Αποτελεσματικότητα Κόστους Και Φόρος Επί Των Εισροών

Πολύ συχνά οι παραγόμενοι ρύποι είναι αδύνατο να μετρηθούν ή μπορούν μόνο να μετρηθούν με υπερβολικό κόστος. Σ' αυτές τις περιπτώσεις είναι παράλογο να σχεδιάζονται πολιτικές ελέγχου της ρύπανσης που εστιάζουν στους ρύπους (π.χ. ο φόρος επί των ρύπων). Τέτοιο παράδειγμα είναι η ρύπανση που προκαλούν οι γεωργικές δραστηριότητες, που συνήθως αναφέρεται ως **μη σημειακή ρύπανση** (non-point pollution). Κατά κανόνα, στην περίπτωση της μη σημειακής ρύπανσης η πολιτική προστασίας του περιβάλλοντος εκφράζεται με την επιβολή μέτρων (ανωτάτων ορίων, φόρων κλπ) στις χρησιμοποιούμενες εισροές που ευθύνονται για την παραγωγή των ρύπων. Είναι προφανές ότι τα ανώτατα όρια στις χρησιμοποιούμενες εισροές καθορίζονται και πάλι με διοικητικό τρόπο. Συγκεκριμένα, αναφορικά με τον φόρο επί των εισροών που εξασφαλίζουν τα ανώτατα όρια ισχύει το παρακάτω:

Πρόταση: Ο φόρος αποτελεσματικότητας κόστους επί των εισροών που εξασφαλίζει τα ανώτατα επιβαλλόμενα όρια στις χρησιμοποιούμενες εισροές ισούται με την αξία του οριακού προϊόντος (VMP) μείον τη τιμή της εισροής.

Απόδειξη

Ας υποθέσουμε πάλι ότι σε μια περιοχή υπάρχουν n επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στη παραγωγή ενός προϊόντος. Ταυτόχρονα όμως η παραγωγική δραστηριότητα των επιχειρήσεων ευθύνεται για την παραγωγή ρύπων. Οι απαιτήσεις της κοινωνία για μια ελάχιστη ποιότητα περιβάλλοντος μπορούν να εκφραστούν με την επιβολή ανωτάτων ορίων στις χρησιμοποιούμενες εισροές. Κάτι τέτοιο είναι δυνατό να γίνει εφόσον είναι γνωστή η τεχνική σχέση μεταξύ χρησιμοποιούμενων εισροών και αναμενόμενων ρύπων, δηλαδή όταν είναι γνωστή η σχέση $e_i = E\left[e_i\left(x_i\right)\right]$. Το σύμβολο E δηλώνει αναμενόμενες τιμές (expected values). Στη συνέχεια της απόδειξης αγνοούμε το σύμβολο E, εφόσον κάνουμε την παραδοχή ότι όταν αναφερόμαστε σε ρύπους εννοούμε αναμενόμενους ρύπους. Τα ανώτατα αυτά όρια στις χρησιμοποιούμενες εισροές αντιστοιχούν σε εκείνα τα ανώτατα όρια ρύπων που δε θέτουν σε κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία και δεν υποβαθμίζουν την ποιότητα του περιβάλλοντος. Η διαγραμματική απεικόνιση αυτής της σχέσης δίνεται στο σχεδιάγραμμα (α).

Το πρόβλημα της σχεδίασης της πολιτική ελέγχου της ρύπανσης συνίσταται στην επιλογή του κατάλληλου φόρου επί των εισροών ώστε να μεγιστοποιηθεί η κοινωνική ευημερία. Πάλι εκφράσουμε τη μεγιστοποίηση της κοινωνικής ευημερίας μέσω της μεγιστοποίησης του κοινωνικού πλεονάσματος. Η μεγιστοποίηση του κοινωνικού πλεονάσματος ορίζεται τώρα ως η μεγιστοποίηση του κοινωνικού οφέλους της παραγωγής υπό το περιορισμό ότι οι χρησιμοποιούμενες εισροές είναι μικρότερες του επιβαλλόμενου ανώτατου ορίου, X. Έτσι λοιπόν το πρόβλημα της σχεδίασης της πολιτικής ελέγχου της ρύπανσης δίνεται από:

$$\max \sum_i B_i\left[e_i\left(x_i\right)\right] \tag{0.1}$$

υπό τον περιορισμό ότι οι χρησιμοποιούμενες εισροές δεν θα ξεπερνούν το ανώτατο όριο, X:

$$\sum_i x_i \leq X \tag{0.2}$$

Παράλληλα, οι επιχειρήσεις μεγιστοποιούν το ιδιωτικό όφελος από την παραγωγή μείον της φορολογίας που τους επιβάλλεται ανά μονάδα εισροών:

$$\max B_i\left[e_i\left(x_i\right)\right] - t^x x_i \qquad \forall i \tag{0.3}$$

Για να γίνει κατανοητή η σχέση (0.3), πρέπει να τονιστεί ότι το ιδιωτικό όφελος από την παραγωγή ταυτίζεται με το κέρδος των επιχειρήσεων. Για αυτό το λόγο μπορούμε να γράψουμε τη συνάρτηση κέρδους ως συνάρτηση των χρησιμοποιούμενων εισροών και των παραγόμενων ρύπων:

$$B_i\left[e_i\left(x_i\right)\right] \equiv \pi\left(x_i, e_i\left(x_i\right)\right) \equiv p_q f\left(x_i, e_i\left(x_i\right)\right) - w x_i \tag{0.4}$$

Η τιμή του προϊόντος είναι p_q, η συνάρτηση παραγωγής δίνεται από την $f\left(x_i, e\left(x_i\right)\right)$, με $\frac{\partial f(.,.)}{\partial x} > 0$ και $\frac{\partial f(.,.)}{\partial e} > 0$, και η τιμή της εισροής είναι w. Η επιβολή φόρου στις εισροές σημαίνει ότι η νέα τιμή τους (μετά το φόρο) θα είναι $w + t^x$, οπότε το πρόβλημα της επιχείρησης μπορεί να γραφεί ως:

$$\max\left\{p_q f\left(x_i, e_i\left(x_i\right)\right) - \left(w + t^x\right) x_i\right\} \tag{0.5}$$

Αν αντικαταστήσουμε την (0.4) στην (0.5) προκύπτει αμέσως η (0.3).

Το πρόβλημα (0.1 – 0.3) είναι ένα bilevel mathematical programming problem και για να επιλυθεί αντικαθιστούμε την (0.3) με την συνθήκη πρώτης τάξης. Έτσι έχουμε:

$$\frac{\partial B_i}{\partial e_i}\frac{\partial e_i}{\partial x_i} - t^x = 0 \qquad \forall i \tag{0.6}$$

Η συνάρτηση Lagrange του προβλήματος (0.1, 0.2 & 0.6) γράφεται ως εξής:

$$L(x_i, \lambda_1, \sum_i \lambda_i^2, t) = \sum_i B_i\left[e_i\left(x_i\right)\right] + \lambda_1\left(X - \sum_i x_i\right) + \sum_i \lambda_i^2\left(t^x - \frac{\partial B_i}{\partial e_i}\frac{\partial e_i}{\partial x_i}\right) \tag{0.7}$$

Στη συνέχεια εξετάσουμε τις συνθήκες μεγιστοποίησης της (0.7). Αυτές είναι:

$$\frac{\partial L}{\partial x_i} = \frac{\partial B_i}{\partial e_i}\frac{\partial e_i}{\partial x_i} - \lambda_1 - \lambda_i^2\frac{\partial\left(\frac{\partial B_i}{\partial e_i}\frac{\partial e_i}{\partial x_i}\right)}{\partial x_i} = 0 \qquad x_i > 0 \tag{0.8}$$

εφόσον κάνουμε την συνηθισμένη υπόθεση Nash-Cournot $\frac{\partial \sum_i x_i}{\partial x_i} = 1$

$$\frac{\partial L}{\partial t^x} = \sum_i \lambda_i^2 \leq 0 \qquad \left(\sum_i \lambda_i^2 = 0 \qquad t_1 > 0\right) \tag{0.9}$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_i^2} = \left(t^x - \frac{\partial B_i}{\partial e_i}\frac{\partial e_i}{\partial x_i}\right) \geq 0 \qquad \lambda_i^2 \geq 0 \tag{0.10}$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_1} = X - \sum_i x_i \geq 0 \qquad \lambda_1 \geq 0 \tag{0.11}$$

Λύνοντας το σύστημα (0.9 – 0.11) προκύπτει ότι :

$$\lambda_1 = t^x = \frac{\partial B_i}{\partial e_i}\frac{\partial e_i}{\partial x_i} \tag{0.12}$$

<u>Συμπέρασμα 1^{o}</u>: Η σκιώδης τιμή, λ_1 του περιβαλλοντικού περιορισμού (0.2) ισούται με τον φόρο επί των εισροών, t^x.

Από τη σχέση (0.4) έχουμε ότι:

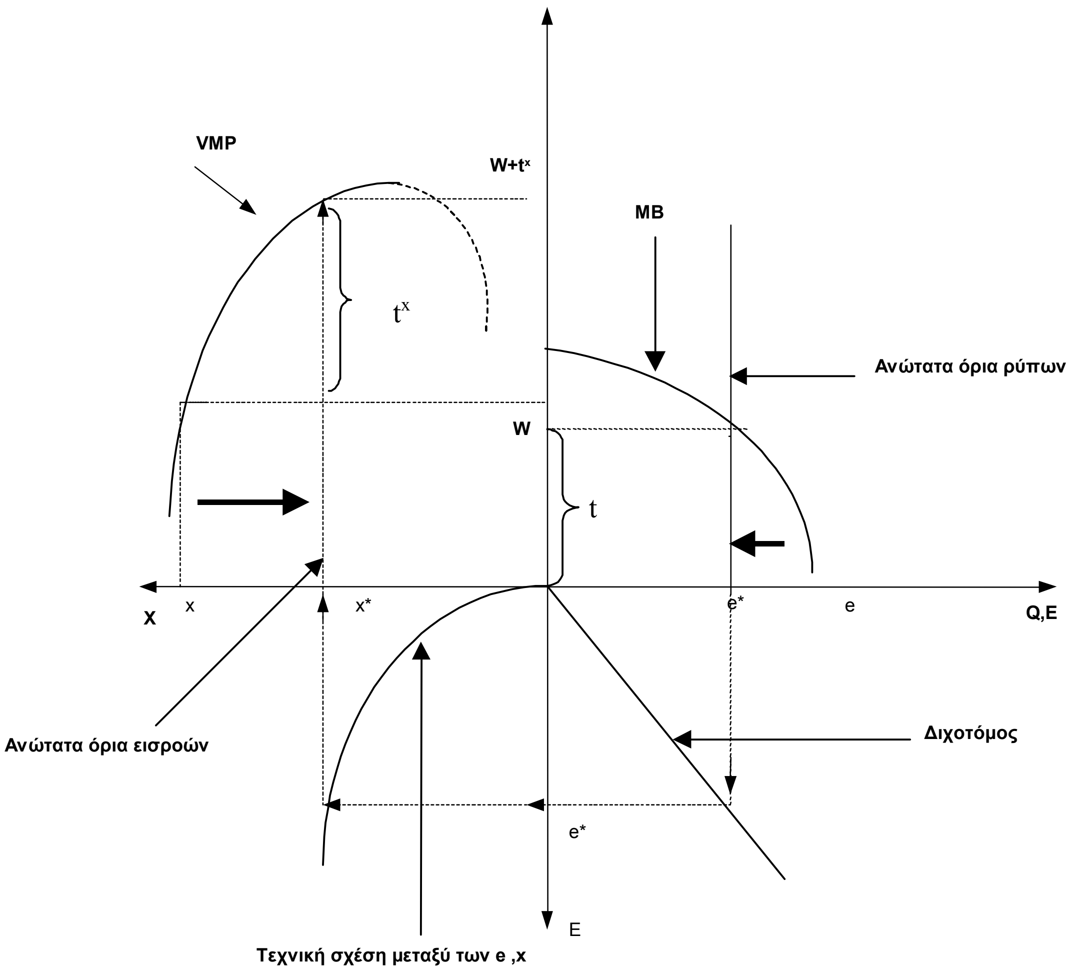
$$\frac{\partial\left(B_i\left[e_i\left(x_i\right)\right]\right)}{\partial x_i} = p_q\frac{\partial f\left(x_i, e_i\left(x_i\right)\right)}{\partial x_i} - w \tag{0.13}$$

και εφόσον $\frac{\partial\left(B_i\left[e_i\left(x_i\right)\right]\right)}{\partial x_i} = \frac{\partial B_i}{\partial e_i}\frac{\partial e_i}{\partial x_i}$ τότε από τις σχέσεις (0.12) και (0.13) καταλήγουμε στη παρακάτω σχέση:

$$t^x = VMP_x - w \tag{0.14}$$

Συμπέρασμα 2^{o}: Ο φόρος επί των εισροών που εξασφαλίζει τα ανώτατα επιβαλλόμενα όρια στις χρησιμοποιούμενες εισροές ισούται με την αξία του οριακού προϊόντος (VMP) μείον τη τιμή της εισροής.

Το παρακάτω σχεδιάγραμμα απεικονίζει τον προσδιορισμό του φόρου επί των εισροών.



Σχεδιάγραμμα (α): Η σχέση μεταξύ ανώτατων ορίων ρύπων και ανώτατων ορίων εισροών.

Το σχεδιάγραμμα (α) μας δείχνει δύο πράγματα. Το πρώτο είναι πως μπορούμε να μετατρέψουμε τα ανώτατα όρια ρύπων σε ανώτατα όρια εισροών εφόσον είναι γνωστή η τεχνική σχέση $e_i = E\left[e_i\left(x_i\right)\right]$. Ταυτόχρονα μας δείχνει πως μπορούμε υπολογίσουμε το αποτελεσματικό φόρο επί των εισροών εφόσον γνωρίζουμε την καμπύλη της αξίας του οριακού προϊόντος και έχουμε υπολογίσει τα ανώτατα όρια στις εισροές.