

## **Η ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΑΠΟΒΑΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΑΜΒΡΑΚΙΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ ΜΙΑ ΤΑΧΥΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ**

*Δημήτρης Παπαϊωάννου,  
Αναστάσιος Τασόπουλος,*

### **1. Εισαγωγή**

Στα πλαίσια σχετικής μελέτης για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων των αποβλήτων των χοιροστασιών του Αμβρακικού Κόλπου που διεξήχθη το 1986-1987 για λογαριασμό του Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ/Ε.Ο.Κ., ανέκυψε το πρόβλημα της επιλογής μεταξύ εναλλακτικών λύσεων σχετικά με τον τρόπο μεταφοράς των προκυπτόντων αποβλήτων στην κεντρική μονάδα επεξεργασίας τους. Για τη διαπραγμάτευση του προβλήματος ελήφθησαν υπόψη, στοιχεία κόστους και οικονομικής αποδοτικότητας καθώς και περιβαλλοντικά κριτήρια που σχετίζονται με την ελαχιστοποίηση των "άτυπων" (βλ. παράνομων) απορρίψεων αποβλήτων στο περιβάλλον, το οποίο είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο λόγω της ύπαρξης των λιμνοθαλασσών και υγροβιότοπων στην περιοχή.

Σε πρώτη φάση χρησιμοποιήθηκε μια καθαρά εμπειρική προσέγγιση σύγκρισης του ολικού κόστους (λειτουργικού και αποσβέσεις) μεταξύ των δύο προσφορότερων τρόπων μεταφοράς, δηλαδή μεταξύ, (α) μεταφοράς μέσω δικτύων, και (β) μεταφοράς μέσω βυτιοφόρων οχημάτων.

Ως τελικός τόπος προορισμού των συλλεγόμενων αποβλήτων, δηλαδή ως τόπος εγκατάστασης της μονάδας επεξεργασίας τους, εκλέχθηκε η Κοινότητα του Αγ. Σπυριδώνα που βρίσκεται στο γεωγραφικό κέντρο της περιοχής και που γύρω της συγκεντρώνει τη μέγιστη πυκνότητα των παραγόμενων αποβλήτων.

Γύρω από αυτόν τον τόπο, η παραγωγή αποβλήτων διατάσσεται στο χώρο, κατά ζώνες φθίνουσας πυκνότητας με την απόσταση. Με βάση τα παραπάνω, η μελέτη της μεταφοράς εξετάζει οικονομικά και περιβαλλοντικά τις υφιστάμενες εναλλακτικές λύσεις με τη μέθοδο "βήμα προς βήμα".

Κατ' αρχάς, δηλαδή, επιλέγεται ο άριστος τρόπος μεταφοράς των αποβλήτων στην κεντρική και μεγάλης πυκνότητας περιοχή, και κατόπιν επεκτείνεται

η εξέταση και η επιλογή "βήμα προς βήμα" πηγαίνοντας προς τις πιο απομακρυσμένες περιοχές. Κατά τις διαδοχικές "βήμα προς βήμα" προσεγγίσεις, εξετάζεται και συγκρίνεται τόσο το οριακό κόστος (του κάθε μεμονωμένου βήματος), όσο και το ολικό κόστος (του συνόλου των μέχρι τότε βημάτων), για κάθε εναλλακτική λύση.

Από τη σχετική εμπειρική ανάλυση, προέκυψε το συμπέρασμα ότι για τις εγγύτερες και πυκνότερες σε απόβλητα περιοχές, είναι πιο συμφέρουσα η χρήση δικτύων έναντι εκείνης των βυτιοφόρων, ενώ για τις πιο απομακρυσμένες και αραιότερες σε απόβλητα περιοχές, είναι πιο συμφέρουσα η χρήση βυτίων. Για το λόγο αυτό επιχειρήθηκε μια θεωρητική προσέγγιση του θέματος με σκοπό να εξεταστούν θεμελιακά όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν τους δύο τρόπους μεταφοράς και το σχετικό βάρος του καθενός. Παράλληλα, επιχειρείται η εξαγωγή νέων μεγεθών με τη μορφή "δεικτών" που σχετίζονται με την υπεροχή του ενός από τους δύο τρόπους μεταφοράς.

## ΜΕΡΟΣ Α

### 2. Τεχνοοικονομική ανάλυση και σύγκριση των μεθόδων μεταφοράς των αποβλήτων

Παρακάτω γίνεται διεξοδικά μια αναλυτική προσέγγιση στο θέμα του κόστους μεταφοράς των αποβλήτων αφού προηγουμένως καθοριστούν οι "ζώνες παραγωγής αποβλήτων", περιοχές δηλαδή που παρουσιάζουν κοινά γεωγραφικά χαρακτηριστικά και εμπεριέχουν σημαντικό αριθμό χοιροτροφικών μονάδων. Οι ζώνες αυτές υφίστανται διαπραγματεύση ανάλογη με εκείνη των σημειακών πηγών, όχι μόνο για λόγους απλουστεύσεως του προβλήματος, αλλά και επειδή η σημαντικότερη δαπάνη συνίσταται στη σύνδεση ολόκληρης της ζώνης με το εξωτερικό της περιβάλλον παρά στην εσωτερική σύνδεση του χώρου της ζώνης.

#### 2.1 Εναλλακτικές μέθοδοι και μεταφορές των αποβλήτων από τα χοιροστάσια της περιοχής του Αμβρακικού (χάρτης 1)

Το μέγιστο ποσοστό των μονάδων (85%), καθώς και των παραγομένων αποβλήτων (95,6%), βρίσκονται σε μια ζώνη μήκους 30 περίπου χλμ. και πλάτους 15 χλμ., (από τη Σαμψούντα μέχρι το Κομπότι και από την Καμπή μέχρι τη Βίγλα).

Ένα πολύ σημαντικό όμως τμήμα των αποβλήτων (66,5%), παράγεται στη ζώνη που περικλείεται από τη Ν. Κερασούντα από Ανατολάς, προς τους Κεραμάτες από Δυσμάς, την Καμπή από Βορρά και τη γραμμή Βίγλας - Ανέζας - Ψαθοτοπίου από Νότο, μήκους 15 χλμ. και πλάτους 12 χλμ.

Ένα επίσης σημαντικό τμήμα των αποβλήτων (42,1%), παράγεται σ' ένα τμήμα της προηγούμενης ζώνης και συγκεκριμένα εκατέρωθεν του δρόμου από

την Καμπή μέχρι τη Ν. Κερασούντα, σε μια ζώνη μήκους 10 περίπου χλμ. και πλάτους 1 χλμ..

Μετά από τα παραπάνω, μπορούμε να διακρίνουμε τις παρακάτω εννέα (9) ζώνες εκπομπής αποβλήτων: (βλ. χάρτη 1)

**Εκπομπές αποβλήτων**

Ζώνη	διαστάσεις/ επιφ. (χλμ.)	Εκπομπές (%)	Κυβικά μέτρα ανά έτος	Αριθμός
(i) Καμπής-Κερασούντος (εντός της ii)	10 x 1 = 10	42,1	83.950	3.820
(ii) Καμπής - Κερασούντος - Βίγλας - Ψαθοτόπι - Κεραμάτες	15 x 12 = 180	68,6	136.145	6.220
(iii) Πέτρας - Τύργιας - Καμαρίνας - Ν. Σινώπης	13 x 9 = 117	16,5	19.490	1.500
(iv) Πέτρα - Κομπότι	10 x 1 = 10	3,65	7.110	325
(v) Πρέβεζας - Μιχαλίτσι	15 x 3 = 45	3,42	6.790	310
(vi) Βόνιτσα	σημειακή	1,32	2.630	120
(vii) Βάλτος	5 x 1 = 5	0,88	1.750	80
(viii) Πέραν της Φιλιπιάδας (βορείως)	20 x 1 = 20	4,74	9.420	430
(ix) Πέραν του Πέτα (βορείως)	25 x 5 = 125	1,04	2.080	95
<b>Σύνολο (πλην της i)</b>		100	198.400	9.060

Για τη ζώνη (ii) στο σύνολό της, καθώς και για τις (iii) και (iv) ως ρεαλιστικές εναλλακτικές λύσεις περιουλλογής των αποβλήτων παρουσιάζονται :

- 1) ο μεμονωμένος καθαρισμός τους κατά μονάδα (καμία περισυλλογή),
- 2) η περισυλλογή των αποβλήτων με βυτία βοηθολυμάτων προς μονάδα κεντρικού καθαρισμού,
- 3) ο συνδυασμός των παραπάνω.

Για τις υπόλοιπες ζώνες (v - ix) ως ρεαλιστικές εναλλακτικές λύσεις παρουσιάζονται :

- 1) ο μεμονωμένος καθαρισμός τους κατά μονάδα (καμία περισυλλογή),
- 2) η περισυλλογή των αποβλήτων τους με βυτία βοηθολυμάτων προς κεντρική μονάδα καθαρισμού,
- 3) ο συνδυασμός μεμονωμένου -κατά μονάδα- καθαρισμού, με την περισυλλογή από βυτία της λάσπης που προκύπτει από αυτούς, προς κεντρική μονάδα επεξεργασίας της,

- 4) ο συνδυασμός των παραπάνω.

Για τις υπόλοιπες ζώνες (v - ix) ως ρεαλιστικές εναλλακτικές λύσεις παρουσιάζονται :

- 1) ο μεμονωμένος καθαρισμός τους κατά μονάδα (καμία περισυλλογή),
- 2) η περισυλλογή των αποβλήτων τους με βυτία βοηθολυμάτων προς κεντρική μονάδα καθαρισμού,
- 3) ο συνδυασμός μεμονωμένου -κατά μονάδα- καθαρισμού, με την περισυλλογή από βυτία της λάσπης που προκύπτει από αυτούς, προς κεντρική μονάδα επεξεργασίας της.

Βασικά δεδομένα για την επιλογή του τρόπου μεταφοράς στη ζώνη (i) είναι τα εξής :

Για τη δημιουργία κεντρικού αποχετευτικού συστήματος απαιτείται η κατασκευή υπόγειου αγωγού μήκους 12 χλμ. περίπου, κατά μήκος του δρόμου από την Καμπή μέχρι την περιοχή Βαθύπεδο, 1 χλμ. νότια του Αγ. Σπυρίδωνα. Ο αγωγός θα πρέπει να έχει παροχετευτική ικανότητα 1.000 κ.μ. την ημέρα ή 100 κ.μ./ώρα ή 27 lit/sec για να καλύπτονται οι αιχμές. Η υψομετρική διαφορά είναι γύρω στα 18 μέτρα, πράγμα που δίνει μια μέση κλίση γύρω στο 0,15%. Σοβαρά εμπόδια για τις εκσκαφές δεν υπάρχουν (δομημένοι χώροι, βάλτοι κ.λπ.) και το έδαφος είναι προσχωσιγενές, χωρίς βράχους κ.λπ.

Εναλλακτικά, η μεταφορά βοηθολυμάτων μέσα στην περιοχή (i), με δεδομένα αυτής της εποχής (Νοέμβριος 1986), κοστίζει γύρω στις 400 δρχ. / κ.μ. Αν πάρουμε όμως υπόψη δεδομένα της περιοχής Αθηνών, όπου λόγω της επέκτασης του αποχετευτικού δικτύου, τα βυτία βοηθολυμάτων υποαπασχολούνται, προσφέρονται καλύτερες τιμές που μπορούν να φτάσουν μέχρι 150 δρχ. / κ.μ. Κάνουμε λοιπόν, την υπόθεση ότι η τιμή των 150 δρχ. είναι διαπραγματεύσιμη και εφικτή από ένα κεντρικό σύστημα. Κατά συνέπεια, τεχνικοοικονομικά η επιλογή τίθεται ανάμεσα στις ετήσιες αποσβέσεις του αγωγού αυτού, επιμερισμένες

στο ετήσιο φορτίο αποβλήτων 3.820 χοιρομητέρων (230 κ.μ. την ημέρα ή 83.950 κ.μ. το χρόνο) και στην τιμή των 150 δρχ. / κ.μ., που μπορεί θεωρητικά να επιτευχθεί με τα βυτία.

Στο υπόλοιπο τμήμα της ζώνης (ii) πλην της (i) οι εναλλακτικές λύσεις έχουν ως εξής:

- Επέκταση του δικτύου κατά 10 χλμ. (από τους Κεραμάτες μέχρι τη Γέφυρα Καλογήρου) για τη μεταφορά των αποβλήτων από 1.260 χοιρομήτρες δηλαδή 75 κ.μ. την ημέρα ή 27.380 κ.μ. το χρόνο. Η παροχετευτικότητα του αγωγού αυτού αρκεί να είναι 10-20 κ.μ. την ώρα και η μέση κλίση του εδάφους να βρίσκεται γύρω στο 0,15%. Εναλλακτικά, η μεταφορά των αποβλήτων με βυτία μέχρι τη Γέφυρα Καλογήρου, όπου θα υπάρχει το φρεάτιο με κόστος επίσης γύρω στις 150 δρχ. / κ.μ.

- Περισυλλογή των αποβλήτων 1.140 χοιρομητέρων, δηλαδή 50 κ.μ. την ημέρα, από τα χωριά Ψαθοτόπι - Ανέζα - Ράχη και Πολύδροσο, στη θέση Αι Γιώργης Νότια του Πολύδροσου, με αγωγούς μήκους 9 χλμ. περίπου παροχετευτικότητας 5 κ.μ. την ώρα και επιτόπου επεξεργασία τους, ή εναλλακτικά την αποστολή τους με πιεστικό αγωγό μήκους 8 χλμ. και αντλιοστάσιο δυναμικότητας 5 κ.μ. / ώρα και υψομετρικής διαφοράς  $\Delta = 20$  μέτρα στη θέση Βαθύπεδο στον Αγ. Σπυριδώνα. Η μεταφορά των αποβλήτων όγκου 50 κ.μ. / ημέρα με βυτιοφόρα που αποτελεί και την άλλη εναλλακτική λύση, αναμένεται να κοστίσει γύρω στις 150 δρχ. / κ.μ.

- Ανάλογα μπορούν να ειπωθούν για τις ζώνες (iii) και (iv).

Στις υπόλοιπες ζώνες (iii - ix) το κόστος μεταφοράς προς τον Αγ. Σπυριδώνα των βοθρολυμάτων, θα μπορούσε να διαμορφωθεί ανάλογα με ό,τι συμβαίνει στην Αθήνα, ως εξής (τιμές Νοεμβρίου 1985):

- Ζώνες (iii) και (iv) τις γειτονικές προς την (ii) : 200 - 250 δρχ. / κ.μ.

- Ζώνη (v) Πρέβεζας - Μιχαλίτσι : 250 - 300 δρχ. / κ.μ.

- Ζώνη (vii) Βάλτου : 300 - 350 δρχ. / κ.μ.

- Ζώνες (vi), (viii), (ix) Βόνιτσας, πέραν του Πέτρα και Φιλιππιάδας : 400 - 500 δρχ. / κ.μ.

## **2.2 Η επιλογή κεντρικού δικτύου περισυλλογής αποβλήτων**

Ανάλογα με τα προηγούμενα, το κεντρικό δίκτυο περισυλλογής εξασφαλίζει την ιδανική προστασία του περιβάλλοντος, επειδή αποτελεί τον πιο απλό και συμφέροντα τρόπο διάθεσης των αποβλήτων από την πλευρά του ιδιώτη επιχειρηματία. Ο τελευταίος δηλαδή έχει κάθε λόγο να προτιμά την απόρριψή τους σ' ένα κεντρικό δίκτυο, από κάθε άλλου είδους διάθεση (χωράφια - βόθροι - υδάτινοι αποδέκτες).

Η περισυλλογή των αποβλήτων με δίκτυο εξασφαλίζει τη συνεχή και χωρίς

λειτουργικά έξοδα παραλαβή των αποβλήτων, σε αντίθεση με την κεντρική αλλά μέσω βυτιοφόρων παραλαβή τους, η οποία θα υπόκειται πάντα στην ατελή οργάνωση της παραλαβής και στα λειτουργικά έξοδα, που αποτελούν και σοβαρό αντικίνητρο για μια σωστή, περιβαλλοντικά, οργάνωσή τους. Δεχόμαστε έτσι - συμβατικά- μια διαρροή 20% των αποβλήτων από τη χρήση βυτιοφόρων, οφειλόμενη κύρια σε καθυστέρηση παραλαβής και "άτυπες" απορρίψεις αποβλήτων.

Είναι φανερό, ότι η έκταση ενός κεντρικού δικτύου θα υπόκειται σε περιοριστικούς παράγοντες, καθώς η περιβαλλοντική σχολιμότητά του και η οικονομικότητά του θα είναι φθίνουσες, με την έκτασή του.

Η ακριβής έκταση του δικτύου καθορίζεται από μια πρώτη τεχνικοοικονομική σύγκριση και εκτίμηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον του πίνακα 1.

Βασικές προϋποθέσεις για τη σύνταξη του πίνακα αυτού είναι οι παρακάτω:

ΤΕΧΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗΣ ΒΥΤΙΟΦΟΡΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΣΥΛΛΟΓΗ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

	(1)	(2)	(3)	(1)+(2)+(3)	(4)	(5)	(1)-(5)
	(i)* (εντός του ii)	Κεραμάτες Γ. Καλογήρου (εντός του ii)	Ψαθότσι - Βίγλα Πολύδροσο - Ράχη (εντός του ii)	(ii)* (Σύνολο)	Κομπότι Πέτρα (iv)	Ωρωπός Πέτρα (iii)	Σύνολο
Όγκος αποβλήτων κ.μ./ ημέρα	230	75	68	337	19,5	53,5	446
Όγκος αποβλήτων κ.μ./ έτος	83,950	27,380	24,966	136,145	7,117	19,491	162,790
Μήκος δικτύου (χλμ.)	12	10	9+8=17	39	8+13=21	11	71
(1) Κόστος δικτύου (εκ. δαχ.)	72	60	102	234	126	66	426
(2) Αποσβέσεις δικτύου (εκ. δαχ./έτος)	3,49	2,91	4,45	11,35	6,11	3,20	20,66
(3) Επιβάρ/ση δικτύου (δαχ./κ.μ. αποβλήτων) (σε σταθ. τιμές)	41,6	106,3	178,3	83,4	859	164,2	127
(4) Αμοιβή βυτιοφόρου (δαχ./κ.μ.) (σε σταθερές τιμές)	150	150	150	150	250	250	160
(5) Υπεροχή δικτύου έναντι βυτιοφόρου (δαχ. κ.μ.)	+108,4	+43,7	-28,1	+66,6	-608	+35,8	+33,1
<b>Περιβαλλοντικές επιπτώσεις</b>							
Έλεγχος εκπομπών από την περισύλλογή & επεξεργασία αποβλήτων (TN.BOD)/ έτος	1.259	405	355	2.040	107,5	292,5	2.440
Διαφορά έλεγχου εκπομπών (20%) δικτύου - βυτιών (TN.BOD)/ έτος	252	81	75	4,08	21,5	58,5	488
Επιπλέον έλεγχος ρύπανσης λιμνοθαλασσών σε περίπτωση χρήσης δικτύου, έναντι βυτιοφόρων (0%)	9,49	3,13 (6)	6,08	16,72	0,87	2,39	20
Επιπλέον έλεγχος ρύπανσης Αμβρακικού σε περίπτωση χρήσης δικτύου, έναντι βυτιοφόρου (0%)		2,78	2,5	13,7	0,72	1,97	16,4

(1) Η τιμή μονάδας για την κατασκευή του δικτύου εκτιμάται σε 6 εκατ. δρχ./ χλμ., δεδομένου ότι οι διάμετροι των αγωγών δεν πρόκειται να ξεπεράσουν το Φ 30 (βάση για την εκτίμηση αυτή αποτελούν τα συμβατικά στοιχεία κατασκευής δικτύων στις ΒΙ.ΠΕ. όπου συμπεριλαμβάνονται οι πρόσθετες εκσκαφές για την προσαρμογή των κατάλληλων κλίσεων καθώς και το κόστος των ενδιάμεσων αντλήσεων).

(2) Οι αποσβέσεις των δικτύων υπολογίζονται έντοκες για 25ετή λειτουργία. Για τον καθορισμό των τόκων λαμβάνεται υπόψη το χρηματοδοτικό σχήμα του Ν.1262/82 και των έργων τοπικής αυτοδιοίκησης, δηλαδή :

- 40% επιχορήγηση
- 30% χαμηλότοκος δανεισμός : 15%
- 30% ίδια κεφάλαια (=απώλεια τόκου 21%)
- 11% μέσος ετήσιος πληθωρισμός 25ετίας 1960-85

Αυτό συνεπάγεται 14,41% ετήσιο ύψος αποσβέσεων, σε τρέχουσες τιμές, επί της δαπάνης το οποίο διαμορφώνεται ως εξής :

- τοκοχρεολύσια επιχορηγήσεων : 1,30%
- τοκοχρεολύσια δανείων : 7,72%
- τοκοχρεολύσια ιδίων κεφαλαίων : 5,39%
- Σύνολο αποσβέσεων : 14,41%

η εξόφληση γίνεται σε ίσες δόσεις με περίοδο χάριτος ενός έτους

(1) Το ύψος αυτό των αποσβέσεων σε πραγματικές τιμές, διαμορφώνεται σε 6,38% με την παραδοχή σαν πραγματικού επιτοκίου του 9% (το οποίο προκύπτει από τη σχέση  $1,21 : 1,11 = 1,09$ ). Δεδομένου όμως, ότι το μέσο επιτόκιο στην περίοδο 1960-1985 ανέρχεται σε 12% περίπου, πράγμα που αποδίδει ένα πραγματικό μέσο επιτόκιο ίσο με 0,9% το πραγματικό ύψος των αποσβέσεων για 25ετία, θα πρέπει να διαμορφωθεί σε 4,85% (αντί 6,38%) σε σταθερές τιμές, πράγμα που θα αποτελέσει τη βάση των υπολογισμών μας. Σαν τελευταία περίπτωση προκύπτει ο συνδυασμός πληθωρισμού 20% και επιτοκίου 21% που δίνει αποσβέσεις σε σταθερές τιμές ίσες με 4,05%. Η περίπτωση αυτή θεωρείται απίθανη, αλλά παρ' όλα αυτά δεν αλλάζει ουσιαστικά τα συμπεράσματα του πίνακα 5.

(2) Οι τιμές των βυτιοφόρων παραμένουν σταθερές στην 25ετία, γιατί αναπροσαρμόζονται με τον τιμάριθμο (περίπου).

(3) Θεωρούμε ότι η περισυλλογή με δίκτυο πλεονεκτεί εκείνης με βυτιοφόρο οπωσδήποτε κατά 20%, από πλευράς επιβάρυνσης στο περιβάλλον.

(4) Ειδικά για τις επιπτώσεις των γειτονικών με τις λιμνοθάλασσες χοιροτροφείων, δεχόμαστε συμβατικά μία κατά 40% υπεροχή του δικτύου αποβλήτων σε σχέση με τα βυτιοφόρα.

Από τον πίνακα 1, φαίνεται ότι η εγκατάσταση δικτύων για την περιουλογογή των αποβλήτων, είναι κατά 20% φτηνότερη αν πραγματοποιηθεί στο σύνολο σχεδόν της λεκάνης του Β. Αμβρακιού.

Η εγκατάσταση δικτύων, φαίνεται να είναι ιδιαίτερα συμφέρουσα στην περιοχή (i) και στον άξονα Κεραμάτες - Γέφυρα Καλογήρου, όπου προκύπτει μια οικονομία κατά 72% και 29% αντίστοιχα.

Για τις ίδιες περιοχές εμφανίζονται οι μεγαλύτερες δυνατότητες περιβαλλοντικού ελέγχου μέσω κεντρικού συστήματος. Στις δύο αυτές δηλαδή περιοχές τα περιβαλλοντικά με τα τεχνικοοικονομικά κριτήρια συμπιπτουν.

Στις νότιες παρυφές της λεκάνης του Β. Αμβρακιού (Ψαθοτόπι - Βίγλα), η χρήση δικτύου προσανατολισμένου στην περιοχή (i) (Αγ. Σπυρίδωνας) εμφανίζεται αντιοικονομική, σε σχέση με βυτιοφόρα, συνολικά όμως στην περιοχή (ii), που έχει και το μεγαλύτερο ενδιαφέρον για τη μελέτη, εμφανίζεται οικονομικά συμφερότερη (κατά 44%) η εγκατάσταση δικτύων σε σχέση με τα βυτιοφόρα. Αν στην περιοχή (ii) προστεθεί κλάδος δικτύου μέχρι τον Ωρωπό, η απόσβεση της νέας επένδυσης παραμένει φτηνότερη κατά 13% σε σχέση με τη χρήση βυτιοφόρων.

Τέλος τυχόν σύνδεση του Πέτα και Κομποτιού με το δίκτυο της περιοχής (ii) εμφανίζεται απόσβεση κατά 340% ακριβότερη από τη χρήση βυτιοφόρων και επιβαρύνει τη συνολική επένδυση για δίκτυα κατά 29,5%. Παρ' όλα αυτά η συνολική χρήση του δικτύου σε όλο σχεδόν τον Β. Αμβρακιό εξακολουθεί να είναι οικονομικά συμφέρουσα, κατά 20% περίπου.

Στις ίδιες περιοχές (iii) και (iv) ο έλεγχος των αποβλήτων με τα δίκτυα βελτιώνεται κατά 2,72%, πράγμα που δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικό. Παρ' όλα αυτά, υπέρ της προέκτασης του δικτύου συνηγορεί το γεγονός, ότι περισυλλέγονται έτσι και τα απόβλητα των ελαιουργείων κατά το χειμώνα και ελέγχεται επομένως η ρύπανση στην περιοχή του ποταμού Βωβού (λιμνοθάλασσα Αργίλος, όρμος Τραγάνας).

Το σημαντικότερο όμως πλεονέκτημα της επέκτασης του δικτύου σ' όλη τη λεκάνη του Β. Αμβρακιού είναι ότι έτσι η δυνατότητα επέκτασης στην περιοχή των χοιροτροφείων, βουστασιών, ελαιουργείων και άλλων μονάδων παραγωγής ειδών διατροφής είναι, από περιβαλλοντική σκοπιά, πρακτικά απεριόριστη και απόλυτα συμβιβαστή με τα ιχθυοτροφεία και τους υδροβιότοπους.



**ΜΕΡΟΣ Β**

**3. Θεωρητική προσέγγιση του προβλήματος του κόστους της μεταφοράς των αποβλήτων**

Προκειμένου να εξεταστούν, θεμελιακά, οι παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος μεταφοράς των αποβλήτων και το σχετικό βάρος του καθενός, θα αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της μεταφοράς των αποβλήτων, στη γενική του περίπτωση (G1), (V1).

Εστω  $M = \{1,2,\dots,m\}$  το σύνολο των δυνατοτήτων που διαθέτουμε για τη μεταφορά των αποβλήτων, και  $N = \{1,2, \dots,n\}$  ο αριθμός των χοιροστασίων. Για κάθε χοιροστάσιο υπολογίζουμε μια παραγωγή αποβλήτων  $a_j$  ( $j \in N$ ), που πρέπει να μεταφερθεί με κάποια από τις δυνατότητες που διαθέτουμε (M1). Το μέσον αυτό (π.χ. βυτίο) έχει μια δυνατότητα εξυπηρέτησης  $b_i$  ( $i \in M$ ). Το κόστος που αναλογεί, αποτελείται από δύο παράγοντες:

- α) Το σταθερό κόστος  $F_i$ , που αντιστοιχεί σε κάθε μία από τις δυνατότητες, και
- β) Ένα μεταβλητό κόστος εξυπηρέτησης  $c_{ij}$ , όταν η απαίτηση του  $j$  χοιροστασίου καλύπτεται από την  $i$  δυνατότητα.

Το πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε, είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους (D1), (E1):

$$[\sum F_i Y_i + \sum_{i \in M} \sum_{j \in N} c_{ij} x_{ij}] \tag{1}$$

με τους περιορισμούς :

$$\sum_{j \in N} a_j x_j \leq b_i \quad \forall i \in M \tag{2}$$

$$\sum_{i \in M} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in N \tag{3}$$

$$x_{ij} \leq y_i \quad \forall i \in M, j \in N \tag{4}$$

$$y_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in M \tag{5}$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in M, j \in N \tag{6}$$

Όπου  $y_i = 1$ , σημαίνει ότι η δυνατότητα  $i$  λειτουργεί και εξυπηρετεί, αλλιώς η τιμή της  $y_i$  είναι μηδέν. Η μεταβλητή περιορισμού  $x_{ij}$  είναι ένα όταν η  $i$  δυνατότητα εξυπηρέτησης λειτουργεί στο  $j$  χοιροστάσιο, αλλιώς είναι μηδέν. Οι περιορισμοί (3) και (4) διασφαλίζουν ότι οι απαιτήσεις κάθε χοιροστασίου εξυπηρετούνται (G1).

Εστω λοιπόν μια λύση του προβλήματος (1), όπου μόνο δύο δυνατότητες εξυπηρέτησης υπάρχουν, οι  $p$  και  $q$  ( $p, q \in M$ ) (D2). Αν  $\Pi_p$  είναι τα χοιροστάσια που εξυπηρετούνται από τη δυνατότητα  $p$  (π.χ. βυτία) και  $\Pi_q$  είναι αυτά που εξυπηρετούνται από την  $q$  δυνατότητα (π.χ. δίκτυο), τότε :

$$\Pi_p \cup \Pi_q = N \quad \text{και} \quad \Pi_p \cap \Pi_q = \emptyset$$

Το κόστος αυτής της λύσης δίδεται από τη συνάρτηση :

$$\sum_{j \in \Pi_p} c_{pj} + F_p + \lambda_p \sum_{j \in \Pi_p} \alpha_j + \sum_{j \in \Pi_q} c_{qj} + F_q + \lambda_q \sum_{j \in \Pi_q} \alpha_j - \sum_{j \in \Pi_q} \lambda_i b_i \quad (7)$$

Αν θεωρήσουμε ότι μόνο μία δυνατότητα εξυπηρέτησης υπάρχει (π.χ. η  $p$ , δηλαδή βυτία) τότε όλα τα χοιροστάσια θα πρέπει να εξυπηρετηθούν από τα βυτία και το κόστος είναι :

$$\sum_{j \in N} c_{pj} + F_p + \lambda_p \sum_{j \in N} \alpha_j - \sum_{i \in M} \lambda_i b_i \quad (8)$$

Η διαφορά κόστους των δύο αυτών περιπτώσεων είναι :

$$\sum_{j \in \Pi_q} (c_{qj} - c_{pj}) + F_q + (\lambda_q - \lambda_p) \sum_{j \in \Pi_q} \alpha_j \quad (9)$$

Χωρίς απώλεια της γενικότητας, θεωρούμε ότι  $\lambda_p \leq \lambda_q$ . Αν η συνθήκη:

$$F_q > \sum_{j \in \Pi_q} (c_{pj} - c_{qj}) \quad (10)$$

ισχύει τότε, η λύση που απαιτεί τη χρησιμοποίηση μόνον της μιας δυνατότητας (π.χ. του δικτύου, δηλαδή  $q$ ), έχει μικρότερο κόστος από τη χρησιμοποίηση και των δύο, ταυτόχρονα, δυνατοτήτων (δηλαδή  $p$  και  $q$ ), αφού η σχέση (9) ισχύει (D2).

Η σχέση εξαρτάται από την κατανομή των χοιροστασίων στις δυνατότητες  $\Pi_q$  και  $\Pi_p$ . Η ευνοϊκότερη αντιμετώπιση, είναι η εξυπηρέτηση κάθε χοιροστασίου, από τη δυνατότητα με το μικρότερο λειτουργικό κόστος, με την προϋπόθεση ότι κάθε δυνατότητα θα εξυπηρετεί, τουλάχιστον ένα χοιροστάσιο (J1). Με αυτή τη λειτουργία η σχέση (10) γίνεται :

$$F_q > \sum_{j \in N} (c_{pj} - c_{qj}) \quad (11)$$

Ο παρακάτω πίνακας δίνει τα ημερήσια κόστη εξυπηρέτησης των χοιροστασίων από τις δύο δυνατότητες  $p$  και  $q$ .

**Πίνακας 1**

Χοιροστάσια Δυνατότητα Εξυπηρέτησης	1	2	3	4	5	6	7
	Βυτία	414000	191250	173400	2182050	102375	117700
Δίκτυο	208306	173996	295793	678585	365392	191395	1235373

Το κόστος εξυπηρέτησης για τα βυτία υπολογίζεται ως εξής :

$$C_B = F_B + \frac{\text{Τιμή Όγκου}}{\text{Απόσταση}} * \text{Όγκο} * \text{Απόσταση}$$

όπου  $F_B$  το σταθερό κόστος του βυτίου (φόρτωση - εκφόρτωση)

Το κόστος εξυπηρέτησης για το δίκτυο είναι ως εξής :

$$C_{\Delta} = \frac{\text{Τιμή Δικτύου}}{\text{ανά χιλιόμετρο}} * \text{Απόσταση}$$

και το συνολικό κόστος του δικτύου είναι :

$$C_{\Delta'} = C_{\Delta} * (1 + i)^{x/365}$$

όπου  $i = 14\%$  και  $x = 25$  (αριθμός ετών)

Ο επόμενος Πίνακας 2, εκφράζει σύμφωνα με τη σχέση κόστους (11), τις διαφορές (συνολικές), που προκύπτουν από τις χρήσεις Βυτίων και Δικτύου.

**Πίνακας 2**

Κ	1	
	1	2
1	0	1726413
2	459105	0
$F_K$	459105	1726413

Όπως φαίνεται το κόστος από τη χρήση του δικτύου υστερεί έναντι αυτού από τη χρήση βυτίων μόνο κατά 459,105 δρχ., έναντι 1.726.413 δρχ., που υστερεί η χρήση των βυτίων έναντι του δικτύου.

Η θεωρητική προσέγγιση του προβλήματος μπορεί να επεκταθεί, χρησιμοποιώντας πιο εξειδικευμένα υποδείγματα (C1) και τεχνικές που ήδη χρησιμοποιούνται ευρέως σε άλλες επιστημονικές περιοχές (S1), (M2).

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ**

- Curry B., Morgan P., Silver M. (2002), "Neural Networks and non-linear statistical methods: an application to the modeling of price-quality relationships", *Computers & Operations Research* 29, 951-969.
- Darby K., Dowman, H.S., Lewis J., (1988), "Lagrangian relaxation and the single – source capacitated facility in location problem", *Journal of Operational Research Society* 39, 1035-1040.
- Drezner Z., Wesolowsky G.O. (1989), "Location of an obnoxious route", *Journal of Operational Research Society* 40, 1011 –1018.
- Eiselt H.A., Pederzoli G., Sandblom C.L., (1987), *Continuous Optimization Models*, Walter de Gruyter & Co, Berlin.
- Goldfarb D. and Todd M.J., (1989), *Linear Programming in Optimization*, Volume 1, edited by Nemhauser G.L., Rinnooy A.H.G., Todd M.J., North Holland.
- Jordi K.C., Reddie D., (1988), "A wildlife management problem: A case study in multi-objective linear programming", *Journal of Operational Research Society* 39, 1011 – 1020.
- Murphy F. H. (1988), "A knowledgebase for formulating linear programs", in *Mathematical Models for Decision Support*, edited by G. Mitra, Springer Verlag.
- Modares A., Sombom S., Enkawa T., (1999), "A self – organizing neural network approach for multiple traveling salesman and vehicle routing problems", *International Transactions in Operational Research* 6, 591-606.
- Smith K. A., Gupta J.N.D., (2000), "Neural networks in business: techniques and applications for the operations researcher", *Computers & Operations Research* 27, 1023–1044.
- Van de Berg J., (1991), *Dynamic models for sustainable development*, Ph. D. Thesis, Free University of Amsterdam.

---

**ΟΡΓΑΝΩΣΗ  
ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ**