

• Άριστο επίπεδο περιβαλλοντικής προστασίας

Για να απαντήσουμε το αν υπάρχει άριστο επίπεδο περιβαλλοντικής προστασίας θα κάνουμε χρήση ενός θεμελιώδους κανόνα της οριακής ανάλυσης. Σύμφωνα μ' αυτόν τον κανόνα έχουμε κάθε κίνητρο να προβούμε σε εκείνες τις ενέργειες για τις οποίες ισχύει το παρακάτω:

$$MB \geq MC \quad (0.1)$$

Το οριακό όφελος της εν λόγω ενέργειας πρέπει να είναι μεγαλύτερο ή ίσο από το αντίστοιχο οριακό κόστος. Έτσι και για την περίπτωση της περιβαλλοντικής προστασίας θα εξετάζουμε τα αντίστοιχα οριακά μεγέθη.

Ας υποθέσουμε ότι οι επιχειρήσεις παράγουν ένα ομογενές προϊόν,  $q$ , και κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας δημιουργούνται επιβλαβείς ρύποι,  $e$ . Σύμφωνα με τον Ξεπαπαδά (1997)<sup>1</sup>, ορίζουμε ως συνάρτηση ιδιωτικής ωφέλειας το μέγιστο κέρδος που έχει μια επιχείρηση για κάθε επίπεδο ρύπων που 'παράγει':

$$B_i(e_i) = \max_{q_i \geq 0} \pi_i = \max_{q_i \geq 0} [pq_i - c_i(q_i, e_i)] \quad (0.2)$$

με  $B'_i(e_i) = \frac{B_i(e_i)}{\partial e_i} < 0$  και  $B''_i(e_i) = \frac{B_i^2(e_i)}{(\partial e_i)^2} < 0$ , δηλαδή η  $B_i(e_i)$  είναι μια αυστηρά κοίλη

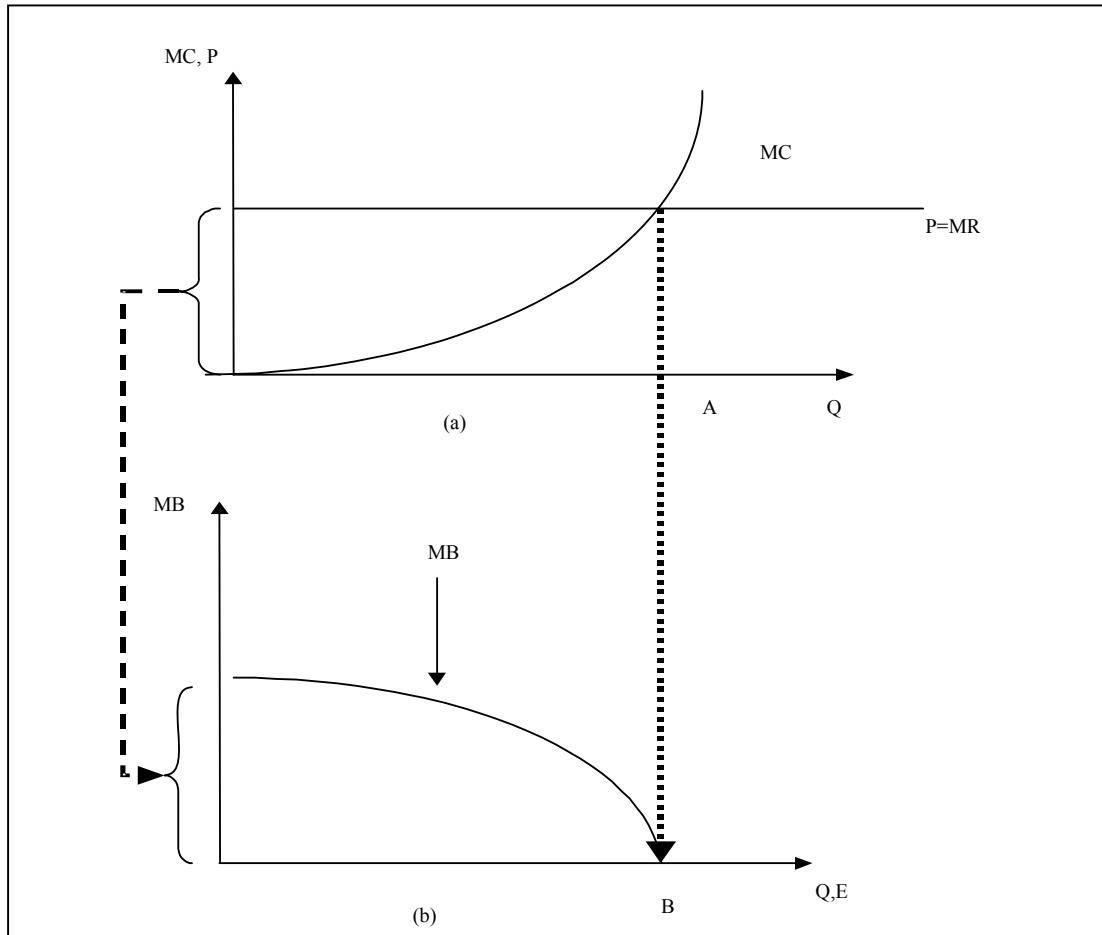
συνάρτηση εφόσον η συνάρτηση κόστους,  $c_i(q_i, e_i)$ , είναι μια αυστηρά κυρτή συνάρτηση (μια μείωση των ρύπων αυξάνει το κόστος και επομένως μειώνει το ιδιωτική ωφέλεια). Η ιδιότητα αυτή της συνάρτησης της ιδιωτικής ωφέλειας εγγυάται την ύπαρξη γενικού μέγιστου (global maximum).

#### Διαγραμματική Απεικόνιση της Καμπύλης του Οριακού Οφέλους

Το σχεδιάγραμμα 1 απεικονίζει το πώς προκύπτει διαγραμματικά η καμπύλη της οριακής ωφέλειας.

Το τμήμα (a) απεικονίζει την καμπύλη του οριακού κόστους της επιχείρησης (MC). Η καμπύλη του οριακού ιδιωτικού οφέλους (MB) στο τμήμα (b) προκύπτει από την διαδοχική

αφαίρεση του οριακού κόστους από τα οριακά έσοδα σε κάθε σημείο από την αρχή των αξόνων μέχρι το σημείο A στο τμήμα (a). Τα σημεία  $P-MC$  του τμήματος (a) προβάλλονται στο τμήμα (b) και έτσι προκύπτει η καμπύλη MB.



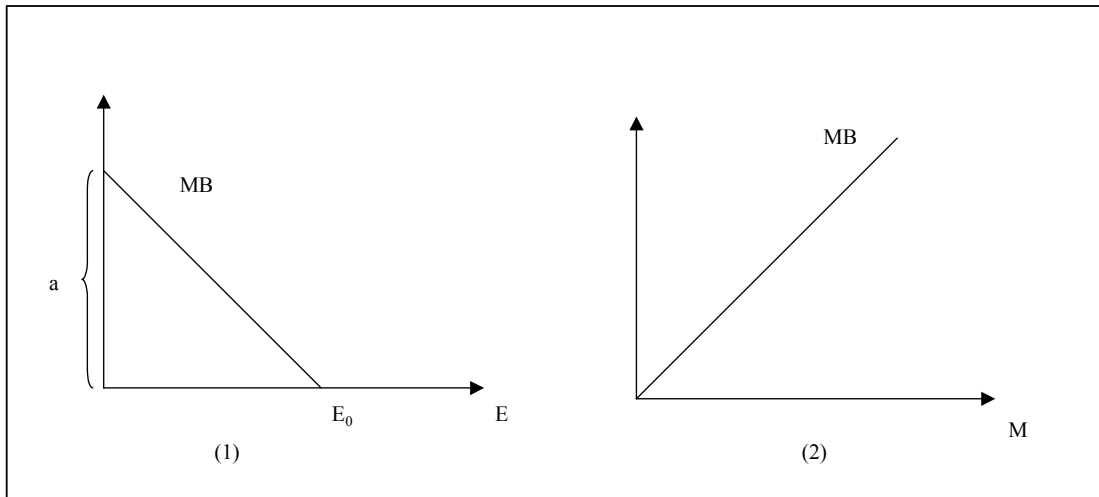
**Σχεδιάγραμμα 1:** Η διαγραμματική προέλευση της καμπύλης MB

Η καμπύλη MB μας δείχνει πόσο είναι το οριακό όφελος (κέρδος) για την επιχείρηση από την παραγωγή πιθανών ποσοτήτων προϊόντος στο εύρος μεταξύ της αρχής των αξόνων και του σημείου μεγιστοποίησης του κέρδους B. Εναλλακτικά η καμπύλη MB μπορεί να αναφερθεί και ως **καμπύλη του κόστους μείωσης της ρύπανσης** ή **καμπύλη του κόστους ελέγχου της ρύπανσης**<sup>2</sup> (MAC), εφόσον μας δείχνει ταυτόχρονα το πόσο μειώνεται το κέρδος της επιχείρησης από διαδοχικές μειώσεις της ρύπανσης στο εύρος μεταξύ B και της αρχής των αξόνων.

<sup>1</sup> Xepapadeas, A. (1997). *Advanced Principles in Environmental Policy*. Cheltenham: Edward Elgar.

Το πρόβλημα είναι ότι η καμπύλη MB δεν έχει τη “σωστή” κλίση εφόσον έχουμε συνηθίσει να παριστάνουμε θετικά μεγέθη (πχ οφέλη) με καμπύλες που έχουν θετική κλίση, ενώ η MB έχει αρνητική κλίση. Κάτω από ορισμένες συνθήκες (γραμμική καμπύλη οριακού οφέλους) μπορούμε να τροποποιήσουμε την κλίση της MB ώστε να έχει θετική κλίση.

Μια τυπική MB έχει την (1) διαγραμματική μορφή:



**Σχεδιάγραμμα 2:** Οι δύο εκδοχές της καμπύλης MB

Και η αλγεβρική της έκφραση είναι:

$$MB = a - bE \quad (0.3)$$

όπου το  $b$  συμβολίζει την κλίση της MB. Αν συμβολίσουμε την μείωση των ρύπων με  $M$ , μπορούμε να γράψουμε:

$$M = E_0 - E \Leftrightarrow E = E_0 - M \quad (0.4)$$

Από προηγούμενο σχήμα φαίνεται ότι η τιμή της MB στο σημείο  $E_0$  είναι μηδέν, οπότε:

$$MB(E_0) = a - b(E_0) = 0 \Rightarrow E_0 = \frac{a}{b} \quad (0.5)$$

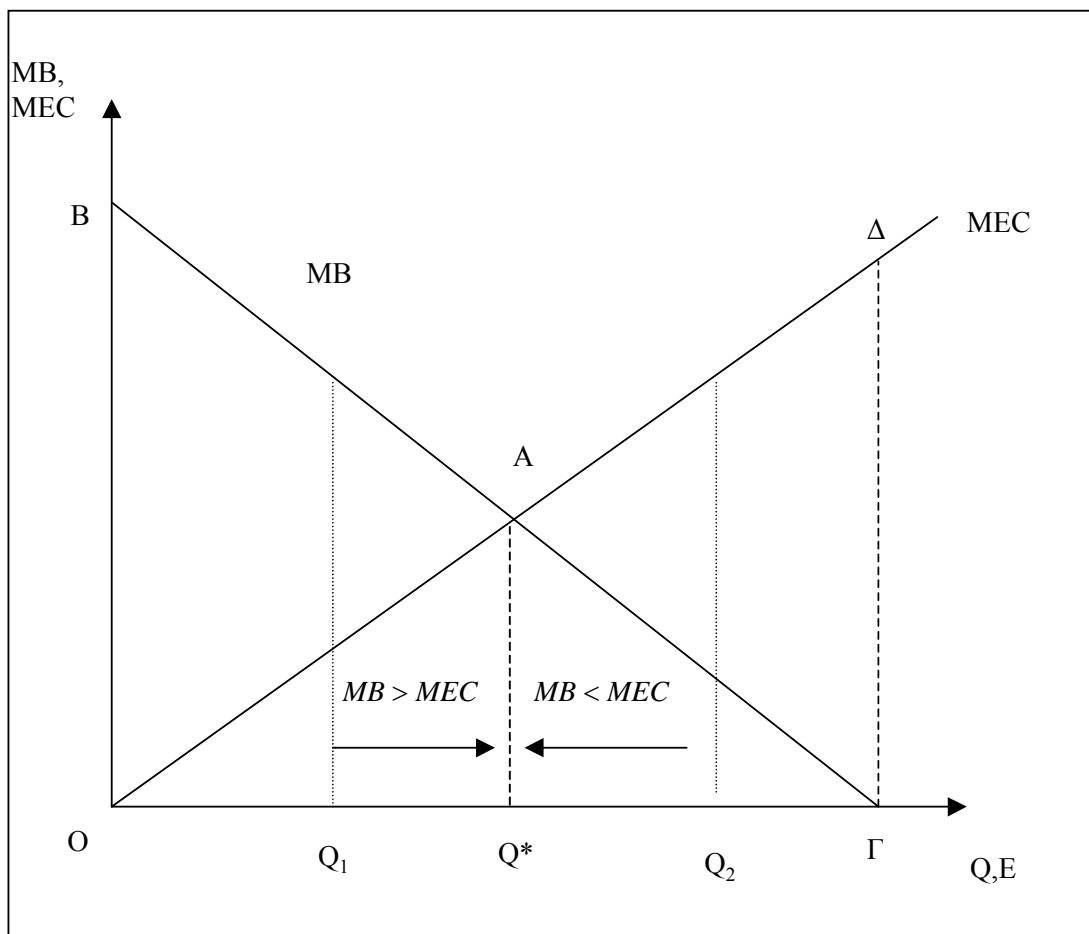
αντικαθιστώντας τις (0.4) και (0.5) στην (0.3) προκύπτει:

$$MB = a - b\left(\frac{a}{b} - M\right) \Rightarrow MB = bM \quad (0.6)$$

<sup>2</sup> Marginal Abatement Cost

Η σχέση (0.6) δείχνει ότι η  $MB$  μπορεί να έχει θετική κλίση όταν αναφέρεται σε μειώσεις των ρύπων και όχι στα απόλυτα μεγέθη τους. Μια τέτοια  $MB$  έχει τη διαγραμματική μορφή (2) στο σχεδιάγραμμα 2.

Στη συνέχεια για να απλοποιήσουμε την παρουσίαση του θέματος σχεδιάζουμε τις καμπύλες  $MB$  και  $MEC$  ως ευθείες στο παρακάτω σχεδιάγραμμα. Η τομή αυτών των ευθειών προβαλλόμενη στον οριζόντιο άξονα προσδιορίζει το κοινωνικά άριστο επίπεδο παραγωγής και κατ' επέκταση το κοινωνικά άριστο επίπεδο περιβαλλοντικής προστασίας.



**Σχεδιάγραμμα 3:** Κοινωνικά άριστο επίπεδο παραγωγής

Οι επιχειρήσεις λειτουργώντας χωρίς περιορισμούς παράγουν μέχρι το σημείο  $\Gamma$  όπου μεγιστοποιούν τα ιδιωτικά οφέλη τους,  $MB = 0$ . Αν υποθέσουμε ότι δεν υπάρχουν άλλες στρεβλώσεις στην αγορά, δηλαδή οι τιμές αντανακλούν το κόστος ευκαιρίας των πόρων, τότε τα ιδιωτικά οφέλη αντιπροσωπεύουν την κοινωνική αξία της παραγωγής ή διαφορετικά τα κοινωνικά οφέλη από την παραγωγή. Μια παραγωγή όμως στο σημείο  $\Gamma$  συνεπάγεται και

παραγωγή ποσότητας ρύπων ΟΓ που επιφέρει ζημιά στην κοινωνία. Το κόστος αυτής της ζημιάς ή εξωτερικό κόστος είναι ίσο με την περιοχή ΟΔΓ.

Το σχεδιάγραμμα 3 βασίζεται σε μια μάλλον αυστηρή παραδοχή μεταξύ επιπέδου παραγωγής και παραγόμενων ρύπων. Συγκεκριμένα, η παραδοχή αυτή είναι ότι οι ρύποι είναι συνάρτηση (μονότονα αύξουσα) της παραγωγής, δηλαδή  $e = e(q)$ , με  $\frac{\partial e}{\partial q} > 0$ . Το πρακτικό αποτέλεσμα αυτής της παραδοχής είναι ότι ο μοναδικός τρόπος για να ελαττωθούν οι ρύποι είναι η μείωση της παραγωγής.

Επομένως, το ερώτημα που φυσιολογικά ανακύπτει είναι το αν υπάρχουν περιθώρια να μειωθεί το εξωτερικό κόστος προς όφελος της κοινωνίας (μέσω της μείωσης της παραγωγής);

Το εξωτερικό κόστος που αντιστοιχεί σε επίπεδα παραγωγής μεταξύ  $Q^* \Gamma$  είναι μεγαλύτερο από την ωφέλεια που αντιστοιχεί σ' αυτή την παραγωγή (π.χ. σημείο  $Q_2$ ), εφόσον ισχύει  $MB < MEC$ . Έτσι προκύπτει ότι είναι κοινωνικά συμφέρον να μειωθεί η παραγωγή μέχρι του σημείου  $Q^*$  γιατί το όφελος της κοινωνίας στο σημείο αυτό  $Q^* \Delta \Gamma$  (που αντιστοιχεί στο εξωτερικό κόστος που πλέον δεν υφίσταται) υπερκεράζει τις απώλειες από την μειωμένη παραγωγή  $Q^* \Lambda \Gamma$ . Το ακριβώς αντίθετο συμβαίνει σε επίπεδα παραγωγής μεταξύ μηδενός και  $Q^*$  όπου ισχύει  $MB > MEC$  (π.χ. σημείο  $Q_1$ ).

Το σημείο  $Q^*$  προσδιορίζει επίπεδο παραγωγής που αντιστοιχεί στο άριστο επίπεδο ρύπανσης. Συνοψίζοντας το σχεδιάγραμμα 3 έχουμε:

<u>Περιοχή</u>	<u>Ερμηνεία</u>
ΟΑQ*	άριστο επίπεδο εξωτερικού κόστους
ΟΒΑ + ΟΑQ*	άριστο επίπεδο ιδιωτικής ωφέλειας
ΟΒΑ	άριστο επίπεδο κοινωνικού πλεονάσματος
ΓΑQ* + ΓΑΔ	επίπεδο εξωτερικού κόστους που η εξάλειψη του είναι προς όφελος της κοινωνίας.
ΓΑQ*	επίπεδο ιδιωτικής ωφέλειας χωρίς κοινωνική νομιμοποίηση.

**Ερώτηση:** Είναι η εξασφάλιση του επιπέδου παραγωγής  $Q^*$ , που αντιστοιχεί στο άριστο επίπεδο ρύπανσης, μια κατά Pareto βελτίωση της κοινωνικής ευημερίας;

Η απάντηση είναι ταυτόχρονα και ναι και όχι. Η εξασφάλιση επιπέδου παραγωγής  $Q^*$  δεν αποτελεί μια κατά Pareto βελτίωση εφόσον οι παραγωγοί έχουν μειωμένα κέρδη (περιοχή  $\Gamma A Q^*$ ). Έτσι παρόλο που η μείωση των ρύπων λόγω μειωμένης παραγωγής κατά  $\Gamma Q^*$  αντιπροσωπεύει μια σαφή βελτίωση για το κοινωνικό σύνολο, ταυτόχρονα η θέση των παραγωγών χειροτερεύει. Επομένως, παραβιάζεται η βασική προϋπόθεση της κατά Pareto βελτίωσης (βελτίωση της θέσης κάποιου υποκειμένου χωρίς να χειροτερεύει η θέση των άλλων).

Αντίθετα, αν χρησιμοποιήσουμε την αρχή της εν δυνάμει αποζημίωσης των Kaldor-Hicks, τότε η εξασφάλιση επιπέδου παραγωγής  $Q^*$  αντιπροσωπεύει μια εν δυνάμει Pareto βελτίωση εφόσον οι παραγωγοί μπορούν να αποζημιωθούν για τις όποιες απώλειες που υφίστανται και να περισσέψει καθαρό όφελος για την κοινωνία. Το κριτήριο των Kaldor-Hicks ορίζει ότι μια πράξη αντιπροσωπεύει βελτίωση της κοινωνικής ευημερίας αν οι κερδισμένοι αυτής της πράξης μπορούν να αποζημιώσουν τους θιγόμενους και να παραμείνει, μετά την αποζημίωση, καθαρή ωφέλεια. Επομένως, η εξασφάλιση επιπέδου παραγωγής  $Q^*$  αντιπροσωπεύει μια εν δυνάμει Pareto βελτίωση εφόσον το κέρδος της κοινωνίας από το μειωμένο επίπεδο ρύπων είναι μεγαλύτερο της απώλειας που υφίστανται οι παραγωγοί.

• **Προβλήματα με την έννοια του άριστου επιπέδου ρύπανσης.**

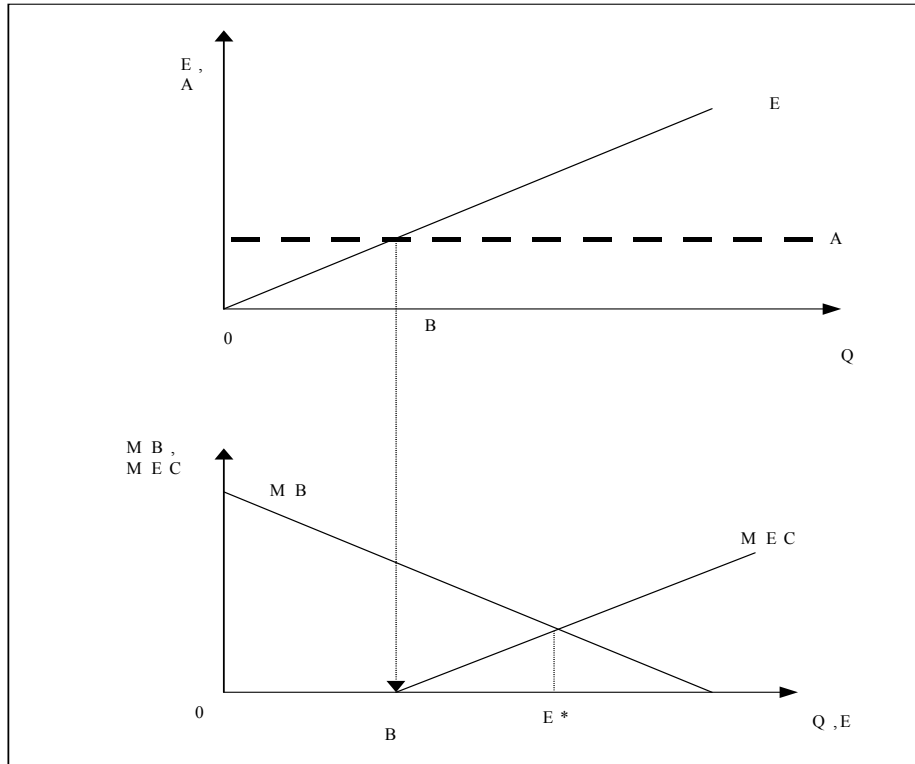
- 1) Η έννοια του άριστου επιπέδου ρύπανσης προκύπτει από την τομή των καμπυλών  $MB$  και  $MEC$ . Παρόλο που η εκτίμηση της  $MB$  είναι λογικά δυνατή δεν συμβαίνει το ίδιο με την καμπύλη  $MEC$ , η εκτίμηση της οποίας είναι ιδιαίτερος προβληματική. Στις περισσότερες των περιπτώσεων είναι εξαιρετικά δύσκολα, αν όχι απίθανο, να εκτιμηθεί το εξωτερικό κόστος. Σε κάποιες περιπτώσεις μπορούμε να εκτιμήσουμε προσεγγίσεις του εξωτερικού κόστους, π.χ. τη πρόθεση της κοινωνίας να πληρώσει ώστε να αποφευχθεί η πιθανή ζημιά ή να δεχθεί αποζημίωση για υποστεί την ενδεχόμενη βλάβη. Πέραν τούτου το ζήτημα της εκτίμησης της περιβαλλοντικής βλάβης εγείρει μια σειρά

από ζητήματα φιλοσοφικής και ηθικής τάξης. Για παράδειγμα: Πως εκτιμάται η αξία της ανθρώπινης ζωής στις περιπτώσεις εκείνες που το εξωτερικό κόστος προσβάλλει την ανθρώπινη ζωή; Πόσο ηθικά νομιμοποιημένη είναι η εκτίμηση του εξωτερικού κόστους στη βάση των αναγκών και επιθυμιών του ανθρώπου; (υπάρχουν αναπαλλοτριώτα δικαιώματα των ζώων, υπάρχει αξία των οικοσυστημάτων πέραν της ανθρωποκεντρικής προσέγγισης κλπ).

- 2) Ακόμη και εάν μπορούσαμε να εκτιμήσουμε με κάποια ασφάλεια το κόστος της βλάβης που υφίστατο η κοινωνία, η θέση της καμπύλης *MEC* εξαρτάται από την αφομοιωτική ικανότητα του περιβάλλοντος.

**Αφομοιωτική ικανότητα:** Η ικανότητα διαφόρων περιβαλλοντικών μέσων (environmental media) (αέρας, νερό, έδαφος) να διασπούν και να μετασχηματίζουν σε λιγότερο βλαβερά συστατικά μια σειρά από ρύπους που προστίθενται στα εν λόγω περιβαλλοντικά μέσα

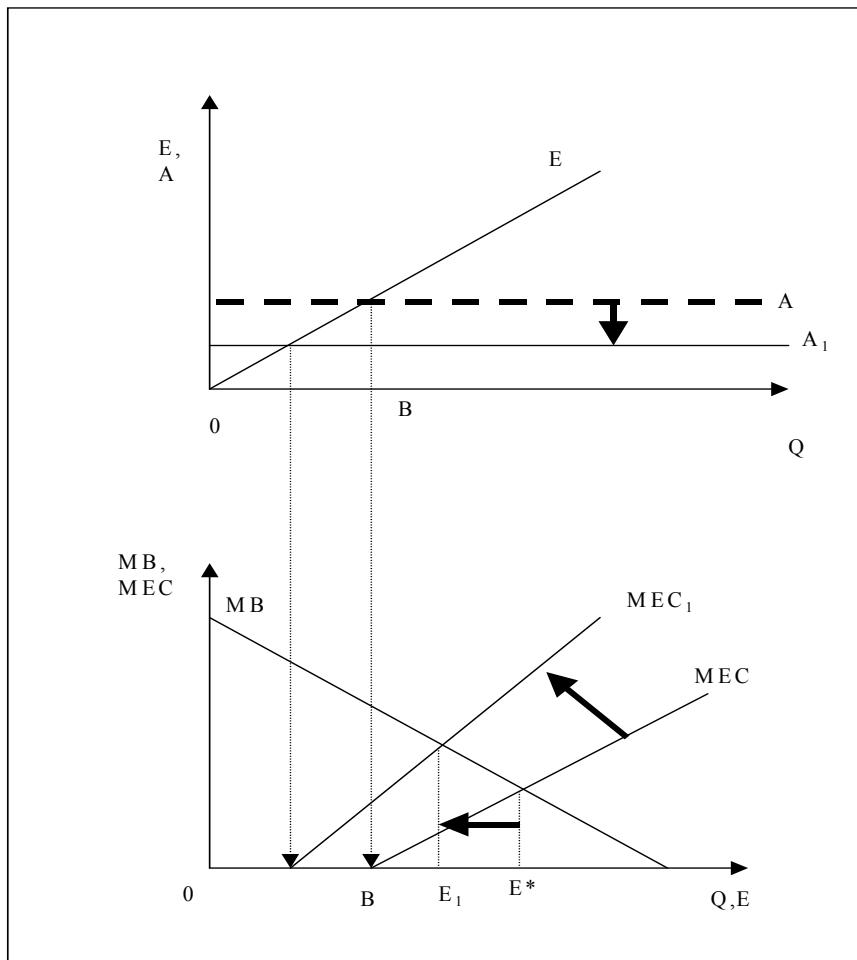
Το παρακάτω διάγραμμα απεικονίζει τη σημασία της αφομοιωτικής ικανότητας.



**Σχεδιάγραμμα 4:** Κοινωνικά άριστο επίπεδο παραγωγής και αφομοιωτική ικανότητα

Η διακεκομμένη γραμμή στο πάνω διάγραμμα του σχεδιαγράμματος 4 συμβολίζει τη λειτουργία της αφομοιωτικής ικανότητας του περιβάλλοντος. Η ποσότητα ρύπων μέχρι του σημείου B δεν αποτελεί πρόβλημα εφόσον αυτή η ποσότητα διασπάται από τους (μικρο-) οργανισμούς του περιβάλλοντος. Πέραν του σημείου B όμως, αρχίζει να αυξάνει η συγκέντρωση των επιβλαβών ρύπων η οποία προκαλεί το εξωτερικό κόστος στην κοινωνία. Έτσι η καμπύλη *MEC* στο κάτω σχεδιάγραμμα δεν ξεκινά από την αρχή των αξόνων.

Αυτό όμως που περιπλέκει τα πράγματα είναι ότι η αφομοιωτική ικανότητα του περιβάλλοντος εξαρτάται την ήδη συσσωρευμένη ποσότητα ρύπων σ' αυτό. Αυτό φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



**Σχεδιάγραμμα 5:** Κοινωνικά άριστο επίπεδο παραγωγής και μεταβολή της αφομοιωτικής ικανότητας



Η προσθήκη αυξημένων ποσοτήτων ρύπων μειώνουν την ευεργετική ικανότητα του περιβάλλοντος να διασπά και να μετασχηματίζει συγκεκριμένες ποσότητες αυτών των ρύπων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μετατοπιστεί η καμπύλη του εξωτερικού κόστους  $MEC \rightarrow MEC_1$ , όπως φαίνεται στο κάτω τμήμα του σχεδιαγράμματος 5, με αποτέλεσμα το επίπεδο της άριστης ποσότητας ρύπων να μειωθεί ( $E^* \rightarrow E_1$ ). Αυτό θα μπορούσε να είχε αποφευχθεί αν αρχικά το επίπεδο παραγωγής δεν ξεπερνούσε το σημείο Β. Το σημείο αυτό αναφέρεται συχνά ως σημείο ‘μηδενικής ρύπανσης’ ή ‘επίπεδο παραγωγής οικολογικά ευσταθές’.<sup>3</sup>

---

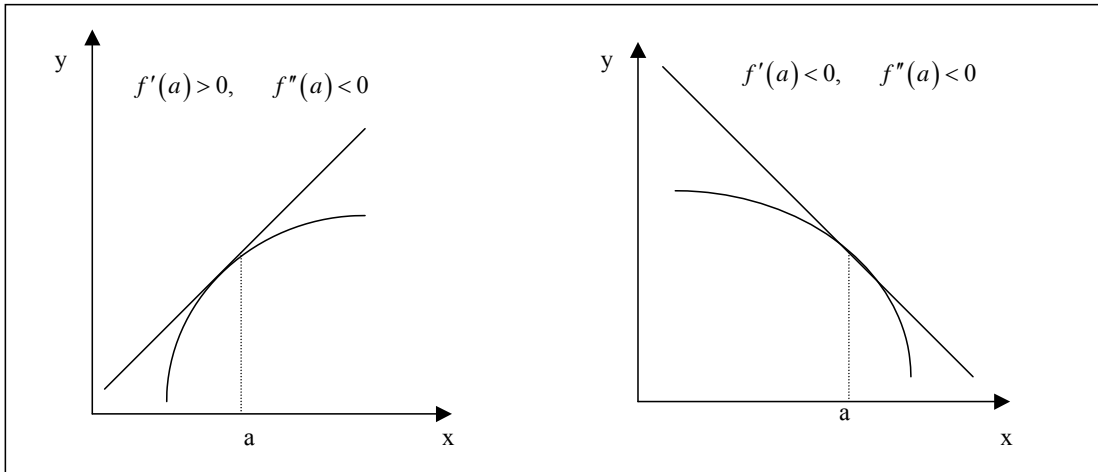
<sup>3</sup> Ο όρος ‘μηδενικής ρύπανσης’ αναφέρεται από τους Pearce, D., & Turner, K. (1990). Economics of Natural Resources and the Environment. London: Harvester Wheatsheaf (σελίδα 65) ενώ ο όρος ‘επίπεδο παραγωγής οικολογικά ευσταθές’ από τον Hodge, I. (1995). Environmental Economics: Individual Incentives and Public Choices. London: MacMillan (σελίδα 48)

**Υπόμνημα: Κοίλες & Κυρτές Συναρτήσεις**

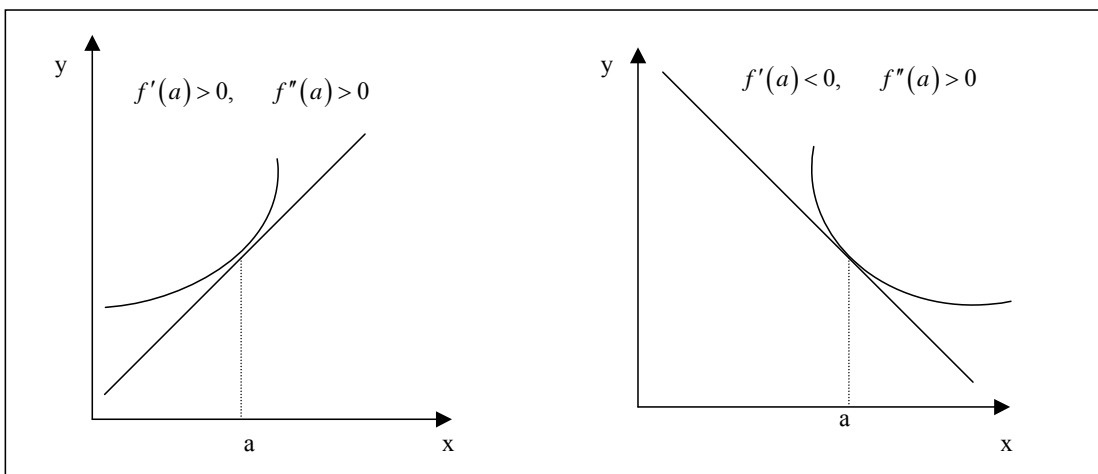
Έστω μια συνάρτηση  $y = f(x)$ . Αν ισχύει  $f'(a) = \left. \frac{\partial f(x)}{\partial x} \right|_a > 0$  τότε η συνάρτηση λέγεται

**αύξουσα** στο σημείο  $a$ , ενώ αν ισχύει  $f'(a) < 0$  τότε λέγεται **φθίνουσα** στο σημείο  $a$ .

Ακόμη, αν ισχύει  $f''(a) < 0$  τότε η συνάρτηση είναι **κοίλη** στο  $a$ , ενώ αν ισχύει  $f''(a) > 0$  η συνάρτηση είναι **κυρτή** στο  $a$ . Τα παρακάτω διαγράμματα απεικονίζουν τη μορφή κοίλων και κυρτών συναρτήσεων.



**Διάγραμμα 1:** Κοίλη συνάρτηση



**Διάγραμμα 2:** Κυρτή συνάρτηση