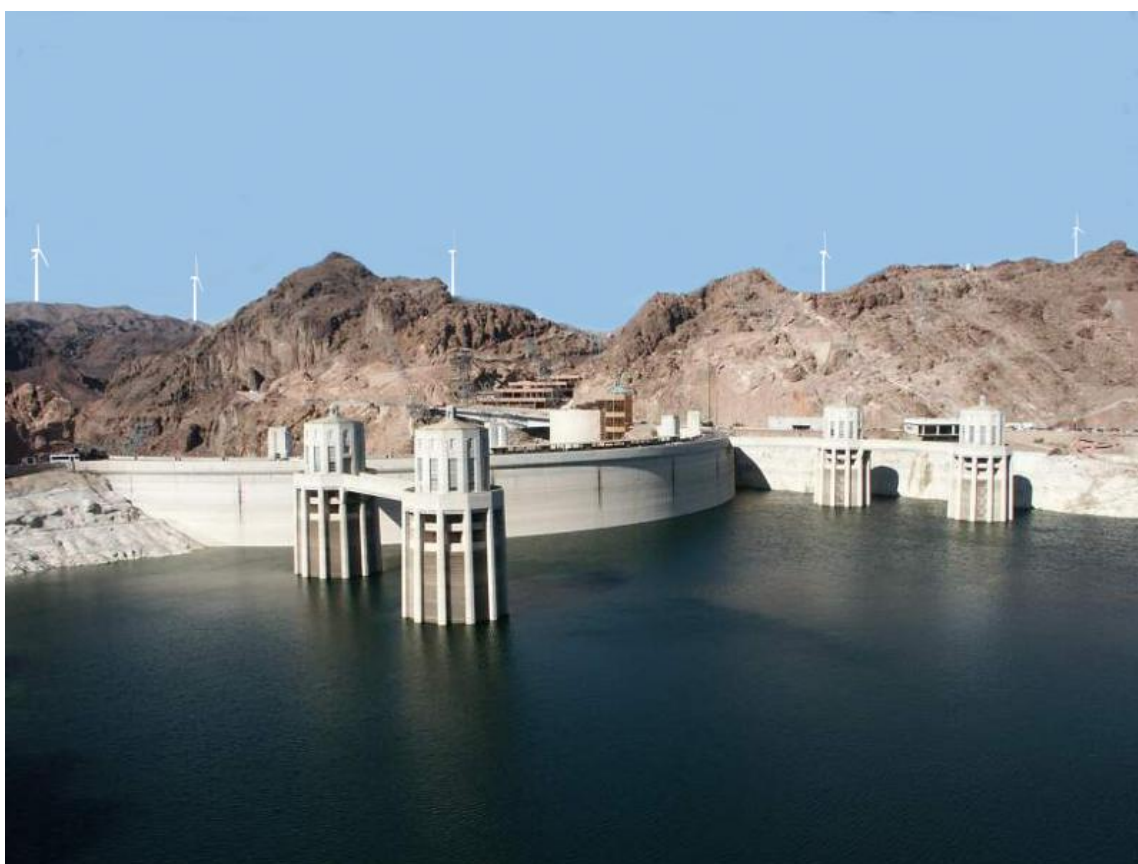




Α.Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ Π.Σ.Ε. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

**“ΜΕΛΕΤΗ ΑΙΣΘΗΤΙΚΗΣ ΟΡΕΙΝΟΥ ΤΟΠΟΥ
ΚΑΛΥΜΜΕΝΟΥ ΜΕ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΚΑΙ ΕΡΓΑ
ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗΣ”**



Εισηγητής : *Χρηστάκης Δημήτρης*
Επιμέλεια : *Μοσχονάς Μιχάλης*

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2006

Πρόλογος	4
Κεφάλαιο 1^ο	5
<i>Εισαγωγή</i>	5
1.1 <i>Αναγκαιότητα χρήσης εναλλακτικών πηγών ενέργειας</i>	5
1.2 <i>Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας</i>	6
1.3 <i>Μορφές των Α.Π.Ε:</i>	7
1.4 <i>Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα Α.Π.Ε.</i>	9
1.4.1 <i>Πλεονεκτήματα:</i>	9
1.4.2 <i>Μειονεκτήματα:</i>	9
Κεφάλαιο 2^ο	10
2.1 <i>Η αιολική ενέργεια</i>	10
2.2 <i>Μειονεκτήματα-Πλεονεκτήματα αιολικής ενέργειας</i>	10
2.2.1 <i>Μειονεκτήματα αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας</i>	10
2.2.2 <i>Πλεονεκτήματα αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας</i>	12
2.3 <i>Χαρακτηριστικά ανέμου</i>	14
2.4 <i>Παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα και την διεύθυνση του ανέμου</i>	17
3.1 <i>Εισαγωγή</i>	22
3.2 <i>Οι μετρήσεις</i>	22
3.3 <i>Η τεχνική προσδιορισμού του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής</i>	24
3.4 <i>Το λογισμικό WaSP</i>	31
Κεφάλαιο 4^ο	33
4.1 <i>Οι ανεμογεννήτριες</i>	33
4.2 <i>Επιλογή θέσης εγκατάστασης ανεμογεννητριών</i>	37
Κεφάλαιο 5^ο	42
5.1 <i>Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τα Αιολικά Πάρκα</i>	42
5.2 <i>Αισθητική υποβάθμιση</i>	46
Κεφάλαιο 6^ο	48
6.1 Αναστρέψιμα Υδροηλεκτρικά Έργα	48
6.2 <i>Η αντλησιοταμίευση στην Κρήτη</i>	49
6.3 <i>Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός αναστρέψιμων ΥΗΕ</i>	50

6.4 Εκκίνηση της αντλίας στα ΥΗΕ.....	50
6.5 Η αναγκαιότητα χρησιμοποίησης συστήματος αντλησιοταμίευσης στο ενεργειακό σύστημα της Κρήτης.....	52
6.6 Το πρόβλημα του συστήματος.....	55
6.7 Υβριδικό Σύστημα αποτελούμενο από ΑΠΕ και συμβατικές μονάδες.....	56
παραγωγής.....	56
6.8 Βελτίωση της ποιότητας ενέργειας με τη χρήση Α/Τ.....	57
Κεφάλαιο 7^ο	60
7.1 Γενική περιγραφή της περιοχής ενδιαφέροντος.....	60
7.2 Ψηφιοποίηση του χάρτη.....	61
7.3 Αιολικό δυναμικό της περιοχής.....	62
7.4 Επιλογή ανεμογεννήτριας.....	63
7.5 Χωροθέτηση Α/Γ.....	66
7.6 Αντλησιοταμίευση.....	68
7.6.1 Δυνατότητες Αντλησιοταμίευσης στην περιοχή ενδιαφέροντος.....	69
7.6.2 Εγκατάσταση του συστήματος Αντλησιοταμίευσης.....	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.....	73
8.1 Φωτορεαλισμός με το πρόγραμμα 3D STUDIO MAX.....	73
Εισαγωγή.....	73
8.1.1 Το 3D STUDIO MAX.....	73
8.2 Η έννοια της προοπτικής.....	75
8.2.1 Γιατί αλλάζει η προοπτική με το zoom.....	75
8.3 Φωτορεαλιστικές απεικονίσεις.....	77
Προτάσεις-Συμπεράσματα.....	109
Βιβλιογραφία.....	110
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ-ΦΩΤΟΜΟΝΤΑΖ.....	111

Πρόλογος

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η απεικόνιση σε τρεις διαστάσεις και ο φωτορεαλισμός ορεινού όγκου της Κρήτης κατάλληλου για χωροθέτηση Αιολικών Πάρκων και αντλησιοταμιευτήρων. Η χωροθέτηση και η απεικόνιση των περιοχών θα γίνουν ανεξάρτητα από την δυνατότητα απορρόφησης της ισχύος στις σημερινές τεχνικές και οικονομικές συνθήκες και στόχο έχει μόνο την περιβαλλοντική διάσταση.

Παράλληλα με την καθαρά αισθητική παράμετρο του περιβάλλοντος θα εντοπιστούν, χωρίς να αναλυθούν σε επίπεδο μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων, οι άλλες περιβαλλοντικές επιπτώσεις που θα μπορούσαν να έχουν Αιολικά Πάρκα και έργα Αντλησιοταμίευσης μεγάλης έκτασης και συγκεντρωμένα σε μια περιοχή.

Για την πραγματοποίηση της πτυχιακής εργασίας εκτός από τις γνώσεις που αποκτήσαμε από τα μαθήματα της σχολής μας πολύτιμη ήταν η βοήθεια του υπεύθυνου καθηγητή της πτυχιακής κ. Δημήτρη Χρηστάκη. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τον πρόεδρο της σχολής Π.Σ.Ε. Ενεργειακή και Περιβαλλοντική Τεχνολογία κ. Αντρέα Βλησίδα για τις χρήσιμες συμβουλές του καθώς και τους καθηγητές και τους σπουδαστές στο Αιολικό Εργαστήριο για την βοήθεια τους.

Κεφάλαιο 1^ο

Εισαγωγή

1.1 Αναγκαιότητα χρήσης εναλλακτικών πηγών ενέργειας

Είναι γνωστό ότι η εντατική χρήση των ορυκτών καυσίμων (γαιάνθρακες, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) και της πυρηνικής ενέργειας τα τελευταία χρόνια, ευθύνεται σε μεγάλο βαθμό για τα σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα που αντιμετωπίζει ο πλανήτης μας και τα οποία έχουν άμεσο αντίκτυπο στις κλιματικές συνθήκες και γενικά στις συνθήκες ζωή πάνω στον πλανήτη.

Είναι φανερό ότι οι ενεργειακές ανάγκες συνεχώς θα αυξάνονται, αφού ο πληθυσμός της γης αυξάνεται με γοργούς ρυθμούς αλλά και η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου του ανθρώπου πολλαπλασιάζει τις δραστηριότητές του, οι οποίες τελικά απαιτούν κατανάλωση ενέργειας.

Η ανθρωπότητα καλείται να απαντήσει στο βασικό ερώτημα, αν θα συνεχίσει να καλύπτει τις ενεργειακές της ανάγκες κυρίως με τα ορυκτά καύσιμα (μέχρι αυτά να εξαντληθούν) με την επακόλουθη περιβαλλοντική επιβάρυνση ή θα αναζητήσει σύντομα άλλες λύσεις. Οι παγκόσμιες συνδιασκέψεις του Ρίο, του Κιότο και της Χάγης δυστυχώς δεν κατάφεραν να δώσουν ουσιαστική λύση στο πρόβλημα αυτό.

Η μόνη απάντηση που προς το παρόν διαφαίνεται ότι θα περιορίσει δραστικά τα περιβαλλοντικά προβλήματα είναι η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε). Αν και η τεχνολογία έχει κάνει σημαντικά βήματα προς τον τομέα αυτό, η εφαρμογή των Α.Π.Ε βρίσκεται σε αρχικό ακόμη στάδιο.

Η εκμετάλλευση του ήλιου, του ανέμου, του νερού, της γεωθερμίας και της βιομάζας, που αποτελούν πηγές ενέργειας φιλικές προς το περιβάλλον, μπορούν και πρέπει να γίνουν οικονομικά εκμεταλλεύσιμες ώστε να συμβάλλουν στην αειφόρο ανάπτυξη, εφόσον είναι ανανεώσιμες και ρυπαίνουν ελάχιστα ή καθόλου.

Στη χώρα μας υπάρχει η δυνατότητα αξιοποίησης αυτών των πηγών ενέργειας, γιατί και σημαντική ηλιοφάνεια έχουμε και αιολικό δυναμικό υπάρχει, ιδιαίτερα στα νησιά, αλλά και υδάτινο δυναμικό στις ορεινές περιοχές.

1.2 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Είναι οι φυσικοί διαθέσιμοι πόροι - πηγές ενέργειας, που υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό μας περιβάλλον, που δεν εξαντλούνται αλλά διαρκώς ανανεώνονται και που δύνανται να μετατρέπονται σε ηλεκτρική ή θερμική ενέργεια, όπως είναι ο ήλιος, ο άνεμος, η βιομάζα, η γεωθερμία, οι υδατοπτώσεις, η θαλάσσια κίνηση.

Το παγκόσμιο ενδιαφέρον προς την κατεύθυνση της αξιοποίησης τους οφείλεται σε δύο λόγους:

- την επίλυση του ενεργειακού προβλήματος, αφού τα αποθέματα συμβατικών πηγών ενέργειας εξαντλούνται και

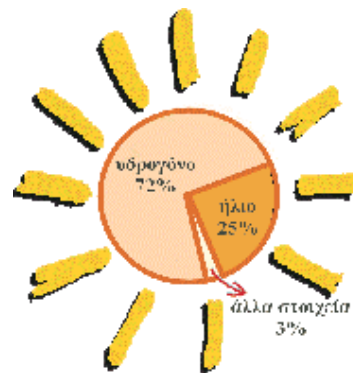
- το ότι πρόκειται για φιλικές προς το περιβάλλον λύσεις. Στόχος της Ευρωπαϊκής ένωσης είναι να αυξήσει την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από το 3,7% που ήταν το 1991 στο 7,8% επί του συνόλου της κατανάλωσης ενέργειας το 2005. Αυτό προϋποθέτει αύξηση της απόδοσης των συστημάτων κατανάλωσης ενέργειας που χρησιμοποιούνται σήμερα. Οι προβλέψεις για τη χρήση ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο δείχνουν ότι έχουμε ενεργειακά αποθέματα για λίγα χρόνια ακόμη με βάση τον τωρινό λόγο αποθέματος / παραγωγής.

Η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η ηλιακή, αιολική, γεωθερμική και ενέργεια βιομάζας έχουν τη μικρότερη επίδραση στο περιβάλλον. Αυτές οι "φιλικές προς το περιβάλλον" πηγές ενέργειας δίνουν στον καταναλωτή ένα εναλλακτικό τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από αυτόν με τη χρήση άνθρακα, πυρηνικής ενέργειας, φυσικού αερίου, πετρελαίου και μεγάλων υδροηλεκτρικών μονάδων. Σήμερα οι μονάδες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος που λειτουργούν με άνθρακα παράγουν το μεγαλύτερο ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας στον κόσμο. Όμως αυτή η φτηνή μέθοδος προκαλεί τη μεγαλύτερη καταστροφή στο περιβάλλον με την εκπομπή τοξικών αερίων. Αυτά τα τοξικά αέρια, διοξείδιο του θείου και οξείδια του αζώτου, σε συνδυασμό με το νερό της βροχής δημιουργούν την όξινη βροχή και συμβάλλουν στη αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη.

1.3 Μορφές των Α.Π.Ε:

■ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ο ήλιος εκπέμπει τεράστια ποσότητα ενέργειας ημερησίως. Η ηλιακή ακτινοβολία αξιοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού με δύο τρόπους. Θερμικές και φωτοβολταϊκές εφαρμογές. Η πρώτη είναι η συλλογή της ηλιακής ενέργειας για να παραχθεί θερμότητα, κυρίως για τη θέρμανση του νερού και τη μετατροπή του σε ατμό για την κίνηση τουρμπίνων. Στη δεύτερη εφαρμογή τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν το φως του ήλιου σε ηλεκτρισμό με τη χρήση φωτοβολταϊκών κυψελών ή συστοιχιών. Σήμερα αξιοποιούμε με πολλούς τρόπους την ευεργετική δράση της ηλιακής ακτινοβολίας:



► Με τη χρήση των θερμικών ηλιακών συστημάτων που συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία και τη μετατρέπουν σε θερμότητα σε κάποια θερμομονωμένη δεξαμενή, όπου την αποθηκεύουν και ονομάζονται ενεργητικά ηλιακά συστήματα.

► Με τα παθητικά ηλιακά συστήματα, δηλαδή όλα τα κατάλληλα σχεδιασμένα και συνδυασμένα δομικά στοιχεία των οικοδομικών κατασκευών (κτηρίων) που υποβοηθούν την καλύτερη άμεση ή έμμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας είτε για τη θέρμανση των κτηρίων το χειμώνα είτε για το δροσισμό τους το καλοκαίρι.

► Με την κατευθείαν μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική με τη χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

■ ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η αιολική ενέργεια χρησιμοποιεί την ενέργεια του ανέμου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα σύστημα αιολικής ενέργειας μετατρέπει την κινητική ενέργεια του ανέμου σε μηχανική ή ηλεκτρική με χρήσεις σε μια πληθώρα εφαρμογών, όπως φόρτιση μπαταριών, άντληση νερού σε απομακρυσμένες περιοχές ή ως υβριδικό σύστημα παροχής ηλεκτρισμού σε απομακρυσμένα νησιά ή χωριά χωρίς παροχή ηλεκτρικού ρεύματος.



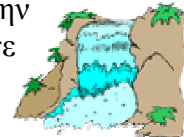
■ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Γεωθερμική ενέργεια ονομάζεται η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμφανίζεται με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού. Η ενέργεια αυτή σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις ειδικότερες γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Είναι μια ήπια και σχετικά ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή, που με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα μπορεί να καλύψει σημαντικές ενεργειακές ανάγκες.



■ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Αξιοποιεί τις υδατοπτώσεις και τη ροή των υδάτων με στόχο την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή και το μετασχηματισμό της σε απολήψιμη μηχανική ενέργεια.



■ ΒΙΟΜΑΖΑ

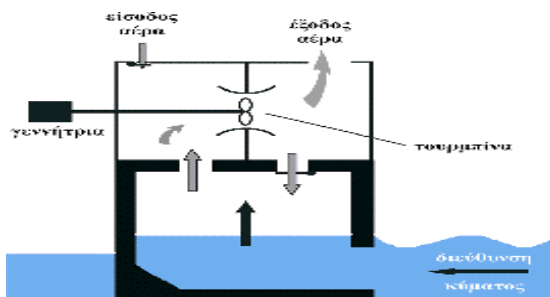
Είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας, που μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μία σειρά διεργασιών των φυτικών οργανισμών χερσαίας ή υδρόβιας προέλευσης. Σ' αυτή την κατηγορία μπορούν να συμπεριληφθούν και τα *Αστικά Απορρίμματα* σε ό,τι αφορά στην αξιοποίηση του ενεργειακού περιεχομένου τους στο γενικότερο πλαίσιο μιας ολοκληρωμένης περιβαλλοντικής διαχείρισης και τελικής απόθεσής τους.



■ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΩΚΕΑΝΩΝ

Οι ωκεανοί μπορούν να μας προσφέρουν τεράστια ποσά ενέργειας. Υπάρχουν τρεις βασικοί τρόποι για να εκμεταλλευτούμε την ενέργεια της θάλασσας:

- από τα κύματα
- από τις παλίρροιες (μικρές και μεγάλες)
- από τις θερμοκρασιακές διαφορές του νερού



Σχ.1.1 Σχηματική διάταξη παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από τον κυματισμό της θάλασσας.

1.4 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα Α.Π.Ε

1.4.1 Πλεονεκτήματα:

- Είναι πρακτικά ανεξάντλητες και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από τους συμβατικούς πόρους, των οποίων τα ανά τον κόσμο αποθέματα ελαττώνονται με την πάροδο του χρόνου.
- Είναι φιλικές προς το περιβάλλον, καθώς δεν είναι ρυπογόνες
- Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο
- Είναι γεωγραφικά διασπαρμένες και οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, δίνοντας τη δυνατότητα να καλύπτονται οι ενεργειακές δαπάνες σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, μειώνοντας έτσι τον ενεργειακό συγκεντρωτισμό της παραγωγής με τις μεγάλες ενεργειακές απώλειες που αυτός συνεπάγεται.
- Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος, το οποίο επιπλέον δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων
- Η εγκατάσταση συστημάτων Α.Π.Ε. είναι μία απλή και σχετικά σύντομη διαδικασία πράγμα που επιτρέπει τη γρήγορη ανταπόκριση της προσφοράς σε ενδεχόμενη ζήτηση ενέργειας
- Οι επενδύσεις σε Α.Π.Ε. μπορούν σε πολλές περιπτώσεις να αποτελέσουν πυρήνα για την αναζωογόνηση υποβαθμισμένων περιοχών και να γίνουν πόλος τοπικής ανάπτυξης δημιουργώντας νέες θέσεις εργασίας και προωθώντας επενδύσεις, που στηρίζονται στις Α.Π.Ε. ή σχετίζονται με αυτές
- Η κατασκευή ανεμομηχανών, για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, γίνεται εύκολα με μέσα που μπορούν να παραχθούν από μια μικρή σε έκταση βιοτεχνία
- Η λειτουργία των συστημάτων εκμετάλλευσης των Α.Π.Ε. είναι σε μεγάλο ποσοστό ακίνδυνα
- Δεν παρουσιάζονται συνήθως ιδιαίτερα τεχνολογικά προβλήματα

1.4.2 Μειονεκτήματα:

- Το διασπαρμένο δυναμικό τους είναι δύσκολο να συγκεντρωθεί σε μεγάλα μεγέθη ισχύος και να αποθηκευτεί
- Δεδομένης της χαμηλής πυκνότητας ισχύος και ενέργειας που έχουν, για μεγάλη ισχύ απαιτούνται συχνά εκτεταμένες σε μέγεθος εγκαταστάσεις
- Η στοχαστικότητα μεγεθών, όπως ο άνεμος και η ηλιακή ακτινοβολία, έχουν σαν αποτέλεσμα η τιμή της παραγόμενης ισχύος να έχει μεγάλες διακυμάνσεις, απαιτώντας έτσι την εφεδρεία άλλων ενεργειακών πηγών ή δαπανηρές μεθόδους αποθήκευσης
- Οι εγκαταστάσεις συνήθως είναι αισθητικά μη αποδεκτές από το κοινό, μιας και έχουν πολλές φορές εκφραστεί παράπονα για αισθητική και ηχητική ρύπανση όσο αφορά στις ανεμογεννήτριες
- Το κόστος επένδυσης ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος, σε σύγκριση με τις σημερινές τιμές συμβατικών καυσίμων, είναι ακόμα υψηλό

Κεφάλαιο 2^ο

2.1 Η αιολική ενέργεια

Η αιολική ενέργεια είναι μια ήπια μορφή ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον, πρακτικά ανεξάντλητη, γι' αυτό και είναι ανανεώσιμη. Δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία, γιατί η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας έτσι τους ανέμους..



Αν υπήρχε η δυνατότητα, με τη σημερινή τεχνολογία, να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το συνολικό αιολικό δυναμικό της γης, εκτιμάται ότι η παραγόμενη σε ένα χρόνο ηλεκτρική ενέργεια θα ήταν υπερδιπλάσια από τις ανάγκες της ανθρωπότητας στο ίδιο διάστημα. Υπολογίζεται ότι στο 25 % της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας πάνω από 5,1 m/sec, σε ύψος 10 m πάνω από το έδαφος. Όταν οι άνεμοι πνέουν με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτή την τιμή, τότε το **αιολικό δυναμικό του τόπου** θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα. Άλλωστε το κόστος κατασκευής των ανεμογεννητριών έχει μειωθεί σημαντικά και μπορεί να θεωρηθεί ότι η αιολική ενέργεια διανύει την " πρώτη" περίοδο ωριμότητας, καθώς είναι πλέον ανταγωνιστική των συμβατικών μορφών ενέργειας.

Η χώρα μας διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό και η αιολική ενέργεια μπορεί να γίνει σημαντικός μοχλός ανάπτυξης της. Από το 1982, οπότε εγκαταστάθηκε από τη ΔΕΗ το πρώτο αιολικό πάρκο στην Κύθνο, μέχρι και σήμερα έχουν κατασκευασθεί στην Άνδρο, στην Εύβοια, στη Λήμνο, Λέσβο, Χίο, Σάμο και στην Κρήτη εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο συνολικής ισχύος πάνω από 30 Μεγαβάτ. Μεγάλο ενδιαφέρον επίσης δείχνει και ο ιδιωτικός τομέας για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, ιδιαίτερα στην Κρήτη, όπου το Υπουργείο Ανάπτυξης έχει εκδώσει άδειες εγκατάστασης για νέα αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος δεκάδων Μεγαβάτ.

2.2 Μειονεκτήματα-Πλεονεκτήματα αιολικής ενέργειας

2.2.1 Μειονεκτήματα αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας

Τα κυριότερα μειονεκτήματα που αποδίδονται στην αιολική ενέργεια είναι :

- Η χαμηλή ροή αξιοποιήσιμης κινητικής ενέργειας του ανέμου (Watt/m^2) κατατάσσει την αιολική ενέργεια στις "αραιές" μορφές ενέργειας. Τυπικές τιμές ροής της αξιοποιούμενης αιολικής ισχύος κυμαίνονται μεταξύ 200 W/m^2 και 400 W/m^2 . Αυτό έχει ως

αποτέλεσμα τη χρήση είτε μεγάλου αριθμού ανεμογεννητριών είτε τη χρήση μηχανών μεγάλων διαστάσεων, για την παραγωγή της επιθυμητής ποσότητας ενέργειας. Σήμερα καταβάλλονται προσπάθειες αύξησης της συγκέντρωσης ισχύος των αιολικών μηχανών, οι οποίες σε επιλεγμένες περιπτώσεις πλησιάζουν ή και υπερβαίνουν τα 500 W/m^2 .

- Η αδυναμία ακριβούς πρόβλεψης της ταχύτητας και της διεύθυνσης των ανέμων δεν μας δίνει τη δυνατότητα να έχουμε την απαραίτητη αιολική ενέργεια τη στιγμή που τη χρειαζόμαστε. Το γεγονός αυτό μας υποχρεώνει να χρησιμοποιούμε τις αιολικές μηχανές κυρίως σαν εφεδρικές πηγές ενέργειας σε συνδυασμό πάντοτε με κάποια άλλη πηγή ενέργειας (π.χ. σύνδεση με ηλεκτρικό δίκτυο, παράλληλη λειτουργία με μονάδες Diesel κ.λπ.).

- Σε περιπτώσεις διασύνδεσης της αιολικής εγκατάστασης με το ηλεκτρικό δίκτυο η παραγόμενη ενέργεια δεν πληρεί πάντοτε τις τεχνικές απαιτήσεις του δικτύου, με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη η τοποθέτηση αυτοματισμών ελέγχου, μηχανημάτων ρύθμισης τάσεως και συχνότητας, καθώς και ελέγχου της άεργης ισχύος. Η εξέλιξη της τεχνολογίας σήμερα έχει δώσει λύσεις στα περισσότερα από τα αναφερόμενα προβλήματα, ιδιαίτερα με την κατασκευή ανεμογεννητριών μεταβλητού βήματος και μεταβλητών στροφών. Παρόλα αυτά υπάρχει κάποιο αυξημένο κόστος για τη βελτίωση των χαρακτηριστικών της παραγόμενης ενέργειας, το οποίο προστίθεται στο συνολικό κόστος της παραγόμενης kWh. Τέλος, ακόμα και σήμερα εξακολουθούν να μας απασχολούν οι διαδικασίες ζεύξης-απόζευξης αιολικών μηχανών στο ηλεκτρικό δίκτυο, λόγω των μεταβατικών φαινομένων που αυτές προκαλούν. Λόγω των τελευταίων προβλημάτων απαγορεύεται η διασύνδεση, πέραν ενός ορίου παραγόμενης ισχύος, αιολικών μηχανών σε μικρά τοπικά ηλεκτρικά δίκτυα, τα οποία όμως αποτελούν και την πλειοψηφία των δικτύων του ελληνικού Αρχιπελάγους.

- Αντίστοιχα, σε περιπτώσεις αυτόνομων μονάδων είναι απαραίτητη η ύπαρξη συστημάτων αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας, σε μια προσπάθεια να έχουμε συγχρονισμό της ζήτησης και της διαθέσιμης ενέργειας. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται αυξημένο αρχικό κόστος (λόγω της προσθήκης του συστήματος αποθήκευσης ενέργειας) και βέβαια επιπλέον απώλειες ενέργειας κατά τις φάσεις μετατροπής και αποθήκευσης, καθώς και αυξημένες υποχρεώσεις συντήρησης και εξασφάλισης της ομαλής λειτουργίας.

- Ένα ακόμα μειονέκτημα της αιολικής ενέργειας είναι η περιορισμένη δυνατότητα αξιοποίησης του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού. Στην πραγματικότητα αξιοποιούμε μερικώς μόνο την κινητική ενέργεια, η οποία αντιστοιχεί σε ένα περιορισμένο φάσμα ταχύτητας του ανέμου.

- Πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψιν ότι από το σύνολο της απορροφούμενης αιολικής ενέργειας από μια ανεμογεννήτρια, μόνο ένα περιορισμένο μέρος της μετατρέπεται σε ωφέλιμη ενέργεια λόγω των αεροδυναμικών και των μηχανικών απωλειών και περιορισμών.

- Τέλος, θα πρέπει να επισημάνουμε το σχετικά υψηλό κόστος της αρχικής επένδυσης για την εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας, ειδικά μάλιστα για μεμονωμένες περιπτώσεις αιολικών μηχανών μικρού μεγέθους. Στο σημείο αυτό πρέπει να προσθέσουμε ότι η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας και ο ανταγωνισμός μεταξύ των κατασκευαστών έχει τα τελευταία χρόνια συμπίσει σημαντικά τις τιμές των

ανεμογεννητριών.

2.2.2 Πλεονεκτήματα αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας

Αν και δεν είναι δυνατό να αγνοήσουμε τα μειονεκτήματα που συνοδεύουν την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας, είναι επίσης σημαντικό να ληφθούν υπόψιν και οι παρακάτω παράγοντες, ορισμένοι από τους οποίους ισχύουν ιδιαίτερα για τη χώρα μας, ώστε να διαμορφώσουμε μια ολοκληρωμένη εικόνα για τις δυνατότητες και τους περιορισμούς αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα:

- Η αιολική ενέργεια αποτελεί μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι η αιολική ενέργεια δεν εξαντλείται σε αντίθεση με το σύνολο των συμβατικών καυσίμων, των οποίων τα βεβαιωμένα αποθέματα του πλανήτη μας αναμένεται να εξαντληθούν σε σύντομο χρονικό διάστημα.
- Η αιολική ενέργεια αποτελεί μια καθαρή μορφή ενέργειας, ήπια προς το περιβάλλον. Η χρήση της δεν επιβαρύνει τα οικοσυστήματα των περιοχών εγκατάστασης και παράλληλα αντικαθιστά ιδιαίτερα ρυπογόνες πηγές ενέργειας, όπως το κάρβουνο, το πετρέλαιο και την πυρηνική ενέργεια. Τα σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα των περισσότερων ανεπτυγμένων χωρών καθώς και της χώρας μας (π.χ. Αθήνα, Πτολεμαίδα, Μεγαλόπολη κ.λπ.) καθιστούν την αιολική ενέργεια ιδιαίτερα ελκυστική σε σχέση με την προστασία του περιβάλλοντος.

Επιπλέον ειδικά για τη χώρα μας ισχύουν και τα ακόλουθα στοιχεία:

- Η χώρα μας διαθέτει πολύ υψηλό αιολικό δυναμικό (κυρίως τα νησιωτικά συμπλέγματα του Αιγαίου, η ανατολική Πελοπόννησος, η νότια Εύβοια και η Κρήτη) και μάλιστα άριστης ποιότητας. Πράγματι στα περισσότερα νησιά του αρχιπελάγους εμφανίζονται άνεμοι σημαντικής ταχύτητας και διάρκειας σχεδόν ολόκληρο το έτος.
- Η περιορισμένη συμβολή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο, με αμελητέα μάλιστα τη συμμετοχή της αιολικής ενέργειας, καθιστά προφανείς τις σχεδόν απεριόριστες δυνατότητες σύστασης αιολικών εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας, σε μια αγορά με σημαντικό αριθμό αναξιοποίητων θέσεων εγκατάστασης.
- Η ισχυρή εξάρτηση της χώρας μας από εισαγόμενα καύσιμα, τα οποία οδηγούν αφ' ενός σε συναλλαγματική αιμορραγία τη χώρα μας, αφ' ετέρου σε εξάρτησή της από χώρες εκτός της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ας σημειωθεί ότι η χώρα μας εξαρτάται κυρίως από το εισαγόμενο πετρέλαιο, που προέρχεται κυρίως από χώρες υψηλού πολιτικοοικονομικού κινδύνου και οι οποίες εμπλέκονται αρκετά συχνά σε πολιτικές και στρατιωτικές κρίσεις. Με τον τρόπο αυτό το μεσοπρόθεσμο κόστος παραγωγής ενέργειας, η οποία αποτελεί τον κυριότερο ίσως παραγωγικό συντελεστή για πλήθος βασικών αγαθών, δεν μπορεί να προβλεφθεί με λογικά σενάρια, πράγμα που οδηγεί σε υπερβολική αβεβαιότητα τον αντίστοιχο σχεδιασμό της εθνικής οικονομίας.
- Η υψηλή σεισμικότητα της χώρας μας εγκυμονεί κινδύνους για τις θερμοηλεκτρικές και κυρίως τις πυρηνικές εγκαταστάσεις, με αποτέλεσμα να θεωρείται προβληματική στο άμεσο μέλλον η κατασκευή πυρηνικών μονάδων στη χώρα μας. Προφανώς με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα είναι δυνατή η δημιουργία υψηλής ασφαλείας συμβατικών μονάδων, με δυσανάλογη όμως αύξηση του κόστους της παραγόμενης ενέργειας.

- Η σημαντική διασπορά και ανομοιομορφία του κόστους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας στα διάφορα τμήματα της χώρας μας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, ότι ακόμα και σε περίπτωση που η μέση τιμή διάθεσης της ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας θα είναι ελαφρώς κατώτερη του οριακού κόστους της παραγόμενης αιολικής kWh, σε αρκετά νησιά της χώρας μας το κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολλαπλάσιο, ενίοτε και υπερδεκαπλάσιο του οριακού κόστους παραγωγής της Δ.Ε.Η. Πράγματι από τα διαθέσιμα στοιχεία, ενώ το οριακό κόστος παραγωγής της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού κυμαίνεται μεταξύ 0.04 και 0.05 €/kWh για τα έτη 1990 και 1992 συμπεριλαμβανομένου και του κόστους μεταφοράς, το αντίστοιχο μέσο κόστος παραγωγής των αυτόνομων σταθμών παραγωγής κυμαίνεται το ίδιο διάστημα μεταξύ 0.07 και 0.08 €/kWh. Την ίδια στιγμή προκύπτει ότι υπάρχουν αυτόνομοι σταθμοί, των οποίων και μόνο η συμμετοχή του καυσίμου στο κόστος παραγωγής υπερβαίνει κατά πολύ το οριακό κόστος παραγωγής της επιχείρησης. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι είναι δυνατή η αντικατάσταση των συμβατικών καυσίμων από την αιολική ενέργεια, τουλάχιστον στις νησιωτικές περιοχές που είναι διασυνδεδεμένες με το εθνικό δίκτυο, δεδομένου μάλιστα ότι αυτές διαθέτουν και το καλύτερο αιολικό δυναμικό
- Η δυνατότητα τόνωσης της ελληνικής κατασκευαστικής δραστηριότητας με προϊόντα υψηλής Εγχώριας Προστιθέμενης Αξίας (Ε.Π.Α.) και συγκριτικά χαμηλού επενδυτικού κόστους, όπως θα μπορούσε να αποτελέσει η απόφαση συμπαραγωγής ανεμογεννητριών στη χώρα μας, συνεισφέροντας ταυτόχρονα και στη μείωση της ανεργίας.
- Η υψηλή Ε.Π.Α. η οποία συνοδεύει την απόφαση εγχώριας παραγωγής ανεμογεννητριών. Η εκτιμώμενη Ε.Π.Α μπορεί να φθάσει και να υπερβεί με τη σταδιακή απόκτηση εμπειρίας και στο 90% του συνολικού κόστους μιας ανεμογεννήτριας, ενισχύοντας ταυτόχρονα την εθνική οικονομία.
- Η αξιολογή εγχώρια ηλεκτρομηχανολογική εμπειρία, καθώς και το σημαντικό επιστημονικό-ερευνητικό ενδιαφέρον και δραστηριότητα στη γνωστική περιοχή της αιολικής ενέργειας.
- Η δυνατότητα αξιοποίησης επενδυτικών προγραμμάτων, που χρηματοδοτούνται εν μέρει από ελληνικούς και κοινοτικούς φορείς, δεδομένων των υψηλών επιχορηγήσεων και του συγκριτικά χαμηλού κόστους που συνοδεύουν παρόμοιες επενδύσεις σε τομείς αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Επιπλέον είναι δυνατή στην περίπτωση ίδρυσης αιολικών πάρκων η σταδιακή εγκατάσταση των μηχανών, με διαχρονική κατανομή του κόστους επένδυσης σύμφωνα με το σχεδιασμό του επενδυτή.
- Η έλλειψη ισχυρών ελληνικών οικονομικών συμφερόντων, που έχουν επενδύσει σε άλλες μορφές ενέργειας, όπως για παράδειγμα η πυρηνική ενέργεια στη Γαλλία, το πετρέλαιο στις Αραβικές χώρες, και τα οποία θα μπορούσαν να αποθαρρύνουν τυχόν κυβερνητικό ενδιαφέρον για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας. Πράγματι, τα τελευταία χρόνια με την ενθάρρυνση της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η πολιτεία έχει δείξει αυξημένο ενδιαφέρον για τη διεύρυνση της αιολικής ενέργειας στην εγχώρια ενεργειακή αγορά, με τη θέσπιση νομικού πλαισίου (π.χ. νόμος 2244/94) αλλά και τη χρηματοδότηση αντίστοιχων έργων (π.χ. νόμος 2234/94 ή 2601/98), χωρίς βέβαια να αρθούν πλήρως οι αντιξοότητες που συνοδεύουν τη λειτουργία της κρατικής μηχανής και των αντίστοιχων γραφειοκρατικών μηχανισμών.

- Η δυνατότητα αποκεντρωμένης ανάπτυξης μέσα από αυτόνομα συστήματα παραγωγής ενέργειας, γεγονός που μπορεί να ενισχύσει σημαντικά την οικονομική δραστηριότητα των τοπικών κοινωνιών.

Συνοψίζοντας τα ανωτέρω, πιστεύουμε ότι τα πλεονεκτήματα που απορρέουν από την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας είναι ασυγκρίτως περισσότερα και σοβαρότερα από τα υπάρχοντα μειονεκτήματα. Για το λόγο αυτό η στρατηγική απόφαση να αξιοποιηθεί στη χώρα μας το υπάρχον αιολικό δυναμικό, καθώς και να αναπτυχθούν κατασκευαστικές μονάδες παραγωγής ανεμογεννητριών, μπορεί κάλλιστα να οδηγήσει σε οικονομικά βιώσιμες αλλά και ελκυστικές επενδύσεις, μη λαμβάνοντας υπόψιν στους ισολογισμούς μας τα παράλληλα οφέλη, που αφορούν την προστασία του περιβάλλοντος και την οικονομική ανεξαρτησία της χώρας μας.

Επιπλέον, λαμβάνοντας υπόψιν την τοπογραφία της χώρας μας και την αφθονία των μικρών νησιών και των απομονωμένων αγροκτημάτων, μπορούμε να ενθαρρύνουμε και την εγκατάσταση ανεμογεννητριών μικρών-μεσαίων διαστάσεων από ιδιώτες. Αξίζει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με τους πιο συντηρητικούς υπολογισμούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης, υπάρχουν σ' αυτήν πάνω από πεντακόσιες εξήντα χιλιάδες (560000) ιδιωτικές απομονωμένες αγροικίες, από τις οποίες περίπου το 10% ανήκει στη χώρα μας. Οι αγροικίες αυτές δεν έχουν πρόσβαση στο ηλεκτρικό δίκτυο, με αποτέλεσμα η εγκατάσταση ανεμογεννητριών να συνεισφέρει στην επίλυση των ενεργειακών τους προβλημάτων.

2.3 Χαρακτηριστικά ανέμου

Άνεμος είναι η οριζόντια, κυρίως, κίνηση μεγάλων μαζών του ατμοσφαιρικού αέρα και προκαλείται από τρεις βασικούς παράγοντες που δημιουργούν και διαμορφώνουν τις κινήσεις του ατμοσφαιρικού αέρα :

- α) Η περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονα της
- β) η ηλιακή ενέργεια που απορροφά η ατμόσφαιρα και η επιφάνεια του εδάφους
- γ) η ανομοιομορφία του γήινου ανάγλυφου.

Εξαιτίας αυτών των τριών παραγόντων, η κατανομή της ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια της Γης δεν είναι ομοιόμορφη και η διαφορά πιέσεων που δημιουργείται, εξαναγκάζει τις αέριες μάζες να κινηθούν, για να αντισταθμίσουν αυτή τη διαφορά.

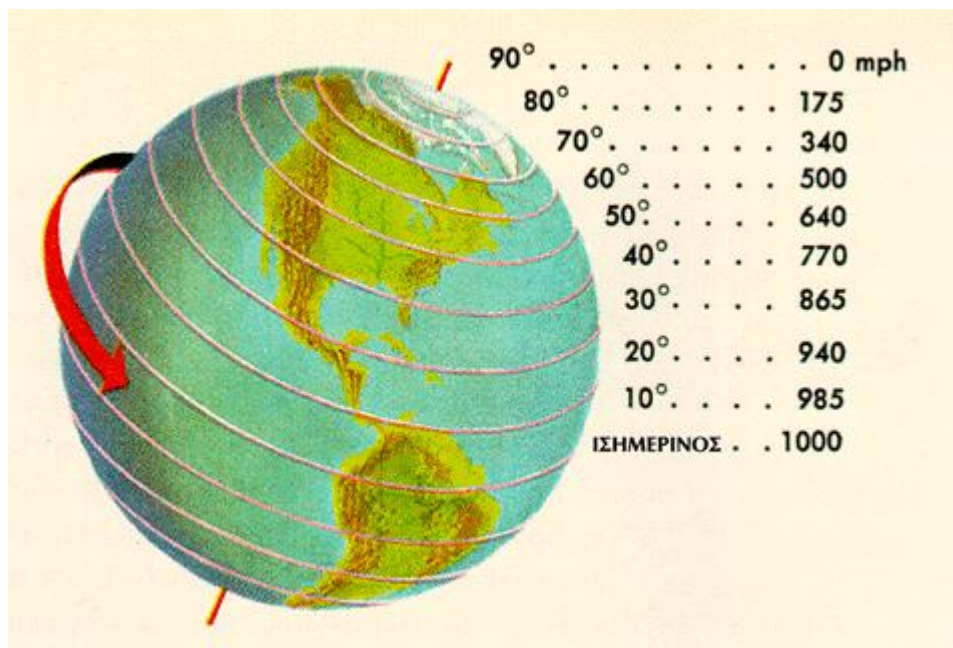
Η διεύθυνση και η ταχύτητα ή ένταση του ανέμου είναι τα δυο κύρια χαρακτηριστικά του. Για τη μέτρηση της έντασης του ανέμου χρησιμοποιούνται συνήθως τα ανεμόμετρα ή ανεμογράφοι, απλούστερη μορφή των οποίων είναι τα κυπελλοφόρα ανεμόμετρα. Η διεύθυνση του ανέμου καθορίζεται σε σχέση με το σημείο του ορίζοντα από το οποίο πνέει ο άνεμος, και σαν αποτέλεσμα της καταγραφής της διεύθυνσης του ανέμου προκύπτει το πολικό διάγραμμα. Η διεύθυνση του ανέμου μετρείται με τη βοήθεια ανεμοδεικτών ή τριαξονικών ανεμογράφων.

Εκτός από την ένταση και τη διεύθυνση του ανέμου, είναι χρήσιμο να καταγραφεί η ύπαρξη ριπών ανέμου, η ύπαρξη στροβιλισμού και αναταράξεων καθώς και το επίπεδο της τύρβης του ανέμου.

Για την περιγραφή της διανομής ταχύτητας του ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος χρησιμοποιούνται αρκετοί ημιεμπειρικοί αναλυτικοί νόμοι, οι οποίοι βασίζονται στο γεγονός της αύξησης της ταχύτητας του ανέμου με το ύψος μέσα στα όρια του οριακού

στρώματος. Βέβαια η διανομή της ταχύτητας του ανέμου επηρεάζεται από την τραχύτητα του εδάφους, την ύπαρξη επιφανειακών εμποδίων καθώς και από το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής.

Μετά την καταγραφή της έντασης και της διεύθυνσης του ανέμου, συνήθως σε ετήσια βάση, ακολουθεί η επεξεργασία των ανεμολογικών στοιχείων με στόχο την κατασκευή του ιστογράμματος συχνότητας πιθανότητας του ανέμου, της ετήσιας καμπύλης διάρκειας, του πολικού διαγράμματος και των καμπυλών των διαστημάτων νηνεμίας της περιοχής. Λιγότερο ακριβείς είναι οι ανεμολογικές μετρήσεις που βασίζονται στη κλίμακα Beaufort, λόγω της σχετικής ασάφειας που εμφανίζουν οι επιμέρους βαθμίδες της κλίμακας.



Σχήμα 2.1 Ταχύτητες της Γης σε διάφορα γεωγραφικά πλάτη.
Η περιστροφική κίνηση της Γης επηρεάζει τους ανέμους.

Άνεμος και ατμοσφαιρική κυκλοφορία

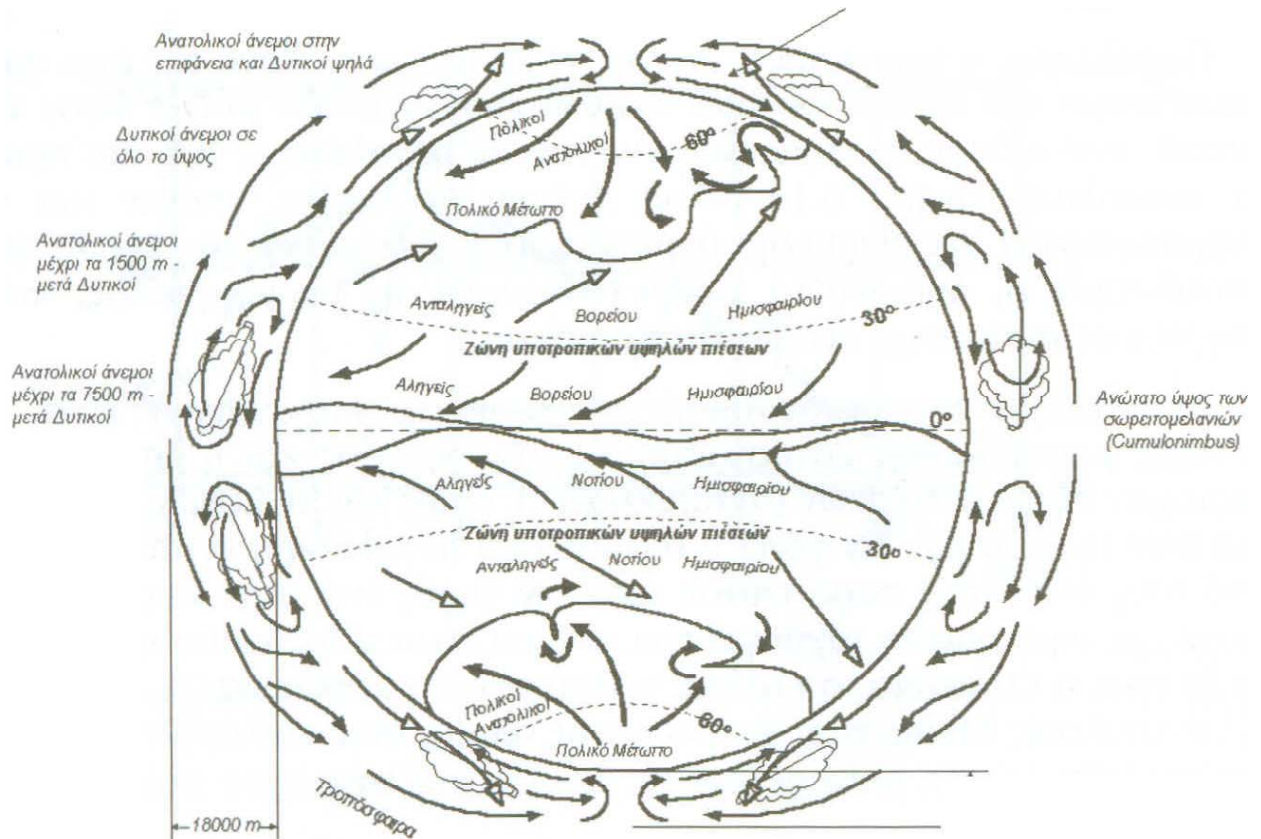
Άνεμος ονομάζεται ο ατμοσφαιρικός αέρας ευρισκόμενος σε κίνηση. Όπως για οποιοδήποτε ρευστό ευρισκόμενο σε κίνηση, έτσι και στην περίπτωση του ανέμου, για τον καθορισμό του διανύσματος της ταχύτητάς του απαιτείται η γνώση του μέτρου (ένταση του ανέμου) και της διεύθυνσης του ανέμου.

Η διεύθυνση και η ένταση του ανέμου εξαρτώνται τόσο από ειδικούς παράγοντες (γενική ατμοσφαιρική κυκλοφορία, πεδίο πίεσης) όσο και από τους τοπικούς παράγοντες (δηλ. ανάγλυφο της περιοχής, ύπαρξη θάλασσας κ.λ.π.). Η γενική ατμοσφαιρική κυκλοφορία οφείλεται κυρίως στην ηλιακή ακτινοβολία και στην περιστροφή της γης. Πράγματι η διαφορετική θερμοκρασία μεταξύ ισημερινού και πόλων, αποτέλεσμα της διαφορετικής ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται τα διαφορετικά σημεία του πλανήτη μας, έχει σαν αποτέλεσμα τη συνεχή κίνηση αερίων μαζών από τους πόλους προς τον ισημερινό και αντιθέτως. Πιο συγκεκριμένα, ψυχροί επιφανειακοί άνεμοι πνέουν από τους πόλους προς τον ισημερινό για να αντικαταστήσουν το θερμό αέρα, που ανυψώνεται λόγω μείωσης της πυκνότητάς του και ο οποίος κινείται δια μέσου της ανώτερης ατμόσφαιρας προς τους πόλους.

Παράλληλα, η περιστροφή της γης γύρω από τον άξονά της έχει σαν αποτέλεσμα την κίνηση ψυχρών αερίων επιφανειακών μαζών προς τα δυτικά, ενώ ο θερμός αέρας μετακινείται σε μεγαλύτερα ύψη και προς τα ανατολικά, σχήμα 2.2. Τέλος πρέπει να ληφθεί υπόψη και η ανομοιομορφία της θερμικής συμπεριφοράς θάλασσας και ξηράς, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ζωνών διαφορετικής θερμοκρασίας, που οδηγούν σε αντίστοιχα πεδία στατικής πίεσης.

Αποτέλεσμα του συνδυασμού των ανωτέρω παραγόντων είναι η συνεχής μεταβολή της κατάστασης της ατμόσφαιρας και η δημιουργία περιοχών υψηλών πιέσεων (αντικυκλώνες), όπως και περιοχών χαμηλών πιέσεων (κυκλώνες). Εν γένει ο άνεμος έχει μεγαλύτερη ένταση επάνω από τους ωκεανούς παρά επάνω από την ξηρά, ενώ στην Ευρώπη περιοχές με υψηλή μέση ταχύτητα του ανέμου είναι η Ιρλανδία, η Αγγλία, το Βέλγιο, η Ολλανδία, η Γαλλία, η Πορτογαλία καθώς και οι περιοχές της ανατολικής Μεσογείου ανάμεσα στις οποίες συμπεριλαμβάνεται και η χώρα μας.

Από το σύνολο των κινήσεων του ανέμου η σπουδαιότερη σε σχέση με τον προσδιορισμό του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής είναι η οριζόντια συνιστώσα της ταχύτητας του ανέμου. Βέβαια για την επιλογή της κατάλληλης θέσης εγκατάστασης μιας ανεμογεννήτριας απαιτείται επιπλέον της γνώσης για την ταχύτητα και τη διεύθυνση του ανέμου, να έχουν καταγραφεί οι επικρατούσες στην περιοχή αναταράξεις, ο στροβιλισμός και η τύρβη του ανέμου, καθώς και η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου συναρτήσει του ύψους από το έδαφος.



Σχήμα 2.2 Πεδίο ανέμων γύρω από τον πλανήτη μας

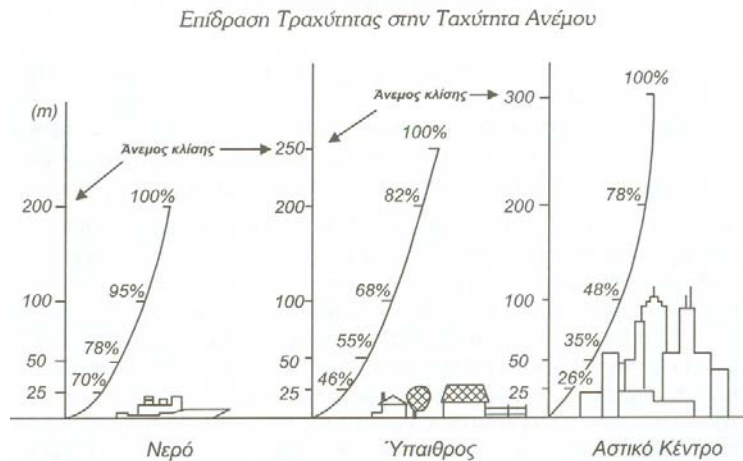
2.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα και την διεύθυνση του ανέμου

- **Επίδραση της τραχύτητας του εδάφους**

Είναι συνηθισμένο το φαινόμενο της μέτριας λειτουργίας μιας ανεμογεννήτριας αν και έχει εγκατασταθεί σε περιοχή με υψηλό αιολικό δυναμικό. Στις περισσότερες από τις περιπτώσεις αυτές η ανεμογεννήτρια λειτουργεί σε έντονα μεταβαλλόμενο πεδίο ροής λόγω της υψηλής τύρβης της περιοχής. Η εμφάνιση υψηλής τύρβης όπως έχουμε προαναφέρει εξαρτάται εκτός από τις γενικές ατμοσφαιρικές συνθήκες, τόσο από την ύπαρξη μεμονωμένων κτιρίων ή άλλων εμποδίων όσο και από την τραχύτητα του εδάφους της περιοχής. Στο σχήμα 2.3 παρουσιάζεται η επίδραση της τραχύτητας του εδάφους στη διανομή της ταχύτητας του ανέμου. Στην περίπτωση αυτή έχουμε τη δυνατότητα μελέτης του πεδίου ταχύτητας σε αστικές περιοχές, σε περιοχές με βλάστηση καθώς και σε θαλάσσιες περιοχές.

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	Περιγραφή	z_0 (m)
Πάγος, Βούρκος	Λεία Επιφάνεια	$\approx 10^{-5}$
Ήρεμη Θάλασσα, Χιονισμένη Περιοχή	Επίπεδη ή Λοφώδης Περιοχή	$\approx 10^{-4}$
Άμμος, Έρημος, Υπήνεμη Παράλια	Εξαρτάται από το μέγεθος των κόκκων και την παρουσία αμμολόφων ή κυματώσεων	$\approx 3 \cdot 10^{-4}$
Χιονισμένη Αγροτική Περιοχή	Ομαλή Επιφάνεια	$\approx 10^{-3}$
Γυμνό Έδαφος	Μεγαλύτερες τιμές για οργωμένο	$10^{-3} \div 10^{-2}$
Γρασίδι-Χόρτα	Ύψους από 0.02 ÷ 0.1m	0.003+0.01
	Ύψους από 0.25 ÷ 1.0m	0.04+0.1
Αεροδρόμια-Διάδρομος	Περιοχή Διαδρόμου	≈ 0.02
Αγροτικές Καλλιέργειες	Εξαρτάται και από την ένταση του ανέμου	0.04+0.20
Τυπικές Αγροτικές Περιοχές	Χωράφια με μεμονωμένα δένδρα και κτίρια	0.01+0.1
Περιβάλλον Οπωροφόρων	Εξαρτάται από τις Εποχές	0.5+1.0
Πολλά δένδρα, Δενδροφυτοί Φράκτες, Λίγα Κτίσματα	Εξαρτάται από το είδος των Δένδρων	0.01+0.03
Δάση	-	1.0+6.0
Μικρές Πόλεις ή Προάστια	Χαμηλά σπίτια, δένδρα κ.λπ. (Ανομοιόμορφη Έκταση)	0.1+2.0
Κέντρα Πόλεων ή πολύ έντονο ανάγλυφο ορεινής περιοχής	Κτίρια ύψους 10+50m Ιδιαίτερα Ανομοιόμορφη Έκταση	1.0+10.0

Πίνακας 2.1 Τυπικές τιμές τραχύτητας για διάφορα είδη επιφανειών

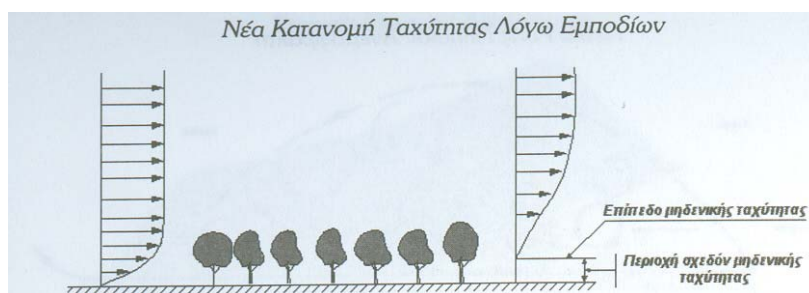


Σχήμα 2.3 Επίδραση τραχύτητας στην ταχύτητα ανέμου

■ Επίδραση επιφανειακών εμποδίων

Για τη σωστή αεροδυναμική συμπεριφορά μιας αιολικής μηχανής είναι σκόπιμο η πτερωτή της ανεμογεννήτριας να βρίσκεται εκτός του πεδίου επιρροής τυχόν επιφανειακών εμποδίων. Με τον τρόπο αυτό έχουμε μεγιστοποίηση της διαθέσιμης κινητικής ενέργειας του ανέμου, το πεδίο ροής είναι ελεύθερο στροβιλισμού και η τύρβη του ανέμου είναι η ελάχιστη δυνατή. Είναι συνεπώς σκόπιμο να εντοπίσουμε τις περιοχές επιρροής των κυριότερων επιφανειακών εμποδίων.

Η παρουσία συστοιχίας δένδρων έχει σαν αποτέλεσμα το μηδενισμό της ταχύτητας του ανέμου μέχρι και το ύψος της κορυφής των δένδρων (βλέπε σχήμα 2.4), ενώ το οριακό στρώμα φαίνεται να αναπτύσσεται από την κορυφή των δένδρων και κατάντη. Στις περιπτώσεις αυτές το ύψος της ζώνης επιρροής είναι τουλάχιστον πέντε έως έξι (5-6) φορές το μέσο ύψος των δένδρων. Τέλος η τοποθέτηση της πτερωτής της ανεμογεννήτριας θα πρέπει να βρίσκεται εκτός του οριακού στρώματος, που αναπτύσσεται στην περιοχή της συστοιχίας .



Σχήμα 2.4 Νέα κατανομή ταχύτητας λόγω εμποδίων

Πολύ συχνά και για περιπτώσεις υψηλών δένδρων αναφέρεται στην υπό μελέτη τοποθεσία η ύπαρξη περιοχών όπου έχουμε μηδενισμό της ταχύτητας του ανέμου και δημιουργία έντονων στροβίλων ανακυκλοφορίας. Οι περιοχές αυτές ονομάζονται "ανεμοφράκτες" και αποτελούν σαφή ένδειξη της ύπαρξης ανέμου υψηλών ταχυτήτων.

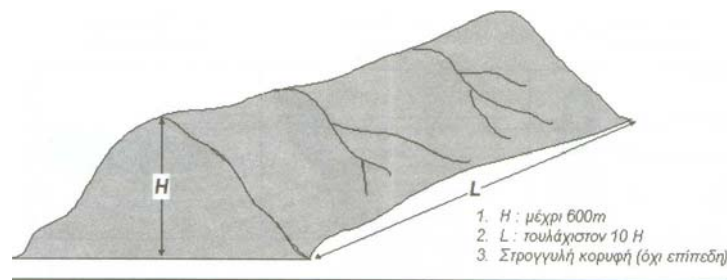
Τα παρακείμενα κτίρια αποτελούν ένα άλλο είδος εμποδίων, δεδομένου ότι η παρουσία τους διαταράσσει σε σημαντική έκταση το πεδίο ροής του ανέμου. Επιπλέον οι οξείες γωνίες του κτιρίου αποτελούν την πηγή εκροής μεμονωμένων στροβίλων με αποτέλεσμα την πλήρη τροποποίηση των χαρακτηριστικών του ανέμου.

Εκτεταμένες έρευνες που αφορούν τη ροή γύρω από κτίρια κατέληξαν ότι η ζώνη επιρροής των κτιρίων περιλαμβάνει, δύο φορές το ύψος του κτιρίου ανάντη, δέκα φορές το ύψος του κτιρίου κατάντη και ύψος τουλάχιστον στον διπλάσιο του κτιρίου στην περίξ του κτιρίου περιοχή. Σαν παράδειγμα αναφέρεται ότι σε απόσταση δεκαπλάσια του ύψους του κτιρίου έχουμε κατά 5% αύξηση του επιπέδου της τύρβης και κατά 6% μείωση της ταχύτητας του αέρα, η οποία και οδηγεί σε μείωση κατά 17% της διαθέσιμης ενέργειας του αδιατάρακτου ρεύματος στα ανάντη του κτιρίου.

■ *Επίδραση του τοπογραφικού ανάγλυφου της περιοχής*

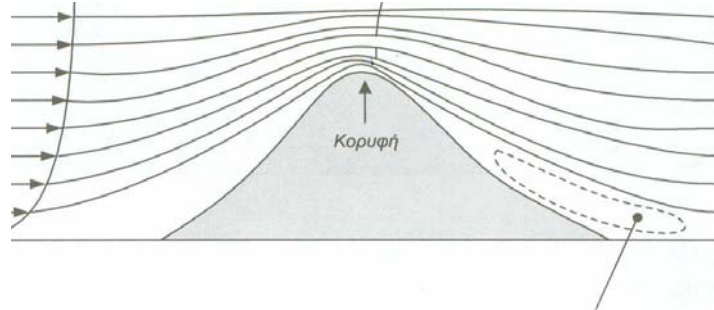
Όπως προαναφέραμε οι αναλυτικές σχέσεις που περιγράφουν τη διανομή ταχύτητας ισχύουν με μαθηματική ακρίβεια μόνο σε περιοχές που χαρακτηρίζονται ως "επίπεδες επιφάνειες". Όμως η πλειοψηφία των περιοχών με υψηλό αιολικό δυναμικό χαρακτηρίζονται από έντονο ανάγλυφο. Συνεπώς, επειδή η διαμόρφωση του πεδίου ταχύτητας επηρεάζεται μεν από την τραχύτητα του εδάφους και τα επιφανειακά εμπόδια, πλην όμως μεγαλύτερη επίδραση έχουν οι εδαφολογικές ιδιομορφίες στην περιοχή της πιθανής θέσης εγκατάστασης μιας αιολικής μηχανής, είναι σκόπιμο να αναφέρουμε ορισμένα προκαταρκτικά στοιχεία, που αφορούν την παρουσία λοφοσειρών και περασμάτων στην υπό διερεύνηση περιοχή. Για ακριβέστερες αναλύσεις απαιτείται η μελέτη του τοπογραφικού ανάγλυφου της περιοχής είτε υπό κλίμακα σε αεροδυναμική σήραγγα είτε με τη χρήση αριθμητικών μεθόδων πλήρους ανάλυσης του πεδίου ροής.

Η έννοια της λοφοσειράς λαμβάνεται κάθετη στην επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.5. Το μέγιστο ύψος της λοφοσειράς δεν υπερβαίνει τα εξακόσια (600m) μέτρα, ενώ το πλάτος της είναι τουλάχιστον δεκαπλάσιο του ύψους της λοφοσειράς. Η ανάλυσή μας βασίζεται στην υπόθεση ότι ο άνεμος περνάει επάνω από τη λοφοσειρά και δεν την παρακάμπτει κινούμενος πλαγίως.



Σχήμα 2.5 Τυπική λοφοσειρά

Βασιζόμενοι στους κλασσικούς νόμους της αεροδυναμικής υποηχητικών ταχυτήτων (π.χ εξίσωση Bernoulli), μπορούμε να πούμε ότι η κορυφή της λοφοσειράς είναι μια πολύ καλή θέση εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας, δεδομένης της συμπίεσης των γραμμών ροής, η οποία ισοδυναμεί με επιτάχυνση της αέριας δέσμης. Ένας πιθανός διπλασιασμός της ταχύτητας του ανέμου στην περιοχή της κορυφής ισοδυναμεί με οκταπλασιασμό της διαθέσιμης ισχύος του ανέμου στην εν λόγω περιοχή. Συχνά είναι προτιμότερο να εγκατασταθεί η ανεμογεννήτρια λίγο πριν την κορυφή της λοφοσειράς, ώστε να αποφευχθούν αφενός αρνητικές κλίσεις της ταχύτητας που συνοδεύουν τυχόν αποκόλληση της ροής, αφετέρου περιοχές υψηλής τύρβης, σχήμα 2.6



Σχήμα 2.6 Πιθανή ζώνη υψηλής τύρβης

Ολοκληρώνοντας πρέπει να επισημάνουμε ότι ιδιαίτερη επίδραση στη συνολική διανομή της ταχύτητας του ανέμου έχει η διαμόρφωση του εδάφους, δεδομένου ότι η παρουσία εμποδίων, στενώσεων ή ανοιγμάτων τροποποιεί σημαντικά τα αιολικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής. Αν και υπάρχουν αρκετές αναλυτικές ημιεμπειρικές σχέσεις που προτείνουν διορθώσεις της ταχύτητας του ανέμου παρουσία εμποδίων ή λόγω της τραχύτητας του εδάφους, ακριβείς υπολογισμοί μπορούν να γίνουν μόνο με την αριθμητική προσομοίωση της υπό εξέταση περιοχής και τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή. Τέλος σαν γενικός κανόνας πρέπει να θεωρηθεί η αρχή ότι ο δρομέας (πτερωτή) μιας ανεμογεννήτριας, πρέπει να βρίσκεται έξω από τη ζώνη επιρροής οποιουδήποτε επιφανειακού εμποδίου που βρίσκεται ανάντη της ανεμογεννήτριας, ώστε να μεγιστοποιηθεί η διαθέσιμη αιολική ενέργεια και να ελαχιστοποιηθεί η αναπτυσσόμενη ατμοσφαιρική τύρβη .

Κεφάλαιο 3^ο

Το αιολικό δυναμικό

3.1 Εισαγωγή

Ο υπολογισμός του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής είναι μια επίπονη διαδικασία που στηρίζεται σε μαθηματικά μοντέλα τα οποία έχουν ακριβή αποτελέσματα μόνο σε επίπεδα εδάφη . Επειδή όμως η συντριπτική πλειοψηφία των περιοχών που είναι κατάλληλες για την ανάπτυξη αιολικών πάρκων είναι περιοχές με έντονη ορογραφία , βασιζόμαστε στα μαθηματικά μοντέλα που υπάρχουν και μεριμνούμε έτσι ώστε οι μετρήσεις που έχουμε για την περιοχή να είναι σε κοντινό μέρος , σε σχέση με την περιοχή ενδιαφέροντος . Είναι κοινά αποδεκτό ότι σε μια περιοχή περίπου 10 χιλιόμετρα γύρω από τον ανεμογράφο , μπορούμε να εξάγουμε ακριβή συμπεράσματα για την ταχύτητα και την διεύθυνση του ανέμου .

3.2 Οι μετρήσεις

Οι μετρήσεις λαμβάνονται από μετεωρολογικούς ιστούς , οι οποίοι χωροθετούνται κοντά στην περιοχή ενδιαφέροντος και κατά προτίμηση στην ψηλότερη κορυφή , έτσι ώστε να μην έχουμε παρεμπόδιση των ανέμων από ενδεχομένως ψηλότερες κορυφές . Οι ιστοί στήνονται σε ύψος τουλάχιστον 10 μ. από το έδαφος και μακριά από δέντρα και άλλα εμπόδια , όπου αυτό είναι εφικτό . Υπάρχουν και περιπτώσεις όπου θέλουμε μεγαλύτερη ακρίβεια στα δεδομένα μας . Σ'αυτές τις περιπτώσεις εγκαθιστούμε ψηλότερους ιστούς με ύψος έως και 60 μέτρα και τοποθετούμε όργανα σε διάφορα ύψη (10μ , 30μ , 45μ , 60μ) .Με αυτό τον τρόπο έχουμε ακριβή ένδειξη της ταχύτητας στο ύψος της πτερωτής της Α/Γ που είναι συνήθως πάνω από τα 50μ. Οι προϋποθέσεις αυτές εξασφαλίζουν την ορθότητα των δεδομένων που παίρνουμε .

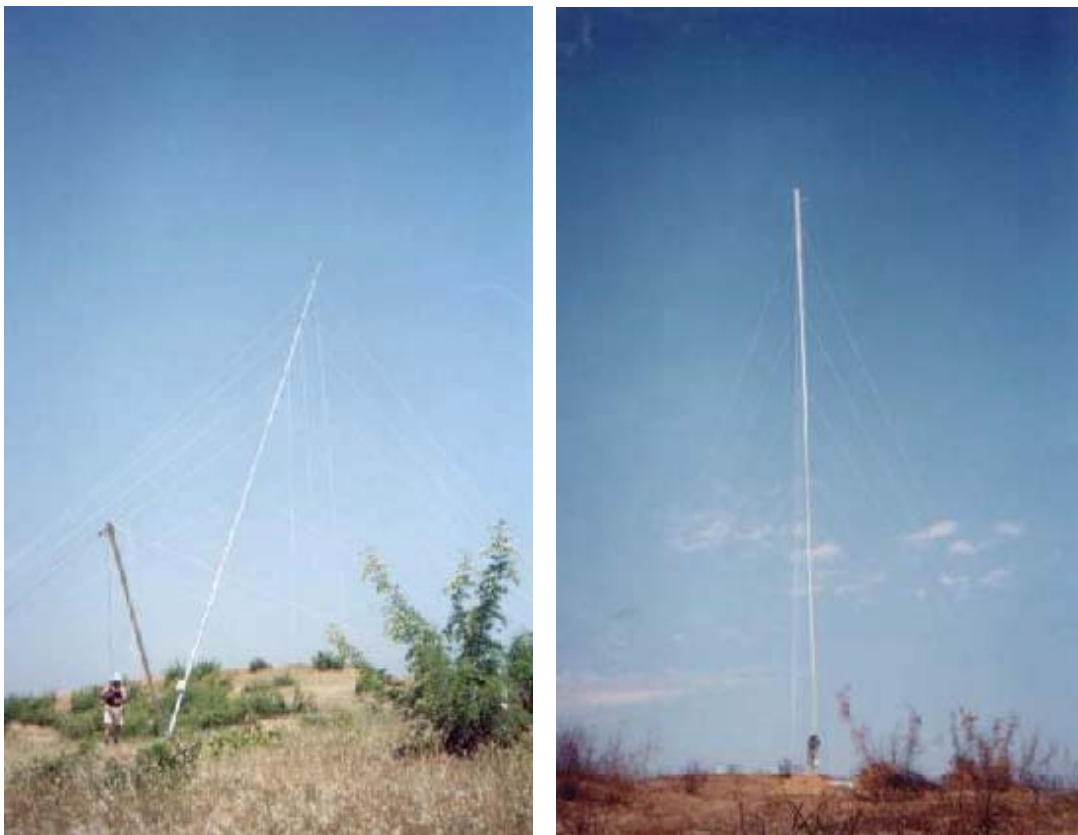
Οι μετρητικές διατάξεις που τοποθετούνται σε ένα ιστό είναι το ανεμόμετρο και ο ανεμοδείκτης και πολλές φορές τοποθετούνται σε ζευγάρια , έτσι ώστε στην περίπτωση που το ένα καταστραφεί , να έχουμε ενδείξεις από το άλλο . Τα όργανα συνδέονται σε ένα καταγραφικό (data logger) (σχήμα 3.1) το οποίο παίρνει μετρήσεις από τα όργανα . Μέσα από τις ρυθμίσεις του καταγραφικού , ορίζουμε το διάστημα δειγματοληψίας για τις μετρήσεις . Για εφαρμογές όπως η ανέγερση ενός Α/Π , οι μετρήσεις γίνονται ανά 1 δευτερόλεπτο και η ολοκλήρωση των μετρήσεων γίνεται κάθε 10 λεπτά . Έτσι έχουμε μέσες 10λεπτες τιμές για την ταχύτητα και την διεύθυνση .



Σχήμα 3.1 Data logger



Σχήμα 3.2 Διαδικασία ανέγερσης ενός μετεωρολογικού ιστού



Σχήμα 3.2 Διαδικασία ανέγερσης ενός μετεωρολογικού ιστού

3.3 Η τεχνική προσδιορισμού του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής

Ένταση του ανέμου

Για τη μέτρηση της έντασης του ανέμου χρησιμοποιούνται τα ανεμόμετρα ή οι ανεμογράφοι. Τα πλέον απλά είναι τα ανεμόμετρα ταχύτητας, στα οποία η ένταση του ανέμου προκύπτει από την ταχύτητα περιστροφής που επιβάλλει ο άνεμος σε ορισμένα τμήματα του οργάνου. Τα ανεμόμετρα αυτού του τύπου είναι αθροιστικά και μετρούν μέσες τιμές της έντασης του ανέμου. Για την καταγραφή των στιγμιαίων τιμών της έντασης του ανέμου χρησιμοποιούνται τα ανεμόμετρα πίεσης, στα οποία η ένταση προσδιορίζεται από την πίεση που ασκεί ο άνεμος σε ορισμένα τμήματα του οργάνου.

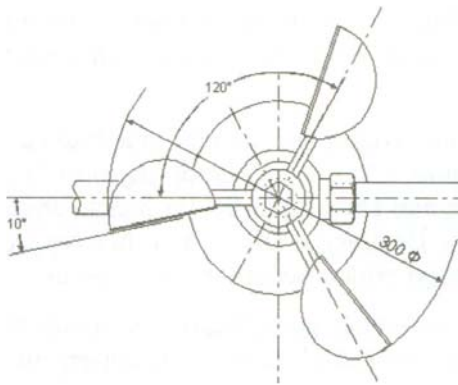
Επιπλέον των προαναφερομένων συνηθισμένων τρόπων μέτρησης της ταχύτητας του ανέμου χρησιμοποιούνται και ανεμόμετρα θερμού στοιχείου καθώς και ανεμόμετρα τύπου "laser", κύρια σε πειραματικές εγκαταστάσεις υψηλής ακρίβειας, όπως για παράδειγμα στη περίπτωση μελέτης του ομόρου ανεμογεννήτριας μέσα σε αεροδυναμική σήραγγα .

Από τα κλασικά ανεμόμετρα ταχύτητας, τα πιο γνωστά είναι τα κυπελλοφόρα ανεμόμετρα. Αυτά αποτελούνται (βλέπε σχήμα 3.3) από έναν κατακόρυφο άξονα στην κορυφή του οποίου υπάρχουν τρεις ή τέσσερις οριζόντιοι βραχίονες συμμετρικά τοποθετημένοι. Στα άκρα κάθε βραχίονα είναι τοποθετημένο ένα ημισφαιρικό ή κωνικό κύπελλο, σε τρόπο ώστε η διαμετρική τομή του να είναι κατακόρυφη. Γνωρίζοντας ότι η

αεροδυναμική αντίσταση της κοίλης πλευράς είναι σημαντικά μεγαλύτερη της κυρτής, το σύστημα περιστρέφεται υπό την επίδραση του ανέμου και ο αριθμός των περιστροφών του καταγράφεται δια μέσου του κατακόρυφου άξονα σε ένα καταγραφικό σύστημα. Για την καταγραφή των στροφών του κατακόρυφου άξονα χρησιμοποιούνται διάφορα συστήματα, που περιλαμβάνουν:

α. Μηχανικό στροφόμετρο, που καταγράφει τον αριθμό των περιστροφών των κυπέλλων από τη στιγμή ενάρξεως λειτουργίας του οργάνου.

β. Ηλεκτρική επαφή, η οποία κλείνει μετά από ένα ορισμένο αριθμό στροφών, και μέσω καταγραφικού δίνει απ' ευθείας τη μέση ταχύτητα του ανέμου.



Σχήμα 3.3 Κυπελλοφόρο ανεμόμετρο

γ. Μικρή ηλεκτρογεννήτρια, η οποία μετατρέπει την περιστροφική κίνηση του άξονα σε ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο και μετατρέπεται σε ένδειξη ταχύτητας.

δ. Φωτοηλεκτρικό διακόπτη, ο οποίος μετατρέπει την ταχύτητα περιστροφής σε στιγμιαία ταχύτητα ανέμου στην έξοδο του συστήματος.

Μέχρι σήμερα έχουν αναφερθεί αρκετές προσπάθειες συσχέτισης της ταχύτητας του ανέμου "V" με τη γραμμική ταχύτητα "υ" περιστροφής των κυπέλλων, πράγμα που εάν επιτευχθεί θα διευκολύνει τη βαθμονόμηση των ανεμόμετρων. Εν γένει, ο λόγος "V/υ" δεν είναι σταθερός, ομαλότερη δε συμπεριφορά παρουσιάζουν ανεμόμετρα με:

α. Τρία κύπελλα αντί τεσσάρων, δεδομένου ότι η στρεπτική ροπή συστήματος με τρία κύπελλα είναι πιο ομοιόμορφη για όλο το πεδίο ταχυτήτων του ανέμου, ενώ εμφανίζει και μεγαλύτερες τιμές στρεπτικής ροπής ανά μονάδα βάρους.

β. Κωνικά κύπελλα έναντι των σφαιρικών.

γ. Στρογγυλεμένα χείλη των κυπέλλων, δεδομένου ότι είναι λιγότερο ευαίσθητα στις αναταράξεις του αέρα από ότι τα έχοντα αιχμηρά χείλη.

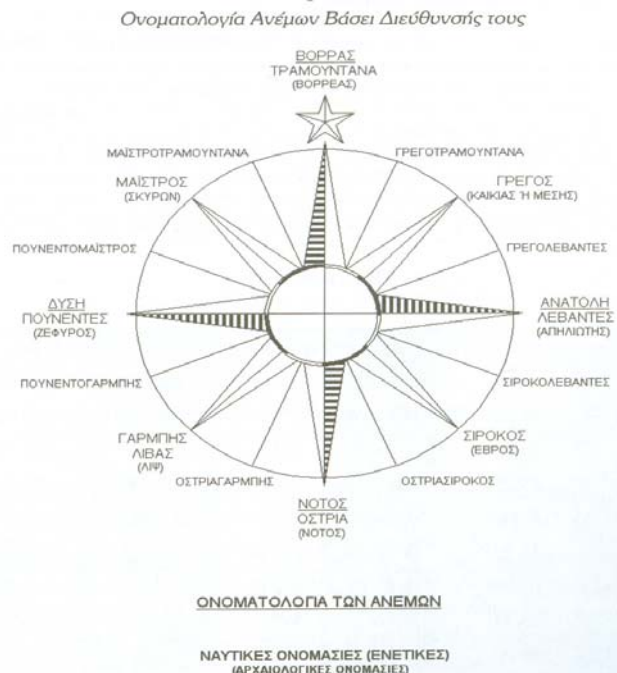
Ένα βασικό μειονέκτημα των ανεμόμετρων αυτού του τύπου είναι το γεγονός ότι δεν έχουν συμμετρική απόκριση στην αύξηση ή μείωση της έντασης του ανέμου, δεδομένου ότι τα κύπελλα του οργάνου εξακολουθούν λόγω αδράνειας να περιστρέφονται ακόμα και όταν ο άνεμος σταματήσει. Στις περιπτώσεις αυτές οι ενδείξεις του οργάνου είναι

μεγαλύτερες από την πραγματική ένταση του ανέμου.

Για κλιματολογικούς και πρακτικούς λόγους έχει συμφωνηθεί ότι σε μια ομοιογενή περιοχή (η οποία εκτείνεται 300 μέτρα γύρω από το όργανο), ο ανεμογράφος πρέπει να τοποθετείται σε ύψος 10 μέτρα από το έδαφος, ώστε να επιτυγχάνεται μια αντιπροσωπευτική καταγραφή του αιολικού δυναμικού της περιοχής. Σε μια τοποθεσία με ομοιόμορφη κατανομή εμποδίων με μέσο ύψος εμποδίων "H", το όργανο πρέπει να τοποθετηθεί σε ύψος "10+H" μέτρων από το έδαφος, όπου $H_{max}=12m$. Στην περίπτωση ύπαρξης εμποδίων γύρω από το όργανο, πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν στην εύρεση της βέλτιστης θέσης του οργάνου οι διαστάσεις των εμποδίων, εφ' όσον είναι απαραίτητο να γίνουν μετρήσεις στην περιοχή αυτή. Αντίστοιχες διορθώσεις πρέπει να ληφθούν υπόψιν στην περίπτωση υποχρεωτικής τοποθέτησης του ανεμομέτρου σε ειδικές θέσεις, όπως για παράδειγμα στην κορυφή ενός κτιρίου, δεδομένου ότι το ίδιο το κτίριο διαταράσσει τη ροή του ανέμου.

Διεύθυνση του ανέμου

Η διεύθυνση του ανέμου σε μια θέση δεν είναι σταθερή αλλά μεταβάλλεται συνεχώς, καθορίζεται δε με βάση το σημείο του ορίζοντα από το οποίο πνέει ο άνεμος, σε σχέση με τη θέση μέτρησης. Στο σχήμα 3.4 δίνεται η ονοματολογία των ανέμων με βάση ναυτικές, ενετικές και αρχαιοελληνικές ονομασίες. Η διεύθυνση του ανέμου είναι συνάρτηση του αληθούς βορρά, και μετριέται κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού, σε μοίρες ή σε τιμές που αντιστοιχούν σε ολόκληρο κυκλικό τομέα. Ανάλογα με την επιθυμητή ακρίβεια χρησιμοποιούνται 8, 12, 16 ή 32 τομείς, βλέπε και πίνακα 3.1 όπου καθορίζονται οι κυκλικοί τομείς για κάθε μία από τις 32 διευθύνσεις.

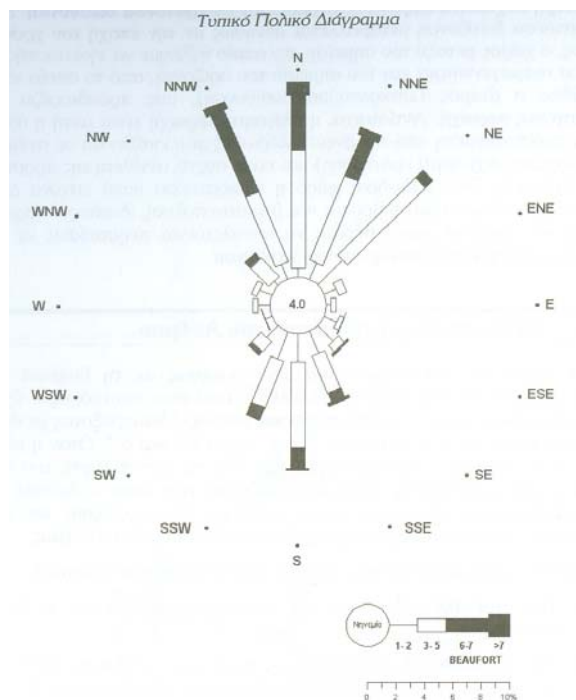


Σχήμα 3.4 Ονοματολογία ανέμων βάσει διεύθυνσής τους

Διεύθυνση	Αντιστοιχ. (°)	Τομέας (°)	Διεύθυνση	Αντιστοιχ. (°)	Τομέας (°)
N	360.00	355-005	S	180.00	175-185
N'E	11.25	006-016	S'W	191.25	186-196
NNE	22.50	017-028	SSW	202.50	197-208
NE'N	33.75	029-039	SW'S	213.75	209-219
NE	45.00	040-050	SW	225.00	220-230
NE'E	56.25	051-061	SW'W	236.25	231-241
ENE	67.50	062-073	WSW	247.50	242-253
E'N	78.75	074-084	W'S	258.75	254-264
E	90.00	085-095	W	270.00	265-275
E'S	101.25	096-106	W'N	281.25	276-286
ESE	112.50	107-118	WNW	292.50	287-298
SE'E	123.75	119-129	NW'W	303.75	299-309
SE	135.00	130-140	NW	315.00	310-320
SE'S	146.25	141-151	NW'N	326.25	321-331
SSE	157.50	152-163	NNW	337.50	332-343
S'E	168.75	164-174	N'W	348.75	344-354

Πίνακας 3.1 Διευθύνσεις ανέμου σε μοίρες και τομείς

Με βάση τις παρατηρήσεις της διεύθυνσης του ανέμου μπορούμε να χαράξουμε σε "πολικό διάγραμμα" (ή ροζέτα) τις συχνότητες (%), σε σχέση με το σύνολο των παρατηρήσεων που διαθέτουμε, ανάλογα με το σημείο του ορίζοντα από το οποίο πνέει ο άνεμος. Στο ίδιο διάγραμμα είναι δυνατό να παρασταθεί και η μέση ταχύτητα του ανέμου κατά την εκάστοτε διεύθυνση, σχήμα 3.5. Επιπλέον για μεγαλύτερη ακρίβεια είναι δυνατός ο υπό κλίμακα σχεδιασμός ώστε να εμφανίζονται και τα διαστήματα έντασης του ανέμου για κάθε διεύθυνση. Τέλος στο κέντρο του πολικού διαγράμματος και σε ειδικό κύκλο κατάλληλης ακτίνας καταγράφεται το ποσοστό της νηνεμίας.



Σχήμα 3.5 Τυπικό πολικό διάγραμμα

Κατά την εκτίμηση του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής, χαρακτηρίζουμε σαν κύρια διεύθυνση του ανέμου κάθε διεύθυνση η οποία συνεισφέρει τουλάχιστον 10% στη συνολική διαθέσιμη αιολική ενέργεια. Οι κύριες διευθύνσεις του ανέμου είναι διαφορετικές για κάθε τοποθεσία, δεδομένου ότι ο προσανατολισμός των λόφων, των βουνών και των κοιλάδων, η υπάρχουσα βλάστηση καθώς και η ύπαρξη κτιρίων ανάμεσα στα άλλα επηρεάζουν τις κύριες διευθύνσεις του ανέμου.

Η διεύθυνση του ανέμου η οποία στην υπό μελέτη περιοχή έχει τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης ονομάζεται επικρατούσα διεύθυνση. Η επικρατούσα διεύθυνση μεταβάλλεται συνήθως με την εποχή του χρόνου. Τέλος, ο χώρος μεταξύ του σημείου το οποίο θέλουμε να εγκαταστήσουμε μια ανεμογεννήτρια και του σημείου του ορίζοντα, από το οποίο πνέει συνήθως ο άνεμος (επικρατούσα διεύθυνση), μας προσδιορίζει την προσήνεμη περιοχή. Αντίστοιχα, η υπήνεμη περιοχή είναι αυτή η οποία είναι προστατευμένη από τον άνεμο (περιοχές που εκτίθενται σε ανέμους με ελάχιστη συχνότητα εμφάνισης) και είναι συχνά αντίθετη της προσήνεμης περιοχής. Στον Ελλαδικό χώρο η επικρατούσα κατά κανόνα διεύθυνση των ανέμων είναι η βόρεια και βορειανατολική, ιδιαίτερα στην περιοχή του Αιγαίου, χωρίς βέβαια να αποκλείονται περιπτώσεις σε περιοχές με διαφορετική επικρατούσα διεύθυνση.

Μέτρηση της διεύθυνσης του ανέμου

Η διεύθυνση του ανέμου βρίσκεται συνήθως με τη βοήθεια των ανεμοδεικτών. Ο ανεμοδείκτης αποτελείται από έναν κατακόρυφο άξονα στο πάνω άκρο του οποίου περιστρέφεται ένας οριζόντιος άξονας με ένα ή δύο ελάσματα στο ένα άκρο του, βλέπε σχήμα 3.6. Όταν η πίεση που ασκεί ο άνεμος εξισορροπηθεί και από τις δύο πλευρές του ελάσματος του ανεμοδείκτη, αυτός έχει στραφεί έτσι ώστε ο δείκτης του ανεμοδείκτη (που βρίσκεται και το αντίβαρο εξισορρόπησης του ελάσματος) να διευθύνεται προς τη

μεριά από την οποία φυσά ο άνεμος.

Ένας ακριβής ανεμοδείκτης έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

α. Περιστρέφεται γύρω από τον κατακόρυφο άξονά του με ελάχιστες τριβές.

β. Δεν παρουσιάζει τάσεις κλίσεως προς μια διεύθυνση. Αυτό επιτυγχάνεται με την ακριβή αντιστάθμιση των ελασμάτων με τη χρήση αντίβαρου.

γ. Εμφανίζει τη μέγιστη ροπή στρέψης για δεδομένη αλλαγή της διεύθυνσης του ανέμου σε σχέση με την αδράνεια του οργάνου.

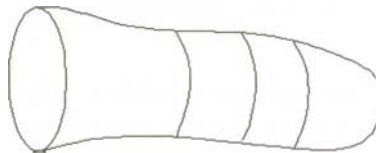
δ. Παρουσιάζει γρήγορη απόκριση στις διαρκείς διακυμάνσεις της διεύθυνσης του ανέμου.

ε. Παρουσιάζει επαρκή απόσβεση των στρεπτικών ταλαντώσεων.

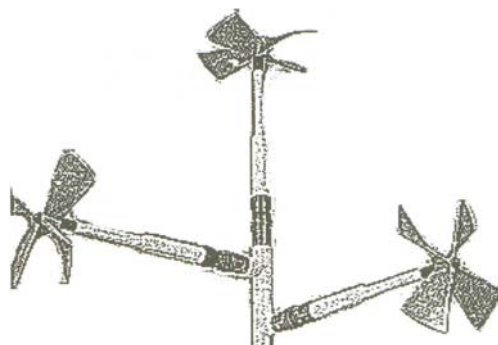
Τέλος, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι επειδή η διεύθυνση του ανέμου μετρείται συναρτήσει του αληθούς βορρά, το όργανο πρέπει να προσανατολισθεί με τη βοήθεια της χαραγής που υπάρχει επάνω του.



Σχήμα 3.6 Ανεμοδείκτης



Σχήμα 3.7 Ανεμοδείκτης αεροδρομίων



Σχήμα 3.8 Τριαξονικός ανεμογράφος

Για μικρομετεωρολογικές κυρίως εφαρμογές χρησιμοποιούνται πλέον εξελιγμένοι τύποι ανεμογράφων. Ο τριαξονικός ανεμογράφος, σχήμα 3.8, χρησιμοποιείται για να καταγράψει και τις τρεις συνιστώσες της ταχύτητας του ανέμου, δηλαδή μας δίνει ταυτόχρονα την ένταση και τη διεύθυνση του ανέμου.

Ο τριαξονικός ανεμογράφος αποτελείται από ένα κατακόρυφο άξονα, που στην κορυφή του έχει ένα σύστημα τριών αξόνων καθέτων ανά δύο μεταξύ τους. Στην άκρη του κάθε άξονα στρέφεται μια έλικα αποτελούμενη από τέσσερα ελάσματα. Ο αριθμός των περιστροφών στη μονάδα του χρόνου καταγράφεται υπό τη μορφή ηλεκτρικών παλμών. Οι άξονες του οργάνου μπορεί να προσανατολισθούν προς το βορρά, προς την ανατολή και προς το ζενίθ του τόπου. Με τον τρόπο αυτό ο ανεμογράφος αυτός μετράει τις τρεις ορθογώνιες συνιστώσες του διανύσματος της ταχύτητας του ανέμου. Με κατάλληλο προγραμματισμό είναι δυνατό να καταγράφονται οι στιγμιαίες και οι μέσες τιμές του διανύσματος της ταχύτητας. Οι ανεμογράφοι του τύπου αυτού θεωρούνται υψηλής ακρίβειας, και δεν επηρεάζονται από την αύξηση ή τη μείωση της ταχύτητας του ανέμου

3.4 Το λογισμικό WaSP

Το πακέτο λογισμικού WAsP είναι ένα πρόγραμμα, το οποίο, χρησιμοποιώντας δεδομένα για το αιολικό δυναμικό και τη μορφολογία μιας περιοχής, δημιουργεί ανεμολογικούς χάρτες και παρέχει τα απαραίτητα δεδομένα για την εγκατάσταση αιολικών συστημάτων στις εξεταζόμενες περιοχές.

Η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων του WAsP είναι ανάλογη της αξιοπιστίας των δεδομένων που χρησιμοποιούνται. Δηλαδή, αν έχουμε έντονη ορογραφία ή μη ελεγμένες μετρήσεις, η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων του προγράμματος μειώνεται.

Η δομή του WasP

Το WAsP αποτελείται από 4 κυρίως λειτουργίες

- Ανάλυση και επεξεργασία γεωγραφικών χαρτών. Αυτή η επιλογή δίνει την δυνατότητα ανάλυσης κάθε είδους χάρτη (WAsP map editor)
- Δημιουργία των δεδομένων Αιολικού Άτλαντα. Τα αναλυμένα ανεμολογικά δεδομένα μπορούν να μετατραπούν σ' ένα σετ δεδομένων για τους ανεμολογικούς χάρτες. Σ' ένα τέτοιο σετ, οι πληροφορίες από τις παρατηρήσεις του ανέμου έχουν «καθαριστεί» από τις ιδιομορφίες της εξεταζόμενης περιοχής και ανάγονται σε σταθερές συνθήκες. (owc wizard)
- Εκτίμηση του κλίματος του ανέμου. Χρησιμοποιώντας το σετ δεδομένων που παρέχει ένας ανεμολογικός άτλαντας και το χάρτη, το πρόγραμμα μπορεί να δώσει μια εκτίμηση του κλίματος του ανέμου στην συγκεκριμένη περιοχή. (WAsP)
- Εκτίμηση δυνατοτήτων παραγωγής. Το ολικό ενεργειακό αποτέλεσμα του μέσου ανέμου υπολογίζεται από το WAsP. Επιπλέον, αν δοθεί στο WAsP η καμπύλη ισχύος της Α/Γ που θα χρησιμοποιηθεί, αυτό μπορεί να δώσει μια εκτίμηση της μέσης ετήσιας παραγωγής ενέργειας.

Ανάλυση του αιολικού άτλαντα

Ο κύριος στόχος του WAsP είναι δίπτυχος. Πρώτα διορθώνει τα ανεμολογικά δεδομένα που έχουν μετρηθεί σε ένα συγκεκριμένο σημείο και τα μετατρέπει σε ένα σύνολο που να περιγράφει το ανεμολογικό κλίμα μιας περιοχής τον αποκαλούμενο αιολικό άτλαντα. Μετά, χρησιμοποιεί αυτά τα σύνολα δεδομένων ώστε να εκτιμήσει τις ανεμολογικές συνθήκες σε οποιοδήποτε συγκεκριμένο σημείο και ύψος στην περιοχή.

Η δημιουργία αιολικού ατλάντα με το WAsP ακολουθεί τα παρακάτω βήματα:

1. Τα υπάρχοντα μετεωρολογικά δεδομένα, είτε σε μορφή χρονοσειρών είτε σε κλιματολογικό πίνακα μεταφέρονται σ' ένα φάκελο του δίσκου.
2. Η περιγραφή του μετεωρολογικού σταθμού μπορεί να εισαχθεί απ' ευθείας από το πληκτρολόγιο ή με ψηφιοποίηση που μπορεί μετά να αποθηκευτεί για αναφορά αργότερα, το ύψος του ανεμομέτρου, την τραχύτητα του εδάφους γύρω από τον σταθμό και πιθανόν την παρουσία εμποδίων κοντά στο σταθμό. Σε περίπτωση

- που οι μετρήσεις να επηρεάζονται και από την ορογραφία, οι πληροφορίες που απαιτούνται από το μοντέλο του πολύπλοκου εδάφους πρέπει επίσης να εισαχθούν.
3. Οι πληροφορίες που δίνονται στα παραπάνω δυο σημεία χρησιμοποιούνται σαν βάση για να υπολογίσει το WAsP την τάξη ταχύτητας του ανέμου σε ιστόγραμμα, την αντίστοιχη διεύθυνση και την ταχύτητα του ανέμου πιο ψηλά από το ανεμόμετρο και όλα αυτά για κάθε περιοχή. Σ' αυτή την διαδικασία οι πληροφορίες «φιλτράρονται» από τα αποτελέσματα των εμποδίων, της ανομοιογένειας της τραχύτητας και τις διαταράξεις λόγω της γεωμετρίας του εδάφους.
 4. Χρησιμοποιώντας τις εμπειρικές σχέσεις μεταξύ του ανέμου πάνω από ομοιογενές έδαφος και την υποτιθέμενη μεγάλη ή συνοπτική διαβάθμιση του ανέμου, τα δεδομένα προσεγγίζονται για να αναλογούν στο γεωστροφικό κλίμα της περιοχής. Αυτό θεωρείται ανεξάρτητο από τις ειδικές συνθήκες στην επιφάνεια. Οι αντίστροφοι υπολογισμοί πραγματοποιούνται για να δώσουν το αιολικό δυναμικό σε μερικά, ορισμένα, ύψη και σε διάφορες τραχύτητες του εδάφους.
 5. Τελικά, αυτά τα δεδομένα αναλύονται σε όρους της κατανομής Weibull. Οι παράμετροι της Weibull αποτελούν τον αιολικό άτλαντα της περιοχής και είναι η αρχή των υπολογισμών για την τοποθέτηση συστημάτων αιολικής ενέργειας.

Κεφάλαιο 4^ο

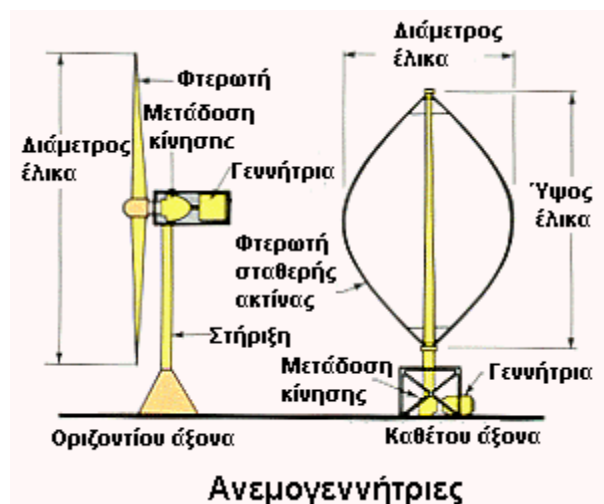
4.1 Οι ανεμογεννήτριες

Σήμερα η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας γίνεται σχεδόν αποκλειστικά με μηχανές που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική και ονομάζονται ανεμογεννήτριες. Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να λειτουργούν αυτόνομα τροφοδοτώντας απ'ευθείας την κατανάλωση, ή να συνδέονται και να διοχετεύουν την ηλεκτρική ενέργεια σε υπάρχον δίκτυο. Στην πρώτη περίπτωση και επειδή ο άνεμος δεν είναι συνεχώς διαθέσιμος, είναι δυνατόν να γίνεται χρήση και μιας ή περισσοτέρων ντιζελογενητριών, οι οποίες λειτουργούν παράλληλα με τις ανεμογεννήτριες. Η δεύτερη περίπτωση αφορά τη μαζική εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, όπου συστοιχία πολλών ανεμογεννητριών (αιολικό πάρκο) εγκαθίσταται και λειτουργεί σε μια συγκεκριμένη θέση, διοχετεύοντας το σύνολο της παραγωγής στο ηλεκτρικό σύστημα.

Οι επικρατέστεροι τύποι ανεμογεννητριών ταξινομούνται κυρίως σύμφωνα με τον προσανατολισμό των αξόνων τους σε σχέση με τη ροή του ανέμου. Ως εκ τούτου οι πλέον διαδεδομένοι τύποι ανεμοκινητήρων είναι οι ανεμογεννήτριες "οριζοντίου" και οι ανεμογεννήτριες "κατακόρυφου" άξονα, σχήμα 4.1.

Οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα έχουν συνήθως τον άξονα τους παράλληλο προς την κατεύθυνση του ανέμου (head on), ενώ σε μερικές περιπτώσεις έχουμε ανεμογεννήτριες των οποίων ο άξονας είναι παράλληλος προς την επιφάνεια της γης και κάθετος προς την κατεύθυνση του ανέμου (cross-wind).

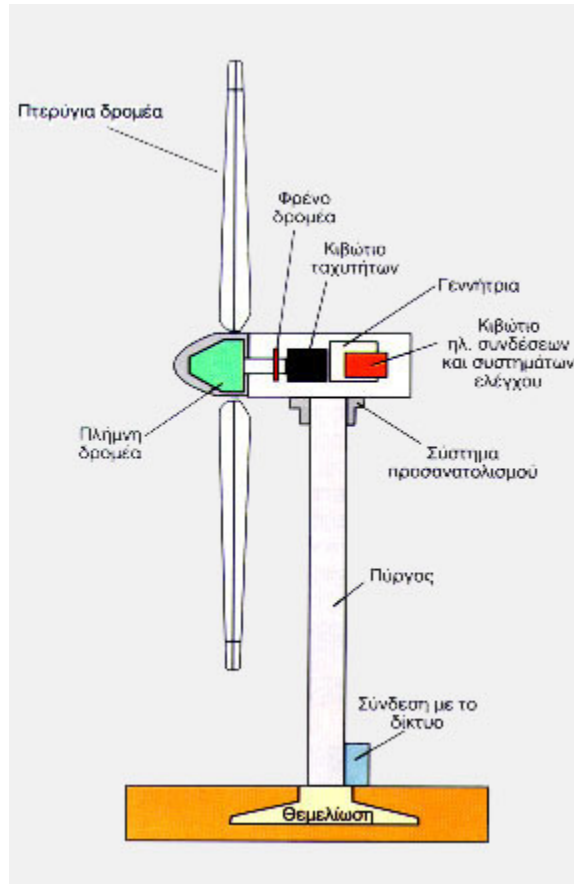
Οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα εμφανίζουν το σημαντικό πλεονέκτημα της αυτόματης προσαρμογής στη διεύθυνση του ανέμου, δεδομένου ότι ο άξονάς των είναι κάθετος σε αυτή καθώς και στην επιφάνεια της γης.



σχήμα 4.1 Α/Γ οριζοντίου και κατακόρυφου άξονα

Μια τυπική ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα αποτελείται από τα εξής μέρη (σχήμα 4.2) :

- Το δρομέα, που αποτελείται από δύο ή τρία πτερύγια από ενισχυμένο πολυεστέρα. Τα πτερύγια προσδένονται πάνω σε μια πλήμνη είτε σταθερά, είτε με τη δυνατότητα να περιστρέφονται γύρω από το διαμήκη άξονα τους μεταβάλλοντας το βήμα
- το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, αποτελούμενο από τον κύριε άξονα, τα έδρανα του και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών , το οποίο προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα της ηλεκτρογεννήτριας. Η ταχύτητα περιστροφής παραμένει σταθερή κατά την κανονική λειτουργία της μηχανής
- την ηλεκτρική γεννήτρια, σύγχρονη ή επαγωγική με 4 ή 6 πόλους η οποία συνδέεται με την έξοδο του πολλαπλασιαστή μέσω ενός ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου και μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και βρίσκεται συνήθως πάνω στον πύργο της ανεμογεννήτριας . Υπάρχει και το σύστημα πέδης το οποίο είναι ένα συνηθισμένο δισκόφρενο που τοποθετείται στον κύριο άξονα ή στον άξονα της γεννήτριας
- το σύστημα προσανατολισμού, αναγκάζει συνεχώς τον άξονα περιστροφής του δρομέα να βρίσκεται παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου
- τον πύργο, ο οποίος στηρίζει όλη την παραπάνω ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση . Ο πύργος είναι συνήθως σωληνωτός ή δικτυωτός και σπανίως από οπλισμένο σκυρόδεμα
- τον ηλεκτρονικό πίνακα και τον πίνακα ελέγχου , οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στη βάση του πύργου . Το σύστημα ελέγχου παρακολουθεί , συντονίζει και ελέγχει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας , φροντίζοντας για την απρόσκοπτη λειτουργία της.



σχήμα 4.2 Ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα

Οι υφιστάμενες αιολικές μηχανές κατατάσσονται επίσης σε ταχύστροφες και σε αργόστροφες, ανάλογα με την ταχύτητα περιστροφής των ή ακριβέστερα ανάλογα με την τιμή της παραμέτρου περιστροφής « λ ». Η ταχύτητα περιστροφής μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται εκτός από τις αεροδυναμικές παραμέτρους και από το μέγεθος των πτερυγίων της μηχανής, δεδομένου ότι πρέπει να ληφθούν υπόψη λόγοι στατικής αντοχής, φαινόμενα δυναμικών καταπονήσεων και ταλαντώσεων, φυγόκεντρες δυνάμεις κ.λ.π. Επιπλέον, καθοριστικό ρόλο παίζει και η διασύνδεση ή μη της εγκατάστασης με το ηλεκτρικό δίκτυο, δεδομένου ότι σε περιπτώσεις σύγχρονων ηλεκτρογεννητριών διασυνδεδεμένων με το δίκτυο, το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα πρέπει να έχει τη συχνότητα του κεντρικού δικτύου, δηλαδή 50Hz για τη χώρα μας και τις χώρες της Ε.Ε., και 60Hz για τις Η.Π.Α

Ένα μέγεθος που συνδέεται άμεσα με τη γωνιακή ταχύτητα μιας περωτής είναι η παράμετρος περιστροφής (tip-speed ratio) της μηχανής « λ », η οποία ορίζεται σαν:

$$\lambda = \frac{\omega_0 * R}{V_w}$$

- όπου « R » είναι η ακτίνα της περωτής
- « ω_0 » η γωνιακή ταχύτητα του δρομέα και

- « V_w » η ταχύτητα του ανέμου

Ακόμα, ανάλογα με τη μηχανική ισχύ « N_o » που παρέχουν οι ανεμοκινητήρες στην έξοδό τους κατατάσσονται από πλευράς μεγέθους σαν:

α) «Μικροί», όταν για την ονομαστική ισχύ τους ισχύει ότι:

$$50W \leq N_o \leq 30kW \quad (1)$$

β) «Μεσαίοι», όταν για την ονομαστική ισχύ τους έχουμε ότι:

$$30kW \leq N_o \leq 200kW \quad (2)$$

γ) «Μεγάλοι», όταν για την ονομαστική ισχύ τους έχουμε ότι:

$$200kW \leq N_o \quad (3)$$

Ο χαρακτηρισμός μιας ανεμογεννήτριας σε μικρή ή μεγάλη δεν ακολουθεί αυστηρά τις τιμές των εξισώσεων (1) έως (3), δεδομένου ότι οι εν λόγω τιμές είναι ενδεικτικές, οι οποίες αλλάζουν σε κάθε χρονική περίοδο.

Τέλος, οι υφιστάμενες μηχανές κατατάσσονται και βάσει του αριθμού των πτερυγίων που διαθέτει η πτερωτή τους. Ως εκ τούτου οι ανεμογεννήτριες διαχωρίζονται σε πολυπτερυγες, όπως οι παραδοσιακοί ανεμόμυλοι χαμηλών ταχυτήτων περιστροφής, και οι ολιγοπτερυγες που αποτελούν την πλειοψηφία των σύγχρονων ανεμογεννητριών οριζοντίου και καθέτου άξονα, με αριθμό πτερυγίων που κυμαίνεται από ένα έως τρία πτερύγια σε κάθε πτερωτή.

Τέλος μια παράμετρος που χρησιμοποιείται για το χαρακτηρισμό και την ταξινόμηση των ανεμοκινητήρων είναι η παράμετρος στιβαρότητας « σ » (solidity) της κατασκευής, η οποία για μηχανές «οριζοντίου» άξονα ορίζεται σαν:

$$\sigma = \frac{z * c * R}{\pi * R^2}$$

ενώ για μηχανές «κατακόρυφου» άξονα ορίζεται σαν:

$$\sigma = \frac{z * c *}{R}$$

όπου

- « z » Ο αριθμός των πτερυγίων της πτερωτής,
- « R » η ακτίνα της πτερωτής και
- « c » η χορδή (πλάτος) των πτερυγίων της πτερωτής.

Η παράμετρος στιβαρότητας δίνει το λόγο του εμβαδού όλων των πτερυγίων, προς το εμβαδόν της επιφάνειας που διαγράφουν τα πτερύγια κατά την περιστροφή τους.

Κατά κανόνα οι ανεμογεννήτριες μεγάλης στιβαρότητας είναι μηχανές «αργόστροφες», αποδίδοντας τη μέγιστη ισχύ τους σε χαμηλές τιμές της παραμέτρου περιστροφής « λ », έχουν σχετικά μικρό βαθμό απόδοσης, ενώ είναι ανθεκτικές με ελάχιστες ανάγκες συντήρησης. Επιπλέον χαρακτηρίζονται από σχετικά μεγάλες δυνάμεις στα πτερύγια και συνεπώς μεγάλη ροπή στον άξονα περιστροφής, ξεκινούν μόνες τους όταν αρχίζει να φυσάει ο άνεμος, είναι κατάλληλες για αγροτικές χρήσεις

(π.χ. άντληση νερού) και στηρίζονται σε σχετικά απλή τεχνολογία.

Αντίθετα, οι ανεμογεννήτριες μικρής στιβαρότητας είναι μηχανές «πολύστροφες», αποδίδοντας τη μέγιστη ισχύ τους σε μεγάλες τιμές της παραμέτρου «λ», διαθέτουν σχετικά μεγάλο βαθμό απόδοσης, είναι πλέον ευπαθείς από τις μηχανές μεγάλης στιβαρότητας και χαρακτηρίζονται από σχετικά μικρές δυνάμεις στα πτερύγια και περιορισμένη ροπή στον άξονά τους. Επίσης, οι μηχανές αυτές απαιτούν κάποτε εξωτερική βοήθεια για να ξεκινήσουν, είναι κατάλληλες για ηλεκτροπαραγωγή και θεωρούνται προϊόντα αρκετά υψηλής τεχνολογίας, ιδιαίτερα οι μεγαλύτερες από αυτές.

4.2 Επιλογή θέσης εγκατάστασης ανεμογεννητριών

Σε γενικές γραμμές η επιλογή θέσης εγκατάστασης ανεμογεννήτριας παρουσιάζει τα ίδια προβλήματα με την επιλογή θέσης εγκατάστασης οποιουδήποτε συστήματος παραγωγής ενέργειας. Διαφέρει όμως σ' ένα βασικό σημείο: είναι αδύνατο να προσδιορισθεί η καθαρή παραγωγή ενέργειας ή το κατά προσέγγιση κόστος αυτής, αν δεν είναι γνωστή η ακριβής θέση εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας. Η συμπεριφορά του ανέμου σε μία θέση, είναι αυτή που καθορίζει και τη λειτουργική συμπεριφορά της ανεμογεννήτριας. Έτσι, η οικονομική βιωσιμότητα μιας συγκεκριμένης ανεμογεννήτριας, σ' ένα συγκεκριμένο τόπο δεν μπορεί να προβλεφθεί χωρίς την ακριβή γνώση της συμπεριφοράς του ανέμου στη θέση αυτή. Επομένως, η ένταση του ανέμου και οι διακυμάνσεις στο μέτρο και τη διεύθυνση είναι οι βασικές παράμετροι για την επιλογή της θέσης της ανεμογεννήτριας όχι όμως και οι μοναδικές. Ανεμογεννήτριες τοποθετημένες σε βιώσιμες θέσεις πρέπει να πληρούν τις ακόλουθες ιδιότητες:

- Η παραγωγή ενέργειας να είναι συμφέρουσα οικονομικά (το κόστος της παραγόμενης KWh να είναι μικρό).
- Η εγκατάσταση να μην έχει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.
- Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας να είναι συμβατή με τη λειτουργία του ηλεκτρικού δικτύου.
- Να έχουν ληφθεί υπόψη κατά το σχεδιασμό της ανεμογεννήτριας οι πιθανές ακραίες μετεωρολογικές συνθήκες της συγκεκριμένης θέσης (παγετοί, εξαιρετικά ισχυροί άνεμοι κλπ.).
- Η επιλεγμένη θέση να είναι αποδεκτή από το κοινό.

Η διαδικασία επιλογής θέσης εγκατάστασης ανεμογεννήτριας μπορεί να χαρακτηριστεί επιτυχής, όταν είναι δυνατός, μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα, ο προσδιορισμός περιοχής με υψηλό αιολικό δυναμικό. Έπειτα, αφού γίνει προσεκτικός έλεγχος της περιοχής αυτής, επιλέγονται οι θέσεις που ικανοποιούν τις υπόλοιπες παραμέτρους που απαριθμήθηκαν προηγουμένως.

Ένας πρωταρχικός παράγοντας που σχετίζεται με την οικονομική βιωσιμότητα της εγκατάστασης είναι το μέγεθος και οι περιοδικές διακυμάνσεις της έντασης του ανέμου. Η συμπεριφορά όμως του ανέμου κοντά στην επιφάνεια της γης είναι περίπλοκη και η ταχύτητα του μπορεί να μεταβληθεί απότομα, τόσο στο οριζόντιο όσο και στο κατακόρυφο επίπεδο. Οι τεχνικές που έχουν αναπτυχθεί για να ανάγουμε υπάρχοντα δεδομένα, σε θέσεις που μας ενδιαφέρουν δεν είναι ακριβείς. Έτσι, δεν μπορούμε να σχεδιάσουμε ένα δίκτυο μετρήσεων ταχυτήτων του ανέμου που να μπορεί να μας δώσει

το αιολικό δυναμικό σε κάθε θέση μιας μεγάλης περιοχής. Επίσης οι μετρήσεις χρειάζονται χρόνο και χρήματα να πραγματοποιηθούν.

Η πιο πρακτική λύση στο πρόβλημα επιλογής θέσης ανεμογεννήτριας, είναι να χρησιμοποιήσουμε υπάρχουσες πληροφορίες για τον προσδιορισμό περιοχών με υψηλό αιολικό δυναμικό, τέτοιο που να δικαιολογεί την οικονομική βιωσιμότητα της εγκατάστασης. Έπειτα, μέσα στις περιοχές αυτές, επιλέγονται τοποθεσίες στις οποίες η εγκατάσταση ανεμογεννήτριας είναι πρακτικώς εφικτή. Τέλος εκτελούνται μετρήσεις των ανέμων στις συγκεκριμένες πλέον θέσεις.

Παράμετροι που επηρεάζουν την επιλογή τοποθεσίας εγκατάστασης ανεμοκινητήρα

Το να προσδιορίσουμε μια τοποθεσία στην οποία πνέουν δυνατοί άνεμοι, δεν σημαίνει ότι βρήκαμε και τη βέλτιστη θέση για την εγκατάσταση της ανεμογεννήτριας. Πολλές και σημαντικές είναι οι επιμέρους παράμετροι, που πρέπει να έχει υπόψη του ο μηχανικός, προκειμένου να καταλήξει στην επιλογή της οριστικής θέσης εγκατάστασης. Και η επιλογή αυτή θα είναι η βέλτιστη, μόνον εφόσον γίνει σωστή και λεπτομερής αξιολόγηση των παραμέτρων τούτων.

Οικονομική αξία

Ο σημαντικότερος στόχος μιας ανεμογεννήτριας είναι να μειώσει το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας γι' αυτό η οικονομική βιωσιμότητα είναι η πρωταρχική ιδιότητα για την αποδοχή ή όχι μιας θέσης. Επειδή η ανεμογεννήτρια παράγει ηλεκτρική ενέργεια μόνο όταν φυσάει άνεμος, χρησιμοποιείται συνήθως σαν εξοικονομητής καυσίμου.

Έτσι, το κόστος της παραγόμενης ενέργειας ποικίλει ανάλογα με την ώρα της ημέρας και την εποχή του έτους. Για να κρίνουμε επομένως την οικονομική βιωσιμότητα μιας θέσης ανεμογεννήτριας, χρειαζόμαστε πληροφορίες για το μέγεθος και τις διακυμάνσεις του ανέμου μέσα σ' ένα έτος.

Ένας άλλος οικονομικός παράγοντας πρωταρχικού ενδιαφέροντος είναι το κόστος εγκατάστασης. Τούτο είναι αισθητά μειωμένο αν η εγκατάσταση γίνει κοντά σε υπάρχοντες δρόμους και γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Επιδράσεις στο περιβάλλον

Γενικά, οι επιδράσεις των ανεμογεννητριών στο περιβάλλον είναι πολύ μικρές. Ωστόσο, σε ορισμένες μεμονωμένες περιπτώσεις μπορεί η ανεμογεννήτρια να έχει αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον. Οι επιδράσεις που ενδιαφέρουν περισσότερο είναι:

◆ *Οπτικοαισθητική επίδραση*

Η εγκατάσταση μιας τεράστιας ανεμογεννήτριας σε μία όχι και τόσο ανοιχτή περιοχή δημιουργεί σε ορισμένους μια αρνητική οπτική εντύπωση. Αντίθετα η εγκατάσταση της ίδιας ανεμογεννήτριας σε μία αχανή έκταση περνάει σχεδόν απαρατήρητη.

◆ *Ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση*

Το πρόβλημα της ηλεκτρομαγνητικής αλληλεπίδρασης δημιουργείται από την α-

νάκλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων πάνω στα περιστρεφόμενα πτερύγια της πτερωτής.

◆ *Γενικοί κανονισμοί και περιορισμοί στη χρησιμοποίηση της γης*

Όταν προσπαθούμε να βρούμε κατάλληλες θέσεις για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών, πρέπει να έχουμε υπόψη μας κανονισμούς και νόμους που πιθανόν να εμποδίζουν τη χρησιμοποίηση γης για εγκατάσταση μεγάλων ανεμογεννητριών. Τέτοιοι νόμοι μπορεί να είναι σχετικοί με την προστασία του περιβάλλοντος, με την προστασία ιστορικών μνημείων και άλλων αρχαιολογικών χώρων .

◆ *Μετεωρολογικά προβλήματα*

Κατά την επιλογή θέσεων για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών πρέπει να ληφθούν υπόψη πιθανές ακραίες μετεωρολογικές συνθήκες. Ορισμένες απ' αυτές μπορεί πράγματι να προκαλέσουν σημαντικές ζημιές στην κατασκευή. Άλλες πάλι απλώς επηρεάζουν το κόστος συντήρησης και τη διάρκεια ζωής της μηχανής.

◆ *Παγετός*

Η δημιουργία παγετού μπορεί να επηρεάσει τη λειτουργία ανεμογεννήτριας με διάφορους τρόπους. Πρώτα απ' όλα η επικάλυψη στις κατασκευές αυξάνει τα στατικά και δυναμικά τους φορτία. Ως εκ τούτου, όλα τα συστήματα της ανεμογεννήτριας και οι γραμμές μεταφοράς πρέπει να έχουν υπολογιστεί ώστε να αντέχουν αυτά τα φορτία. Όταν επικάλυπται σημαντικές ποσότητες πάγου στα πτερύγια, εκτός του ότι αυξάνεται το φορτίο τους, υπάρχει και ο κίνδυνος να εκτοξευθεί κάποιο κομμάτι πάγου καθώς τα πτερύγια στρέφονται. Σε περίπτωση λοιπόν παγετού θα πρέπει να σταματάμε τη λειτουργία της ανεμογεννήτριας και να καθαρίζουμε τα πτερύγια. Αυτό έχει σημαντικές επιπτώσεις στην παραγωγή ενέργειας, ιδιαίτερα όταν η περιοχή που έχουμε επιλέξει εμφανίζει συχνά φαινόμενα παγετού. Ακόμα υπάρχει ο κίνδυνος, με το πάγωμα των ανεμόμετρων, να χαλάσουν τα συστήματα ελέγχου της ανεμογεννήτριας. Καλό είναι λοιπόν κατά την εκλογή θέσης ανεμογεννήτριας να εκτιμάται από μετεωρολόγο η πιθανότητα και η συχνότητα εμφάνισης παγετών. Πρέπει να αποφεύγεται επίσης η επιλογή περιοχών που παρουσιάζουν υπερβολικές χιονοπτώσεις, γιατί αυξάνεται σημαντικά το κόστος λειτουργίας και συντήρησης της ανεμογεννήτριας, ιδιαίτερα όταν η περιοχή αποκλείεται συχνά από τα χιόνια.

◆ *Υπερβολικά ισχυροί άνεμοι*

Η συχνότητα με την οποία παρουσιάζονται θυελλώδεις άνεμοι σε μία περιοχή, καθώς και η έντασή τους, μπορεί να υπολογιστεί από υπάρχοντα κλιματολογικά δεδομένα. Αυτή η πληροφορία είναι χρήσιμη για το σχεδιασμό κατάλληλης ανεμογεννήτριας που να λειτουργεί όταν επικρατούν τέτοιοι θυελλώδεις άνεμοι. Βλέπουμε λοιπόν ότι ανάλογα με τη θέση που επιλέγουμε μεταβάλλεται και ο τύπος της ανεμογεννήτριας που θα εγκαταστήσουμε. Επομένως μεταβάλλεται το κόστος κατασκευής αλλά και το κόστος της παραγόμενης ενέργειας.

◆ *Τύρβη*

Σε μία τυρβώδη ροή, το άνυσμα της ταχύτητας σε κάθε σημείο του ρευστού, υφίσταται διακυμάνσεις στο μέτρο και τη διεύθυνση. Αυτές οι διακυμάνσεις εκτείνονται σε μέγεθος και διάρκεια και μπορεί να προκαλέσουν κόπωση της κατασκευής.

Η τύρβη μπορεί να επηρεάσει τη διάρκεια ζωής ή το κόστος συντήρησης της μηχανής. Οι επιστήμονες γνωρίζουν ότι η τύρβη σε ροή πάνω από τραχύ, ανώμαλο έδαφος (βουνά, κοιλάδες, λόφοι κλπ.) είναι διαφορετική από αυτήν που παρατηρείται

στη ροή πάνω από επίπεδο, ομαλό έδαφος. Ωστόσο υπάρχουν ελάχιστα δεδομένα που να αποσαφηνίζουν αυτές τις διαφορές.

Η μεγάλη πλειοψηφία των μετρήσεων έχει γίνει πάνω από επίπεδο έδαφος, όπου μπορούν να αναπτυχθούν απλές θεωρίες για να περιγράψουν τη συμπεριφορά της ροής. Αλλά και αν είχαμε μετρήσεις της τύρβης πάνω από ανώμαλο έδαφος, θα ήταν δύσκολο να εκτιμήσουμε την επίδρασή της στη διάρκεια ζωής και το κόστος συντήρησης της μηχανής. Κάτι τέτοιο απαιτεί περισσότερη εμπειρία, από τη λειτουργία μεγάλης ποικιλίας ανεμογεννητριών κάτω από ένα ευρύ φάσμα κλιματολογικών και τοπογραφικών συνθηκών. Προς το παρόν, θα ήταν επιθυμητό, να διαλέγουμε θέσεις με όσο το δυνατό χαμηλότερο επίπεδο τύρβης.

◆ *Υλικά μεταφερόμενα από τον αέρα*

Ανεμογεννήτριες που πρόκειται να εγκατασταθούν σε παραθαλάσσιες περιοχές υπόκεινται σε διάβρωση επειδή ο αέρας σ' αυτές τις περιοχές περιέχει σημαντικές ποσότητες αλάτων. Πρέπει λοιπόν ορισμένα τμήματα της κατασκευής να προστατευθούν ώστε να διαθέτουν αντισκωρική προστασία.

Αν μια ανεμογεννήτρια είναι τοποθετημένη σε άγονη περιοχή, είναι πιθανό ο αέρας να μεταφέρει επάνω της σκόνη, άμμο, ψιλό χαλίκι κλπ. Τέτοια τραχιά υλικά μπορούν να προξενήσουν ζημιές στα πτερύγια, τα προστατευτικά καλύμματα, τα λιπαντικά και αλλού. Προκειμένου να επιτύχουμε ικανοποιητική συντήρηση της μηχανής κάτω από τέτοιες συνθήκες, απαιτούνται σχεδιαστικές τροποποιήσεις και ειδικές διαδικασίες συντήρησης. Τέτοιες διαδικασίες και τροποποιήσεις αυξάνουν το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

◆ *Η σταθερότητα των ανέμων*

Οι διακυμάνσεις της ταχύτητας του ανέμου κατά το χρονικό διάστημα μιας ώρας, σαφώς επηρεάζουν τη λειτουργία της μηχανής, ενώ μπορούν να επιδράσουν και στη διάρκεια ζωής της. Αλλά και οι αλλαγές στην κατεύθυνση του ανέμου, στη διάρκεια μιας ώρας, επηρεάζουν τη λειτουργία και τη συμπεριφορά της μηχανής. Μια μελέτη της NASA πάνω στο μοντέλο ανεμογεννήτριας Clayton MOD-OA έδειξε ότι με την περιστροφή της μηχανής γύρω από τον κατακόρυφο άξονά της (yawing), προκειμένου αυτή να παρακολουθεί τις αλλαγές της κατεύθυνσης του ανέμου, αναπτύσσονται σημαντικά καμπτικά φορτία στα πτερύγια της μηχανής.

Είναι πολύ νωρίς να πούμε τι επίδραση έχει στη διάρκεια ζωής της μηχανής η συχνή περιστροφή της γύρω από τον κατακόρυφο άξονά της. Είναι όμως φανερό ότι η λειτουργία μιας μηχανής σε μια θέση που παρουσιάζει συχνές αλλαγές στη διεύθυνση του ανέμου θα είναι μειονεκτικότερη μιας άλλης που είναι τοποθετημένη σε περιοχή με σταθερότερους ανέμους.

Ένα άλλο ενδιαφέρον αιολικό χαρακτηριστικό είναι η διαχρονική μεταβλητότητα δηλαδή η μεταβολή των αιολικών χαρακτηριστικών μιας περιοχής από χρόνο σε χρόνο. Βέβαια οι από χρόνο σε χρόνο μεταβολές της ταχύτητας του ανέμου είναι συνήθως πολύ μικρότερες από τις εποχιακές ή ημερήσιες διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια ενός δεδομένου έτους. Όμως η διαχρονική μεταβλητότητα επηρεάζει οπωσδήποτε το μέσο κόστος της ενέργειας που παράγεται καθόλη τη διάρκεια ζωής της μηχανής. Ας μη ξεχνάμε ότι η μέση διάρκεια ζωής της ανεμογεννήτριας είναι 20 χρόνια, διάστημα μέσα στο οποίο η διαχρονική μεταβλητότητα μπορεί να είναι σημαντική. Έτσι, η διαχρονική μεταβλητότητα μπορεί να αποδειχθεί επικίνδυνη αν οι αποφάσεις για την επιλογή τοποθεσίας στηριχτούν σε δεδομένα ενός «άσχημου ή πολύ καλού αιολικού έτους».

◆ *Αποδοχή από την πλευρά του κοινού*

Σε τελευταία ανάλυση, η επιτυχής επιλογή μιας τοποθεσίας για την εγκατάσταση ανεμογεννήτριας εξαρτάται από την αποδοχή της από την κοινή γνώμη. Το κοινό πρέπει να νιώσει ότι τα έργα υποδομής που θα γίνουν για την εγκατάσταση της ανεμογεννήτριας δεν θα αλλοιώσουν το τοπίο και η ανεμογεννήτρια που θα εγκατασταθεί θα ταιριάζει με το σκηνικό των γύρω περιοχών. Η στάση του κοινού επηρεάζεται τόσο από τις αντιλήψεις του για τις ανεμογεννήτριες γενικά, όσο και από τις αντιλήψεις του για τα οικονομικά οφέλη που θα προκύψουν από την εγκατάσταση ανεμογεννήτριας στην συγκεκριμένη θέση.

Προς το παρόν οι αντιλήψεις της πλειονότητας του κοινού για τις ανεμογεννήτριες είναι θετικές αφού αυτές δεν μολύνουν το περιβάλλον, χρησιμοποιούν σαν πρώτη ύλη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και εξοικονομούν καύσιμα.

Τελειώνοντας να αναφέρουμε ότι όλες σχεδόν οι παράμετροι που αναφέρθηκαν παραπάνω, έχουν επίδραση στην οικονομική βιωσιμότητα της όλης κατασκευής γι' αυτό και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή θέσης εγκατάστασης ανεμογεννητριών. Θα πρέπει όμως να έχουμε υπόψη μας ότι υπάρχει πάντα το στοιχείο του ρίσκου στην εκλογή θέσεων ανεμογεννητριών. Τα μετεωρολογικά φαινόμενα βρίσκονται σε μία κατάσταση διαρκούς μεταβολής. Όσο προσεκτικές μετρήσεις και αν έχουμε πάρει, όσο κι αν έχουν γίνει σοβαρές μελέτες των τοπογραφικών χαρακτηριστικών μιας περιοχής, είναι πιθανό η απόφαση που θα παρθεί για τη θέση της εγκατάστασης να μην είναι η ορθή. Η πιθανότητα όμως αυτή είναι μικρή, σκοπός μας δε είναι να την εξαλείψουμε.

Κεφάλαιο 5^ο

5.1 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τα Αιολικά Πάρκα

Είναι εν γένει γνωστό ότι οι ανεμογεννήτριες προκαλούν αμελητέες επιδράσεις στο περιβάλλον. Αυτό μάλιστα γίνεται σαφέστερο, όταν αναλογισθούμε τις επιδράσεις των αντίστοιχων θερμοηλεκτρικών ή πυρηνικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στα οικοσυστήματα μιας περιοχής.

Μια ολοκληρωμένη και τεκμηριωμένη ανάλυση των περιβαλλοντικών επιρροών σε ένα τόπο που λειτουργεί μονάδα εκμετάλλευσης αιολικής ενέργειας, θα διαφοροποιήσει τις ήδη υπάρχουσες απόψεις των οικολόγων και θα πρέπει να περιλαμβάνει την ανάλυση παραγόντων οι οποίοι επηρεάζουν την ανθρώπινη αντίληψη και συμπεριφορά. Παράγοντες σχετικοί με το τοπίο, την αισθητική, τον ήχο και την επιρροή του παραγόμενου ηλεκτρομαγνητισμού. Αναμφίβολα οι οικολόγοι επηρεάζουν την κοινή γνώμη και καθορίζουν την έγκριση άδειας ή μη, κάθε προτεινόμενου σχεδίου. Η Οικολογία ασχολείται με όλες τις άμεσες ή έμμεσες επιδράσεις στην τοπική χλωρίδα και πανίδα, δηλαδή επιδράσεις που αφορούν πουλιά, σπάνια είδη βλάστησης και γενικά με αλλαγές στην τοπική υδρολογία. Τοπικοί εθνικοί και διεθνείς σχεδιασμοί του εδάφους υποδεικνύουν τις περιπτώσεις που θα πρέπει να ανακαλούνται οι αδειοδοτήσεις αιολικών πάρκων λόγω των μη αποδεκτών αποτελεσμάτων και συχνά αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του σχεδιασμού ενός Α/Π.

Παρόλα αυτά σε μεμονωμένες περιπτώσεις αναφέρονται ορισμένες αρνητικές επιπτώσεις των Α/Π στο περιβάλλον όπως η οπτική αισθητική επίδραση, η οποία είναι κάπως έντονη σε περιπτώσεις εγκαταστάσεων ανεμοκινητήρων μεγάλων διαστάσεων (άνω των 500 kW, ύψος 50m, διάμετρος πτερωτής 35m) σε σχετικά κλειστές περιοχές. Αντίθετα η εγκατάσταση μηχανών ή και ενός αιολικού πάρκου σε ανοικτές περιοχές δε φαίνεται να επηρεάζει αρνητικά την οπτική αισθητική της περιοχής.

Επειδή στο θέμα αυτό έχει δοθεί υπερβολική δημοσιότητα τα τελευταία χρόνια είναι δυνατό να συνοψίσουμε εν συντομία τα αποτελέσματα πρόσφατων ερευνών. Πράγματι η χρησιμοποίηση απλών σωληνωτών πύργων σε χρωματισμό που συμφωνεί με το περιβάλλον φαίνεται να παρουσιάζει καλύτερη οπτική αποδοχή από τη χρησιμοποίηση δικτυωτού πύργου. Παράλληλα η επίτευξη οπτικής ομοιομορφίας έχει αποδειχθεί ότι δεν διαταράσσει την αρμονία της περιοχής. Η οπτική ομοιομορφία περιλαμβάνει ομοιότητα διαστάσεων δρομέα και υπερκατασκευής (όχι αναγκαστικά ίδιου τύπου μηχανές), καθώς και ύψους πύργου στήριξης.

Τελικά, όταν οι ανεμογεννήτριες περιστρέφονται το ανθρώπινο μάτι τις θεωρεί χρήσιμες με αποτέλεσμα να γίνονται ευκολότερα οπτικά αποδεκτές, καθώς φαίνεται να εξυπηρετούν κάποιο σκοπό. Αντίθετα, όταν σημαντικός αριθμός ανεμογεννητριών δεν δουλεύει ενώ πνέουν άνεμοι, η προσδοκία του παρατηρητή για χρησιμότητα αιολικών μηχανών παραβιάζεται. Για το λόγο αυτό θεωρείται σκόπιμη η διατήρηση περιστροφής των δρομέων για το μεγαλύτερο δυνατό διάστημα, ενώ οι ιδιοκτήτες των Α/Π θα πρέπει να συντηρούν τακτικά τις μηχανές τους και να αντικαθιστούν το γρηγορότερο τυχόν κατεστραμμένα τμήματα, ώστε να αυξηθεί η δημόσια αποδοχή των εγκαταστάσεων τους. Επιπλέον οι ανεμογεννήτριες που διαθέτουν τρία πτερύγια δίνουν ένα αισθητικά αρμονικότερο αποτέλεσμα, ενώ ο χρωματισμός των πύργων στήριξης και των πτερυγίων διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο στην ομαλή ενσωμάτωση των μηχανών στον

περιβάλλοντα χώρο, με επικρατέστερη επιλογή το λευκό χρώμα και σαν εναλλακτική λύση το γκρι.

Οι επιδράσεις κάθε ανθρώπινης κατασκευής στα πουλιά είναι δυνατόν να περιορισθούν, εφόσον αποφεύγονται περιοχές, οι οποίες αποτελούν νυχτερινά περάσματα αποδημητικών πουλιών. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η όποια μείωση του πληθυσμού των πτηνών. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι μόνο πουλιά με προβλήματα στην όραση πέφτουν πάνω στα πτερύγια των ανεμογεννητριών.

Τα πουλιά συχνά συγκρούονται με κατασκευές που δυσκολεύονται να δουν. Ειδικότερα τις γραμμές υψηλής τάσεως, κατάρτια, πυλώνες και διαφανή μέρη σε παράθυρα κτιρίων καθώς και με κινούμενα οχήματα σε δρόμους με αυξημένη κυκλοφορία. Η συμπεριφορά των πουλιών και οι δείκτες της θνησιμότητας τους σχετίζονται με το είδος το πουλιών και την περιοχή. Συμφωνα με έρευνες, τα πουλιά που πεθαίνουν λόγω συγκρούσεως με κινούμενα οχήματα είναι 300 φορές περισσότερα από αυτά που πεθαίνουν από ανεμογεννήτριες και 70 φορές περισσότερα από αυτά που σκοτώνονται από κυνηγούς. Αυτοί οι υπολογισμοί σε συνδυασμό με μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε στη Δανία κατέληξε στο συμπέρασμα ότι τα καλώδια αποτελούν πολύ πιο μεγάλο κίνδυνο για τα πουλιά από ότι οι Ανεμογεννήτριες καθώς επίσης ότι τα πουλιά έχουν την τάση να αλλάζουν την πορεία τους 100 – 200m μακριά από τη πτερωτή πετώντας πάνω ή γύρω από αυτήν σε μια απόσταση ασφαλείας. Αυτή η συμπεριφορά έχει παρατηρηθεί τόσο κατά τη διάρκεια της νύχτας όσο και της ημέρας. Στη Δανία έχουν παρατηρηθεί αρκετά παραδείγματα γερακιών που κάνουν τις φωλιές σε κλουβιά που βρίσκονται στους πυλώνες της Ανεμογεννήτριας. Το φαινόμενο αυτό παρατηρήθηκε και σε Ανεμογεννήτριες του Εργαστηρίου Αιολική Ενέργειας Τ.Ε.Ι. Κρήτης. Το γεγονός αυτό λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψιν από τις βιομηχανίες και τους κατασκευαστές και η εγκατάσταση των Ανεμογεννητριών αποφεύγεται να γίνεται σε περιοχές με ιδιαίτερα τοπογραφικά χαρακτηριστικά τα οποία θα προσέκλυαν τα πουλιά καθώς επίσης και σε περιοχές με μειωμένη ορατότητα και κακές καιρικές συνθήκες.

Μελέτες που έγιναν για το σκοπό αυτό τόσο στις ΗΠΑ όσο και στην Ολλανδία, κατέγραψαν ένα μικρό αριθμό νεκρών πτηνών στην περιοχή των Α/Π (π.χ. περίπου 60 πτηνά σε ένα έτος στην ευρύτερη περιοχή του αιολικού πάρκου (25x300kW). Σημαντικό μάλιστα ποσοστό των πτηνών αυτών βρέθηκε κοντά στο χώρο περιφράξης του οικοπέδου του Α/Π και μικρότερο ποσοστό στο χώρο εγκατάστασης των Α/Γ. Ωστόσο το πρόβλημα δεν θεωρείται σημαντικό δεδομένης και της περιβαλλοντικής καθαρότητας της αιολικής ενέργειας σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ενεργειακές λύσεις.

Η ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση δημιουργείται λόγω της ανάκλασης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων πάνω στα περιστρεφόμενα πτερύγια του δρομέα. Η εμπειρία έχει δείξει ότι ο προσεκτικός σχεδιασμός Α/Π δεν δημιουργεί παρενοχλήσεις στα συστήματα τηλεπικοινωνίας είναι όμως χρήσιμο να υπάρχει μια εκτίμηση των θεμάτων που αφορά (αν υπάρχει ενόχληση). Τα ραδιοκύματα και μικροκύματα χρησιμοποιούνται ευρέως για την επικοινωνία, επομένως κάθε μεγάλη κινούμενη μάζα μπορεί να προκαλέσει ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις (EMI). Οι ανεμογεννήτριες μπορεί να προκαλέσουν EMI με αντανάκλασεις σημάτων από τις πτερωτές. Έτσι ο κοντινός παραλήπτης λαμβάνει και το άμεσο και το ανακλώμενο σήμα. Η παρεμβολή συμβαίνει επειδή το ανακλώμενο σήμα εμποδίζεται και από τη διαφορά της απόστασης (αλλά και επανέρχεται εξαιτίας της κίνησης της πτερωτής). Η EMI είναι πιο έντονη στα μεταλλικά πτερύγια γιατί έχουν μεγαλύτερη αντανάκλαση και μικρότερη στα ξύλινα και γενικότερα

από μη αγώγιμα υλικά φτερά τα οποία είναι ιδιαίτερα απορροφητικά. Το GRP πλαστικό με ίνες γυαλιού χρησιμοποιείται ιδιαίτερα στις σύγχρονες πτερωτές, είναι μερικώς διαπερατό στα ηλεκτρομαγνητικά κύματα και δεν έχει ιδιαίτερα αποτελέσματα στο EMI. Τα είδη των πολιτικών και στρατιωτικών σημάτων επικοινωνίας μπορούν να επηρεαστούν από τη EMI περιλαμβανομένου την εκπομπή της τηλεόρασης και του ραδιοφώνου με μικροκύματα. Οι δημιουργοί των Α/Π συνεργάζονται με τις αρμόδιες πολιτικές και στρατιωτικές αρχές για να προσδιορίσουν αν τα προβλήματα των ηλεκτρομαγνητικών επιδράσεων (EMI) μπορούν να προβλεφθούν. Τα προβλήματα που μπορούν να επηρεάσουν τους συνδέσμους μικροκυμάτων και τα συστήματα επικοινωνίας της αεροπλοΐας πρέπει να αποφευχθούν σε αυτό το στάδιο. Η EMI υπάρχει σε μικρό αριθμό οικιακών τηλεοπτικών δεκτών, αποτελεί ένα σύνηθες πρόβλημα και αντιμετωπίζεται εύκολα με μια σειρά σχετικά φθηνών τεχνικών μέτρων, όπως η χρήση περισσώτερων (μετατροπέων) και δεκτών.

Μάλιστα κάποια στιγμή δόθηκε στις ΗΠΑ υπερβολική δημοσιότητα στο θέμα αυτό, αναφέροντας παρεμβολές των Α/Π στις τηλεοπτικές μεταδόσεις. Όμως η αντικατάσταση των μεταλλικών πτερυγίων από πλαστικά μέρη έχει περιορίσει σημαντικά το πρόβλημα αυτό. Σε κάθε όμως περίπτωση καλό είναι να αποφεύγονται περιοχές με εγκατεστημένες τηλεπικοινωνιακές κεραίες και αναμεταδότες.

Ειδικότερα στη χώρα μας το θέμα έχει αντιμετωπιστεί και νομοθετικά καθώς για την έκδοση άδειας εγκατάστασης από το Υπουργείο Ανάπτυξης απαιτείται είτε βεβαίωση της αρμόδιας Νομαρχίας ότι η αιολική εγκατάσταση απέχει τουλάχιστον 1χλμ. από αναμεταδότες της τηλεόρασης (ΕΡΤ) και πομπούς της τηλεφωνίας (ΟΤΕ) ή έγγραφη συναίνεση των οργανισμών αυτών για μικρότερες αποστάσεις.

Τέλος, το πρόβλημα του θορύβου αποτελεί ίσως τη μόνη πραγματική επιβάρυνση του περιβάλλοντος από την ύπαρξη των Α/Γ , ιδιαίτερα σε περιπτώσεις πολλών μηχανών μεγάλων διαστάσεων. Βέβαια στο σημείο αυτό πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν ότι η εγκατάσταση Α/Π γίνεται κυρίως σε απομονωμένες περιοχές, ενώ ο προσεκτικός σχεδιασμός των σύγχρονων μηχανών έχει περιορίσει στο ελάχιστο τόσο τον αεροδυναμικό όσο και κάθε άλλο ηλεκτρομηχανολογικό θόρυβο.

Εν γένει ο μηχανικός θόρυβος προξενεί τη μεγαλύτερη όχληση σε ανεμογεννήτριες μικρού ή μεσαίου μεγέθους ($\leq 200\text{kW}$), ενώ στις μεγαλύτερες μηχανές ο μηχανικός θόρυβος είναι σημαντικά μικρότερης έντασης από το συνολικά μετρούμενο θόρυβο (έως και 10dB).

Κύριες πηγές μηχανικού θορύβου είναι το κιβώτιο μετάδοσης, η ηλεκτρογεννήτρια και τα έδρανα στήριξης. Η αντιμετώπιση του μηχανικού θορύβου γίνεται είτε στην πηγή είτε στη διαδρομή του. Ο μηχανικός θόρυβος στην πηγή μειώνεται είτε με επέμβαση στα στοιχεία που θορυβούν (π.χ χρησιμοποιώντας οδοντωτούς τροχούς στο κιβώτιο μετάδοσης με πλάγια οδόντωση αντί ευθείας οδόντωσης) είτε με εσωτερική ηχομονωτική επένδυση στο κέλυφος της κατασκευής. Επίσης, ο μηχανικός θόρυβος αντιμετωπίζεται και στη διαδρομή του χρησιμοποιώντας ηχομονωτικά πετάσματα καθώς και αντικραδασμικά πέλαμα στήριξης. Τέλος, σημαντική μείωση του μηχανικού θορύβου επιτυγχάνεται με τη μείωση των εξαρτημάτων που «θορυβούν», π.χ. κατάργηση του κιβωτίου μετάδοσης.

Αντίστοιχα ο αεροδυναμικός θόρυβος πρέπει να αντιμετωπιστεί κατά το στάδιο του σχεδιασμού και κατασκευής της μηχανής, αποτελείται δε από το θόρυβο περιστροφής και το θόρυβο τύρβης. Ο θόρυβος περιστροφής περιλαμβάνει όλους τους θορύβους οι

οποίοι έχουν διακριτές συχνότητες και παράγονται σε πολλαπλάσιες αρμονικές της συχνότητας της διέλευσης των πτερυγίων (δηλαδή το γινόμενο του αριθμού των πτερυγίων επί την τιμή της γωνιακής ταχύτητας). Η στάθμη του θορύβου περιστροφής αυξάνεται με τη διάμετρο, τη μείωση του αριθμού των πτερυγίων, τη μεγαλύτερη ταχύτητα των ακροπτερυγίων και την αεροδυναμική φόρτιση των πτερυγίων (αύξηση απορροφούμενης ισχύος). Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες είναι αθόρυβες και γίνονται ακόμα πιο αθόρυβες και για να το κατανοήσουμε αυτό είναι χρήσιμο να γνωρίσουμε κάποια πράγματα για τη φυσική και τη μεθοδολογία του ήχου.

Ο ήχος μετριέται σε dB σε λογαριθμική κλίμακα. Το dB είναι ένα μέτρο του επιπέδου πίεσης του ήχου. Το μέγεθος της πίεσης που προκαλεί (ποικίλει στον αέρα) μια αύξηση 3 dB είναι ίση με διπλασιασμό της πίεσης του ήχου επομένως υπάρχει μια αισθητή αλλαγή στο επίπεδο του ήχου. Μια αύξηση 10 dB ακούγεται σαν διπλασιασμός της ηχηρότητας. Μετρήσεις περιβαλλοντολογικού ήχου γίνονται σε dB περιλαμβανομένου μιας διόρθωσης και της ευαισθησίας του ανθρώπινου αυτιού. Επίσης, η μέτρηση του ήχου απαιτεί κάποιους επιπρόσθετους παράγοντες όπως είναι ο τύπος της αναπαράστασης και ο χρόνος στον οποίο ο ήχος μετριέται τυπικά (1 λεπτό, 10 λεπτά ή 1 ώρα).

Παράλληλα ο θόρυβος τύρβης συνδέεται με το στροβιλισμό στο χείλος εκφυγής των ακροπτερυγίων αλλά και με το γενικό πεδίο τύρβης πίσω από την πτερωτή. Για να μειωθεί ο θόρυβος τύρβης πρέπει να ελαττωθεί η ταχύτητα των ακροπτερυγίων, περιορίζοντας ταυτόχρονα την αποδιδόμενη αιολική ισχύ.

Κάνοντας το σχέδιο μιας αεροτομής δίνεται προσοχή σε οποιοδήποτε ήχο μπορεί να ακουστεί κοντά σε σπίτια έξω και στο εσωτερικό τους .Είναι πιθανόν το επίπεδο να είναι πολύ χαμηλό ακόμα και με ανοιχτά παράθυρα. Το πιθανό αποτέλεσμα του ήχου υπολογίζεται συνήθως με την πρόβλεψη των ήχων οι οποίοι θα παραχθούν όταν φυσάει αέρας από τις ανεμογεννήτριες προς τα σπίτια (συντηρητική υπόθεση). Ο ήχος του κινητήρα αυξάνεται ελαφρώς με τη ταχύτητα του ήχου, ο ήχος του αέρα στα κοντινά σπίτια, στα γύρω δένδρα και πάνω από τη περιοχή αυξάνεται επίσης με την ταχύτητα του αέρα, αλλά με μια ταχύτερη συχνότητα και έτσι συχνά καλύπτει τον ήχο του κινητήρα .

Πριν 10 χρόνια οι ανεμογεννήτριες ήταν πιο ηχηρές (στον ήχο) από ότι σήμερα. Μεγάλη προσπάθεια έχει γίνει για τη δημιουργία της τωρινής παραγωγής αθόρυβων μηχανών μέσα από λεπτομερή παρατήρηση του σχεδίου των πτερυγίων και το μηχανικών μερών της μηχανής. Σαν αποτέλεσμα, ο ήχος δεν αποτελεί πρόβλημα στις σύγχρονες ανεμογεννήτριες που τοποθετούνται προσεκτικά .

Επίσης όσον αφορά την αντιμετώπιση του θορύβου, ιδιαίτερα τις ώρες κοινής ησυχίας, ορισμένοι κατασκευαστές παρέχουν στο χρήστη του Αιολικού Πάρκου την επιλογή <<νυκτερινής λειτουργίας>> με μείωση των στροφών της πτερωτής αλλά και με παράλληλη μείωση της παραγόμενης ενέργειας

Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες ισχύος 800 - 1500 KW «παράγουν» ήχο έντασης περίπου 40 dB σε απόσταση 800m. Ο ήχος των 34 dB ισοδυναμεί με αυτόν που ακούγεται από ένα σπουργίτι σε απόσταση περίπου 20 μέτρων ή σε ένα ήσυχο σπίτι όπου δεν ακούγονται συνομιλίες ή σε ένα γραφείο που εργάζεται ένας άνθρωπος χωρίς να μιλάει.

5.2 Αισθητική υποβάθμιση

Όταν εγκαθίσταται στο περιβάλλον μια κατασκευή, κτίριο, εργοστάσιο, δεξαμενή, δρόμος κλπ. τότε υπάρχει μια αλλαγή στο τοπίο. Τεχνικοί, αισθητικοί και λειτουργικοί λόγοι επιβάλλουν συνεχώς αλλαγές οι οποίες μεταβάλλουν με ραγδαίους ρυθμούς ένα περιβάλλον που παρέμενε χωρίς μεγάλες αλλαγές για πολλές εκατοντάδες χρόνια. Τα μεγάλα μνημεία, κάστρα, υδραγωγεία ήσαν τα κυριότερα κτίσματα που έχουν προστεθεί σε ένα ελληνικό τοπίο που χαρακτηρίζεται από γενικά ορεινούς όγκους που διακόπτονται από μικρές κοιλάδες, σε γειτνίαση με την θάλασσα.

Οι Α/Γ σχεδιάζονται ώστε να τοποθετούνται σε ανοιχτές περιοχές και να είναι εκτεθειμένες στους ανέμους. Η οπτική εμφάνιση των ανεμογεννητριών μπορεί να αποτελέσει αρνητική επίπτωση δημιουργώντας προβλήματα στην εγκατάστασή τους σε συγκεκριμένες περιοχές. Η ορατότητα των Α/Γ εξαρτάται από πολλούς παράγοντες: το ύψος του πύργου, η αμεσότητά τους από γειτονικούς οικισμούς και αυτοκινητόδρομους, από την τοπική μορφολογία του εδάφους, από την δεντροκάλυψη της περιοχής, από την απόσταση και τον τρόπο τοποθέτησης μεταξύ τους και την ομοιομορφία τους.

Το ύψος μιας Α/Γ μπορεί να φθάσει και τα 100 m και που την κάνει διακριτή από απόσταση αρκετών χιλιομέτρων. Η οπτική αισθητική επίδραση, είναι κάπως έντονη σε περιπτώσεις εγκαταστάσεων Α/Γ άνω των 500 kW, (ύψος 50 m, διάμετρος πτερωτής 35 m) σε σχετικά κλειστές περιοχές, παρόλο που οι μεγάλοι μεγέθους ανεμογεννήτριες αποτελούν πλεονέκτημα για τον περιβάλλοντα χώρο αφού έχουν χαμηλότερη ταχύτητα περιστροφής των πτερυγίων από τις μικρότερες ανεμογεννήτριες.

Η χρησιμοποίηση δικτυωτού πύργου σε χρωματισμό που δε συμφωνεί με τον περιβάλλοντα χώρο παρουσιάζει μικρότερη οπτική αποδοχή από πύργους τύπου απλού σωληνωτού με χρωματισμό που εντάσσεται στον περιβάλλοντα χώρο.

Παράλληλα, απαιτείται να υπάρχει οπτική ομοιομορφία αλλιώς διαταράσσεται η αρμονία της περιοχής. Η οπτική ομοιομορφία περιλαμβάνει ομοιότητα διαστάσεων δρομέα και υπερκατασκευής (όχι αναγκαστικά ίδιου τύπου μηχανές), καθώς και ύψους πύργου στήριξης. Όταν οι ανεμογεννήτριες περιστρέφονται ανθρώπινο μάτι τις θεωρεί χρήσιμες με αποτέλεσμα να γίνονται ευκολότερα οπτικά αποδεκτές, καθώς φαίνεται να εξυπηρετούν κάποιο σκοπό. Αντίθετα, όταν σημαντικός αριθμός ανεμογεννητριών δεν λειτουργεί ενώ πνέουν άνεμοι, η προσδοκία του παρατηρητή για χρησιμότητα αιολικών μηχανών παραβιάζεται. Επιπλέον, οι ανεμογεννήτριες που διαθέτουν τρία πτερύγια δίνουν ένα αισθητικά αρμονικότερο αποτέλεσμα, ενώ ο χρωματισμός των πύργων στήριξης και των πτερυγίων διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο στην ομαλή ενσωμάτωση των μηχανών στον περιβάλλοντα χώρο, με επικρατέστερη επιλογή το λευκό χρώμα και σαν εναλλακτική λύση το γκρι.

Γενικότερα θα μπορούσε να ειπωθεί ότι για την επιλογή μιας θέσης και την αντίστοιχη εγκατάσταση μιας ή περισσότερων Α/Γ θα πρέπει να υπάρξει μία «οικολογική ευαισθησία συνδυασμένη με καλλιτεχνική διαίσθηση» ώστε το αποτέλεσμα να διακρίνεται για την οπτική του ισορροπία σε συνδυασμό με την θάλασσα μάζα ή/και τους ορεινούς όγκους. Μια ισορροπία δηλαδή ανάμεσα στο τοπίο όπως διαμορφώνεται από τον άνθρωπο και την φύση στο σύνολο της. Η προσπάθεια να «κρύψουμε» ένα αιολικό πάρκο ή να το διαχύσουμε μέσα στο τοπίο συνήθως οδηγεί σε αποτυχημένα αποτελέσματα καθώς ο όγκος των ανεμογεννητριών είναι τέτοιος που ξεχωρίζουν από μακριά.

Η τάξη είναι ίσως η πρώτη επιταγή της αισθητικής στον σχεδιασμό ενός αιολικού πάρκου, καθώς θα πρέπει να θεωρείται ως μία γιγαντιαίων διαστάσεων γλυπτική σύνθεση ενταγμένη μέσα στο τοπίο που δημιουργεί ρυθμό τόσο από κοντά όσο και από μακριά. Οι Α/Γ θα πρέπει να μην είναι ατάκτως εριμμένες αλλά σε γεωμετρικά ή γραμμικά σύνολα, όπου έχουν ληφθεί υπόψη η διεύθυνση, το χρώμα, το ύψος, η διάμετρος του ρότορα. Πολλές φορές είναι κατάλληλη η τοποθέτηση των Α/Γ σε υποσύνολα που το καθένα ξεχωρίζει ως μία αυτόνομη σύνθεση.

Δευτερεύουσες κατασκευές όπως είναι οι μετασχηματιστές και τα κτίρια που τους στεγάζουν θα πρέπει επίσης να εντάσσονται στο τοπίο ώστε να μην δημιουργούν παραφωνία με το τοπίο.

Παρά την θετική εικόνα που υπάρχει για την αιολική ενέργεια, αυτή η υποστήριξη φθίνει με την εγγύτητα προς την πλησιέστερη Α/Γ. Οι άνθρωποι που ζούν κοντά σε μία θέση όπου προτείνεται η εγκατάσταση Α/Γ συνήθως αντιδρούν με την επιλογή της θέσης, καθώς το βλέπουν ως μία κατασκευή η οποία θα μείνει στο τοπίο για πάντα αλλάζοντας το προς το χειρότερο.



Για την αποφυγή της διάβρωσης (κλασσικό παράδειγμα αιολικά πάρκα στην Καλιφόρνια) σε μία περίπτωση στην Δανία οι δρόμοι οι οποίοι είχαν ανοιχθεί για την μεταφορά των μηχανημάτων οργώθηκαν και καλλιεργήθηκαν. Οι εταιρείες που αναλαμβάνουν την εγκατάσταση αιολικών πάρκων θα πρέπει να μειώνουν τον κίνδυνο της διάβρωσης του εδάφους. Η μετακίνηση χωμάτων θα πρέπει να γίνεται με προσοχή, η διάνοιξη των δρόμων να κρατάται σε ένα ελάχιστο επίπεδο, να αποφεύγονται κατασκευές σε απότομες κλίσεις εδάφους, να λαμβάνεται πρόνοια για την στράγγιση των νερών της βροχής, και να γίνονται πιθανόν οι αναγκαίες κατασκευές για να συγκρατείται η διάβρωση. Στην Γερμανία, την Δανία και την Αγγλία συνηθίζεται σε αρκετές περιπτώσεις να μην διανοίγονται νέοι δρόμοι για την εξυπηρέτηση των Α/Γ αλλά να χρησιμοποιούνται ειδικά οχήματα για την αναγκαία πρόσβαση.

Κεφάλαιο 6^ο

6.1 Αναστρέψιμα Υδροηλεκτρικά Έργα

Με τον όρο υδροηλεκτρικά έργα ή υδροηλεκτρικά έργα ταμίευσης εννοούμε τα έργα που έχουν τόσο τη δυνατότητα λειτουργίας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (λειτουργία υδροστροβίλου), όσο και τη δυνατότητα άντλησης του νερού, από τον κάτω ταμιευτήρα στον πάνω. Η άντληση του νερού γίνεται κατά τη διάρκεια των ωρών ή ημερών χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από την περίσσεια ενέργεια των μεγάλων θερμικών μονάδων ή των αιολικών. Οι μονάδες βάσεως, δεν έχουν τη δυνατότητα γρήγορης μεταβολής του φορτίου τους ώστε η καμπύλη της παραγωγής ενός μεγάλου δικτύου να παρακολουθεί την καμπύλη ζήτησης η οποία παρουσιάζει έντονες μεταβολές από ώρα σε ώρα και από ημέρα σε ημέρα. Επομένως, κατά τη διάρκεια μιας ημέρας θα υπάρχουν ώρες κατά τις οποίες η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τις μονάδες βάσεως είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση (π.χ κατά τις μεταμεσονύκτιες ώρες ή κατά τις αργίες), οπότε με τη περίσσεια αυτή του δικτύου πραγματοποιείται η άντληση. Επίσης θα υπάρχουν διαστήματα όπου θα συμβαίνει το αντίθετο, η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας είναι μεγαλύτερη από τη παραγωγή των μονάδων βάσεως, ιδιαίτερα τις ώρες αιχμής. Η έλλειψη ενέργειας τις ώρες αιχμής καλύπτεται κατά σειρά ως εξής, με τη λειτουργία των αναστρέψιμων υδροηλεκτρικών, με τη λειτουργία των αεριοστροβίλων και τέλος με την εισαγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ξένες χώρες (όπου αυτό είναι δυνατόν, κυρίως στο ηπειρωτικό δίκτυο).

Η προηγούμενη σειρά προτεραιότητας εκφράζει και το κόστος της μονάδας ενέργειας αιχμής (σημειώνεται ότι ο βαθμός απόδοσης των αεριοστροβίλων είναι πολύ μικρός της τάξης του 30% και για το λόγο αυτό το κόστος της KWh αιχμής, είναι πολύ υψηλό). Τα αναστρέψιμα ΥΗΕ έχουν λοιπόν διπλό όφελος. Απορροφούν την περίσσεια ενέργεια κατά τις ώρες χαμηλής ζήτησης μετατρέποντας την σε υδραυλική ενέργεια (και η οποία αποθηκεύεται στο πάνω ταμιευτήρα) για να την αποδώσουν στο δίκτυο τις ώρες αιχμής. Φυσικά η διαδικασία αυτή μετατροπής της ηλεκτρικής ενέργειας σε υδραυλική (άντληση) και στη συνέχεια η εκ νέου μετατροπή της σε ηλεκτρική (λειτουργία υδροστροβίλων), συνοδεύεται με απώλειες, όμως η επένδυση είναι οικονομικά συμφέρουσα λαμβάνοντας υπόψη τη σημαντική διαφορά κόστους της μονάδας ενέργειας αιχμής και βάσεως (νυχτερινό τιμολόγιο). Οι συνολικές απώλειες ενέργειας σε ένα κύκλο άντλησης – λειτουργία υδροστροβίλων, φτάνει το 25 % (για μεγάλου μεγέθους έργα). Όπως αναμένεται, οι συνολικές απώλειες είναι μεγαλύτερες όσο το μέγεθος των μηχανών γίνεται μικρότερο.

Το αναστρέψιμο ΥΗΕ είναι δυνατόν να κατασκευαστεί μόνο σε περιοχές που το επιτρέπει η φυσική και γεωλογική διαμόρφωση της περιοχής και όχι κοντά στις γραμμές μεταφοράς, οπότε σε αυτή την περίπτωση το κόστος της ενέργειας επιβαρύνεται.

Ένας άλλος σημαντικός ρόλος των αναστρέψιμων ΥΗΕ είναι η εφεδρεία που παρέχουν στο δίκτυο, σε περίπτωση που λόγω βλάβης, τεθεί εκτός λειτουργία μια μεγάλη θερμική μονάδα βάσης.



Εικόνα 6.1 Σύστημα αντλιοσταμείωσης ονομαστικής ισχύος 612 MW στο Salem της Νότιας Καρολίνας, Η.Π.Α.

6.2 Η αντλιοσταμείωση στην Κρήτη

Η ορογραφία της Κρήτης είναι ιδανική για την υλοποίηση χαμηλού κόστους και περιβαλλοντικά φιλικών συστημάτων άντλησης – ταμείωσης.

Οι ορεινές περιοχές με χαμηλή διαπερατότητα σε νερό, στις οποίες προβλέπεται να εγκατασταθούν αυτά τα συστήματα, παρέχουν ζευγάρια τοποθεσιών σχεδόν έτοιμα να συγκεντρώσουν αρκετό νερό τόσο για αποθήκευση ενέργειας, όσο και για αρδευτικούς σκοπούς. Η αναδάσωση των βραχωδών ορέων μπορεί να είναι ένα έμμεσο όφελος της ανάπτυξης συστημάτων αντλιοσταμείωσης, ενώ ταυτόχρονα νέα τεχνητά οικοσυστήματα θα αποτελέσουν σίγουρα το βασικό κέρδος από αυτά τα συστήματα. Πάρα πολύ νερό χάνεται στη θάλασσα ενώ η εγκατάλειψη της υπαίθρου εξελίσσεται με μεγάλους ρυθμούς. Οι βροχοπτώσεις στις ορεινές περιοχές της Κρήτης δίνουν περίπου 1.800 mm στήλης ύδατος ετησίως, ενώ οι φυσικές υδρολεκάνες σχηματίζουν κατάλληλους συλλέκτες νερού. Ο Δρ. Αγγελάκης Ανδρέας, ο πλέον ειδικός μελετητής των υδάτινων πόρων στη Κρήτη, έχει αποδείξει ότι η επάρκεια νερού είναι πολύ περισσότερη από την απαιτούμενη για τους σκοπούς άρδευσης στο νησί. Οι ποσότητες νερού, οι απαιτούμενες για ενεργειακούς σκοπούς είναι ένα μικρό μόνο ποσοστό των συνολικών αναγκών νερού για άρδευση. Δεδομένου ότι το νερό που χρησιμοποιείται για αποθήκευση ενέργειας δεν καταναλώνεται, το μόνο που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη για τη διατήρηση του συστήματος άντλησης – ταμείωσης είναι οι απώλειες λόγω εξάτμισης. Η αναπλήρωση των απαιτούμενων ποσοτήτων νερού στις δεξαμενές, μπορεί να εκτιμηθεί σε ένα ποσοστό μικρότερο του 2% των συνολικά απαιτούμενων ποσοτήτων νερού για άρδευση. Με βάση τα ανωτέρω, οι προδιαγραφές του συστήματος αντλιοσταμείωσης είναι οι εξής:

α) Οι χωρητικότητες των δεξαμενών πρέπει να είναι ικανές για:

α.1 αποθήκευση ενέργειας

α.2 τη διατήρηση του οικοσυστήματος που θα αναπτυχθεί γύρω από και μέσα στις δεξαμενές

- α.3 την άρδευση της περιοχής γύρω από το σύστημα αντλησιοταμίευσης
α.4 την αναδάσωση της περιοχής γύρω από το σύστημα αντλησιοταμίευσης.

β) Η διαχείριση του νερού του συστήματος αντλησιοταμίευσης πρέπει να είναι μέσα στα πλαίσια της συνολικής διαχείρισης υδάτινου δυναμικού της Περιφέρειας Κρήτης.

γ) Η διαχείριση ενέργειας του συστήματος παραγωγής θα πρέπει να βασίζεται σε μία πολιτική που θα ορίζει ελαστικούς και ανελαστικούς τύπους κατανάλωσης.

6.3 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός αναστρέψιμων ΥΗΕ

Όσον αφορά τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό (υδροδυναμικές και ηλεκτρικές μηχανές), τα αναστρέψιμα ΥΗΕ διακρίνονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τη σύνθεση των μονάδων τους:

A) τις σύνθετες, αυτές δηλαδή που είναι εξοπλισμένες με υδροστρόβιλο, φυγόκεντρη αντλία και ηλεκτρική μηχανή που λειτουργεί ως κινητήρας ή ως γεννήτρια. Και οι τρεις μηχανές έχουν κοινή άτρακτο. Ανάλογα με την υδραυλική πτώση ο υδροστρόβιλος είναι δράσεως (pelton) ή αντιδράσεως (francis), ενώ η αντλία είναι πολυβάθμια, μονοβάθμια, μονής ή διπλής αναρρόφησης ανάλογα με την υψομετρική διαφορά και την παροχή. Στις μονάδες αυτού του τύπου η φορά περιστροφής είναι η ίδια και για τις δύο λειτουργίες, ενώ μέσω συμπλέκτη (συνήθως υδραυλικού), όταν λειτουργεί ο υδροστρόβιλος η αντλία δεν περιστρέφεται και αντίστροφα (έτσι ώστε να μειώνονται οι απώλειες και οι φθορές).

B) αυτές που είναι εξοπλισμένες με αναστρέψιμη υδροδυναμική μηχανή (στροβιλοαντλία) και ηλεκτρική μηχανή που, όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, λειτουργεί ως γεννήτρια ή κινητήρας. Η αναστρέψιμη υδροδυναμική μηχανή έχει τη δυνατότητα λειτουργίας ως αντλία και ως υδροστρόβιλος με την αντιστροφή της φοράς περιστροφής της περωτής.

Το βασικό πλεονέκτημα της λύσης (α), είναι ότι κάθε μηχανή (υδρ/λος και αντλία) υπολογίζεται ώστε να λειτουργεί στο αντίστοιχο κανονικό σημείο λειτουργίας της, χωρίς να είναι ανάγκη να γίνεται συμβιβασμός στα λειτουργικά χαρακτηριστικά της. Παρουσιάζει όμως το μειονέκτημα του σημαντικού κόστους του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού (δύο υδροδυναμικές μηχανές συν συμπλέκτη, αντί μιας αναστρέψιμης), ενώ κάθε μονάδα καταλαμβάνει σημαντικά μεγαλύτερο χώρο σε σύγκριση με τη λύση της αναστρέψιμης υδροδυναμικής μηχανής. Στην περίπτωση όπου η προβλεπόμενη συχνότητα εναλλαγής της λειτουργίας είναι μεγάλη, οι σύνθετες μονάδες πλεονεκτούν έναντι των αναστρέψιμων (στις οποίες απαιτείται αντιστροφή της φοράς περιστροφής του στροφείου). Όμως όταν η διαθέσιμη υδραυλική πτώση είναι σημαντική και αντιστοιχεί σε υδρ/λο τύπου pelton, του οποίου η λειτουργία δε μπορεί να αντιστραφεί ώστε να λειτουργεί σαν αντλία, είναι απαραίτητη η εγκατάσταση ανεξάρτητης αντλίας που θα εξασφαλίζει τη λειτουργία της αποταμίευσης.

6.4 Εκκίνηση της αντλίας στα ΥΗΕ

Η εκκίνηση της αντλίας απαιτεί ιδιαίτερη διαδικασία, κύρια λόγω της μεγάλης έντασης ηλεκτρικού ρεύματος που αναπτύσσεται στον ηλ. κινητήρα. Το πρόβλημα της εκκίνησης των μεγάλων αντλιών αποταμίευσης των ανατρέψιμων ΥΗΕ είναι πολύ

σημαντικό και γι' αυτό έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές εκκίνησης. Για να γίνει περισσότερο σαφές το πρόβλημα αναφέρονται στη συνέχεια τα ακόλουθα στοιχεία:

α) η ισχύς που απορροφά η αντλία στην κανονική ταχύτητα περιστροφής και με κλειστά τα ρυθμιστικά πτερύγια είναι της τάξεως του 35% της ονομαστικής της ισχύος

β) η ισχύς που απορροφά η αντλία στην κανονική ταχύτητα περιστροφής της με ανοικτά τα ρυθμιστικά πτερύγια αλλά κλειστή τη βάννα της κατάθλιψης είναι της τάξεως του 65% της ονομαστικής ισχύος.

γ) το ολικό ύψος για μηδενική παροχή είναι μεγαλύτερο από το ολικό ύψος στο κανονικό σημείο λειτουργίας (για την κανονική ταχύτητα περιστροφής) αλλιώς η χαρακτηριστική θα ήταν ασταθής.

δ) η ισχύς που απορροφά η αντλία στην κανονική ταχύτητα περιστροφής όταν είναι κενή από νερό (λειτουργεί σε αέρα) είναι της τάξεως του 1-3% της ονομαστικής ισχύος (πρόκειται για τις μηχανικές απώλειες εδράνων).

Διακρίνονται οι ακόλουθοι μέθοδοι εκκίνησης της αντλίας:

▪ Εκκίνηση με την περωτή γεμάτη (πλημμυρισμένη στο νερό) και τη στεφάνη των ρυθμιστικών πτερυγίων κλειστή. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοσθεί όταν προηγούμενα το στροφέιο της αντλίας φθάσει στη συνθήκη συγχρονισμού, δηλαδή στην ονομαστική ταχύτητα περιστροφής του. Σύμφωνα με την παρατήρηση α) για να γίνει αυτό, θα πρέπει να υπάρχει βοηθητικός υδροστρόβιλος (στο ίδιο ή σε γειτονικό ΥΗΕ) που θα προσδώσει την απαιτούμενη ισχύ, της τάξεως του 35% της ονομαστικής ισχύος της αντλίας. Μετά την επίτευξη της σύγχρονης ταχύτητας περιστροφής ανοίγουν σταδιακά τα πτερύγια μέχρι την επίτευξη του επιθυμητού σημείου λειτουργίας. Η μεταβατική αυτή κατάσταση λειτουργίας της αντλίας είναι θορυβώδης και ασταθής. Όσο διάστημα τα ρυθμιστικά πτερύγια είναι κλειστά, η σημαντική ενέργεια που απορροφάται μετατρέπεται σε θερμότητα στο εσωτερικό της μηχανής και γι' αυτό μέσω ανεξάρτητου κυκλώματος διατηρείται μια μικρή παροχή νερού στο εσωτερικό της μηχανής μέσω της οποίας απάγεται η θερμότητα.

▪ Εκκίνηση με την περωτή κενή (στον αέρα), τα ρυθμιστικά πτερύγια κλειστά και ανοικτή τη βάννα της κατάθλιψης. Η περωτή εκκενώνεται από το νερό μέσω πεπιεσμένου αέρα που εκχύεται από ακροφύσιο στο επίπεδο του σπειροειδούς κελύφους. Η πίεση ρυθμίζεται συνεχώς έτσι ώστε η ελεύθερη στάθμη του νερού στον αγωγό αναρρόφησης να είναι χαμηλότερη από το κατώτερο σημείο της περωτής. Στη συνέχεια το στροφέιο τίθεται σε περιστροφή μέχρι την επίτευξη της ονομαστικής ταχύτητας περιστροφής μέσω βοηθητικού υδρ/λου ή με κατευθείαν σύζευξη στο δίκτυο υπό χαμηλή τάση. Ο συγχρονισμός του στροφείου στην περίπτωση αυτή είναι σχετικά πιο εύκολος λαμβάνοντας υπόψη την πολύ μικρή ισχύ που απορροφά το στροφέιο στη συνέχεια όμως η διαδικασία είναι ιδιαίτερα κρίσιμη. Ακολουθώντας την πλέον απλή διαδικασία, δηλαδή μειώνοντας σταδιακά την πίεση του αέρα οπότε η στάθμη του νερού ανεβαίνει, το φαινόμενο εξελίσσεται κρουστικά την χρονική στιγμή κατά την οποία η στάθμη του νερού ξεπεράσει ολόκληρη την ακμή εισόδου των πτερυγίων: λόγω της περιστροφής της

περωτής το νερό φυγοκεντρείται, γεμίζει απότομα η περωτή και αυξάνει απότομα η απορροφούμενη ισχύς (από 1-3% φθάνει το 30-40%) της ονομαστικής ισχύος). Για την αποφυγή αυτών των κρουστικών φαινομένων, έχουν δοκιμαστεί διάφοροι άλλοι τρόποι όπως η πλήρωση της περωτής από τον πάνω ταμιευτήρια μέσω βοηθητικού αγωγού που καταλήγει στο σπειροειδές κέλυφος μεταξύ της περωτής και της στεφάνης των ρυθμιστικών περυγίων ή η τροφοδοσία με δέσμες νερού που προκαλούν περιστροφική κίνηση ενώ σταδιακά ο αέρας αφαιρείται από την κοίλη άτρακτο. Όταν πλέον πληρωθεί η αντλία ανοίγουν σταδιακά τα ρυθμιστικά περύγια, όπως και κατά τη προηγούμενη μέθοδο εκκίνησης.

Κατά την εκκίνηση της αντλία, ιδιαίτερα όταν ο αγωγός αναρρόφησης (αγωγός απαγωγής για την λειτουργία υδρ/λου) έχει μεγάλο μήκος, για την μείωση της έντασης του υδραυλικού πλήγματος που αναπτύσσεται κατασκευάζεται πύργος εκτόνωσης ο οποίος όμως προκαλεί ταλαντώσεις μικρής μεγάλης περιόδου μέχρι την αποκατάσταση της τελικής μόνιμης κατάστασης.

6.5 Η αναγκαιότητα χρησιμοποίησης συστήματος αντλησιοταμίευσης στο ενεργειακό σύστημα της Κρήτης

Η Κρήτη, όπως και πολλά άλλα νησιά της Ελλάδας, αποτελεί ένα απομονωμένο ενεργειακό σύστημα, ένα σύστημα δηλαδή το οποίο είναι αποκομμένο από το κεντρικό ηπειρωτικό δίκτυο της ΔΕΗ.

Το γεγονός αυτό έχει σαν συνέπεια να παρουσιάζονται ορισμένα προβλήματα που αφορούν τόσο την επάρκεια της ενέργειας όσο και την ποιότητά της. Παρατηρούνται έτσι, συχνά προβλήματα στην επάρκεια του ρεύματος, κυρίως την καλοκαιρινή περίοδο, όπου ο τουρισμός αυξάνει κατακόρυφα, με αποτέλεσμα τις συχνές διακοπές του ρεύματος σε πολλές περιοχές του νησιού. Από την άλλη, παρουσιάζονται προβλήματα και στη συχνότητα του ρεύματος, γεγονός που επηρεάζει τη λειτουργία πολλών ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών.

Το αιολικό δυναμικό της Κρήτης μπορεί να δώσει μια συνολική εγκατεστημένη Αιολική Ισχύ περισσότερη από 1,8GW. Το ανάγλυφο της Κρήτης προσφέρει πολλές περιοχές στις οποίες είναι εφικτή η εγκατάσταση συστημάτων άντλησης – ταμίευσης, συνολικής ονομαστικής ισχύος μεγαλύτερης των 700 MW, όπου κατάλληλες δεξαμενές αποθήκευσης μπορούν να λειτουργήσουν ως υποδομές για ανάπτυξη αναστρέψιμων υδροηλεκτρικών έργων. Ο σχεδιασμός των συστημάτων αυτών γίνεται με σκοπό την ολική κάλυψη των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια στο νησί από τον άνεμο και τη μερική κάλυψη σε νερό άρδευσης μέρους των γειτονικών προς τις δεξαμενές περιοχών. Η ανάπτυξη του συστήματος σχεδιάζεται για τα επόμενα 20 χρόνια, δίνοντας σταδιακά ένα ρόλο θερμής εφεδρείας στις πιο σύγχρονες από τις σημερινές θερμικές μηχανές της ΔΕΗ. Το προτεινόμενο σύστημα είναι ανταγωνιστικό σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο σύστημα βασιζόμενο σε εισαγόμενα, ορυκτά καύσιμα. Η σύγκριση ανάμεσα στα δύο συστήματα βασίζεται κυρίως σε οικονομικές παραμέτρους, πέρα από περιβαλλοντικά οφέλη, κοινωνικές αντιδράσεις στις θερμικές μονάδες, κοινή αποδοχή των υδροηλεκτρικών έργων, παράλληλη ανάπτυξη τουριστικών έργων, κλπ που μπορούν να προκύψουν από τα προτεινόμενα έργα.

Είναι προφανές ότι η ενεργειακή κατανάλωση αυξάνει ραγδαία. Όλες οι πληροφορίες και οι μελέτες σχετικά με την οικονομική ανάπτυξη του νησιού οδηγούν στις ίδιες προβλέψεις. Η διείσδυση της Αιολικής Ενέργειας έχει αποδειχτεί ως προοπτική τεχνικά και οικονομικά ελκυστική. Οι επενδυτές τέτοιων συστημάτων είναι σήμερα πολύ καλά ενημερωμένοι και προετοιμασμένοι να προχωρήσουν στην υλοποίηση μεγάλων επενδύσεων εξαιτίας του καλά ορισμένου και κάτω υπό συνεχή βελτίωση νομικού και οικονομικού πλαισίου.

Η τοπική κοινωνία έχει παράδοση στην εκμετάλλευση της Αιολικής Ενέργειας και το τοπικό τεχνικό και κοινωνικό περιβάλλον έχει ήδη αποδεχθεί την ιδέα ευρείας εκμετάλλευσης του Αιολικού Δυναμικού του νησιού. Το διαθέσιμο σήμερα ποσό αιολικής ισχύος προς διείσδυση στο ηλεκτρικό δίκτυο της ΔΕΗ (30% της ετήσιας ισχύος του περασμένου έτους) έχει καλυφθεί μετά από μια εντυπωσιακή ανταπόκριση των επενδυτών σε πρόσκληση υποβολής προτάσεων από την Περιφέρεια Κρήτης. Μετά λοιπόν από όλες αυτές τις προβλέψεις και τις πληροφορίες και τις προφανείς προοπτικές, απορρέει το ερώτημα σχετικά με το ποιο θα είναι το μέλλον της ενεργειακής παραγωγής στην Κρήτη.

Δύο βασικές έννοιες πρέπει να ληφθούν υπόψη. Η κοινώς χρησιμοποιούμενη έννοια των θερμικών μονάδων παραγωγής και η παραδοσιακή έννοια των ανανεώσιμων πηγών. Η πρώτη λύση φαίνεται να είναι η αγαπημένη των διοικήσεων της ΔΕΗ έως σήμερα. Οι λόγοι αυτής της αγάπης μπορεί να αποτελέσει θέμα έρευνας, τα αποτελέσματα της οποίας ίσως αποδειχθούν εξαιρετικά ενδιαφέροντα για την κατανόηση της κοινωνικής μας δομής και συμπεριφοράς.

Η περίπτωση της Κρήτης έχει ήδη μελετηθεί για διάφορους τρόπους υλοποίησης συστημάτων άντλησης – ταμίευσης. Έχει ερευνηθεί επίσης η συνεργασία τέτοιων μονάδων με Αιολικά Πάρκα καθώς και η συμβολή τους στη διαχείριση θερμικών μονάδων.

Τα βασικά αποτελέσματα από τις ανωτέρω μελέτες αποδεικνύουν ότι οι μονάδες άντλησης – ταμίευσης μπορούν να συνδράμουν πολλά προς την ελαχιστοποίηση του κόστους ενεργειακής παραγωγής από τις υπάρχοντες θερμικές μονάδες και τη μεγιστοποίηση της Αιολικής Διείσδυσης.

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ	ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΙΣΧΥΣ ΣΕ ΜW	ΠΑΡΑΓΩΓΗ 2002 ΣΕ ΤWΗ
Ανατολ. Μακεδονία & Θράκη	Θησαυρός*	384.0	0.568
	Πλατανόβρυση	116.0	0.140
Δυτική Ελλάδα	Κρεμαστά	437.0	0.512
	Καστράκι	320.0	0.374
	Στράτος	150.0	0.174
	Στράτος II	6.2	0.008
	Γλαύκος	3.7	0.011
Δυτική Μακεδονία	Πολύφυτο	375.0	0,266
Ήπειρος	Λούρος	10.3	0,032
	Πουρνάρι	300.0	0,223
	Πουρνάρι II	33,6	0,033
	Πηγές Αώου	210,0	0,131
Θεσσαλία	Ταυρωπός	130,0	0,115
Κεντρική Μακεδονία	Άγιος Ιωάννης	0,7	0,001
	Βέρμιο	1,8	0,005
	Άγρας	50,0	0,022
	Εδεσσαίος	19,0	0,018
	Μακροχώρι	10,8	0,018
	Ασώματα	108,0	0,090
	Σφηκιά*	315,0	0,441
Κρήτη	Αγιά	0,3	0,001
	Αλμυρός	0,3	0,001
Πελοπόννησος	Λάδωνας	70,0	0,188
Στερεά Ελλάδα	Γκιώνα	8,5	0,009
Σύνολα		3060,2	3,381

Πίνακας 6.1. Μεγάλα και μικρά υδροηλεκτρικά έργα εκμεταλλεζόμενα από τη ΔΕΗ

6.6 Το πρόβλημα του συστήματος

Η μεταβλητότητα της ζήτησης τόσο από περίοδο σε περίοδο όσο και από μέρα σε νύχτα αναγκάζει τη ΔΕΗ, εκτός από τις μονάδες βάσεως να χρησιμοποιεί και πιο ευέλικτες μονάδες για τη κάλυψη των αιχμών ζήτησης όπως οι αεριοστρόβιλοι. Το γεγονός αυτό εκτός από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που έχει, οδηγεί και σε σημαντική αύξηση του κόστους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας.

Σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν προωτέρω οι ατμοηλεκτρικές μονάδες έχουν μεγαλύτερη προτεραιότητα εκμετάλλευσης συγκρινόμενες με τις ντιζελομηχανές και αυτό γιατί οι μονάδες αυτές δεν μπορούν να ξεκινάνε και να σταματάνε σε καθημερινή βάση, με αποτέλεσμα να λειτουργούν συνεχώς. Παράλληλα οι αεροστροβιλικές μονάδες σαν πιο ευέλικτες παραλαμβάνουν τα φορτία αιχμής, επιβαρύνοντας έτσι σημαντικά το κόστος παραγωγής ενέργειας.

Σημαντική εναλλακτική λύση στο παραπάνω πρόβλημα, αποτελούν οι ΑΠΕ και συγκεκριμένα τα αιολικά συστήματα, η εφαρμογή των οποίων σε ένα περιβάλλον όπως αυτό της Κρήτης μπορεί να ευδοκιμήσει σημαντικά. Τόσο το αιολικό δυναμικό της Κρήτης όσο και το ανάγλυφό της ευνοούν σημαντικά τη χρήση αιολικών συστημάτων γεγονός που συμβάλλει και στην κάλυψη των αναγκών του νησιού αλλά και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Ανασταλτικό παράγοντα ενός τέτοιου εγχειρήματος αποτελεί η στοχαστικότητα της αιολικής ενέργειας, πρόβλημα το οποίο σε απομονωμένα συστήματα όπως αυτό της Κρήτης, γίνεται ακόμα μεγαλύτερο. Ο άνεμος είναι μια μορφή ενέργειας μη ελέγξιμη και στοχαστική με αποτέλεσμα να μη μπορεί να γίνει ένας έγκυρος προγραμματισμός για την αναμενόμενη παραγωγή ενέργειας σε μια δεδομένη χρονική περίοδο. Η ΔΕΗ για να προστατεύσει το δίκτυο από τυχόν προβλήματα που απορρέουν από αυτό το γεγονός, περιορίζει την εκμετάλλευση των Α/Π απορρίπτοντας μέρος της παραγόμενης ενέργειας, κάνοντας χρήση του συντελεστή διεύθυνσης (ΣΔ) και άλλων μέτρων που θέτει σε εφαρμογή.

Λύση στο μεγάλο αυτό πρόβλημα δίνουν τα συστήματα αντλησιοταμίευσης, τα οποία πλέον πρέπει να αποτελούν αλληλένδετο κρίκο με τα αιολικά συστήματα για ένα ολοκληρωμένο υβριδικό σύστημα ενέργειας.

	Εγκατεστη- μένη ισχύς, Απρίλιος 2003 σε MW	Εγκατεστ ημένη ισχύς το 2010 σε MW	Παραγωγ ή ενέργειας το 2010 σε TWh	Ποσοστιαία συμμετοχή ανά τύπο ΑΠΕ το 2010
Αιολικά	420	2.170	6,08	8,45
Μικρά υδροηλεκτρικά	66	475	1,66	2,31
Μεγάλα υδροηλεκτρικά	3.060	3.680	5,47	7,59
Βιομάζα	8	125	0,99	1,37
Γεωθερμία	0	8	0,06	0,09
Φωτοβολταϊκά	0	5	0,01	0,01
Σύνολα	3461	6463	14,27	19,82

Πίνακας 6.2 Αισιόδοξη εκτίμηση δυνατής παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ κατά το έτος 2010

6.7 Υβριδικό Σύστημα αποτελούμενο από ΑΠΕ και συμβατικές μονάδες παραγωγής

Υβριδικά συστήματα θεωρούνται τα αυτόνομα ενεργειακά συστήματα βέλτιστης συνεργασίας περισσότερων πηγών ενέργειας με στόχο τη μέγιστη οικονομική διείσδυση των ΑΠΕ στα δίκτυα που συνδέονται.

Στο πάνελ του ενεργειακού συστήματος της Κρήτης που αποτελείται από τις συμβατικές μονάδες και τα αιολικά συστήματα, έρχεται τώρα να προστεθεί και ένα σύστημα αντλησιοταμίευσης που όπως ειπώθηκε στη προηγούμενη παράγραφο, θα δώσει λύση σε πάρα πολλά προβλήματα.

Υβριδικά συστήματα θεωρούνται τα αυτόνομα ενεργειακά συστήματα βέλτιστης συνεργασίας περισσότερων πηγών ενέργειας με στόχο τη μέγιστη οικονομική διείσδυση των ΑΠΕ στα δίκτυα που συνδέονται.

Στο πάνελ του ενεργειακού συστήματος της Κρήτης που αποτελείται από τις συμβατικές μονάδες και τα αιολικά συστήματα, έρχεται τώρα να προστεθεί και ένα σύστημα αντλησιοταμίευσης όπου θα δώσει λύση σε πάρα πολλά προβλήματα.

Με τον όρο αντλησιοταμίευση εννοούμε την αποθήκευση ενέργειας με άντληση νερού σε δεξαμενές που βρίσκονται σε ικανοποιητική υψομετρική διαφορά από το σημείο άντλησης. Η αποθηκευμένη με τον τρόπο αυτό ενέργεια αποδίδεται με την αντίστροφη λειτουργία του αντλητικού συγκροτήματος ή με την εισαγωγή παράλληλα με το αντλητικό συγκρότημα, μιας ανεξάρτητης υδροστροβλικής μονάδας. Με τον τρόπο αυτό η στοχαστική αιολική ενέργεια μετατρέπεται υπό τη μορφή της δυναμικής ενέργειας του νερού σε ενέργεια «εγγυημένης ισχύος». Επιτυγχάνεται έτσι σημαντική εξοικονόμηση καυσίμων, βελτίωση του βαθμού απόδοσης των μονάδων παραγωγής καθώς και βελτίωση της ποιότητας ισχύος με την άρση των επιπτώσεων στη διακύμανση της τάσης και της συχνότητας σε απότομες μεταβολές του φορτίου.

6.8 Βελτίωση της ποιότητας ενέργειας με τη χρήση A/T

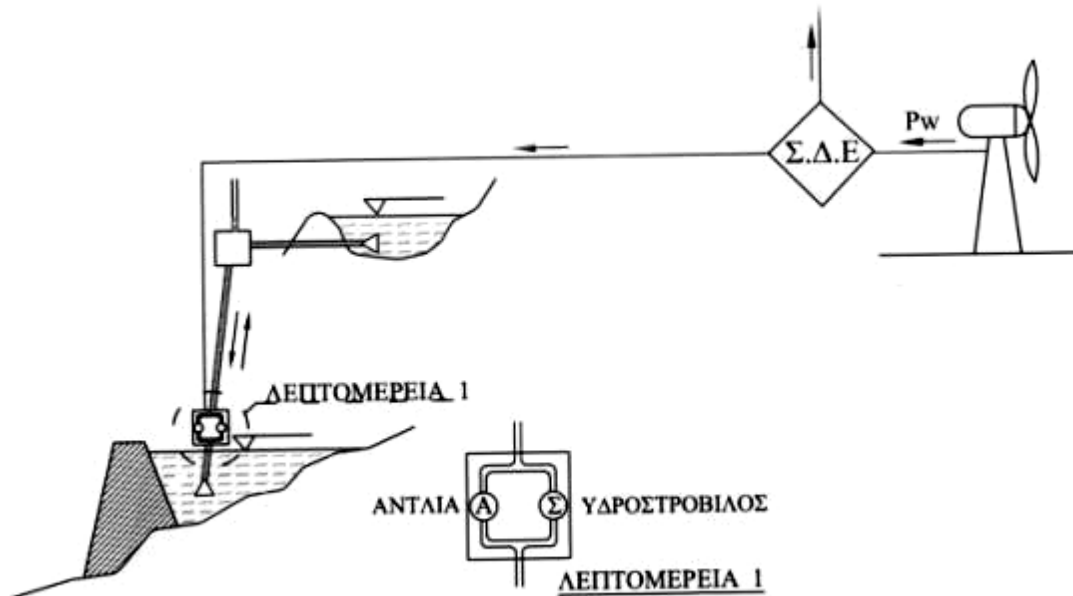
Δύο είναι τα σημαντικά σημεία στα οποία αποσκοπεί η χρήση συστήματος αντλησιοταμίευσης. Το πρώτο σημείο είναι η αποκοπή των ακροτάτων ισχύος. Τα συνήθη τεχνικά ελάχιστα ισχύος αυξάνουν με την άντληση και τη ταμίευση ενέργειας ενώ τα ημερήσια μέγιστα παραλαμβάνονται από τις υδροστροβλικές μονάδες. Έτσι οι μονάδες παραγωγής μπορούν να ρυθμιστούν να λειτουργούν στο μέγιστο δυνατό βαθμό απόδοσής τους με προφανή αποτελέσματα στην εξοικονόμηση καυσίμου για την ίδια αποδιδόμενη ισχύ.

Το δεύτερο σημαντικό σημείο είναι η δυνατότητα διείσδυσης μονάδων μη εγγυημένης ισχύος όπως τα αιολικά πάρκα σήμερα. Η δυνατότητα αυτή συμβάλει τα μέγιστα στην απρόσκοπτη διείσδυση των αιολικών συστημάτων με προφανή, σημαντική, μείωση των απαιτούμενων καυσίμων ή άλλων μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Η ταμίευση ανανεώσιμης ενέργειας δεν έχει εφαρμοστεί πλατιά αν και η χρηματοοικονομική διαχείριση τέτοιων έργων έχει παρουσιάσει ελκυστικά αποτελέσματα για επενδύσεις. Οι λόγοι είναι πολλοί, ο βασικότερος από αυτούς είναι η συγκέντρωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλους σταθμούς, πολλές τάξεις μεγέθους μεγαλύτερους αυτών των σταθμών μη εγγυημένης ισχύος (συνήθως αιολικών). Η ραγδαία ανάπτυξη αιολικών σταθμών σε περιοχές όπου το δίκτυο είναι ασθενές και σε απομονωμένα συστήματα, οδηγεί στη διαχείριση της ισχύος σε τοπικό και όχι μόνο επίπεδο για την άρση των προβλημάτων που θεραπεύονται μέσω της γρήγορης αποθήκευσης και, κυρίως απολαβής ενέργειας, κύριο χαρακτηριστικό των αντλησιοταμιευτήρων.

Τα απομονωμένα ασθενή δίκτυα, σε απομακρυσμένες περιοχές, παρουσιάζουν προβλήματα ποιότητας ισχύος, προβλήματα που μεγαλώνουν με τη διείσδυση αιολικών πάρκων μεγάλης ισχύος σε σχέση με τις τοπικές καταναλώσεις. Στις περιπτώσεις αυτές, η αποθήκευση αμβλύνει τα προβλήματα αυτά, μεγαλώνοντας τη δυνατότητα διείσδυσης στο δίκτυο αιολικών σταθμών. Οι αντλησιοταμιευτήρες που εξυπηρετούν τέτοιες περιπτώσεις, μπορούν να έχουν ισχύ της τάξης μεγέθους των τοπικών φορτίων ή και μεγαλύτερη και επιτρέπουν τη βέλτιστη διαχείριση τόσο του αιολικού δυναμικού όσο και του ευρύτερου δικτύου μεταφοράς και διανομής.

Σχηματικά, ένα σύστημα αντλησιοταμίευσης συνδυαζόμενο με αιολικά πάρκα φαίνεται παρακάτω:



Σχήμα 6.1 Σχηματική απεικόνιση διάταξης συστήματος αντλησιοταμίευσης

Η ανεμογεννήτρια παριστάνει το αιολικό πάρκο, από το οποίο προέρχεται όλη η ενέργεια που παράγει το σύστημα. Το αιολικό πάρκο τροφοδοτεί το σύστημα με ηλεκτρική ισχύ P_w . Το σύστημα διαχείρισης ενέργειας (Σ.Δ.Ε) ελέγχει αν η παρεχόμενη ηλεκτρική ισχύς από το αιολικό πάρκο είναι μεγαλύτερη από τη στιγμιαία ζήτηση P_ϕ . Διακρίνουμε τις εξής περιπτώσεις:

α) Αν $P_w > P_\phi$, τότε το αιολικό πάρκο καλύπτει εξ' ολοκλήρου τη στιγμιαία ζήτηση φορτίου και η περίσσεια της παρεχόμενης από αυτό ενέργειας τροφοδοτεί την αντλία του υδροηλεκτρικού συστήματος προκειμένου να αποταμιευτεί μέσω της ανύψωσης του νερού από την κάτω στην άνω δεξαμενή. Αν υποθέσουμε ότι η πάνω δεξαμενή είναι γεμάτη, τότε είτε απορρίπτουμε την περίσσεια της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, είτε την αξιοποιούμε με κάποιο άλλο τρόπο (π.χ. αφαλάτωση), είτε μειώνουμε την παραγόμενη ισχύ από το αιολικό πάρκο.

β) Αν $P_w < P_\phi$, τότε όλη η ενέργεια που παράγεται από το αιολικό πάρκο διοχετεύεται στην κατανάλωση, ενώ παράλληλα παράγεται ένα επιπλέον ποσό ενέργειας από τον υδροστρόβιλο για την κάλυψη της ζητούμενης ισχύος.

Ιδιαίτερα ελκυστικά μεγέθη εξάγονται επίσης από το συνδυασμό συστημάτων αντλησιοταμίευσης με θερμικά συστήματα για εξοικονόμηση σε περιπτώσεις λειτουργίας του συστήματος σε ισχείς μεγαλύτερες από τις απαιτούμενες, λόγω τεχνικών ελαχίστων. Αποδεικνύεται ότι μπορεί να επιτευχθεί σημαντική εξοικονόμηση καυσίμου και γρήγορη απόσβεση των αρχικών κεφαλαίων επένδυσης με τη χρήση συστήματος αντλησιοταμίευσης.

Ο συντελεστής απόδοσης του αποθηκευτικού αυτού συστήματος είναι περίπου 70%, εφόσον οι αιολικές και οι υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις βρίσκονται στην ίδια περιοχή, ώστε να αποφεύγονται οι απώλειες μεταφοράς της ενέργειας. Βέβαια οι δαπάνες επένδυσης είναι αρκετά υψηλές με αποτέλεσμα να απαιτείται οικονομικοτεχνική ανάλυση για την αναζήτηση της βέλτιστης λύσεως. Δεν πρέπει τέλος να ξεχνάμε ότι τα

συνδυασμένα αιολικά-υδροηλεκτρικά έργα εμφανίζουν τέλεια ρύθμιση του φορτίου, ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν γενικότερα σαν αποθήκες ενέργειας συνεργαζόμενα και με άλλες συμβατικές ή ανανεώσιμες μονάδες παραγωγής ενέργειας.

Κεφάλαιο 7^ο

7.1 Γενική περιγραφή της περιοχής ενδιαφέροντος

Η περιοχή ενδιαφέροντος βρίσκεται στα *Όρη Δίκτη*, στην περιοχή του Δήμου Βιάννου, σε υψόμετρο περίπου 1.000 m. Η περιοχή είναι ορεινή, βρίσκεται στη νότια κεντρική Κρήτη και καλύπτει μέρος του ορεινού όγκου της νότιας Δίκτης στο Ν. Ηρακλείου.

Ορίζεται από το οροπέδιο του Ομαλού και το ρέμα Εργανας στο βορρά και σταματά (κατεβαίνοντας) σε υψόμετρο 700 έως 800μ. στο νότο. Περιλαμβάνει τις νοτιοανατολικές κορυφές και πλαγιές (Τουρλού, Κυνηγού, Γρασπιάσματα κ.λπ.) των βουνών της Δίκτης, την έκταση της Άνω Βιάννου στα νότια και τη Σύμη στα νοτιοανατολικά.

Η περιοχή περιλαμβάνεται στον επιστημονικό κατάλογο προστατευόμενων περιοχών Δίκτυο Φύση (Natura) 2000. Οι πηγές και τα μικρά ρέματα διαλείπουσας ροής είναι διασπαρμένα σε όλη την περιοχή με παρόχθιους σχηματισμούς κατά μήκος των διαδρομών του νερού από πλατάνια και πικροδάφνες.

Η βλάστηση στο μεγαλύτερο μέρος είναι τυπική των κρητικών ασβεστολιθικών κρημνών και βράχων με σχηματισμούς φρυγάνων και πουρναριών. Επίσης απαντώνται γυμνοί βράχοι και σπηλιές στις οποίες δεν γίνεται τουριστική εκμετάλλευση.

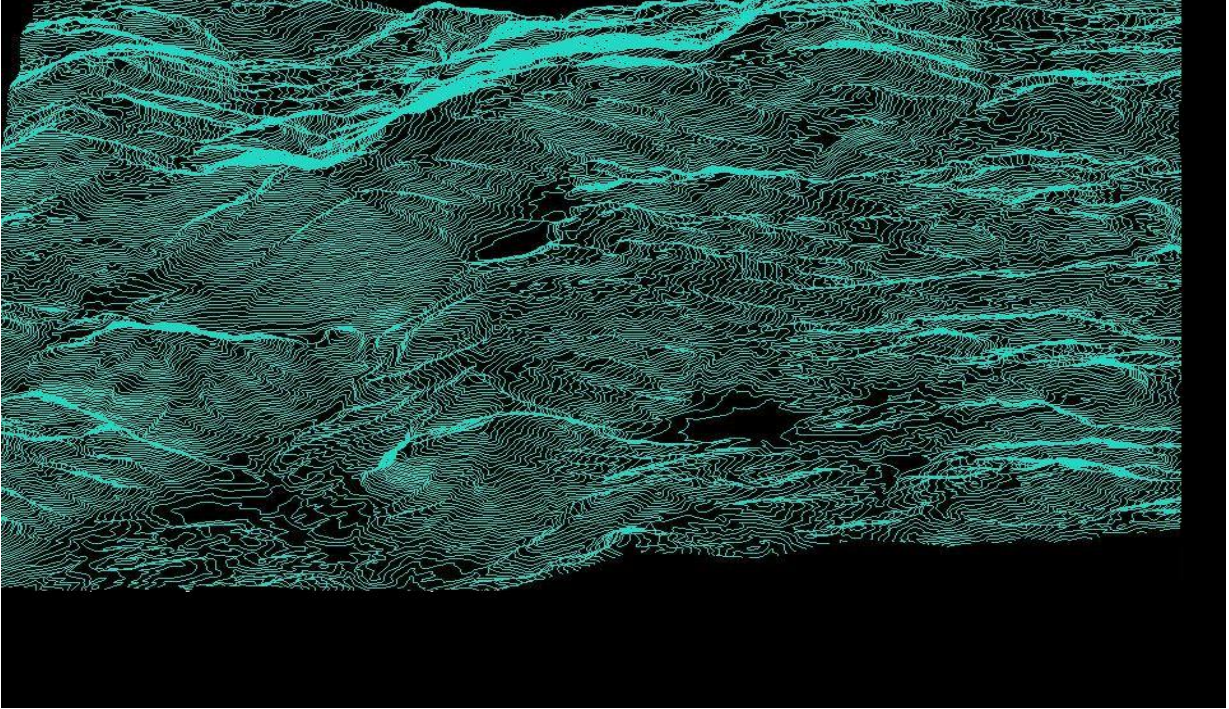
Η περιοχή έχει μεγάλη οικολογική και αισθητική αξία χάρη στην ύπαρξη ενός φάσματος τύπων οικοτόπων, με βλάστηση σε καλή κατάσταση κατά το πλείστον. Η χλωρίδα και η πανίδα αυτών των βιοτόπων περιέχουν τυπικά ενδημικά και επιπλέον τοπικά ενδημικά είδη της Κρήτης, όπως π.χ., το δίκταμο.



Εικόνα 7.1 Απεικόνιση της περιοχής ενδιαφέροντος

7.2 Ψηφιοποίηση του χάρτη

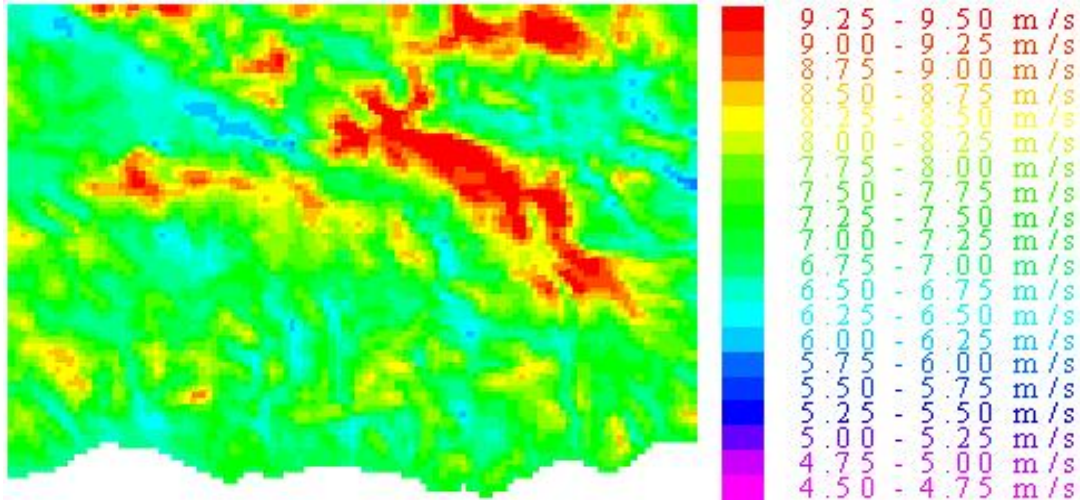
Η μέθοδος που ακολουθήθηκε προκειμένου να μεταφέρουμε την μορφολογία του εδάφους της περιοχής ενδιαφέροντος και της γύρω περιοχής, ήταν η ψηφιοποίηση των κατάλληλων χαρτών κλίμακας 1:5.000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ.) με τη βοήθεια του λογισμικού RASTER design 2004 on AutoCAD 2004. Οι ισοϋψείς ψηφιοποιήθηκαν ανά είκοσι μέτρα.



Εικόνα 7.2 Ψηφιοποιημένος χάρτης περιοχής ενδιαφέροντος

7.3 Αιολικό δυναμικό της περιοχής

Για το αιολικό δυναμικό της περιοχής χρησιμοποιήθηκε ο ήδη υπάρχων Αιολικός Χάρτης της Κρήτης, ο οποίος δημιουργήθηκε χρησιμοποιώντας ανεμολογικά δεδομένα 48 ανεμογράφων οι οποίοι βρίσκονται τοποθετημένοι σε διάφορα μέρη του νησιού. Το σύνολο αυτών των μετρήσεων καλύπτει μία χρονική περίοδο άνω των 10 ετών. Η ορθότητα του χάρτη τεκμηριώνεται συνεχώς από επιπρόσθετα στοιχεία νέων χρονικών περιόδων ή νέων ανεμογράφων που τοποθετούνται στο νησί.



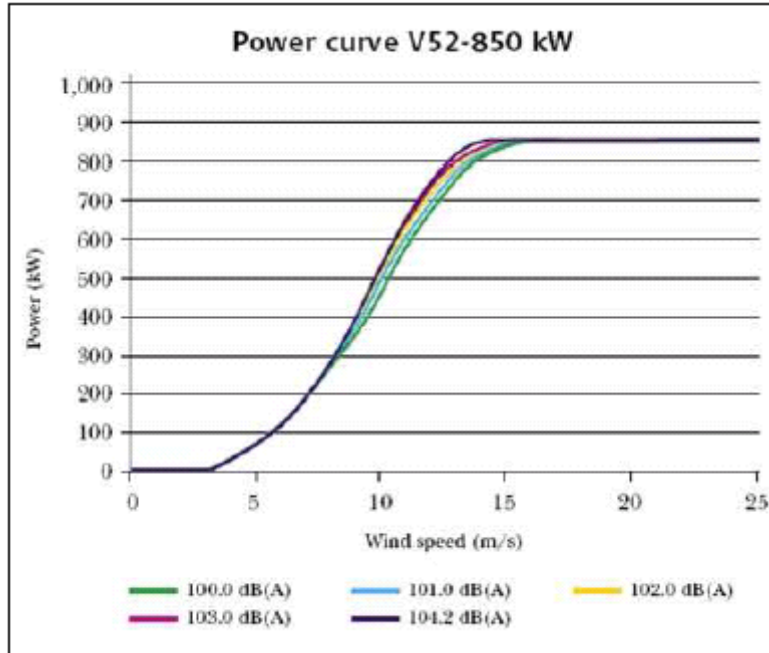
Εικόνα 7.3 Αιολικό δυναμικό περιοχής ενδιαφέροντος

7.4 Επιλογή ανεμογεννήτριας

Η επιλογή του βασικού εξοπλισμού πραγματοποιείται με γνώμονα συγκεκριμένα κριτήρια, όπως η δυνατότητα μεταφοράς και εγκατάστασης στην υπό εξέταση περιοχή, καθώς και η δυνατότητα εναρμόνισης με το δίκτυο, οι οικονομικές προσφορές των εταιρειών και οι πρόσθετες παροχές που προτίθενται να παράσχουν.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν τα παραπάνω καταλήγουμε στην επιλογή της ανεμογεννήτριας από την εταιρεία Vestas και συγκεκριμένα το μοντέλο V52 – 850 KW. Η επιλογή αυτή στηρίχθηκε και στο γεγονός ότι οι συγκεκριμένες ανεμογεννήτριες έχουν δοκιμαστεί στις καιρικές συνθήκες της Κρήτης και θεωρούνται από τις πιο αξιόπιστες.

Παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα της χαρακτηριστικής καμπύλης ισχύος της εν λόγω ανεμογεννήτριας (εικόνα 7.4), καθώς και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά μεγέθη της (πίνακας 7.1).



Εικόνα 7.4 Χαρακτηριστική καμπύλη ισχύος



Εικόνα 7.5 Ανεμογεννήτρια τύπου Vestas

1	Μοντέλο Α/Γ	Vestas V52-850 kW με OptiSpeed
2	Διάμετρος πτερύγωσης (m)	52
3	Αριθμός πτερυγίων	3
4	Επιφάνεια σάρωσης (m ²)	2124
5	Ύψος πύλωνα (m)	55
6	Αερόφρενα	με μεταβολή κλίσης
7	Ακραία μέση δεκάλεπτη ταχύτητα (m/sec)	50
8	Μέση ταχύτητα (m/sec)	10
9	Ταχύτητα αποκοπής (m/sec)	25
10	Ταχύτητα έναρξης λειτουργίας (m/sec)	4
11	Τύρβη (στα 15m/sec)	18%
12	Ονομαστική ισχύς ανά μηχανή (kW)	850
14	Ονομαστική ταχύτητα ανέμου (m/sec)	16
15	Ταχύτητα περιστροφής ρότορα (o/m)	26
16	Δράση παύσης (o/m)	14-31,4
17	Τάση παραγόμενου ρεύματος (V)	690
18	Συχνότητα παραγόμενου ρεύματος (Hz)	50/60
19	Τύπος γεννήτριας	Ασύγχρονη
20	Κιβώτιο	1βημα πλανήτη/ 2 βήματα γραναζιού
21	Έλεγχος	με μικροελεγκτή
22	Επίπεδα θορύβου (dB(A))	104,2
23	Βάρος (tn)	89

Πίνακας 7.4 Χαρακτηριστικά μεγέθη ανεμογεννήτριας

7.5 Χωροθέτηση Α/Γ

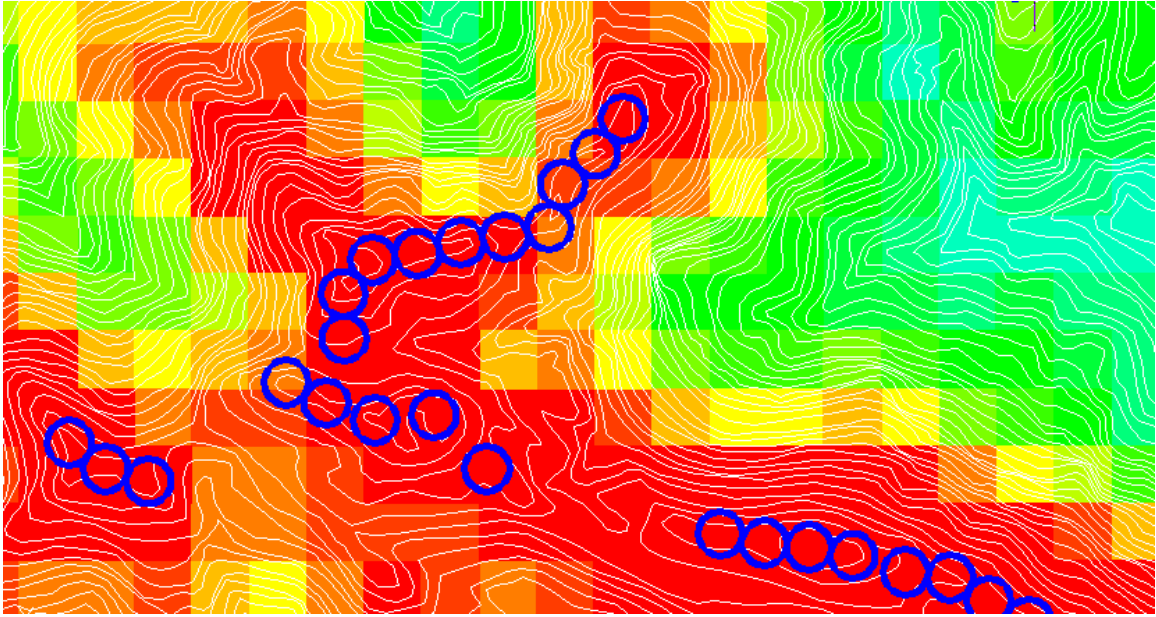
Η πλειοψηφία των περιοχών με υψηλό αιολικό δυναμικό χαρακτηρίζονται από έντονο ανάγλυφο. Συνεπώς, επειδή η διαμόρφωση του πεδίου ταχύτητας επηρεάζεται μεν από την τραχύτητα του εδάφους και τα επιφανειακά εμπόδια, πλην όμως μεγαλύτερη επίδραση έχουν οι εδαφολογικές ιδιομορφίες στην περιοχή της πιθανής θέσης εγκατάστασης μιας αιολικής μηχανής, αναφέρουμε ξανά ορισμένα προκαταρκτικά στοιχεία, που αφορούν την παρουσία λοφοσειρών και περασμάτων στην υπό διερεύνηση περιοχή.

Βασιζόμενοι στους κλασσικούς νόμους της αεροδυναμικής υποηχητικών ταχυτήτων (π.χ εξίσωση Bernoulli), μπορούμε να πούμε ότι η κορυφή της λοφοσειράς είναι μια πολύ καλή θέση εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας, δεδομένης της συμπίεσης των γραμμών ροής, η οποία ισοδυναμεί με επιτάχυνση της αέριας δέσμης. Ένας πιθανός διπλασιασμός της ταχύτητας του ανέμου στην περιοχή της κορυφής ισοδυναμεί με οκταπλασιασμό της διαθέσιμης ισχύος του ανέμου στην εν λόγω περιοχή. Συχνά είναι προτιμότερο να εγκατασταθεί η ανεμογεννήτρια λίγο πριν την κορυφή της λοφοσειράς, ώστε να αποφευχθούν αφενός αρνητικές κλίσεις της ταχύτητας που συνοδεύουν τυχόν αποκόλληση της ροής, αφετέρου περιοχές υψηλής τύρβης.

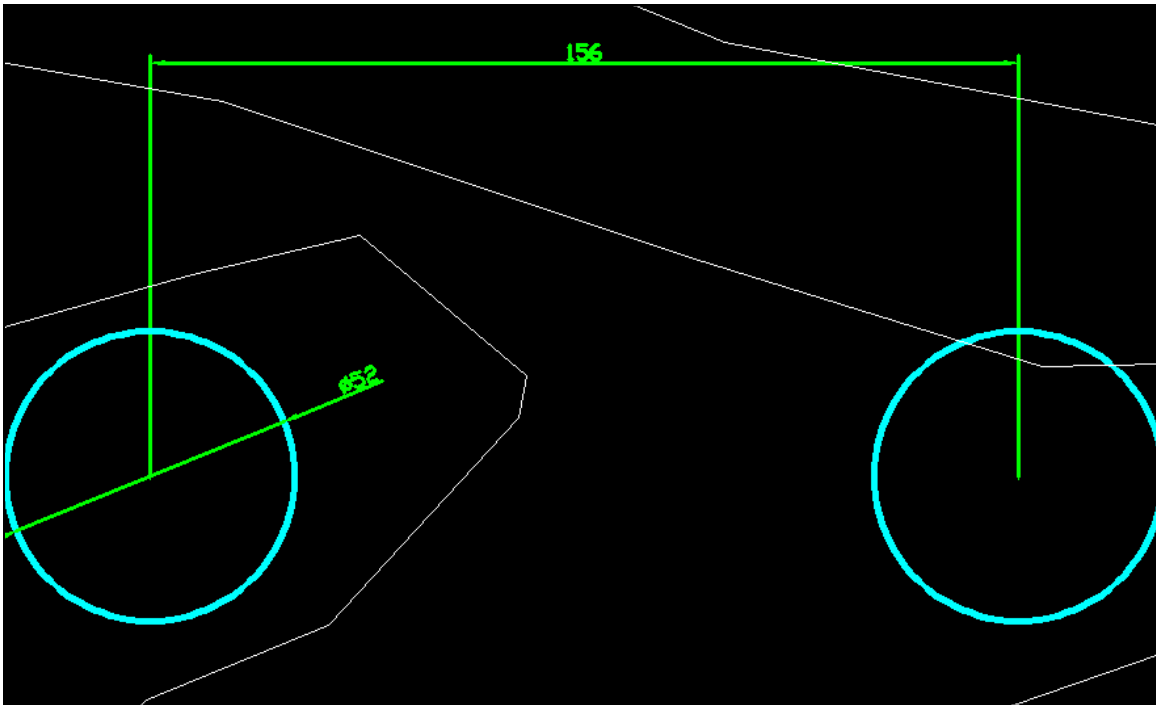
Σαν γενικός κανόνας πρέπει να θεωρηθεί η αρχή ότι ο δρομέας (πτερωτή) μιας ανεμογεννήτριας, πρέπει να βρίσκεται έξω από τη ζώνη επιρροής οποιουδήποτε επιφανειακού εμποδίου που βρίσκεται ανάντη της ανεμογεννήτριας, ώστε να μεγιστοποιηθεί η διαθέσιμη αιολική ενέργεια και να ελαχιστοποιηθεί η αναπτυσσόμενη ατμοσφαιρική τύρβη.

Γενικά, για την αποδοτική χωροθέτηση ενός αιολικού πάρκου θα πρέπει η ελάχιστη απόσταση μεταξύ των ανεμογεννητριών να είναι ίση με τρεις φορές την διάμετρο της πτερωτής, δηλαδή στην συγκεκριμένη περιοχή θα πρέπει να έχουν απόσταση ίση με **156m** ($3*52$), έτσι ώστε να αποφεύγονται οι υπερβολικές απώλειες λόγω σκίασης. Επιπλέον, η επιλογή της θέσης της εκάστοτε ανεμογεννήτριας εξαρτάται άμεσα από το μέγεθος και το σχήμα τις πλατείας, με βάση τις προδιαγραφές του κατασκευαστή.

Με βάση τα παραπάνω και εφόσον γνωρίζουμε το αιολικό δυναμικό της περιοχής μας αποφασίζουμε τις θέσεις των ανεμογεννητριών.



Εικόνα 7.6 Χωροθέτηση Α/Γ σε ένα μικρό μέρος της περιοχής



Εικόνα 7.7 Απόσταση ασφαλείας μεταξύ των Α/Γ

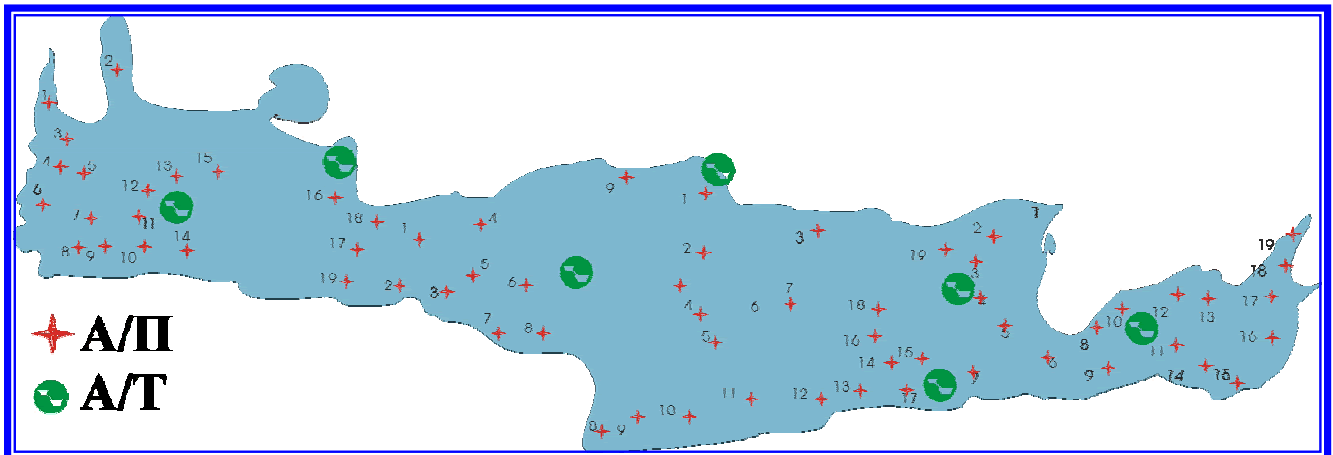
7.6 Αντλησιοταμίευση

Η αντλησιοταμίευση προκύπτει από την ανάγκη της αποθήκευσης μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας, όταν αυτά διατίθενται με κάποιο τρόπο μία δεδομένη χρονική στιγμή, κατά την οποία δεν μπορούν να απορροφηθούν. Τα αποθηκευμένα ποσά ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν μία άλλη χρονική στιγμή, όταν προκύψει σχετική ανάγκη για παροχή ενέργειας.

Ένα σύστημα αντλησιοταμίευσης αποτελείται από τα παρακάτω μέρη:

- Μία αντλία ή ένα σύνολο παράλληλα συνδεδεμένων αντλιών
- Ένα υδροστρόβιλο ή ένα σύνολο παράλληλα συνδεδεμένων υδροστρόβιλων
- Δύο δεξαμενές νερού οι οποίες βρίσκονται σε ικανή υψομετρική διαφορά μεταξύ τους
- Ένα σύνολο σωληνώσεων για την άντληση του νερού από την κάτω δεξαμενή προς την άνω
- Ένα σύνολο σωληνώσεων για την προσαγωγή του νερού από την άνω δεξαμενή προς την κάτω μέσω του υδροστρόβιλου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Στο σχήμα 7.7 παρουσιάζονται κατάλληλες θέσεις, από άποψη αιολικού δυναμικού και προσβασιμότητας, για εγκατάσταση αιολικών πάρκων στην Κρήτη. Στο ίδιο σχήμα παρουσιάζονται επίσης οι επικρατέστερες θέσεις για εγκατάσταση αναστρέψιμων υδροηλεκτρικών σταθμών.



Σχήμα 7.7 Πιθανές θέσεις εγκατάστασης Α/Τ στην Κρήτη

Σύμφωνα με τον ανωτέρω χάρτη, στην Κρήτη χωράνε περίπου ανά νομό αιολικά πάρκα ισχύος που παρουσιάζεται στον πίνακα 7.5. Οι τιμές του πίνακα αυτού έχουν

προκύψει θεωρώντας ότι εγκαθίστανται ανεμογεννήτριες ονομαστικής ισχύος 1 MW. Αν εγκατασταθούν ανεμογεννήτριες μεγαλύτερης ονομαστικής ισχύος, κάτι που μελλοντικά είναι πολύ πιθανό, τότε οι δυνατότητες εγκατάστασης αιολικής ισχύος αυξάνουν.

	Χανιά	Ρέθυμνο	Ηράκλειο	Λασιθί
Αιολική Ισχύς (MW)	794	279	745	917
Σύνολο (MW): 2.735				

Πίνακας. 7.5: Δυνατότητες εγκατάστασης αιολικής ισχύος στην Κρήτη ανά νομό με ανεμογεννήτριες ονομαστικής ισχύος 1 MW

7.6.1 Δυνατότητες Αντλησιοταμίευσης στην περιοχή ενδιαφέροντος

Για την εγκατάσταση του συστήματος αντλησιοταμίευσης υπάρχουν δυο προτεινόμενες λύσεις. Και στις δυο περιπτώσεις η πάνω δεξαμενή θα εγκατασταθεί στο οροπέδιο του Ομαλού ενώ η κάτω δεξαμενή στην πρώτη περίπτωση θα εγκατασταθεί στο φαράγγι της Άρβης ενώ στην δεύτερη θα εγκατασταθεί στην περιοχή του Κισσού. Εμείς θα ασχοληθούμε με την πρώτη περίπτωση



Σχήμα 7.8 Προτεινόμενες θέσεις εγκαταστάσεις Α/Τ

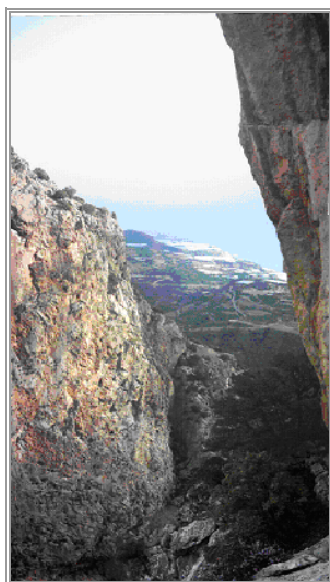
7.6.2 Εγκατάσταση του συστήματος Αντλησιοταμίευσης

Το οροπέδιο του Ομαλού βρίσκεται στα Όρη Δίκτυ, στην περιοχή του Δήμου Βιάννου, σε υψόμετρο περίπου 1000 m. Η μορφολογία του εδάφους στην ευρύτερη περιοχή είναι τέτοια που μπορεί να χαρακτηριστεί ιδανική για την κατασκευή συστήματος αντλησιοταμίευσης, του οποίου η ονομαστική ισχύς θα μπορούσε να ανέβει σε αρκετές εκατοντάδες MW. Εκεί θα εγκατασταθεί η άνω δεξαμενή.



Εικόνα 7.8 Το οροπέδιο του Ομαλού στα όρη Δίκτυ του Δήμου Βιάννου

Η κάτω δεξαμενή θα μπορούσε να εγκατασταθεί στο φαράγγι της Άρβης, το οποίο είναι περίπου 7 χιλιόμετρα μακριά από το οροπέδιο του Ομαλού



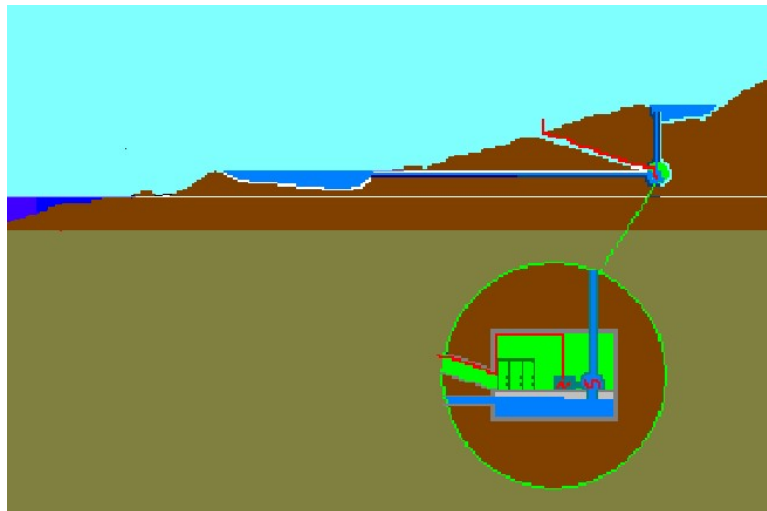
Εικόνα 7.9 Το φαράγγι της Άρβης

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τα βασικά μεγέθη τα οποία χαρακτηρίζουν το σχεδιαζόμενο σύστημα αντλιοσταμείωσης.

Εγκατεστημένη ισχύς υδροστροβίλων (MW)	400
Εγκατεστημένη ισχύς αντλιών (MW)	500
Χωρητικότητα άνω δεξαμενής ($10^6 \cdot \text{m}^3$)	40
Χωρητικότητα κάτω δεξαμενής ($10^6 \cdot \text{m}^3$)	50
Υψομετρική διαφορά δεξαμενών (m)	900
Εγκατεστημένη ισχύς αιολικών πάρκων (MW)	154.7

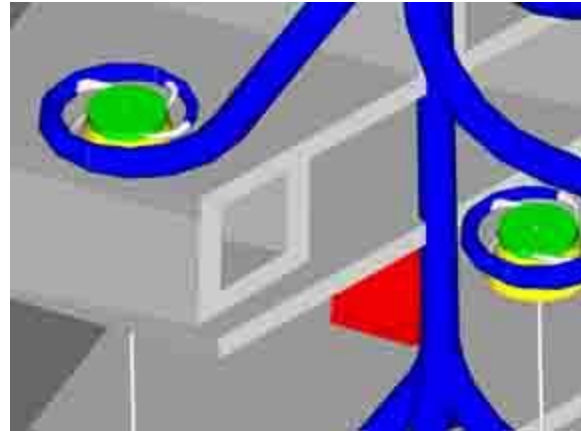
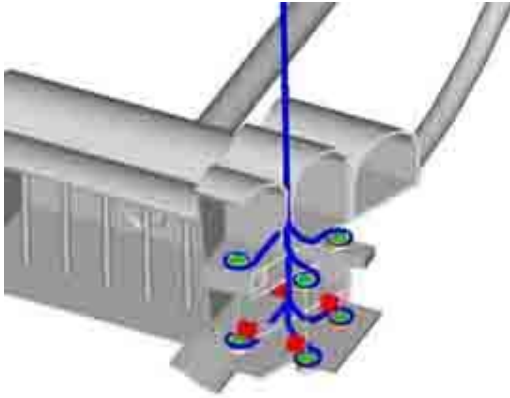
Πίνακας 7.6 Διαστασιολόγηση συστήματος

Το ακόλουθο σχήμα παρουσιάζει σε κατακόρυφη τομή τις σωληνώσεις μέσω των οποίων θα διέρχεται το εργαζόμενο μέσο, το χώρο όπου θα εγκατασταθούν οι υδροστροβίλοι και οι αντλίες καθώς και τη διαδρομή προσέγγισης αυτού.



Σχήμα 7.9 Κατακόρυφη τομή της περιοχής εγκατάστασης του συστήματος αντλιοσταμείωσης

Η διάταξη των υδροστροβίλων του συστήματος και η ροή του εργαζόμενου μέσου παρουσιάζονται παρακάτω.



Η διάταξη των υδροστροβίλων και η ροή του εργαζόμενου μέσου στο σύστημα αντλιοσταμίου (πάνω) και ένας υδροστρόβιλος τύπου Pelton σε υφιστάμενο σύστημα αντλιοσταμίου στο Bieudron της Ελβετίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

8.1 Φωτορεαλισμός με το πρόγραμμα 3D STUDIO MAX

Εισαγωγή

Ο φωτορεαλισμός περιλαμβάνεται στην περιβαλλοντική μελέτη ενός αιολικού πάρκου και αποτελεί την αναπαράσταση του πάρκου αυτού με εικονική τοποθέτηση των ανεμογεννητριών στην υπό εξέταση περιοχή.

Στην παρούσα μελέτη έχει πραγματοποιηθεί ο φωτορεαλισμός των θέσεων των ανεμογεννητριών στην περιοχή ενδιαφέροντος από διάφορα σημεία της περιοχής καθώς και κάποιες πανοραμικές λήψεις αυτής.

8.1.1 Το 3D STUDIO MAX

Το 3D STUDIO MAX είναι ένα πρόγραμμα που προσφέρει στο χρήστη ό,τι είναι απαραίτητο για την οπτικοποίηση, παρουσίαση, προσομοίωση και δημιουργία κινούμενης εικόνας σε προσωπικό υπολογιστή.

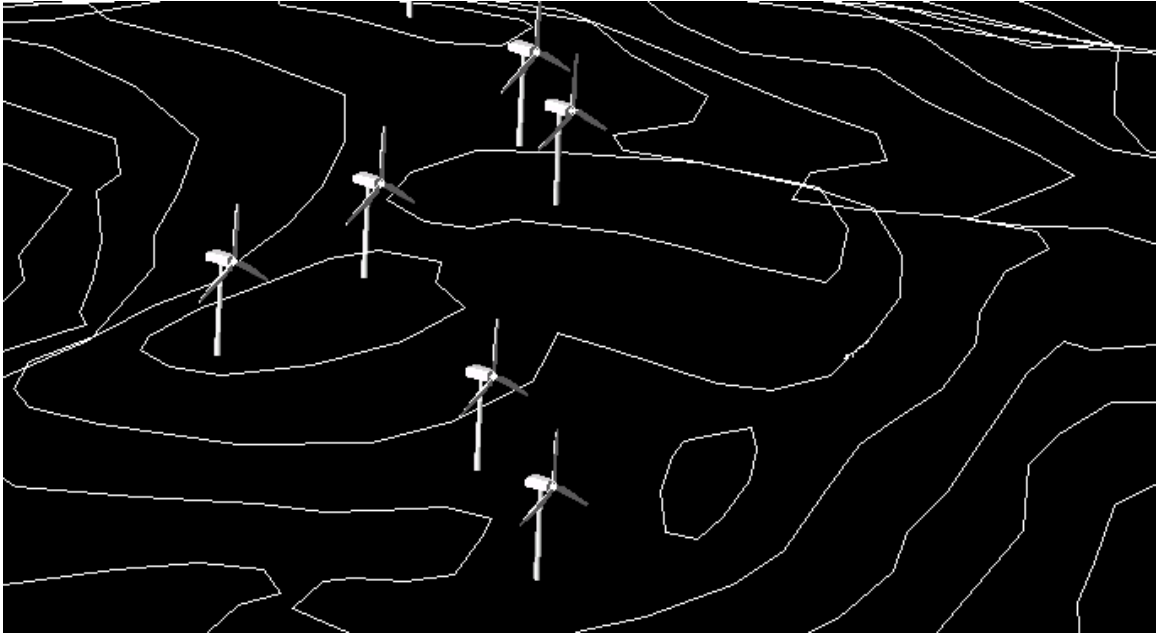
Το 3D STUDIO MAX είναι ένα πακέτο σχεδιασμένο ειδικά για τρισδιάστατη οπτικοποίηση. Ένα σχέδιο στο 3D STUDIO, που ονομάζεται μοντέλο, είναι πάντα τρισδιάστατο. Το 3D STUDIO μπορεί να χρησιμοποιήσει μοντέλα φτιαγμένα στο AutoCAD, ή μπορείτε να τα φτιάξετε από την αρχή στο ίδιο το 3D STUDIO.

Μόλις δημιουργηθεί ή εισαχθεί στο 3D STUDIO ένα μοντέλο, η διαδικασία δημιουργίας μιας εικόνας είναι όμοια με τη φωτογραφία. Γύρω από το μοντέλο τοποθετούνται φώτα για να το φωτίσουν και τοποθετείται μια κάμερα για να δημιουργήσει μια προοπτική εμφάνιση. Η κάμερα λειτουργεί όπως μια πραγματική κάμερα. Διάφορα μέρη του μοντέλου μπορούν να χρωματιστούν ή να καλυφθούν με χαρτογραφημένες εικόνες (bitmap) για καλύτερο αποτέλεσμα.

Όταν η οθόνη γίνει όπως τη θέλουμε, λέμε στο 3D STUDIO να δημιουργήσει μια εικόνα ανάλογα με τις ρυθμίσεις. Η διαδικασία ονομάζεται χρωμοσκίαση (Rendering). Το τελικό αποτέλεσμα της χρωμοσκίασης είναι μια εικόνα του μοντέλου μας.

Το 3D STUDIO μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία μιας σειράς κινούμενων εικόνων. Για παράδειγμα μπορεί να θέλουμε να κάνουμε τους θεατές να αισθάνονται πως πετούν γύρω ή μέσα στο μοντέλο. Στο 3D STUDIO μπορούμε να κάνουμε την κάμερα να μετακινείται μέσα στο μοντέλο για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, το οποίο θα καταλήξει σε μια σειρά κινούμενων εικόνων.

Στο σχήμα 8.1 βλέπουμε ένα τρισδιάστατο σχέδιο στο AutoCAD και πως γίνεται τελικά με το 3D STUDIO.



Σχήμα 8.1 Τρισδιάστατη απεικόνιση μέρους της περιοχής στο AutoCAD



Σχήμα 8.1 Τρισδιάστατη απεικόνιση μέρους της περιοχής στο 3D Studio Max

8.2 Η έννοια της προοπτικής

Πριν προχωρήσουμε στις φωτορεαλιστικές απεικονίσεις θα δούμε την έννοια της προοπτικής:

Η παράσταση του ύψους, του πλάτους και του βάθους διάφορων πραγμάτων, ανάλογα με την απόσταση και τη θέση του παρατηρητή.

Βασικές αρχές της προοπτικής είναι οι παρακάτω :

Η επιφάνεια πάνω στην οποία παρουσιάζονται στην προοπτική τους τα αντικείμενα να είναι επίπεδη και κάθετη. Από γεωμετρική άποψη η προοπτική είναι κωνική προβολή με τρία σημεία : το αντικείμενο, τον πίνακα, και τον παρατηρητή. Ο πίνακας (κάθετος και επίπεδος) βρίσκεται ανάμεσα στο αντικείμενο και τον παρατηρητή.

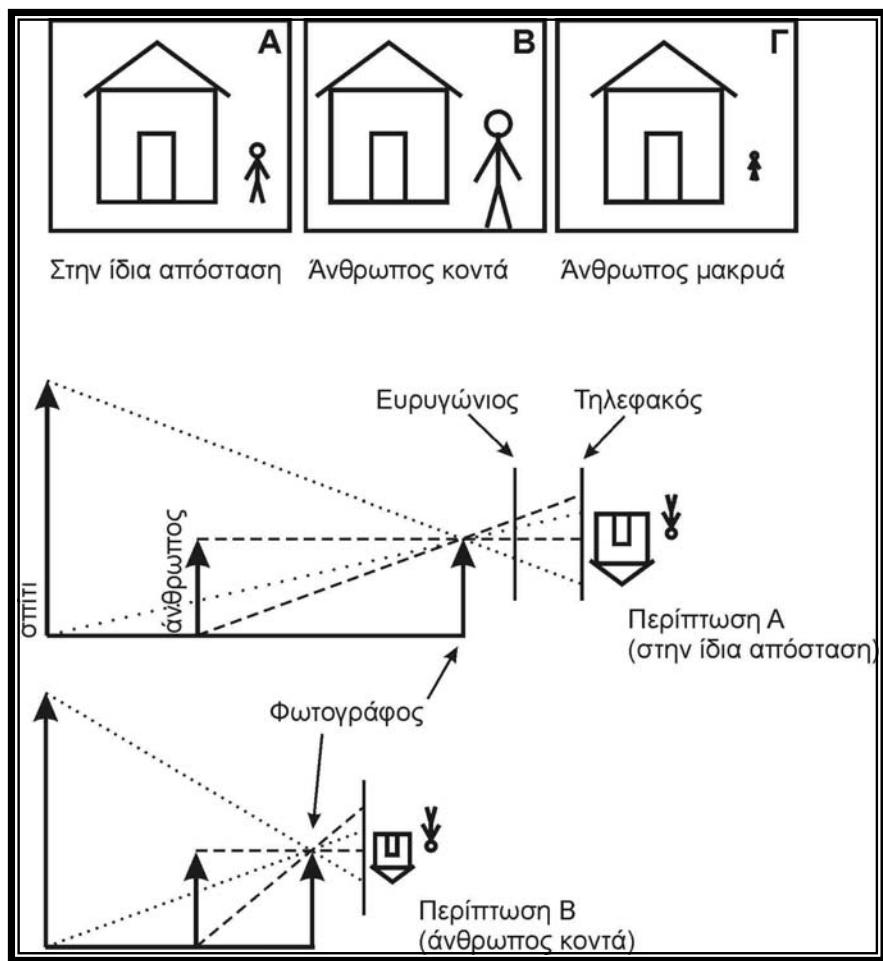
Η προοπτική ενός σημείου είναι η τομή της ακτίνας, στον πίνακα, που προέρχεται από το σημείο και καταλήγει στο μάτι του παρατηρητή

8.2.1 Γιατί αλλάζει η προοπτική με το zoom

Πώς αντιλαμβανόμαστε την απόσταση μεταξύ των αντικειμένων ; Ξέρουμε ήδη (είναι καταχωρημένα στη μνήμη μας) τα μεγέθη όλων όσων βλέπουμε. Από το σχετικό τους μέγεθος μπορούμε να συμπεράνουμε την μεταξύ τους απόσταση, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα.

Φωτογραφίζοντας από μακριά με τηλεφακό, τα μακρινά αντικείμενα τείνουν να μεγαλώνουν. Άρα, μας φαίνεται ότι πλησιάζουν προς τα κοντινά.

Φωτογραφίζοντας από κοντά με ευρυγώνιο (ή κανονικό) φακό, τα σχετικά μεγέθη παραμένουν όπως είναι όταν τα βλέπουμε. Άρα, μπορούμε να υπολογίσουμε με ακρίβεια τη σχετική τους θέση.

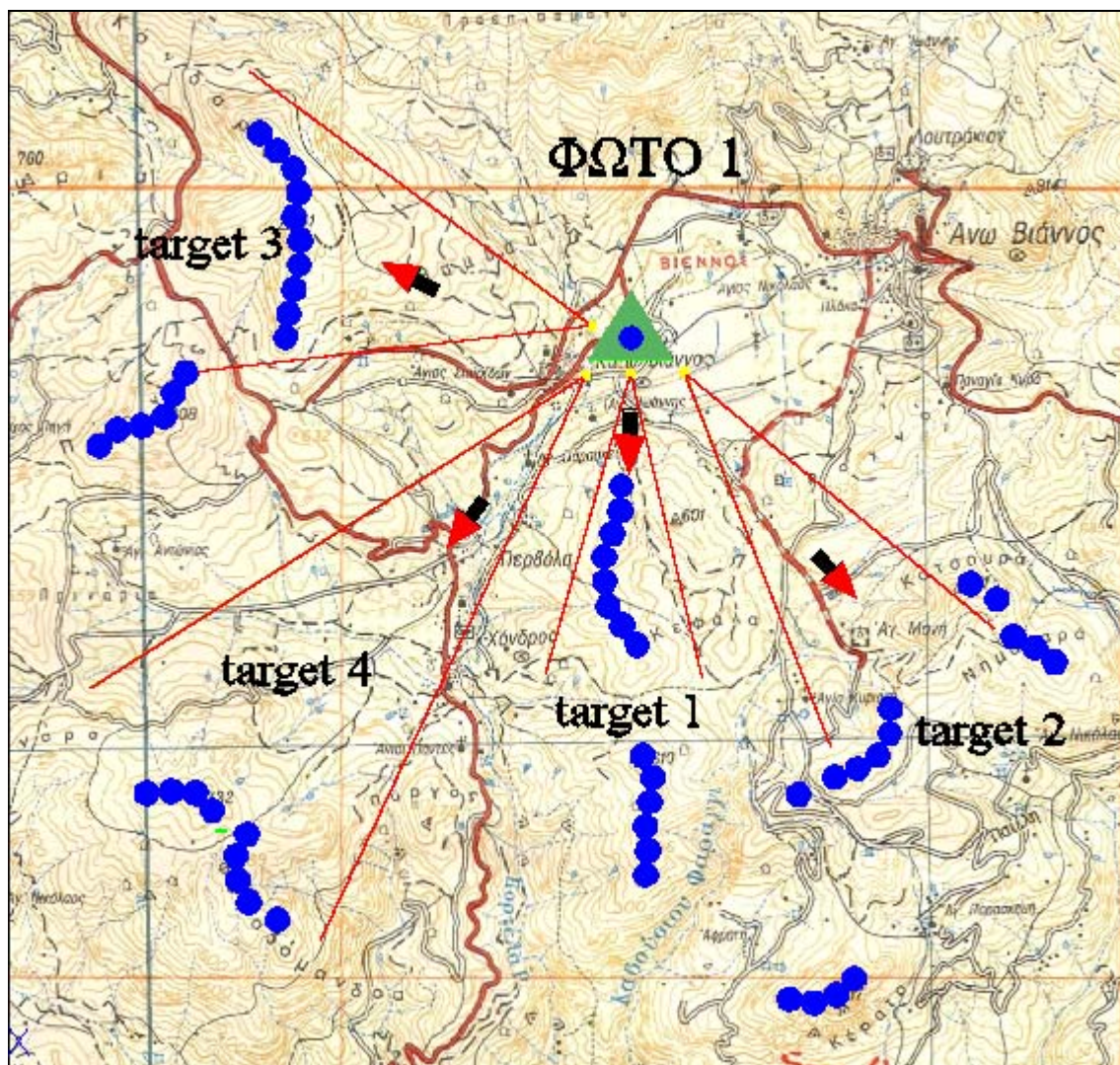


Σχήμα 8.2 Παράδειγμα προοπτικής

8.3 Φωτορεαλιστικές απεικονίσεις

Στο σημείο αυτό θα δούμε κάποιες φωτορεαλιστικές απεικονίσεις από διάφορα σημεία της περιοχής.

Στο σχήμα 8.3 βλέπουμε με σταθερή θέση της κάμερας (**ΦΩΤΟ 1**) τέσσερις διαφορετικούς στόχους (**target 1-6**). Η κάμερα είναι τοποθετημένη στην περιοχή της Κάτω Βιάννου.



Σχήμα 8.3 Θέση της κάμερας και τέσσερις διαφορετικές γωνίες λήψης

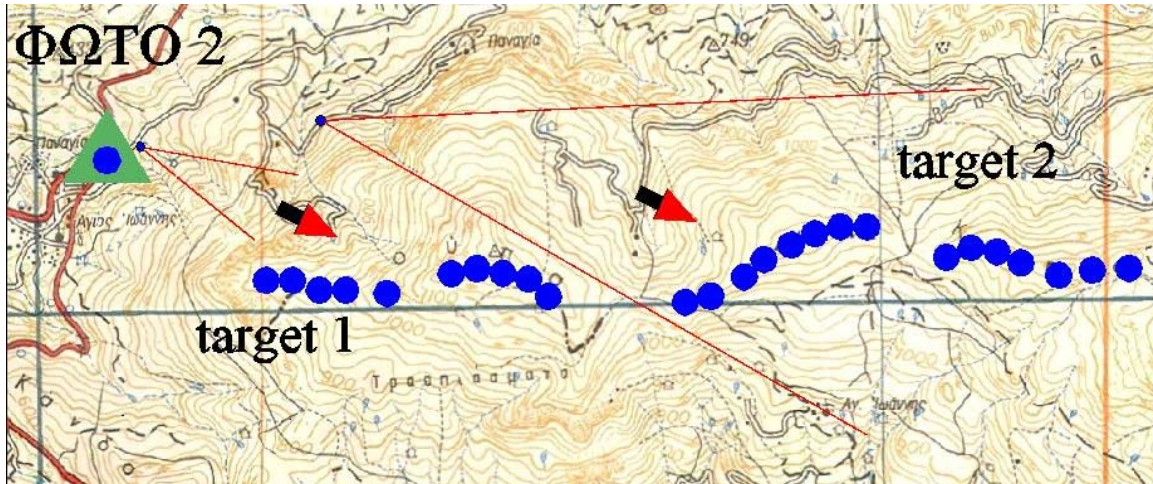
FOTO 1 target 1

FOTO 1 target 2

FOTO 1 target 3

FOTO 1 target 4

Στο σχήμα 8.4 βλέπουμε με σταθερή θέση της κάμερας (**ΦΩΤΟ 2**) δύο διαφορετικούς στόχους (**target 1-2**). Η κάμερα είναι τοποθετημένη στον δρόμο κοντά στην Παναγία.

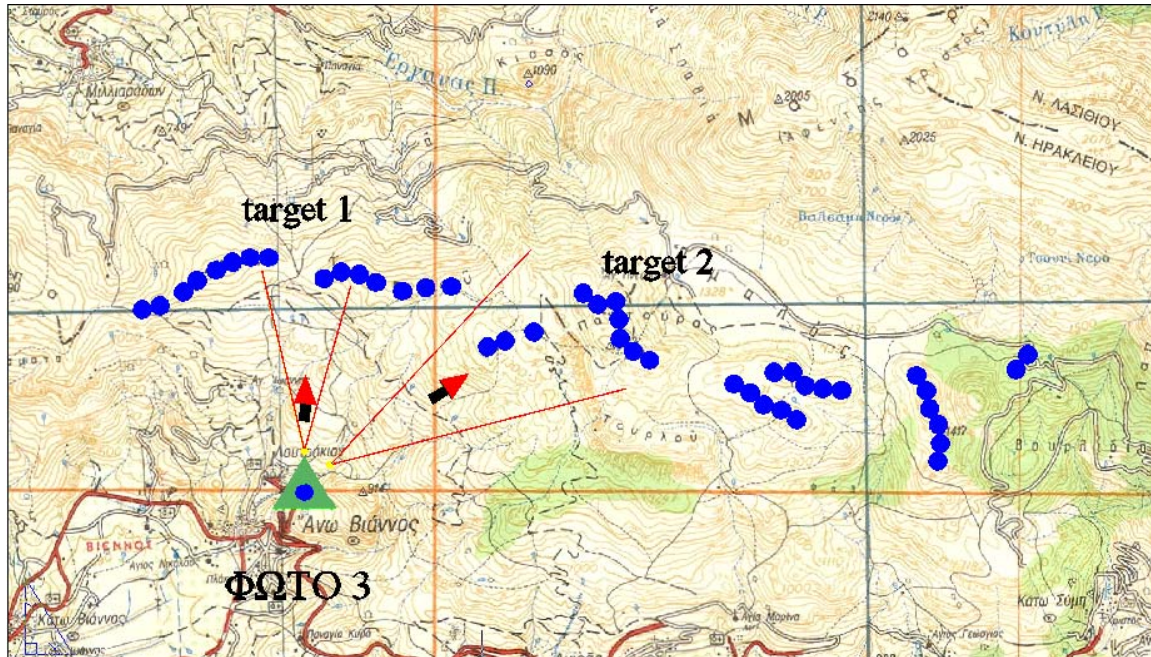


Σχήμα 8.4 Θέση της κάμερας και δυο διαφορετικές γωνίες λήψης

FOTO 2 target 1

FOTO 2 target 2

Στο σχήμα 8.5 βλέπουμε με σταθερή θέση της κάμερας (**ΦΩΤΟ 3**) δύο διαφορετικούς στόχους (**target 1-2**). Η κάμερα είναι τοποθετημένη στην περιοχή του Λουτρακίου

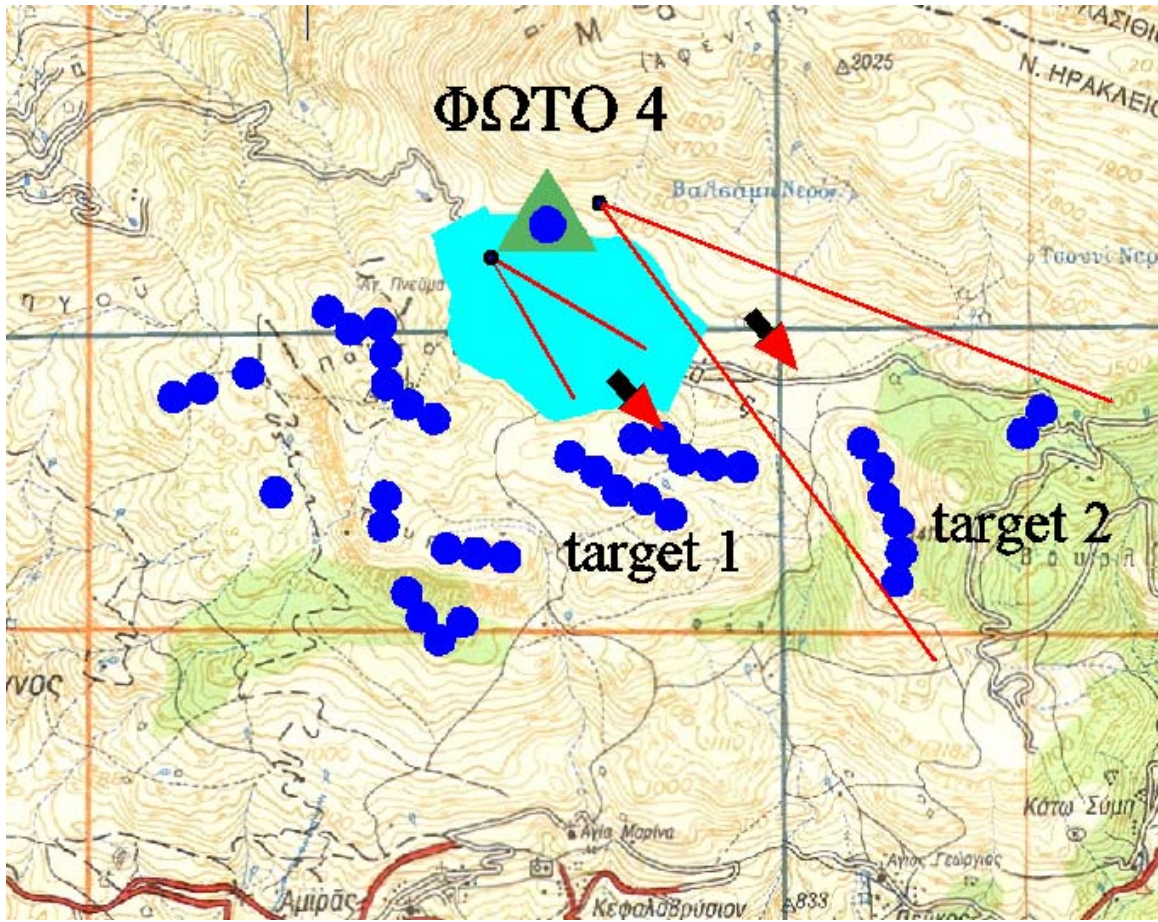


Σχήμα 8.5 Θέση της κάμερας και δυο διαφορετικές γωνίες λήψης

FOTO 3 target 1

FOTO 3 target 2

Στο σχήμα 8.6 βλέπουμε με σταθερή θέση της κάμερας (**ΦΩΤΟ 4**) δύο διαφορετικούς στόχους (**target 1-2**). Η κάμερα είναι τοποθετημένη στην περιοχή του Ομαλού

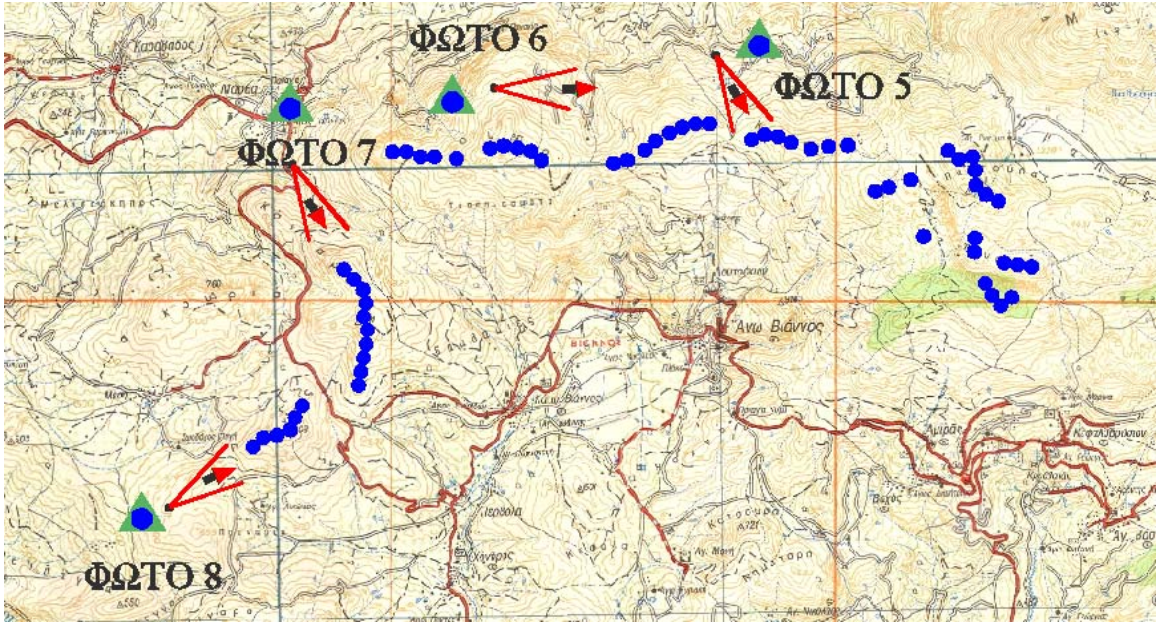


Σχήμα 8.6 Θέση της κάμερας και δυο διαφορετικές γωνίες λήψης

FOTO 4 target 1

FOTO 4 target 2

Στο σχήμα 8.7 βλέπουμε κάποιες διαφορετικές θέσεις της κάμερας (ΦΩΤΟ 5,6,7,8) και τους αντίστοιχους στόχους.



Σχήμα 8.7 Θέση της κάμερας και στόχοι της

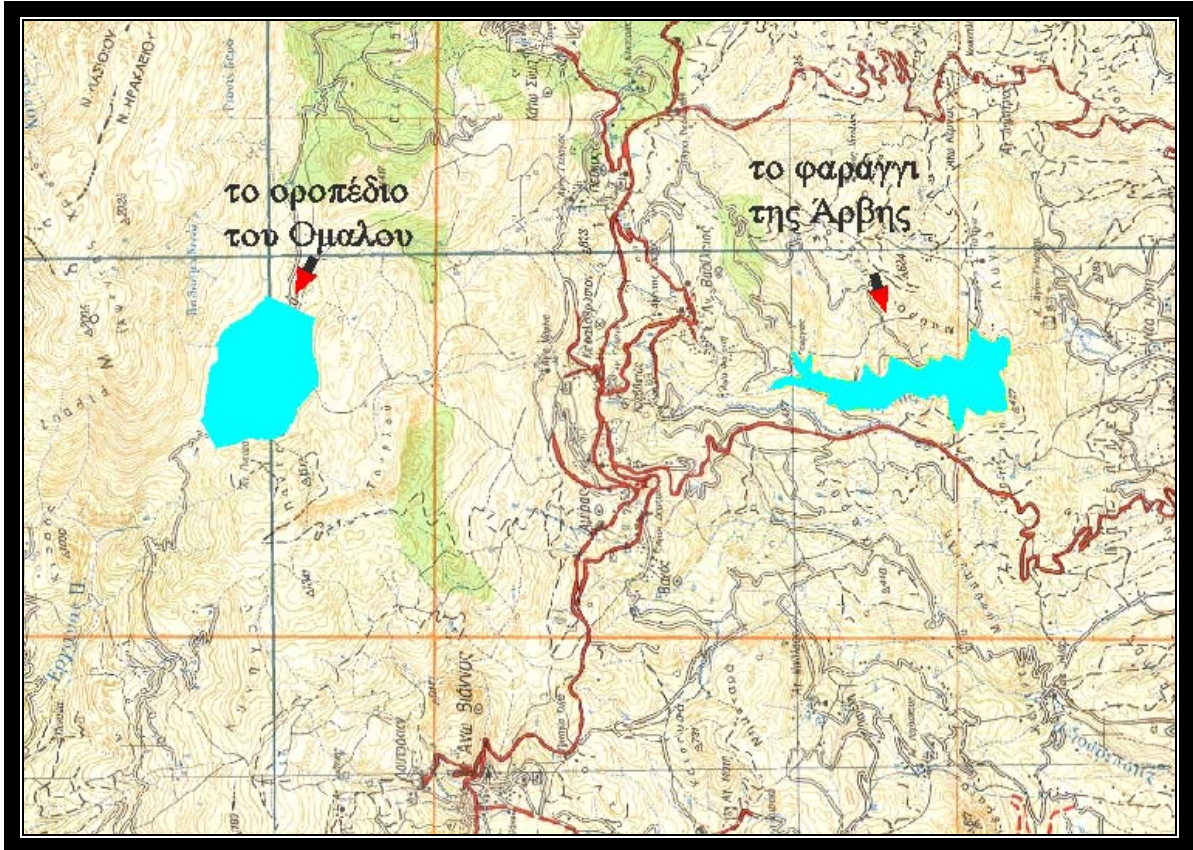
FOTO 5

FOTO 6

FOTO 7

FOTO 8

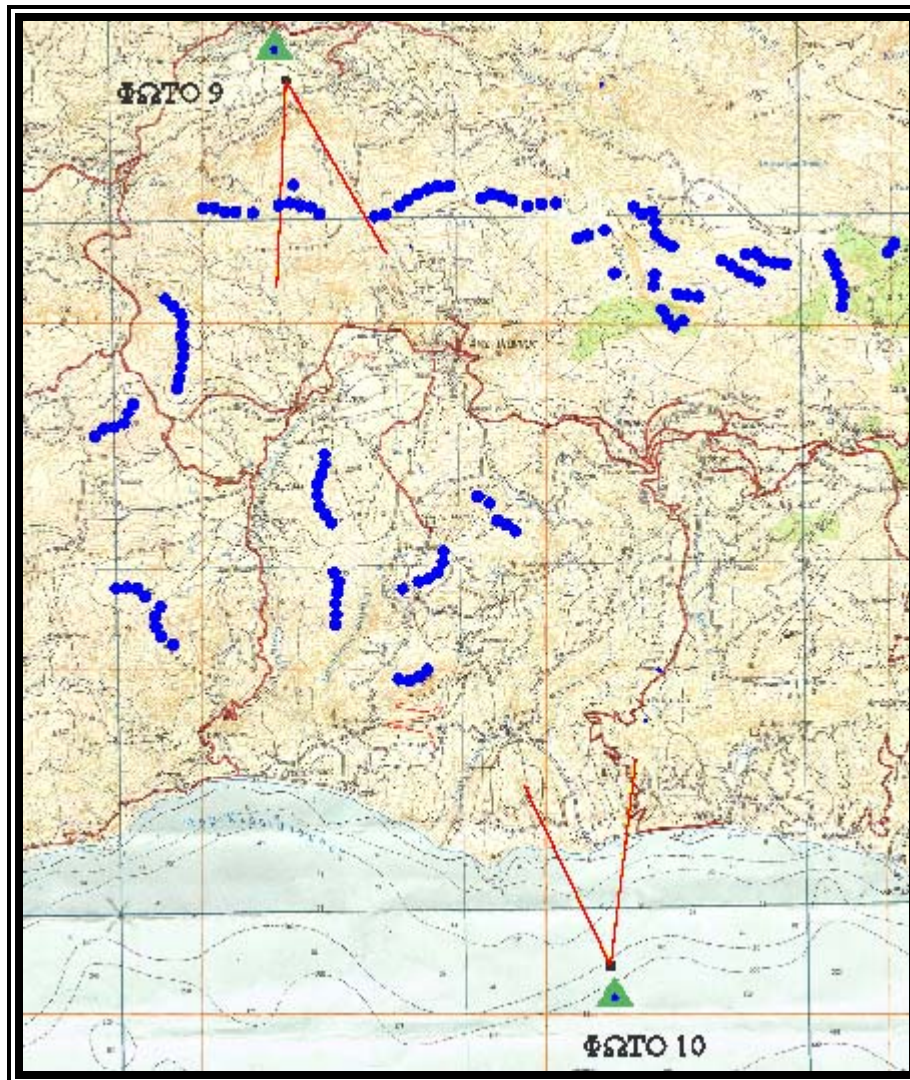
Στο σχήμα 8.8 βλέπουμε το προτεινόμενο σύστημα αντλιοσταμείωσης και στο σχήμα 8.9 βλέπουμε μια φωτορεαλιστική απεικόνιση της περιοχής με τις δυο δεξαμενές.



Σχήμα 8.8 Προτεινόμενο σύστημα αντλιοσταμείωσης

ΣΧΗΜΑ 8.9

Στο σχήμα 8.10 βλέπουμε δυο πανοραμικές λήψεις της περιοχής που έχουν παρθεί από την Έμπαρο (ΦΩΤΟ 9) και από την θάλασσα (ΦΩΤΟ 10) καθώς και τρεις φωτογραφίες για να δείξουμε τα φράγματα (ΦΩΤΟ 11,12,13).



Σχήμα 8.10 Πανοραμικές λήψεις της περιοχής

FOTO 9

FOTO 10

FOTO 11

FOTO 12

FOTO 13

Εκτός από τις φωτορεαλιστικές απεικονίσεις στις οποίες βλέπουμε το ανάγλυφο της περιοχής με τις ανεμογεννήτριες υπάρχει και το φωτομοντάζ το οποίο γίνεται έχοντας μια πραγματική φωτογραφία της περιοχής που θέλουμε να εγκαταστήσουμε τις ανεμογεννήτριες, γνωρίζοντας βέβαια τις συντεταγμένες που έχει τραβηχτεί η φωτογραφία, τοποθετούμε μια κάμερα μέσω του προγράμματος και τοποθετούμε τις ανεμογεννήτριες.

Παρακάτω θα δούμε τέσσερις φωτογραφίες με τις ανεμογεννήτριες τοποθετημένες.

ΦΩΤΟΜΟΝΤΑΖ 1

ΦΩΤΟΜΟΝΤΑΖ 2

ΦΩΤΟΜΟΝΤΑΖ 3

ΦΩΤΟΜΟΝΤΑΖ 4

Προτάσεις-Συμπεράσματα

Το ελληνικό τοπίο αποτελεί για την χώρα μας πηγή πλούτου με την ευρύτερη έννοια. Η Ελλάδα έχει χαρακτηριστεί από αρμόδιους της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Περιβάλλοντος ως το «Τελευταίο Απόθεμα Φύσης στην Ευρώπη».

Η ανθρωπότητα ξεκίνησε την βιομηχανική εποχή χωρίς να αντιλαμβάνεται την καταστροφή που θα προκαλούσε στο περιβάλλον. Η ανάπτυξη έφερε μαζί της το φαινόμενο του θερμοκηπίου, την όξινη βροχή και την ρύπανση των υδάτων. Σταδιακά και με πολύ κόπο οι πολιτικοί πείθονται ότι οι ΑΠΕ αποτελούν μεσοπρόθεσμα αλλά και μακροπρόθεσμα την λύση στο ενεργειακό πρόβλημα ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες οικονομίες. Η Ευρωπαϊκή Ένωση υποστηρίζει θερμά την ανάπτυξη συστημάτων ΑΠΕ διότι δεν αποβλέπει μόνο στην προστασία του περιβάλλοντος αλλά και στην ανάπτυξη τεχνολογίας και βιομηχανίας ΑΠΕ με εξαγωγές που ωφελούν το σύνολο των χωρών-μελών. Ήδη οι ανεμογεννήτριες αποτελούν λαμπρό παράδειγμα επικράτησης της Ευρώπης παγκοσμίως.

Το τοπίο είναι ένα αγαθό υπό προστασία. Σε περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό όπως είναι η νότια Εύβοια, Ανατολική Κρήτη και το σύνολο σχεδόν των νησιών της χώρας πρέπει τα αρμόδια υπουργία ΥΠΕΧΩΔΕ, ΥΠΙΑΝ, αλλά και το ΚΑΠΕ να συντονίσουν τις δράσεις τους ώστε να δημιουργηθεί ένα πλαίσιο αξιολόγησης που θα βασίζεται σε επιστημονική τεκμηρίωση καθώς και με την συμμετοχή των τοπικών κοινωνιών ώστε η ανάπτυξη των αιολικών να συνεχισθεί με γνώμονα το περιβαλλοντικό όφελος και την προστασία της αισθητικής του τοπίου.

Η ενημέρωση των πολιτών ξεκινάει από το σχολείο. Ειδικά σεμινάρια πρέπει να σχεδιασθούν από το Υπουργείο Παιδείας με στόχο την ενημέρωση των μαθητών από το δημοτικό έως το Λύκειο. Επισκέψεις σχολείων σε χώρους εφαρμογών να πραγματοποιούνται άπαξ του έτους. Ανεξαρτήτως κλάδου σπουδών σε όλα τα ΑΕΙ και ΤΕΙ της χώρας πρέπει να πραγματοποιούνται σεμινάρια περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και παρουσίασης των ΑΠΕ. Συνεχής ενημέρωση των πολιτών μέσα από ντοκιμαντέρ ή διαφημιστικών μηνυμάτων για τις τεχνολογίες ΑΠΕ όπως είχε γίνει για τους ηλιακούς θερμοσίφωνες. Οι πολίτες όταν πεισθούν για τα οφέλη θα αντιδράσουν ευμενώς απέναντι στις ΑΠΕ.

Τέλος με την απελευθέρωση των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας και την συμμετοχή ιδιωτών στην ηλεκτροπαραγωγή είναι μακροπρόθεσμα προς όφελος των επενδυτών να αναπτυχθούν τα αιολικά πάρκα θέτοντας σε προτεραιότητα την δημιουργία ενός ενεργειακού τοπίου που δεν θα έρχεται σε σύγκρουση με το φυσικό περιβάλλον αλλά θα το συμπληρώνει και θα το προστατεύει. Οι προοπτικές για επιτυχή ανάπτυξη της Αιολικής Ενέργειας στο Ελληνικό Τοπίο υπάρχουν, δεν μένει παρά να υλοποιήσουμε την νέα ενεργειακή πραγματικότητα φροντίζοντας όμως το περιβάλλον.

Βιβλιογραφία

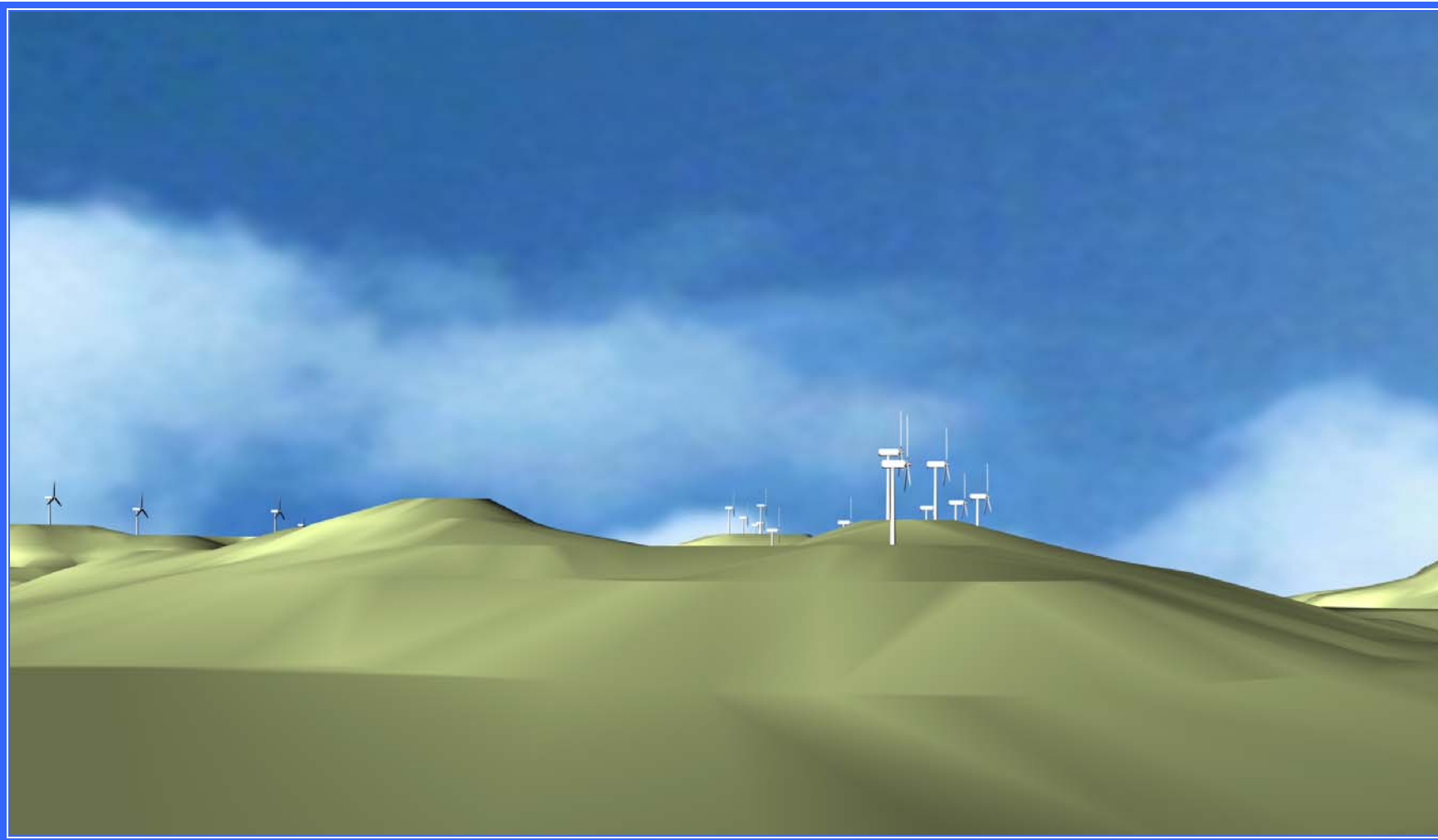
Βιβλιογραφία :

- Ιωάννης Κλεάνθη Καλδελλης , «Διαχείριση της Αιολικής Ενέργειας» , εκδόσεις Αθ. Σταμουλης , Αθήνα 1999 , ISBN 960-351-255-9
- Σημειώσεις για το μάθημα : «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας», Δ.Γ Χρηστάκης – Δ. Κατσαπρακάκης, Ηράκλειο 2002
- Δ. Κατσαπρακάκης, Δ. Γ. Χρηστάκης, «Χρήση αντλησιοταμίευσης στο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής της Κρήτης»,
- Γ. Μπεργελές «Ανεμοκινητήρες» , Εκδόσεις Συμεών , Αθήνα 1994 , ISBN 960-7346-19-x

Διαδίκτυο :

- www.wel.gr
- www.energotech.gr
- www.cres.gr
- www.rae.gr
- www.dom.com

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ-ΦΩΤΟΜΟΝΤΑΖ



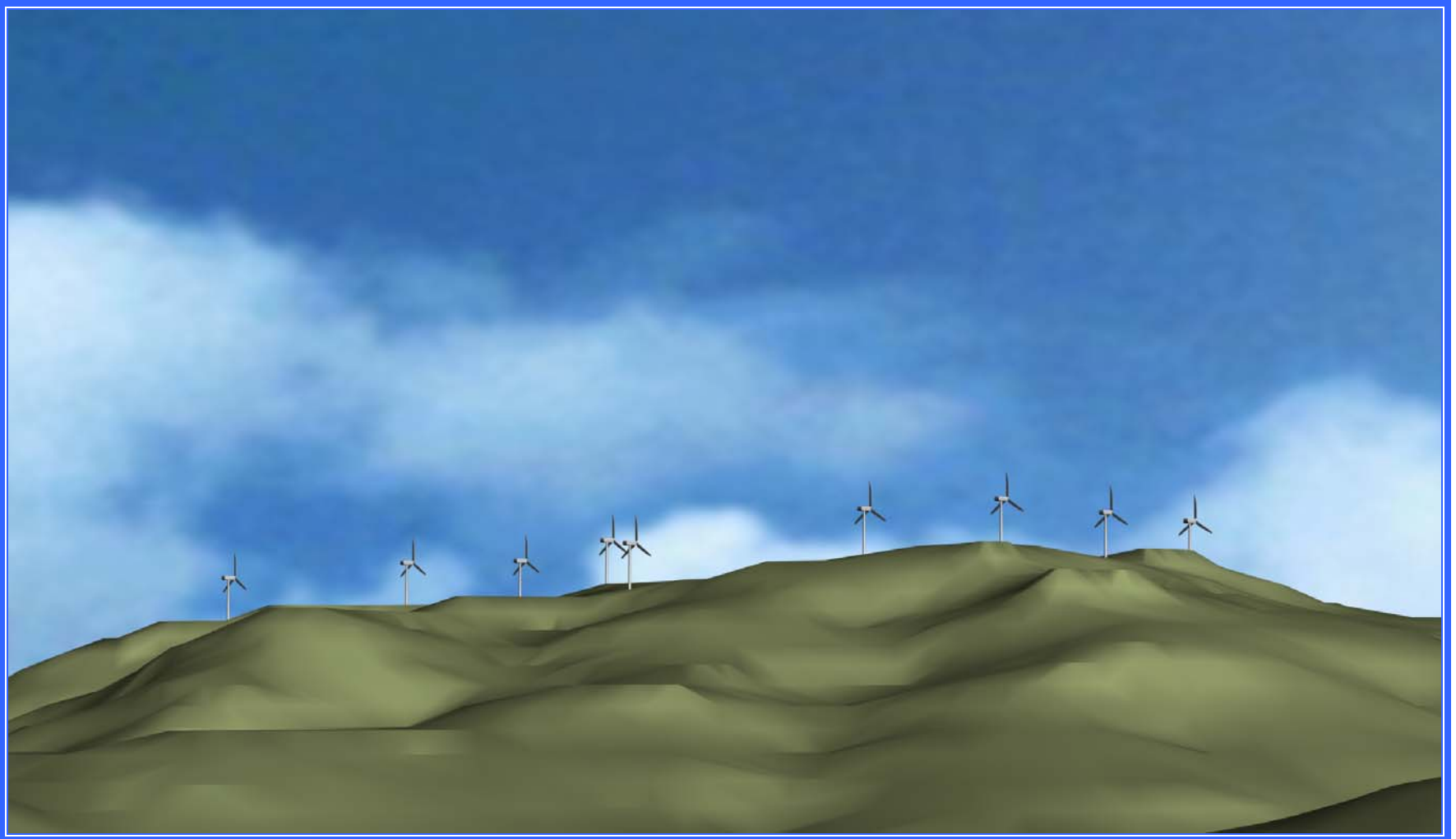
Κάτω Βιάννος - Φωτορεαλισμός : ΦΩΤΟ 1-target 1



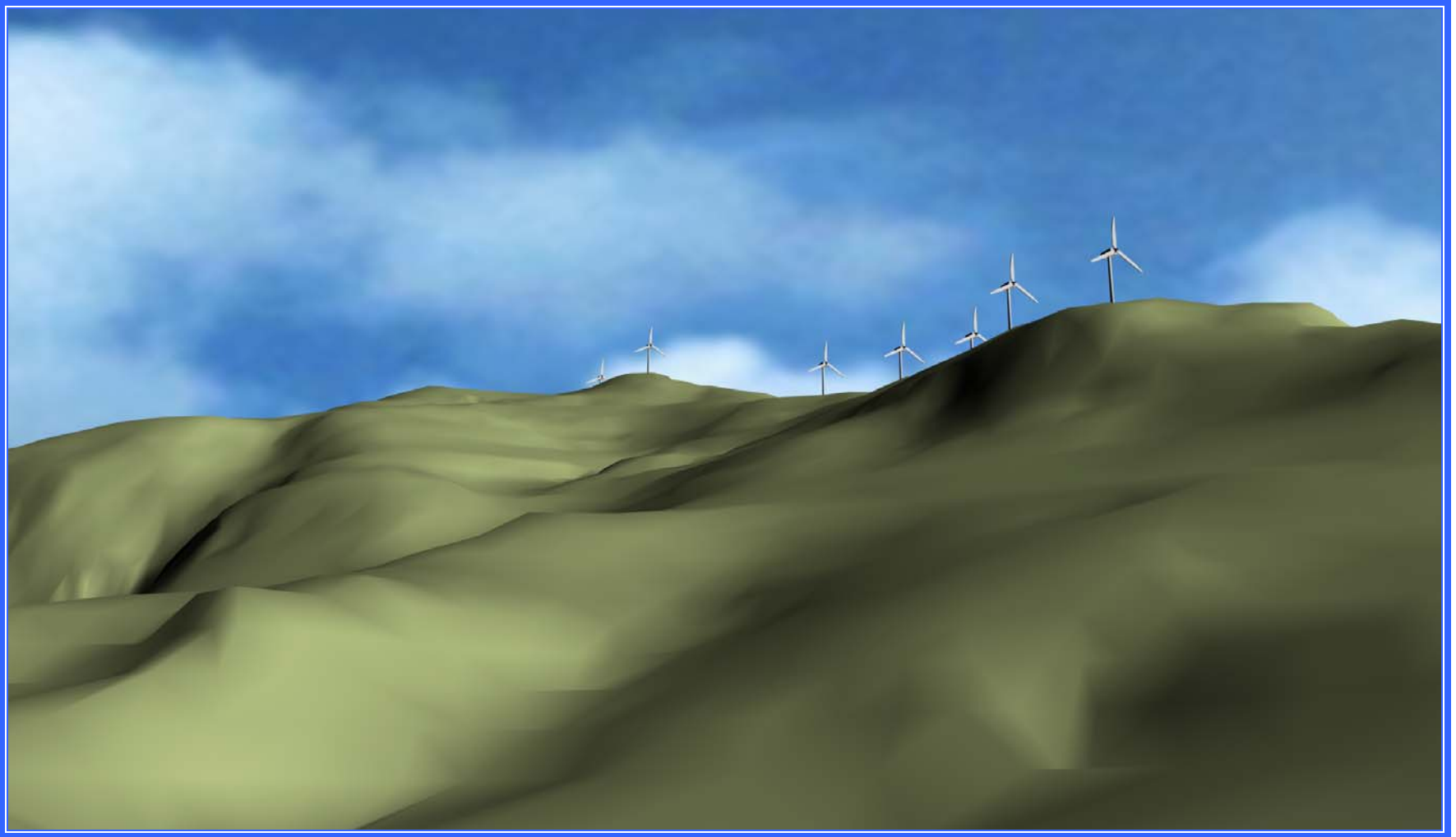
Κάτω Βιάννος - Φωτορεαλισμός : ΦΩΤΟ 1-target 2



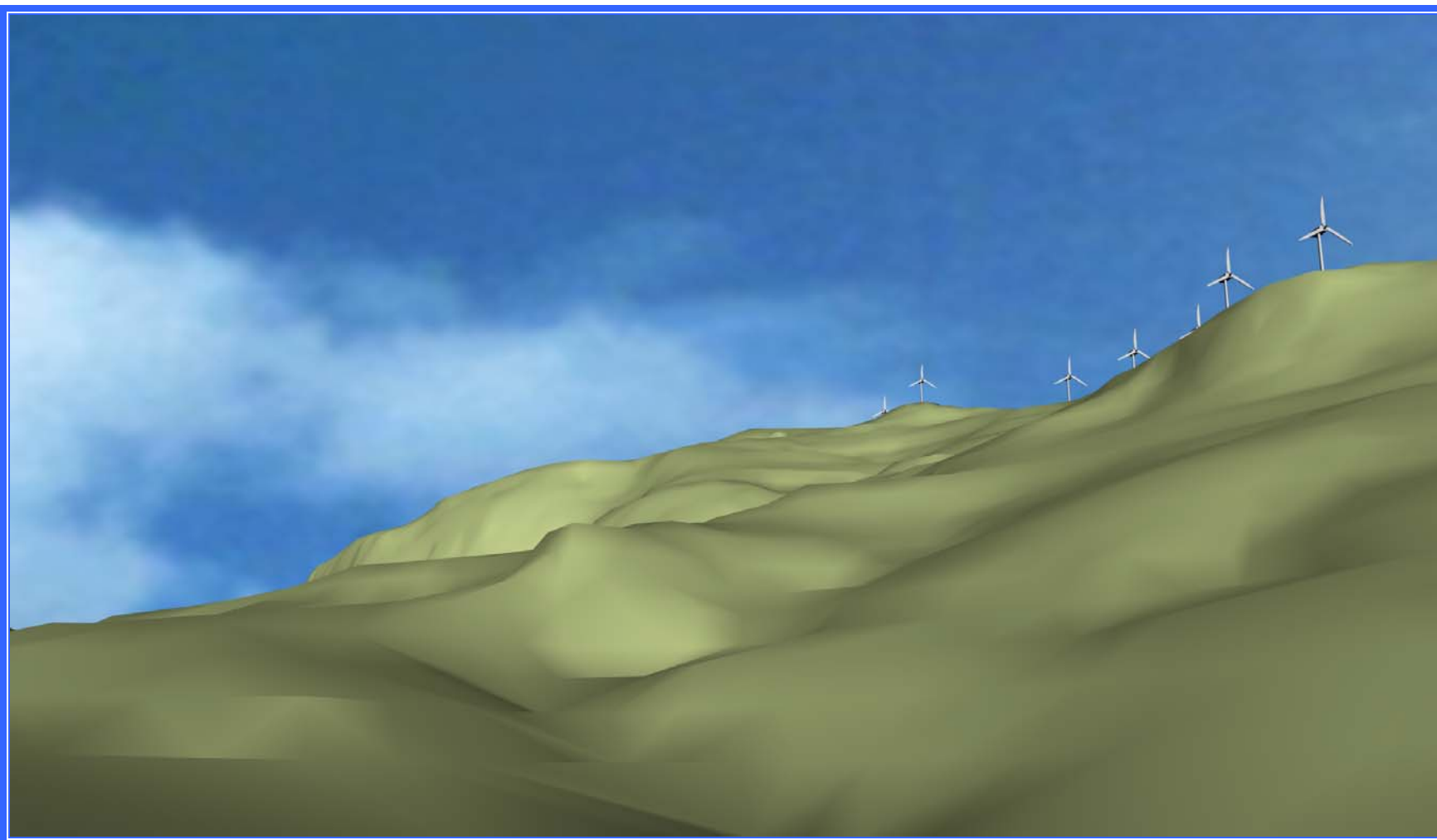
Κάτω Βιάννος - Φωτορεαλισμός : ΦΩΤΟ 1-target 3



Κάτω Βιάννος - Φωτορεαλισμός : ΦΩΤΟ 1-target 4



Από δρόμο - Φωτορεαλισμός : ΦΩΤΟ 2-target 1



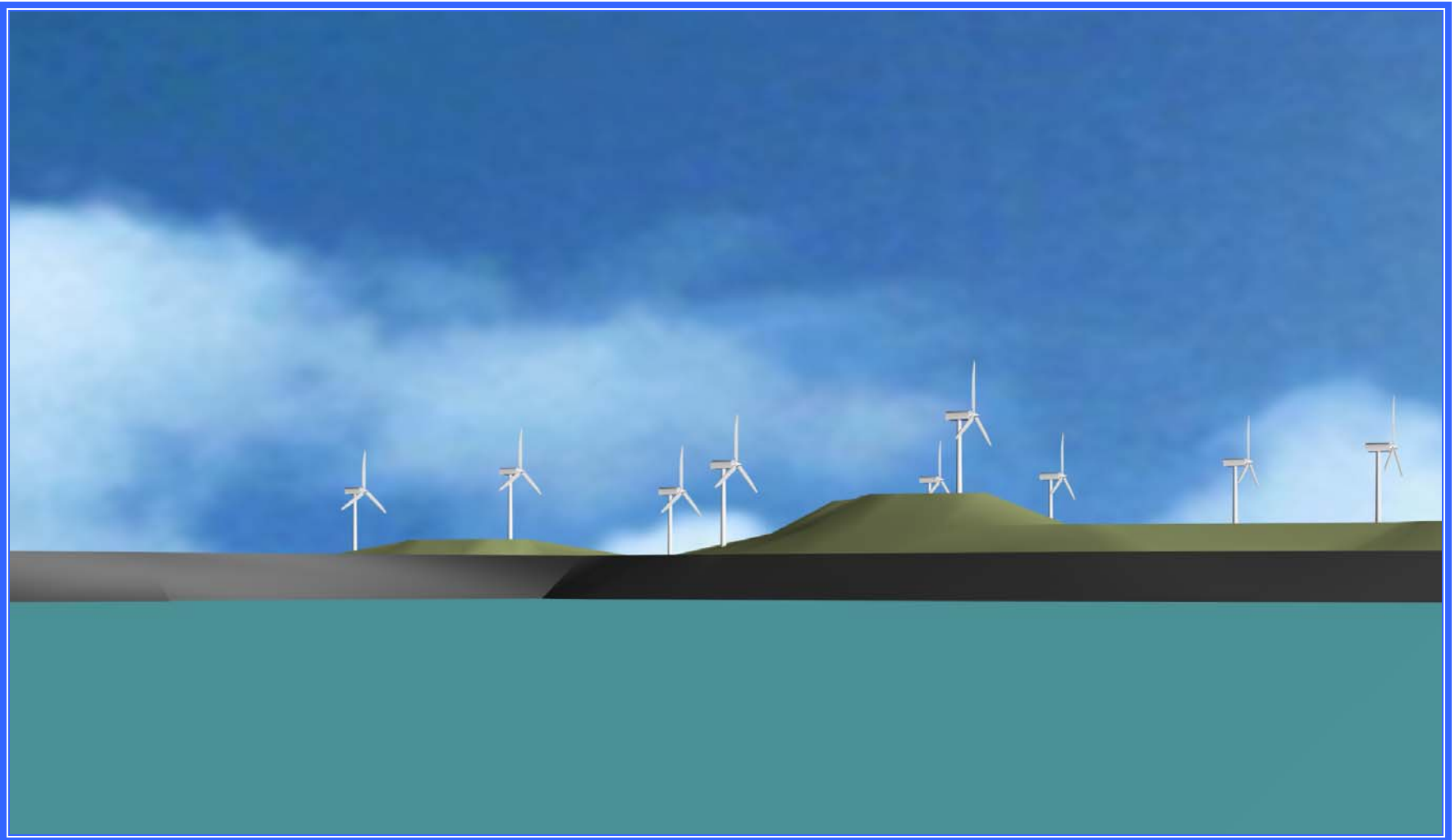
Από δρόμο - Φωτορεαλισμός : ΦΩΤΟ 2-target 2



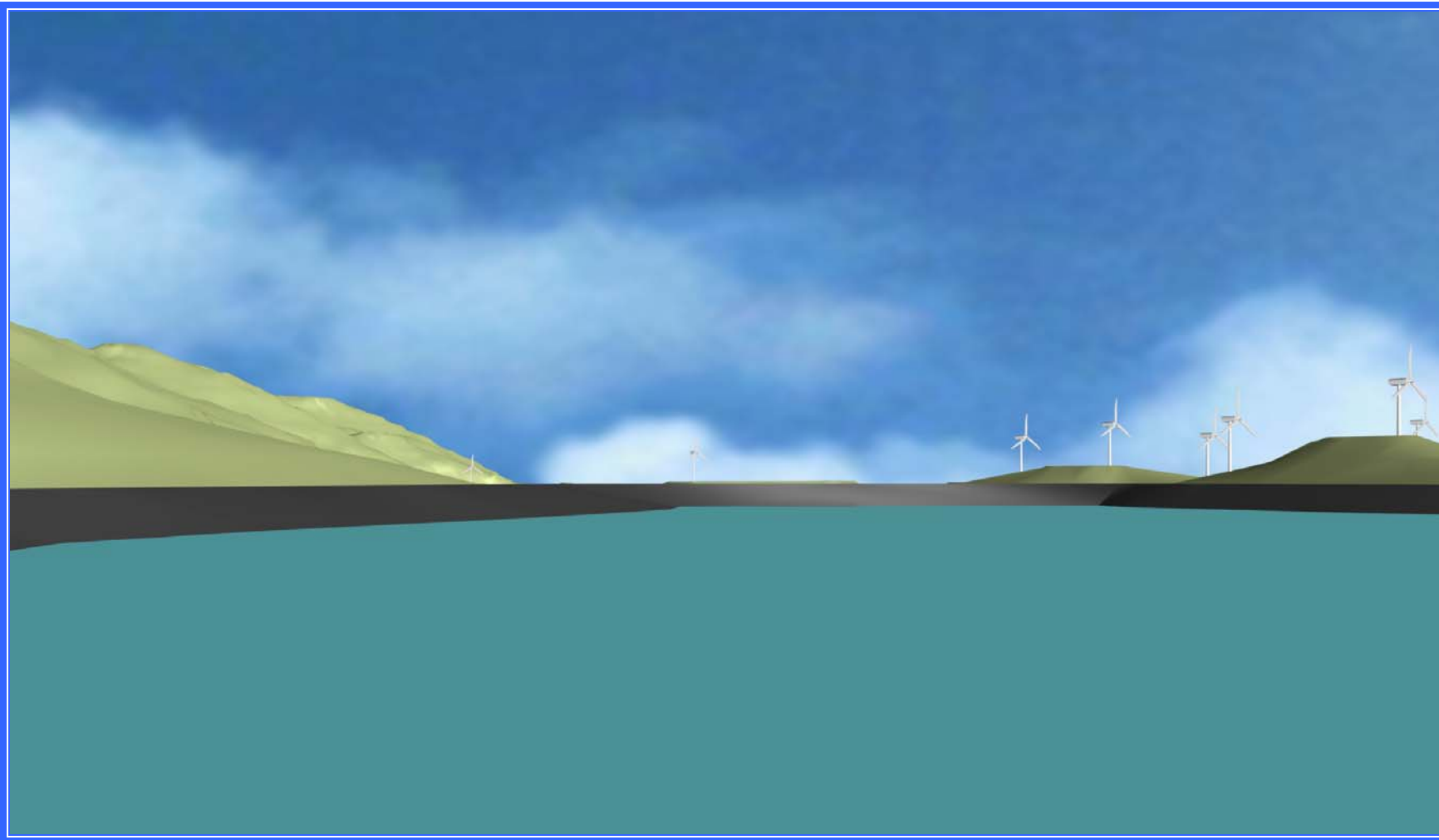
Από Λουτράκι - Φωτορεαλισμός : ΦΩΤΟ 3-target 1



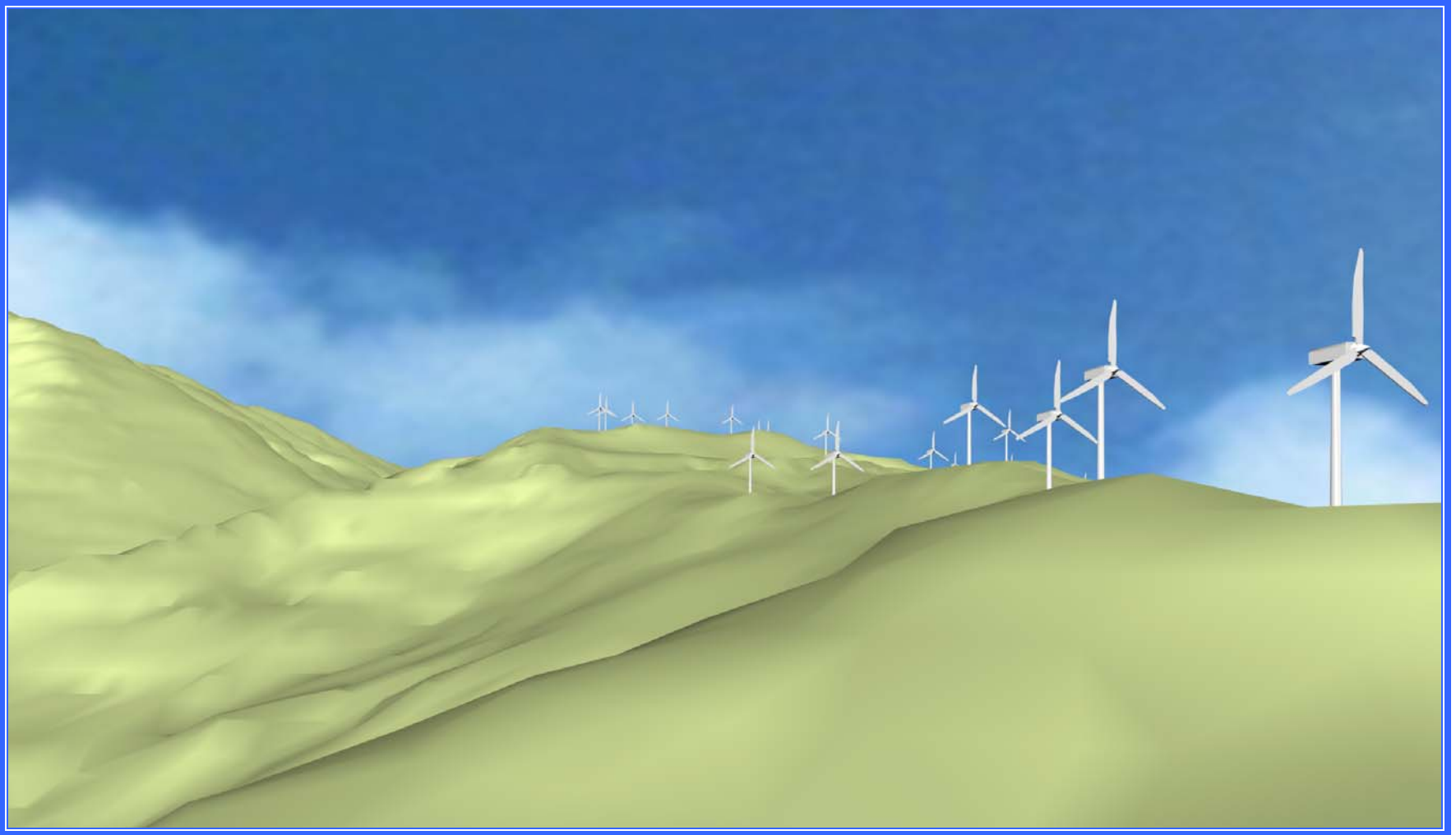
Από Λουτράκι - Φωτορεαλισμός : ΦΩΤΟ 3-target 2



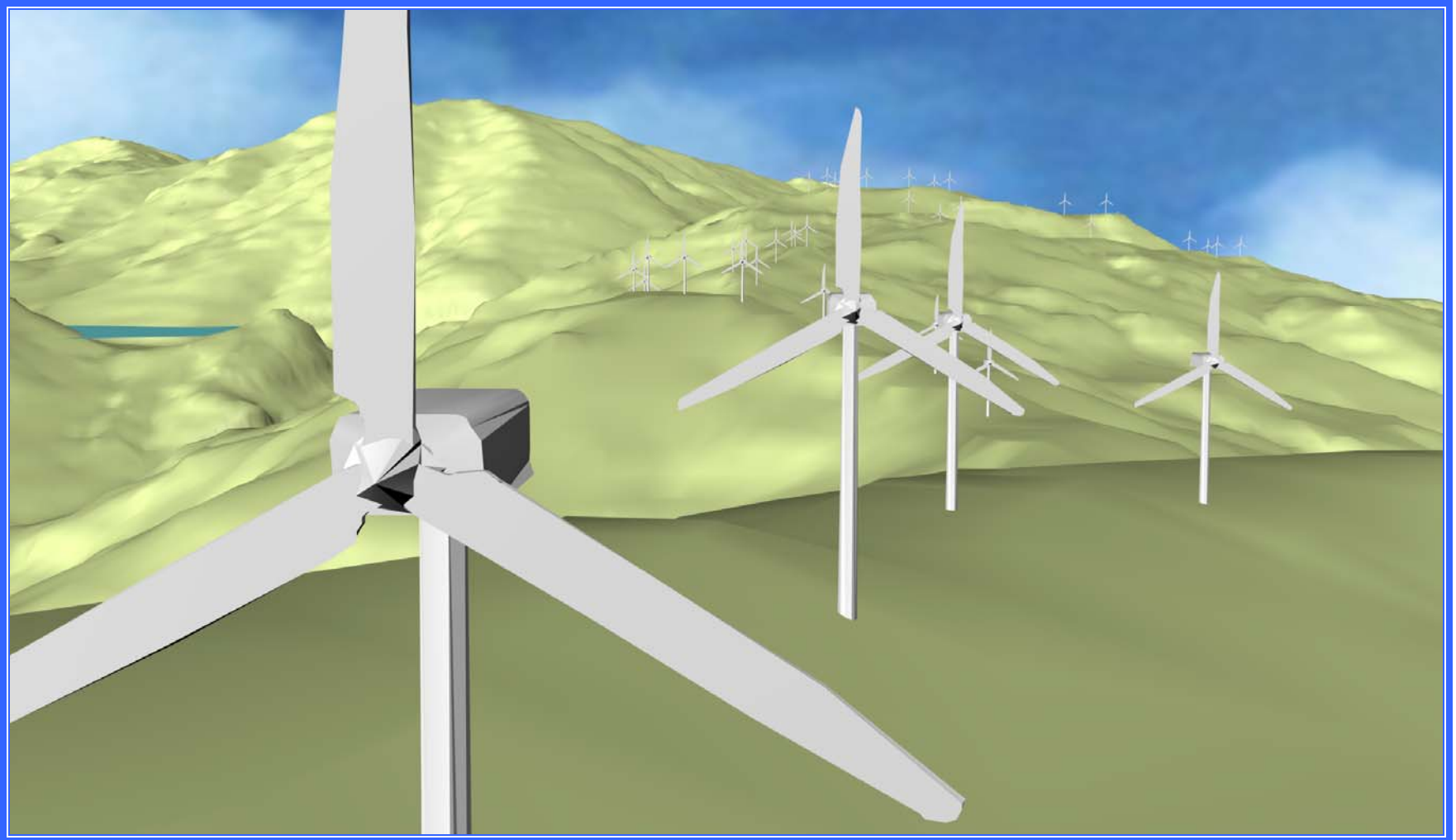
Από τον Ομαλό - Φωτορεαλισμός : ΦΩΤΟ 4-target 1



Από τον Ομαλό - Φωτορεαλισμός : ΦΩΤΟ 4-target 2



Φωτορεαλισμός : ΦΩΤΟ 5



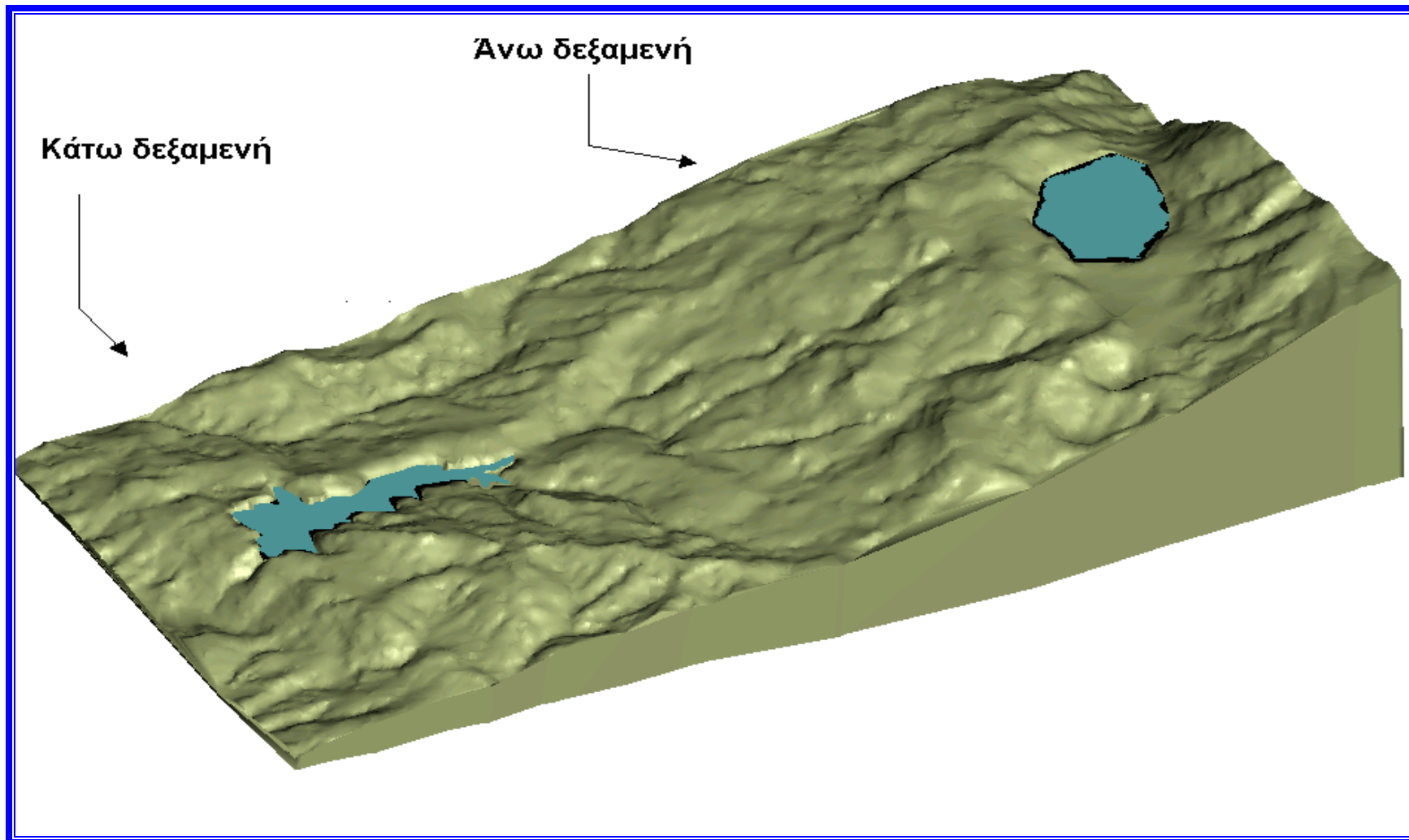
Φωτορεαλισμός : ΦΩΤΟ 6



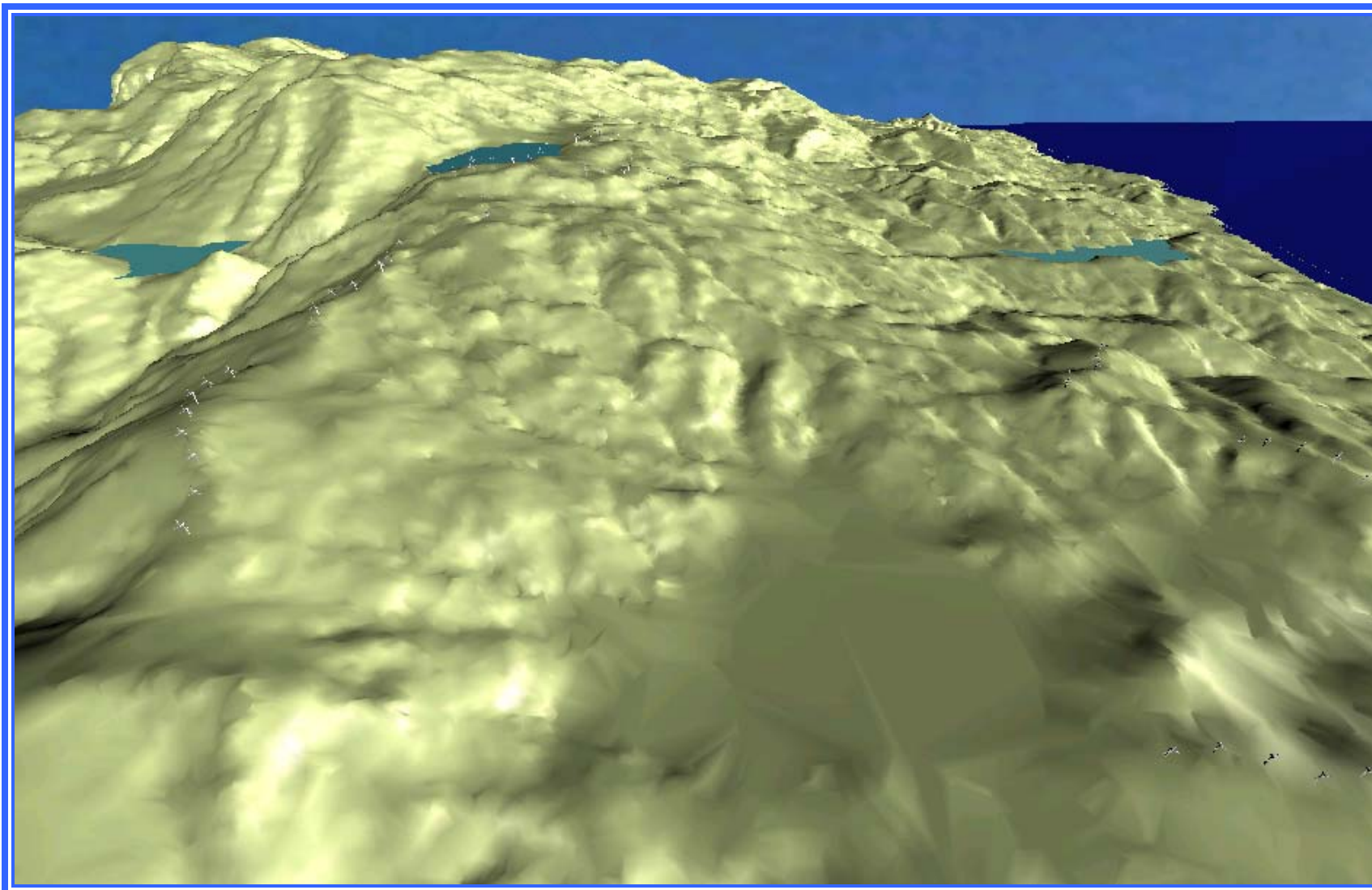
Φωτορεαλισμός : ΦΩΤΟ 7



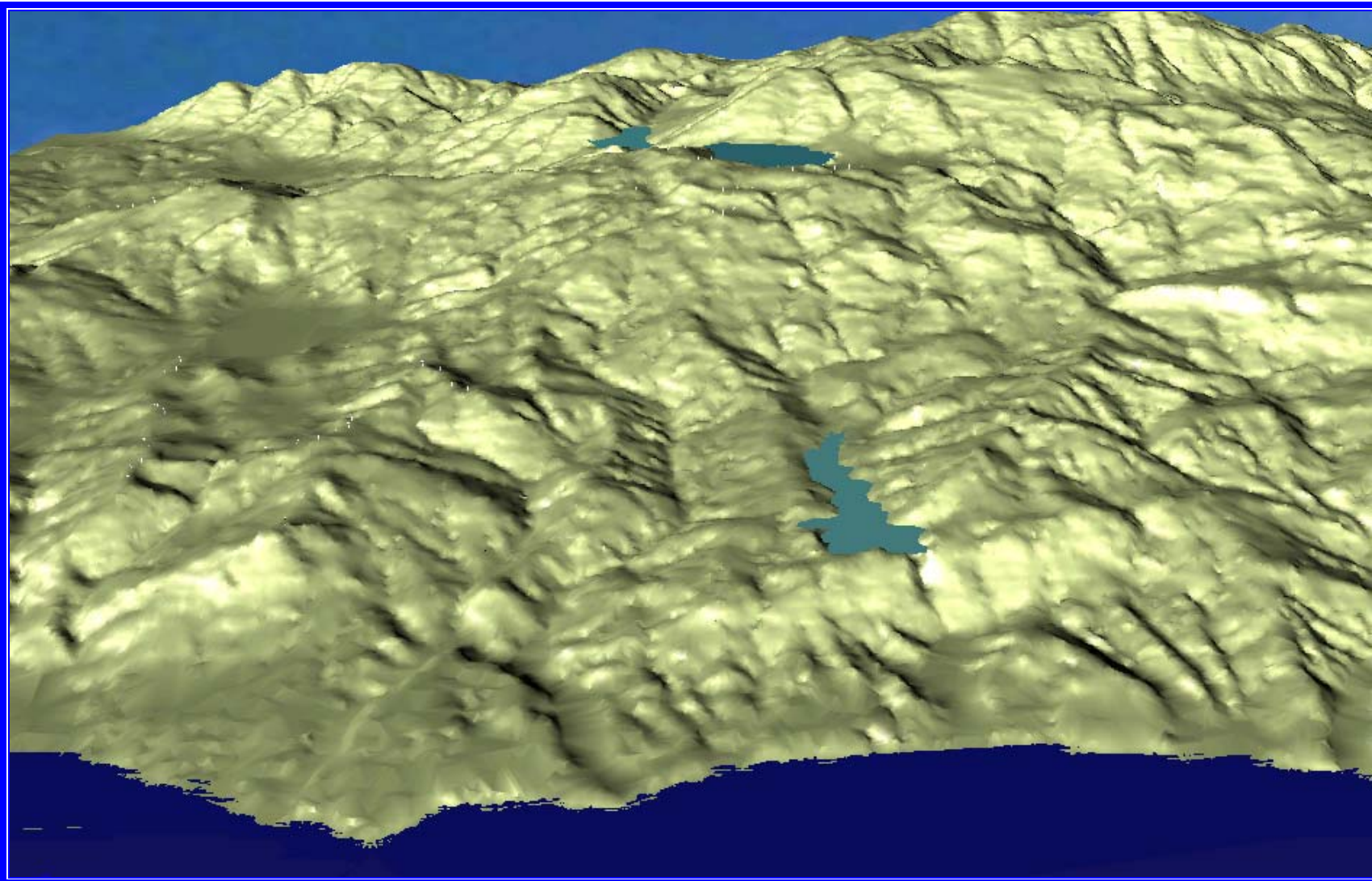
Φωτορεαλισμός : ΦΩΤΟ 8



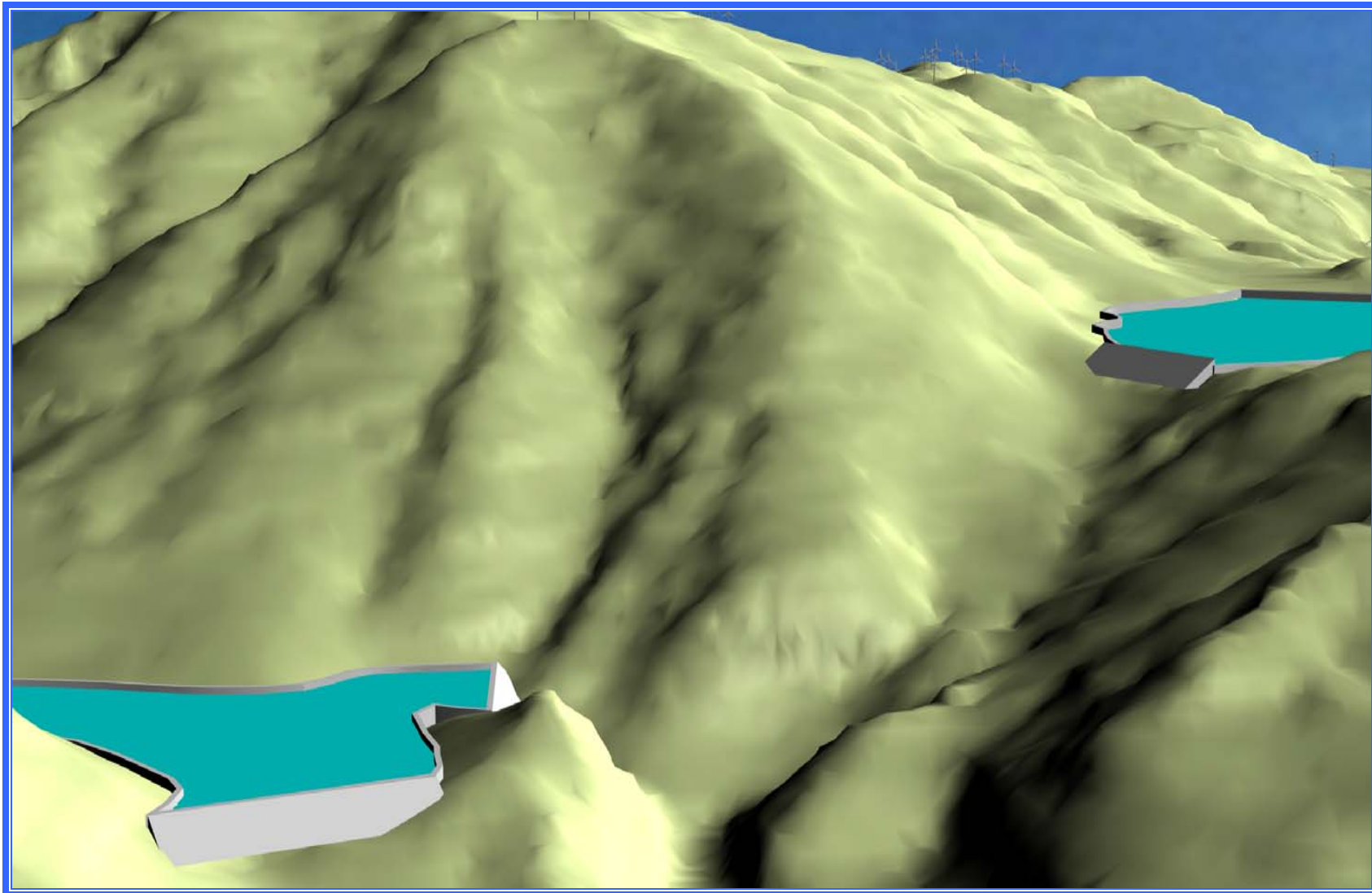
Σχήμα 8.9 Φωτορεαλιστική απεικόνιση του συστήματος Α/Τ



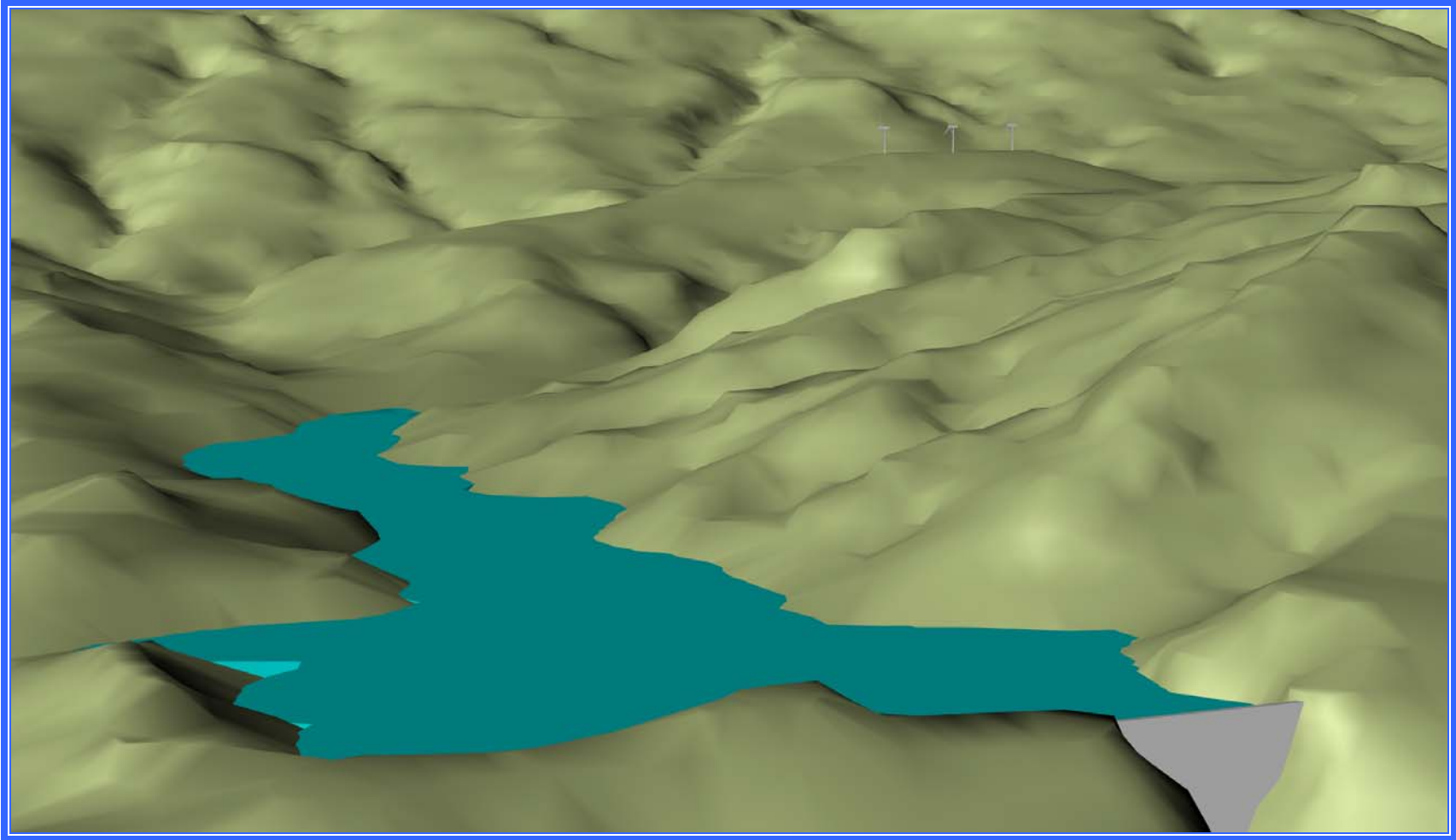
Από την Έμπαρο – Φωτορεαλισμός : ΦΩΤΟ 9



Από την θάλασσα – Φωτορεαλισμός : ΦΩΤΟ 10



Φωτορεαλισμός : ΦΩΤΟ 11



Φωτορεαλισμός : ΦΩΤΟ 12



Φωτορεαλισμός : ΦΩΤΟ 13



ΦΩΤΟΜΟΝΤΑΖ 1



ΦΩΤΟΜΟΝΤΑΖ 2



ΦΩΤΟΜΟΝΤΑΖ 3



ΦΩΤΟΜΟΝΤΑΖ 4