

Μεθοδολογία Αξιολόγησης Εναλλακτικών Θέσεων Χωροθέτησης Αιολικού Πάρκου

ΗΛΙΑΣ ΓΡΑΜΜΑΤΙΚΟΓΙΑΝΝΗΣ
ΑΤΜ – Υποψήφιος Διδάκτωρ ΕΜΠ

ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ ΣΤΡΑΤΗΓΕΑ
Επίκουρη Καθηγήτρια ΕΜΠ

Περίληψη

Η παρούσα εργασία εστιάζει το ενδιαφέρον της στην παρουσίαση μεθοδολογίας αξιολόγησης εναλλακτικών θέσεων χωροθέτησης αιολικού πάρκου στον νομό Βοιωτίας, με στόχο την αξιοποίηση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας για την εξυπηρέτηση των αναγκών της σχεδιαζόμενης νέας βιομηχανικής περιοχής της Τανάγρας. Στο πλαίσιο αυτό, αξιοποιεί μεθόδους και εργαλεία σχετικά με τον εντοπισμό/επιλογή των εναλλακτικών λύσεων, την αξιολόγησή τους και τη φωτορεαλιστική απεικόνιση της επιλεγείσας λύσης. Έμφαση δίνεται στις μεθόδους αξιολόγησης που μπορούν να διαχειριστούν ποιοτική και ποσοτική πληροφορία (πολυκριτηριακή αξιολόγηση) με εφαρμογή της μεθόδου REGIME, καθώς και στη φωτορεαλιστική απεικόνιση της πληροφορίας ως εργαλείο ρεαλιστικής απόδοσης της εικόνας της όποιας σχεδιαστικής παρέμβασης. Η εν λόγω απεικόνιση παρέχει σημαντικά πλεονεκτήματα και μπορεί να αποτελέσει εργαλείο στα χέρια του σχεδιαστή στην προσπάθειά του να διαχειριστεί αντιτιθέμενες απόψεις που εμφανίζονται σε τοπικό επίπεδο.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ορθολογική αξιοποίηση των πόρων κάθε περιοχής αποτελεί τη θεμελιώδη αρχή για την επιδίωξη του σχεδιαστικού στόχου της βιώσιμης ανάπτυξης, ο οποίος αποσκοπεί στη διασφάλιση της ανταγωνιστικότητας του παραγωγικού συστήματος, την κοινωνική συνοχή και την περιβαλλοντική προστασία. Το ζήτημα της ενέργειας βρίσκεται στο επίκεντρο μιας τέτοιας προσπάθειας σήμερα, καθώς αποτελεί μία σημαντική συνιστώσα, η οποία θέτει σε κίνδυνο τόσο την οικονομική ανάπτυξη των διαφόρων περιοχών (π.χ. πρόσβαση/κόστος ενέργειας, ενεργειακή εξάρτηση), όσο και την προστασία και ορθολογική αξιοποίηση των πόρων τους.

Σημαντική είναι η έμφαση των σύγχρονων κοινωνιών στην προώθηση φιλικότερων προς το περιβάλλον μεθόδων παραγωγής ενέργειας, όπως είναι οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), ενισχύοντας, μέσα από τις κατάλληλες πολιτικές, τη συνεισφορά τους στο ενεργειακό ισοζύγιο των χωρών. Στο πλαίσιο αυτό, η παρούσα εργασία, επιχειρεί να “παντρέψει” την οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη -προσέλκυση επιχειρήσεων στην περιοχή και τόνωση της απασχόλησης - με την περιβαλλοντική προστασία - κάλυψη

Υποβλήθηκε: 18.3.2009 Έγινε δεκτή: 15.10.2010

μέρους των αναγκών της Βιομηχανικής Περιοχής (ΒΙ.ΠΕ.) από αιολική ενέργεια για την περιβαλλοντική ελάφρυνση μιας ήδη βεβαρημένης περιοχής. Στο πλαίσιο αυτό εστιάζει το ενδιαφέρον της στην αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας για την κάλυψη μέρους των αναγκών μιας νέας ΒΙ.ΠΕ. ως πόλου οικονομικής ανάπτυξης στην περιοχή της Τανάγρας Βοιωτίας. Έμφαση δίνεται, στο πλαίσιο αυτό, στην ανάπτυξη μεθοδολογίας που αφορά στον εντοπισμό/επιλογή των εναλλακτικών θέσεων, την αξιολόγησή τους στη βάση εργαλείων ικανών να διαχειριστούν ποιοτική και ποσοτική πληροφορία και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων (παρεμβάσεων) μ’ έναν ρεαλιστικό τρόπο με τη χρήση των κατάλληλων εργαλείων.

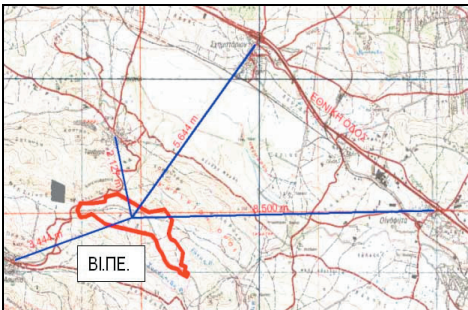
Η εφαρμογή των παραπάνω γίνεται στο Ν. Βοιωτίας, όπου σχεδιάζεται η χωροθέτηση της νέας ΒΙ.ΠΕ. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από σημαντικά πλεονεκτήματα από αναπτυξιακή άποψη - εγγύτητα στη μητροπολιτική περιοχή της Αθήνας, πρόσβαση σε μεγάλους άξονες μεταφορών εθνικής εμβέλειας, κλπ - γεγονός που έχει οδηγήσει σε μία σημαντική συγκέντρωση επιχειρήσεων σε αυτή, οι οποίες, όμως, λειτουργούν διάσπαρτες στον χώρο, δημιουργώντας σημαντικά προβλήματα σε σχέση με το περιβάλλον μέσα στο οποίο εντάσσονται π.χ. ρύπανση του Ασωπού ποταμού. Ο σχεδιασμός μιας νέας ΒΙ.ΠΕ. αποτελεί μία προσπάθεια ορθολογικής οργάνωσης της βιομηχανικής δραστηριότητας στην περιοχή μελέτης και περιορισμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη λειτουργία της.

Σημαντική παράμετρος της προσπάθειας αυτής αποτελεί η ενεργειακή συνιστώσα και οι επιπτώσεις από την εκπομπή ρύπων για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της παραγωγικής αυτής υποδομής. Η παρούσα εργασία στοχεύει μέσα από την αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού της περιοχής μελέτης να διερευνήσει τις εναλλακτικές θέσεις χωροθέτησης αιολικού πάρκου για τη μερική τροφοδοσία της ΒΙ.ΠΕ με φιλική προς το περιβάλλον ενέργεια (αιολική), μειώνοντας τις δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της συγκεκριμένης παραγωγικής υποδομής. Η επιλογή αυτή συνοδευόμενη ενδεχομένως και από μεθόδους παραγωγής φιλικής ενέργειας στο επίπεδο της κάθε επιχείρησης που χωροθετείται στη

ΒΙ.ΠΕ. π.χ. φωτοβολταϊκά, ηλιακά κλπ, θα μπορούσε να μειώσει σημαντικά τις επιπτώσεις της στην περιοχή μελέτης από την πρόσθετη ενεργειακή επιβάρυνση, λειτουργώντας ταυτόχρονα ως υπόδειγμα για μια νέα προσέγγιση στο ζήτημα της χωροθέτησης μεγάλων παραγωγικών υποδομών στη χώρα μας.

2 Η ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή μελέτης - νομός Βοιωτίας - ανήκει διοικητικά στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας. Η γειτνίαση με τον νομό Αττικής και η μικρή απόσταση από τη μητροπολιτική πρωτεύουσα καθιστά την περιοχή ιδιαίτερα ελκυστική για τη χωροθέτηση βιομηχανικών μονάδων. Ως αποτέλεσμα, σημαντικός αριθμός βιομηχανικών επιχειρήσεων έχει χωροθετηθεί στον νομό, διαμορφώνοντας, έτσι, ένα συγκεκριμένο οικονομικό πρότυπο, το οποίο, εκτός των άλλων, έχει επηρεάσει σημαντικά την ένταση της ενεργειακής κατανάλωσης στην περιοχή. Έτσι ο Ν. Βοιωτίας είναι ένας από τους πλέον ενεργειακόβρους νομούς της χώρας με τη βιομηχανία να καταναλώνει περίπου το 86% της καταναλισκόμενης ενέργειας (στοιχεία 2000).



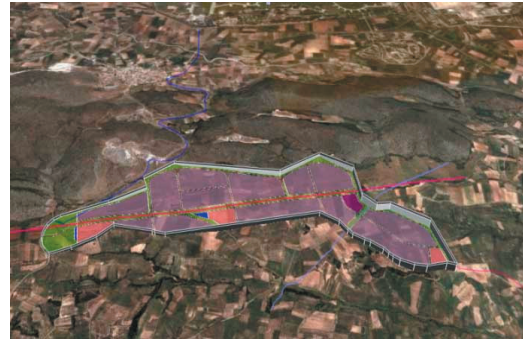
Εικόνα 1: Θέση της σχεδιαζόμενης νέας ΒΙ.ΠΕ Τανάγρας
Κλίμακα 1:50.000

Πηγή: Γραμματικογιάννης, 2007

Η απόφαση της δημιουργίας μιας νέας ΒΙ.ΠΕ στη Τανάγρα Βοιωτίας εντάσσεται στο πλαίσιο της στήριξης των δραστηριοτήτων του δευτερογενούς τομέα, σε μία περιοχή όπου ο συγκεκριμένος τομέας έχει σημαντικότερη παρουσία, τόσο στο επίπεδο της περιοχής αυτής καθαυτής, όσο και σ' αυτό της χώρας. Η ορθολογική οργάνωση και ανάπτυξη της παραγωγικής δραστηριότητας του δευτερογενούς τομέα στην περιοχή εντάσσεται στο πλαίσιο της αξιοποίησης των συγκριτικών πλεονεκτημάτων που προκύπτουν από την οργανωμένη λειτουργία βιομηχανικών υποδομών. Η δημιουργία της ΒΙ.ΠΕ αναμένεται να αποτελέσει πόλο έλξης επιχειρήσεων και ανάπτυξης για την περιοχή, προσελκύοντας επενδύσεις και συμβάλλοντας στην απασχόληση και τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των κατοίκων της.

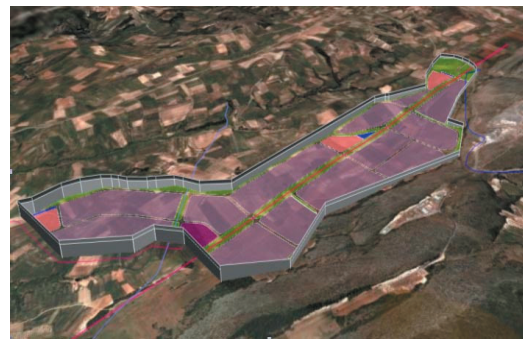
Η νέα ΒΙ.ΠΕ σχεδιάζεται να δημιουργηθεί στην περιοχή

Κέδρα, νότια της Τανάγρας σε απόσταση 2100 μέτρων σε ευθεία γραμμή, νότια του Κηρύκιου Όρους και μεταξύ των ρεμάτων Χαρουπιάς και Γάτας. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 1, η ΒΙ.ΠΕ απέχει σε ευθεία γραμμή 8500 μέτρα από τα Οινόφυτα, 5650 μέτρα από το Σχηματάρι και 3500 μέτρα από την Ασωπία.



Εικόνα 2: Φωτορεαλιστική απεικόνιση σχεδιαζόμενης ΒΙ.ΠΕ Τανάγρας, νότια όψη

Πηγή: Γραμματικογιάννης, 2007



Εικόνα 3: Φωτορεαλιστική απεικόνιση σχεδιαζόμενης ΒΙ.ΠΕ Τανάγρας, βορειοανατολική όψη

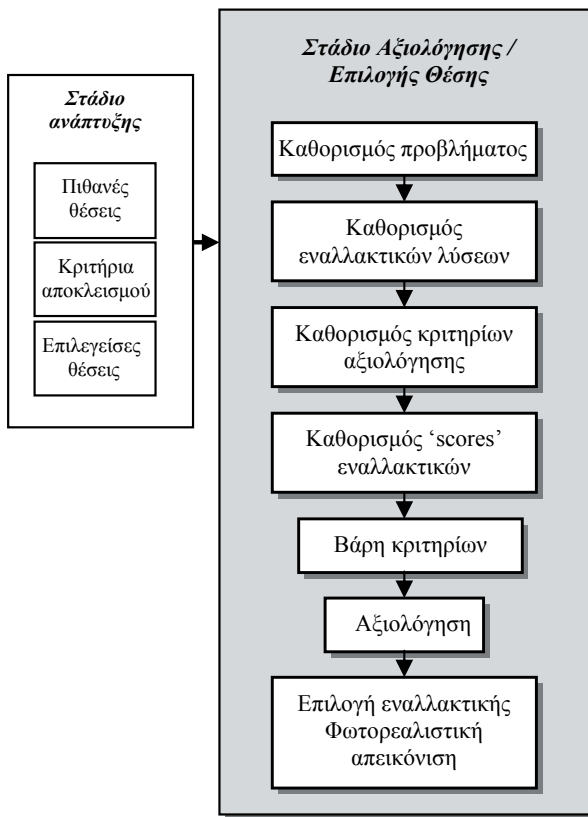
Πηγή: Γραμματικογιάννης, 2007

Στις Εικόνες 2 και 3 παρουσιάζεται με τη βοήθεια της φωτορεαλιστικής απεικόνισης η νότια και η βορειοανατολική όψη της ΒΙ.ΠΕ. [1], όπου φαίνεται με καλύτερο εποπτικά τρόπο η γεωμορφολογία της περιοχής χωροθέτησής της.

3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Η μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθείται στην παρούσα εργασία φαίνεται στο Διάγραμμα 1 και αποτελείται από δύο στάδια: το πρώτο στάδιο αφορά στον εντοπισμό των πιθανών εναλλακτικών θέσεων χωροθέτησης του πάρκου και το πρώτο επίπεδο αξιολόγησής τους με σκοπό τον αποκλεισμό κάποιων εναλλακτικών στη βάση συγκεκριμένων περιορισμών (κριτήρια αποκλεισμού), ενώ το δεύτερο στάδιο αφορά στην περαιτέρω, σε βάθος αξιολόγηση των εναλλακτικών που έχουν προκύψει από το προηγούμενο στάδιο και την τελική επιλογή εναλλακτικής θέσης.

Διάγραμμα 1: Μεθοδολογία αξιολόγησης



* Χρησιμοποιείται η μέθοδος πολυκριτηριακής ανάλυσης REGIME.

3.1 Στάδιο Ανάπτυξης

Στο στάδιο αυτό εντοπίζονται οι πιθανές θέσεις χωροθέτησης του αιολικού πάρκου. Τη βάση για την επιλογή των πιθανών αυτών θέσεων αποτελεί το “Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Αναανεώσιμες Πηγές Ενέργειας” (ΕΠΧΣ & ΑΑ - ΑΠΕ), το οποίο δίνει τις γενικές κατευθύνσεις για τη χωροθέτηση αιολικών πάρκων σε επίπεδο επικράτειας [3].

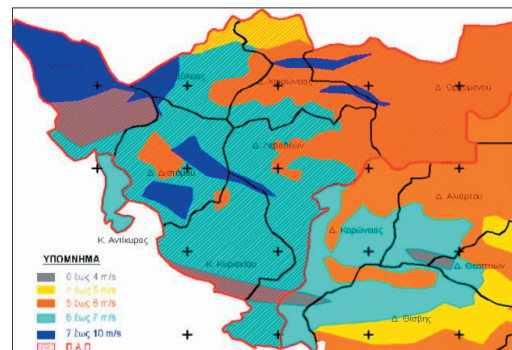
Με βάση το ΕΠΧΣ & ΑΑ - ΑΠΕ, εντοπίζονται για την περιοχή μελέτης οι θέσεις που έχουν συγκριτικά πλεονεκτήματα για την ανάπτυξη αιολικών πάρκων, χαρακτηριζόμενες ως Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (Π.Α.Π.).

Στην Εικόνα 4 παρουσιάζεται το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας του νομού, όπως αυτό διέρχεται από τις Π.Α.Π. (βορειοδυτική περιοχή της εικόνας), αλλά και από την προτεινόμενη ΒΙ.ΠΕ της Τανάγρας. Από την εικόνα αυτή φαίνεται ότι ο νομός Βοιωτίας, εξαιτίας της γεωγραφικής του θέσης, αποτελεί κόμβο διανομής ενέργειας, καθώς από το έδαφός του διέρχονται γραμμές υψηλής και υπερυψηλής τάσης, γεγονός που μπορεί να διευκολύνει τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας από το σχεδιαζόμενο αιολικό πάρκο στη νέα ΒΙ.ΠΕ.



Π.Α.Π. ΒΙ.ΠΕ. Τανάγρας
Εικόνα 4: Δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, Π.Α.Π. και θέση νέας ΒΙ.ΠΕ Τανάγρας - Φωτορεαλιστική απεικόνιση
Πηγή: Γραμματικογιάννης, 2007

Οι Π.Α.Π. που εντοπίζονται στο Ν. Βοιωτίας βρίσκονται σε επτά ΟΤΑ και συγκεκριμένα στις περιοχές: Δαυλείας, Διστόμου, Λεβαδειάς, Ορχομενού, Χαιρώνειας, Αράχωβας και Κυριακίου (Εικόνα 5). Στις περιοχές αυτές αναζητούνται οι πιθανές θέσεις χωροθέτησης του αιολικού πάρκου.



Εικόνα 5: Π.Α.Π. και αιολικό δυναμικό. Ν. Βοιωτίας
Πηγή: Γραμματικογιάννης, 2007

Οι εν λόγω περιοχές αξιολογούνται σε πρώτο επίπεδο στη βάση σειράς κριτηρίων αποκλεισμού, τα οποία στην προκειμένη περίπτωση αφορούν:

- Στην ταχύτητα του ανέμου σ' αυτές. Στη βάση αυτή επιλέγονται οι θέσεις στις οποίες η ταχύτητα του ανέμου είναι μεγαλύτερη από 7m/s και βρίσκονται εντός των Π.Α.Π. Οι περιοχές αυτές εντοπίζονται στα βορειοδυτικά του νομού Βοιωτίας, κυρίως εντός των ΟΤΑ Αράχωβας, Ορχομενού, Δαυλείας, Χαιρώνειας και Διστόμου και συγκεκριμένα στη βόρεια περιοχή της Χαιρώνειας και του Ορχομενού, στην περιοχή του Διστόμου και στη βορειοδυτική περιοχή της Αράχωβας και της Δαυλείας.
- Στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των περιοχών τα οποία περιορίζουν την πυκνότητα χωροθέτησης ανεμογεννητριών στο έδαφός τους, π.χ. περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος, περιοχές με στοιχεία της πολιτιστικής κληρονομιάς, οικιστική ή τουριστική δραστηριότητα κλπ. Στην παρούσα μελέτη οι περιοχές που έχουν επιλε-

γεί εξετάζονται στη βάση του βαθμού α) αστικοποίησης και β) τουριστικής ανάπτυξης. Η αξιολόγηση των πιθανών θέσεων χωροθέτησης του αιολικού πάρκου δείχνει ότι οι καταρχήν επιλεγμένες περιοχές δεν αποτελούν περιοχές με υψηλό δείκτη αστικοποίησης, ωστόσο ο δείκτης τουριστικής λειτουργίας για την περιοχή του Δήμου Αράχωβας υπερβαίνει τον μέσο όρο της χώρας. Αυτό έχει σαν συνέπεια τη χαμηλότερη πυκνότητα χωροθέτησης ανεμογεννητριών στην περιοχή αυτή (0.53 τυπικές ανεμογεννήτριες ανά 1000 στρέμματα έναντι των 1.05 στις υπόλοιπες περιοχές), γεγονός που αποκλείει την Αράχωβα από το σύνολο των πιθανών θέσεων για περαιτέρω αξιολόγηση.



Εικόνα 6: Προτεινόμενες περιοχές χωροθέτησης αιολικού πάρκου – Φωτορεαλιστική απεικόνιση

Πηγή: Γραμματικογιάννης, 2007

Τελικά, έπειτα από τον αποκλεισμό της βορειοδυτικής περιοχής του Δήμου Αράχωβας, οι περιοχές που επιλέγονται ως εναλλακτικές θέσεις χωροθέτησης του αιολικού πάρκου φαίνονται στην Εικόνα 6. Οι τρεις αυτές θέσεις βρίσκονται στο ορεινό τμήμα της περιοχής μελέτης με ταχύτητες ανέμου 7-10 m/s. Δύο από τις θέσεις βρίσκονται στο νότιο τμήμα, ενώ η τρίτη στο βόρειο.

Η τελευταία αποτελείται από δύο υποπεριοχές σε απόσταση 3 km μεταξύ τους.

Οι επιλεγείσες θέσεις εισέρχονται στη συνέχεια στο δεύτερο στάδιο της μεθοδολογίας αξιολόγησης, το οποίο εξετάζει σε βάθος την απόδοσή τους στη βάση συγκεκριμένων κριτηρίων αξιολόγησης για την επιλογή της βέλτιστης θέσης.

Για τον σκοπό αυτό γίνεται χρήση της μεθόδου πολυκριτηριακής ανάλυσης REGIME.

3.2 Στάδιο Αξιολόγησης και Επιλογής Θέσης

Στην παρούσα ενότητα γίνεται η σε βάθος αξιολόγηση των θέσεων που έχουν προκύψει από το προηγούμενο στάδιο της μεθοδολογίας αξιολόγησης. Στο πλαίσιο αυτό οι εναλλακτικές θέσεις που αξιολογούνται μαζί με τα επιμέρους χαρακτηριστικά τους, παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά θέσεων χωροθέτησης αιολικού πάρκου

Χαρακτηριστικά	Θέση	Θέση	Θέση 3	
	1	2	Θέση 3.1	Θέση 3.2
Μέγεθος (εκτάρια)	1321,6	1614,9	527,6	804,8
Μέσο υψόμετρο (m)	800	1200	460	460
Ελάχιστη απόσταση από δίκτυο διανομής ηλ. ενέργειας 400KV d.c. (km)	3.7	0	4.8	2.9
Μέγιστη πυκνότητα ανεμογεννητριών (αριθμός/εκτάριο)	1.05/100	1.05/100	1.05/100	1.05/100
Αριθμός ανεμογεννητριών	13	17	5	8
Μέση ετήσια θερμοκρασία (°C)	16.8	14.2	19	19
Ετήσια παραγόμενη ενέργεια ¹ (MWh) [2]	41004	51187	16464	23343

Πηγή: Γραμματικογιάννης, 2007

Τα κριτήρια αξιολόγησης αφορούν τόσο στην ενεργειακή διάσταση των εναλλακτικών θέσεων που εξετάζονται, όσο και στην απόδοσή τους ως προς μία σειρά κριτηρίων όπως τεχνικά, χωροταξικά, κοινωνικά, οικονομικά, περιβαλλοντικά κ.α. (Πίνακας 2).

3.3 Παρουσίαση Δεδομένων / Αποτελεσμάτων – Φωτορεαλιστική Απεικόνιση

Στην παρούσα εργασία αξιοποιείται η φωτορεαλιστική απεικόνιση τόσο στο στάδιο της ανάλυσης/παρουσίασης των χωρικών δεδομένων (π.χ. παρουσίαση ΒΙ.ΠΕ Τανάγρας - Εικόνες 2 και 3, δικτύων μεταφοράς ενέργειας - Εικόνα 4, προτεινόμενων θέσεων χωροθέτησης - Εικόνα 6, κ.α.), όσο και σ' αυτό της παρουσίασης των αποτελεσμάτων (παρουσίαση αιολικού πάρκου στην επιλεγείσα θέση - Εικόνες 7 και 8). Η απεικόνιση αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την οπτικοποίηση της χωρικής πληροφορίας, δεδομένου του ρεαλισμού που τη διακρίνει. Επίσης, η φωτορεαλιστική απεικόνιση χρησιμοποιείται στην παρούσα εφαρμογή για την απόκτηση χωρικής πληροφορίας με μία σχετικά καλή ακρίβεια για τον επιδιωκόμενο στόχο, όπως π.χ. μέσο υψόμετρο των εναλλακτικών θέσεων χωροθέτησης, ελάχιστη απόσταση από τα δίκτυα διανομής ενέργειας, απόσταση από τη ΒΙ.ΠΕ κάθε εναλλακτικής θέσης κλπ, στοιχεία χρήσιμα για την αξιολόγηση των χαρακτηριστικών κάθε προτεινόμενης εναλλακτικής λύσης.

Ακόμη, είναι χρήσιμη για την παρουσίαση με τον πλέον εύληπτο τρόπο, των σχεδιαστικών παρεμβάσεων (π.χ. ρεαλιστική οπτικοποίηση χωροθέτησης αιολικού πάρκου - Εικόνες 7 και 8). Η φωτορεαλιστική απεικόνιση μπορεί να αξιοποιηθεί στο πλαίσιο του συμμετοχικού σχεδιασμού, παρουσιάζοντας

¹ Υπολογίζεται με τη βοήθεια του Μοντέλου RETScreen Wind Energy Model, ISBN 0-662-35820-7, Υπουργείο Φυσικών Πόρων, Καναδάς, 1997-2004.

ανάγλυφα το αποτέλεσμα της όποιας σχεδιαστικής παρέμβασης, έτσι ώστε να συμβάλλει στη διαχείριση των συγκρούσεων που μπορεί να εμφανίζονται σε τοπικό επίπεδο.

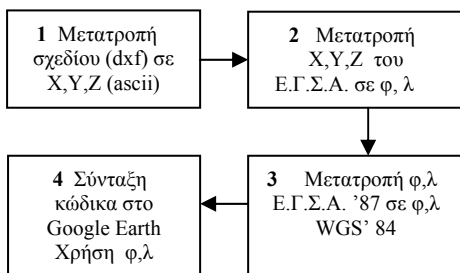
Ως υπόβαθρο για τη φωτορεαλιστική απεικόνιση των δεδομένων και των αποτελεσμάτων στην παρούσα εργασία χρησιμοποιείται το Google Earth, το οποίο, αν και όχι τόσο διαδεδομένο για τον σκοπό που χρησιμοποιείται εδώ, είναι ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο. Η χρησιμότητά του έγκειται στη δυνατότητα απεικόνισης πλήθους περιοχών της Γης, δημιουργώντας ένα μωσαϊκό από δορυφορικές εικόνες. Ακόμη, παρέχει τη δυνατότητα σχεδιασμού, στο υπόβαθρο αυτό, γεωμετρικών σχημάτων, δισδιάστατων και τρισδιάστατων, τα οποία προσδίδουν μια ρεαλιστική οπτικοποίηση της όποιας παρέμβασης.

Ο σχεδιασμός των αντικειμένων στο περιβάλλον του προγράμματος Google Earth δεν είναι εύρηστος, καθώς ο όγκος της πληροφορίας που απαιτείται και αφορά στις συντεταγμένες των διαφορετικών οντοτήτων που συνθέτουν τα αντικείμενα αυτά είναι πάρα πολύ μεγάλος. Για τον λόγο αυτό κρίνεται σκόπιμο ο σχεδιασμός να γίνεται σε κατάλληλα σχεδιαστικά πακέτα (CAD) σε οποιοδήποτε γνωστό σύστημα αναφοράς (π.χ. Ε.Γ.Σ.Α. '87) και στη συνέχεια να γίνεται η μετατροπή των συντεταγμένων από το αρχικό σύστημα στο Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (Γ.Σ.Α.) WGS '84.

Ο σχεδιασμός στο περιβάλλον του προγράμματος Google Earth γίνεται προγραμματίζοντας ένα σύνολο εντολών, που συνθέτουν γεωμετρικά σχήματα, όπως π.χ. ευθείες, πολύγωνα, κ.α. Τα σχήματα αυτά συνθέτουν στη συνέχεια τα αντικείμενα και έχουν συντεταγμένες στο WGS '84.

Η μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθείται για τη φωτορεαλιστική απεικόνιση, ακολουθεί τα βήματα που παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 2.

Διάγραμμα 2: Στάδια μετατροπής συντεταγμένων στο Google Earth



Στα δύο διακριτά στάδια μετατροπής από το ένα σύστημα στο άλλο, χρησιμοποιούνται τα παρακάτω εργαλεία:

- Το λογισμικό DM (Βήματα 1 και 2): υλοποιεί τα δύο πρώτα στάδια της διαδικασίας μετατροπής συντεταγμένων των γεωμετρικών στοιχείων (σημεία, γραμμές και πολύγωνα) [4, 5]. Στο πλαίσιο αυτό αντλεί τις πληροφορίες από το σχεδιαστικό πακέτο (στάδιο 1) και μετατρέπει τις καρτεσιανές συντεταγμένες Ε.Γ.Σ.Α. (X,Y,Z) σε γεωδαιτικές (φ,λ) (στάδιο 2).
- Λογισμικό² μετατροπής και σύνταξης κώδικα στο

Google Earth (Βήματα 3 και 4): μετατρέπει τις γεωδαιτικές συντεταγμένες από το γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς Ε.Γ.Σ.Α. '87 στο WGS '84 (στάδιο 3) [6, 7] με τη βοήθεια του περιβάλλοντος προγραμματισμού Matlab και συντάσσει τον κώδικα που χρησιμοποιείται από το Google Earth για τη φωτορεαλιστική απεικόνιση της πληροφορίας (στάδιο 4).

3.4 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται συνοπτικά η βασική αρχή λειτουργίας της μεθόδου πολυκριτηριακής ανάλυσης REGIME που χρησιμοποιείται στο στάδιο της αξιολόγησης / επιλογής εναλλακτικής λύσης, καθώς και τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή της στο υπό μελέτη πρόβλημα αξιολόγησης.

Η μέθοδος REGIME

Η μέθοδος REGIME είναι μία πολυκριτηριακή μέθοδος που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση έργων και πολιτικών στον σχεδιασμό του χώρου [8, 9 και 10]. Το πλεονέκτημα της μεθόδου έγκειται στη δυνατότητα που παρέχει για διαχείριση ποιοτικής και ποσοτικής πληροφορίας (μεικτής πληροφορίας). Η πληροφορία αυτή μπορεί να αφορά τόσο στις επιπτώσεις των εναλλακτικών ως προς τα κριτήρια αξιολόγησης (scores του πίνακα επιπτώσεων), όσο και στα βάρη των κριτηρίων αξιολόγησης (ποιοτικά ή ποσοτικά βάρη).

Ο μηχανισμός της μεθόδου REGIME περιγράφεται συνοπτικά στη συνέχεια.

Έστω δύο εναλλακτικές επιλογές i και i' . Ορίζεται η ποσότητα:

$$\sigma_{ij} = e_{ij} - e_{i'j} \quad [1]$$

όπου: e_{ij} η επίδοση της εναλλακτικής i ως προς το κριτήριο αξιολόγησης j , και $e_{i'j}$ η επίδοση της εναλλακτικής i' για το κριτήριο j .

Αν για το κριτήριο j η εναλλακτική i είναι καλύτερη από την i' , τότε:

$$\sigma_{ij} > 0 \quad [2]$$

Στην περίπτωση της ποιοτικής πληροφορίας δεν ενδιαφέρει το ακριβές μέγεθος του σ_{ij} , αλλά μόνο το πρόσημό του.

Αν λοιπόν " $\sigma_{ij} = +$ ", η εναλλακτική i έχει καλύτερη απόδοση από την i' για το κριτήριο j . Στην αντίθετη περίπτωση, όπου " $\sigma_{ij} = -$ ", η εναλλακτική i έχει χειρότερη απόδοση από την i' για το κριτήριο j και προτιμάται η i' , ενώ " $\sigma_{ij} = 0$ " σημαίνει ότι οι εναλλακτικές i και i' δεν διαφοροποιούνται ως προς την απόδοσή τους για το συγκεκριμένο κριτήριο j .

Η σύγκριση για κάθε ζεύγος εναλλακτικών i και i' και για όλα τα κριτήρια j ($j=1, \dots, J$) οδηγεί στη δημιουργία ενός διανύσματος REGIME r_{ij} διαστάσεων ($J \times 1$) που ορίζεται σαν:

² Το σχετικό λογισμικό αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας.

$$r_{ii'} = (\sigma_{ii'1}, \sigma_{ii'2}, \dots, \sigma_{ii'j})^T \quad [3]$$

για κάθε i, i' , με $i \neq i'$, το οποίο περιλαμβάνει ως στοιχεία του τα (+), (-) και (0).

Για πλήθος εναλλακτικών $i=1, \dots, I$ έχουμε συνολικά $I(I-1)$ συγκρίσεις εναλλακτικών ανά ζεύγη και κατά συνέπεια $I(I-1)$ διανύσματα REGIME. Για $j=1, \dots, J$ κριτήρια αξιολόγησης δημιουργείται ένας $J \times I(I-1)$ πίνακας REGIME R της μορφής:

$$R = \left[\underbrace{r_{12}, r_{13}, \dots, r_{1I}}_{(I-1)} \dots \underbrace{r_{I1}, r_{I2}, \dots, r_{I(I-1)}}_{(I-1)} \right] \quad [4]$$

Είναι φανερό πως, αν ένα διάνυσμα $r_{ii'}$ περιέχει μόνο +, η εναλλακτική i θα κυριαρχεί απόλυτα στην i' . Συνήθως, όμως, περιλαμβάνει + και -, οπότε χρειάζεται πρόσθετη πληροφορία σχετικά με τα βάρη των κριτηρίων, η οποία εκφράζεται ποιοτικά (rank order) από τη σχέση (5):

$$w = (w_1, \dots, w_j)^T \quad [5]$$

Για να χειριστούμε τη διαθέσιμη πληροφορία, που δίνει μόνο την ποιοτική διαβάθμιση των βαρών w_j ($j=1, \dots, J$) των κριτηρίων (ordinal weights), γίνεται η υπόθεση πως τα βάρη αυτά είναι μια ποιοτική ταξινόμηση-απεικόνιση του (άγνωστου) διανύσματος ποσοτικών βαρών εκφρασμένων σε απόλυτους αριθμούς w^* , όπου:

$$w^* = (w_1^*, \dots, w_j^*)^T \quad [6]$$

με $\max_j \{w_j^*\} = 1, w_j^* \geq 0, \forall j$

Η ποιοτική διαβάθμιση της πληροφορίας σχετικά με τα βάρη που παρέχεται από το διάνυσμα βαρών $w = (w_1, \dots, w_j)^T$ θεωρείται ότι είναι σύμφωνη με αυτή του άγνωστου διανύσματος βαρών w^* και ισχύει:

$$w_j > w_{j'} \Rightarrow w_j^* > w_{j'}^* \quad [7]$$

Επίσης γίνεται η υπόθεση ότι η σταθμισμένη επικράτηση της εναλλακτικής i στην i' μπορεί να εκφραστεί από την ακόλουθη στοχαστική σχέση:

$$v_{ii'} = \sum_{j=1}^J \sigma_{ii'j} \cdot w_j^* \quad [8]$$

Αν $v_{ii'} > 0$ τότε η i κυριαρχεί στην i' .

Δεδομένου ότι δεν υπάρχει πληροφορία για τις αριθμητικές τιμές των w_j^* , αλλά μόνο για την ποιοτική διαβάθμιση των w_j , ορίζεται η πιθανότητα $P_{ii'}$ για την επικράτηση της i στην i' :

$$P_{ii'} = \text{prob}(V_{ii'} > 0) \quad [9]$$

και ορίζεται ως μέτρο άθροισης των πιθανοτήτων για να επικρατήσει η εναλλακτική i το P_i :

$$P_i = \frac{1}{I-1} \sum P_{ii'} \quad [10]$$

με P_i τη μέση πιθανότητα η εναλλακτική i να έχει υψηλότερη τιμή από κάθε άλλη εναλλακτική i' .

Η μέθοδος REGIME εκτιμά αυτές ακριβώς τις πιθανότητες με βάση τον πίνακα επιπτώσεων (εναλλακτικές, κριτήρια, scores) και τα βάρη των κριτηρίων, οδηγώντας στην ιεράρχηση των εναλλακτικών λύσεων.

Αποτελέσματα

Τα δεδομένα της παρούσας εφαρμογής παρουσιάζονται στους Πίνακες 2 (κριτήρια αξιολόγησης), 3 (πίνακας επιπτώσεων) και 4 (ιεράρχηση των κριτηρίων με βάση την προτεραιότητα που αποδίδεται σε κάθε ένα από αυτά).

Οι προτεραιότητες των κριτηρίων έχουν τεθεί από τους μελετητές με βάση τον στόχο της μελέτης. Στο πλαίσιο αυτό, προτάσσονται ως σημαντικότερα κριτήρια η παραγόμενη ενέργεια, η απόσταση από το δίκτυο διανομής, καθώς και τα περιβαλλοντικά κριτήρια, ενώ έπονται σε σειρά σημαντικότητας τα κοινωνικά και χωρικά κριτήρια αξιολόγησης.

Με βάση την πληροφορία που παρέχεται από τους Πίνακες 2 έως 4 και την επεξεργασία της με τη βοήθεια της μεθόδου πολυκριτηριακής ανάλυσης REGIME, η βέλτιστη θέση για τη χωροθέτηση του αιολικού πάρκου είναι η θέση 2 (E2) (Πίνακας 5 και Διάγραμμα 3).

Πίνακας 2: Κριτήρια αξιολόγησης

Κριτήρια	Περιγραφή	Τύπος	Μονάδα μέτρησης	Κατεύθυνση ³
K1	Παραγόμενη ενέργεια	Ποσοτικό	MWh	benefit
K2	Απόσταση από δίκτυο διανομής	Ποσοτικό	km	cost
K3	Πρόσβαση στο αιολικό πάρκο	Ποιοτικό		benefit
K4	Απόσταση από ΒΙ.ΠΕ.	Ποσοτικό	km	cost
K5	Οπτική όχληση ⁴	Ποιοτικό		cost
K6	Επίπτωση στη γλωρίδα	Ποιοτικό		cost
K7	Επίπτωση στην πανίδα	Ποιοτικό		cost
K8	Μείωση CO ₂	Ποσοτικό	tones	benefit

Πίνακας 3: Πίνακας επιπτώσεων

Alternative \ Criterion	Alternative E1	Alternative E2	Alternative E3 (3.1 και 3.2)
K1 (MWh)	41.004	51.187	39.807
K2 (km)	3.7	0	2.9
K3	---	+++	-
K4 (km)	77	73	60
K5	5	3	1
K6	---	---	-
K7	---	---	-
K8 (ton CO ₂)	34853	43509	33836

Πίνακας 4: Βάρη (ιεράρχηση) κριτηρίων

³ Διάκριση σε benefit κριτήρια (+), όσο μεγαλύτερη η τιμή τους τόσο καλύτερα για την απόδοση της εναλλακτικής λύσης και cost κριτήρια (-), όπου όσο μεγαλύτερη η τιμή τους τόσο χειρότερα για την απόδοση της εναλλακτικής λύσης.

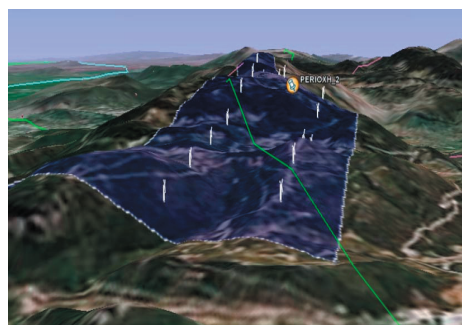
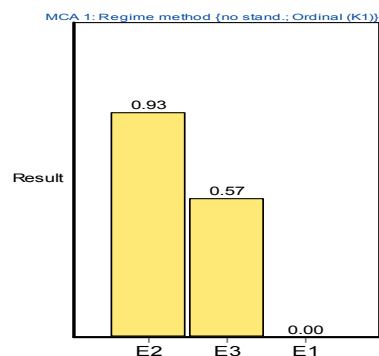
⁴ Πυκνότητα πληθυσμού στη ζώνη οπτικής επιρροής των Α/Τ.

Προτεραιότητες Κριτηρίων	Ομάδες κριτηρίων
α. Ενεργειακά	K1, K2
β. Περιβαλλοντικά	K6, K7, K8
γ. Κοινωνικά	K5
δ. Χωρικά	K3, K4

Πίνακας 5: Αποτελέσματα πολυκριτηριακής ανάλυσης

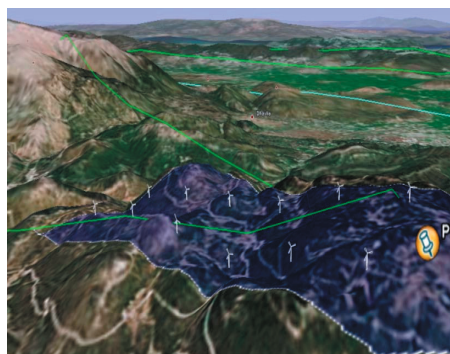
Προτεραιότητες Κριτηρίων		Θέση	Συνολική επίδοση
1	K1: παραγόμενη ενέργεια K2: απόσταση από δίκτυο διανομής	E1	0.00
2	K6: επίπτωση στη γλωρίδα K7: επίπτωση στην πανίδα K8: μείωση εκπομπών CO ₂	E2	0.93
3	K5: οπτική όχληση	E3	0.57
4	K3: πρόσβαση στο πάρκο K4: απόσταση από ΒΙ.ΠΕ.		

Διάγραμμα 3: Αποτελέσματα πολυκριτηριακής αξιολόγησης εναλλακτικών θέσεων



Εικόνα 7: Φωτορεαλιστική απεικόνιση ανατολικής όψης του αιολικού πάρκου

Πηγή: Γραμματικογιάννης, 2007



Εικόνα 8: Φωτορεαλιστική απεικόνιση νότιο-ανατολικής όψης του αιολικού πάρκου

Πηγή: Γραμματικογιάννης, 2007

4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα εργασία θέτει το ζήτημα της επιλογής θέσης χωροθέτησης αιολικού πάρκου για την εξυπηρέτηση μέρους των αναγκών μιας παραγωγικής υποδομής (ΒΙ.ΠΕ) σε μία επιβαρυνόμενη περιβαλλοντικά περιοχή με υψηλή συγκέντρωση βιομηχανίας. Σημαντική παράμετρος για τη χωροθέτηση της νέας υποδομής στην περιοχή, εκτός των άλλων, αποτελεί η ενεργειακή συνιστώσα (ένταση ενεργειακής ζήτησης) και οι επιπτώσεις από την εκπομπή ρύπων για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της. Το ζήτημα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τις τοπικές κοινωνίες, οι οποίες, στο πλαίσιο της βιώσιμης ανάπτυξης, πρέπει να απαιτούν λύσεις περιβαλλοντικά υπεύθυνες και να παρεμβαίνουν προς αυτή την κατεύθυνση, θέτοντας το πλαίσιο εκείνο, το οποίο διασφαλίζει τη φιλική προς το περιβάλλον προσέγγιση της όποιας σχεδιαζόμενης παραγωγικής υποδομής, έτσι ώστε αυτή να εξυπηρετεί οικονομικούς, κοινωνικούς και ταυτόχρονα περιβαλλοντικούς στόχους.

Στο πλαίσιο αυτό, η εργασία δίνει έμφαση στην ανάπτυξη μεθοδολογίας για την αξιολόγηση εναλλακτικών θέσεων χωροθέτησης αιολικού πάρκου, καταδεικνύοντας τη χρησιμότητα της ανάλυσης πολυκριτηρίων για την αξιοποίηση ποιοτικής και ποσοτικής πληροφορίας που εμπλέκεται σε τέτοιου είδους προβλήματα. Ταυτόχρονα, αξιοποιεί τη φωτορεαλιστική απεικόνιση ως εργαλείο ανάλυσης και παρουσίωσης χωρικής πληροφορίας, χρήσιμο για τη ρεαλιστική απόδοση των όποιων σχεδιαστικών παρεμβάσεων. Το στοιχείο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τον σχεδιαστή του χώρου και τα κέντρα λήψης αποφάσεων και μπορεί να τύχει κατάλληλης εφαρμογής στο συμμετοχικό σχεδιασμό. Στο πλαίσιο αυτό, μπορεί να συμβάλει στην ενημέρωση της τοπικής κοινωνίας σχετικά με τις σχεδιαζόμενες παρεμβάσεις, αλλά και την αλληλεπίδραση αυτής με τους σχεδιαστές και τα κέντρα λήψης αποφάσεων στο πλαίσιο της διαχείρισης συγκρούσεων από τη χωροθέτηση μεγάλης κλίμακας υποδομών, έτσι ώστε οι τελικά επιλεγόμενες παρεμβάσεις να μπορούν να εναρμονίζονται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο

στις τοπικές ιδιαιτερότητες, ανάγκες, οράματα κλπ.

Σημαντική είναι, επίσης, η προοπτική βελτίωσης της διαδικασίας λήψης απόφασης που παρέχεται από την προτεινόμενη μεθοδολογία αξιολόγησης, μέσα από τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης μεταξύ των δύο προτεινόμενων εργαλείων (μεθοδολογία αξιολόγησης και φωτορεαλιστική απεικόνιση) για την αξιολόγηση και επιλογή θέσεων χωροθέτησης υποδομών παραγωγής φιλικής ενέργειας, αλλά και κάθε άλλης σχεδιαστικής παρέμβασης. Έτσι, μέσα από τη φωτορεαλιστική απεικόνιση και την επικοινωνία των προτεινόμενων λύσεων με το κοινό, επιτυγχάνεται η απόκτηση γνώσης από τον σχεδιαστή (αντιδράσεις κοινού, σύνδεση της παρέμβασης με τα τοπικά δεδομένα όπως αυτή είναι αντιληπτή από το κοινό, κλπ), η οποία επανατροφοδοτεί τη διαδικασία αξιολόγησης με νέα δεδομένα, που μπορούν να βελτιώσουν το παραγόμενο αποτέλεσμα και να οδηγήσουν σε λύσεις που συμβάλλουν στη δημιουργία συναίνεσης σε τοπικό επίπεδο και στην εμβάθυνση της δημοκρατικής διαδικασίας στη λήψη αποφάσεων, στοιχεία τα οποία αποτελούν το ζητούμενο στη σύγχρονη αντίληψη για τον σχεδιασμό του χώρου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1 Γραμματικογιάννης, Η. (2007), Αξιολόγηση Εναλλακτικών Θέσεων Χωροθέτησης Αιολικού Πάρκου στο Ν. Βοιωτίας: Μία Μεθοδολογική Προσέγγιση, Διπλωματική Εργασία, Τομέας Γεωγραφίας και Περιφερειακού Σχεδιασμού, Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Αθήνα.
- 2 RETScreen (2001), Introduction to Clean Energy Project Analysis, Clean Energy Decision Support Centre, ISBN: 0-662-39191-8, Ministry of Natural Resources, Canada 2001-2005.

- 3 Ασημακόπουλος, Γ. (2007), Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Ν.2742/1999), Υποστηρικτική Μελέτη, Αθήνα.
- 4 Νάκος, Β., Ν. Τζελέπης και Α. Σκοπελίτη (1998), Ψηφιακή Χαρτογραφία, Ανάπτυξη Λογισμικού για το Μάθημα της Ψηφιακής Χαρτογραφίας, Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Αθήνα.
- 5 Νάκος, Β. (2004), Αναλυτική Χαρτογραφία, Εκπαιδευτικές Σημειώσεις, Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Αθήνα.
- 6 Συγγρός Ι., Μετασχηματισμοί Συντεταγμένων των Γεωγραφικών Δεδομένων στον Ελληνικό Χώρο, Αθήνα, URL: http://www.4x4ekdromes.gr/yuri_gps/syggros.htm
- 7 Βέης, Γ. (1994), Τα Συστήματα Αναφοράς και η Εφαρμογή του Ε.Γ.Σ.Α. '87, Επιστημονικό Διήμερο του Τ.Ε.Ε. με θέμα "Ψηφιακή Χαρτογραφία, Φωτογραμμετρία, Τηλεπισκόπηση και Τεχνολογίες Αιχμής", Αθήνα.
- 8 Voogd, H. (1983), Multiple Criteria Evaluation for Urban and Regional Planning, Lion, London.
- 9 Nijkamp, P., Rietveld P. and H. Voogd (1990), Decision Support Model for Regional Sustainable Development, Avebury, Aldershot, UK.
- 10 Vreeker, R., P. Nijkamp and C. Ter Welle (2001), A Multicriteria Decision Support Methodology for Evaluating Airport Expansion Plans, TI 2001-005/3, Tinbergen Institute Discussion Paper.

ΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

www.economics.gr

www.cres.gr (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας)

www.geocities.com/athens/acropolis/2442/wgs84.html

infolab.cs.unipi.gr/courses/gis/readings/Stefanakis.pdf

Extended summary

Evaluation of Alternative Sites for Wind Park Location: A Methodological Framework

ELIAS GRAMMATIKOGIANNIS

Surveyor Engineer – PhD Candidate

ANASTASIA STRATIGEA

Assistant Professor

Abstract

The focus of the present paper is on the evaluation of alternative wind park locations in the nomos of Boiotia, serving part of the energy demand of a new industrial area in the region of Tanagra. In this context, a methodological framework has been developed, aiming at the identification of potential wind park locations, evaluation of these locations and visualization of results obtained. Emphasis is placed on the evaluation methods capable of dealing with both quantitative and qualitative information (multicriteria evaluation) by use of the REGIME method as well as on the photo-realistic visualization of spatial data as a tool for a more realistic presentation of the outcome of any planning intervention.

1 INTRODUCTION

The location of a new industrial area in the region of Tanagra is placed along the efforts of supporting the organization and effectiveness of the industrial sector in this region. Rational organization and spatial development of the sector within the region at hand will support competitive advantage of the industrial sector. The new industrial region is expected to act as a local/regional development pole, attracting investments and further contributing to local employment and economic development of the region.

The location of the new industrial area in the Boiotia region, on the other hand, is expected to further intensify patterns of energy use. Since the region is already a highly industrialized region, this may further deteriorate its environmental quality and assets. In such a context, the goal of the present paper is to support decision making in respect to the location of a wind park installation, which will provide part of the energy demand of the new industrial area by use of wind energy, serving thus environmental, social and economic objectives in a sustainable development context.

In this respect the focus of the paper is on presenting a methodological framework based on multicriteria evaluation and geovisualization tools, which will elaborate on decision aspects of wind park location in the area at hand.

2 THE METHODOLOGICAL FRAMEWORK

The methodological framework, supporting the development and selection phase of wind park location, is presented in this chapter (Diagram 1). This wind park will serve the energy demand of a new productive infrastructure at the Tanagra region (industrial area).

The framework consists of two parts:

- The first part focuses on the development of alternative solutions, implying a process of collecting and evaluating various types of information on potential sites for wind park location and a process of partial elimination of certain sites on the basis of specific exclusion criteria. The outcome of this part is a limited number of sites best fitting wind park location in the region at hand (set of pre-selected sites);
- The second part proceeds to the evaluation of pre-selected sites - the evaluation/selection phase – where the sites selected in the previous stage are, further, evaluated by means of MCA methods on the basis of certain evaluation criteria.

The core of the evaluation framework is based on the multicriteria evaluation approach, as the approach which fits best to planning exercises incorporating both quantitative and qualitative data. Multicriteria evaluation makes use of the REGIME method, which can deal with mixed data (quantitative and qualitative data). The basic principles of the REGIME method are discussed (see equations 1 to 10).

In the following the two distinct stages of the methodological framework are presented.

2.1 The Development Phase

The development phase is the first stage of the proposed evaluation framework. It aims at identifying the whole set of potential wind park locations available in the study area. It refers to a process of collecting and analysing information on the various characteristics of potential sites e.g. topography,

land use in the area, distance from settlements, wind potential, land use patterns, accessibility, distance from energy distribution network; environmental characteristics e.g. valuable environmental assets, landscape; and legislation constraints in respect to wind park location.

The set of potential wind park locations is evaluated in a first round on the basis of certain exclusion criteria in order to conclude with a limited number of alternative locations for further evaluation. Three exclusion criteria have been used at this stage: the first refers to wind speed, where sites with wind speed less than 7m/sec have been excluded; the second refers to the level of urbanization of potential sites, where sites selected do not exhibit a high index of urbanization and thus they remain in the preselected set; and finally the third exclusion criterion refers to the level of tourist development of potential sites, which restricts the number of wind mills per hectare located in the region. In this round one more potential site has been excluded, located next to the Araxova settlement.

The locations coming out from this stage are further evaluated in the second stage of the evaluation framework, the evaluation/selection stage. In the present study, three alternative sites are coming out from the development phase. These sites lie on the mountainous part of the study region, which ensures both high wind speed (7-10 m/s) as well as less competition in terms of land use, which is a common issue at stake in case of land used for RE installations. The two sites lie on the southern part of the region of Boiotia, while the third on the northern part. The latter comprises two smaller subregions at a distance of 3 km.

2.2 The Evaluation/Selection Phase

The evaluation of the three alternatives is taking place by use of certain criteria, which are presented in Table 2, while Table 3 (the effects or evaluation or impact matrix) presents the scores achieved by each alternative on the basis of each single evaluation criterion. The data presented in Table 3 is used as input data in the REGIME multicriteria evaluation method.

The REGIME method is a multicriteria method (MCA) which has been extensively used for the evaluation of both projects and policies in spatial planning. The advantage of the method lies on its ability to deal with mixed (quantitative and qualitative) data. The main principles of the method are presented through the equations 1 to 10.

Criteria priorities are presented in Table 4. These reflect the importance attached to each criterion used in the evaluation framework. Priorities used have been set

by the researchers, on the basis of the objectives of the present study. In such a context, energy (energy produced, distance from the distribution network) and environmental criteria (impacts on flora and fauna as well as mitigation of CO₂ emissions) have been considered as of higher priority in respect to social (visual disturbance due to the presence of wind mills) and spatial aspects (access to the wind park locations and distance from the industrial infrastructure), which follow.

The results are shown in Table 5. As shown in this table, alternative E2 seems to have a better performance on the basis of the evaluation criteria used. Figures 7 and 8 present two different photorealistic views of the wind park located in this area (E2).

2.3 Photorealistic Presentation of Data and Results

The photorealistic presentation has been used for the analysis of spatial data (Figures 2, 3 and 4) and presentation of results (potential sites for wind park location – Figure 6; and wind park installation in the selected site E2 – Figures 7 and 8). Google Earth has been used as a powerful platform in such a context. Steps undertaken for the transformation of Cartesian coordinates (X, Y, Z) of objects to geodetic coordinates (φ , λ) in WGS '84 are presented in Diagram 2.

Photorealistic visualization is quite useful as it presents in a very easy to understand way the outcome of planning interventions (see for example Figures 7 and 8). Such a presentation can prove a useful tool for managing conflicts at the local level in the context e.g. of a participatory planning approach.

3 CONCLUSIONS

The present paper explores the issue of wind park location serving the energy needs of a productive infrastructure, namely an industrial area in the region of Tanagra, characterized by high concentration of industrial activity. In such a context, it presents a two-stage evaluation framework, which aims at evaluating potential sites for wind park location. Within this framework, emphasis is placed on multicriteria methods, capable of dealing with both quantitative and qualitative data, which is a common issue in planning exercises. The REGIME method has been used in this context, due to its ability to deal with mixed information. Moreover the study pays attention on the photorealistic representation as a useful tool for analyzing and presenting spatial information for participatory planning purposes.