηθεί στο θαλάσσιο περιβάλλον.	27.79
<b>B-1.3:</b> Οι πολίτες πρέπει να είναι υπεύθυνοι για την διασφάλιση της υγείας του θαλάσσιου περιβάλλοντος, ενθαρρύνοντας τις προσπάθειες της κυβέρνησης για την επιβολή μεταρρυθμίσεων δημιουργώντας το κατάλληλο νομοθετικό πλαίσιο.	80.25
<b>B-1.4:</b> Ο κάθε πολίτης έχει προσωπική ευθύνη για την υγεία του θαλάσσιου περιβάλλοντος.	86.64
<b>B-1.5:</b> Η κυβέρνηση έχει την απόλυτη ευθύνη για την διασφάλιση της υγείας του θαλάσσιου περιβάλλοντος.	80.48
<b>B-1.6:</b> Ο κλάδος της επαγγελματικής αλιείας έχει την απόλυτη ευθύνη για την διασφάλιση της υγείας του θαλάσσιου περιβάλλοντος.	46.52
<b>B-1.7:</b> Για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος πρέπει να συνεργαστούν η κυβέρνηση, οι εκπρόσωποι του παραγωγικού τομέα και οι πολίτες.	95.57

\* Οι απαντήσεις στην κάθε ερώτηση είναι σε συνεχόμενη κλίμακα 0-100 με “0” διαφωνώ 100%, “50” ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ και “100” συμφωνώ 100%

**Πίνακας 6.17:** Μέσο ποσοστό των ερωτήσεων του τμήματος Β σχετικά με την διαχείριση της τοπικής αυτοδιοίκησης και την εμπιστοσύνη

Ερωτήσεις*	Ποσοστά (%)
<b>B-2.1:</b> Εάν οι πολίτες αναλάμβαναν την ευθύνη για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος τότε οι προσπάθειες θα ήταν πιο πετυχημένες.	76.75
<b>B-2.2:</b> Δεν πιστεύω ότι συντελώ στην υποβάθμιση του θαλάσσιου περιβάλλοντος αλλά αναγνωρίζω ότι οι ενέργειες άλλων οδηγούν στην υποβάθμιση του.	56.97
<b>B.2.3:</b> Χωρίς συνεργασία όλων των ενδιαφερόμενων ομάδων θα ήταν αδύνατη η προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος.	95.98
<b>B-2.4:</b> Δεν εμπιστεύομαι την τοπική αυτοδιοίκηση για την αποτελεσματική διαχείριση του θαλάσσιου περιβάλλοντος.	83.93
<b>B.2-5:</b> Αμφιβάλω για την ικανότητα της κυβέρνησης να	86.59

συμβάλει ουσιαστικά στην προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος.	
<b>B-2.6:</b> Για την δημιουργία ενός νομοθετικού πλαισίου για τη προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος, η κυβέρνηση είναι σημαντικό να αφουγκράζεται την άποψη των πολιτών, συμπεριλαμβανομένων των ψαράδων, από το να συμβουλευτεί τις αρμόδιες επιστημονικές ομάδες.	55.61
<b>B-2.7:</b> Για τη δημιουργία ενός νομοθετικού πλαισίου για τη προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος, η κυβέρνηση είναι σημαντικό να αφουγκράζεται την άποψη των επιστημόνων από το να συμβουλευτεί τους πολίτες.	61.44

\* Οι απαντήσεις στην κάθε ερώτηση είναι σε συνεχόμενη κλίμακα 0-100 με “0” διαφωνώ 100%, “50” ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ και “100” συμφωνώ 100%

### Πίνακας 6.18: Μέσο ποσοστό των ερωτήσεων του τμήματος Β σχετικά με την εφαρμογή του νομοθετικού πλαισίου

Ερωτήσεις*	Ποσοστά (%)
<b>B-3.1:</b> Θα ήμουν εντελώς απρόθυμος να υποστηρίξω επιπλέον περιορισμούς στην ερασιτεχνική αλιεία εκτός αν δημιουργηθούν και περαιτέρω περιορισμοί στον κλάδο της μικρής – κλίμακας επαγγελματική αλιείας.	66.06
<b>B-3.2:</b> Η επιβολή κανονιστικού πλαισίου όσον αφορά την αλιεία αποτελεί ένα αποτελεσματικό τρόπο για τη διαχείριση της υγείας του θαλάσσιου περιβάλλοντος.	77.12
<b>B-3.3:</b> Το νομοθετικό πλαίσιο που προορίζεται για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος περιορίζοντας τις ανθρώπινες δραστηριότητες δεν διασφαλίζει αποτελεσματικά την υγεία του θαλάσσιου περιβάλλοντος	47.62
<b>B-3.4:</b> Δεν πρέπει η κυβέρνηση να θέτει περιορισμούς στους πολίτες όσον αφορά την τοποθεσία ψαρέματος και αγκυροβόλησης.	24.71

\* \* Οι απαντήσεις στην κάθε ερώτηση είναι σε συνεχόμενη κλίμακα 0-100 με “0” διαφωνώ 100%, “50” ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ και “100” συμφωνώ 100

**Πίνακας 6.19:** Μέσο ποσοστό των ερωτήσεων του τμήματος Β σχετικά με την οικονομία και το θαλάσσιο περιβάλλον

Ερωτήσεις*	Ποσοστά (%)
<b>B-4.1:</b> Ένα έπρεπε να επιλέξω μεταξύ προστασίας θαλάσσιου περιβάλλοντος και δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, θα υποστήριζα τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.	32.34
<b>B-4.2:</b> Η ποιότητα του θαλάσσιου περιβάλλοντος είναι σημαντική για την οικονομία μας.	82.86
<b>B-4.3:</b> Για την μακροχρόνια διατήρηση της αλιείας είναι σημαντική η διατήρηση της βιωσιμότητας του πληθυσμού των ψαριών.	93.10
<b>B-4.4:</b> Είναι αδύνατο να επιτευχθεί ανάκαμψη της ελληνικής οικονομίας χωρίς να γίνουν επενδύσεις για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος.	65.37
<b>B-4.5:</b> Η κυβέρνηση πρέπει να προωθή την ανάπτυξη του ελληνικού τουρισμού, ακόμα και εάν οι συνέπειες του έχουν αρνητικές επιδράσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον.	36.52
<b>B-4.6:</b> Είναι περισσότερο σημαντικό η κυβέρνηση να προωθή την σταθερότητα και την υγεία του θαλάσσιου περιβάλλοντος συμπεριλαμβάνοντας και τα ποσειδώνια λιβάδια, από το να προωθή την βιομηχανική ανάπτυξη με έμφαση τον κλάδο της αλιείας.	59.18
<b>B-4.7:</b> Η αύξηση του τουρισμού αποτελεί σημαντικό παράγοντα ανάπτυξης της Ελληνικής Οικονομίας, ο οποίος όμως επιβαρύνει το θαλάσσιο περιβάλλον.	70.70
<b>B-4.8:</b> Η κυβέρνηση οφείλει να λάβει μέτρα προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος ακόμη και αν αυτά βλάπτουν την ανάπτυξη του ελληνικού τουρισμού.	56.79

\* Οι απαντήσεις στην κάθε ερώτηση είναι σε συνεχόμενη κλίμακα 0-100 με “0” διαφωνώ 100%, “50” ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ και “100” συμφωνώ 100%

**Πίνακας 6.20:** Μέσο ποσοστό των ερωτήσεων του τμήματος Β σχετικά με την μικρής κλίμακας επαγγελματική αλιεία – απαγόρευση ή μη.

Ερωτήσεις*	Ποσοστά (%)
<b>B-5.1:</b> Ψαρεύω για δική μου ψυχαγωγία.	23.69
<b>B-5.2:</b> Με ευχαριστεί ιδιαίτερα το να παρατηρώ τους τοπικούς ψαράδες, όταν είμαι στην ακτή.	64.84
<b>B-5.3:</b> Είμαι αντίθετος στην αλιεία ως δραστηριότητα ελεύθερου χρόνου.	26.48



<b>B-5.4:</b> Η αλιευτική κοινότητα είναι ένα σημαντικό κομμάτι της ελληνικής κουλτούρας.	85.37
<b>B-5.5:</b> Το ψάρεμα σε τακτική βάση μπορεί να βλάψει το θαλάσσιο περιβάλλον.	69.43
<b>B-5.6:</b> Το κλειδί για να προστατεύεις το φυσικό περιβάλλον είναι να χαράξεις ένα θαλάσσιο πάρκο από χαρτογραφημένα λιβάδια της Ποσειδωνίας ακόμα και αν αυτό σημαίνει αποκλεισμό των ψαράδων από αυτές τις περιοχές.	64.95
<b>B-5.7:</b> Αν θα έπρεπε να αποκλειστεί ένας τύπος αλιείας, αυτός θα ήταν η αλιεία αναψυχής, επειδή η αλιεία μικρής κλίμακας είναι οικονομικά σημαντική.	37.38
<b>B-5.8:</b> Αν θα έπρεπε να αποκλειστεί ένας τύπος αλιείας, αυτός θα ήταν η επαγγελματική αλιεία, επειδή η αλιεία αναψυχής είναι σημαντική στη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς.	40.25

\* Οι απαντήσεις στην κάθε ερώτηση είναι σε συνεχόμενη κλίμακα 0-100 με “0” διαφωνώ 100%, “50” ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ και “100” συμφωνώ 100%

**Πίνακας 6.21:** Μέσο ποσοστό των ερωτήσεων του τμήματος Β (συμπληρωματικές ερωτήσεις) σχετικά με τα υψηλής σημασίας είδη

Ερωτήσεις*	Ποσοστά (%)
<b>B-5.1:</b> Απολαμβάνω τη θάλασσα τρώγοντας ψάρια σε τοπικές παραθαλάσσιες ταβέρνες.	67.70
<b>B-5.2:</b> Αν αυτά τα είδη ψαριών μειωθούν, το θαλάσσιο περιβάλλον δεν θα είναι τόσο όμορφο.	86.66
<b>B-5.3:</b> Δεν με ενδιαφέρει εάν εξαφανιστούν αυτά τα είδη καθώς δεν τα γνωρίζω.	13.57
<b>B-5.4:</b> Δεν έχει σημασία αν ο πληθυσμός αυτών των ειδών μειώνεται εφόσον δεν απειλείται η βιωσιμότητά τους.	20.98
<b>B-5.5:</b> Πρέπει να προστατέψουμε τα είδη αυτά ως μελλοντική κληρονομιά για τα παιδιά μας.	89.22
<b>B-5.6:</b> Όσο αφορά τις πολιτιστικές επιπτώσεις, δεν έχει σημασία εάν αυτά τα είδη μειωθούν καθώς αυτά δεν σχετίζονται με τον πολιτισμό μας.	15.41

\* Οι απαντήσεις στην κάθε ερώτηση είναι σε συνεχόμενη κλίμακα 0-100 με “0” διαφωνώ 100%, “50” ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ και “100” συμφωνώ 100%

## 6.2 Χρήση δευτερογενών στοιχείων και ‘βαθμονόμηση’ της ζημίας

Στην εμπειρική μας εφαρμογή χρησιμοποιήσαμε τις εκτιμήσεις από τα δεδομένα μας από διαφορετικές Ευρωπαϊκές χώρες, προκειμένου να δούμε πώς οι καμπύλη ελέγχου  $h(x)$  και η καμπύλη ζημίας  $f(x)$  μπορούν να προσεγγιστούν.

Ξεκινήσαμε από τη συνάρτηση του κόστους καταπολέμησης. Η συνάρτηση αυτή (abatement cost function), μετράει το κόστος από την μείωση των τόνων των εκπομπών ενός ρυπαντή, όπως το θείο (S), και διαφέρει από χώρα σε χώρα. Η διαφορά αυτή εξαρτάται από τα τοπικά κόστη για την εφαρμογή της καλύτερης εφαρμογής των τεχνικών ελέγχου καθώς και από την υπάρχουσα τεχνολογία παράγωγής ενέργειας. Προκειμένου να μειώσουμε τις εκπομπές του θείου, χρησιμοποιήσαμε μια σειρά από μεθόδους καταπολέμησης με διαφορετικά κόστη και επίπεδα εφαρμογής (Halkos 1993, 1995, 1996, 1997)

1. Αντικατάσταση καυσίμων
2. Φυσικός καθαρισμός άνθρακα
3. Αποθείωση πετρελαίου
4. Απευθείας ψεκασμός ασβεστόλιθου
5. Καύση ρευστοποιημένης στιβάδας
6. Αποθείωση αερίου καυσίμου
7. Αποθείωση πετρελαίου

Για να υπολογίσουμε τις συνολικές εκπομπές από κάθε πηγή ( $TE_p$ ), υπολογίσθηκαν οι ετήσιες εκπομπές για έναν συγκεκριμένο ρύπο σε κάθε τομέα για κάθε χώρα. Οι συνολικές εκπομπές ορίζονται ως:

$$TE_p = \sum [PR_{ijt} \times (1-\alpha_t) E_{rijt} \times AR_{ijt}] \quad (1)$$

Όπου  $i$  είναι η χώρα,  $j$  ο τομέας,  $t$  η τεχνολογία,  $f$  το καύσιμο και  $p$  ο ρυπαντής. Ομοίως,  $PR$  είναι το επίπεδο παραγωγής,  $\alpha_t$  η αποτελεσματικότητα της μεθόδου καταπολέμησης  $t$  και  $AR$  ο ρυθμός εφαρμογής (Halkos, 2010).

Με τον ίδιο τρόπο, δοθέντων των συναρτήσεων από τα κόστη λειτουργία και συντήρησης για κάθε τεχνολογία καταπολέμησης, κατασκευάστηκαν τα συνολικά οριακά κόστη για διαφορετικά επίπεδα μείωσης των ρυπαντών σε κάθε ξεχωριστή πηγή και σε εθνικό (χώρα) επίπεδο. Σύμφωνα με τον Halkos (1993, 1995, 2010), το κόστος καταπολέμησης των ρύπων δίνεται από το συνολικό ετήσιο κόστος, συμπεριλαμβάνοντας το κόστος κεφαλαίου και τα κόστη λειτουργίας. Συγκεκριμένα:

$$TAC = \left\{ (TCC) \left[ r / (1 - (1+r)^{-n}) \right] \right\} + VOMC + FOMC \quad (2)$$

όπου **TCC** είναι το συνολικό κόστος κεφαλαίου (total capital cost), **VOMC** (variable operating and maintenance cost) και **FOMC** (fixed operating and maintenance cost) είναι τα μεταβλητά και σταθερά κόστη λειτουργία και συντήρησης αντίστοιχα,  $r/[1-(1+r)^{-n}]$  είναι ο συντελεστής προεξόφλησης με πραγματικό επιτόκιο  $r$ , το οποίο μετατρέπει το πάγιο κόστος σε μια ισάξια ροή από ίσες ετήσιες μελλοντικές πληρωμές, λαμβάνοντας υπόψη την αξία των χρημάτων στο χρόνο (εκφραζόμενο με το  $r$ ). Τέλος το  $n$  υποδηλώνει την οικονομική ζωή του κεφαλαίου (σε χρόνια).

Για κάθε ευρωπαϊκή χώρα μια καμπύλη κόστους εξήχθη από τον Halkos (1992,1993,1995) βρίσκοντας την τεχνολογία σε κάθε πηγή της ρύπανσης με το χαμηλότερο οριακό κόστος ανά τόνο ρυπαντή που απομακρύνθηκε από τη χώρα, και την ποσότητα του ρυπαντή που απομακρύνθηκε από τη ρυπογόνα πηγή. Με αυτό τον τρόπο, το πρώτο 'σκαλί' της καμπύλης ελέγχου της κάθε χώρας, δημιουργήθηκε. Επαναληπτικά, το επόμενο, υψηλότερο οριακό κόστος βρέθηκε και προστέθηκε στην καμπύλη της χώρας, με το ποσό του ρυπαντή (π.χ. θείου) που καταπολεμήθηκε στον άξονα X. Στην καμπύλη κόστους κάθε χώρας, κάθε 'σκαλί' αποτελεί μια μέθοδο καταπολέμησης που οδηγεί σε μια μείωση των εκπομπών μιας επιπλέον μονάδας με το μικρότερο κόστος.

Για περισσότερη ανάλυση, προσεγγίσαμε την καμπύλη κόστους για κάθε χώρα, υιοθετώντας μια μορφή συνάρτησης. Επεκτείνοντας τα μαθηματικά μοντέλα, που αναπτύχθηκαν προηγουμένως στο κεφάλαιο 5, σε στοχαστικά μοντέλα (με σφάλματα από την κανονική κατανομή με μέσο μηδέν και διακύμανση  $\sigma^2$ ) βρήκαμε ότι η εξίσωση των ελαχίστων τετραγώνων είναι της μορφής

$$h(x) = AC_i = \beta_{0i} + \beta_{1i} SR_i + \varepsilon_i \quad \text{ή} \quad h(x) = AC_i = \beta_{0i} + \beta_{1i} SR + \beta_{2i} SR_i^2 + \varepsilon_i$$

οδηγώντας σε ικανοποιητικές προσεγγίσεις για όλες τις χώρες που αναλύονται εδώ. Σε αυτή την εξίσωση το  $SR_i$  υποδηλώνει την απομάκρυνση του θείου της χώρας  $i$ , το  $AC_i$  παρουσιάζει το κόστος καταπολέμησης της χώρας  $i$  και το  $\varepsilon_i$  είναι ο διαταρακτικός όρος (Halkos, 2006).

Στην συνέχεια υπολογίστηκε η συνάρτηση ζημίας  $f(x)$ . Ο υπολογισμός της συνάρτησης του κόστους ζημίας είναι πιο δύσκολος σε σύγκριση με τον υπολογισμό του κόστους καταπολέμησης, καθώς οι επιδράσεις της ρύπανσης δεν μπορούν να προσδιοριστούν με ακρίβεια και μερικές φορές χρειάζεται αρκετός χρόνος για να

συνειδητοποιήσουμε τις συνέπειες. Στην περίπτωση που εξετάσαμε και έχοντας ως στόχο να εξαγάγουμε τις ζημίες, χρησιμοποιήσαμε τις περιπτώσεις της οξίνισης η οποία σχετίζεται με την διασυννοριακή ρύπανση, απαιτώντας το μοντέλο να λάβει υπόψη του την κατανομή της εξωτερικότητας μεταξύ των διαφόρων χωρών (θύματα).

Κάθε χώρα, λαμβάνει ένα συγκεκριμένο αριθμό μονάδων ρυπαντών, των οποίων η απόθεση οφείλεται τόσο στις εκπομπές άλλων χωρών όσο και στις δικές τους εκπομπές. Η απόθεση (deposition) του θείου (sulphur) στην χώρα  $i$  δίνεται ως:

$$D_i = B_i + d_{ii}(1-\alpha_i)E_i + \sum_{j \neq i} d_{ij}(1-\alpha_j)E_j = B_i + \sum_j d_{ij}(1-\alpha_j)E_j \quad (3)$$

Όπου  $E_j$  είναι οι συνολικές ετήσιες εκπομπές θείου στην χώρα  $j$ ;  $D_i$  είναι οι συνολικές ετήσιες αποθέσεις θείου στην χώρα  $i$ ;  $\alpha_i$  είναι ο συντελεστής απόδοσης της μεθόδου ελέγχου ρύπανσης στην χώρα  $i$  και  $d_{ij}$  είναι ο συντελεστής μεταφοράς από την χώρα  $j$  στην  $i$ , δείχνοντας τα ποσοστά των εκπομπών από κάθε χώρα προέλευσης που τελικά αποθέτονται στην κάθε χώρα υποδοχέα,  $B_i$  είναι τα επίπεδα απόθεσης που οφείλεται στις φυσικές πηγές (background deposition) όπως είναι τα ηφαίστεια, οι πυρκαγιές των δασών, η βιολογική φθορά κλπ στην χώρα  $i$ , ή στην ρύπανση που παραμένει αρκετό καιρό στην ατμόσφαιρα. Η συμπεριφορά των ρύπων αυτών οφείλεται δηλαδή όχι μόνο σε φυσικές πηγές αλλά και σε πηγές που η προέλευση τους δεν μπορεί να προσδιοριστεί. Αυτή η διαδικασία συνοψίζεται στη μήτρα του συντελεστή μεταφοράς (transfer coefficient matrix) του Ευρωπαϊκού Προγράμματος Παρακολούθησης και Εκτίμησης (EMEP), European Monitoring and Evaluation Programme).

Λόγω των διαφόρων δυσκολιών που παρουσιάζει ο υπολογισμός της συνάρτησης ζημίας, δεν την υπολογίσαμε άμεσα ( απευθείας) αλλά προσεγγίσαμε τις παραμέτρους της, υποθέτοντας ότι οι χώρες στιγμιαία εξισώνουν το εθνικό κόστος ζημίας με το εθνικό οριακό κόστος ελέγχου. Οι περιορισμοί μας στην εξαγωγή της συνάρτησης κόστους ζημίας είναι σημαντικοί. Το συνολικό κόστος για ένα συγκεκριμένο επίπεδο ενός ρυπαντή (π.χ. θείου) για τη χώρα  $i$  είναι :

$$TC_i = \text{κόστος ελέγχου} + \text{κόστος ζημίας} = AC_i + DC_i.$$

Τα κόστη καταπολέμησης υπολογίστηκαν μέσω των γραμμικών και δευτεροβάθμιων συναρτήσεων της απομάκρυνσης του θείου και επιπλέον υποθέσαμε ότι τα κόστη ζημίας είναι γραμμικά και δευτεροβάθμια στις αποθέσεις τους. Οι ζημίες εξαρτώνται από την απόθεση, η οποία εξαρτάται από τη μήτρα  $[d_{ij}]$  όπως εξηγήσαμε

προηγούμενως. Στην πιο πολύπλοκη περίπτωση όπου και οι δύο συναρτήσεις (καταπολέμησης και ζημίας) είναι δευτεροβάθμιες, η συνάρτηση του συνολικού κόστους μπορεί να εκφραστεί ως:

$$TC_i = [\beta_{0i} + \beta_{1i} SR_i + \beta_{2i} SR_i^2] + [\gamma_{0i} + \gamma_{1i} D_i + \gamma_{2i} D_i^2] \quad i=1,2,\dots,n \quad (4)$$

Το συνολικό κόστος ελαχιστοποιείται όταν

$$\gamma_{1i} = [(\beta_{1i} + 2\beta_{2i}SR_i - 2\gamma_{2i}d_{ii}^2SR_i)/d_{ii}] \quad \text{και} \quad \gamma_{2i} = [(\beta_{1i} + 2\beta_{2i}SR_i - \gamma_{1i}d_{ii})/2d_{ii}^2 SR_i]$$

όπου  $d_{ii}$  είναι ο συντελεστής μεταφοράς (transfer coefficient)<sup>6</sup> από τη χώρα  $i$  στον εαυτό της.

Αυτή είναι η μόνη διαθέσιμη πληροφορία προκειμένου να 'βαθμονομήσουμε' (calibrate) τη συνάρτηση ζημίας, με την υπόθεση ότι οι εθνικές αρχές δρουν ανεξάρτητα, λαμβάνοντας ως δεδομένες τις αποθέσεις που προέρχονται από τον υπόλοιπο κόσμο. Αν υποθέσουμε γραμμική τη συνάρτηση καταπολέμησης και δευτεροβάθμια την συνάρτηση ζημίας τότε

$$\gamma_{1i} = (\beta_{1i} - 2\gamma_{2i}d_{ii}^2 SR_i)/d_{ii} \quad \text{και} \quad \gamma_{2i} = [(\beta_{1i} - \gamma_{1i}d_{ii})/2d_{ii}^2 SR_i]$$

Τέλος στην περίπτωση όπου και οι δύο συναρτήσεις (καταπολέμησης και ζημίας) είναι γραμμικές έχουμε  $\gamma_{1i} = \beta_{1i}/d_{ii}$ .

Ο πίνακας 6.22 παρουσιάζει τους συντελεστές του κόστους ζημίας και του κόστους καταπολέμησης στην πιο πολύπλοκη περίπτωση όπου οι δύο συναρτήσεις είναι δευτεροβάθμιες. Επιπλέον ο Πίνακας 6.23 παρουσιάζει τις αντίστοιχες βαθμονομημένες 'calibrated' περιοχές ωφέλειας ( $BA^c$ ) για 20 χώρες, όπως υπολογίστηκαν από τις διαθέσιμες παραμέτρους που εκτιμήθηκαν στην περίπτωση της γραμμικής -δευτεροβάθμιας (LQ) και δευτεροβάθμιας - γραμμικής (QQ) συνάρτησης ζημίας και συνάρτησης κόστους ελέγχου αντίστοιχα. Στην πρώτη από τις δύο περιπτώσεις παρουσιάζεται ο αντίστοιχος δείκτης αποδοτικότητας Eff (efficiency index). Αυτός ο δείκτης είναι ένα μέτρο, που μας δείχνει τι ποσοστό της εγκριθείσας πολιτικής καλύπτει αυτή την πολιτική η οποία παρέχει τη μέγιστη περιοχή ωφέλειας. Ομοίως, ο υπολογισμός της βέλτιστης μείωσης της ζημίας  $x_0$ , προσφέρει αποδείξεις ότι όσο πιο μεγάλη τόσο το καλύτερο για την υιοθέτηση περιβαλλοντικής πολιτικής.

Παρατηρούμε ότι οι χώρες που έχουν μεγάλη μείωση στις ζημιές είναι η Αγγλία και η Γαλλία (και στις δύο περιπτώσεις LQ, QQ) και η πρώην Τσεχοσλοβακία, η Ισπανία και η Τουρκία (στην περίπτωση της LQ). Από την άλλη πλευρά, οι χώρες με χαμηλή μείωση των ζημιών είναι η Ελλάδα, η Ουγγαρία, η

<sup>6</sup> Αν όπως στους Mäler (1989, 1990) και Newbery (1990) θέσουμε  $\gamma_{2i}=0$  τότε  $\gamma_{1i} = (\beta_{1i} + 2\beta_{2i}SR_i)/d_{ii}$ .

Ιταλία, η Ρουμανία (στην περίπτωση LQ των συναρτήσεων κόστους), η Φιλανδία, η Σουηδία, η Τουρκία (στην περίπτωση της QQ) και η Νορβηγία και η Ελβετία και στις δύο περιπτώσεις. Οι μεγάλες ‘upwind’ βιομηχανικές χώρες, (όπως Δανία, Γαλλία, Αγγλία) φαίνεται να έχουν πολύ μεγάλη περιοχή ωφέλειας. Κοιτάζοντας στους πίνακες EMEP τους πίνακες με τους συντελεστές μεταφοράς μπορούμε να δούμε ότι οι χώρες με μεγάλη περιοχή ωφέλειας είναι αυτές με τους μεγάλους αριθμούς στην διαγώνιο. Αυτό δείχνει την σημασία της εγχώριας ρύπανσης. Οι μεγάλοι -εκτός διαγωνίου συντελεστές μεταφοράς δείχνουν γενικά, τις κύριες επιδράσεις μιας χώρας σε μια άλλη και συγκεκριμένα τις εξωτερικότητες που επιβάλλονται από την Ανατολική Ευρώπη στους άλλους.

Ομοίως οι ‘downwind’, που είναι δίπλα στην θάλασσα χώρες, φαίνεται να έχουν μικρή περιοχή ωφέλειας. Επιπλέον η ζημία που προκαλείται από την όξυνση εξαρτάται από πού προέρχονται οι αποθέσεις. Στην περίπτωση που εμφανιστεί ρύπανση πάνω από την θάλασσα είναι λιγότερο πιθανό να έχουμε επιβλαβή αποτελέσματα, καθώς η θάλασσα είναι φυσικά αλκαλική. Επίσης, αν συμβεί πάνω από αραιοκατοικημένη περιοχή με το έδαφος να είναι ανεκτικό στο οξύ, η ζημία θα είναι χαμηλή (Newbery, 1990).

**Πίνακας 6.22:** Υπολογισμός συντελεστών για δευτεροβάθμιες MD και MAC

Countries	$c_0$	$c_1$	$c_2$	$b_0$	$b_1$	$b_2$
Albania	0,7071	0,01888	0,0001397	-3,3818	0,015	0,0048
Austria	8,57143	0,055012	0,0001145	3,274	-0,221	0,004
Belgium	2,2424	0,03869	0,0001688	0,497	-0,124	0,003
Former Czechoslovakia	37,794	0,100323	0,000059	11,241	0,2358	0,00018
Denmark	10	0,1923	0,0060811	-2,49	0,099	0,0053
Finland	4,021	0,0781	0,00014587	2,343	-0,098	0,0046
France	33,158	0,277352	0,000197	42,374	-0,053	0,0018
Greece	3,7373	0,034133	0,0000491	-1,614	0,342	0,0006
Hungary	5,101	0,031488	0,0000417	2,506	0,216	0,0004
Italy	21,01	0,030036	0,0000191	12,5	0,36	0,0003
Luxembourg	0,421	0,3161	0,0272381	-0,7272	0,01	0,09234
Netherlands	8,353	0,19513	0,00351442	-6,18	0,41	0,0009
Norway	1,421	0,07852	0,00017008	0,94	-0,244	0,0164
Poland	6,212	0,023153	0,000071	-8,023	0,324	0,00009
Romania	9,091	0,011364	0,00006237	5,502	0,19	0,0001
Spain	11,7	0,007288	0,00497419	10,21	-0,021	0,00014
Sweden	2,4	0,06423	0,0000932	4,074	-0,252	0,004
Switzerland	2,4	0,56027	0,002803	5,7543	-1,6289	0,11203
Turkey	14,9	0,01781	0,00001223	8,0622	0,011	0,00036
UK	19,1	0,06879	0,0000467	15,54	0,0264	0,0003

**Πίνακας 6.23:** “Calibrated” Benefit Areas (BA<sup>c</sup>)

Countries	Linear - Quadratic						Quadratic-Quadratic	
	D	x <sub>0</sub>	h(x <sub>0</sub> )	H(z <sub>0</sub> )	BA	Eff	x <sub>0</sub>	BA
Albania	0,07852	29,594	-3,38	-52,05	81,24	3,5872	0,416282	1,460084 (min)
Austria	0,160942	84,649	3,3	294,1	628,6	27,756	35,51795	34,38386
Belgium	0,047413	63,406	0,5	37,2	182,8	8,0715	28,73163	58,58427
Former Czechoslovakia	0,037791	160,988	11,2 4	5119,8	2264,6	100		
Denmark	0,273493	58,138	-2,5	369,72	536,7	23,698	-507,79	66016,29 (max)
Finland	0,061886	46,182	2,4	154,72	114,3	5,0453	19,76705	1,578593
France	0,042777	149,22	42,4	7726,3	309,2	13,65	103,0412	950,4364
Greece	0,107625	16,83	-1,62	22,23	45,5	2,0095		
Hungary	0,038197	13,66	2,51	54,72	17,9	0,7901		
Italy	0,119088	25,22	12,5	431,19	108,1	4,7726		
Luxembourg	0,517796	5,56	-0,73	1,4	5,8	0,2572	2,351007	2,359444
Netherlands	0,098488	54,98	-6,18	329,7	424,4	18,741	-73,6549	85,02478
Norway	0,135573	21,056	0,94	16,75	30,6	1,3508	9,93597	2,085391
Poland	0,095634	46,67	-8,03	-18,57	333,7	14,734		
Romania	0,033347	19,87	5,5	147,1	35,8	1,5803		
Spain	0,001635	245,43	10,2	2563,2	527,8	23,305	-2,92603	11,43726
Sweden	0,073218	73,35	4,1	147,1	201,7	8,9075	40,47174	55,68209
Switzerland	3,289337	17,87	5,56	55,8	76,5	3,378	10,02119	24,05788
Turkey	0,009866	147,82	8,1	1698,5	698,65	30,851	9,819189	58,17368
UK (max Eff)	0,006069	200,5	15,6	4452,1	759,9	33,551	83,67548	1813,895

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### Σταθμισμένος διαφοροποιημένος φόρος απόστασης

---

#### 7.1 Εισαγωγή

Στο παρελθόν οι κανονισμοί διοίκησης και ελέγχου (όπως ο περιορισμός στην χρήση συγκεκριμένων καυσίμων ή η απαίτηση από ορισμένες ρυπογόνες πηγές να χρησιμοποιούν ειδικές μεθόδους) δέσποζε στις περιβαλλοντικές πολιτικές, με τα άλλα μέτρα περιβαλλοντικής πολιτικής (όπως είναι οι φόροι και οι εμπορεύσιμες άδειες) να επικρατούν τις τελευταίες δεκαετίες. Η περιβαλλοντική φορολογία βασίζεται στην έννοια του φόρου Pigou. Σύμφωνα με το φόρο Pigou το ιδιωτικό κόστος του ρυπαίνοντα αυξάνεται μέχρι το σημείο που περιλαμβάνει το πραγματικό κοινωνικό κόστος το οποίο επιβάλλεται στην κοινωνία από τις δραστηριότητες και τα αποτελέσματα από τις περιβαλλοντικές ζημιές.

Με το φόρο Pigou ανά μονάδα ρύπων που εκπέμπεται από ρυπογόνες παραγωγικές διαδικασίες, επιτυγχάνεται η εσωτερίκευση της εξωτερικότητας που προκαλούν οι ρύποι αυτοί, αν ο φόρος ισούται με την τιμή της εξωτερικής επιβάρυνσης στο άριστο επίπεδο της ρύπανσης (Χάλκος, 2013).

Η οικονομική θεωρία, μας δείχνει πως ο άριστος φορολογικός συντελεστής επιτυγχάνεται στο σημείο όπου το οριακό κόστος ελέγχου (marginal abatement cost, MAC) ισούται με το οριακό κόστος ζημίας (marginal damage cost, MD), της ρύπανσης που πρέπει να μειωθεί. Στην *πρώτη άριστη λύση* (First-best solution) ο φόρος θα πρέπει να διαφοροποιείται ανάλογα με τη ρυπογόνα πηγή και το μέγεθος των περιβαλλοντικών ζημιών που προκαλεί. Αυτή η περίπτωση επιτυγχάνεται εξισώνοντας το φόρο με την τιμή του οριακού κόστους ελέγχου. Η *δεύτερη άριστη λύση* (Second-best solution) βασίζεται στο να θέσουμε ένα υψηλό επίπεδο ενιαίου φόρου. Ο Halkos (1993) έδειξε ότι η μετατόπιση από την πρώτη άριστη λύση σε έναν ενιαίο φόρο έχει διαφορά. Συγκεκριμένα, στην περίπτωση του προβλήματος της όξινης βροχής στην Ευρώπη, δείχθηκε ότι τα κόστη της μετατόπισης από την πρώτη άριστη λύση με την επιβολή ενός υψηλού ενιαίου φόρου, ενδέχεται να μην διαφέρουν σε συνολικά επίπεδα από χώρα σε χώρα αλλά μπορεί να είναι αρκετά



διαφορετικά σε επίπεδα χωρών. Δηλαδή, ενώ το συνολικό κόστος για όλες τις χώρες μπορεί να είναι συγκρίσιμο μεταξύ διαφοροποιημένων και ενιαίων φόρων η επιβάρυνση κόστους μεταξύ των χωρών μπορεί να διαφέρει σημαντικά.

Οι συναρτήσεις του κόστους ελέγχου και του κόστους ζημίας είναι μη-γραμμικές και τα ακριβές σχήματα τους είναι συνήθως άγνωστα (Halkos και Kitsos, 2005, Halkos και Kitsou, 2014). Την ίδια στιγμή, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις συνδέονται με σημαντικές μη-αναστρεψιμότητες, αλληλεπιδρώντας συχνά με έναν περίπλοκο τρόπο με την αβεβαιότητα. Η πολυπλοκότητα γίνεται ακόμα χειρότερη αν λάβουμε υπόψη μας το μακροχρόνια χαρακτήρα αρκετών περιβαλλοντικών προβλημάτων. Οι αβεβαιότητες στις συναρτήσεις του κόστους ελέγχου και του κόστους ζημίας επηρεάζουν τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων με διάφορους τρόπους. Όταν τα οριακά κόστη ελέγχου είναι γνωστά και σταθερά, ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων των περιβαλλοντικών θεμάτων (για παράδειγμα οι τοπικές αρχές) μπορούν να μειώσουν το κοινωνικό κόστος με την εισαγωγή ενός περιβαλλοντικού φόρου ο οποίος εξισώνει το κόστος ελέγχου με το κόστος ζημίας.

Οι επιχειρήσεις όμως δεν έχουν πάντα το κίνητρο να αποκαλύπτουν τα πραγματικά κόστη ελέγχου τους. Ο υπολογισμός της συνάρτησης του κόστους ζημίας είναι περισσότερο πολύπλοκος από την συνάρτηση του κόστους ελέγχου, καθώς οι αρνητικές επιδράσεις της ρύπανσης δεν μπορούν να προσδιοριστούν με ακρίβεια και σε πολλές περιπτώσεις χρειάζεται αρκετός χρόνος μέχρι να συνειδητοποιήσουμε τα αποτελέσματα της ζημίας που έχει προκληθεί. Για την εξαγωγή των εκτιμήσεων των ζημιών στην περίπτωση της απόθεσης οξέων και της διασυννοριακής φύσης αυτού του προβλήματος, χρησιμοποιήθηκε ένα μοντέλο λαμβάνοντας υπόψη την κατανομή των εξωτερικοτήτων μεταξύ διαφόρων χωρών (θύματα). Δεδομένου ότι είναι δύσκολο να έχουμε μια άμεση εκτίμηση της συνάρτησης ζημίας, θεωρήθηκε ότι οι χώρες αυτές εξίσωσαν τις εθνικές οριακές ζημίες τους (MD) με τα εθνικά οριακά κόστη ελέγχου (MAC). Με τον τρόπο αυτό η συνάρτηση ζημίας μπόρεσε να 'βαθμονομηθεί' υποθέτοντας ότι οι εθνικές αρχές δρουν συνεργατικά (Hutton και Halkos, 1995; Halkos, 1996).

Λόγω της έλλειψης πληροφόρησης, το επίπεδο των φόρων για τις εκπομπές των ρύπων που απαιτείται προκειμένου να επιτευχθεί η μείωση της ρύπανσης είναι άγνωστο. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να ξεπεραστεί χρησιμοποιώντας μια επαναληπτική διαδικασία κατά την οποία ο φόρος αναπροσαρμόζεται. Ο φόρος, κατά τον οποίον το φορολογικό σύστημα έχει σαν αποτέλεσμα το άριστο κοινωνικό

επίπεδο είναι ο διαφοροποιημένος φόρος (differential tax). Με την διαφοροποιημένη φορολογία, ο οριακός φόρος εκπομπών που πληρώνεται από την επιχείρηση  $i$  είναι ίσος με το οριακό κόστος ζημίας ελαχιστοποιώντας έτσι το κοινωνικό κόστος. Ο λόγος για τον οποίον ο φόρος αυτός οδηγεί στο βέλτιστο κοινωνικό επίπεδο είναι ότι οι επιχειρήσεις - που έρχονται αντιμέτωπες με ένα φορολογικό επίπεδο που εξαρτάται από τις εκπομπές τους - έχουν κίνητρο να μοιραστούν τις πληροφορίες τους σχετικά με τα κόστη καταπολέμησής τους.

Η ανάλυση γίνεται πολυπλοκότερη όταν το κόστος ελέγχου είναι στοχαστικό, δηλαδή αναπτύσσεται γύρω από αυτό μια πιθανοθεωρητική τυχαιότητα. Σε αυτή την περίπτωση ή όταν έχουμε αλλαγές στο οριακό κόστος ελέγχου, απαιτούνται ειδικές περιβαλλοντικές πολιτικές γιατί τα αποτελέσματα με τις μεταβολές από την εφαρμογή των φόρων Pigou θεωρούνται πλέον παρωχημένες. Το οριακό κόστος ελέγχου μπορεί να αλλάξει στην πορεία του χρόνου, αφενός μέσω της μεταβολής των καινοτομικών προτύπων στην βιομηχανία και αφετέρου από την υιοθέτηση των ταχέως εξελισσόμενων νέων τεχνολογιών. Αξίζει να σημειωθεί ότι η υιοθέτηση των νέων τεχνολογιών μειώνει ή έχει ως στόχο τη μείωση των εκπομπών των ρύπων.

Λαμβάνοντας υπόψη το αποτέλεσμα της καινοτομίας ( $X$ ), το Συνολικό Κόστος της Ρύπανσης (Total Pollution Cost, TPC) ορίζεται ως το άθροισμα του οριακού κόστους ελέγχου (Marginal Abatement Cost, MAC) και του οριακού κόστους ζημίας (Marginal Damage, MD). Η τυχαία αυτή μεταβλητή TPC περιλαμβάνει το κοινωνικό κόστος που σχετίζεται με τη ρύπανση. Σε αυτή την ενότητα υπολογίζουμε την αναμενόμενη τιμή του TPC και εισαγάγουμε τον υπολογισμό της διακύμανσής του.

Συγκεκριμένα, επιλέγοντας ως TPC τη γενική μορφή  $TPC = (\kappa X + \lambda)^2$  (με  $\kappa$ ,  $\lambda$  σταθερές και  $X$  την τεχνολογία) που προέρχονται από την  $\gamma$ -τάξεως γενικευμένη κανονική κατανομή ( $\gamma$ -ordered generalized normal distribution) παρουσιάζουμε την γενίκευση της αναμενόμενης τιμής  $E(TPC)$ , τόσο στην μορφή του TPC όσο και για τη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας (probability density function). Η τεχνολογία  $X$  συνδέεται με την κατανομή που περιγράφεται από μια παράμετρο σχήματος (shape parameter), μια παράμετρο απόστασης (location parameter) και μια παράμετρο κλίμακας (scale parameter). Η δεύτερη παράμετρος άπτεται του κέντρου της ρύπανσης ενώ η δεύτερη παρουσιάζει τη διακύμανση της συγκέντρωσης της ρύπανσης γύρω από το κέντρο της ρύπανσης.

Με τον τρόπο αυτό προτείνουμε έναν σταθμισμένο διαφοροποιημένο φόρο απόστασης (weighted location differential tax) στο υφιστάμενο φορολογικό σύστημα και μια ανάλογη σχέση ώστε να μας δώσει έναν δείκτη προσαρμογής της φορολογίας στις ζημίες που δημιουργούνται.

## 7.2 Μια σύντομη βιβλιογραφική ανασκόπηση

Όπως αναφέρθηκε η οικονομική αποδοτικότητα ορίζεται στο σημείο που το οριακό κόστος καταπολέμησης των ρύπων ισούται με το οριακό κόστος ζημίας. Ευνόητο είναι ότι το πρόβλημα της σύνδεσης φορολογίας – ρύπων απασχόλησε τους ερευνητές. Στόχος είναι ο δίκαιος καταμερισμός επιβάρυνσης σε όσους ρυπαίνουν. Ένα τέτοιο μοντέλο θα μπορούσε πχ. να χρησιμοποιηθεί στα λιμάνια με μεγάλη κίνηση, όπου η είσοδος ή έξοδος πλοίων επιβαρύνει το περιβάλλον αντίστοιχα με την ‘ποιότητα’ του πλοίου (εκτόπισμα, όγκος, παλαιότητα κλπ). Άρα η χρησιμοποιούμενη τεχνολογία θα είναι άμεσα συνδεδεμένη σε ένα τέτοιο σύστημα φορολογίας.

Ένας νέος φόρος, ο οποίος εξαρτάται από την καινοτομία και ταυτόχρονα είναι υπεράνω των προσδοκιών μιας πιγκουβιανής ανάλυσης προτάθηκε από τον Requate (2004). Στο πλαίσιο της στοχαστικής καινοτομίας (stochastic innovation) η πρόταση αυτή του Requate (2004) είναι εξίσου σημαντική με τα άλλα περιβαλλοντικά μέτρα ανάλυσης. Καθώς η απόσταση και η θέση των πηγών των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου δεν σχετίζονται απαραίτητα με τη θέση των περιβαλλοντικών ζημιών και της περιβαλλοντικής υποβάθμισης, θεωρούνται ως ρύποι ομοιόμορφης ανάμιξης<sup>7</sup> (uniformly mixing pollutants), με τα επίπεδα συγκέντρωσης τους να είναι όμοια από περιοχή σε περιοχή. Στην περίπτωση των ρύπων ομοιόμορφης ανάμιξης τα επίπεδα ρύπανσης εξαρτώνται από τα επίπεδα των συνολικών τους εκπομπών. Ομοίως, στην περίπτωση των μη-ομοιόμορφων ρύπων ανάμιξης (non-uniformly mixing pollutants) οι θέσεις των πηγών των εκπομπών τους είναι σημαντικές για τον προσδιορισμό της χωρικής κατανομής της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (Perman et al., 2003).

Στην περίπτωση της μη ομοιόμορφης ανάμιξης ρύπων μια αποδοτική αντιμετώπιση του προβλήματος απαιτεί η επιβάρυνση (π.χ. με την επιβολή κατάλληλης φορολογίας) βάσει του οριακού κόστους ελέγχου της ρύπανσης, να είναι διαφορετική μεταξύ των πηγών ρύπανσης και θα πρέπει να καθορίζεται από τις

---

<sup>7</sup> Για περισσότερα σχετικά με τους uniformly mixing pollutants, Perman et al. 2003, p. 178

ζημίες που προκλήθηκαν (Halkos, 1993, 1994, Tietenberg, 2006). Αυτό μπορεί να επιτευχθεί λαμβάνοντας υπόψη τις σχετικές ζημίες που δημιουργούνται μεταξύ των πηγών. Προκειμένου να προσεγγίσουμε αυτό το θέμα επεκτείνουμε την ανάλυση μας και εισάγουμε τον σταθμισμένο διαφοροποιημένο φόρο απόστασης (weighted location differential tax).

Στην περίπτωση των υφιστάμενων κανονισμών, οι κανονισμοί λειτουργούν με πολιτικές που δεν διαφέρουν ιδιαίτερα μεταξύ τους και κατά τις οποίες στις εκπομπές επιβάλλονται ποινές με τον ίδιο φορολογικό συντελεστή και ίδιες τιμές στις άδειες εκπομπών (Fowlie και Muller, 2013). Θεωρητικά οι πολιτικές που βασίζονται στην αγορά μπορούν να αντιμετωπίσουν τους μη – ομοιόμορφους ρύπους ανάμιξης (όπως NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>) με το βέλτιστο φόρο ο οποίος θα υπολογίζεται από τις οριακές ζημίες που προκλήθηκαν. Οι φόροι διαφέρουν ανάλογα με την πηγή προέλευσης της ρύπανσης και το μέγεθος των περιβαλλοντικών ζημιών. Η διαφοροποίηση θα ήταν επικερδής ανάλογα με τη διακύμανση των ζημιών ανάμεσα στις πηγές και την κλίση των καμπυλών MACs (Mendelsohn, 1986, Halkos, 1993, 1994, Fowlie and Muller, 2013).

Σε γενικές γραμμές, όλα σχεδόν τα φορολογικά συστήματα περιλαμβάνουν διαφοροποιημένους φορολογικούς συντελεστές ανάμεσα στους διάφορους τομείς (βιομηχανία, εμπόριο, νοικοκυριά κλπ). Στην περίπτωση της ενιαίας φορολογίας θεωρείται το ίδιο οριακό κόστος καταπολέμησης, όπου η οικονομία στο σύνολο της χρησιμοποιεί τη φθηνότερη μέθοδο για τον έλεγχο των ρύπων σε κάθε τομέα. Η μείωση του φορολογικού συντελεστή σε ένα τομέα, θα μπορούσε να επιφέρει αύξηση στην επιβολή του φόρου σε άλλους τομείς, προκειμένου να επιτευχθούν οι αναμενόμενοι περιβαλλοντικοί στόχοι. Αυτό συνεπάγεται ότι οποιαδήποτε απόκλιση από την ενιαία φορολογία δύναται να επιφέρει ένα επιπλέον κόστος. Ως εκ τούτου η διαφοροποιημένη φορολογία μεταξύ των διαφόρων τομέων της οικονομίας είναι η καλύτερη επιλογή (Bohringer and Rutherford, 2002).

Αυτός είναι ο λόγος που προτείνουμε την γενικευμένη  $\gamma$ -τάξεως Κανονική κατανομή (generalized  $\gamma$ -order Normal distribution) για την παρακάτω ανάλυσή μας. Αυτή η κατανομή στηρίζεται σε μια επιπλέον, σχηματική παράμετρο  $\gamma$ , η οποία κάτω από διαφορετικές τιμές του  $\gamma$  συμπίπτει με έναν αριθμό κατανομών που ήδη γνωρίζουμε. Ανάμεσα σε αυτές και καθώς θα δείξουμε στην περαιτέρω ανάλυσή μας, με  $\gamma=1$  είναι η Ομοιόμορφη κατανομή, με  $\gamma=2$  είναι η γνωστή Κανονική

Κατανομή και με  $\gamma = \infty$ , πρακτικά πολύ μεγάλο (ή πολύ μικρό) συμπίπτει με την κατανομή Laplace.

Οι προϋπάρχουσες φορολογικές στρεβλώσεις επηρεάζουν την απόδοση των πρόσφατων επιβληθέντων περιβαλλοντικών φόρων. Μεταξύ άλλων οι Bovenberg και van der Ploeg (1994), και Bovenberg και Goulder et al. (1996) πρότειναν ότι η φορολογική αλληλεπίδραση οδηγεί σε υψηλότερα κόστη απόδοσης την αποτελεσματικότητα της περιβαλλοντικής φορολογίας και οδηγεί στην δεύτερη – άριστη λύση, με τους φορολογικούς συντελεστές να είναι χαμηλότεροι από τους αντίστοιχους πικκουβιανούς. Παράλληλα, τα έσοδα που προκύπτουν από την επιβολή περιβαλλοντικών φόρων μπορούν να χρησιμοποιηθεί για να μειωθούν οι στρεβλώσεις των υφιστάμενων φόρων (Terkla 1984; Oates 1995) αντισταθμίζοντας με τον τρόπο αυτό μέρος από τις αλληλεπιδράσεις που μπορεί να υπάρχουν από τα αποτελέσματα των αρνητικών φόρων (Goulder 1995).

### **7.3 Ο σταθμισμένος διαφοροποιημένος φόρος απόστασης**

Στην συνέχεια θα προσδιορίσουμε το σταθμισμένο διαφοροποιημένο φόρο απόστασης (weighed location differential tax). Θεωρητικά ο φόρος αυτός θα είναι ένας μη- γραμμικός (αφού σε υψηλά επίπεδα ρύπων θα πρέπει να έχει ειδική φορολογία πχ. εκθετικά μεγαλύτερη και όχι γραμμική), μη –χρονικά σταθερός (ευνόητο ότι η ρύπανση δεν είναι χρονικά σταθερή, εξαρτάται πχ. από καιρικές συνθήκες, από το ύψος παραγωγής της προ έλεγχο μονάδος κλπ) φόρος ρύπου.

Ο νέος αυτός δείκτης περιβαλλοντικής μέτρησης και πολιτικής βασίζεται στην γενίκευση του διαφοροποιημένου φόρου (Halkos, 1993, 1994; Kim and Chang, 1993; Mc Kitrick, 1999) και αποτελεί μια άλλη οπτική στη διαφοροποιημένη φορολογία. Ο φόρος αυτός διαφοροποιείται ανάλογα με το «μέγεθος της απόστασης» από το κέντρο της ρύπανσης.

Η προσέγγισή μας βασίζεται στο σκεπτικό ότι γύρω από το κέντρο (την πηγή της ρύπανσης) η ρύπανση διανέμεται σύμφωνα με ένα (πιθανό) στατιστικό μοντέλο, σχετικό με την πραγματική κατάσταση. Σε αυτή την περίπτωση μπορεί να είναι ομοιόμορφα κατανομημένο δηλαδή σε μια απόσταση, αριστερά ή δεξιά από το κέντρο της ρύπανσης όπου η ρύπανση παραμένει σταθερή. Αυτό θα μπορούσε να είναι μια μαθηματική υπόθεση αλλά είναι δύσκολο να είναι αληθής.

Μια άλλη προσέγγιση είναι να εξετάσουμε μια κανονικά κατανομημένη ρύπανση, με το μέσο να είναι στο κέντρο της ρύπανσης. Σε αυτή την περίπτωση προσεγγίζουμε περίπου την τυπική απόκλιση η οποία συγκεντρώνει το 0.68 της ρύπανσης. Στις περιπτώσεις όπου η ρύπανση συγκεντρώνει 0.99, μπορούμε να θεωρήσουμε ένα διάστημα εμπιστοσύνης  $\pm 3\sigma$  (ή  $L = 6\sigma$ ) ως σημαντικό. Αυτή η υπόθεση θα μπορούσε να είναι αληθής καθώς οι ‘ουρές’ περιέχουν ένα πολύ μικρό επίπεδο πιθανότητας στο να επιτρέψουν την επίδραση της ρύπανσης.

Ομοίως η κατανομή Laplace μας προσφέρει την δυνατότητα να παρέχει ένα ‘ισχυρό’ κέντρο ρύπανσης και χοντρές ουρές. Αυτές οι τρεις κατανομές είναι ειδικές περιπτώσεις της  $\gamma$ -τάξεως Γενικευμένη Κανονική κατανομή<sup>8</sup>. Υπενθυμίζεται ότι η κανονική κατανομή,  $N(\mu, \sigma^2)$  με μέσο  $\mu$  και διασπορά  $\sigma^2$  ορίζεται ως :

$$f(x) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{1}{2}} \sigma} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2}(\chi - \mu)^2\right\} \quad (i)$$

Η γενίκευση της πολυμεταβλητής για μια πολυμεταβλητή τυχαία μεταβλητή με  $p$ -όρους, μέσο  $\mu$ , πίνακα συνδιακύμανσης  $\Sigma$  συγκρινόμενη με την σχέση (i) γίνεται :

$$\varphi(\chi) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{p}{2}} |\Sigma|^{\frac{1}{2}}} \exp\left\{-\frac{1}{2}(\chi - \mu)^T \Sigma^{-1}(\chi - \mu)\right\} \quad (ii)$$

Συμβολίζουμε με  $N_p(\mu, \Sigma)$ ,  $|\Sigma| = \det(\Sigma)$ .

Μια πιο γενική μορφή της πολυμεταβλητής κατανομής μελετήθηκε με μια επιπλέον παράμετρο σχήματος (shape parameter).

Οι Kitsos και Tavoularis (2009) εισήγαγαν μέσω των λογαριθμικών ανισοτήτων Sobolev (Logarithm Sobolev Inequalities), μια νέα οικογένεια πολυμεταβλητών κατανομών, την  $N_\gamma^p(\mu, \Sigma)$  που γενικεύει την Κανονική Κατανομή  $N^p(\mu, \Sigma)$  μέσω μιας επιπλέον παραμέτρου της τάξεως  $\gamma \in [0, 1]$ . Η νέα αυτή γενικευμένη Κανονική Κατανομή που συνήθως αναφέρεται και σαν Κανονική Κατανομή  $\gamma$ -τάξης, ορίζεται ως εξής:

Έστω  $f(x)$  η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας μιας τυχαίας μεταβλητής

$X \sim N_\gamma^p(\mu, \Sigma)$ . Τότε σε σχέση με την (ii) η  $f(x)$  ορίζεται σαν :

<sup>8</sup> Για περισσότερα Kitsos και Tavoularis (2009), Kitsos και Toulas (2010)

$$f_{\gamma}(x; \mu, \Sigma) = C_{\gamma}^p |\det \Sigma|^{\frac{1}{2}} \exp \left\{ -\frac{\gamma-1}{\gamma} [Q(x)]^{\frac{\gamma}{2(\gamma-1)}} \right\} \quad \text{με } x \in \mathbb{R}^p \quad (\text{iii})$$

Όπου  $Q(x) = (x - \mu)\Sigma^{-1}(x - \mu)^T$  όπως στην (ii) με παράγοντα κανονικοποίησης

$$C_{\gamma}^p = \pi^{-\frac{p}{2}} \frac{\Gamma(\frac{p}{2} + 1)}{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \left(\frac{\gamma-1}{\gamma}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \frac{1}{\Gamma(\frac{p}{\gamma} + 1)} \quad (\text{iv})$$

Όπου αν θέσουμε  $\gamma=2$  δηλαδή  $N_2^p(\mu, \Sigma)$  έχουμε:

$$\begin{aligned} C_2^p &= \pi^{-\frac{p}{2}} \frac{\Gamma(\frac{p}{2} + 1)}{\Gamma(\frac{p}{2} + 1)} \left(\frac{1}{2}\right)^p = \\ &= (2\pi)^{-\frac{p}{2}} = \frac{1}{2\pi^{\frac{p}{2}}} \end{aligned} \quad (\text{v})$$

### Θεώρημα 1

Αποδεικνύεται ότι η  $\gamma$ -ordered Normal κατανομή  $N_{\gamma}^p(\mu, \Sigma)$  για τις τιμές του  $\gamma=1, 2^{\pm\infty}$  συμπίπτει με :

$$N_{\gamma}^p(\mu, \Sigma) = \begin{cases} D^p(\mu) & \gamma = 0 \quad p = 1, 2 \quad \text{Dirac distribution} \\ U^p(\mu, \Sigma) & \gamma = 1 \quad \text{Uniform distribution} \\ N^p(\mu, \Sigma) & \gamma = 2 \quad \text{Normal distribution} \\ L^p(\mu, \Sigma) & \gamma = \pm\infty \quad \text{Laplace distribution} \end{cases}$$

Απόδειξη : (Kitsos, Toulas, Trandafir (2012) σελ. 52)

Σε αυτή τη συγκεκριμένη κατανομή, η τρίτη παράμετρος, η ονομαζόμενη παράμετρος σχήματος, την οποία αποκαλούμε  $\gamma$ , παίρνει όλες τις πραγματικές τιμές εκτός από αυτές που βρίσκονται στο διάστημα  $[0,1]$ , προσφέροντας έναν αριθμό διαφορετικών κατανομών κυρίως με ενισχυμένες ουρές. Με την τιμή  $\gamma=1$ , μετατρέπεται στην Ομοιόμορφη κατανομή, με την τιμή  $\gamma=2$  στην Κανονική κατανομή και με την τιμή του  $\gamma$  να τείνει στο άπειρο, πρακτικά πολύ μεγάλο, οδηγούμαστε στην

κατανομή Laplace. Στην Πρόταση 1, της ενότητας 4, υπολογίζουμε το συνολικό (κοινωνικό) κόστος ρύπανσης ( total pollution cost, TPC).

Στην συνέχεια, έχοντας την αναμενόμενη τιμή (expected value) και την διακύμανση (variance) του συνολικού κόστους ρύπανσης,  $E(TPC)$  και  $Var(TPC)$ , σχεδόν 95% του διαστήματος εμπιστοσύνης (confidence intervals, CI), μπορεί να κατασκευαστεί, το οποίο είναι ακριβές, μόνο στην περίπτωση της Κανονικής κατανομής. Δηλαδή:

$$CI(TPC) = ( E(TPC) - 2 (Var(TPC))^{0.5} , E(TPC) + 2(Var(TPC))^{0.5} ) \quad (1)$$

Το μήκος αυτού του .95 διαστήματος εμπιστοσύνης είναι  $L=4[Var(TPC)]^{0.5}$ . Ομοίως και στην περίπτωση ενός 99% CI, όπως αναφέραμε, εργαζόμαστε με την 'απόσταση'  $D$  των παραμέτρων  $\pm 3 \sigma$  (ή  $6 \sigma$ ) CI με  $D=6[Var(TPC)]^{0.5}$ , ένα είδος Κριτηρίου Ποιοτικού Ελέγχου (Quality Control criterion) της ρύπανσης. Πόσο δηλαδή μακριά από το κέντρο της ρύπανσης μολύνεται η περιοχή με πιθανότητα 99%.

Όταν η ρύπανση είναι στο βέλτιστο επίπεδο, τότε το βέλτιστο μήκος όπως προαναφέραμε θα είναι  $L^*$  ή  $D^*$ . Επομένως η αναλογία

$$\Delta(Tax) = \frac{L}{L^*} \quad \text{ή} \quad \Delta(Tax) = \frac{D}{D^*} \quad (2)$$

είναι σημαντική και αποτελεί έναν δίκαιο δείκτη προκειμένου να μας παρέχει ένα σταθμισμένο διαφοροποιημένο φόρο απόστασης, καθώς η περίπτωση  $\Delta(Tax) > 1$ , πρόκειται να αντιμετωπίσει το υπάρχον φορολογικό σύστημα. Η φορολογική επιβάρυνση θα καθορίζεται από τη σχέση (2), η οποία εξαρτάται από το βέλτιστο επίπεδο της ρύπανσης  $L^*$  ή  $D^*$  με βάση την επιλογή της κατάλληλης νέας τεχνολογίας  $X$  και το αντίστοιχο TPC. Πιο απλά, με  $L^*$  και  $D^*$  συμβολίζουμε τις βέλτιστες περιπτώσεις όπου η διακύμανση του TPC, που μας δείχνει την μεταβολή της ρύπανσης είναι αυτή που αναμένουμε και κατά συνέπεια, τα όρια εμπιστοσύνης είναι επίσης τα αναμενόμενα.  $L$  και  $D$  μπορεί να είναι το πραγματικό μήκος των διαστημάτων εμπιστοσύνης για 95% και 99% αντίστοιχα.

Αυτή είναι η αναλογία καθώς η σχέση (2) παρέχει στους ερευνητές έναν δείκτη προσαρμογής της φορολογίας για τη ρύπανση. Εάν το εκτιμώμενο σε κάθε περίπτωση  $L$  και  $D$  είναι μικρότερο από το βέλτιστο τότε ο φόρος επιβάρυνσης θα



είναι μικρότερος. Με τον τρόπο αυτό, μία πηγή ρύπανσης (βιομηχανία, επιχείρηση, κλπ) έχει κίνητρο να αναζητήσει πιο αποτελεσματικές μεθόδους ελέγχου.

Η ιδέα αυτή μπορεί ακόμα να υιοθετηθεί όταν το κέντρο της ρύπανση (που είναι η σημειακή πηγή της ρύπανσης) μπορεί να κινείται, όπως ένα αεροπλάνο ή ένα πλοίο. Σε μια τέτοια περίπτωση γύρω από το κέντρο της ρύπανσης μια "σφαίρα" ρύπανσης δημιουργείται της μορφής :

$$(x-a)^2 + (y-b)^2 + (z-c)^2 = R^2 \quad (3)$$

Όπου  $R$  είναι η ακτίνα της σφαίρας και  $K(a,b,c)$  το κέντρο της ρύπανσης. Αν  $R > R^*$ , με το  $R^*$  να είναι η βέλτιστη ακτίνα ρύπανσης, απαιτείται ένα σταθμισμένος διαφοροποιημένος φόρος απόστασης, υπό την έννοια ότι μια ακτίνα της ρύπανσης  $R$  είναι αποδεκτή, με βάση την υπάρχουσα τεχνολογία, αλλά πέρα από εκεί υπάρχει πρόβλημα. Στην συνέχεια, στην ενότητα 4, θα προχωρήσουμε στην εκτίμηση της αναμενόμενης τιμής και της διακύμανσης του συνολικού κόστους ρύπανσης.

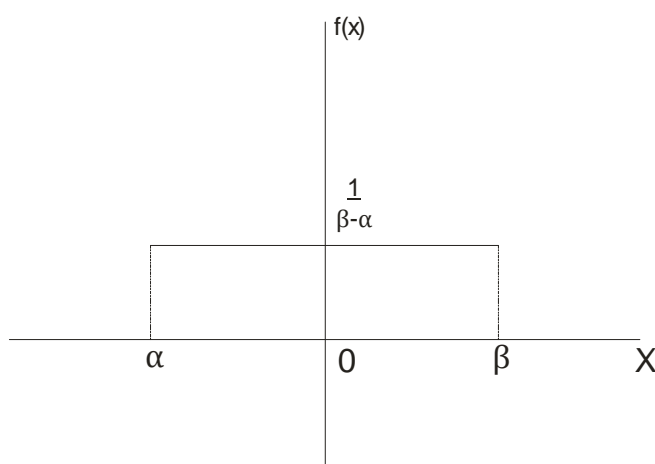
#### 7.4 Χρήση κατάλληλης κατανομής

Η στοχαστική μεταβλητή (stochastic variable)  $X$  –αποτέλεσμα της διαδικασίας έρευνας και ανάπτυξης (R&D) - είναι ομοιόμορφα κατανομημένη στο διάστημα

$\left[ \frac{1}{2} - \delta, \frac{1}{2} + \delta \right]$ . Υπενθυμίζεται ότι :

Η συνεχής ομοιόμορφη κατανομή μπορεί να παρασταθεί γραφικά όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 7.1:

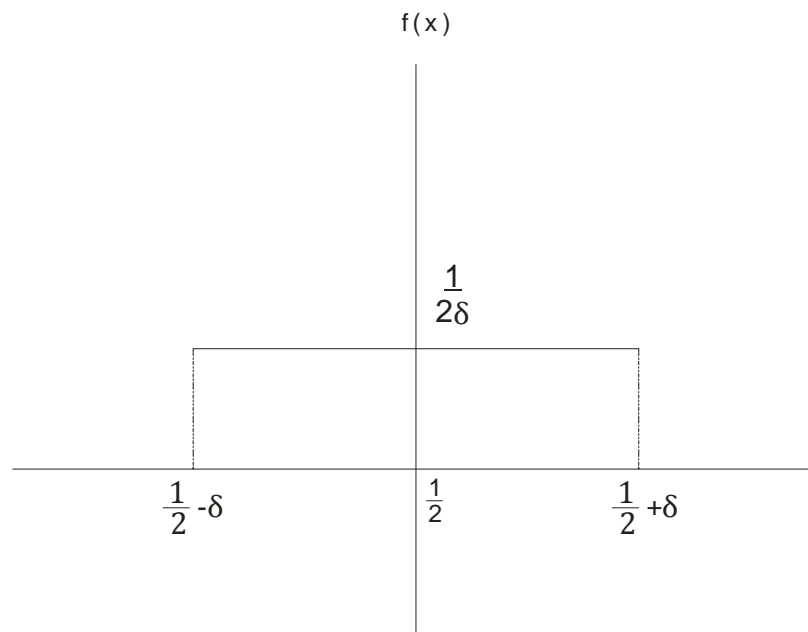
Σχήμα 7.1: Ομοιόμορφη κατανομή



Θεωρούμε ότι η υπό μελέτη μεταβλητή TPC προέρχεται από την ομοιόμορφη, δηλαδή  $u(\frac{1}{2}-\delta, \frac{1}{2}+\delta)$ , σε σχέση με τα προηγούμενα  $\alpha = \frac{1}{2}-\delta$ ,  $\beta = \frac{1}{2}+\delta$ .

Η γραφική παράσταση της  $f(x) = \frac{1}{2\delta}$  με  $\mu = \frac{1}{2}$  και  $\sigma = \delta$  είναι όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 7.2:

**Σχήμα 7.2:** Ομοιόμορφη κατανομή με  $\mu = \frac{1}{2}$  και  $\sigma = \delta$



$$\text{Έχουμε } f(x) = \frac{1}{2\delta} \text{ με } X \in \left[ \frac{1}{2} - \delta, \frac{1}{2} + \delta \right] \quad (4)$$

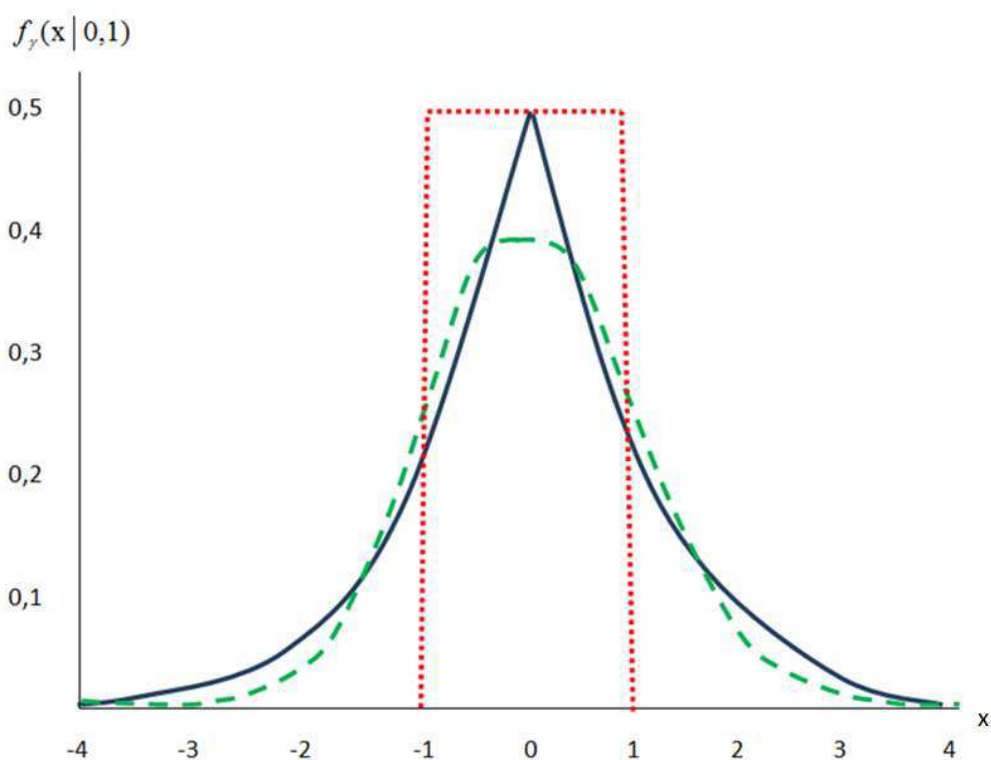
Από τον ορισμό της αναμενόμενης τιμής το κοινωνικό κόστος ρύπανσης για το γραμμικό φόρο,  $E[TPC_t]$  είναι ίσο με

$$E(PSC_t) = \int_{\frac{1}{2}-\delta}^{\frac{1}{2}+\delta} TPC f(x) dx.$$

Κάθε γενική μορφή του  $TPC = (\kappa X + \lambda)^2$  παρουσιάζει την κατάλληλη περιοχή για τον TPC. Ο υπολογισμός της αναμενόμενης τιμής χρειάζεται στην ανάλυση μας καθώς μπορεί να είναι κανονική με γνωστές τις ουρές ή ‘αιχμηρές’ ή γύρω από το ‘κέντρο’ με ‘ενισχυμένες ουρές’. Για αυτό το λόγο, χρησιμοποιείται η  $\gamma$ -τάξεως γενικευμένη κανονική κατανομή, ως επέκταση της ομοιόμορφης κατανομής. Η

αναμενόμενη τιμή του TPC υπολογίζεται, και βλέπουμε ότι η κατανομή δεν είναι μόνο η Ομοιόμορφη αλλά η  $N_{\gamma}(\mu, \Sigma)$ . Το σχήμα 7.3 απεικονίζει αυτή την γενίκευση και παρουσιάζει την σχέση ανάμεσα στην Ομοιόμορφη, την Κανονική και την Laplace. Αυτή η κατανομή αφορά έναν αριθμό άλλων κατανομών οι οποίες είναι με ‘ενισχυμένες’ ουρές<sup>9</sup> και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες οικονομικές αναλύσεις, όπως για παράδειγμα στις χρηματιστηριακές αγορές. Έτσι, τα ακόλουθα αποτελέσματα προτείνονται για  $(\kappa X + \lambda)^2$  και με  $f_{\gamma}(\chi; \mu \Sigma)$  X να αντιπροσωπεύει την τυχαία μεταβλητή της καινοτομίας.

**Σχήμα 7.3:** Γραφική παράσταση της σχέσης ανάμεσα σε Ομοιόμορφη, Κανονική και Laplace



**Πρόταση 1:** Αν  $X \square N_{\gamma}(\mu, \sigma^2)$  ισχύει :

<sup>9</sup> Αυτός είναι ο λόγος που αναφερόμαστε σε «μια οικογένεια κατανομών».

$$E[(\kappa X + \lambda)^2] = \left(\frac{\gamma}{\gamma-1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \frac{\Gamma(3\frac{\gamma-1}{\gamma})}{\Gamma(\frac{\gamma-1}{\gamma})} (\kappa\delta)^2 + \kappa\mu(\kappa\mu + 2\lambda) + \lambda^2 \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{Var}((\kappa X + \lambda)^2) &= \left(\frac{\gamma}{\gamma-1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} (\kappa\delta)^4 \left[ \frac{\Gamma(5\frac{\gamma-1}{\gamma})}{\Gamma(\frac{\gamma-1}{\gamma})} - 4 \frac{\Gamma^2(3\frac{\gamma-1}{\gamma})}{\Gamma^2(\frac{\gamma-1}{\gamma})} \right] - (\kappa\mu)^3 (\kappa\mu + 4\lambda) \\ &\quad + 2(\kappa\delta)^2 [2\lambda^2 - (\kappa\mu)^2 - 2\kappa\lambda\mu] \left(\frac{\gamma}{\gamma-1}\right)^{\frac{2\gamma-1}{\gamma}} \frac{\Gamma(3\frac{\gamma-1}{\gamma})}{\Gamma(\frac{\gamma-1}{\gamma})} \end{aligned} \quad (6)$$

**Απόδειξη:** Έχουμε:

$$E[(\kappa X + \lambda)^2] = \kappa^2 E[X^2] + 2\kappa\lambda E[X] + \lambda^2 = \kappa^2 (\text{Var}(X) + E^2[X]) + 2\kappa\lambda E[X] + \lambda^2,$$

Υποθέτοντας  $X \sim N_{\gamma}(\mu, \delta^2)$  και χρησιμοποιώντας τη διακύμανση της  $\gamma$ -order Normal distribution, (δες Kitsos and Toulas, 2010) έχουμε

$$E[(\kappa X + \lambda)^2] = \kappa^2 (\text{Var}(X) + \mu^2) + 2\kappa\lambda\mu + \lambda^2.$$

Για την διακύμανση του  $Y = (\kappa X + \lambda)^2$  έχουμε

$$\begin{aligned} \text{Var}(Y) &= E[Y^2] - E^2[Y] = E[(\kappa X + \lambda)^4] - E^2[(\kappa X + \lambda)^2] = \\ &= \kappa^4 E[X^4] + 4\kappa^3\lambda E[X^3] + 6(\kappa\lambda)^2 E[X^2] + 4\kappa\lambda^3 E[X] + \lambda^4 - E^2[(\kappa X + \lambda)^2] = \\ &= \kappa^4 \text{Kurt}(X) \text{Var}^2(X) + 6(\kappa\lambda)^2 \text{Var}(X) + 6(\kappa\lambda\mu)^2 + 4\kappa\lambda^3\mu + \lambda^4 - E^2[(\kappa X + \lambda)^2] \end{aligned}$$

Καθώς  $E[X^3] = 0$  ( $N_{\gamma}(\mu, \delta^2)$  είναι συμμετρική κατανομή (δηλαδή έχει μηδενική λοξότητα), η παραπάνω εξίσωση μπορεί να γραφτεί διαδοχικά ως:

$$\begin{aligned} \text{Var}(Y) &= \kappa^4 \text{Kurt}(X) \text{Var}^2(X) + 6(\kappa\lambda)^2 \text{Var}(X) + 6(\kappa\lambda\mu)^2 + 4\kappa\lambda^3\mu + \lambda^4 \\ &\quad - \left[ \kappa^2 (\text{Var}(X) + \mu^2) + 2\kappa\lambda\mu + \lambda^2 \right]^2 = \\ &= \kappa^4 \text{Kurt}(X) \text{Var}^2(X) + 6(\kappa\lambda)^2 \text{Var}(X) + 6(\kappa\lambda\mu)^2 + 4\kappa\lambda^3\mu + \lambda^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& -\kappa^4 (\text{Var}(X) + \mu^2)^2 - 4(\kappa\lambda\mu)^2 - \lambda^4 \\
& -4\kappa^3\lambda\mu(\text{Var}(X) + \mu^2) - 2(\kappa\lambda)^2 (\text{Var}(X) + \mu^2) - 4\kappa\lambda^3\mu = \\
& = \kappa^4 \text{Kurt}(X) \text{Var}^2(X) + 6(\kappa\lambda)^2 \text{Var}(X) + 6(\kappa\lambda\mu)^2 + 4\kappa\lambda^3\mu + \lambda^4 \\
& -\kappa^4 \text{Var}^2(X) - (\kappa\mu)^4 - 2\kappa^4\mu^2 \text{Var}(X) - 4(\kappa\lambda\mu)^2 - \lambda^4 \\
& -4(\kappa\mu)^3\lambda - 4\kappa^3\lambda\mu \text{Var}(X) - 2(\kappa\lambda)^2 \text{Var}(X) - 2(\kappa\lambda\mu)^2 - 4\kappa\lambda^3\mu
\end{aligned}$$

Και έτσι

$$\text{Var}(Y) = \kappa^4 [\text{Kurt}(X) - 1] \text{Var}^2(X) + [4(\kappa\lambda)^2 - 2\kappa^4\mu^2 - 4\kappa^3\lambda\mu] \text{Var}(X) - (\kappa\mu)^3 (\kappa\mu + 4\lambda)$$

Επειδή  $X \sim N_\gamma(\mu, \delta^2)$ , η παραπάνω εξίσωση μπορεί να γραφτεί τελικά υπό τη μορφή της (6) με τη χρήση της διακύμανσης και την κυρτότητα της  $\gamma$ -τάξης Κανονικής κατανομής (για περισσότερες λεπτομέρειες δείτε Kitsos και Toulas, 2010).

Με διαφορετικές τιμές του  $\kappa$  και  $\lambda$  μια σειρά υπολογισμών για το αντίστοιχο TPC μπορούν να ληφθούν. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε μια σειρά από παραδείγματα.

**Παράδειγμα 1:** Υποθέτουμε ότι  $\text{TPC} = (1/4 - 3/8X)^2$ . Ισχύει:

$$E[\text{TPC}_{\hat{t}_i;\gamma}] = \frac{1}{4} + 9\left(\frac{\gamma}{\gamma-1}\right)^{\frac{2\gamma-1}{\gamma}} \frac{\Gamma(3\frac{\gamma-1}{\gamma})}{\Gamma(\frac{\gamma-1}{\gamma})} \delta \quad (7)$$

$$\text{Var}\left(\text{TPC}_{\hat{t}_i;\gamma}\right) = \begin{cases} 13\frac{27}{4} + 318\delta - \frac{11}{45}(36\delta)^2, & \gamma = 1, \\ 13\frac{27}{4} + 954\delta - (18\delta)^2, & \gamma = 2, \\ 13\frac{27}{4} + 1908\delta + 2(6\delta)^2, & \gamma = \pm\infty. \end{cases} \quad (8)$$

**Παράδειγμα 2:** Βάσει του παραδείγματος 1, για το συγκεκριμένο TPC, ισχύει ότι η αναμενόμενη τιμή και η διακύμανση του TPC μπορεί να υπολογιστεί για την ομοιόμορφη κατανομή, την κανονική και την Laplace ως :

$$E[\text{TPC}_{\hat{t}_i;\gamma}] = \begin{cases} \frac{1}{4} + 3\delta, & \gamma = 1, \\ \frac{1}{4} + 9\delta, & \gamma = 2, \\ \frac{1}{4} + 18\delta, & \gamma = \pm\infty, \end{cases} \quad (9)$$

$$\text{Var}(TPC_{t_i;\gamma}) = \begin{cases} 13\frac{27}{4} + 318\delta - \frac{11}{45}(36\delta)^2, & \gamma = 1, \\ 13\frac{27}{4} + 954\delta - (18\delta)^2, & \gamma = 2, \\ 13\frac{27}{4} + 1908\delta + 2(6\delta)^2, & \gamma = \pm\infty. \end{cases} \quad (10)$$

**Παράδειγμα 3:** Από την (9) προφανώς ισχύει ότι η ποσότητα  $E[TPC_{t_i;\gamma}]$  στην περίπτωση της ομοιόμορφης κατανομής είναι μικρότερη από την αντίστοιχη κανονική κατανομή που είναι μικρότερη από την αντίστοιχη Laplace κατανομή. Δηλαδή:

$$E[TPC_{t_i;1}] < E[TPC_{t_i;2}] < E[TPC_{t_i;\pm\infty}]$$

Από την (10) και για  $0 < \delta < 49.074$  ισχύει :

$$\text{Var}^U(\text{TPC}) < \text{Var}^N(\text{TPC}) < \text{Var}^L(\text{TPC})$$

#### 7.4.1 Υπολογίζοντας τις διαφορές στις διακυμάνσεις:

Υπολογίζοντας την διαφορά ανάμεσα στην διακύμανση της ομοιόμορφης, της κανονικής και της κατανομής Laplace, μπορούμε να δούμε ποια είναι θετική ή αρνητική, ώστε να αναδιατάξουμε την σειρά μεταξύ τους.

(A) Ανάμεσα σε Ομοιόμορφη και Κανονική (υπολογίζουμε τη διαφορά από τη σχέση (10))

$$12.96\delta^2 - 636\delta = 0 \Leftrightarrow \delta(12.96\delta - 636) = 0 \Leftrightarrow \begin{cases} \delta = 0 \\ \delta = \frac{636}{12.96} = 49.074 \end{cases}$$

$$U - N = \begin{cases} > 0 & \delta < 0, \delta > 49.074 \\ < 0 & 0 < \delta < 49.074 \end{cases}$$

Η κανονική κατανομή είναι μεγαλύτερη από την ομοιόμορφη όταν  $\delta \in (0, 49.074)$ , Διαφορετικά, όταν  $\delta > 49.074$ , η ομοιόμορφη κατανομή του TPC είναι μεγαλύτερη από την κανονική κατανομή.

$$\text{Var}^U(\text{TPC}) < \text{Var}^N(\text{TPC})$$

$$0 < \delta < 49.074$$

(B) Ανάμεσα στην Laplace και την κανονική (υπολογίζουμε την διαφορά από την σχέση (10))

$$-954\delta - 396\delta^2 = 0$$

$$\delta(396\delta + 954) = 0 \Leftrightarrow \begin{cases} \delta = 0 \\ \delta = -\frac{954}{396} = -2.40 \end{cases}$$

$$N - L = \begin{cases} < 0 & \delta \in (-2.40, 0) \\ > 0 & \delta < -2.40 \quad \text{or} \quad \delta > 0 \end{cases}$$

Επειδή το  $\delta$  το παίρνουμε πάντα θετικό ενδιαφερόμαστε για την περίπτωση όπου  $\delta > 0$ , έτσι η κανονική κατανομή είναι μεγαλύτερη από την κατανομή Laplace.

$$\text{Var}^N(\text{TPC}) < \text{Var}^L(\text{TPC})$$

(C) Ανάμεσα στην ομοιόμορφη και τη Laplace (υπολογίζουμε τη διαφορά από τη σχέση (10))

$$-1590\delta - 383.04\delta^2$$

$$= -\delta(383.04\delta + 1590) \Leftrightarrow \begin{cases} \delta = 0 \\ \delta = -\frac{1590}{383.04} = -4.15 \end{cases}$$

$$U - L = \begin{cases} > 0 & \delta \in (-4.15, 0) \\ < 0 & \delta < -4.15 \quad \text{or} \quad \delta > 0 \end{cases}$$

Έτσι, για  $\delta > 0$ , το TPC της Ομοιόμορφης κατανομής είναι μικρότερο από την κατανομή Laplace.

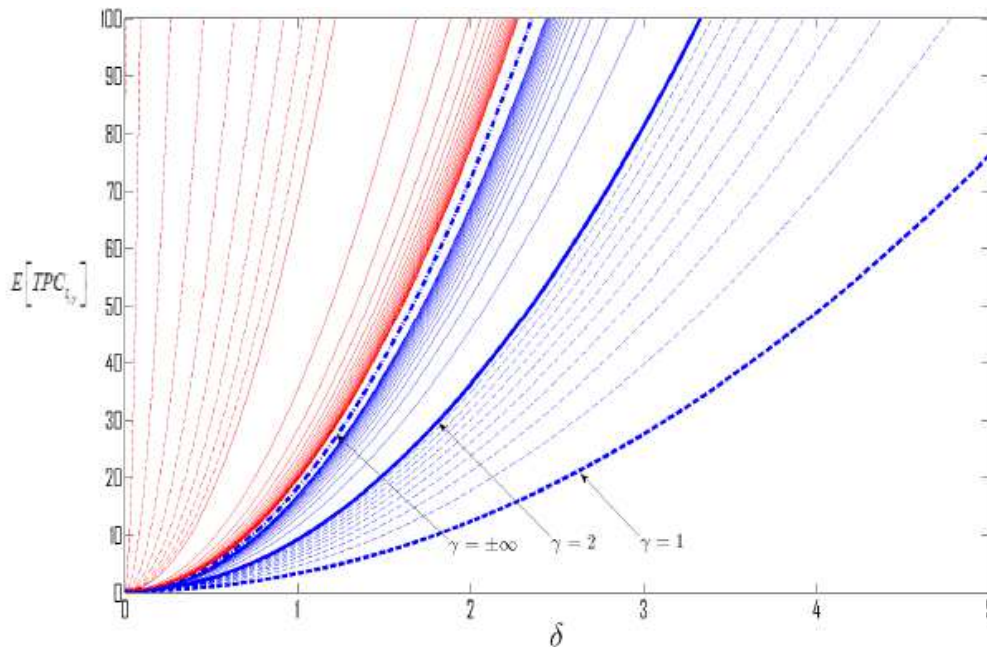
$$\text{Var}^U(\text{TPC}) < \text{Var}^L(\text{TPC})$$

Από (A), (B) και (C) έχουμε ότι για  $0 < \delta < 49.074$  ισχύει:

$$\text{Var}^U(\text{TPC}) < \text{Var}^N(\text{TPC}) < \text{Var}^L(\text{TPC})$$

Στο Σχήμα 7.4 απεικονίζεται ότι για  $\gamma=1$  (η περίπτωση της ομοιόμορφης) η αναμενόμενη τιμή είναι μικρότερη από την περίπτωση όπου  $\gamma=2$  (η περίπτωση της κανονικής) και πιο επίπεδη συγκριτικά με τις δύο άλλες περιπτώσεις. Ομοίως, τα αποτελέσματα από την σύγκριση ανάμεσα στο  $\gamma=2$  (κανονική) και  $\gamma = \pm\infty$  (Laplace) δείχνουν ότι η Laplace είναι πιο απότομη σε σχέση με τις άλλες. Αυτό σημαίνει ότι αλλάζοντας το  $D$ , η αναμενόμενη τιμή του TPC στην περίπτωση της ομοιόμορφης κατανομής είναι πιο σταθερή συγκριτικά με τις άλλες περιπτώσεις. Με τη Laplace, να είναι η πιο ευαίσθητη στην αλλαγή της παραμέτρου  $\delta$ , μια μικρή αλλαγή στην  $\delta$  προκαλεί μια απότομη αλλαγή στην αναμενόμενη τιμή.

**Σχήμα7.4 :** Γραφική παράσταση της  $E[\text{TPC}_{t,\gamma}] = E(1/4 - 3/8X)^2$  με  $X_\gamma \square N_\gamma(\mu, \delta^2)$  ως συνάρτηση της κλίμακας παραμέτρου  $\delta$  για διαφορετικές τιμές της παραμέτρου  $\gamma$  (το μπλε είναι για  $\gamma \geq 1$  ενώ το κόκκινο είναι για  $\gamma < 0$  )





## 7.5 Συμπεράσματα

Οι περιβαλλοντικοί φόροι πρέπει να είναι ανάλογοι με το μέγεθος των ρύπων και των περιβαλλοντικών ζημιών που προκαλούν. Χωρίς την κυβερνητική παρέμβαση οι χώρες (επιχειρήσεις) από μόνες τους δεν είναι σε θέση να λάβουν υπόψη την περιβαλλοντική ζημία που προκαλούν, είτε στην περίπτωση της διασυνοριακής ρύπανσης (ως ρύπανσης ροής) είτε στην περίπτωση της αποθεματικής ρύπανσης (stock pollution).

Για παράδειγμα, οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου από μία οπτική μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στις παγκόσμιες κλιματικές αλλαγές. Ο τρόπος αντιμετώπισης του προβλήματος είναι η άμεση φορολόγηση των περιβαλλοντικών κοστών ζημίας ανάλογα με τις ζημίες που προκαλούν.

Συγκεκριμένα στο κεφάλαιο αυτό εξετάσαμε την ύπαρξη μιας γενικής κατανομής. Η τυχαία μεταβλητή  $X$  της καινοτόμου νέας τεχνολογίας που χρησιμοποιήθηκε από την επιχείρηση είχε ως αποτέλεσμα το TPC να ακολουθήσει τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις στην ανάλυση μας: μια ομοιόμορφη προσέγγιση της ρύπανσης γύρω από το κέντρο της ρύπανσης (με τη υιοθέτηση των νέων τεχνολογιών), μια κανονική, που είναι το μεγαλύτερο μέρος της ρύπανσης γύρω από το κέντρο, και ένα 'απότομο' τμήμα γύρω από το κέντρο της ρύπανσης, δηλαδή την κατανομή Laplace.

Εξαιτίας αυτής της γενικής κατανομής, εισαγάγαμε και προτείναμε το σταθμισμένο διαφοροποιημένο φόρο απόστασης (weighted location differential tax). Ο φόρος αυτός διαφοροποιείται ανάλογα με το «μέγεθος της απόστασης» από το κέντρο της ρύπανσης δηλαδή πόσο μακριά από την πηγή συγκέντρωσης της ρύπανσης η περιοχή έχει ρυπανθεί. Δηλαδή εξαρτάται από την επιλογή της κατανομής της (στοχαστικής) μεταβλητής του TPC.

Σε αυτό το κεφάλαιο δείξαμε ότι η εφαρμογή της  $\gamma$ -τάξεως γενικευμένης κανονικής κατανομής παρέχει τη δυνατότητα στον ερευνητή να επιλέξει ανάμεσα σε τρεις κατανομές: την ομοιόμορφη, την κανονική και την Laplace. Η απόφαση εξαρτάται ακόμα από την τιμή του  $\delta$  που επιλέγουμε στο πρώτο βήμα – 'πόσο μακριά' από το 'περιοχή της ρύπανσης' θα βρεθούμε. Επίσης είναι σημαντική η ερώτηση 'Ποιό είναι το σχήμα της κατανομής που ακολουθείται'; Αυτός είναι ο λόγος που η  $E(\text{TPC})$  μπορεί να σχετίζεται με την κατάλληλη διασπορά  $\text{Var}(\text{TPC})$ , έτσι ώστε κατά προσέγγιση .95 διάστημα εμπιστοσύνης της μορφής

$E(TPC \pm 2\sqrt{Var(TPC)})$  να μπορεί να υπολογιστεί., ενώ για .99 διάστημα εμπιστοσύνης ο συντελεστής 2 αντικαθίσταται από τον 3.

Καθώς το TPC εμπεριέχει το κοινωνικό κόστος που είναι σχετικό με τη ρύπανση, η μεγαλύτερη αναμενόμενη τιμή θα πρέπει να συνδέεται με υψηλότερη φορολογία υπό έναν σταθμισμένο φόρο απόστασης. Επιπλέον καθώς όσο μεγαλύτερη η διακύμανση τόσο μεγαλύτερη η έκταση της περιοχής που ρυπαίνεται, κατ' επέκταση η επίδραση στην κοινωνία και το εύρος εφαρμογής του φόρου.

Λόγω της δυσκολίας στην ύπαρξη αξιόπιστων εκτιμήσεων για το άμεσο κόστος, η προσέγγιση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διάφορα σενάρια ευαισθησίας προκειμένου να αντλήσουμε πληροφορίες για τις έμμεσες επιπτώσεις των αποθέσεων (για παράδειγμα δεξ Kamari et al., 1992). Είναι εφικτό κάθε χώρα να μπορεί να προσδιορίσει τις ανάγκες κάποιας περιοχής με βάση διάφορα οικολογικά κριτήρια όπως είναι η γεωλογία, η βλάστηση, ο τύπος του εδάφους, τα επίπεδα των βροχοπτώσεων κ.α. Για παράδειγμα οι αποθέσεις των οξειδίων ποικίλουν σημαντικά ανάλογα με τον τόπο και το χρόνο.

Εάν δεν λάβουμε υπόψη τη σχέση μεταξύ της πηγής και της απόστασης απόθεσης τότε η εξέταση της εξωτερικότητας που δημιουργείται δεν θα είναι αξιόπιστη. Η εξωτερικότητα μελετάται από την κατάλληλη θεώρηση του συντελεστή μεταφοράς (transfer coefficient) ο οποίος παρέχεται από το EMEP (European Monitoring and Evaluation Program) στην περίπτωση προβλημάτων διασυνοριακής ρύπανσης.

Στη συνέχεια χρησιμοποιούνται μαθηματικά μοντέλα προκειμένου να βοηθήσουν τους φορείς χάραξης πολιτικής να καθορίσουν τις απαραίτητες βέλτιστες μειώσεις των ρύπων για κάθε πηγή ρύπανσης (χώρα) ή ανάλογα με τα όρια ευαισθησίας του εκάστοτε οικοσυστήματος.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

### Συμπεράσματα και προτεινόμενες πολιτικές

---

Η ανάλυση της αποτελεσματικότητας των περιβαλλοντικών προγραμμάτων και κανονισμών απαιτεί τη σύγκριση των ζημιών με τα κόστη ελέγχου που συνδέονται με την μείωση των διαφορετικών ρυπαντών. Αξίζει να αναφέρουμε, πως παρόλο που υπάρχει μια προφανής αβεβαιότητα (uncertainty) στα κόστη ζημίας, δεν μπορούμε να αγνοούμε την αβεβαιότητα που υπάρχει επίσης και στην συνάρτηση του κόστους ελέγχου, λόγω του ελέγχου της αποτελεσματικότητας που διαφέρει μεταξύ των χωρών και μεταξύ των πολιτικών που υιοθετούν.

Η τυπική προσέγγιση προκειμένου να προσδιορίσουμε το βέλτιστο επίπεδο της ρύπανσης είναι να εξισώσουμε τις οριακές ζημίες μιας επιπλέον μονάδας της ρύπανσης με το αντίστοιχο οριακό κόστος καταπολέμησης. Ένα αποτελεσματικό επίπεδο των ρύπων μεγιστοποιεί το καθαρό όφελος το οποίο είναι η διαφορά ανάμεσα στα κόστη ελέγχου και τα κόστη ζημίας. Ως εκ τούτου, ο προσδιορισμός αυτού του αποτελεσματικού επιπέδου, δείχνει το επίπεδο μεγιστοποίησης του οφέλους, το οποίο είναι το επίπεδο παραγωγής που προκύπτει αν το εξωτερικό κόστος εσωτερικευθεί πλήρως.

Σε αυτή τη διδακτορική διατριβή το αντίστοιχο βέλτιστο σημείο κόστους και οφέλους υπολογίστηκε αναλυτικά. Δείξαμε ότι είναι εφικτό στις περιπτώσεις της γραμμικής και δευτεροβάθμιας συνάρτησης ενώ στην εκθετική περίπτωση μόνο κατά προσέγγιση μπορούμε να λάβουμε τις τιμές. Ο υπολογισμός της ΒΑ επίσης αναλύθηκε και διαφορετικές μορφές για αυτή την περιοχή υπολογίστηκαν για διαφορετικές πολιτικές. Το βέλτιστο επίπεδο επίσης υπολογίστηκε.

Δείξαμε ότι το βέλτιστο επίπεδο της ρύπανσης μπορεί να υπολογιστεί κάτω από συγκεκριμένες καταστάσεις. Συγκεκριμένα, απαιτείται ότι σε όλες τις περιπτώσεις  $\gamma_0 > \beta_0$  αν υποθέσουμε ότι η MAC είναι αύξουσα συνάρτηση και η MD φθίνουσα. Στις περιπτώσεις όπου είναι και οι δυο γραμμικές ή και οι δυο δευτεροβάθμιες συναρτήσεις έχουμε  $\gamma_1 > \beta_1$ . Δηλαδή η κλίση της συνάρτησης οφέλους πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την οριακή κόστους ελέγχου στο επίπεδο  $\chi=0$ . Για τη δευτεροβάθμια περίπτωση απαιτείται ότι  $\beta_2 > 0$  ενώ για την εκθετική περίπτωση  $\beta_0, \beta_1 > 0$ . Και η εκθετική και η δευτεροβάθμια περίπτωση υπακούουν

στην ίδια μορφή του υπολογισμού της BA. Από τα εμπειρικά μας συμπεράσματα φαίνεται ότι ο υπολογισμός της 'βαθμονόμησης' της BA όπως ερευνήθηκε, παρέχει ένα δείκτη σύγκρισης μεταξύ διαφορετικών πολιτικών που υιοθετούνται από διαφορετικές χώρες με βάση το πόσο μεγάλη βαθμονομημένη περιοχή ωφέλειας τελικά προσφέρεται. Με αυτό τον τρόπο, η σύγκριση διαφορετικών πολιτικών μπορεί να πραγματοποιηθεί. Σίγουρα η πολιτική με την μέγιστη περιοχή ωφέλειας είναι η καλύτερη και αυτή με την μικρότερη είναι η χειρότερη. Ο δείκτης BA<sup>C</sup> προσφέρει ένα μέτρο για να συγκρίνουμε τις πολιτικές.

Ένα σημαντικό συμπέρασμα (στην περίπτωση της διασυνοριακής ρύπανσης) είναι ότι οι μεγάλες βιομηχανικές 'βόρειες' χώρες φαίνεται να έχουν μια πολύ μεγάλη BA. Από την άλλη πλευρά οι 'νότιες' κοντά στη θάλασσα χώρες έχουν μικρή BA.

Τα εμπειρικά αποτελέσματα που εξαγάγαμε είναι ενδεικτικά και πολύ ευαίσθητα στις παραδοχές της βαθμονόμησης. Οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων μπορούν να έχουν πολλαπλούς στόχους με την αποτελεσματικότητα και την βιωσιμότητα να είναι στις πρώτες τους προτεραιότητες. Οι περιβαλλοντικές πολιτικές πρέπει να εξετάζουν ότι η οικονομική ανάπτυξη δεν είναι ομοιόμορφη σε όλες τις περιοχές και μπορεί να διαφέρει σημαντικά (Halkos και Tzeremes, 2010). Ταυτόχρονα οι μεταρρυθμίσεις στις οικονομικές πολιτικές της ΕΕ ενδέχεται να αντιμετωπίσουν προβλήματα και αυτό μπορεί με τη σειρά του να επηρεάσει την οικονομική αποτελεσματικότητα (Halkos και Tzeremes, 2009).

Στην συνέχεια της διδακτορικής διατριβής, εξετάσαμε την ύπαρξη μιας γενικής κατανομής. Η τυχαία μεταβλητή  $X$  της καινοτόμου νέας τεχνολογίας που χρησιμοποιήθηκε από την επιχείρηση είχε ως αποτέλεσμα το συνολικό κόστος της ρύπανσης (TPC) να ακολουθήσει τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις στην ανάλυση μας: μια ομοιόμορφη προσέγγιση της ρύπανσης γύρω από το κέντρο της ρύπανσης (με τη υιοθέτηση των νέων τεχνολογιών), μια κανονική, που είναι το μεγαλύτερο μέρος της ρύπανσης γύρω από το κέντρο, και ένα 'απότομο' τμήμα γύρω από το κέντρο της ρύπανσης, δηλαδή την κατανομή Laplace.

Εξαιτίας αυτής της γενικής κατανομής, εισαγάγαμε και προτείναμε το *σταθμισμένο διαφοροποιημένο φόρο απόστασης* (weighted location differential tax). Ο φόρος αυτός διαφοροποιείται ανάλογα με το «μέγεθος της απόστασης» από το κέντρο της ρύπανσης δηλαδή πόσο μακριά από την πηγή συγκέντρωσης της ρύπανσης η περιοχή έχει ρυπανθεί. Δηλαδή εξαρτάται από την επιλογή της κατανομής της (στοχαστικής) μεταβλητής του TPC.

Δείξαμε επίσης, ότι η εφαρμογή της γ-τάξεως γενικευμένης κανονικής κατανομής παρέχει τη δυνατότητα στον ερευνητή να επιλέξει ανάμεσα σε τρεις κατανομές: την ομοιόμορφη, την κανονική και την Laplace. Η απόφαση εξαρτάται ακόμα από την τιμή του  $\delta$  που επιλέγουμε στο πρώτο βήμα – ‘πόσο μακριά’ από το ‘περιοχή της ρύπανσης’ θα βρεθούμε. Επίσης είναι σημαντική η ερώτηση ‘Ποιό είναι το σχήμα της κατανομής που ακολουθείται’;

Καθώς το TPC εμπεριέχει το κοινωνικό κόστος που είναι σχετικό με τη ρύπανση, η μεγαλύτερη *αναμενόμενη τιμή* θα πρέπει να συνδέεται με υψηλότερη φορολογία υπό έναν σταθμισμένο φόρο απόστασης. Επιπλέον καθώς όσο μεγαλύτερη η *διακύμανση* τόσο μεγαλύτερη η έκταση της περιοχής που ρυπαίνεται, κατ’ επέκταση η επίδραση στην κοινωνία και το εύρος εφαρμογής του φόρου.

Εάν δεν λάβουμε υπόψη τη σχέση μεταξύ της πηγής και της απόστασης απόθεσης τότε η εξέταση της εξωτερικότητας που δημιουργείται δεν θα είναι αξιόπιστη. Η εξωτερικότητα μελετάται από την κατάλληλη θεώρηση του συντελεστή μεταφοράς (transfer coefficient) ο οποίος παρέχεται από το EMEP (European Monitoring and Evaluation Program) στην περίπτωση προβλημάτων διασυνοριακής ρύπανσης.

Στη συνέχεια χρησιμοποιούνται μαθηματικά μοντέλα προκειμένου να βοηθήσουν τους φορείς χάραξης πολιτικής να καθορίσουν τις απαραίτητες βέλτιστες μειώσεις των ρύπων για κάθε πηγή ρύπανσης (χώρα) *i* ανάλογα με τα όρια ευαισθησίας του εκάστοτε οικοσυστήματος.

## Βιβλιογραφία

- Adamowicz, W., Boxall, P., Williams, M., and Louviere J. (1998). Stated Preferences Approaches for Measuring Passive Use Values: Choice Experiments and Contingent Valuation, *American Journal of Agricultural Economics*, 80: 64–75.
- Alberini A., Riganti P., Longo A. (2002). Can People Value the Aesthetic and Use Services of Urban Sites? Evidence from a Survey of Belfast Residents, *Nota Di Lavarò* 70.2002
- Alias, R., Mohd Rusli, Y., Juwaidah, S., (2008). Use of Dichotomous Choice Contingent Valuation Method to Value the Putrajaya Wetland Park, *International Journal of Management Studies*, 15(2):81-97.
- Atkins, J.P., Burdon, D. (2006). An initial economic evaluation of water quality improvements in the Randers Fjord, Denmark. *Marine Pollution Bulletin* 53, 195–204.
- Atkins, J.P., Burdon, D. and Allen J.H., (2007). An application of contingent valuation and decision tree analysis to water quality improvements, *Marine Pollution Bulletin*, 55: 591-602.
- Baez, A., Niklitschek, M., and Herrero, L. C. (2009). The valuation of historical sites: a case study of Valdivia, Chile, *Journal of Environmental Planning and Management*, 52: 97–109.
- Barbier E. (1998). *The Economics of Environment and Development: Selected Essays*, Edward Elgar, London UK.
- Barry L., van Rensburg T.M. and Hynes S. (2011). Improving the recreational value of Ireland's coastal resources: A contingent behavioural application, *Marine Policy*, 35, 764–771.
- Bartik, T.J. (1998). Evaluating the Benefits of Non- marginal Reductions in Pollution Using Information on Defensive Expenditures, *Journal of Environmental Economics and Management* 15:111-27
- Beaumont N.J., Tinch R. (2003). Goods and Services Related to the Marine Benthic Environment, CSERGE Working Paper ECM 03-14
- Beaumont N.J. and Tinch R. (2003). Goods and Services Related to the Marine Benthic Environment. CSERGE Working Paper ECM 03-14 [http://www.uea.ac.uk/env/cserge/pub/wp/ecm/ecm\\_2003\\_14.htm](http://www.uea.ac.uk/env/cserge/pub/wp/ecm/ecm_2003_14.htm)
- Beharry-Borg, N., Hensher, D. A. and Scarpa, R. (2009). An analytical framework for joint vs separate decisions by couples in choice experiments: The case of coastal water quality in Tobago. *Environmental and Resource Economics*, 43(1), 95-117.
- Birol, E., Karousakis, K., Kountouri, P., (2006). Using economic valuation techniques to inform water resources management: A survey and critical appraisal of available techniques and an application, *Science of the Total Environment*, 365: 105-122.

- Birol, E., Kountouri, P., Kountouris, Y., (2007). Farmers' Demand for Recycled Wastewater in Cyprus: A contingent valuation approach, *Environmental Economy and Policy Research, Discussion Paper Series, No. 24*, University of Cambridge.
- Bjornstad D. and Kahn J. (1996). *The contingent valuation of environmental resource: Methodological issues and research needs*. Edward Elgar, London UK.
- Bockstael, N., Hanemann, W. and Kling, C. (1987). Estimating the value of water quality improvements in a recreational demand framework, *Water Resources Research* 23, 951–960.
- Bockstael, N.E., Freeman, A.M., Kopp, R.J., Portney, P.R., Smith, V.K. (2000). On measuring economic values for nature, *Environmental Science and Technology*, 34: 1384–1389.
- Bockstael, N.E., K.E., McConnell and Strand, I.E., (1989). Measuring the benefits of improvements in water quality: The Chesapeake Bay, *Marine Resource Economics*, 6 (1): 1–18.
- Bohringer C. and Rutherford T.F. (2002). *In Search of a Rationale for Differentiated Environmental Taxes*. Centre for European Economic Research
- Bolund P. and Hunhammar S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29: 293–301.
- Borghi, J., Jan, S. (2008). Measuring the Benefits of Health Promotion Programmes: Application of Contingent valuation Method, *Health Policy*, 87: 235-248.
- Bosello F., Eboli F. and Pierfederici R. (2012). Assessing the economic impacts of climate change. *Review of Environment Energy and Economics*, 1–9.
- Bovenberg, A.L. and F. van der Ploeg (1994), *Environmental Policy, Public Finance and the Labor Market in a Second-Best World*. *Journal of Public Economics*, 55, 340-390.
- Bovenberg, A.L. and L.H. Goulder (1996), *Optimal Environmental Taxation in the Presence of Other Taxes: General Equilibrium Analyses*. *American Economic Review*, 86(4), 985-1000.
- Boxall, P., Adamowicz, W., Swait, J., Williams, M., Laviere, J. (1996). A comparison of stated preference methods for environmental valuation, *Ecological Economics*, 18: 243–253.
- Brander L.M., Beukering P.V. and Cesar, H.S.J. (2007). The recreational value of coral reefs: a meta-analysis. *Ecological Economics*, 63: 209–218.
- Brandt J., Silver J.D., Christensen J.H., Andersen M.S., Bønløkke J.H., Sigsgaard T., Geels C., Gross A., Hansen A.B., Hansen K.M., Hedegaard G.B., Kaas E., and Frohn L.M. (2013). Contribution from the ten major emission sectors in Europe and Denmark to the health-cost externalities of air pollution using the EVA model system – an integrated modelling approach. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 13, 5871–5922.

Bureau of Labor Statistics (2007). Fatal Occupational Injuries, Employment, and Rates of Fatal Occupational Injuries, 2006. (report, BLS [[www.bls.gov](http://www.bls.gov)], US

Bureau of Labor Statistics (2007). Fatal Occupational Injuries, Employment, and Rates of Fatal Occupational Injuries, 2006. (report, BLS [[www.bls.gov](http://www.bls.gov)], US Department of Labor, 2007), [www.bls.gov/iif/oshwc/foi/CFOI\\_Rates\\_2006.pdf](http://www.bls.gov/iif/oshwc/foi/CFOI_Rates_2006.pdf)

Burke L., Kura Y., Kassem K., Revenga C., Spalding M., McAllister D. (2001), Pilot Analysis of Global Ecosystems: Coastal Ecosystems. Washington, DC, USA: World Resources Institute p.77.

Carter, R.W.G. (2002). Coastal Environments: an Introduction to the Physical, Ecological and Cultural Systems of Coastlines. Academic Press, London.

Champ P.A., Boyle K.J., Brown T.C. (eds) (2003), A Primer on Non-market Valuation, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands. 576 pps

Christie, M., Azevedo, C. (2002). Testing the consistency in benefit estimates across contingent valuation and choice experiments: a multiple policy option application, Paper presented at the 2nd World Congress of Environmental and Resource Economists, Monterrey, California, June.

Cicchetti, C.J., Wilde, L.L. (1992). Uniqueness, irreversibility, and the theory of nonuse values, *American Journal of Agricultural Economics*, 74: 1121–1125.

Cline, William R. (1992). *The Economics of Global Warming*. Washington D.C.: Institute for International Economics

Coastal Protection and Management Act 1995 (2014), Queensland, Australia

Cohen M.A. (2010a). Taxonomy of Oil Spill Costs—What Are the Likely Costs of the Deepwater Horizon Spill? (report, Resources for the Future [[www.rff.org](http://www.rff.org)], [www.rff.org/rff/documents/RFF-BCK-Cohen-DHCosts\\_update.pdf](http://www.rff.org/rff/documents/RFF-BCK-Cohen-DHCosts_update.pdf)).

Cohen M.A. (2010b). Deterring Oil Spills: Who Should Pay and How Much? (publication of Resources for the Future [[www.rff.org](http://www.rff.org)], [www.rff.org/Publications/Pages/PublicationDetails.aspx?PublicationID=21161](http://www.rff.org/Publications/Pages/PublicationDetails.aspx?PublicationID=21161)).

Costanza R., Fisher B., Mulder K., Liu S. and Christopher, T. (2007). Biodiversity and ecosystem services: a multi-scale empirical study of the relationship between species richness and net primary production. *Ecological Economics*, 61: 478–491.

Cropper M.L. (1981). Measuring the Benefits from Reduced Morbidity, *American Economic Review* 71: 235-40

Department of Energy and Climate Change (2009). Carbon Valuation in UK Policy Appraisal: a Revised Approach. *Climate Change Economics*, London.

Department of Labor, 2007), [www.bls.gov/iif/oshwc/foi/CFOI\\_Rates\\_2006.pdf](http://www.bls.gov/iif/oshwc/foi/CFOI_Rates_2006.pdf)

Diamond, P. and J.A. Hausman. (1993). Contingent Valuation Measurements of Nonuse Values. In: Hausman, J.A. (1993). *Contingent Valuation. A Critical Assessment*. Elsevier Science Publishers B.V. North-Holland. Amsterdam.



- Diener, A., O'Brien, B., Gafni, A. (1998). Health care contingent valuation studies: A review and classification of the literature, *Health Economics*, 7: 313-326.
- Ditton, R., Graefe, A. and Fedler, A. (1981). Recreational satisfaction at Buffalo National River: Some measurement concerns. In some recent products of river recreation research (GTR NC-63, p. 9-17). St. Paul MN: North Central Forest Experiment Station, U.S. Forest Service.
- Driver, B.L., Brown, J.P., Peterson, L.G. (1991). *Benefits of Leisure*. Venture Publishing Inc, Pennsylvania.
- Fankhauser S. (1994). The economic costs of global warming damage: a survey. *Global Environmental Change*, 4(4), 301–309.
- Fankhauser S. (1995). *Valuing Climate Change: The Economics of the Greenhouse*, 1st ed. EarthScan, London.
- Farber, S., Costanza, R., Wilson, M. (2002). Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services, *Ecological Economics*, 41: 375–392.
- Farmer A., Kahn J.R., McDonald J.A. and O'Neill R. (2001). Rethinking the optimal level of environmental quality: justifications for strict environmental policy. *Ecological Economics*, 36, 461-473.
- Fisher A.C. and Hanemann W.M. (1990). Information and the dynamics of Environmental protection: the concept of the critical period. *The Scandinavian Journal of Economics*, 92, 399-414.
- Fisher, B., Turner, R.K., Morling, P. (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*, 68(3): 643–653.
- Fowlie M. and Muller N. (2013). Market-based emissions regulation when damages vary across sources: What are the gains from differentiation? NBER Working Paper 18801 Accessible at: [http://nature.berkeley.edu/~fowlie/Fowlie\\_Muller\\_submit.pdf](http://nature.berkeley.edu/~fowlie/Fowlie_Muller_submit.pdf)
- Freeman A. III (1993). *The measurement of environmental and resource values: Theory and methods*. Resources for the Future, Washington DC.
- Freeman A.M., III (1993). *The measurement of environmental and resource values*, Washington, DC: Resource for the Future.
- Georgiou S., Pearce D., Whittington D. and Moran D. (1997). *Economic values and the environment in the developing world*. Edward Elgar, London UK.
- Georgiou, S., Langford, I.H., Bateman I., Turner R.K., (1998). Determinants of Individual Willingness to Pay for Reductions in Environmental Health Risks: A Case Study of Bathing Water Quality, *Environment and Planning A*, 30: 577–594.
- Georgiou, S., Langford, I.H., Bateman I., Turner R.K., (2000). Coastal Bathing Water Health Risks: Assessing the Adequacy of Proposals to Amend the 1976 EC Directive, *Risk, Decision and Policy*, 5: 49–68.
- Gerking S. and L.R. Stanley (1986). An Economic Analysis of Air Pollution and Health: The Case of St. Louis. *The Review of Economics and Statistics* 78:115-21

Giraud, K., Turcin B., Loomis J. and Cooper J. (2002) Economic benefit of the protection program for the Steller sealion. *Mar Policy* 26, 451–458.

Goffe, P., (1995). The benefits of improvements in coastal water quality: a contingent approach, *Journal of Environmental Management*, 45: 305–317.

Gollier C., Bruno J., and Treich N. (2000). Scientific Progress and Irreversibility: An Economic Interpretation of the Precautionary Principle. *Journal of Public Economics*, 75, 229–253.

Goodhead, T., Johnson, D. (1996). *Coastal Recreation Management: the Sustainable Development of Maritime Leisure*. Taylor & Francis Group.

Goulder, L., I.W.H. Parry and D. Burtraw (1997), Revenue-Raising vs. Other Approaches to Environmental Protection: The Critical Significance of Preexisting Tax Distortions. *RAND Journal of Economics*, 28(4), 708-731.

Goulder, L., Kennedy, D. (2010). Interpreting and estimating the value of ecosystem services. In P. Kareiva, G. Daily, T. Ricketts, H. Tallis, and S. Polasky, editors. *The theory and practice of ecosystem service valuation and conservation*. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom.

Guimaraes, M.H., Sousa, C., Garcia, T., Dentinho, T., Boski, T., (2011). The value of improved water quality in Guadiana estuary—a transborder application of contingent valuation methodology, *Letters in Spatial and Resource Science*, 4: 31–48.

Halkos G. (1993). "Sulphur abatement policy: Implications of cost differentials," *Energy Policy*, Elsevier, vol. 21(10), pages 1035-1043, October.

Halkos G. (1994). "Optimal abatement of sulphur emissions in Europe," *Environmental & Resource Economics*, European Association of Environmental and Resource Economists, vol. 4(2), pages 127-150, April.

Halkos G. (1996). Incomplete information in the acid rain game, *Empirica Journal of Applied Economics and Economic Policy*, 23(2), 129-148.

Halkos G. (2000). Determining optimal air quality standards: Quantities or prices?, MPRA Paper 42849, University Library of Munich, Germany.

Halkos G. and Kitsos C.P. (2005). Optimal Pollution Level: A theoretical identification. *Applied Economics*, 37, 1475-1483.

Halkos G.E. and Tzeremes N.G. (2009). Economic efficiency and growth in the EU enlargement. *Journal of Policy Modeling*, 31(6), 847-862.

Halkos G.E. and Tzeremes N.G. (2010). Measuring regional economic efficiency: the case of Greek prefectures. *The Annals of Regional Science*, 45(3), 603-632.

Halkos G., Galani G. (2012), The use of contingent valuation in assessing marine and coastal ecosystems' water quality: A review, MPRA Paper 42183, University Library of Munich, Germany

Halkos G.E. and Jones N. (2012). Modeling the effect of social factors on improving biodiversity protection, *Ecological Economics*, 78(C), 90-99.

- Halkos G.E. and Kitsou D.C. (2014). Uncertainty in optimal pollution levels: modelling and evaluating the benefit area. Forthcoming in *Journal of Environmental Planning and Management* 10.1080/09640568.2014.881333
- Halkos, G.E., Matsiori, S. (2012a). Determinants of willingness to pay for coastal zone quality improvement, *The Journal of Socio-Economics*, 41: 391– 399.
- Halkos, G.E., Matsiori, S. (2012b). Assessing the economic value of protecting artificial lakes, MPRA Paper 39557, University Library of Munich, Germany.
- Halkos, G.E., Matsiori, S., (2011). Economic valuation of coastal zone quality Improvements, MPRA Paper 35395, University Library of Munich, Germany.
- Halpern, B.S., Selkoe, K.A., Micheli, F., Kappel, C.V. (2007). Evaluating and ranking the vulnerability of global marine ecosystems to anthropogenic threats, *Conservation Biology*, 21: 1301–1315.
- Halpern, Ben S., et al. (2008). Managing for cumulative impacts in ecosystem based management through ocean zoning, *Ocean and Coastal Management*, 51: 203-211.
- Hanemann, W.M. (1994). Valuing the Environ-ment Through Contingent Valuation, *Journal of Economic Perspectives*, 8(4): 19-43.
- Hanley, N., Bell, D., and Alvarez-Farizo, B. (2003). Valuing the benefits of coastal water quality improvements using contingent and real behaviour. *Environmental and Resource Economics*, 24(3), 273-285.
- Hanley, N., Kristrom B., (2002). What's It Worth? Exploring Uncertainty Over Values using Contingent Valuation. Discussion papers in Economics no. 19/02, Economics Dept., University of Glasgow.
- Hanley N., Shogren J., White B. (2001), *Introduction to Environmental Economics*, Oxford University Press
- Hanley, N., MacMillan, D., Wright, R.E., Bullock, C., Simpson, I., Parrison, D. & Crabtree, R. (1998). Contingent valuation versus choice experiments: estimating the benefits of environmentally sensitive areas in Scotland, *Journal of Agricultural Economics*, 49: 1–15.
- Hanneman M. (1994). Valuing the Environment through Contingent Valuation, *Journal of Economic Perspectives* 8(4): 19-43
- Hayes, K.M., Tyrrell, T.J., Anderson, G., (1992). Estimating the benefits of water quality improvements in the upper Narragansett Bay, *Marine Resource Economics*, 7: 75–85.
- He H., Pan Y.Z., Zhu W.Q., Liu X.L., Zhang Q. and Zhu X.F. (2005). Measurement of terrestrial ecosystem service value in China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 16: 1122–1127 (in Chinese, with English abstract).
- Heal G.M. and Kriström B. (2002). Uncertainty and climate change. *Environmental and Resource Economics*, 22, 3-39.

Herrero, L.C., Sanz, J.A., Devesa, M. (2011). Measuring the economic value and social viability of a cultural festival as a tourism prototype, *Tourism Economics*, 17(3): 639–653.

Herriges J.A., Kling C.L., Phaneuf D.J. (2000). What's the Use? Welfare Estimates from Revealed Preference Models when Weak Complementarity Does Not Hold. Working Paper 00-WP258. Center for Agricultural and Rural Development low at State University

Hougnier C., Colding J. and Söderqvist T. (2006). Economic valuation of a seed dispersal service in the Stockholm National Urban Park, Sweden. *Ecological Economics*, 59: 364–374.

Hutton J.P. and Halkos G. (1995). Optimal acid rain abatement policy in Europe: an analysis for the year 2000, *Energy Economics*, 17(4), 259-275.

IPCC (2001), *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, Intergovernmental Panel on Climate Change, In: J.T. Houghton, Y. Ding ,D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, C.A. Johnson. Cambridge University Press, Cambridge

Jacoby H.D. and Ellerman A.D. (2004). The safety valve and climate policy. *Energy Policy*, 32(4), 481-491.

Jennings, S. (2004). Coastal tourism and shoreline management. *Annals of Tourism Research* 31, 899–922. Alberini A., Longo R.P. and Zanatta A. (2005). Information and willingness to pay in a contingent valuation study: the value of S. Erasmo in the Lagoon of Venice. *Journal of Environmental Planning and Management*, 48: 155–175.

Johnson, R.L. and Johnson G.V. (1990). *Economic Valuation of natural resources: issues, theory and applications*, Social Behavior and Natural Resources Series, Information Systems Division, National Agricultural Library, USDA (USA).

Jones, N., Sophoulis C.M., Malesios C., (2008). Economic valuation of coastal water quality and protest responses: A case study in Mitilini, Greece, *Journal of Socio-Economics*, 37: 2478–2491.

Καρβούνης Σ. (1991). Διαχείριση του Περιβάλλοντος, Εκδόσεις Σταμούλης

Kamari J., Amann, M., Brodin Y.W., Chadwick M.J., Henriksen A., Hettelingh J.P., Kuylenstierna J.C.I., Posch. M., Sverdrup, H. (1992). The use of critical loads for the assessment of future alternatives for acidification. *Ambio*, 21, 377-386.

Kim J.C. and Chang K.B. (1993). An optimal tax/subsidy for output and pollution control under asymmetric information in oligopoly markets. *Journal of Regulatory Economics*, 5, 193-197.

Kim, S.S., Wong, K.F., Cho, M. (2007). Assessing the economic value of a world heritage site and willingness-to-pay determinants: a case of Changdeok Palace, *Tourism Management*, 28(1): 317-322.

Kitsos P.C. and Tavoularis K.N. (2009). Logarithmic Sobolev inequalities for information measures, *IEEE Transactions of Information Theory*, 55(6), 2554-2561.

- Kitsos P.C. and Toulas L.T. (2010). New information measures for the generalized normal distribution. *Information*, 1, 13-27.
- Kitsos P.C., Toulas L.T. and Trandafir P.C. (2012). On the multivariate  $\gamma$ -ordered normal distribution. *Far East Journal of Theoretical Statistics*, 38(1), 49-73.
- Knoder E. (2002). Benefits and Costs of Timber Harvests from the Tongass National Forest, Ecotrust: Portland, Oregon
- Kolstad C.D. (1996). Fundamental irreversibilities in stock externalities. *Journal of Public Economics*, 60, 221–233.
- Kontogianni, A., Langford, I.H., Papandreou, A., Skourtos, M.S., (2003). Social preferences for improving water quality: an economic analysis of benefits from wastewater treatment. *Water Resources Management*, 17: 317–336.
- Kotchen, J.M. and Reiling S.D. (2000). Environmental attitudes, motivations, and contingent valuation of nonuse values: a case study involving endangered species, *Ecological Economics* 32, 93–107
- Kountouri, P., Kountouris, Y., Remoundou, K., (2009). Valuing a wing farm construction: a contingent valuation study in Greece, *Energy Policy*, 37: 1939-1944.
- Krutilla, J. (1967). Conservation reconsidered, *American Economic Review*, 57: 777–786
- Landry, C.E., Keeler, A. and Kriesel, W. (2003). An economic evaluation of beach erosion management alternatives, *Marine Resource Economics* 18, 105–127.
- Langford, I. Day, R., Georgiou S., Bateman I., (2000). A cognitive social psychological model for predicting individual risk perceptions and preferences. Working Paper GEC 2000-09, Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, University of East Anglia.
- Limburg, K.E., O’Neil, R.V., Costanza, R., Farber, S. (2002). Complex systems and valuation, *Ecological Economics*, 41: 409–420.
- Lindsay, E.B., J.M. Halstead, H.C. Tupper, Vaske J.J. (2008). Factors Influencing the Willingness to Pay for Coastal Beach Protection, *Coastal Management*, 20, 291-302
- Lipton, D., (2003). The Value of Improved Water Quality to Chesapeake Bay Boaters. Working Paper WP 03-16, Department of Agricultural and Resource Economics, University of Maryland, College Park.
- Litman T. (2013). Full Cost Analysis of Petroleum Consumption Transport Beyond Oil, Chapter 3 pp 51-69. In: John L. Renne and Billy Fields Transport Beyond Oil Policy Choices for a Multimodal Future 10.5822/978-1-59726-242-2\_4 © Island Press 2013
- Lockwood, M., Tracey, P., Klomp, N. (1996). Analysing Conflict between Cultural Heritage and Nature Conservation in the Australian Alps: A CVM Approach, *Journal of Environmental Planning and Management*, 39: 357–370.

- Loomis, J.B. (1988). Broadening the concept and measurement of existence value, *Northeastern Journal of Agricultural and Resource Economics*, 17: 23–29.
- Louviere, J., Woodworth G. (1983). Design and Analysis of Simulated Consumer Choice or Allocation Experiments: An Approach Based on Aggregate Data, *Journal of Marketing Research*, 20: 350-367.
- Luisetti, T., Turner, R.K., Hadley, D., Morse-Jones, S.,(2010). Coastal and Marine Ecosystem Services Valuation for Policy and Management, CSERGE Working Paper EDM 10-04.
- Μπαλαφούτας Γ. (1990). Οργανώστε σωστή απορριμάτευση στην Ελλάδα, ΑΠΘ Θεσσαλονίκη
- Maddison, D., Rehdanz, K. (2011). The impact of climate on life satisfaction. *Ecological Economics*, 70(12), 2437–2445.
- Maddison, D.J. (2003). The amenity value of the climate: the household production function approach. *Resource and Energy Economics*, 25(2), 155–175.
- Martinez M.L., Intralawan A., Vasquez G., Perez-Maqueo O., Sutton P., Landgrave R. (2007), The coasts of our world: ecological, economic and social importance, *Ecological Economics*, 63: 254-272
- McKittrick R. (1999). A Cournot mechanism for pollution control under asymmetric information. *Environmental and Resource Economics*, 14, 353-363.
- Md Nor, N.G., Mohd Yusoff, M. F. (2003). Value of Life of Malaysian Motorists: Estimates from a Nationwide Survey, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 5: 3031-3037.
- Mendelsohn R.O., Schlesinger M.E., Williams L.J. (2000b). Comparing impacts across climate models. *Integrated Assessment*, 1(1), 37–48.
- Mendelsohn, R. (1986). Regulating heterogeneous emissions. *Journal of Environmental Economics and Management*, 13 (4), 301.312.
- Mendelsohn, R.O., Morrison, W.N., Schlesinger, M.E., Andronova, N.G. (2000a). Country-specific market impacts of climate change. *Climatic Change*, 45(3–4), 553–569.
- Mill, G.A., van Rensburg, T.M., Hynes, S. and Dooley, C. (2007). Preferences for multiple use forest management in Ireland: citizen and consumer perspectives, *Ecological Economics*, 60(3), 642-653.
- Miyoshi C., Mason K.J. (2013). The damage cost of carbon dioxide emissions produced by passengers on airport surface access: the case of Manchester Airport. *Journal of Transport Geography*, 28, 137–143.
- Nahman, A. and Rigby, D., (2008). Valuing Blue Flag Status and Estuarine Water Quality in Margate, South Africa, *South African Journal of Economics*, 76(4): 721-737.

- Noonan, D.S. (2002). *Contingent Valuation Studies in the Arts and Culture: An Annotated Bibliography*. Working Paper No. 11. Cultural Policy Center, University of Chicago.
- Nordhaus W.D. (1991). To slow or not to slow: the economics of the greenhouse effect. *Economic Journal*, 101(444), 920–937.
- Nordhaus W.D. (1994a). Expert opinion on climate change. *American Scientist*, 82(1), 45–51.
- Nordhaus W.D. (1994b). *Managing the Global Commons: The Economics of Climate Change*. The MIT Press, Cambridge.
- Nordhaus W.D. (2006). Geography and macroeconomics: new data and new findings. *Proceedings of the National Academy of Science*, 103(10), 3510–3517.
- Nordhaus W.D. (2008). *A Question of Balance: Weighing the Options on Global Warming Policies*. Yale University Press, New Haven.
- Nordhaus W.D. (2011). The economics of tail events with an application to climate change. *Review of Environmental Economics and Policy*, 5(2), 240–257.
- Nunes, P.A.L.D., Ding, H. and Markandya A. (2009). *The Economic Valuation of Marine Ecosystems*. FEEM Working Paper, No. 68.
- Nunes, P.A.L.D., van den Bergh, J.C.J.M. (2001). Economic valuation of biodiversity: sense or nonsense?, *Ecological Economics*, 39:203– 222.
- O’Shea, E., Gannon, B. and Kennelly, B. (2008). Eliciting Preferences for Resource Allocation in Mental Health Care in Ireland, *Health Policy*, 88: 359-370.
- Oates W.E. (1995). Green Taxes: Can We Protect the Environmental and Improve the Tax System at the Same Time. *Southern Economic Journal*, 61(4), 915-922.
- O'Brien, B., Gafni, A. (1996). When do the "Dollars" make sense? Toward a conceptual framework for contingent valuation studies in health care, *Medical Decision Making*, 16: 288-299.
- Organtzi, M., Mallios Z., and Latinopoulos, P., (2009). Double bounded contingent valuation of quality improvement in a coastal environment, In *CEST2009: A-1030-1037*.
- Parsons, G., Massey, M.D., Tomasi, T. (2000). Familiar and favorite sites in a random utility model of beach recreation. *Marine Resource Economics* 14, 299–315.
- Paudel, K.P., Caffey, R.H., Devkota, N. (2011). An evaluation of factors affecting the choice of coastal recreational activities. *Journal of Agriculture and Applied Economics* 43 (2), 167–179.
- Pearce D., Ozdemiroglou E., (2002). *Economic valuation with Stated Preference Techniques: Summary Guide*, Department for Transport, Local Government and the Regions: London

- Pendleton, L., Atiyah, P., Moorthy, A. (2007). Is the non market literature adequate to support coastal and marine management? *Ocean and Coastal Management*, 50: 363–78.
- Perman R., Ma Y. and McGilvray J. (2003). *Natural Resource and Environmental Economics*, 3rd Edition, Longman.
- Pindyck R. S. (2000). Irreversibilities and the timing of environmental policy. *Resource and Energy Economics*, 22, 233-59.
- Pindyck R.S. (2002). Optimal timing problems in environmental economics. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 26, 1677-97.
- Pindyck R.S. (2007). Uncertainty in Environmental Economics. *Review in Environmental Economics and Policy*, 1(1), 45-65.
- Pizer W. A. (2006). The evolution of a global climate change agreement. *American Economic Review*, 96(2), 26-30.
- Pizer W.A. (2002). Combining price and quantity controls to mitigate global climate change. *Journal of Public Economics*, 85, 409-434.
- Pizer W.A. (2003). Climate change catastrophes. 2003. Resources for the Future Working Paper 03–31, May 2003.
- Priskin, J. (2003). Tourist perceptions of degradation caused by coastal nature-based recreation. *Environmental Management*, 32(2), 189–204.
- Rabl A., Spadaro J.V. and van der Zwaan B. (2005). Uncertainty of Air Pollution Cost Estimates: To What Extent Does It Matter? *Environmental Science and Technology*, 39(2), 399-408.
- Ramajo-Hernandez, J., Saz-Salazar, S., (2012). Estimating the non-market benefits of water quality improvement for a case study in Spain: A contingent valuation approach, *Environmental Science and Policy*, 22: 47-59.
- Rehdanz K. and Maddison D.J. (2005). Climate and happiness. *Ecological Economics*, 52(1), 111–125.
- Remoundou, K., Koundouri, P., Kontogianni, A., Nunes, P.A.L.D., Skourtos M.,m (2009). Valuation of natural marine ecosystems: an economic perspective. *Environmental Science and Policy*, 12: 1040-1051.
- Requate T. (2005). Timing and Commitment of Environmental Policy, Adoption of New Technology, and Repercussions on R&D. *Environmental and Resource Economics*, 31(2), 175-199.
- Roberts M. J. and Spence A. M. (1976). Effluent charges and licenses under uncertainty. *Journal of Public Economics*, 5, 193-208.
- Roca, E., Villares, M., Ortego, M.I. (2009). Assessing public perceptions on beach quality according to beach users' profile: a case study in the Costa Brava (Spain). *Tourism Management* 30 (4), 598–607.



- Roughgarden T. and Schneider S. H. (1999). Climate change policy: quantifying uncertainties for damages and optimal carbon taxes. *Energy Policy*, 27: 415-29.
- Ryan, M. (2004). A comparison of stated preference methods for estimating monetary values, *Health Economics*, 13: 291-296.
- Ryan, M., Watson, V. (2008). Comparing welfare estimates from payment card contingent valuation and discrete choice experiments, *Health Economics*, 18(4):389–401.
- Salm, R.V., Clark, J., Siirila E. (2000). *Marine and Coastal Protected Areas: A guide for planners and managers*. IUCN. Washington DC. Xxi + 371pp.
- Sattout E.J., Talhouk S.N. and Caligari P.D.S. (2007). Economic value of cedar relics in Lebanon: an application of contingent valuation method for conservation. *Ecological Economics*, 61: 315–322.
- Silberman, J. and Klock, M. (1988). The recreation benefits of beach nourishment. *Ocean and Shoreline Management* 11, 73–90.
- Skourtos, M., Kontogianni, A., Georgiou, S., Turner, R.K., (2005). Valuing Coastal Systems. In R. K. Turner, W. Salomons & J. Vermaat (Eds.), *Managing European Coasts: Past, Present and Future* (pp. 119-136): Springer Verlag.
- Smith, R.D. (2003). Construction of the contingent valuation market in health care: a critical assessment, *Health Economics*, 12: 609-628.
- Stevens, T.H., DeCoteau, N.E. and Willis, C.E. (1997). Sensitivity of contingent valuation to alternative payment schedules. *Land Econ*, 73, 140-148.
- Terkla, D. (1984), The Efficiency Value of Effluent Tax Revenues. *Journal of Environmental Economics and Management*, 11, 107-123.
- Tian G. and Cai B.F. (2004). Evaluation of the ecosystem services of artificial landscapes in Beijing. *Environmental Science*, 25: 5–9.
- Tietenberg T., Lewis L. (2010). *Οικονομική Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων*, Gutenberg
- Tietenberg, T. (2006). *Emissions Trading-Principles and Practice*. Resources for the Future Press.
- Tol R.S.J. (1995). The damage costs of climate change toward more comprehensive calculations. *Environmental and Resource Economics*, 5(4), 353–374.
- Tol R.S.J. (2002a). Estimates of the damage costs of climate change: part I: benchmark estimates. *Environmental and Resource Economics*, 21(1), 47–73.
- Tol R.S.J. (2002b). Estimates of the damage costs of climate change: part II: dynamic estimates. *Environmental and Resource Economics*, 21(2), 135–160.
- Tol R.S.J. (2013). Targets for global climate policy: An overview. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 37, 911–928.

Turner, R.K., van den Bergh, C.J.M., Soderqvist, T., Barendregt, A., van der Straaten, J., Maltby, E., van Ierland, E.C. (2000). Ecological– economic analysis of wetlands: scientific integration for management and policy, *Ecological Economics*, 35: 7 – 23.

Ulph A. and Ulph D. (1997). Global warming, irreversibility and learning, *The Economic Journal*, 107, 636-50.

UNEP (2006), Marine and coastal ecosystem and human wellbeing: A synthesis report based on the findings of the Millennium Ecosystem Assessment. UNEP. 77pp.

Vaughn, W., Paulsen, C., Hewitt, J. and Russell, C. (1985). The estimation of recreation-related water pollution control benefits: swimming, boating, and marine recreational fishing, Technical report, Submitted by Resources for the Future to U.S. Environmental Protection Agency.

Weitzman M. L. (1974). Prices vs. Quantities. *Review of Economic Studies*, 41, 477-91.

Weitzman M. L. (1978). Optimal rewards for economic regulation. *American Economic Review*, 68, 683-91

Winter, C. (2007). The intrinsic, instrumental and spiritual values of natural area visitors and the general public: A comparative study, *Journal of Sustainable Tourism*, 15: 599-614.

Winter, C., Lockwood, M., (2005). A model for measuring natural area values and park preferences, *Environmental Conservation*, 32: 270– 278.

Χάλκος Γ. (2011), Οικονομετρία – Θεωρία, εφαρμογή και χρήση προγραμμάτων σε Η/Υ, Gutenberg

Χάλκος Γ. (2000), Στατιστική – Θεωρία Εφαρμογές & Χρήση Στατιστικών Προγραμμάτων σε Η/Υ, Εκδόσεις Τυπωθήτω

Χάλκος Γ. (2013), Οικονομία και Περιβάλλον, Εκδόσεις Liberal Books

### ***Επιπρόσθετα***

Bithas K. (2006), The Economics of Urban Water Use. Efficient Use and Water Pricing in Europe, *Studies in regional Science*, 36(2): 375-391

Bithas K. (2008), The sustainable Residential water Use: Sustainability, Efficiency and Social Equity: The European Experience, *Ecological Economics*, 68: 221-229

Halkos G.E., Evangelinos K (2002), Determinants of Environmental Management Systems Standards Implementation: Evidence from Greek Industry, *Business Strategy and the Environment*, 11(6): 360-375

IARC (2004), Some drinking –water disinfectants and contaminants including Arsenic, Vol84, Lyon, France

Kitsos C. P., Toulas T.L., (2010), New Information Measures for the Generalized Normal Distribution, *Information* 2010, 1, 13-27; doi:10.3390/info1010013

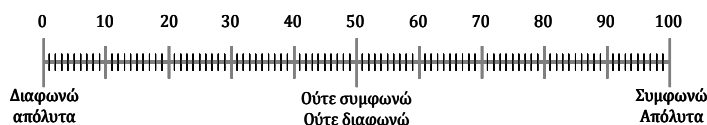
Πανάς Ε και Νιννή Β. 1998,Οικονομίες κλίμακας: η περίπτωση της αποκομιδής των απορριμμάτων της Αττικής, ,ΣΠΟΥΔΑΙ, V.48, No1-4, 119-139.

Toulias T.L., Kitsos C. P., (2013), Research Article On the Generalized Lognormal Distribution, Hindawi Publishing Corporation Journal of Probability and Statistics Volume 2013, Article ID 432642.

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

## ΤΜΗΜΑ Α) ΠΡΟΣΩΠΙΚΕΣ ΑΠΟΨΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΣΟΓΕΙΟ ΘΑΛΑΣΣΑ

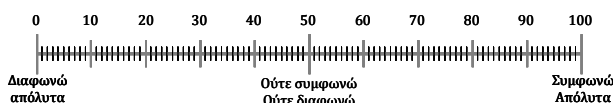
Στις προτάσεις των ερωτήσεων Α1-Α6 δηλώστε το βαθμό συμφωνίας σας ή διαφωνίας σας σημειώνοντας στο κουτάκι δεξιά από κάθε πρόταση έναν ακέραιο αριθμό από το μηδέν (0) έως το εκατό (100) χρησιμοποιώντας την παρακάτω κλίμακα.



A-1. Το τμήμα της Μεσογείου Θάλασσας στην Ελλάδα αντιμετωπίζει περιβαλλοντική ζημιά λόγω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.						<input type="text"/>
A-2. Η ποιότητα της βιολογικής ζωής/ υγείας της Μεσογείου Θάλασσας πρέπει να βελτιωθεί.						<input type="text"/>
A-3. Η ανάπτυξη όπως για παράδειγμα η ανέγερση νέων ξενοδοχειακών μονάδων σε ελεύθερες παραλίες είναι σημαντικότερο θέμα από την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος.						<input type="text"/>
A-4. Ένα υψηλής ποιότητας θαλάσσιο περιβάλλον είναι σημαντικό για τη ανάπτυξη του τουρισμού.						<input type="text"/>
A-5. Οι φόροι είναι ένας σταθερός τρόπος χρηματοδότησης για την επιτυχή διαχείριση του θαλάσσιου περιβάλλοντος σε σύγκριση με περιστασιακές δωρεές.						<input type="text"/>
A-6. Ποιος κατά την άποψή σας είναι υπεύθυνος για την διατήρηση της ποιότητας του θαλάσσιου περιβάλλοντος; Παρακαλώ διαβαθμίστε την υπευθυνότητα για κάθε μία από τις παρακάτω επιλογές επιλέγοντας έναν αριθμό από το 1 έως το 5 με 1= πολύ υπεύθυνος, 5 = καθόλου υπεύθυνος.						
Ευρωπαϊκή Επιτροπή	Κυβερνήσεις	Βιομηχανία	Πολίτες	Τοπική Αυτοδιοίκηση	Άλλο (Παρακαλώ διευκρινίστε)	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	

## ΤΜΗΜΑ Β) ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

Παρακαλώ για κάθε μια πρόταση των 6 θεματικών που ακολουθούν, δηλώστε το βαθμό συμφωνίας σας ή διαφωνίας σας σημειώνοντας στο κουτάκι δεξιά από κάθε πρόταση έναν ακέραιο αριθμό από το μηδέν (0) έως το εκατό (100) χρησιμοποιώντας την παρακάτω κλίμακα.



### Θεματική Β-1: Ευθύνη για την υποβάθμιση του θαλάσσιου περιβάλλοντος και η προστασία του

B-1.1. Οι αγρότες ευθύνονται για την διασφάλιση της ποιότητας του θαλάσσιου περιβάλλοντος ελέγχοντας τις χημικές ουσίες που χρησιμοποιούν στα χωράφια τους.	<input type="text"/>
B-1.2. Οι ψαράδες δεν ευθύνονται για την καταστροφή που έχει δημιουργηθεί στο θαλάσσιο περιβάλλον.	<input type="text"/>
B-1.3. Οι πολίτες πρέπει να είναι υπεύθυνοι για την διασφάλιση της υγείας του θαλάσσιου περιβάλλοντος, ενθαρρύνοντας τις προσπάθειες της κυβέρνησης για την επιβολή μεταρρυθμίσεων δημιουργώντας το κατάλληλο νομοθετικό πλαίσιο.	<input type="text"/>
B-1.4. Ο κάθε πολίτης έχει προσωπική ευθύνη για την υγεία του θαλάσσιου περιβάλλοντος.	<input type="text"/>
B-1.5. Η κυβέρνηση έχει την απόλυτη ευθύνη για την διασφάλιση της υγείας του θαλάσσιου περιβάλλοντος.	<input type="text"/>
B-1.6. Ο κλάδος της επαγγελματικής αλιείας και όχι η κυβέρνηση ή οι πολίτες, έχουν την ευθύνη για την διασφάλιση της υγείας του θαλάσσιου περιβάλλοντος.	<input type="text"/>
B-1.7. Για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος πρέπει να συνεργαστούν η κυβέρνηση, οι εκπρόσωποι του παραγωγικού τομέα και οι πολίτες.	<input type="text"/>

**Θεματική Β-2: Διαχείριση της τοπικής αυτοδιοίκησης και Εμπιστοσύνη**

<b>B-2.1.</b> Εάν οι πολίτες αναλάμβαναν την ευθύνη για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος τότε οι προσπάθειες θα ήταν πιο επιτυχημένες.	<input type="checkbox"/>
<b>B-2.2.</b> Δεν πιστεύω ότι συντελώ στην υποβάθμιση του θαλάσσιου περιβάλλοντος αλλά αναγνωρίζω ότι οι ενέργειες άλλων οδηγούν στην υποβάθμισή του.	<input type="checkbox"/>
<b>B-2.3.</b> Χωρίς συνεργασία όλων των ενδιαφερόμενων ομάδων θα ήταν αδύνατη η προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος.	<input type="checkbox"/>
<b>B-2.4.</b> Δεν εμπιστεύομαι την τοπική αυτοδιοίκηση για την αποτελεσματική διαχείριση του θαλάσσιου περιβάλλοντος.	<input type="checkbox"/>
<b>B-2.5.</b> Αμφιβάλλω για την ικανότητα της κυβέρνησης να συμβάλλει ουσιαστικά στην προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος.	<input type="checkbox"/>
<b>B-2.6.</b> Για την δημιουργία ενός νομοθετικού πλαισίου για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος, η κυβέρνηση είναι σημαντικότερο να αφουγκράζεται την άποψη των πολιτών, συμπεριλαμβανομένων των ψαράδων, από το να συμβουλευτεί τις αρμόδιες επιστημονικές ομάδες.	<input type="checkbox"/>
<b>B-2.7.</b> Για την δημιουργία ενός νομοθετικού πλαισίου για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος, η κυβέρνηση είναι σημαντικότερο να αφουγκράζεται την άποψη των επιστημόνων από το να συμβουλευτεί τους πολίτες.	<input type="checkbox"/>

**Θεματική Β-3: Εφαρμογή του νομοθετικού πλαισίου**

<b>B-3.1.</b> Θα ήμουν εντελώς απρόθυμος να υποστηρίξω επιπλέον περιορισμούς στην ερασιτεχνική αλιεία εκτός εάν δημιουργηθούν και περαιτέρω περιορισμοί στον κλάδο της μικρής κλίμακας επαγγελματικής αλιείας.	<input type="checkbox"/>
<b>B-3.2.</b> Η επιβολή κανονιστικού πλαισίου όσον αφορά την αλιεία αποτελεί ένα αποτελεσματικό τρόπο για την διαχείριση της υγείας του θαλάσσιου περιβάλλοντος.	<input type="checkbox"/>
<b>B-3.3.</b> Το νομοθετικό πλαίσιο που προορίζεται για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος περιορίζοντας τις ανθρώπινες δραστηριότητες δεν διασφαλίζει αποτελεσματικά την υγεία του θαλάσσιου περιβάλλοντος.	<input type="checkbox"/>
<b>B-3.4.</b> Δεν πρέπει η κυβέρνηση να θέτει περιορισμούς στους πολίτες όσον αφορά την τοποθεσία ψαρέματος και αγκυροβόλησης.	<input type="checkbox"/>

**Θεματική Β-4: Οικονομία και Θαλάσσιο Περιβάλλον**

<b>B-4.1.</b> Εάν έπρεπε να επιλέξω μεταξύ προστασίας θαλάσσιου περιβάλλοντος και δημιουργίας νέων θέσεων εργασίας, θα υποστήριζα την δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.	<input type="checkbox"/>
<b>B-4.2.</b> Η ποιότητα του θαλάσσιου περιβάλλοντος είναι σημαντική για την οικονομία μας.	<input type="checkbox"/>
<b>B-4.3.</b> Για την μακροχρόνια διατήρηση της αλιείας είναι σημαντική η διατήρηση της βιωσιμότητας του πληθυσμού των ψαριών.	<input type="checkbox"/>
<b>B-4.4.</b> Είναι αδύνατο να επιτευχθεί ανάκαμψη της ελληνικής οικονομίας χωρίς να γίνουν επενδύσεις για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος.	<input type="checkbox"/>
<b>B-4.5.</b> Η κυβέρνηση πρέπει να προωθή την ανάπτυξη του ελληνικού τουρισμού, ακόμα και εάν οι συνέπειές του έχουν αρνητικές επιδράσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον.	<input type="checkbox"/>
<b>B-4.6.</b> Η αύξηση του τουρισμού αποτελεί σημαντικό παράγοντα ανάπτυξης της Ελληνικής Οικονομίας, ο οποίος όμως επιβαρύνει το θαλάσσιο περιβάλλον.	<input type="checkbox"/>
<b>B-4.7.</b> Η κυβέρνηση οφείλει να λάβει μέτρα προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος ακόμη και αν αυτά βλάπτουν την ανάπτυξη του ελληνικού τουρισμού.	<input type="checkbox"/>

**Θεματική Β-5: Μικρής κλίμακας επαγγελματική αλιεία – απαγόρευση ή μη**

<b>B-5.1.</b> Ψαρεύω για τη δική μου ψυχαγωγία.	<input type="checkbox"/>
<b>B-5.2.</b> Με ευχαριστεί ιδιαίτερα το να παρατηρώ τους τοπικούς ψαράδες, όταν είμαι στην ακτή.	<input type="checkbox"/>
<b>B-5.3.</b> Είμαι αντίθετος στην αλιεία ως δραστηριότητα ελεύθερου χρόνου.	<input type="checkbox"/>
<b>B-5.4.</b> Η αλιευτική κοινότητα είναι ένα σημαντικό κομμάτι της ελληνικής κουλτούρας.	<input type="checkbox"/>
<b>B-5.5.</b> Το ψάρεμα σε τακτική βάση μπορεί να βλάψει το θαλάσσιο περιβάλλον.	<input type="checkbox"/>
<b>B-5.6.</b> Το κλειδί για να προστατεύσεις το φυσικό περιβάλλον είναι να χαράξεις ένα θαλάσσιο πάρκο από χαρτογραφημένα λιβάδια της Ποσειδωνίας, ακόμα και αν αυτό σημαίνει αποκλεισμό των ψαράδων από αυτές τις περιοχές.	<input type="checkbox"/>
<b>B-5.7.</b> Αν θα έπρεπε να αποκλειστεί ένας τύπος αλιείας, αυτός θα ήταν η αλιεία αναψυχής, επειδή η αλιεία μικρής κλίμακας είναι οικονομικά σημαντική.	<input type="checkbox"/>
<b>B-5.8.</b> Αν θα έπρεπε να αποκλειστεί ένας τύπος αλιείας, αυτός θα ήταν η επαγγελματική αλιεία μικρής κλίμακας, επειδή η αλιεία αναψυχής είναι σημαντική στη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς.	<input type="checkbox"/>

**Θεματική Β-6: Υψηλής σημασίας είδη**

<b>B-6.1.</b> Απολαμβάνω τη θάλασσα τρώγοντας ψάρια σε τοπικές παραθαλάσσιες ταβέρνες.	<input type="checkbox"/>
<b>B-6.2.</b> Εάν αυτά τα σπάνια είδη ψαριών (π.χ. ιππόκαμπος) μειωθούν, το θαλάσσιο περιβάλλον δεν θα είναι τόσο όμορφο.	<input type="checkbox"/>
<b>B-6.3.</b> Δεν με ενδιαφέρει εάν εξαφανιστούν αυτά τα είδη καθώς δεν τα γνωρίζω.	<input type="checkbox"/>
<b>B-6.4.</b> Δεν έχει σημασία εάν ο πληθυσμός αυτών των ειδών μειώνεται εφόσον δεν απειλείται η βιωσιμότητα τους.	<input type="checkbox"/>
<b>B-6.5.</b> Πρέπει να προστατέψουμε τα είδη αυτά ως μελλοντική κληρονομιά για τα παιδιά μας.	<input type="checkbox"/>
<b>B-6.6.</b> Όσον αφορά τις πολιτιστικές επιπτώσεις, δεν έχει σημασία εάν αυτά τα είδη μειωθούν καθώς αυτά δεν σχετίζονται με τον πολιτισμό μας.	<input type="checkbox"/>

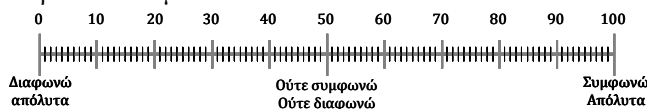
**ΤΜΗΜΑ Γ) Μέθοδος εξαρτημένης αποτίμησης (Contingent Valuation)**

**Γ1)** Είστε πρόθυμος να πληρώσετε για την βελτίωση της ποιότητας του θαλάσσιου και παράκτιου οικοσυστήματος στην περιοχή του Νομού Ρεθύμνου. Ναι  Όχι

[Αν έχετε επιλέξει ΟΧΙ στην ερώτηση Γ1 τότε συνεχίστε στην ερώτηση Γ2]

[Αν έχετε επιλέξει ΝΑΙ παραλείψτε την ερώτηση Γ2 και προχωρήστε στην ερώτηση Γ3]

**Γ2)** Αν δεν είστε πρόθυμος να πληρώσετε για την βελτίωση της ποιότητας του θαλάσσιου και παράκτιου οικοσυστήματος στην περιοχή του νομού Ρεθύμνου, παρακαλώ για κάθε μια από τις παρακάτω έξι (6) προτάσεις να δηλώσετε το βαθμό συμφωνίας σας ή διαφωνίας σας σημειώνοντας στο κουτάκι δεξιά από κάθε πρόταση έναν ακέραιο αριθμό από το μηδέν (0) έως το εκατό (100) χρησιμοποιώντας την παρακάτω κλίμακα.



**Αιτίες**

Γ-2.1. Δεν ενδιαφέρομαι για την περιβαλλοντική κατάσταση της περιοχής του Νομού Ρεθύμνου.	<input type="checkbox"/>
Γ-2.2. Δεν εμπιστεύομαι την κυβέρνηση για την αποτελεσματική διαχείριση του θαλάσσιου και παράκτιου οικοσυστήματος.	<input type="checkbox"/>
Γ-2.3. Η παρούσα κατάσταση είναι αρκετά καλή.	<input type="checkbox"/>
Γ-2.4. Δεν πιστεύω ότι θα επιτύχουν οι πολιτικές διαχειρίσεις του θαλάσσιου και παράκτιου οικοσυστήματος.	<input type="checkbox"/>
Γ-2.5. Δεν μπορώ να διαθέσω επιπλέον χρήματα για τέτοιου είδους δραστηριότητες.	<input type="checkbox"/>
Γ-2.6. Προτιμώ να δαπανήσω τα χρήματά μου με άλλο τρόπο.	<input type="checkbox"/>
Γ-2.7. Δεν εμπιστεύομαι την συγκεκριμένη έρευνα	<input type="checkbox"/>
Γ-2.8. Άλλο (Παρακαλώ προσδιορίστε την απάντησή σας):	<input type="checkbox"/>

**Γ3)** Μπορείτε να δηλώσετε το μέγιστο ετήσιο ποσό που επιθυμείτε να πληρώσετε για την βελτίωση της ποιότητας του θαλάσσιου και παράκτιου οικοσυστήματος του Νομού Ρεθύμνου για τα επόμενα 6 έτη μέσω του λογαριασμού νερού.

0,5 €	1 €	1,5 €	2 €	2,5 €	3 €	3,5 €	4 €	4,5 €	5 €
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-----									
5,5 €	6 €	6,5 €	7 €	7,5 €	8 €	8,5 €	9 €	9,5 €	10 €
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-----									

10,5 €	11 €	11,5 €	12 €	12,5 €	13 €	13,5 €	14 €	14,5 €	15 €
15,5 €	16 €	16,5 €	17 €	17,5 €	18 €	18,5 €	19 €	19,5 €	20 €
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20,5 €	21 €	21,5 €	22 €	22,5 €	23 €	23,5 €	24 €	24,5 €	25 €
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25,5 €	26 €	26,5 €	27 €	27,5 €	28 €	28,5 €	29 €	29,5 €	30 €
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

➤ Αν το ποσό αυτό υπερβαίνει τα 30€, παρακαλώ προσδιορίστε: \_\_\_\_\_

### ΤΜΗΜΑ Δ) ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΠΡΟΦΙΛ

**Δ1) Ηλικία:** \_\_\_\_\_

**Δ2) Φύλο**

Ανδρας  Γυναίκα

**Δ3) Αριθμός των μελών του νοικοκυριού σας:** \_\_\_\_\_

Μέλη 18 ετών και άνω: \_\_\_\_\_

Μέλη έως 18 ετών: \_\_\_\_\_

Μέλη έως 14 ετών: \_\_\_\_\_

#### Δ4) Επίπεδο εκπαίδευσης που έχει ολοκληρωθεί:

1. Δεν έχω παρακολουθήσει/ολοκληρώσει κανένα επίπεδο εκπαίδευσης <input type="checkbox"/>	6. Τεχνικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα (Τ.Ε.Ι.) <input type="checkbox"/>
2. Δημοτικό <input type="checkbox"/>	7. Πανεπιστήμια, Ανώτατες Στρατιωτικές Σχολές, Ανοικτό Πανεπιστήμιο <input type="checkbox"/>
3. Γυμνάσιο <input type="checkbox"/>	8. Μεταπτυχιακές σπουδές (MSc., MBA, MA, Mlit, MPHIL) <input type="checkbox"/>
4. Γενικό Λύκειο <input type="checkbox"/>	9. Διδακτορικό <input type="checkbox"/>
5. Ινστιτούτα Επαγγελματικής Κατάρτισης (Ι.Ε.Κ) <input type="checkbox"/>	10. Άλλο <input type="checkbox"/>

\_\_\_\_\_

#### Δ5) Εργασία:

1. Εργασία πλήρους ωραρίου στον δημόσιο τομέα <input type="checkbox"/>	6. Συνταξιούχος <input type="checkbox"/>
2. Εργασία μερικού ωραρίου στον δημόσιο τομέα <input type="checkbox"/>	7. Μαθητής <input type="checkbox"/>
3. Εργασία πλήρους ωραρίου στον ιδιωτικό τομέα <input type="checkbox"/>	8. Αγρότης <input type="checkbox"/>
4. Εργασία μερικού ωραρίου στον ιδιωτικό τομέα <input type="checkbox"/>	9. Νοικοκυρά <input type="checkbox"/>
5. Άνεργος <input type="checkbox"/>	10. Άλλο <input type="checkbox"/>

\_\_\_\_\_



**Δ6) Παρακαλώ σημειώστε το ατομικό συνολικό ετήσιο εισόδημα μετά φόρων που είχατε τον προηγούμενο έτος:**

- |                          |                          |                        |                          |
|--------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|
| 1. 0 € (Κανένα Εισόδημα) | <input type="checkbox"/> | 7. 25000 – 29999,99 €  | <input type="checkbox"/> |
| 2. 1 – 4999,99 €         | <input type="checkbox"/> | 8. 30000 – 39999,99 €  | <input type="checkbox"/> |
| 3. 5000 – 9999,99 €      | <input type="checkbox"/> | 9. 40000 – 49999,99 €  | <input type="checkbox"/> |
| 4. 10000 – 14999,99 €    | <input type="checkbox"/> | 10. 50000 – 99999,99 € | <input type="checkbox"/> |
| 5. 15000 – 19999,99 €    | <input type="checkbox"/> | 11. 100000 € και άνω   | <input type="checkbox"/> |
| 6. 20000 – 24999,99 €    | <input type="checkbox"/> |                        |                          |

➤ Αν το συνολικό εισόδημα είναι από 100000€ και πάνω, παρακαλώ προσδιορίστε: \_\_\_\_\_

**Δ7) Έχετε δωρίσει χρήματα σε κάποιο περιβαλλοντικό οργανισμό τα τελευταία τρία χρόνια;** Ναι  Όχι

[Αν έχετε επιλέξει ΟΧΙ στην ερώτηση Δ7 τότε παραλείψτε τις ερωτήσεις α και β και συνεχίστε στην ερώτηση Δ8]

α) Πόσες φορές δωρίσατε χρήματα σε έναν περιβαλλοντικό οργανισμό τα τελευταία τρία χρόνια; \_\_\_\_\_

β) Ποιο είναι το συνολικό ύψος των χρημάτων (σε €) που δωρίσατε σε έναν περιβαλλοντικό οργανισμό τα τελευταία τρία χρόνια; \_\_\_\_\_

**Δ8) Είσατε μέλος κάποιου περιβαλλοντικού οργανισμού(-ων)?** Ναι  Όχι

[Αν έχετε επιλέξει ΟΧΙ στην ερώτηση Δ8 τότε παραλείψτε τις ερωτήσεις α και β και συνεχίστε στην ερώτηση Δ9]

α) Παρακαλώ γράψτε τα ονόματα του(των) οργανισμού(-ων): \_\_\_\_\_

β) Τον προηγούμενο χρόνο, ποιο είναι το χρονικό διάστημα που εργαστήκατε οικειοθελώς στον οργανισμό(-ους); \_\_\_\_\_ (ημέρες)

**Δ9) Έχετε δουλέψει ποτέ σε κάποιον περιβαλλοντικό οργανισμό;** Ναι  Όχι

[Αν έχετε επιλέξει ΟΧΙ στην ερώτηση Δ9 τότε παραλείψτε τις ερωτήσεις α και β και συνεχίστε στην ερώτηση Δ10]

α) Παρακαλώ γράψτε το όνομα(-τα) του οργανισμού(-ων): \_\_\_\_\_

β) Για πόσο χρονικό διάστημα συνολικά; \_\_\_\_\_ (ημέρες)

**Δ10) Μένετε στην περιοχή του Νομού Ρεθύμνου μόνιμα;** Ναι  Όχι

[Αν έχετε επιλέξει ΟΧΙ στην ερώτηση Δ10 τότε παραλείψτε την ερώτηση α και συνεχίστε στην ερώτηση Δ11]

[Αν έχετε επιλέξει ΝΑΙ στην ερώτηση Δ10 συμπληρώστε την ερώτηση α και προχωρήστε στην ερώτηση Δ11]

α) Συμμετέχετε στις ακόλουθες δραστηριότητες; Παρακαλώ επιλέξτε:

Ψάρεμα  Βαρκάδα  Κολύμπι  Περπάτημα  Άλλο: \_\_\_\_\_

**Δ11) Που μένετε μόνιμα;** \_\_\_\_\_

**Δ12) Έχετε εξοχικό στην περιοχή του Νομού Ρεθύμνου ;** Ναι  Όχι

α) Τα τελευταία τρία χρόνια, πόσες φορές κατά μέσο όρο επισκεπτόσασταν το εξοχικό σας τον χρόνο; \_\_\_\_\_

β) Για πόσο καιρό μένατε στο εξοχικό σας κατά μέσο όρο τον χρόνο; \_\_\_\_\_ (ημέρες)

γ) Κατά την διάρκεια της διαμονής σας, συμμετείχατε στις ακόλουθες δραστηριότητες; Παρακαλώ επιλέξτε:

Ψάρεμα

Βαρκάδα

Κολύμπι

Περπάτημα

Άλλο: \_\_\_\_\_

Σας ευχαριστώ πολύ για τον χρόνο σας!!!!