

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ



ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ
ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

(Εφαρμογή σε χωροθέτηση Διεσπαρμένης Παραγωγής στο
Πολυτεχνείο Κρήτης)

Δημήτριος Π. Ρούτσης

Εξεταστική επιτροπή:

Γεώργιος Σταυρακάκης
Κωνσταντίνος Καλαϊτζάκης
Τσικαλάκης Αντώνιος

Καθηγητής Π.Κ. (Επιβλέπων)
Καθηγητής Π.Κ.
Διδάσκων 407 Π.Κ.

Χανιά 2011

*Αφιερώνεται στους γονείς μου,
Παναγιώτη και Αικατερίνη*

Περίληψη

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ) είναι εργαλεία “έξυπνου χάρτη”, τα οποία επιτρέπουν στους χρήστες τους να αποτυπώσουν μια περίληψη του πραγματικού κόσμου, να δημιουργήσουν διαδραστικά ερωτήσεις χωρικού ή περιγραφικού χαρακτήρα (αναζητήσεις δημιουργούμενες από το χρήστη), να αναλύσουν τα χωρικά δεδομένα (spatial data), να τα προσαρμόσουν και να τα αποδώσουν σε αναλογικά ή ψηφιακά μέσα.

Η ανάγκη για καλύτερο σχεδιασμό και για γρήγορη και πιο λεπτομερή παρακολούθηση των διαφόρων συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας, οδήγησαν τους ερευνητές στη χρησιμοποίηση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και στη βελτίωση της σύνδεσης αυτών με τα προγράμματα προσομοίωσης δικτύου.

Στη παρούσα διπλωματική εργασία, εξετάζονται οι δυνατότητες των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και η χρησιμότητα αυτών τόσο για τη χωροθέτηση των εγκαταστάσεων ορισμένων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όσο και για το σχεδιασμό και τη μελέτη του δικτύου διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας κατά την εγκατάσταση τέτοιων μονάδων στο χώρο του Πολυτεχνείου Κρήτης. Για τη μελέτη των ΓΣΠ χρησιμοποιήθηκε το πιο διαδεδομένο πρόγραμμα ΓΣΠ, το ArcGIS 10 και εξετάστηκαν λεπτομερώς οι δυνατότητες που αυτό προσφέρει.

Αρχικά, αναλύθηκαν τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και παρουσιάστηκαν ορισμένες εφαρμογές τους στη διανομή και τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ γίνεται επίσης μία μικρή αναφορά στη δομή και στις δυνατότητες του ArcGIS 10. Μέσω του συγκεκριμένου προγράμματος παρουσιάζεται επίσης η ενεργειακή κατάσταση του Π.Κ.

Στη συνέχεια, πρώτου γίνεται η χωροθέτηση για τη τοποθέτηση των ΑΠΕ, γίνεται λεπτομερής ανάλυση των κριτηρίων-περιορισμών που πρέπει να τηρούνται για την ασφάλεια, για την αποδοτικότερη λειτουργία τους και για τη προστασία του περιβάλλοντος και των αρχαιολογικών χώρων. Επιπλέον, παρουσιάζονται ορισμένα εργαλεία του ArcGIS 10 τα οποία είναι απαραίτητα για τη χωροθέτηση.

Γνωρίζοντας τα κριτήρια-περιορισμούς, έγινε η χωροθέτηση για την εγκατάσταση ενός μικρού αιολικού πάρκου στη πολυτεχνειούπολη και αφού μελετήθηκαν οι προτεινόμενες περιοχές, εγκαταστάθηκε στην καταλληλότερη τοποθεσία. Στη συνέχεια, αφού εξετάστηκαν κάποια καινούργια κριτήρια-περιορισμοί, έγινε η χωροθέτηση για την εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου στη πολυτεχνειούπολη. Επίσης, εξετάστηκε η δυνατότητα εγκατάστασης Φ/Β ισχύος στις οροφές και η ισχύς που κατ' εκτίμηση μπορεί να χωρέσει σε κάθε κτίριο.

Στο τελευταίο κομμάτι της εργασίας μας, εξετάστηκε η δυνατότητα σύνδεσης των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών με τα συστήματα προσομοίωσης δικτύου. Αφού έγινε η σύνδεση του προγράμματος ArcGIS 10 με το πρόγραμμα προσομοίωσης δικτύου, PowerWorld, μελετήθηκε το δίκτυο διανομής του Π.Κ. , υπολογίστηκαν οι απώλειες του και εξετάστηκε η οικονομικότερη επιλογή των καλωδίων διασύνδεσης.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Σταυρακάκη Γεώργιο, καθηγητή του Πολυτεχνείου Κρήτης, που μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα θέμα άκρως ενδιαφέρον , καθώς και για τις πολύτιμες συμβουλές και υποδείξεις που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας μου.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον κ. Τσικαλάκη Αντώνιο για το χρόνο που αφιέρωσε δίνοντάς μου πολύτιμες συμβουλές και πληροφορίες κατά τη διάρκεια της εργασίας μου.

Λέξεις Κλειδιά

Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, ΓΣΠ, GIS, Χωροθέτηση, Χάρτες, Χωρικά και Περιγραφικά Δεδομένα, ArcGIS, PowerWorld, Χωροθέτηση Φωτοβολταϊκών Πλαισίων, Χωροθέτηση Φωτοβολταϊκού Πάρκου, Χωροθέτηση Αιολικού Πάρκου, Μελέτη Δικτύου Διανομής, Διεσπαρμένη Παραγωγή, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Περιεχόμενα

Περίληψη	4
Ευχαριστίες	5
Λέξεις Κλειδιά	6
Πίνακας Εικόνων	10
Πίνακας Χαρτών	12
Πίνακας Πινάκων	13
1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ : Εισαγωγή στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ)	15
1.1 Γενικά.....	15
1.2 Συντελεστές GIS	15
1.2.1 Δεδομένα.....	16
1.2.2 Υπολογιστικό Σύστημα και τα Περιφερειακά του.....	19
1.2.3 Λογισμικό	20
1.2.4 Ανθρώπινο Δυναμικό.....	20
1.3 Εφαρμογές των ΓΣΠ.....	20
1.4 Τα GIS στη Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας	23
1.5 Τα GIS στη Μεταφορά Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	24
1.6 Εισαγωγή στο ArcGIS	27
1.7 Δομή και Περιεχόμενο Εργασίας.....	30
2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ : Χρήσιμα Εργαλεία του ArcGIS.....	31
2.1.1 Εργαλείο UNION.....	31
2.1.2 Εργαλείο ERASE.....	32
2.1.3 Εργαλείο Buffer Wizard	33
3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ : Απεικόνιση Ενεργειακών Πληροφοριών για το Πολυτεχνείο Κρήτης.....	37
3.1 Συνολικό θερμικό φορτίο ανά κτίριο.....	38
3.2 Συνολικό ψυκτικό φορτίο ανά κτίριο	39
3.3 Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (MCal/h) ανά κτίριο	40
3.4 Εγκατεστημένη ισχύς κλιματισμού ανά κτίριο.....	41
3.5 Σχεδιαζόμενη εγκατάσταση συμπαραγωγής ανά κτίριο.....	42
4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ : Κριτήρια – Περιορισμοί για τη τοποθέτηση Ανεμογεννήτριας.....	44
4.1 Εισαγωγή.....	44
4.2 Κριτήριο 1 – Ασφάλεια.....	44

4.3	Κριτήριο 2 – Στροβιλισμός Αέρα (Turbulence).....	45
4.3.1	Επικρατούσα Κατεύθυνση Ανέμου (Prevailing Wind Direction).....	45
4.4	Κριτήριο 3 – Περιβαλλοντικοί Περιορισμοί.....	46
4.5	Κριτήριο 4 – Περιοχή Μειωμένης Ταχύτητας (Wake Loss Area).....	47
4.5.1	Τραχύτητα Εδάφους.....	48
5.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ : Χωροθέτηση για τη τοποθέτηση Ανεμογεννητριών μέσω του ArcGIS στο Π.Κ.	51
5.1	Εφαρμογή 1 ^{ου} Κριτηρίου - Ασφάλεια	51
5.2	Εφαρμογή 2 ^{ου} Κριτηρίου - Στροβιλισμός	56
5.3	Εφαρμογή 3 ^{ου} Κριτηρίου – Προστασία Περιβάλλοντος.....	59
5.4	Εφαρμογή του 1 ^{ου} , 2 ^{ου} και 3 ^{ου} Κριτηρίου.....	62
5.5	Εφαρμογή 4 ^{ου} Κριτηρίου – Περιοχή Μειωμένης Ταχύτητας (Wake Loss Area)	64
5.5.1	Τοποθέτηση των 3 Ανεμογεννητριών	65
6.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ : Εγκατάσταση και Χωροθέτηση Φωτοβολταϊκού Πάρκου στη Πολυτεχνειούπολη	76
6.1	Εισαγωγή.....	76
6.2	Κριτήρια - Περιορισμοί	78
6.2.1	Κριτήριο 1 - Σκίαση.....	78
6.2.2	Κριτήριο 2 – Περιβαλλοντικοί Περιορισμοί.....	79
6.3	Εφαρμογή Κριτηρίων – Περιορισμών στο Π.Κ. με τη χρήση του ArcGIS	80
6.3.1	Εφαρμογή 1 ^{ου} Κριτηρίου - Σκίαση.....	80
6.3.2	Εφαρμογή 2 ^{ου} Κριτηρίου - Περιβαλλοντικοί περιορισμοί.....	85
6.3.3	Τελική Προτεινόμενη Ζώνη.....	87
6.4	Τοποθέτηση Φωτοβολταϊκού Πάρκου.....	89
6.4.1	1 ^ο Σενάριο.....	89
6.4.2	2 ^ο Σενάριο.....	92
6.5	Χωροθέτηση Φωτοβολταϊκών πλαισίων σε Κτίρια	95
7.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ : Σύνδεση Προγραμμάτων GIS και Προγραμμάτων Προσομοίωσης Δικτύου	104
7.1	Εισαγωγή στο PowerWorld Simulator.....	104
7.2	Σύνδεση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και PowerWorld.....	105
7.2.1	Μεταφορά Δεδομένων από το ArcGIS στο PowerWorld	106
7.2.2	Αποτελέσματα Μεταφοράς Δεδομένων από το ArcGIS στο PowerWorld.....	112
7.3	Δημιουργία Δικτύου Διανομής	114
7.3.1	Μεταφορά των Δεδομένων από το ArcGIS στο PowerWorld.....	114
7.3.2	Εισαγωγή στοιχείων του Δικτύου	115

7.4	Περιπτώσεις Προσομοιώσεων - Αποτελέσματα.....	119
7.4.1	Ημέρα Τυπικής Κατανάλωσης Μαρτίου με Τυπική Παραγωγή από τα Φ/Β	119
7.4.2	Ημέρα Μέγιστης Κατανάλωσης Χειμώνα με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β.....	123
7.4.3	Ημέρα Αιχμής Καλοκαιριού με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β.....	126
7.4.4	Ημέρα Μέγιστης Κατανάλωσης με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β.....	129
7.4.5	Ημέρα Χαμηλής Κατανάλωσης Χειμώνα με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β	132
7.4.6	Ημέρα Χαμηλής Κατανάλωσης Μάιου με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β	135
7.4.7	Αποτελέσματα Περιπτώσεων.....	138
7.4.8	Αποτελέσματα Περιπτώσεων χωρίς τη παραγωγή από το Φωτοβολταϊκό Πάρκο	140
7.4.9	Επιλογή Καλωδίου Διασύνδεσης των Φ/Β με Οικονομικά Κριτήρια	142
8.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ : Συμπεράσματα	151
	Βιβλιογραφία και Αναφορές.....	156

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1.1 : Σχηματική απόδοση των συστατικών ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών ...	16
Εικόνα 1.2 : Πολυγωνικά Χωρικά Δεδομένα	17
Εικόνα 1.3 : Γραμμικά Χωρικά Δεδομένα	17
Εικόνα 1.4 : Σημειακά Χωρικά Δεδομένα	17
Εικόνα 1.5 : Παρουσίαση δεδομένων σε μορφή διανύσματος (αριστερά) και σε μορφή κανάβου (δεξιά)	18
Εικόνα 1.6 : Παραδείγματα μη χωρικών ή περιγραφικών δεδομένων για σημειακά δεδομένα (κτίρια) και για γραμμικά δεδομένα (δρόμοι)	19
Εικόνα 1.7 : Απεικόνιση ηλεκτρικού δικτύου στο Εθνικό Σύστημα για την Ενέργεια.....	25
Εικόνα 1.8 : Ανάλυση Αιολικού Δυναμικού	25
Εικόνα 1.9 : Συνολική άποψη ολόκληρου του ψηφιοποιημένου δικτύου της Λακωνίας.....	26
Εικόνα 1.10 : Συνολική άποψη ολόκληρου του ψηφιοποιημένου δικτύου της Νότιας περιφέρειας της Ηπείρου	27
Εικόνα 1.11 : Παρουσίαση των 3 διαθέσιμων εκδόσεων	28
Εικόνα 1.12 : Παρουσίαση του ArcGIS Desktop	29
Εικόνα 2.1 : Παράδειγμα χρήσης της εντολής UNION (Ένωση) του ArcToolbox	32
Εικόνα 2.2 : Παράδειγμα χρήσης της εντολής Erase (Αφαίρεση) του ArcToolbox.	33
Εικόνα 2.3 : 1ο βήμα χρήσης του Buffer Wizard	34
Εικόνα 2.4 : 2ο βήμα χρήσης του Buffer Wizard	35
Εικόνα 2.5 : 3ο βήμα χρήσης του Buffer Wizard	36
Εικόνα 4.1 : Πτώση μιας ανεμογεννήτριας.....	44
Εικόνα 4.2 : Εδώ παρουσιάζεται η περιοχή όπου επικρατεί το φαινόμενο του στροβιλισμού του αέρα	45
Εικόνα 4.3 : Ροδόγραμμα του Ανέμου.....	46
Εικόνα 4.4 : Τρισδιάστατη απεικόνιση της περιοχής με μειωμένη ταχύτητα.....	47
Εικόνα 4.5 : Περιοχή Μειωμένης Ταχύτητας (Wake Loss Area).....	48
Εικόνα 5.1 : Παράδειγμα χρήσης του “Select By Attribute...”	57
Εικόνα 5.2 : Περιοχές NATURA 2000 στη Κρήτη [22]	59
Εικόνα 5.3 : Ταμπλό γεωφυσικού χάρτη της Ελλάδας, πάνω στον οποίο φαίνονται οι εθνικοί δρυμοί [21]	60
Εικόνα 5.4 : Αναπαράσταση των συνολικών εργασιών για τη σχεδίαση της τελικής προτεινόμενης ζώνης για τη τοποθέτηση μιας ανεμογεννήτριας	63
Εικόνα 6.1 : Απεικόνιση της πυκνότητας των κατοικημένων περιοχών για τις αποσπασμένες κατοικίες	76
Εικόνα 6.2 : Ετήσιο μέσο καθημερινό άθροισμα της παγκόσμιας ακτινοβολίας, το οποίο δίνεται ως είσοδος στα solar panels σε οριζόντια θέση και αυτά που βρίσκονται σε κλίση 15 και 25 μοιρών ...	77
Εικόνα 6.3 : Εικόνα της περιοχής όπου γίνεται η έρευνα	77
Εικόνα 6.4 : Παράδειγμα διάταξης φωτοβολταϊκού πάρκου.....	78
Εικόνα 6.5 : Απώλειες από σκίαση	79

Εικόνα 6.6 : Παράδειγμα χρήσης του Field Calculator	81
Εικόνα 6.7 : Τα αποτελέσματα της χρήσης του Field Calculator	82
Εικόνα 6.8 : Απόδοση Φ/Β σε σχέση με το προσανατολισμό και τη κλίση.....	90
Εικόνα 6.9 : Απόδοση Φ/Β σε σχέση με το προσανατολισμό και τη κλίση.....	91
Εικόνα 6.10 : Παράδειγμα διάταξης φωτοβολταϊκού πάρκου	94
Εικόνα 6.11 : Εργαλείο Measure	95
Εικόνα 6.12 : Τιμές μηκών και πλατών των κτιρίων.....	96
Εικόνα 6.13 : Data Frame Properties... ..	97
Εικόνα 6.14 : Grids and Graticules Wizard.....	98
Εικόνα 6.15 : Create a measured grid.....	99
Εικόνα 6.16 : Axes and labels.....	99
Εικόνα 6.17 : Create a measured grid.....	100
Εικόνα 6.18 : Summarize.....	102
Εικόνα 6.19 : Αποτελέσματα Summarize (Sum_Output_3.dbf)	102
Εικόνα 6.20 : Γραφική αναπαράσταση των Φ/Β πλασιών ανά κτίριο	103
Εικόνα 7.1 : Παράδειγμα σχέσης GIS και PowerWorld	106
Εικόνα 7.2 : Εισαγωγή.....	107
Εικόνα 7.3 : Διάβασμα Δεδομένων.....	108
Εικόνα 7.4 : Modify	109
Εικόνα 7.5 : Identify	110
Εικόνα 7.6 : Format.....	111
Εικόνα 7.7 : Shape List	112
Εικόνα 7.8 : Αποτέλεσμα Measure Line.....	116
Εικόνα 7.9 : Επιλογή εντολής Measure Line	116
Εικόνα 7.10 : Απώλειες Γραμμής που συνδέει τον Υ/Σ με το Φ/Β πάρκο	121
Εικόνα 7.11 : Συνολικές Απώλειες Γραμμών	122
Εικόνα 7.12 : Απώλειες Γραμμής που συνδέει τον Υ/Σ με το Φ/Β πάρκο	125
Εικόνα 7.13 : Συνολικές Απώλειες Γραμμών	125
Εικόνα 7.14 : Απώλειες Γραμμής που συνδέει τον Υ/Σ με το Φ/Β πάρκο	128
Εικόνα 7.15 : Συνολικές Απώλειες Γραμμών	128
Εικόνα 7.16 : Απώλειες Γραμμής που συνδέει τον Υ/Σ με το Φ/Β πάρκο	131
Εικόνα 7.17 : Συνολικές Απώλειες Γραμμών	131
Εικόνα 7.18 : Απώλειες Γραμμής που συνδέει τον Υ/Σ με το Φ/Β πάρκο	134
Εικόνα 7.19 : Συνολικές Απώλειες Γραμμών	134
Εικόνα 7.20 : Απώλειες Γραμμής που συνδέει τον Υ/Σ με το Φ/Β πάρκο	137
Εικόνα 7.21 : Συνολικές Απώλειες Γραμμών	137
Εικόνα 7.22 : Απώλειες Γραμμής Φ/Β και Απώλειες Δικτύου ανά Περίπτωση.....	139
Εικόνα 7.23 : Απώλειες δικτύου των περιπτώσεων με και χωρίς τη παραγωγή από τα Φ/Β.....	141
Εικόνα 7.24 : Απώλειες δικτύου των περιπτώσεων με και χωρίς τη παραγωγή από τα Φ/Β.....	141
Εικόνα 7.25 : Μηνιαίες απώλειες Δικτύου ανά Καλώδιο.....	145
Εικόνα 7.26 : Συνολικές απώλειες ανά Καλώδιο.....	146
Εικόνα 8.1 : Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.....	151
Εικόνα 8.2 : ΓΣΠ.....	155

Πίνακας Χαρτών

Χάρτης 3.1 : Απεικόνιση του συνολικού θερμικού φορτίου (kWh) ανά κτίριο μέσω του ArcGIS	38
Χάρτης 3.2 : Απεικόνιση του συνολικού ψυκτικού φορτίου (kWh) ανά κτίριο μέσω του ArcGIS	39
Χάρτης 3.3 : Απεικόνιση της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος (MCal/h) ανά κτίριο μέσω του ArcGIS	40
Χάρτης 3.4 : Απεικόνιση της εγκατεστημένης ισχύος για κλιματισμό (kW) ανά κτίριο μέσω του ArcGIS.....	41
Χάρτης 3.5 : Απεικόνιση της ονομαστικής θερμικής ισχύος εξόδου από συμπαραγωγή (kWth) ανά κτίριο μέσω του ArcGIS.....	42
Χάρτης 3.6 : Απεικόνιση της ονομαστικής ηλεκτρικής ισχύος εξόδου από συμπαραγωγή (kWel) ανά κτίριο μέσω του ArcGIS.....	43
Χάρτης 5.1 : Σε αυτό τον χάρτη φαίνεται η περιοχή, η οποία απέχει 27.4 μέτρα από τα κτίρια του Π.Κ.	52
Χάρτης 5.2 : Σε αυτό τον χάρτη φαίνεται η περιοχή, η οποία απέχει 27.4 μέτρα από τα Parking του Π.Κ.	53
Χάρτης 5.3 : Σε αυτό τον χάρτη φαίνεται η περιοχή, η οποία απέχει 27.4 μέτρα από τα Γήπεδα του Π.Κ.	54
Χάρτης 5.4 : Σε αυτό τον χάρτη φαίνεται η περιοχή, η οποία απέχει 27.4 μέτρα από τους Δρόμους του Π.Κ.	55
Χάρτης 5.5 : Σε αυτό το χάρτη φαίνεται η Τελική Ζώνη Αποκλεισμού για το Πρώτο Κριτήριο-Ασφάλεια	56
Χάρτης 5.6 : Περιοχές εμφάνισης του Στροβιλισμού Αέρα.....	58
Χάρτης 5.7 : Περιοχή με τα δέντρα (Ελιές) στο ΠΚ.....	61
Χάρτης 5.8 : Ακατάλληλη Περιοχή για Περιβαλλοντικούς λόγους.....	62
Χάρτης 5.9 : Τελική ακατάλληλη περιοχή για τοποθέτηση Α/Γ	63
Χάρτης 5.10 : Τελική προτεινόμενη περιοχή για τοποθέτηση Α/Γ.....	64
Χάρτης 5.11 : Τοποθέτηση 1ης Ανεμογεννήτριας	66
Χάρτης 5.12 : Ακατάλληλη περιοχή για τη τοποθέτηση της 2ης Ανεμογεννήτριας.....	67
Χάρτης 5.13 : Τοποθέτηση 2ης Ανεμογεννήτριας	68
Χάρτης 5.14 : Ακατάλληλη Περιοχή για τη τοποθέτηση της 3ης Ανεμογεννήτριας	69
Χάρτης 5.15 : Τοποθέτηση 3ης Ανεμογεννήτριας	70
Χάρτης 5.16 : Τοποθέτηση 3 Ανεμογεννητριών και οι ακατάλληλες περιοχές που δημιουργούν	71
Χάρτης 5.17 : Πιθανές τριάδες ανεμογεννητριών.....	72
Χάρτης 5.18 : Πιθανές τριάδες ανεμογεννητριών και οι ακατάλληλες περιοχές τους.....	73
Χάρτης 5.19 : Ανεμογεννήτρια και η περιοχή μειωμένης ταχύτητας που προκαλεί.....	74
Χάρτης 5.20 : Πιθανές τριάδες ανεμογεννητριών και οι περιοχές μειωμένης ταχύτητας που προκαλούν	75
Χάρτης 6.1 : Σκίαση από τα Κτίρια.....	83
Χάρτης 6.2 : Σκίαση από τα Parking.....	84
Χάρτης 6.3 : Ακατάλληλη Περιοχή λόγω Σκίασης	85

Χάρτης 6.4 : Περιοχή με τα δέντρα (Ελιές) στο ΠΚ.....	86
Χάρτης 6.5 : Ακατάλληλη Περιοχή για Περιβαλλοντικούς λόγους.....	87
Χάρτης 6.6 : Ακατάλληλη Περιοχή για Φωτοβολταϊκά	88
Χάρτης 6.7 : Τελική Προτεινόμενη Περιοχή για Φωτοβολταϊκό Πάρκο	89
Χάρτης 6.8 : Τοποθέτηση Φωτοβολταϊκού Πάρκου.....	92
Χάρτης 6.9 : Τοποθέτηση Φωτοβολταϊκού Πάρκου.....	94
Χάρτης 6.10 : Παράδειγμα χρήσης του Grid	101
Χάρτης 7.1 : Απεικόνιση Κρήτης στο ArcGIS.....	113
Χάρτης 7.2 : Απεικόνιση Κρήτης στο PowerWorld	113
Χάρτης 7.3 : Χάρτης ΠΚ στο PowerWorld.....	114
Χάρτης 7.4 : Χάρτης ΠΚ στο PowerWorld.....	118

Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 4.1 : Κατηγορίες τραχύτητας	49
Πίνακας 4.2 : Πίνακας υπολογισμού της κατηγορίας και του μήκους τραχύτητας	50
Πίνακας 7.1 : Ομάδες Κτιρίων του ΠΚ	115
Πίνακας 7.2 : Κατανάλωση των Κτιρίων ανά ώρα.....	119
Πίνακας 7.3 : Παραγωγή από το Φωτοβολταϊκό Πάρκο ανά ώρα.....	120
Πίνακας 7.4 : Απώλειες Ημέρα Τυπικής Κατανάλωσης Μαρτίου με Τυπική Παραγωγή από τα Φ/Β	121
Πίνακας 7.5 : Κατανάλωση των Κτιρίων ανά ώρα.....	123
Πίνακας 7.6 : Παραγωγή από το Φωτοβολταϊκό Πάρκο ανά ώρα.....	124
Πίνακας 7.7 : Απώλειες Ημέρα Μέγιστης Κατανάλωσης Χειμώνα με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β	124
Πίνακας 7.8 : Κατανάλωση των Κτιρίων ανά ώρα.....	126
Πίνακας 7.9 : Παραγωγή από το Φωτοβολταϊκό Πάρκο ανά ώρα.....	127
Πίνακας 7.10 : Απώλειες Ημέρα Αιχμής Καλοκαιριού με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β	127
Πίνακας 7.11 : Κατανάλωση των Κτιρίων ανά ώρα.....	129
Πίνακας 7.12 : Παραγωγή από το Φωτοβολταϊκό Πάρκο ανά ώρα.....	130
Πίνακας 7.13 : Απώλειες Ημέρα Μέγιστης Κατανάλωσης με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β	130
Πίνακας 7.14 : Κατανάλωση των Κτιρίων ανά ώρα.....	132
Πίνακας 7.15 : Παραγωγή από το Φωτοβολταϊκό Πάρκο ανά ώρα.....	133
Πίνακας 7.16 : Απώλειες Ημέρα Χαμηλής Κατανάλωσης Χειμώνα με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β	133
Πίνακας 7.17 : Κατανάλωση των Κτιρίων ανά ώρα.....	135
Πίνακας 7.18 : Μέγιστη Παραγωγή από το Φωτοβολταϊκό Πάρκο ανά ώρα.....	136
Πίνακας 7.19 : Απώλειες Ημέρα Χαμηλής Κατανάλωσης Μαΐου με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β	136
Πίνακας 7.20 : Συγκεντρωτικός Πίνακας των Περιπτώσεων που μελετήθηκαν	138
Πίνακας 7.21 : Συγκεντρωτικός Πίνακας των Περιπτώσεων που μελετήθηκαν	140
Πίνακας 7.22 : Μηνιαίες απώλειες γραμμής μεταφοράς Φ/Β – Υ/Σ.....	143

Πίνακας 7.23 : Μηνιαίες απώλειες γραμμής διανομής Φ/Β – Υ/Σ.....	144
--	-----

1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ : Εισαγωγή στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ)

1.1 Γενικά

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ), γνωστά ευρέως και ως G.I.S. Geographic Information Systems, είναι συστήματα διαχείρισης χωρικών δεδομένων (spatial data) και συσχετισμένων ιδιοτήτων. Στην πιο αυστηρή μορφή τους είναι ψηφιακά συστήματα, ικανά να ενσωματώσουν, να αποθηκεύσουν, προσαρμόσουν, αναλύσουν και παρουσιάσουν γεωγραφικά συσχετισμένες (geographically-referenced) πληροφορίες. Σε πιο γενική μορφή, τα ΓΣΠ είναι εργαλεία “έξυπνου χάρτη”, τα οποία επιτρέπουν στους χρήστες τους να αποτυπώσουν μια περίληψη του πραγματικού κόσμου, να δημιουργήσουν διαδραστικά ερωτήσεις χωρικού ή περιγραφικού χαρακτήρα (αναζητήσεις δημιουργούμενες από το χρήστη), να αναλύσουν τα χωρικά δεδομένα (spatial data), να τα προσαρμόσουν και να τα αποδώσουν σε αναλογικά ή ψηφιακά μέσα.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ) είναι πληροφοριακά συστήματα (Information Systems) που παρέχουν τη δυνατότητα συλλογής, διαχείρισης, αποθήκευσης, επεξεργασίας, ανάλυσης και οπτικοποίησης, σε ψηφιακό περιβάλλον, των δεδομένων που σχετίζονται με το χώρο. Τα δεδομένα αυτά συνήθως λέγονται γεωγραφικά ή χαρτογραφικά ή χωρικά και μπορεί να συσχετίζονται με μια σειρά από περιγραφικά δεδομένα τα οποία και τα χαρακτηρίζουν μοναδικά.

Η χαρακτηριστική δυνατότητα που παρέχουν τα GIS είναι αυτή της σύνδεσης της χωρικής με την περιγραφική πληροφορία (η οποία δεν έχει από μόνη της χωρική υπόσταση). Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για τη λειτουργία αυτή βασίζεται:

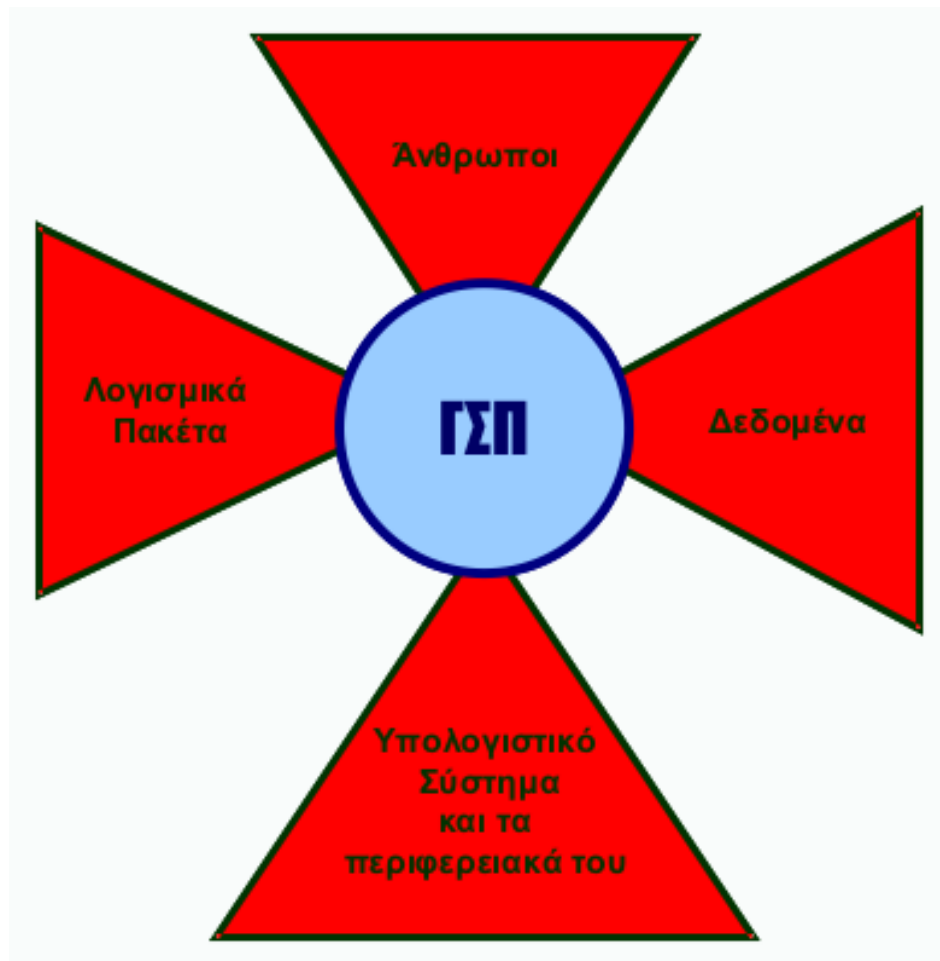
- Είτε στο σχεσιακό (relational) μοντέλο δεδομένων, όπου τα περιγραφικά δεδομένα πινακοποιούνται χωριστά και αργότερα συσχετίζονται με τα χωρικά δεδομένα μέσω κάποιων μοναδικών τιμών που είναι κοινές και στα δύο είδη δεδομένων
- Είτε στο αντικειμενοστραφές (object-oriented) μοντέλο δεδομένων, όπου τόσο τα χωρικά όσο και τα περιγραφικά δεδομένα συγχωνεύονται σε αντικείμενα, τα οποία μπορεί να μοντελοποιούν κάποια αντικείμενα με φυσική υπόσταση.

Το αντικειμενοστραφές μοντέλο τείνει να χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο σε εφαρμογές GIS εξαιτίας των αυξημένων δυνατοτήτων του σε σχέση με το σχεσιακό μοντέλο της δυνατότητας που παρέχει για την εύκολη και απλοποιημένη μοντελοποίηση σύνθετων φυσικών φαινομένων και αντικειμένων με χωρική διάσταση.

1.2 Συντελεστές GIS

Πολλές φορές η ολοκληρωμένη έννοια των GIS (integrated GIS concept) επεκτείνεται για να συμπεριλάβει τόσο τα δεδομένα (που αποτελούν ουσιαστικά τον πυρήνα τους), το υπολογιστικό σύστημα και τα περιφερειακά του, όσο και το λογισμικό και το

ανθρώπινο δυναμικό, που αποτελούν αναπόσπαστα τμήματα ενός οργανισμού, ο οποίος έχει σαν πρωταρχική του δραστηριότητα την διαχείριση πληροφορίας με την βοήθεια GIS.



Εικόνα 1.1 : Σχηματική απόδοση των συστατικών ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών

1.2.1 Δεδομένα

Τα δεδομένα που εισάγονται και χρησιμοποιούνται στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών χωρίζονται γενικά σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Χωρικά Δεδομένα
- Μη χωρικά ή Περιγραφικά Δεδομένα

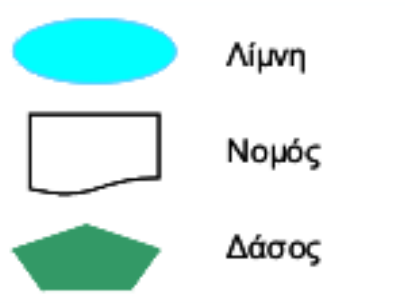
1.2.1.1 Χωρικά Δεδομένα

Τα Χωρικά Δεδομένα διατίθενται με ολοένα αυξανόμενους ρυθμούς σε ψηφιακή μορφή. Τα δεδομένα αυτά είναι συνήθως διαθέσιμα από κυβερνητικές υπηρεσίες και άλλες πηγές (στην Ελλάδα τέτοιες πηγές είναι η Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (ΓΥΣ), το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), κλπ.). Επίσης, μια κύρια πηγή δεδομένων είναι οι δορυφορικές εικόνες οι οποίες προέρχονται από δορυφόρους.

Η χωρική πληροφορία συνήθως αναπαριστάται από πολύγωνα για αντικείμενα όπως οι νομοί, οι γεωλογικοί σχηματισμοί, οι λίμνες κ.τ.λ. , από γραμμές όταν πρόκειται για

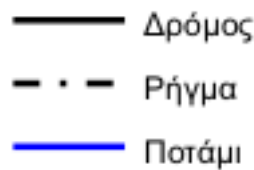
χαρακτηριστικά όπως οι δρόμοι, τα ποτάμια κ.τ.λ. και από τελείες – σημεία όταν πρόκειται για χαρακτηριστικά όπως τα αεροδρόμια, τα νοσοκομεία, οι τηλεφωνικοί θάλαμοι κλπ. Ειδικότερα:

- *Πολυγωνικά Χαρακτηριστικά (Polygon features):* Ένα πολυγωνικό χαρακτηριστικό είναι μια κλειστή περιοχή της οποίας τα όρια περικλείουν μια ομογενή περιοχή (εικόνα 1.2).



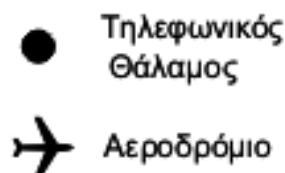
Εικόνα 1.2 : Πολυγωνικά Χωρικά Δεδομένα

- *Γραμμικά χαρακτηριστικά (Line features):* Ένα γραμμικό χαρακτηριστικό αποτελείται από μια ομάδα ενωμένων συντεταγμένων και αντιπροσωπεύει το γραμμικό σχήμα ενός χαρακτηριστικού το οποίο είναι πολύ στενό για να απεικονιστεί ως ένα πολύγωνο (εικόνα 1.3).



Εικόνα 1.3 : Γραμμικά Χωρικά Δεδομένα

- *Σημειακά Χαρακτηριστικά (Point features):* Ένα σημειακό χαρακτηριστικό αντιπροσωπεύει μια μόνο χωρική τοποθεσία. Καθορίζει δε, ένα χαρακτηριστικό πολύ μικρό για να περιγραφεί χαρτογραφικά με μια γραμμή ή ένα πολύγωνο (εικόνα 1.4).



Εικόνα 1.4 : Σημειακά Χωρικά Δεδομένα

Τα χωρικά δεδομένα μετατρέπονται σε ψηφιακή μορφή κατάλληλη για χρήση από τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Επίσης, μπορούν να έχουν δύο μορφές:

1. *Μορφή διανύσματος ή πολυγώνου (vector):* Η δομή αυτή έχει ως βασική μονάδα το διάνυσμα και είναι κατάλληλη στις περιπτώσεις όπου χωρικά δεδομένα είναι δυνατό να οριστούν ακριβώς με τη χρήση γραμμών και όταν επιδιώκεται ο ακριβής

εντοπισμός των αντικειμένων στο χώρο. Με τη χρήση της διανυσματικής μορφής, απαιτείται λιγότερος χώρος στον υπολογιστή, ενώ διάφορα χαρακτηριστικά όπως οι ισοϋψείς ή άλλα σημεία ενδιαφέροντος μπορούν με ευκολία να εντοπισθούν, να ανακτηθούν και να επεξεργαστούν μεμονωμένα (εικόνα 1.5).

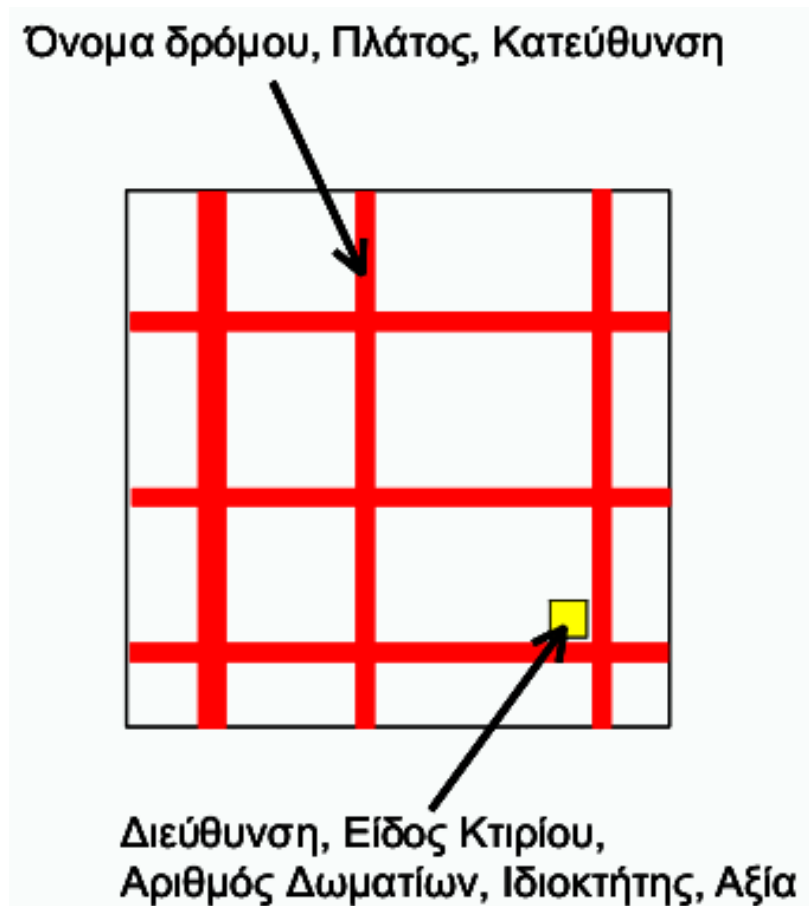
2. *Μορφή κανάβου (raster)*: Στη δομή αυτή, ο χώρος υποδιαιρείται σε όμοια τετράγωνα. Η θέση ενός σημείου ορίζεται από τη γραμμή και τη στήλη του κανάβου στην οποία εμπίπτει. Τα συστήματα κανάβου είναι συμβατά με άλλα δεδομένα όπως τα δορυφορικά (εικόνα 1.5).



Εικόνα 1.5 : Παρουσίαση δεδομένων σε μορφή διανύσματος (αριστερά) και σε μορφή κανάβου (δεξιά)

1.2.1.2 Μη Χωρικά Δεδομένα

Τα περιγραφικά δεδομένα (attribute information) περιγράφουν τις ιδιότητες των αντικειμένων. Για παράδειγμα, ένα περιγραφικό δεδομένο που σχετίζεται με έναν δρόμο μπορεί να είναι το όνομά του, το πλάτος του, η πληροφορία αν είναι ασφαλτοστρωμένος ή όχι, ή η ημερομηνία κατασκευής του (εικόνα 1.6). Τα περιγραφικά δεδομένα αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων η οποία αποθηκεύεται ξεχωριστά από το γραφικό τμήμα του χάρτη. Τα λογισμικά πακέτα GIS διατηρούν εσωτερικούς δεσμούς κάθε γραφικής οντότητας του χάρτη με τη περιγραφική πληροφορία. Η φύση των δεσμών αυτών ποικίλει ανάλογα με το λογισμικό πακέτο.



Εικόνα 1.6 : Παραδείγματα μη χωρικών ή περιγραφικών δεδομένων για σημειακά δεδομένα (κτίρια) και για γραμμικά δεδομένα (δρόμοι)

1.2.2 Υπολογιστικό Σύστημα και τα Περιφερειακά του

1. Έναν προσωπικό υπολογιστή (PC) ή ένα σταθμό εργασίας (workstation)
2. Ένα σύστημα απεικόνισης που να υποστηρίζει έγχρωμες γραφικές απεικονίσεις υψηλής ανάλυσης
3. Ένα σύστημα αποθήκευσης με υψηλή χωρητικότητα
4. Ένα σύστημα εισαγωγής δεδομένων. Το σύστημα αυτό μπορεί να περιέχει:
 - Ψηφιοποιητές (Digitizers)
 - Σαρωτές (Scanners)
5. Ένα σύστημα παρουσίασης των αποτελεσμάτων σε έντυπη μορφή:
 - Εκτυπωτές (Printers)
 - Αυτόματους σχεδιαστές (Plotters)

1.2.3 Λογισμικό

Ένα λογισμικό ΓΣΠ θα πρέπει να παρέχει δυνατότητες ψηφιοποίησης, αποθήκευσης, επεξεργασίας, ανάλυσης και εξαγωγής των δεδομένων. Κρίνεται, επίσης, απαραίτητο ένα λογισμικό δημιουργίας Βάσης Δεδομένων.

1.2.4 Ανθρώπινο Δυναμικό

Το προσωπικό, το οποίο χειρίζεται ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών πρέπει να είναι άρτια εκπαιδευμένο. Εκτός όμως από τους επαγγελματίες και τους επιστήμονες, και οι χρήστες των χαρτών, συμμετέχουν στη δομή των ΓΣΠ, αφού αυτοί είναι οι τελικοί καταναλωτές. Μερικά παραδείγματα ανθρώπων οι οποίοι περιέχονται στη δομή των ΓΣΠ είναι:

- Οι τεχνικοί
- Οι σύμβουλοι
- Οι επιστήμονες
- Οι χαρτογράφοι: οι παραγωγοί του τελικού προϊόντος των ΓΣΠ
- Οι αναλυτές: Εφαρμόζουν μεθόδους προκειμένου να επιλύσουν γεωγραφικά προβλήματα
- Οι υπεύθυνοι Βάσεων Δεδομένων: «χτίζουν», ανανεώνουν και ελέγχουν τις βάσεις δεδομένων

1.3 Εφαρμογές των ΓΣΠ

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών χρησιμοποιούνται σήμερα σε πάρα πολλές πτυχές-τομείς της ζωής μας. Μερικές από τις εφαρμογές των ΓΣΠ είναι οι παρακάτω:

- | | |
|-----------------------|------------------------|
| • Γεωργία | • Γεωλογία |
| • Περιβάλλον | • Δάση, Πυρκαγιές |
| • Υγεία | • Χαρτογραφία |
| • Τοπική Αυτοδιοίκηση | • Τρισδιάστατα Μοντέλα |
| • Κτηματολόγιο | • Βάσεις Δεδομένων |
| • Οδοποιία | • Δορυφορικά Δεδομένα |
| • Χωροταξία | • GPS |
| • Πολεοδομία | • Στατιστικά |
| • Ύδρευση | • Internet εφαρμογές |
| • Αποχέτευση | • Πωλήσεις |
| • ΔΕΗ,ΟΤΕ,ΕΚΑΒ κλπ. | • Multimedia |
| • Μεταφορές | • Marketing |
| • Εκπαίδευση | • Κοινωνική Πρόνοια |
| • Τηλεπικοινωνίες | • Τουρισμός κ.τ.λ. |

Σε κάθε έναν από τους παραπάνω τομείς που αναφέραμε, τα ΓΣΠ έχουν πολλές εφαρμογές. Ενδεικτικά:

1. Εφαρμογές ΓΣΠ στη Γεωργία

- Δηλώσεις καλλιεργειών
- Δημιουργία εδαφολογικού χάρτη
- Χαρτογράφηση εδαφών και βλάστησης
- Πρόβλεψη παραγωγής καλλιέργειας
- Ποιά είναι τα κατάλληλα εδάφη για την ανάπτυξη οπωροκηπευτικών ή άλλων καλλιεργειών;
- Πώς μεταβάλλονται οι χρήσεις γης από χρόνια σε χρόνια;
- Εκτίμηση ζημιών των καλλιεργειών
- Έλεγχος των δηλώσεων καλλιεργειών
- Βελτίωση παραγωγικότητας του εδάφους
- Παραγωγή δημητριακών
- Πόσο γόνιμο είναι το έδαφος;
- Γίνεται ορθή διαχείριση των εδαφικών θρεπτικών συστατικών;
- Σε ποιες περιοχές εντοπίζονται ασθένειες στις καλλιέργειες;
- Προστασία γεωργικών και περιβαλλοντικών περιοχών
- Πώς μπορούμε να βελτιώσουμε τις εδαφικές ιδιότητες;
- Χρήση δορυφορικών εικόνων για εκτίμηση καλλιεργειών
- Ανάλυση αρδευτικού δικτύου
- Εκτίμηση κινδύνου ρύπανσης υπόγειων υδάτων
- Πρόβλεψη μελλοντικών επιπέδων ρυπαντικών ουσιών
- Παρακολούθηση φυσικών καταστροφών

2. Εφαρμογές ΓΣΠ στη Τοπική αυτοδιοίκηση

- Διαχείριση πεζοδρομίων
- Συντήρηση οδοστρωμάτων
- Διαχείριση πρασίνου και πάρκων
- Συντήρηση Ηλεκτροφωτισμού
- Τουριστικά κιόσκια
- Εφαρμογές διαχείρισης τουριστικών πληροφοριών μέσω διαδικτύου
- Καταγραφή χρήσεων γης
- Διαχείριση δεδομένων από πράξεις εφαρμογής
- Χωροθέτηση ΧΥΤΑ
- Δημοτική Συγκοινωνία
- Βελτιστοποίηση δρομολογίων απορριμματοφόρων
- Περιβάλλον
- Υγεία και Πρόνοια
- Δίκτυα Κοινής Ωφέλειας
- Ύδρευση- Αποχέτευση
- Κτηματολόγιο
- Πολεοδομία, Χωροταξία

3. Εφαρμογές ΓΣΠ για Μεταφορές και Συγκοινωνιακά

- Πληροφοριακό Σύστημα για εθνικούς δρόμους, θαλάσσιες συγκοινωνίες. Αερομεταφορές
- Πληροφοριακό Σύστημα για μεταφορά επιβατών και επιβατικών αυτοκινήτων
- Πληροφοριακό Σύστημα για σιδηρόδρομους
- Πληροφοριακό Σύστημα για συντήρηση οδοστρωμάτων- κυκλοφοριακές μελέτες

4. Εφαρμογές ΓΣΠ στην Υγεία

- Γεννήσεις
 - Θάνατοι
 - Δημογραφικά Δεδομένα
 - Μονάδες Φροντίδας Ασθενών
 - Νοσοκομεία
 - Κρούσματα
 - Τοποθεσίες Τοξικών Διαρροών
 - Μολυσματικές Ασθένειες
 - Παρασιτικές Ασθένειες
 - Φαρμακευτικές Εταιρίες
 - Απεικόνιση και Ανάλυση Επιδημιολογικών Εξάρσεων
 - Υγεία και Περιβάλλον
 - Μοντέλα Πρόβλεψης της εξάπλωσης των ασθενειών
- 5. Εφαρμογές ΓΣΠ στην Κτηνοτροφία και την Πτηνοτροφία**
- Εντοπισμός ασθενειών
 - Χορτολιβαδικές εκτάσεις
 - Χωροθέτηση πτηνοτροφείων
 - Βελτίωση ποιότητας
 - Πρόβλεψη παραγωγής
 - Προστασία βοσκοτόπων
 - Μεταφορά ζωικών προϊόντων
 - Κτηνοτροφία και GPS
 - Επίδραση Οικοσυστημάτων
- 6. Εφαρμογές ΓΣΠ στο Marketing και στις Πωλήσεις**
- Ανάλυση Αγοράς
 - Ανάλυση Πωλήσεων
 - Sales Forecasting
 - Διαφήμιση
 - Cannibalization Analysis
 - Segmentation
 - Targeting
 - Market Penetration
 - Logistics
 - Fleet Management
 - Product mix
 - Market Trends analysis
 - Customer Profiling
 - Real Time Vehicle
 - Tracking
 - Site Location Analysis
 - Lease Renewal Analysis
 - Supply Chain Management
 - Direct Marketing
 - Trade Area Definition
 - Risk Analysis
 - Site Selection
 - Strategic Planning

7. Παραγωγή χαρτών- PLTS

- Τοπογραφικοί χάρτες
- Κτηματολογικοί χάρτες
- Στατιστικοί χάρτες
- Ναυτικοί χάρτες
- Τουριστικοί χάρτες
- Παγκόσμιοι Άτλαντες
- Οδικοί χάρτες
- Χάρτες αναψυχής
- Χάρτες Αεροπλοΐας
- Αεροναυτικοί χάρτες
- Στρατιωτικοί χάρτες
- Χάρτες δικτύων κοινής ωφέλειας
- Χάρτες πυρκαγιών
- Πληθυσμιακοί χάρτες
- Αυτοματοποιημένη παραγωγή
- Εξειδικευμένα εργαλεία
- Ποιοτικός έλεγχος
- Διαχείριση ροών εργασίας

8. Διάθεση Δορυφορικών Δεδομένων - Quick Bird

- Αγροτικές Καλλιέργειες
- Διαχείριση Δασών
- Ασθένειες Φυτών
- Κτηματολόγιο
- Ερημοποίηση περιοχών
- Φυσικές καταστροφές
- Ελαιοκομικό Μητρώο
- Διαχείριση Αστικού Πρασίνου
- Περιβάλλον
- Χωροταξία
- Πυρκαγιές

1.4 Τα GIS στη Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών είναι πλέον απαραίτητα εργαλεία για τη διανομή του ηλεκτρικού ρεύματος προς τους καταναλωτές. Πρώτα απ'όλα, μας διευκολύνουν στο σχεδιασμό του δικτύου διανομής, καθώς μας υποδεικνύουν τους βέλτιστους τρόπους διανομής του ηλεκτρικού ρεύματος, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους περιορισμούς-κανονισμούς που πρέπει να τηρούνται, καθώς επίσης, υπολογίζοντας το μικρότερο κόστος υλοποίησής του. Επιπλέον, τα ΓΣΠ δίνουν τη δυνατότητα στους διαχειριστές του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας να παρακολουθούν με μεγαλύτερη ακρίβεια και αξιοπιστία το σύστημα, καθώς μέσω της χωρικής ανάλυσης τους δίνουν ποσοτικές πληροφορίες σε real time(πχ. Αποστάσεις, χρόνο προβλεπόμενης αύξησης της ζήτησης κλπ.). Με τα ΓΣΠ μπορούμε γενικά να έχουμε ανά πάσα στιγμή πληροφορίες σχετικά με:

- τη τοποθεσία των δεδομένων και τη χρονική στιγμή που αυτά συμβαίνουν
- τη τιμή των δεδομένων. Δηλαδή, τον πυρήνα των δεδομένων
- τον δημιουργό και τον χρήστη των δεδομένων. Αυτή η πληροφορία μας βοηθάει στην εισαγωγή διαδικασιών ασφαλείας, οι οποίες μπορεί να είναι ζωτικής σημασίας
- τη ποιότητα των δεδομένων
- τη διάρκεια που συμβαίνουν τα γεγονότα
- τα δεδομένα που είναι διαθέσιμα προς όλους ή αυτά που είναι απόρρητα. Είναι απαραίτητο να προστατεύονται τα δεδομένα

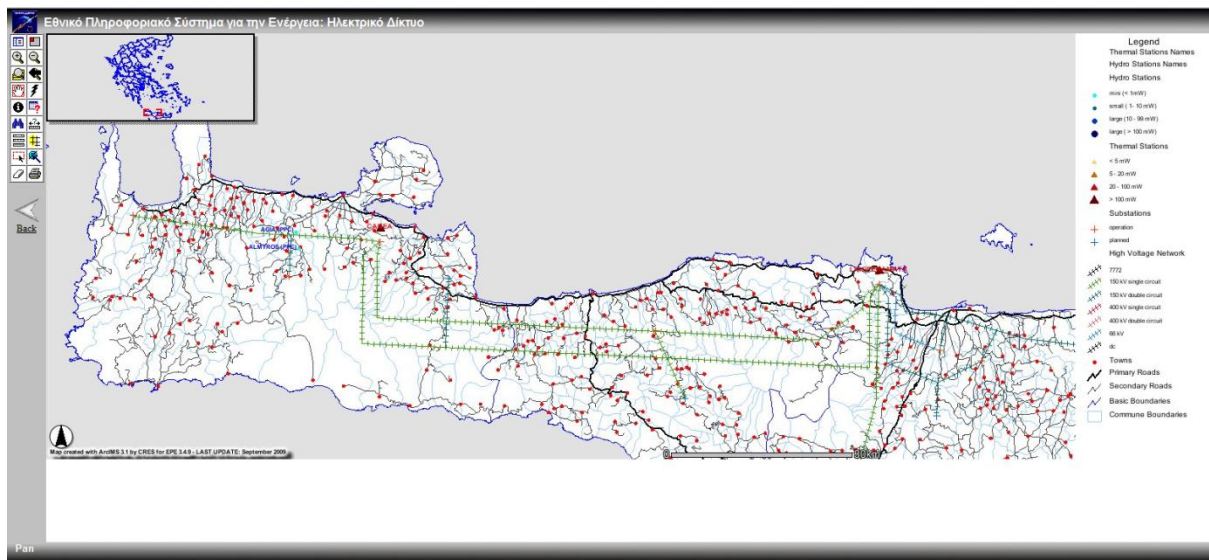
1.5 Τα GIS στη Μεταφορά Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η αυξανόμενη ανάγκη για καλύτερη υποστήριξη των έργων των Γραμμών Μεταφοράς, η μείωση του κόστους τους ,αλλά και η ενίσχυσή της σε ένα έντονα ανταγωνιστικό περιβάλλον, έδωσε ώθηση στην ανάπτυξη επιχειρησιακών συστημάτων. Αυτή την ανάγκη την κάλυψαν τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, όπως το ArcGIS, το οποίο ήδη χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρονικών χαρτών από το 2004 και γίνεται προσπάθεια για τη χρησιμοποίησή του σαν εργαλείο για τη Χωροθέτηση των νέων Γραμμών Μεταφοράς.

Η καταγραφή του ηλεκτρικού δικτύου με τη χρήση τεχνολογίας ΓΣΠ δίνει τη δυνατότητα να απεικονίζεται το ηλεκτρικό δίκτυο μαζί με άλλες πληροφορίες, ώστε να δίνονται καλύτερες απαντήσεις στα προβλήματα εγκατάστασης Νέων Γραμμών Μεταφοράς. Δηλαδή, με τα ΓΣΠ θα μπορούμε να χαράξουμε με ακρίβεια τις Ζώνες Επιρροής (Οι ζώνες αυτές είναι οι περιοχές από τις οποίες θα πρέπει να διέρχεται η Γ.Μ.) και τις Ζώνες Αποκλεισμού (Οι ζώνες αυτές είναι οι περιοχές από τις οποίες δε θα πρέπει να διέρχεται η Γ.Μ.), και χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα εργαλεία του ArcToolbox (Erase, Union κ.τ.λ.) θα μπορούμε να χαράξουμε τη προτεινόμενη περιοχή όδευσης της Γ.Μ.

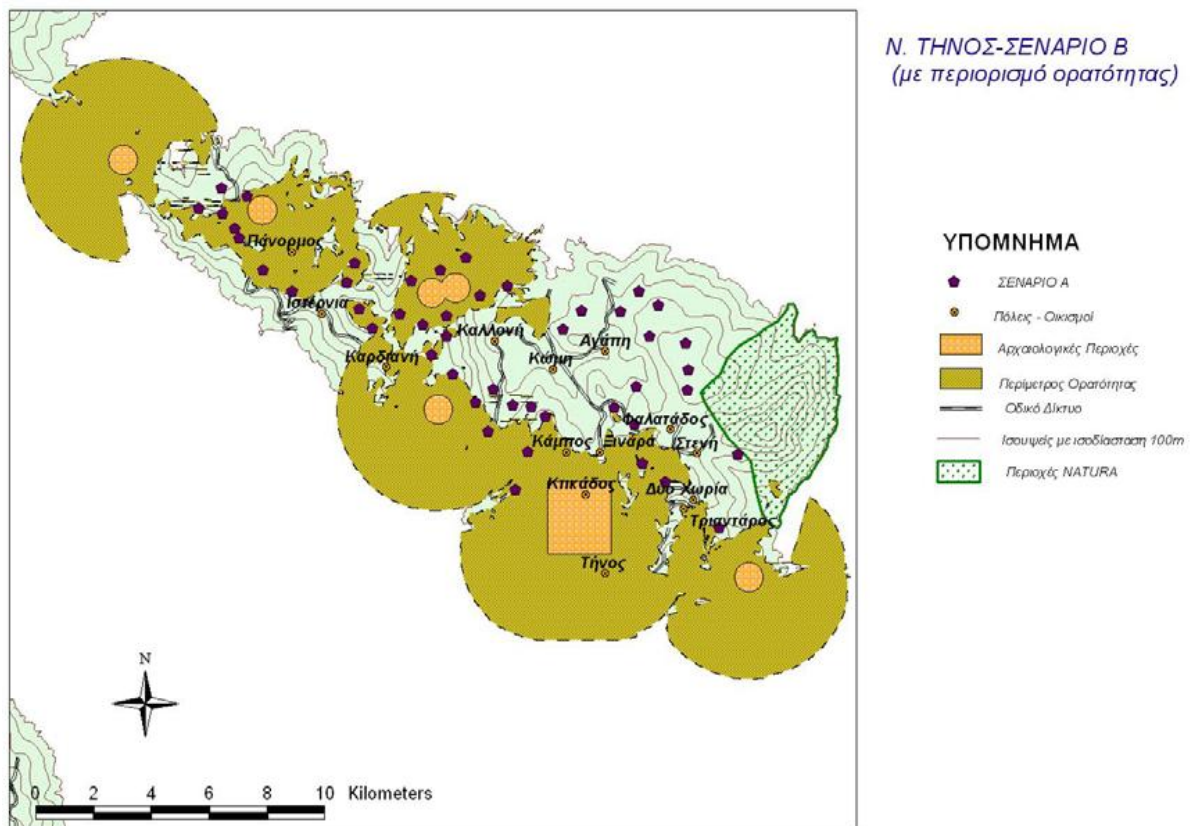
Ακολουθούν ορισμένες εφαρμογές των ΓΣΠ στο τομέα της Ενέργειας:

-Μια χαρακτηριστική εφαρμογή των ΓΣΠ στη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας, μπορεί να βρει κανείς στην ηλεκτρονική σελίδα του Εθνικού Πληροφοριακού Συστήματος για την Ενέργεια [26]. Σε αυτή τη σελίδα υπάρχουν χάρτες που απεικονίζουν όλες τις πληροφορίες που είναι απαραίτητες για την παρακολούθηση του δικτύου μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας (εικόνα 1.7).



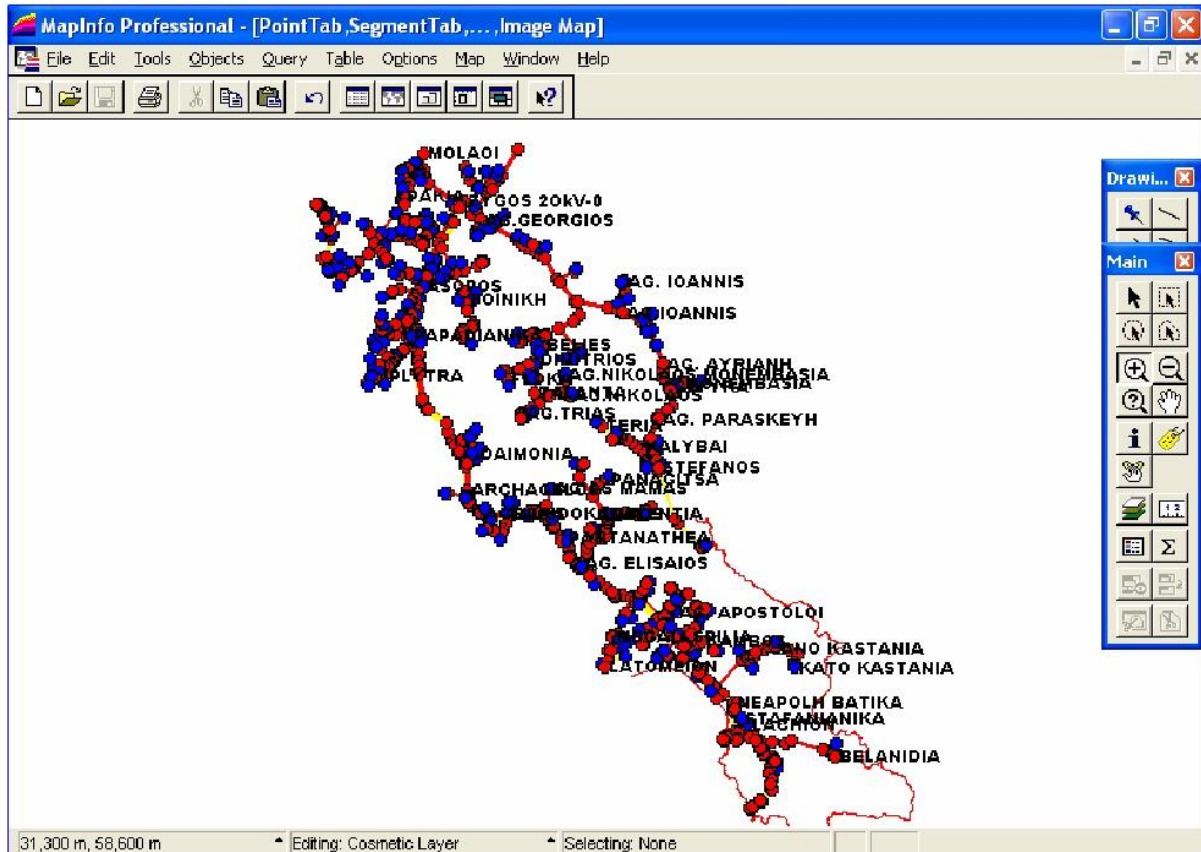
Εικόνα 1.7 : Απεικόνιση ηλεκτρικού δικτύου στο Εθνικό Σύστημα για την Ενέργεια

-Μία ακόμα σημαντική εφαρμογή των ΓΣΠ στο τομέα της ενέργειας υπάρχει στη διπλωματική της Ζωής Ν. Βρόντιση [14]. Στο 4^ο Κεφάλαιο της διπλωματικής, χρησιμοποιούνται τα ΓΣΠ (ArcGIS) για την ανάλυση του αιολικού δυναμικού στα νησιά των Κυκλάδων. (Εικόνα 1.8)

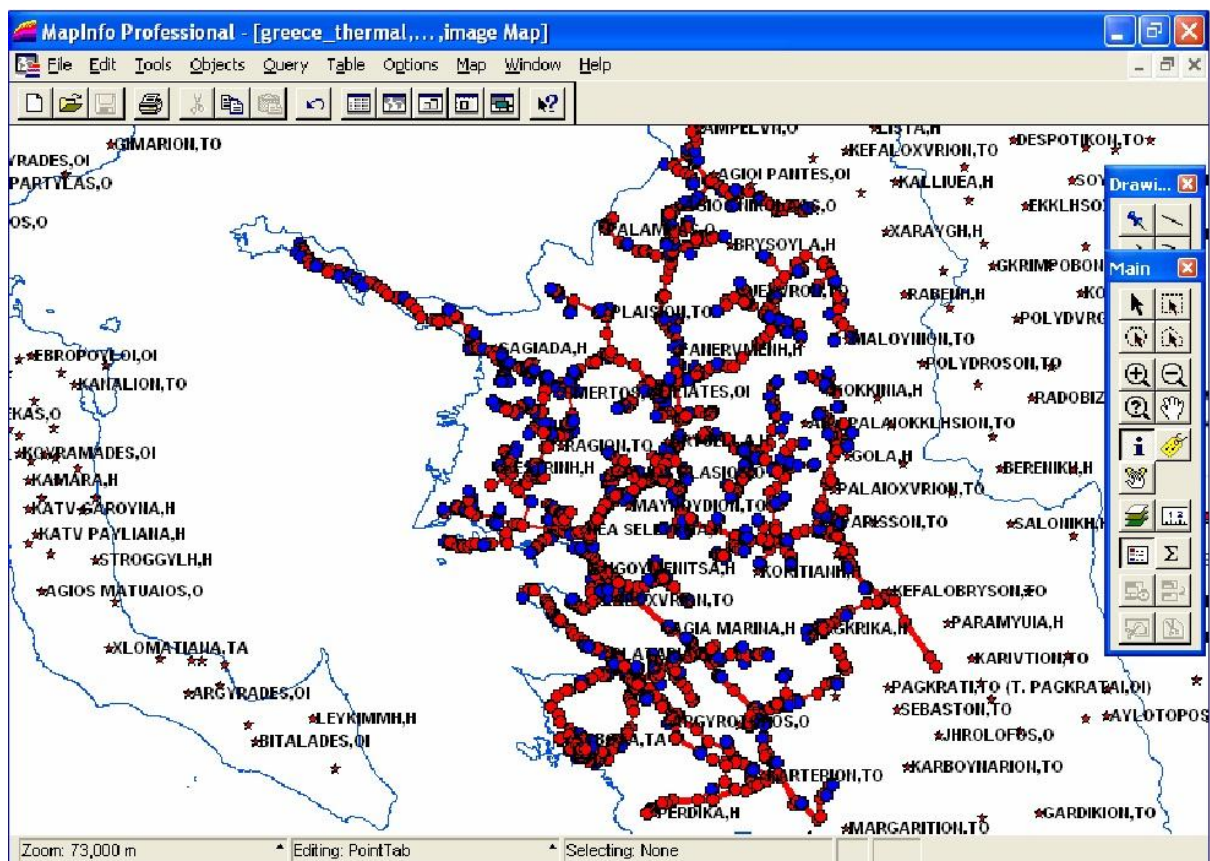


Εικόνα 1.8 : Ανάλυση Αιολικού Δυναμικού

- Στη Διπλωματική εργασία του Μιχαήλ Ψαλλίδα [9] μπορούμε να δούμε διάφορες εφαρμογές των ΓΣΠ στο τομέα της ενέργειας και συγκεκριμένα στην καταγραφή δικτύου μέσης τάσης. Στις εικόνες 1.9 και 1.10 που ακολουθούν, οι οποίες βρίσκονται στο Κεφάλαιο 6 της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, μπορούμε να δούμε το ψηφιοποιημένο δίκτυο της Λακωνίας και της Νότιας περιφέρειας της Ηπείρου.



Εικόνα 1.9 : Συνολική άποψη ολόκληρου του ψηφιοποιημένου δικτύου της Λακωνίας



Εικόνα 1.10 : Συνολική άποψη ολόκληρου του ψηφιοποιημένου δικτύου της Νότιας περιφέρειας της Ηπείρου

1.6 Εισαγωγή στο ArcGIS

Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήσαμε για την εργασία μας ήταν το ArcGIS 10. Το λογισμικό αυτό αποτελεί το πιο εμπορικό και το πιο διαδεδομένο λογισμικό ΓΣΠ στον κόσμο. Το ArcGIS παρέχει ένα πλαίσιο για την ενασχόληση με τα ΓΣΠ, από έναν απλό χρήστη, από πολλούς χρήστες ταυτόχρονα σε μεμονωμένους προσωπικούς υπολογιστές, σε τοπικά δίκτυα, στο διαδίκτυο, αλλά και στο υπαίθριο πεδίο.

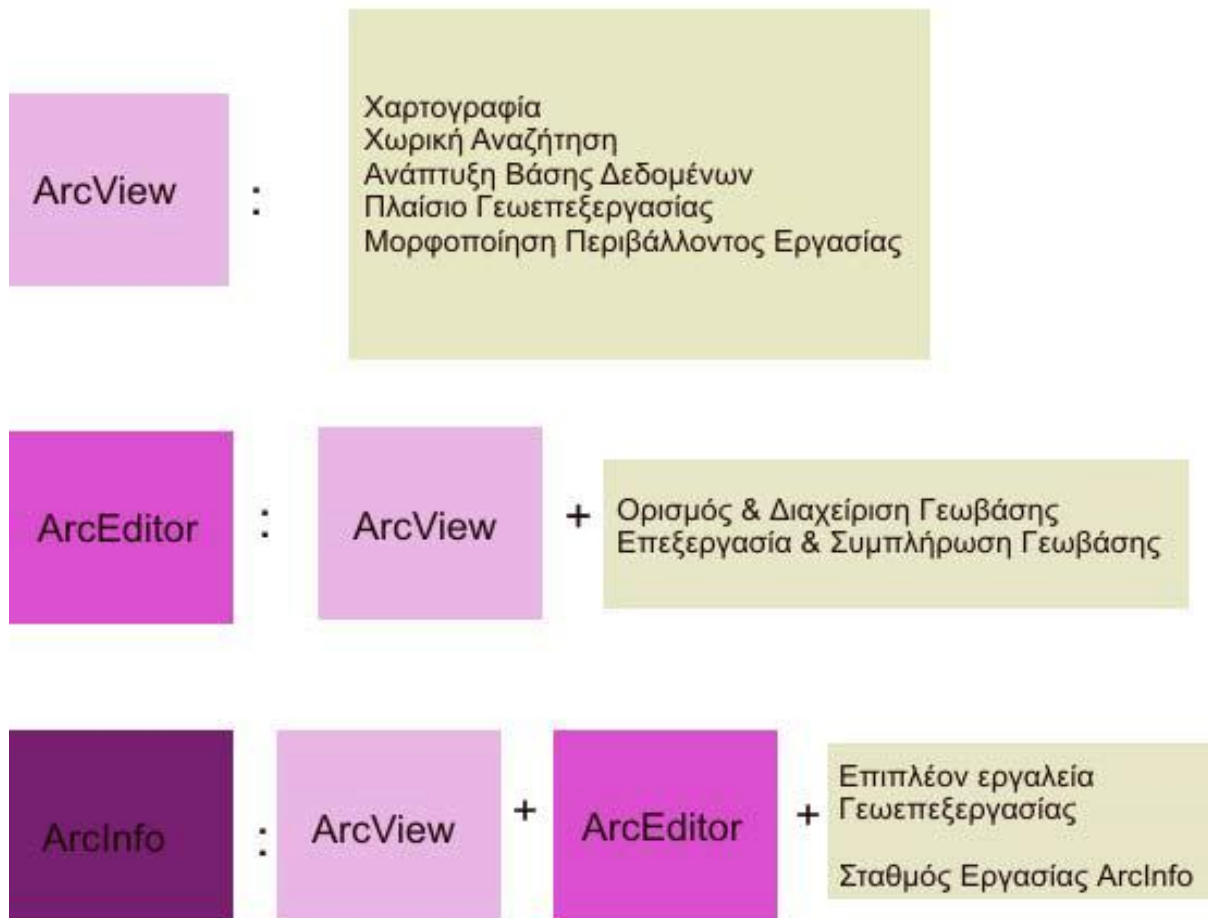
Η τελευταία έκδοσή του, το ArcGIS 10, είναι ένας συγκερασμός πολλών λογισμικών για μικρότερες εφαρμογές, προκειμένου να οικοδομηθεί ένα πλήρες λογισμικό πακέτο ΓΣΠ. Αποτελείται από πολλά πλαίσια εφαρμογής:

- ArcGIS Desktop
- ArcGIS Engine
- Server GIS-ArcSDE, ArcIMS, ArcGIS Server Mobile GIS – ArcPad

ArcGIS Desktop:

Το ArcGIS Desktop είναι διαθέσιμο σε τρεις εκδόσεις και κάθε μια από αυτές προορίζεται για να καλύψει τις ανάγκες πολλών διαφορετικών χρηστών[24]. Οι εκδόσεις αυτές είναι:

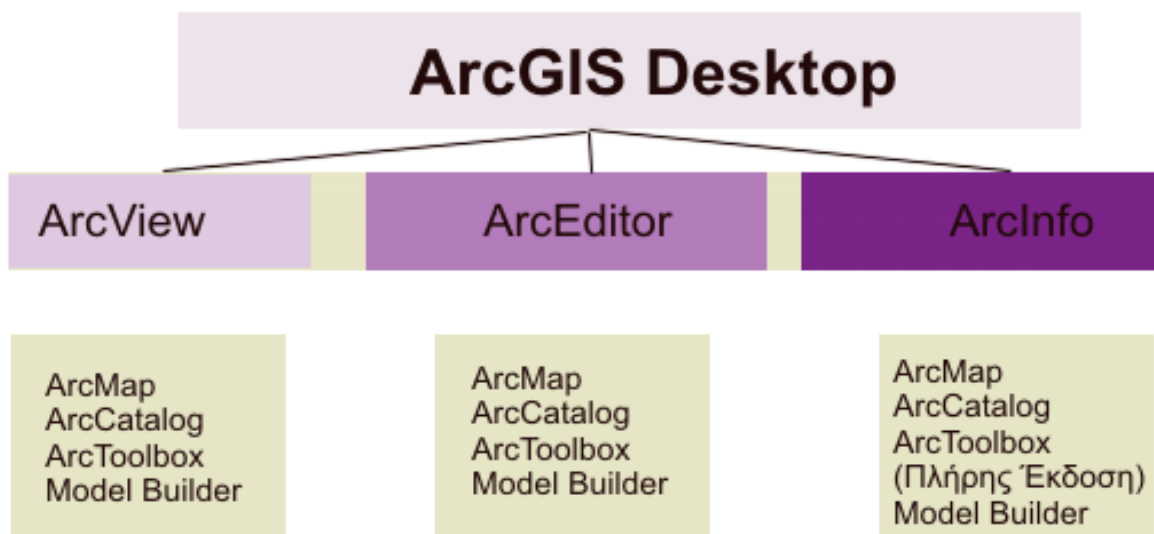
- ArcView: επικεντρώνει στην αναλυτική χρήση των δεδομένων, στην χαρτογράφηση και στην ανάλυση αυτών.
- ArcEditor: προσφέρει όλες τις δυνατότητες του ArcView και επιπλέον χωρικές επεξεργασίες, ενώ επιτρέπει και τη δημιουργία δεδομένων.
- ArcInfo: αποτελεί ένα ολοκληρωμένο, επαγγελματικό πακέτο το οποίο συνδυάζει τη λειτουργικότητα με πλήθος εργαλείων χωρικής επεξεργασίας. Περιέχει τα περισσότερα εργαλεία ανάλυσης δεδομένων.



Εικόνα 1.11 : Παρουσίαση των 3 διαθέσιμων εκδόσεων

Κάθε μία από τις εκδόσεις του ArcGIS Desktop περιλαμβάνει ένα σύνολο εφαρμογών:

- ArcMap
- ArcCatalog
- ArcToolbox
- ModelBuilder



Εικόνα 1.12 : Παρουσίαση του ArcGIS Desktop

Επιπλέον, κάθε έκδοση περιλαμβάνει προαιρετικά συστατικά (προεκτάσεις – extensions) τα οποία αν προστεθούν εμπλουτίζουν τις δυνατότητες του λογισμικού, όπως:

Spatial Analyst

3D Analyst

Geostatistical Analysis

Survey Analyst

ArcPress κλπ.

Χρησιμοποιώντας όλες τις παραπάνω εφαρμογές μπορεί να εκτελεστεί οποιαδήποτε λειτουργία των ΓΣΠ, από απλή έως ιδιαίτερα περίπλοκη.

Η Εφαρμογή ArcMap:

Το ArcMap αποτελεί την κεντρική εφαρμογή του ArcGIS Desktop. Σε αυτό εκτελούνται όλες οι λειτουργίες οι οποίες βασίζονται σε χάρτες και περιλαμβάνουν χαρτογραφία, ανάλυση του χάρτη, επεξεργασία. Τα αρχεία τα οποία δημιουργεί το ArcMap έχουν την προέκταση .mxd .

Δυνατότητες της Εφαρμογής ArcMap:

- Δημιουργία χαρτών
- Επεξεργασία χαρτών
- Εμφάνιση, επεξεργασία και ανάλυση γεωγραφικών δεδομένων
- Αναζήτηση των χωρικών δεδομένων
- Συμβολισμός των δεδομένων με πολυάριθμους τρόπους
- Δημιουργία γραφημάτων
- Διαμόρφωση των αρχείων σε εκτυπώσιμους χάρτες

1.7 Δομή και Περιεχόμενο Εργασίας

Με τη βοήθεια των ΓΣΠ μπορούμε να έχουμε θεματικούς χάρτες για την ενεργειακή κατάσταση στο Πολυτεχνείο Κρήτης και να ενημερώσουμε εποπτικά με μια ματιά για το τι αναμένεται να συμβεί (Κεφάλαιο 3). Στη συνέχεια, αξιοποιούμε τις δυνατότητες που μας προσφέρουν τα ΓΣΠ για χωροθέτηση των ΑΠΕ (Κεφάλαιο 5). Για τη χωροθέτηση χρειαζόμαστε τα κριτήρια-περιορισμούς που αναλύουμε στο Κεφάλαιο 4, καθώς και ορισμένα απαραίτητα εργαλεία του προγράμματος ArcGIS 10, που αναλύουμε στο Κεφάλαιο 2. Στη συνέχεια, μπορούμε να χωροθετήσουμε κατάλληλα Φ/Β, είτε συνολικά όπως ένα φωτοβολταϊκό πάρκο, είτε πάνω σε κτίρια, όπως κάνουμε στο Κεφάλαιο 6. Στο τελευταίο κομμάτι της εργασίας μας μπορούμε να συνδέσουμε τα ΓΣΠ με συστήματα προσομοίωσης δικτύου και να μελετήσουμε το δίκτυο διανομής του ηλεκτρικού ρεύματος (Κεφάλαιο 7). Σε αυτό το κεφάλαιο, μπορούμε να επιλέξουμε την κατάλληλη διατομή του καλωδίου διασύνδεσης, έτσι ώστε να πετύχουμε το μέγιστο δυνατό όφελος και να παρατηρήσουμε ενδεχόμενα προβλήματα στη τάση.

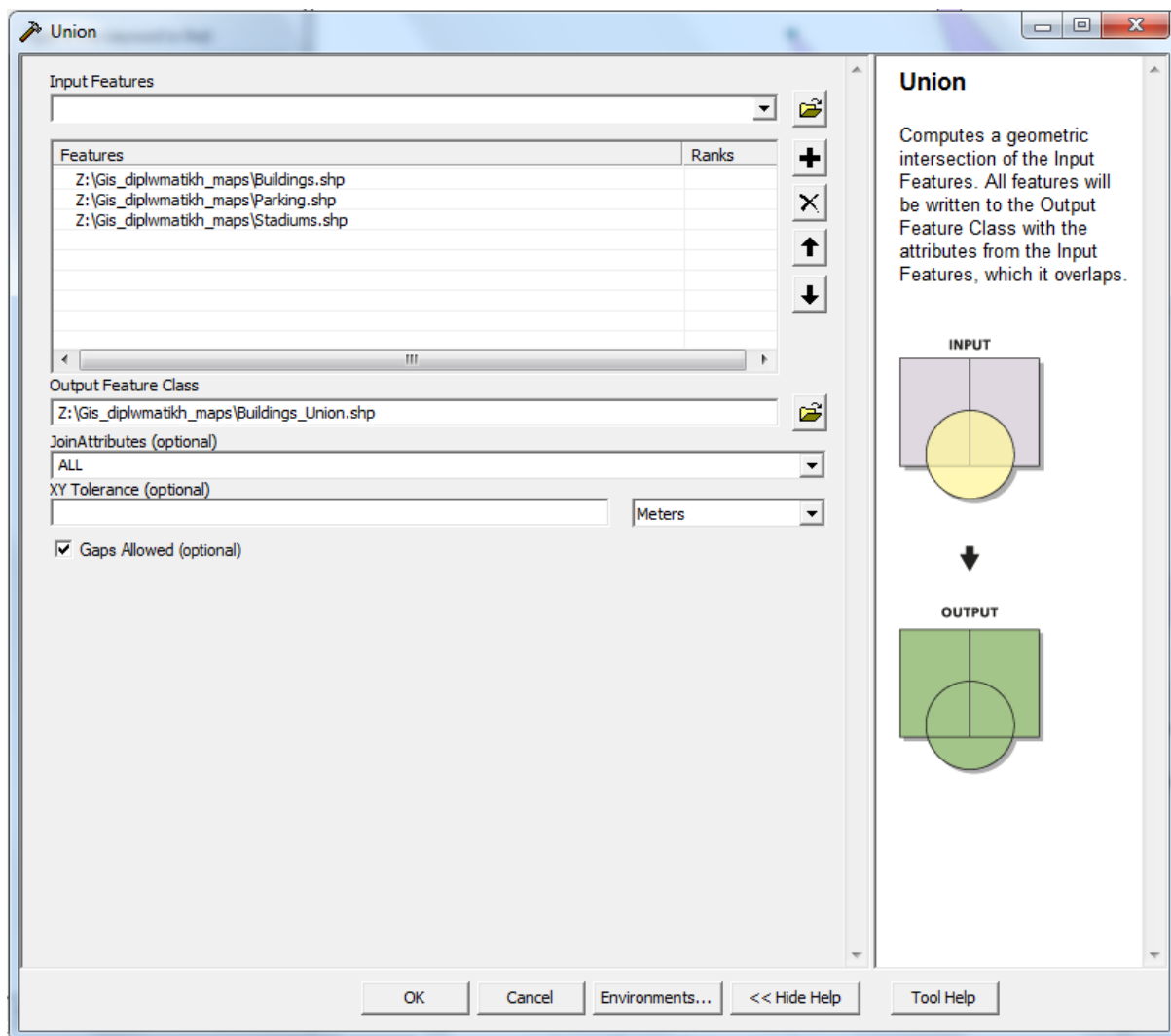
2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ : Χρήσιμα Εργαλεία του ArcGIS

Σε αυτό το κεφάλαιο, παρουσιάζουμε ορισμένα εργαλεία του ArcGIS 10, τα οποία χρησιμοποιήσαμε εκτενώς στην εργασία μας και τα οποία μας βοήθησαν αρκετά για τη χάραξη και τη διαχείριση των διαφόρων ζωνών για τη χωροθέτηση που κάναμε στα επόμενα κεφάλαια (5 και 6) [4] [5].

2.1.1 Εργαλείο UNION

Για να ενώσουμε δύο ζώνες (layers) μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την εντολή *UNION (Ένωση)* του ArcToolbox. Το εργαλείο αυτό υπολογίζει τη γεωμετρική ένωση των δεδομένων που δίνει ο χρήστης ως είσοδο. Τα αποτελέσματα της ένωσης αποθηκεύονται σε ένα νέο αρχείο (shapefile).

Στο παρακάτω παράδειγμα θέλουμε να ενώσουμε τα επίπεδα Buildings.shp ,Parking.shp και Stadiums.shp και τα αποτελέσματα της ένωσης να τα αποθηκεύσουμε στο καινούργιο shapefile Buildings_Union.shp. (εικόνα 2.1)

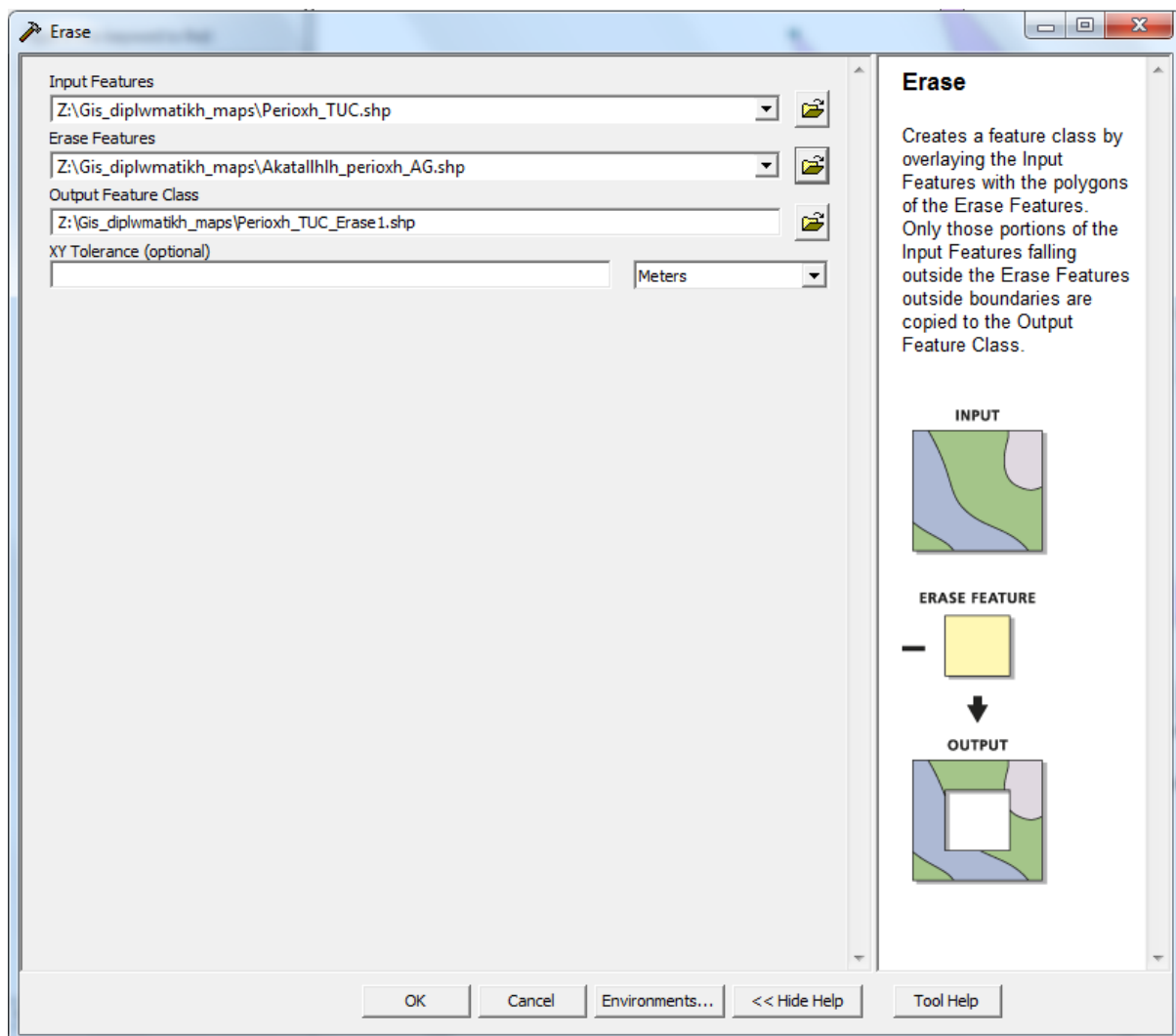


Εικόνα 2.1 : Παράδειγμα χρήσης της εντολής UNION (Ενωση) του ArcToolbox

2.1.2 Εργαλείο ERASE

Πολλές φορές μπορεί να χρειαστεί να αφαιρέσουμε ένα επίπεδο(layer) από ένα άλλο επίπεδο(layer). Αυτό το επιτυγχάνουμε χρησιμοποιώντας την εντολή *Erase* (Αφαίρεση) του ArcToolbox. Το εργαλείο αυτό δέχεται ως είσοδο δύο ορίσματα: 1) Input Features και 2) Erase Features και αφού υπολογίσει τη γεωμετρική αφαίρεση των δύο αυτών ορισμάτων , αποθηκεύει σε ένα καινούργιο αρχείο (shapefile) τα αποτελέσματα της αφαίρεσης.

Στο παρακάτω παράδειγμα θέλουμε να αφαιρέσουμε το επίπεδο Akatallhlh_periochh_AG.shp από το Periochh_TUC.shp και τα αποτελέσματα της αφαίρεσης να τα αποθηκεύσουμε στο καινούργιο shapefile Periochh_TUC_Erase1.shp. (εικόνα 2.2)



Εικόνα 2.2 : Παράδειγμα χρήσης της εντολής Erase (Αφαίρεση) του ArcToolbox.

2.1.3 Εργαλείο Buffer Wizard

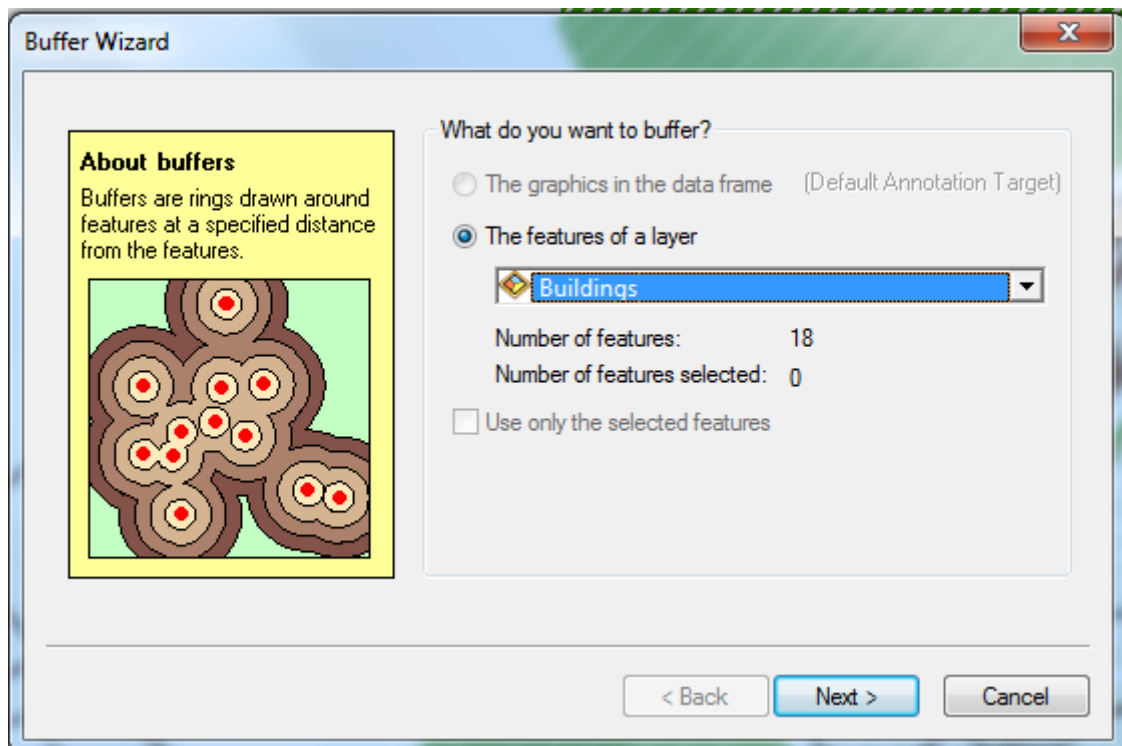
Το εργαλείο αυτό δημιουργεί ζώνες επιρροής (buffers). Για να χρησιμοποιήσουμε το *Buffer Wizard*, δεδομένου ότι χρησιμοποιεί την έννοια της απόστασης, απαιτεί να έχουν οριστεί οι μονάδες του χάρτη μας (Map Units).

Για να ενεργοποιήσουμε το *Buffer Wizard* πρέπει καταρχάς να ελέγξουμε αν υπάρχει στο κύριο μενού του προγράμματος (ArcMap) στο *Tools*. Αν δεν υπάρχει, τότε από το κυρίως μενού επιλέγουμε το *Tools* και στη συνέχεια επιλέγουμε το *Customize*. Στο παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται επιλέγουμε την καρτέλα *Commands* και στη συνέχεια από το *Categories* επιλέγουμε το *Tools*. Το *Buffer Wizard* βρίσκεται στο δεξιά τμήμα του παραθύρου. Αν θέλουμε μπορούμε να τοποθετήσουμε το εργαλείο αυτό σε κάποιο από τα κύρια μενού (πχ. *Tools*). Αυτό το επιτυγχάνουμε αν πατήσουμε αριστερό πλήκτρο πάνω σε

αυτό και κρατώντας πατημένο το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού «σύρουμε» το *Buffer Wizard* προς το κυρίως μενού του ArcMap.

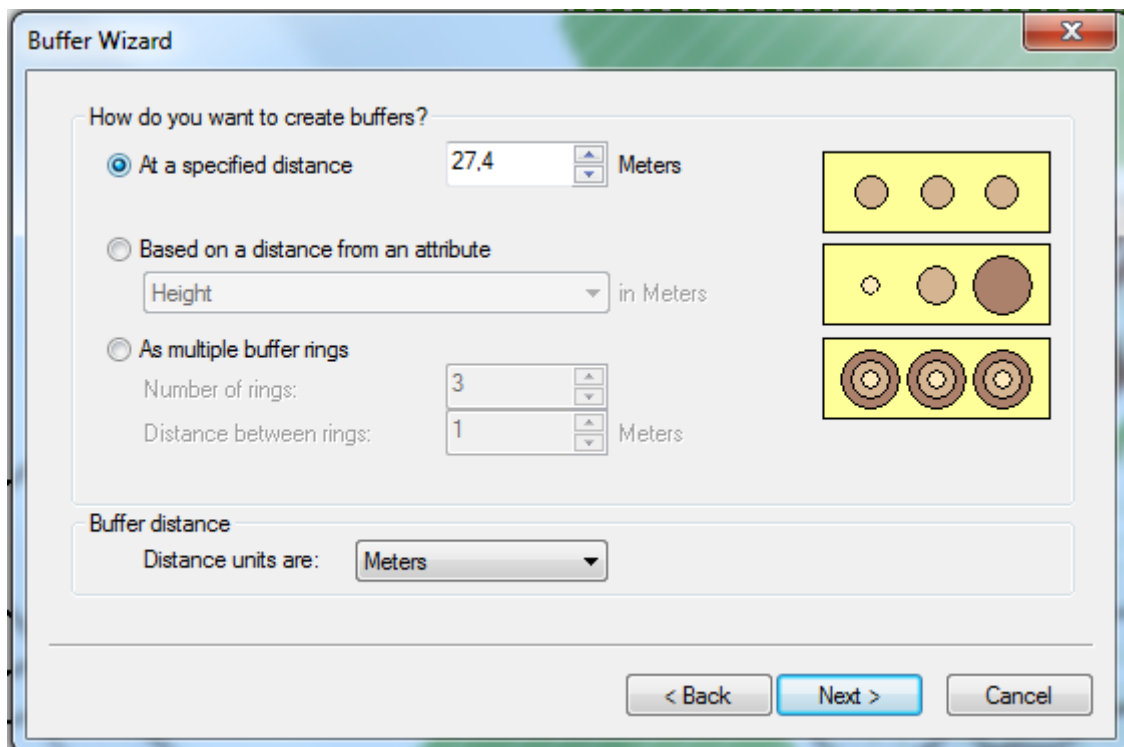
Στη συνέχεια παρουσιάζουμε ένα παράδειγμα χρήσης του Buffer Wizard:

Βήμα 1: Ενεργοποιούμε το Buffer Wizard και στο πρώτο παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται επιλέγουμε το επίπεδο βάσει του οποίου θα εφαρμόσουμε τη δημιουργία ζωνών ενδιαφέροντος. Στο παράδειγμα μας, επιλέγουμε το Buildings.



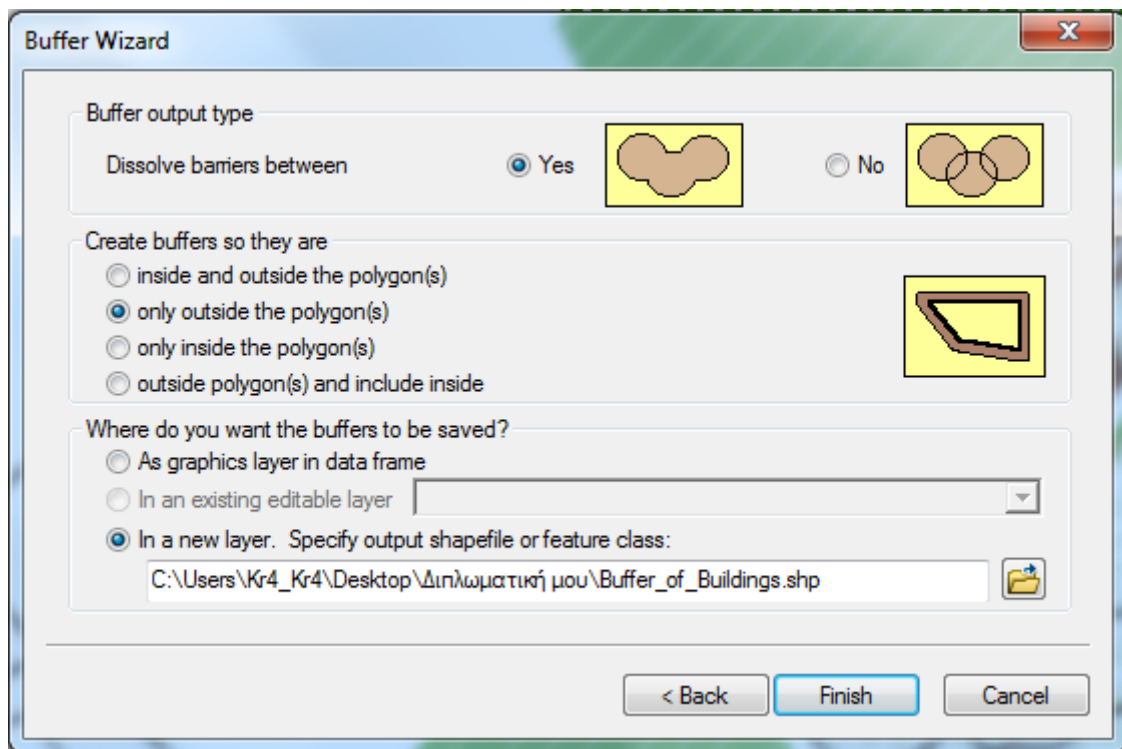
Εικόνα 2.3 : 1ο βήμα χρήσης του Buffer Wizard

Βήμα 2: Στο δεύτερο παράθυρο διαλόγου του Buffer Wizard επιλέγουμε ότι οι μονάδες απόστασης που θα ορίσουμε είναι meters (σημείωση: αυτό δεν έχει καμία σχέση με τις μονάδες του χάρτη που έχουμε ορίσει). Στη συνέχεια ορίζουμε ότι μας ενδιαφέρει η εύρεση μιας ζώνης γύρω από τα κτίρια σε μια συγκεκριμένη απόσταση και ορίζουμε αυτή την απόσταση στα 27,4 m.



Εικόνα 2.4 : 2ο βήμα χρήσης του Buffer Wizard

Βήμα 3^ο: Τέλος, στο επόμενο παράθυρο διαλόγου επιλέγουμε ότι θέλουμε οι ζώνες που δημιουργούνται γύρω από τις οντότητες, να συνενωθούν σε μία ζώνη (Dissolve barriers between – YES) και να βρίσκονται μόνο έξω από τα πολύγωνα (only outside the polygon(s)). Το αποτέλεσμα της διαδικασίας επιλέγουμε ότι θα αποθηκευτεί σε ένα καινούργιο επίπεδο και σε shapefile με όνομα πχ. C:\Users\Kr4_Kr4\Desktop\Διπλωματική μου\Buffer_of_Buildings.shp στο φάκελο εργασίας μας.



Εικόνα 2.5 : 3ο βήμα χρήσης του Buffer Wizard

3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ : Απεικόνιση Ενεργειακών Πληροφοριών για το Πολυτεχνείο Κρήτης

Σε αυτό το κεφάλαιο με τη βοήθεια των ΓΣΠ και συγκεκριμένα του ArcGIS 10, παρουσιάζουμε διάφορους θεματικούς χάρτες και γραφικές παραστάσεις με την ενεργειακή κατάσταση του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Στο ArcMap 10, κάθε φορά που δημιουργούμε ένα επίπεδο χωρικών δεδομένων, δημιουργείται αυτόματα ένας πίνακας περιγραφικών δεδομένων. Συνεπώς, όταν δημιουργήσαμε το επίπεδο *Buildings*, δημιουργήθηκε αυτόματα και ο αντίστοιχος πίνακας. Στον πίνακα αυτό έχουμε τη δυνατότητα να προσθέσουμε επιπλέον πεδία, πέρα από αυτών που δημιουργεί το λογισμικό, και να τα ενημερώσουμε. Εκμεταλλευόμενοι λοιπόν αυτή τη δυνατότητα, δημιουργήσαμε αρκετά πεδία, τα οποία μας βοήθησαν να αποθηκεύσουμε διάφορες πληροφορίες γι αυτά (πχ. Όνομα κτιρίου, επιφάνεια κτλ).

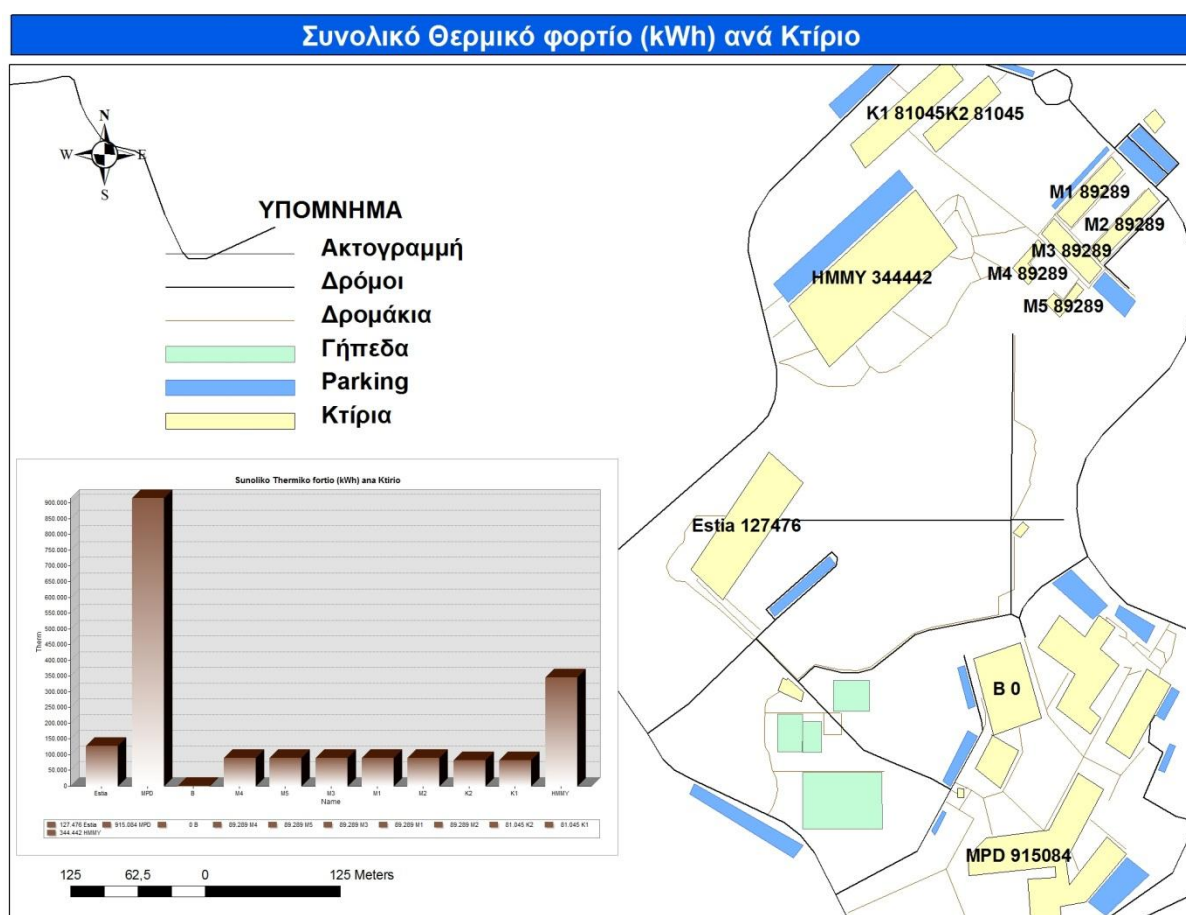
Από τη διπλωματική εργασία του Απόστολου Παφίλη [10], πήραμε διάφορες χρήσιμες πληροφορίες ανά κτίριο και με τη βοήθεια των ΓΣΠ και συγκεκριμένα του ArcGIS 10, και αφού τα περάσαμε στο πίνακα περιγραφικών δεδομένων των κτιρίων με τον τρόπο που περιγράψαμε στη προηγούμενη παράγραφο, τα παρουσιάζουμε παρακάτω με τους θεματικούς χάρτες.

Τα δεδομένα που θα παρουσιάσουμε είναι:

1. Συνολικό θερμικό φορτίο ανά κτίριο
2. Συνολικό ψυκτικό φορτίο ανά κτίριο
3. Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (MCal/h) ανά κτίριο
4. Εγκατεστημένη ισχύς κλιματισμού ανά κτίριο
5. Σχεδιαζόμενη εγκατάσταση συμπαραγωγής ανά κτίριο

3.1 Συνολικό θερμικό φορτίο ανά κτίριο

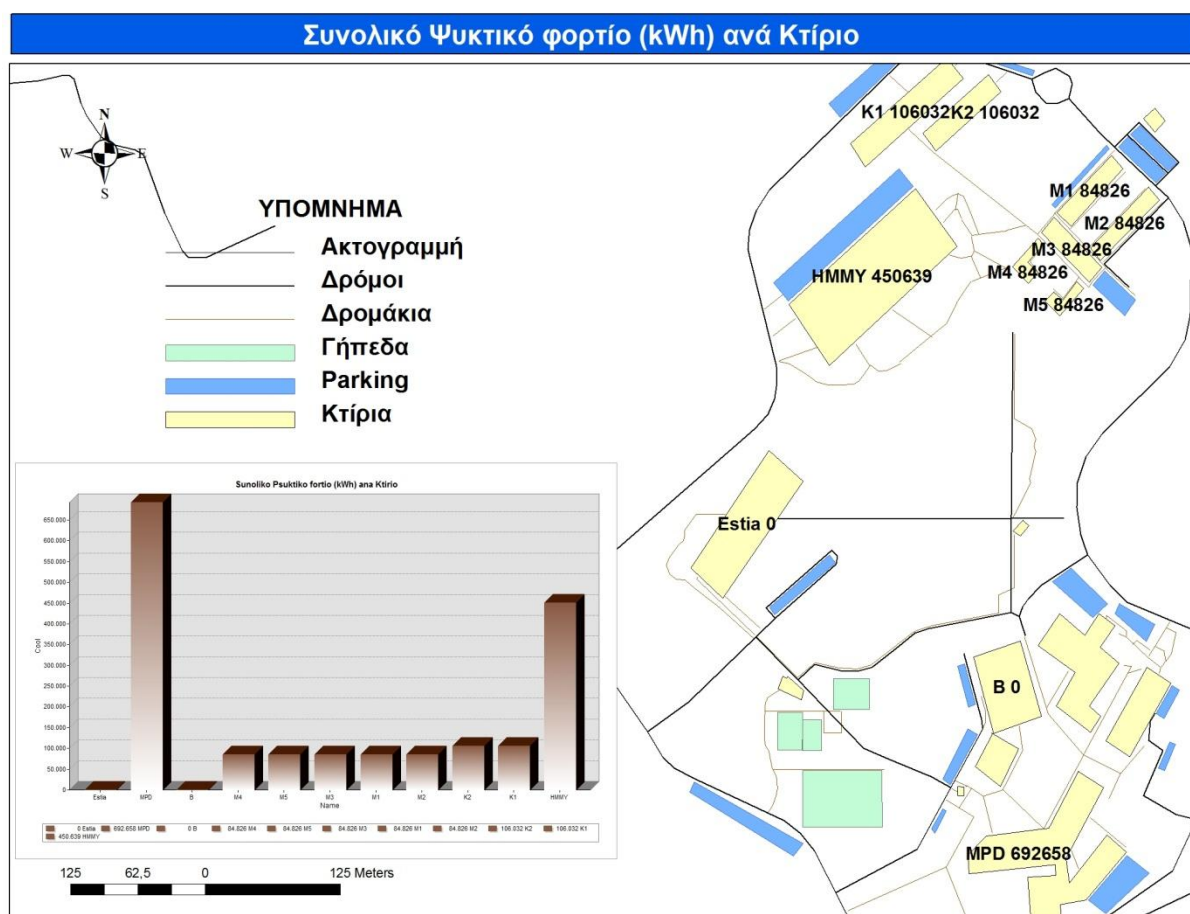
Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζουμε το συνολικό θερμικό φορτίο ανά κτίριο του Πολυτεχνείου Κρήτης[10]:



Χάρτης 3.1 : Απεικόνιση του συνολικού θερμικού φορτίου (kWh) ανά κτίριο μέσω του ArcGIS

3.2 Συνολικό ψυκτικό φορτίο ανά κτίριο

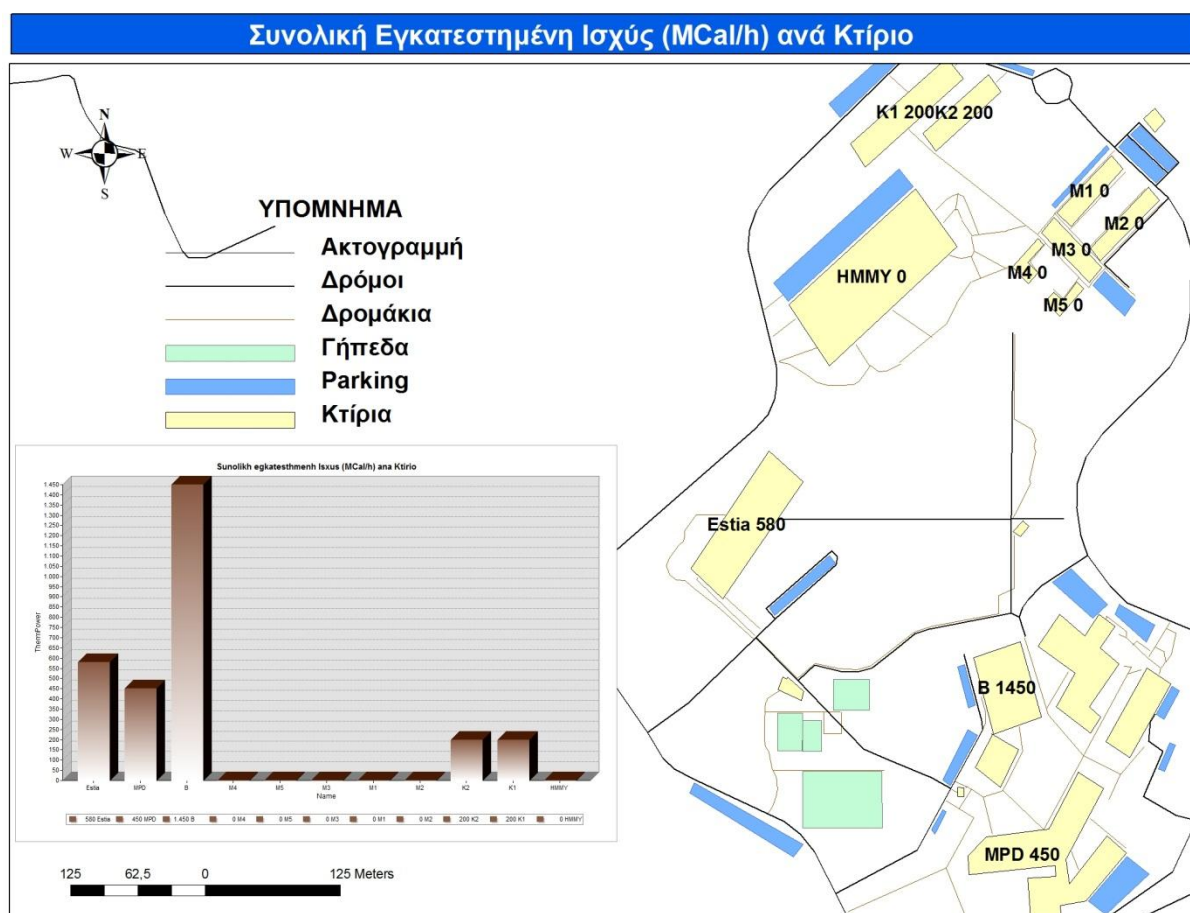
Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζουμε το συνολικό ψυκτικό φορτίο ανά κτίριο του Πολυτεχνείου Κρήτης[10]:



Χάρτης 3.2 : Απεικόνιση του συνολικού ψυκτικού φορτίου (kWh) ανά κτίριο μέσω του ArcGIS

3.3 Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (MCal/h) ανά κτίριο

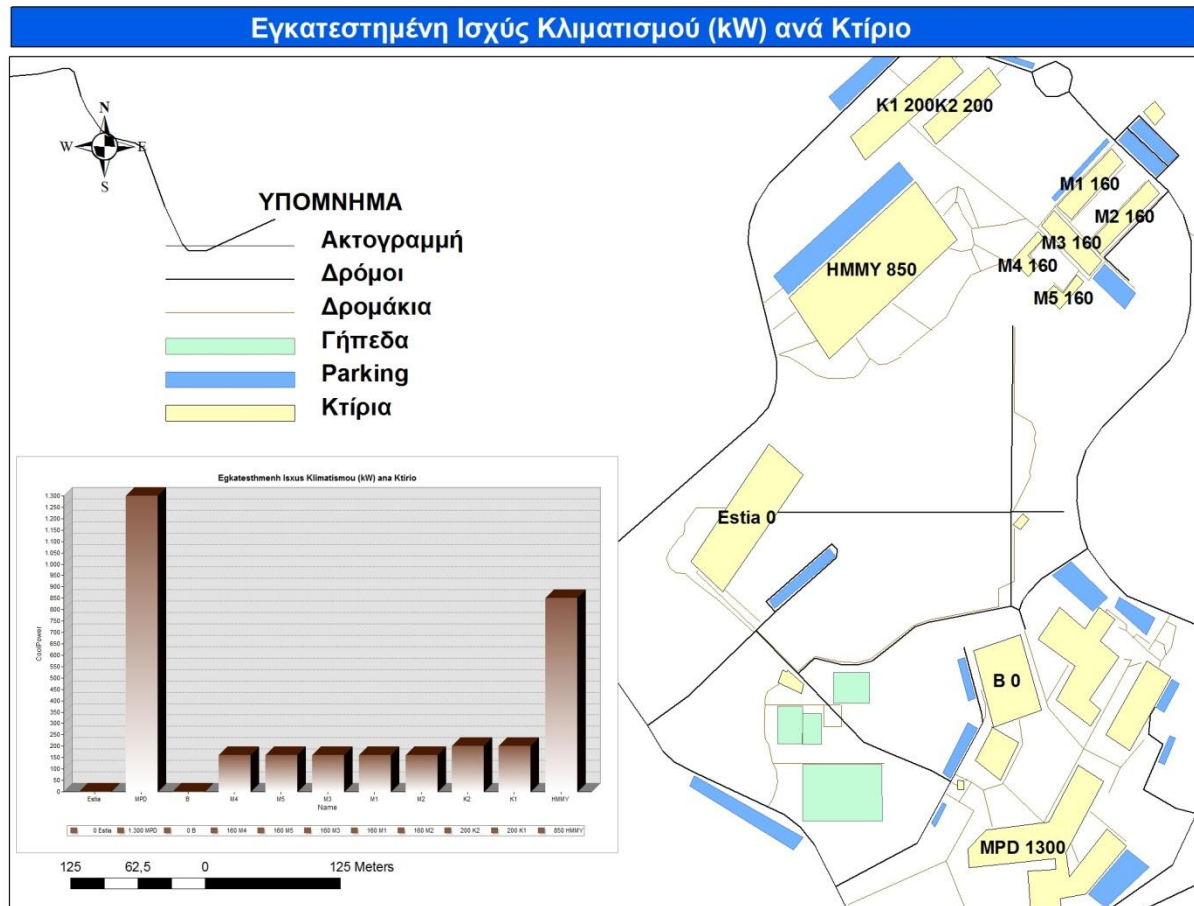
Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζουμε τη συνολική εγκατεστημένη ισχύς (MCal/h) ανά κτίριο του Πολυτεχνείου Κρήτης[10]:



Χάρτης 3.3 : Απεικόνιση της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος (MCal/h) ανά κτίριο μέσω του ArcGIS

3.4 Εγκατεστημένη ισχύς κλιματισμού ανά κτίριο

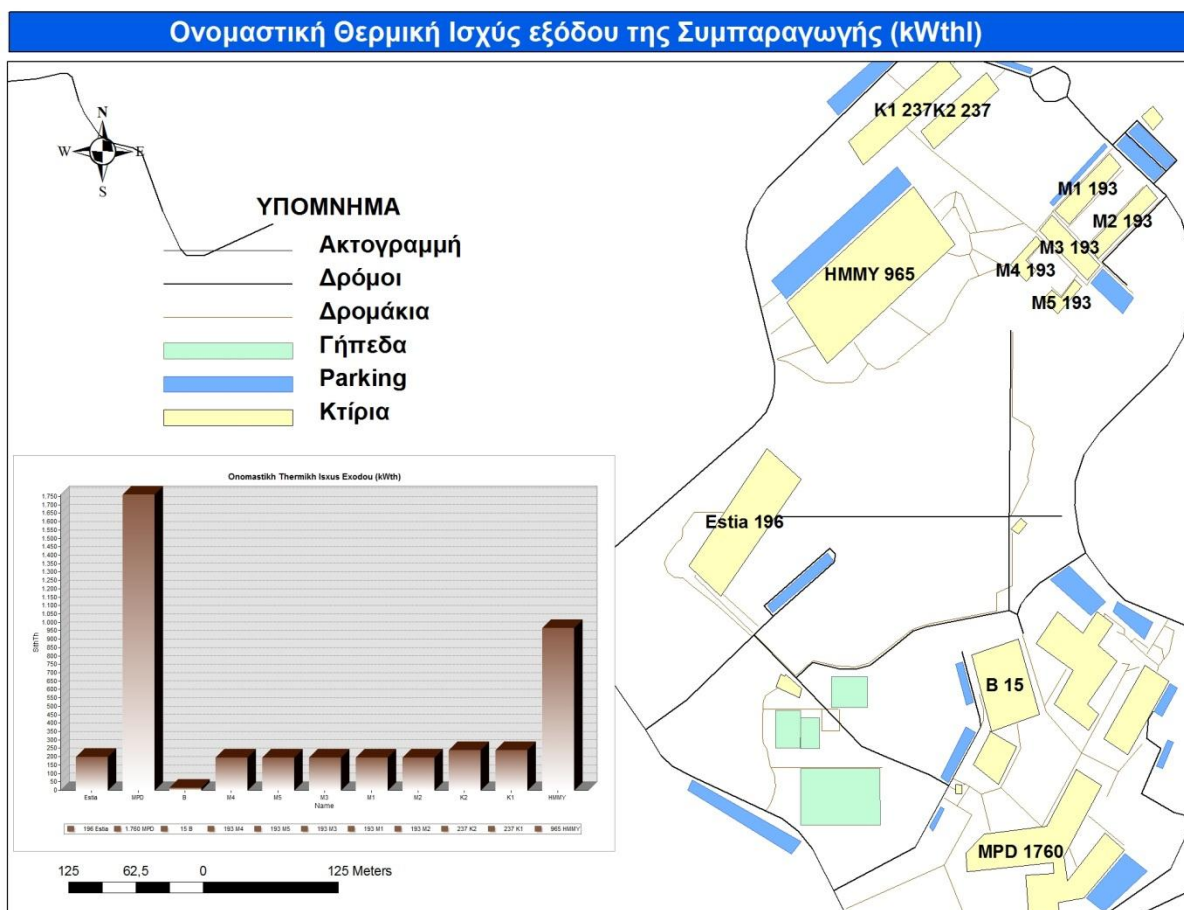
Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζουμε τη συνολική εγκατεστημένη ισχύς κλιματισμού (kW) ανά κτίριο του Πολυτεχνείου Κρήτης[10]:



Χάρτης 3.4 : Απεικόνιση της εγκατεστημένης ισχύος για κλιματισμό (kW) ανά κτίριο μέσω του ArcGIS

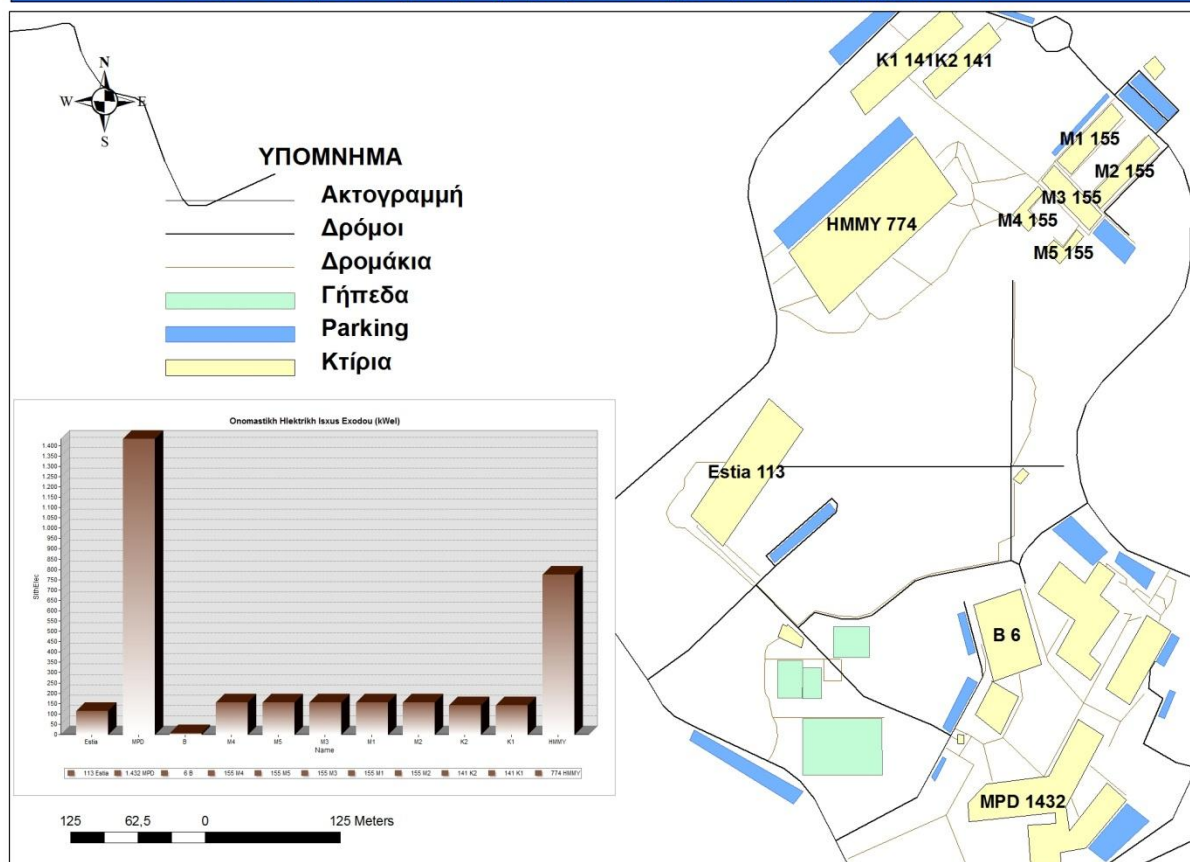
3.5 Σχεδιαζόμενη εγκατάσταση συμπαραγωγής ανά κτίριο

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζουμε την ονομαστική θερμική ισχύς εξόδου της συμπαγωγής (kW_{th}) και την ονομαστική ηλεκτρική ισχύς εξόδου της συμπαγωγής (kW_{el}) ανά κτίριο του Πολυτεχνείου Κρήτης[10]:



Χάρτης 3.5 : Απεικόνιση της ονομαστικής θερμικής ισχύος εξόδου από συμπαραγωγή (kWth) ανά κτίριο μέσω του ArcGIS

Ονομαστική Ηλεκτρική Ισχύς εξόδου της Συμπαραγωγής (kW_{el})



Χάρτης 3.6 : Απεικόνιση της ονομαστικής ηλεκτρικής ισχύος εξόδου από συμπαραγωγή (kW_{el}) ανά κτίριο μέσω του ArcGIS

4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ : Κριτήρια – Περιορισμοί για τη τοποθέτηση Ανεμογεννήτριας

4.1 Εισαγωγή

Πριν γίνει η τοποθέτηση μιας ή περισσότερων ανεμογεννητριών, θα πρέπει ο χώρος στον οποίον θα τοποθετηθούν να είναι κατάλληλος. Δηλαδή, θα πρέπει να τηρούνται κάποια κριτήρια – περιορισμοί σε αυτό το χώρο, οι οποίοι έχουν ως στόχο την αποδοτικότερη λειτουργία των ανεμογεννητριών, την ασφάλεια των ανθρώπων καθώς και την προστασία των περιβαλλοντικών χώρων. Για τον εντοπισμό και τη χάραξη των κατάλληλων αυτών περιοχών χρησιμοποιούνται ευρέως σήμερα τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Αυτές οι έννοιες θα αξιοποιηθούν στο Κεφάλαιο 5 για τη χωροθέτηση Ανεμογεννητριών.

4.2 Κριτήριο 1 – Ασφάλεια

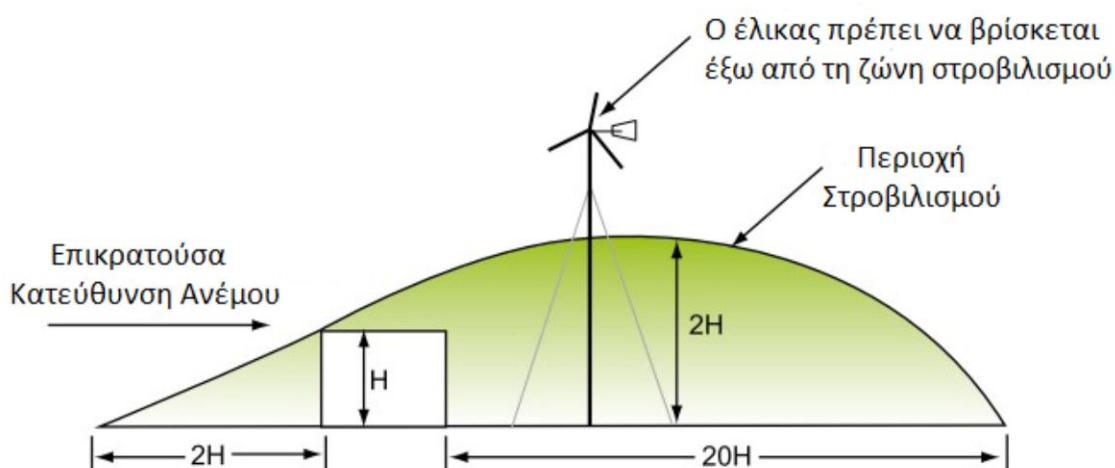
Το πρώτο κριτήριο στοχεύει στην ασφάλεια των ανθρώπων και την προστασία άλλων αντικειμένων από μια ενδεχόμενη πτώση της ανεμογεννήτριας ή τμημάτων αυτής. Παρόλο το γεγονός ότι η πτώση μιας ανεμογεννήτριας δεν είναι ένα σύνηθες γεγονός στις μέρες μας, οφείλουμε να λάβουμε τα απαραίτητα προστατευτικά μέτρα. Γι' αυτό το λόγο, πρέπει οι ανεμογεννήτριες να απέχουν τουλάχιστον απόσταση ίση με το ύψος της ανεμογεννήτριας που θέλουμε να τοποθετήσουμε από κάθε αντικείμενο (πχ. Κτίρια, parking κλπ.) ,καθώς και από κάθε περιοχή όπου συγχάζουν άνθρωποι (πχ. Δρόμοι, πλατείες, κλπ.).



Εικόνα 4.1 : Πτώση μιας ανεμογεννήτριας

4.3 Κριτήριο 2 – Στροβιλισμός Αέρα (Turbulence)

Το δεύτερο κριτήριο αναφέρεται στο φαινόμενο του στροβιλισμού του αέρα (turbulence). Η ανατάραξη του αέρα δημιουργεί τυχαίους στροβιλισμούς (του αέρα) λόγω της ύπαρξης διαφόρων χαρακτηριστικών της επιφάνειας του εδάφους. Οι οργανωμένοι αυτοί στροβίλοι επηρεάζουν τόσο την παρεχόμενη ισχύ από τον άνεμο όσο και την ολική εγκατάσταση του συστήματος μιας αιολικής μηχανής. Για το υπολογισμό, λοιπόν, της περιοχής του στροβιλισμού του ανέμου από τα κτίρια, χρειάζονται 3 πράγματα. Το ύψος της ανεμογεννήτριας, η επικρατούσα κατεύθυνση του ανέμου (Prevailing wind direction) και το ύψος των κτιρίων. Η περιοχή όπου επικρατεί το φαινόμενο αυτό, είναι αυτή που περιγράφεται από την εικόνα 2.2. Δηλαδή, το μέγιστο ύψος της περιοχής του στροβιλισμού είναι $2 * H$ (όπου H = Το ύψος του κτιρίου), ενώ το μήκος είναι $20 * H$ από τη πίσω μεριά και $2 * H$ από τη μπροστινή μεριά όπου χτυπάει ο άνεμος το κτίριο, με κατεύθυνση την επικρατούσα κατεύθυνση του ανέμου.

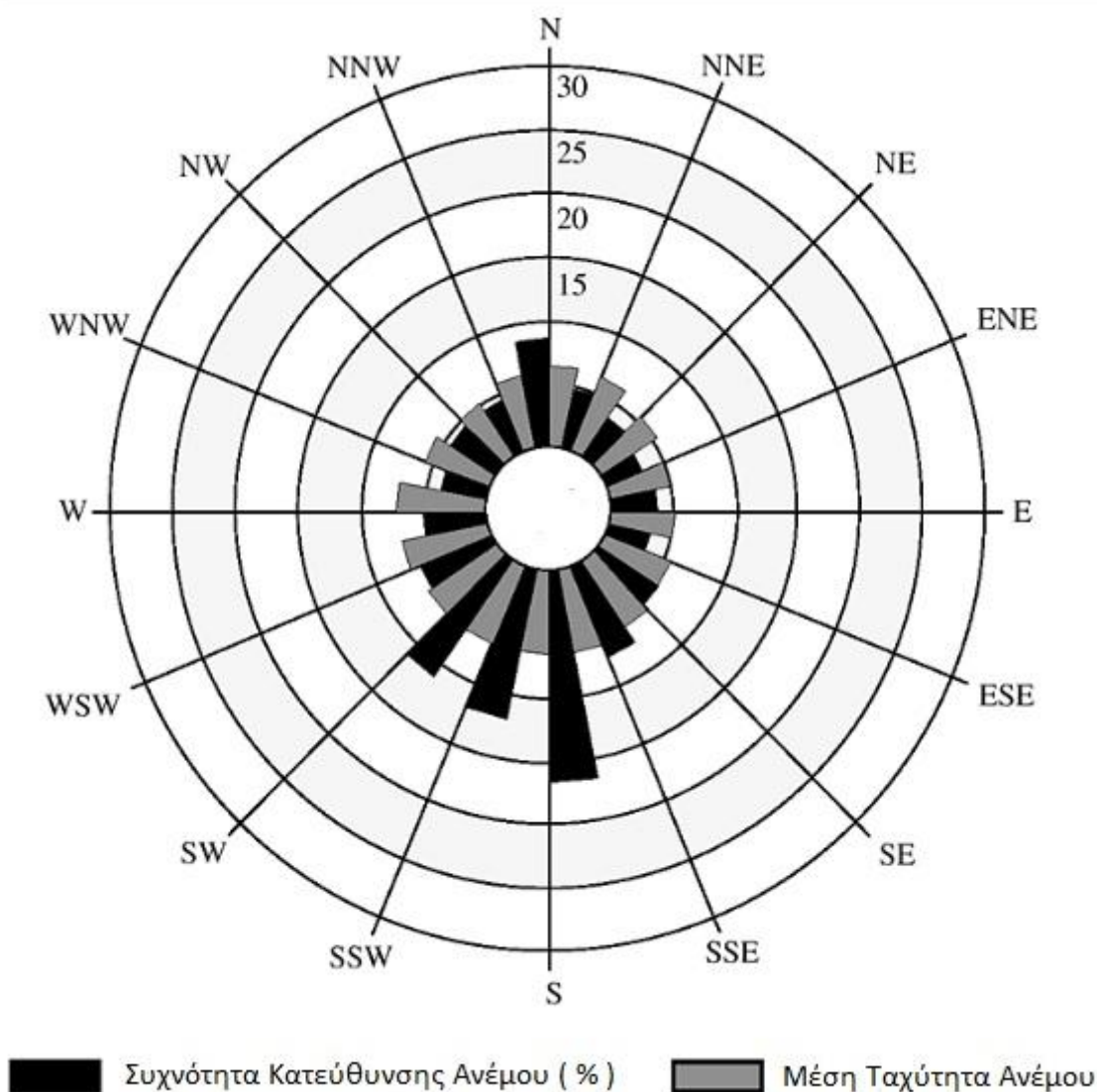


Εικόνα 4.2 : Εδώ παρουσιάζεται η περιοχή όπου επικρατεί το φαινόμενο του στροβιλισμού του αέρα

4.3.1 Επικρατούσα Κατεύθυνση Ανέμου (Prevailing Wind Direction)

Με τον όρο Επικρατούσα Κατεύθυνση του Ανέμου για μια περιοχή ονομάζουμε την κατεύθυνση του ανέμου που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη συχνότητα. Η επικρατούσα Κατεύθυνση του ανέμου μετριέται σε μοίρες, με τις 0 μοίρες να αντιστοιχούν στο Βορά, τις 90 μοίρες στην Ανατολή, τις 180 μοίρες στο Νότο και τις 270 μοίρες στη Δύση. Για την εύρεση της επικρατούσας κατεύθυνσης του ανέμου πρέπει να υπολογίσουμε τη συχνότητα του ανέμου για κάθε κατεύθυνση. Αφού κάνουμε όλους τους υπολογισμούς, η κατεύθυνση με τη μεγαλύτερη συχνότητα είναι η επικρατούσα κατεύθυνση του ανέμου.

Στο παράδειγμα της εικόνας 4.3, η κατεύθυνση με τη μεγαλύτερη συχνότητα είναι αυτή που δείχνει προς το Νότο (S – South). Συνεπώς, η επικρατούσα κατεύθυνση του ανέμου είναι 270 μοίρες.



Εικόνα 4.3 : Ροδόγραμμα του Ανέμου

4.4 Κριτήριο 3 – Περιβαλλοντικοί Περιορισμοί

Το τρίτο κριτήριο στοχεύει στην προστασία του Περιβάλλοντος. Η απρόσεκτη τοποθέτηση μιας ή περισσότερων ανεμογεννητριών μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ζημιές στο περιβάλλον και στο οικοσύστημα που βρίσκεται στη περιοχή. Οι περιοχές αυτές καθορίζονται από τον οργανισμό NATURA 2000 και από τους εθνικούς Δρυμούς (εθνικά πάρκα).

4.5 Κριτήριο 4 – Περιοχή Μειωμένης Ταχύτητας (Wake Loss Area)



Εικόνα 4.4 : Τρισδιάστατη απεικόνιση της περιοχής με μειωμένη ταχύτητα

Το τέταρτο κριτήριο ισχύει όταν έχουμε ήδη τοποθετήσει μία ή περισσότερες ανεμογεννήτριες στο χώρο. Η ανεμογεννήτρια που έχει ήδη τοποθετηθεί επιβραδύνει τον αέρα που προσπίπτει σε αυτή και δημιουργείται μια περιοχή χαμηλής ταχύτητας που ανοίγει βαθμιαία λόγω συνεκτικής και τυρβώδους ανάμιξης. Αν αυτό το ρεύμα αέρα συναντήσει δεύτερη ανεμογεννήτρια, πριν ολοκληρωθεί η επαναφορά του στις τιμές, πριν από την πρόσπτωση με τη πρώτη ανεμογεννήτρια, τότε η απόδοση της δεύτερης ανεμογεννήτριας μειώνεται αισθητά. Η απόδοση της δεύτερης μηχανής εξαρτάται αισθητά από τη θέση της ως προς την πρώτη.

Η περιοχή μειωμένης ταχύτητας (Wake Loss Area) [13] έχει κωνικό σχήμα και το πλάτος της μεταβάλλεται ανάλογα με την απόσταση από την ανεμογεννήτρια. Συγκεκριμένα, όσο αυξάνεται αυτή η απόσταση το πλάτος της περιοχής μεγαλώνει. Ένα παράδειγμα περιοχής μειωμένης ταχύτητας για μια ανεμογεννήτρια με ακτίνα πτερυγίου R φαίνεται στην εικόνα 2.6. Το πλάτος της περιοχής αυτής μεταβάλλεται σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση:

$$\Pi = 2 * R + 2 * k * d$$

Στην παραπάνω σχέση, με d συμβολίζεται η κάθετη απόσταση από το σημείο τοποθέτησης της ανεμογεννήτριας. Η απόσταση d ισούται με $10 * \text{Διάμετρο του έλικα της ανεμογεννήτριας}$, καθώς για απόσταση μεγαλύτερη από αυτή, η περιοχή μειωμένης απόστασης εξαλείφεται και ο άνεμος αποκτά και πάλι την αρχική του ταχύτητα. Με R συμβολίζουμε την ακτίνα της ανεμογεννήτριας, ενώ με k τον συντελεστή διάσπασης που θα αναλύεται παρακάτω.

Ο συντελεστής διάσπασης k εξαρτάται από δύο παράγοντες. Αυτοί είναι, το μήκος της τραχύτητας του εδάφους (Z_0) (Κεφάλαιο 4.5.1) και το ύψος του πύργου στήριξης της ανεμογεννήτριας (H). Ο συντελεστής διάσπασης k υπολογίζεται ως εξής:

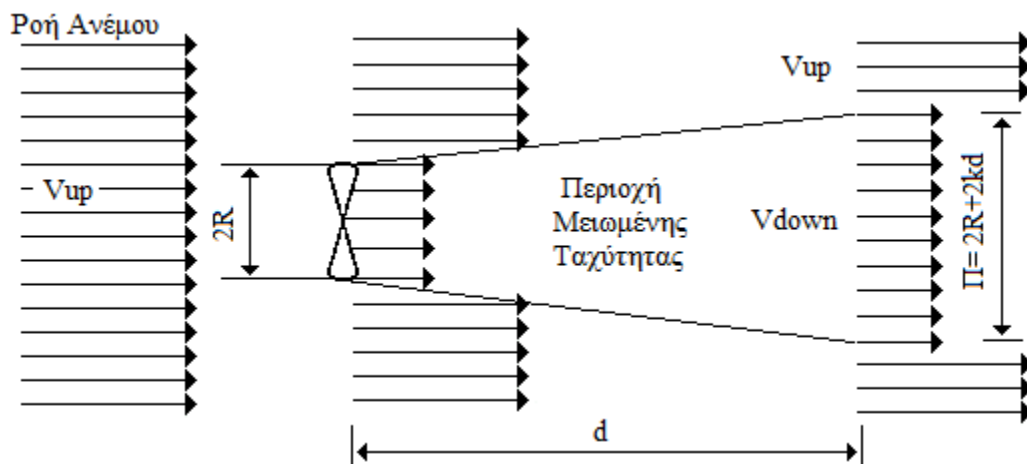
$$k = \frac{1}{2} * \ln^{-1} \left(\frac{H}{Z_0} \right)$$

Η ταχύτητα του ανέμου όταν αυτός προσπίπτει στο μπροστινό μέρος της ανεμογεννήτριας συμβολίζεται ως V_{up} , ενώ η ταχύτητα του ανέμου μετά την πρόσπτωση (περιοχή μειωμένης ταχύτητας) συμβολίζεται ως V_{down} . Η σχέση που χαρακτηρίζει αυτές τις δύο είναι $V_{up} > V_{down}$. Εξαιτίας αυτής της σχέσης προκύπτει έλλειμμα, το οποίο υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$V_{loss} = 1 - \frac{V_{down}}{V_{up}} = \frac{1 - \sqrt{1 - Gt}}{\left(\frac{1 + k * d}{R} \right)^2}$$

Στην παραπάνω σχέση με Gt συμβολίζεται ο συντελεστής ώσης, ο οποίος όπως φαίνεται και από το ακόλουθο τύπο εξαρτάται από τον συντελεστή διάσπασης k

$$Gt = 4 * k * (1 - k)$$



Εικόνα 4.5 : Περιοχή Μειωμένης Ταχύτητας (Wake Loss Area)

4.5.1 Τραχύτητα Εδάφους

Η τραχύτητα εκφράζει το είδος του εδάφους. Η ταχύτητα του εδάφους καθορίζει τον συντελεστή τριβής του ανέμου με το έδαφος και συνεπώς επιδρά σε σημαντικό βαθμό στη ταχύτητα του ανέμου σε μια περιοχή. Η τραχύτητα του ανέμου καθορίζει επίσης το μέγεθος της ανατάραξης του ανέμου, δηλαδή τη διακύμανση του ανέμου γύρω από τη μέση τιμή. Τα μεγέθη που εκφράζουν τη τραχύτητα του εδάφους είναι το μήκος τραχύτητας (συμβολίζεται με Z_0) και η κατηγορία τραχύτητας.

Μήκος τραχύτητας (Zo):

Το μήκος τραχύτητας εκφράζει το μέσο ύψος των στοιχείων τραχύτητας μιας επιφάνειας. Οι τιμές του ενδέχεται να αλλάζουν ανάλογα με την εποχή. (Φθινόπωρο, Άνοιξη, εποχές συγκομιδής). Οι περιοχές για τις οποίες παρατηρείται αλλαγή του μήκους τραχύτητας ανάλογα με την εποχή χαρακτηρίζονται από το μεγαλύτερο μήκος τραχύτητας. Ο υπολογισμός του μήκους τραχύτητας μπορεί να γίνει με τη χρήση εμπειρικών εξισώσεων ή με τη χρήση κατάλληλων πινάκων (εικόνα 2.7).

Για επίπεδα εδάφη όπου τα στοιχεία τραχύτητας μπορεί να υπολογιστεί μέσω του ύψους h των στοιχείων αυτών με τη χρήση του παρακάτω τύπου:

$$Z_o = h * 0.15$$

Τις περισσότερες όμως φορές το μήκος τραχύτητας μιας περιοχής υπολογίζεται με τη χρήση κατάλληλων πινάκων. Ένας τέτοιος πίνακας είναι ο πίνακας 4.2 .

Κατηγορία Τραχύτητας:

Τα εδάφη μπορούν να χωριστούν σε 3 ειδών κατηγορίες:

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
Κατηγορία τραχύτητας 1	Ανοικτές περιοχές χωρίς εμπόδια. Το έδαφος είναι επίπεδο ή με πολύ ελαφριές κλίσεις. Μπορεί να υπάρχουν μεμονωμένες αγροικίες και χαμηλοί θάμνοι.
Κατηγορία τραχύτητας 2	Καλλιεργημένη περιοχή με ορισμένα εμπόδια σε απόσταση μεγαλύτερη των 1000m μεταξύ τους και μερικά σπίτια. Το έδαφος είναι επίπεδο ή κυματώδες με δέντρα και σπίτια
Κατηγορία τραχύτητας 3	Συνδυασμός δάσους και καλλιεργημένης περιοχής με πολλά εμπόδια στα περίχωρα της πόλης. Τα εμπόδια είναι κοντά μεταξύ τους σε αποστάσεις μικρότερες από μερικές εκατοντάδες μέτρα

Πίνακας 4.1 : Κατηγορίες τραχύτητας

Κατηγορία Τραχύτητας	Τύπος εδάφους	Zo(m)
0	Πηλώδες έδαφος, Πάγος	$10^{-5} - 3 \cdot 10^{-5}$
0	Ήρεμη θάλασσα	$2 \cdot 10^{-4} - 3 \cdot 10^{-4}$
0	Αμμώδες έδαφος	$10^{-4} - 10^{-3}$
0	Χιονοκαλυμμένο επίπεδο έδαφος	$4.9 \cdot 10^{-3}$
1	Χέρσο έδαφος	$10^{-3} - 0.01$
1	Χλοερό έδαφος	0.017
1	Επίπεδο ακαλλιέργητο έδαφος	0.021
2	Χαμηλή βλάστηση, Στέπα	0.032
2	Υψηλά χόρτα	0.039
2	Σποβολώνες	0.045
2	Καλλιέργειες	0.064
2	Θαμνώδες έδαφος	0.1-0.3
2	Δάση με χαμηλά δένδρα	0.05-0.1
3	Δάση με υψηλά δένδρα	0.2-0.9
3	Προαστιακές περιοχές	1-2
3	Πόλεις	1-4

Πίνακας 4.2 : Πίνακας υπολογισμού της κατηγορίας και του μήκους τραχύτητας

Η τραχύτητα του εδάφους είναι χαρακτηριστικό κάθε περιοχής και μπορεί να αλλάζει ανάλογα με τις εποχές του χρόνου.

5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ : Χωροθέτηση για τη τοποθέτηση Ανεμογεννητριών μέσω του ArcGIS στο Π.Κ.

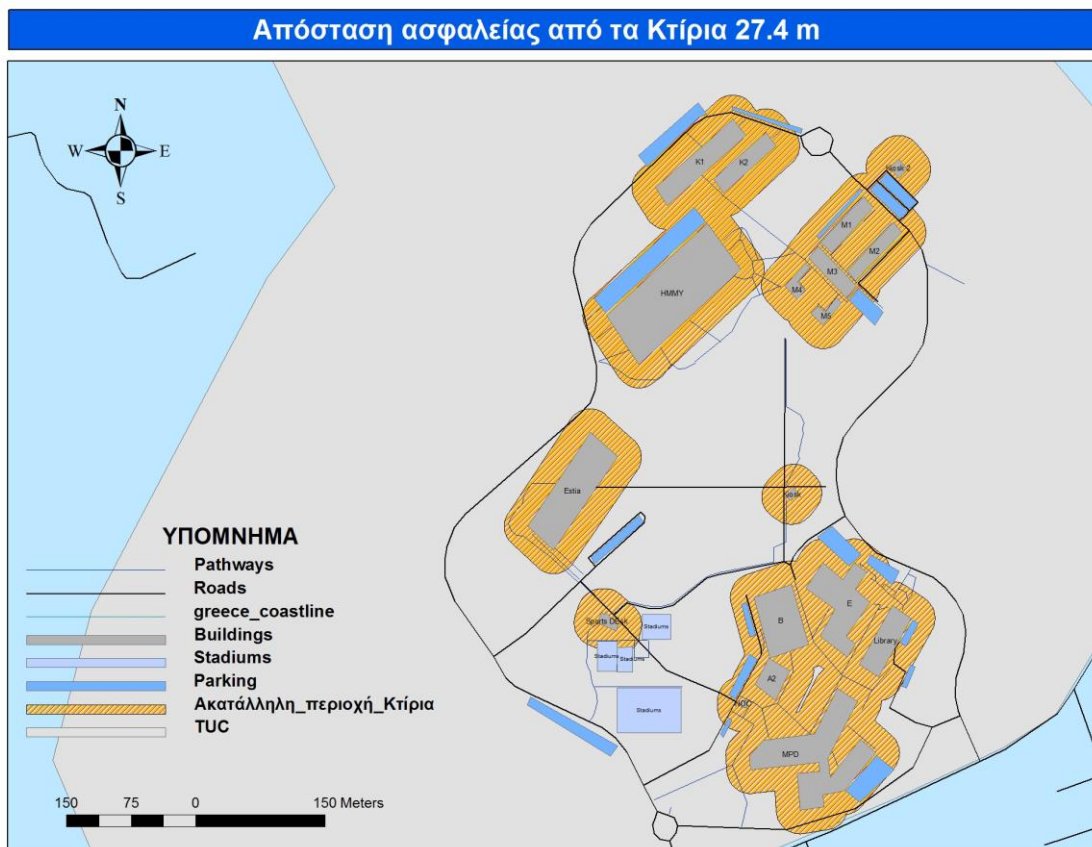
Στη περιοχή του Πολυτεχνείου Κρήτης θέλαμε να τοποθετήσουμε 3 ανεμογεννήτριες των 40kW με συνολικό ύψος 27.4 m η κάθε μία. Για πετύχουμε τη χωροθέτηση των κατάλληλων περιοχών για τη τοποθέτησή τους, δηλαδή τις περιοχές που τηρούν τα κριτήρια που αναφέραμε στο Κεφάλαιο 2.2, χρησιμοποιήσαμε το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών ArcGIS Desktop 10 και συγκεκριμένα τις εφαρμογές ArcMap 10 και ArcCatalog 10.

5.1 Εφαρμογή 1^{ου} Κριτηρίου - Ασφάλεια

Πρώτα απ'όλα, θα πρέπει οι ανεμογεννήτριες να απέχουν τουλάχιστον 27.4 μέτρα, όσο δηλαδή είναι και το ύψος τους, από όλα τα κτίρια, τα γήπεδα, τα parking και τους δρόμους που βρίσκονται στο Πολυτεχνείο Κρήτης. Ο λόγος που υπάρχει αυτός ο περιορισμός, είναι θέμα ασφάλειας. Δηλαδή, σε περίπτωση που για κάποιο λόγο πέσει κάποια ανεμογεννήτρια να μην κινδυνεύσει άμεσα κάποια ανθρώπινη ζωή, καθώς και να περιοριστούν οι υλικές ζημιές που θα προκαλέσει η πτώση της (πχ. υλικές ζημιές σε κτίρια, στο οδικό δίκτυο κτλ.). Επειδή υπήρχε η περίπτωση κάποιος δρόμος ή κτίριο κτλ. να βρίσκεται έξω από το χώρο του Π.Κ., αλλά η ζώνη επιρροής του (27.4 m) να εισέρχεται εντός του Π.Κ., επιλέξαμε να εφαρμόσουμε τα κριτήρια ασφαλείας και σε όλους τους δρόμους, κτίρια, parking κτλ. που βρίσκονται κοντά στο χώρο του Π.Κ.

Κτίρια

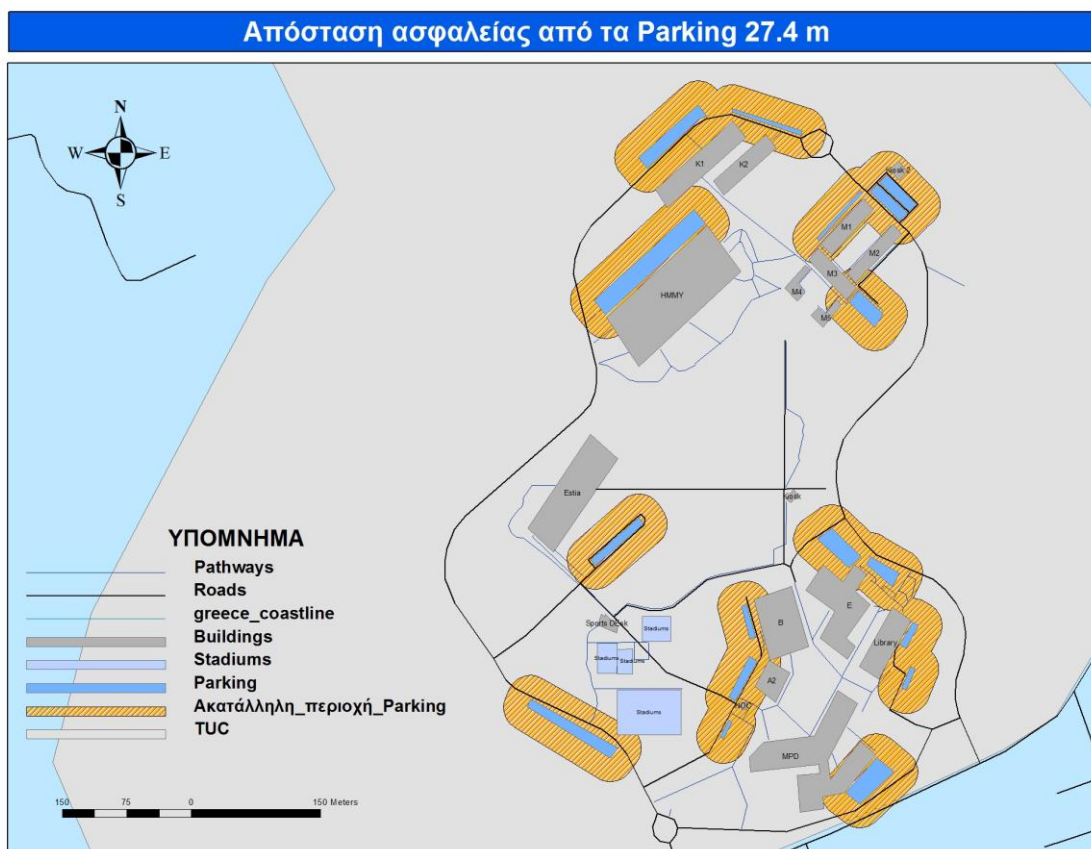
Για να σχεδιάσουμε την περιοχή που απέχει μέχρι και 27.4 μέτρα από όλα τα κτίρια, χρησιμοποιήσαμε ένα εργαλείο του ArcMap 10, το *Buffer Wizard*. Με αυτό το εργαλείο, αφού επιλέξαμε με ποιο χαρακτηριστικό του layer θα θέλαμε να ασχοληθούμε (κτίρια) και αφού ορίσαμε την απόσταση που θέλουμε και τις μονάδες μετρήσεις της, του ζητήσαμε να σχεδιάσει και να αποθηκεύσει σε ένα άλλο shapefile τη περιοχή που αρχικά θέλαμε (αναλυτικά στο κεφάλαιο 3.1.3). Στη συνέχεια προσθέσαμε το καινούργιο shapefile στο layer μας. Η περιοχή αυτή φαίνεται στον *Χάρτη 5.1*.



Χάρτης 5.1 : Σε αυτό τον χάρτη φαίνεται η περιοχή, η οποία απέχει 27.4 μέτρα από τα κτίρια του Π.Κ.

Parking

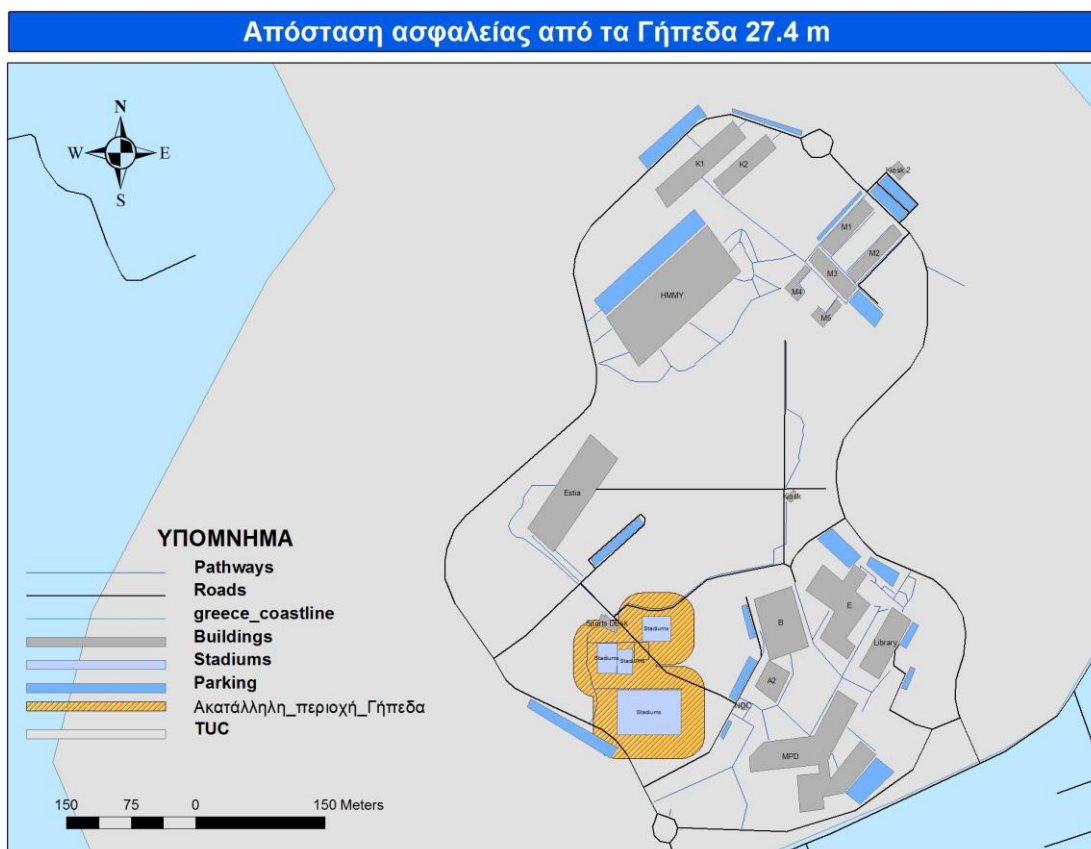
Για να σχεδιάσουμε την περιοχή που απέχει μέχρι και 27.4 μέτρα από όλα τα Parking, χρησιμοποιήσαμε ξανά το εργαλείο του ArcMap 10 , *Buffer Wizard*. Με αυτό το εργαλείο αφού επιλέξαμε με ποιο χαρακτηριστικό του layer θα θέλαμε να ασχοληθούμε (Parking) και αφού ορίσαμε την απόσταση που θέλουμε και τις μονάδες μετρήσεις της, του ζητήσαμε να σχεδιάσει και να αποθηκεύσει σε ένα άλλο shapefile τη περιοχή που αρχικά θέλαμε. Στη συνέχεια, προσθέσαμε το καινούργιο shapefile στο layer μας. Η περιοχή αυτή φαίνεται στον Χάρτη 5.2.



Χάρτης 5.2 : Σε αυτό τον χάρτη φαίνεται η περιοχή, η οποία απέχει 27.4 μέτρα από τα Parking του Π.Κ.

Γήπεδα

Για να σχεδιάσουμε την περιοχή που απέχει μέχρι και 27.4 μέτρα από όλα τα γήπεδα, χρησιμοποιήσαμε ξανά το εργαλείο του ArcMap 10 , το *Buffer Wizard*. Με αυτό το εργαλείο αφού επιλέξαμε με ποιο χαρακτηριστικό του layer θα θέλαμε να ασχοληθούμε (γήπεδα) και αφού ορίσαμε την απόσταση που θέλουμε και τις μονάδες μετρήσεις της, του ζητήσαμε να σχεδιάσει και να αποθηκεύσει σε ένα άλλο shapefile τη περιοχή που αρχικά θέλαμε. Στη συνέχεια προσθέσαμε το καινούργιο shapefile στο layer μας. Η περιοχή αυτή φαίνεται στον *Χάρτη 5.3*.



Χάρτης 5.3 : Σε αυτό τον χάρτη φαίνεται η περιοχή, η οποία απέχει 27.4 μέτρα από τα Γήπεδα του Π.Κ.

Δρόμοι

Για να σχεδιάσουμε την περιοχή που απέχει μέχρι και 27.4 μέτρα από όλους τους δρόμους του Π.Κ και των περιοχών που βρίσκονται γύρω από αυτό., χρησιμοποιήσαμε το εργαλείο του ArcMap 10 , το *Buffer Wizard*. Με αυτό το εργαλείο, αφού επιλέξαμε με ποιο χαρακτηριστικό του layer θα θέλαμε να ασχοληθούμε (δρόμοι) και αφού ορίσαμε την απόσταση που θέλουμε και τις μονάδες μετρήσεις της, του ζητήσαμε να σχεδιάσει και να αποθηκεύσει σε ένα άλλο shapefile τη περιοχή που αρχικά θέλαμε. Στη συνέχεια προσθέσαμε το καινούργιο shapefile στο layer μας. Η περιοχή αυτή φαίνεται στον *Χάρτη 5.4*.



Χάρτης 5.4 : Σε αυτό τον χάρτη φαίνεται η περιοχή, η οποία απέχει 27.4 μέτρα από τους Δρόμους του Π.Κ.

Τελική Ζώνη Αποκλεισμού για το 1^ο Κριτήριο

Αφού υπολογίσαμε τις ζώνες αποκλεισμού για όλα τα κτίρια, τα parking, τα γήπεδα και τους δρόμους ξεχωριστά, χρησιμοποιήσαμε την εντολή *UNION* (Ένωση) του ArcToolbox για να ενώσουμε όλες τις Ζώνες Αποκλεισμού και να σχεδιάσουμε τη Τελική Ζώνη Αποκλεισμού για το πρώτο κριτήριο (χάρτης 5.5).



Χάρτης 5.5 : Σε αυτό το χάρτη φαίνεται η Τελική Ζώνη Αποκλεισμού για το Πρώτο Κριτήριο- Ασφάλεια

5.2 Εφαρμογή 2^{ου} Κριτηρίου - Στροβιλισμός

Στο ArcMap 10, κάθε φορά που δημιουργούμε ένα επίπεδο χωρικών δεδομένων, δημιουργείται αυτόματα ένας πίνακας περιγραφικών δεδομένων. Συνεπώς, όταν δημιουργήσαμε το επίπεδο *Buildings*, δημιουργήθηκε αυτόματα και ο αντίστοιχος πίνακας. Στον πίνακα αυτό έχουμε τη δυνατότητα να προσθέσουμε επιπλέον πεδία, πέρα από αυτών που δημιουργεί το λογισμικό, και να τα ενημερώσουμε. Εκμεταλλευόμενοι, λοιπόν, αυτή τη δυνατότητα, δημιουργήσαμε αρκετά πεδία, τα οποία μας βοήθησαν να αποθηκεύσουμε διάφορες πληροφορίες γι αυτά (πχ. Όνομα κτιρίου, επιφάνεια κτλ). Ένα από τα πεδία που δημιουργήσαμε ήταν το *Height*, στο οποίο αποθηκεύσαμε το ύψος του κάθε κτιρίου (το ακριβές ύψος του κάθε κτιρίου το βρήκαμε από τη τεχνική υπηρεσία).

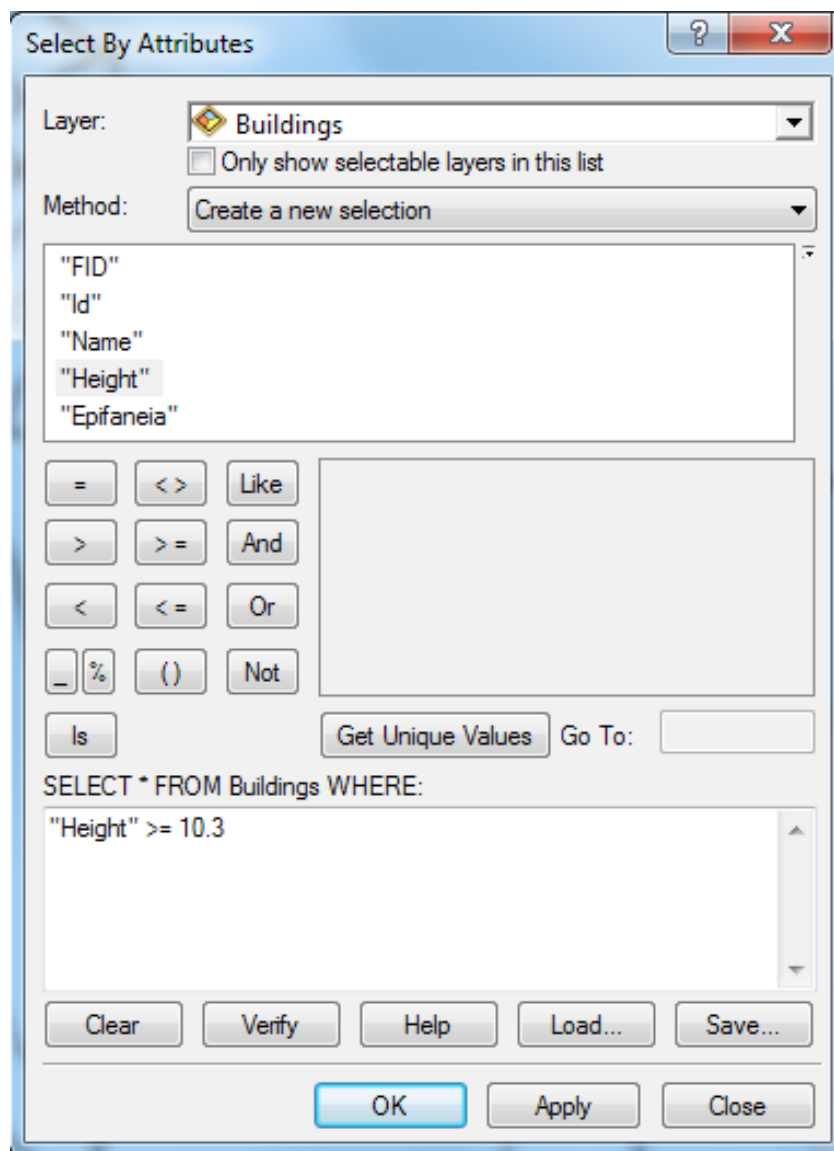
Για να βρούμε σε ποια κτίρια εμφανίζεται το φαινόμενο του στροβιλισμού του αέρα χρησιμοποιήσαμε το παρακάτω τύπο:

$$Hb > \frac{Hwg - 2 * R}{2}$$

Στην παραπάνω εξίσωση με Hb συμβολίζουμε το ύψος του κτιρίου, με Hwg το ύψος της ανεμογεννήτριας και με R την ακτίνα της φτερωτής της ανεμογεννήτριας.

Ξέρουμε πως το συνολικό ύψος της κάθε ανεμογεννήτριας που θα τοποθετήσουμε είναι 27.4 μέτρα και πως η διάμετρος της φτερωτής είναι 6.8 μέτρα. Συνεπώς, το μήκος της κολώνας της ανεμογεννήτριας που δεν καλύπτεται από τη φτερωτή είναι 20.6 μέτρα. Άρα, το φαινόμενο του στροβιλισμού του αέρα θα εμφανίζεται στα κτίρια που ξεπερνούν τα 10.3 μέτρα.

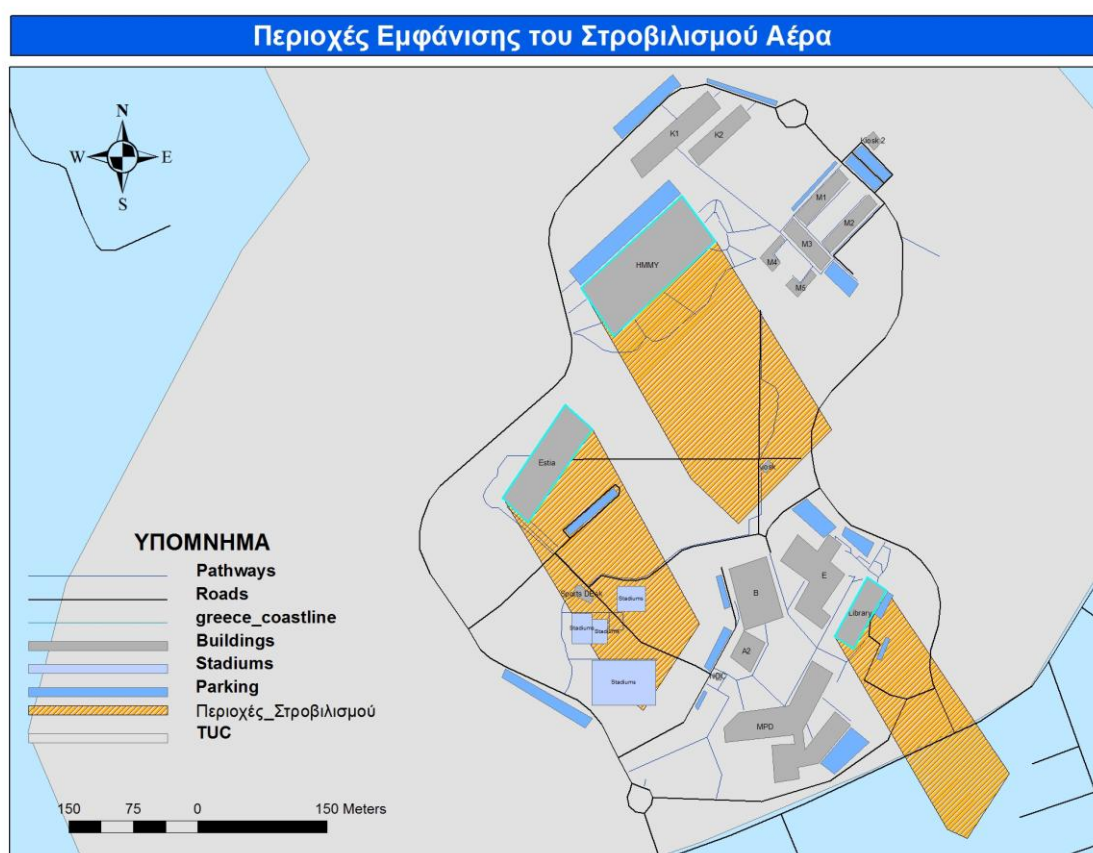
Για την εύρεση αυτών των κτιρίων, χρησιμοποιήσαμε μια εφαρμογή του ArcMap 10 την *Select By Attributes...*, η οποία διαχειρίζεται τη βάση δεδομένων του προγράμματος. Η εφαρμογή βρίσκεται στο *menu Selection / Select by Attributes...*. Όταν ανοίξαμε την εφαρμογή, αφού επιλέξαμε ως *layer* το *Buildings* και ως *Method* το *create a new selection*, γράψαμε στη φόρμα (*Select * FROM Buildings WHERE*) ,*"Height" >= 10.3*. Δηλαδή, είπαμε στο σύστημα να βρει όλα τα κτίρια, τα οποία έχουν ύψος μεγαλύτερο των 10.3 μέτρων (*Εικόνα 5.1*). Τα αποτελέσματα αυτής της εφαρμογής φάνηκαν στο χάρτη του προγράμματος, όπου τα επιλεγμένα κτίρια είχαν διαφορετικό χρώμα.



Εικόνα 5.1 : Παράδειγμα χρήσης του "Select By Attribute..."

Στη περιοχή του Πολυτεχνείου Κρήτης και γενικότερα στη περιοχή του Ακρωτηρίου Χανίων βρήκαμε από την ΕΜΥ πως η επικρατούσα κατεύθυνση του ανέμου είναι 330 μοίρες Βόρειο Δυτικά.

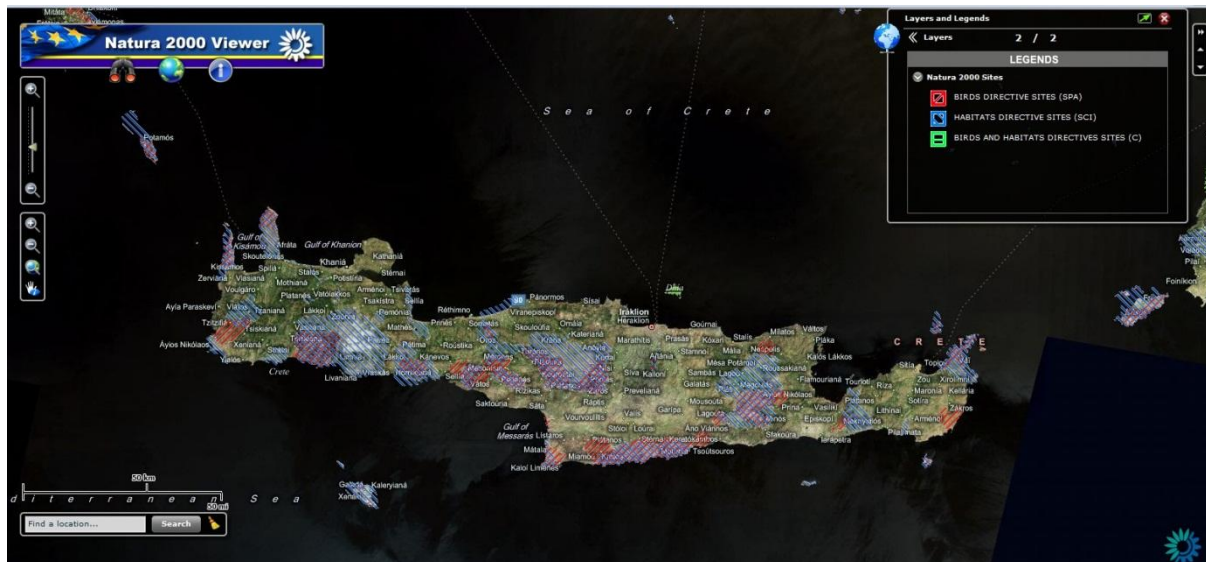
Αφού βρήκαμε λοιπόν σε ποια κτίρια παρουσιάζεται το πρόβλημα του στροβιλισμού (Κτίριο Επιστημών, Εστία και παλαιά Βιβλιοθήκη) , χρησιμοποιήσαμε τριγωνομετρία για να βρούμε την επικρατούσα κατεύθυνση του ανέμου (330 μοίρες), υπολογίσαμε την απόσταση για κάθε κτίριο ($20 * \text{Ύψος του κτιρίου}$) και χαράξαμε τις περιοχές που δημιουργείται το πρόβλημα (χάρτης 5.6).



Χάρτης 5.6 : Περιοχές εμφάνισης του Στροβιλισμού Αέρα

5.3 Εφαρμογή 3^{ου} Κριτηρίου – Προστασία Περιβάλλοντος

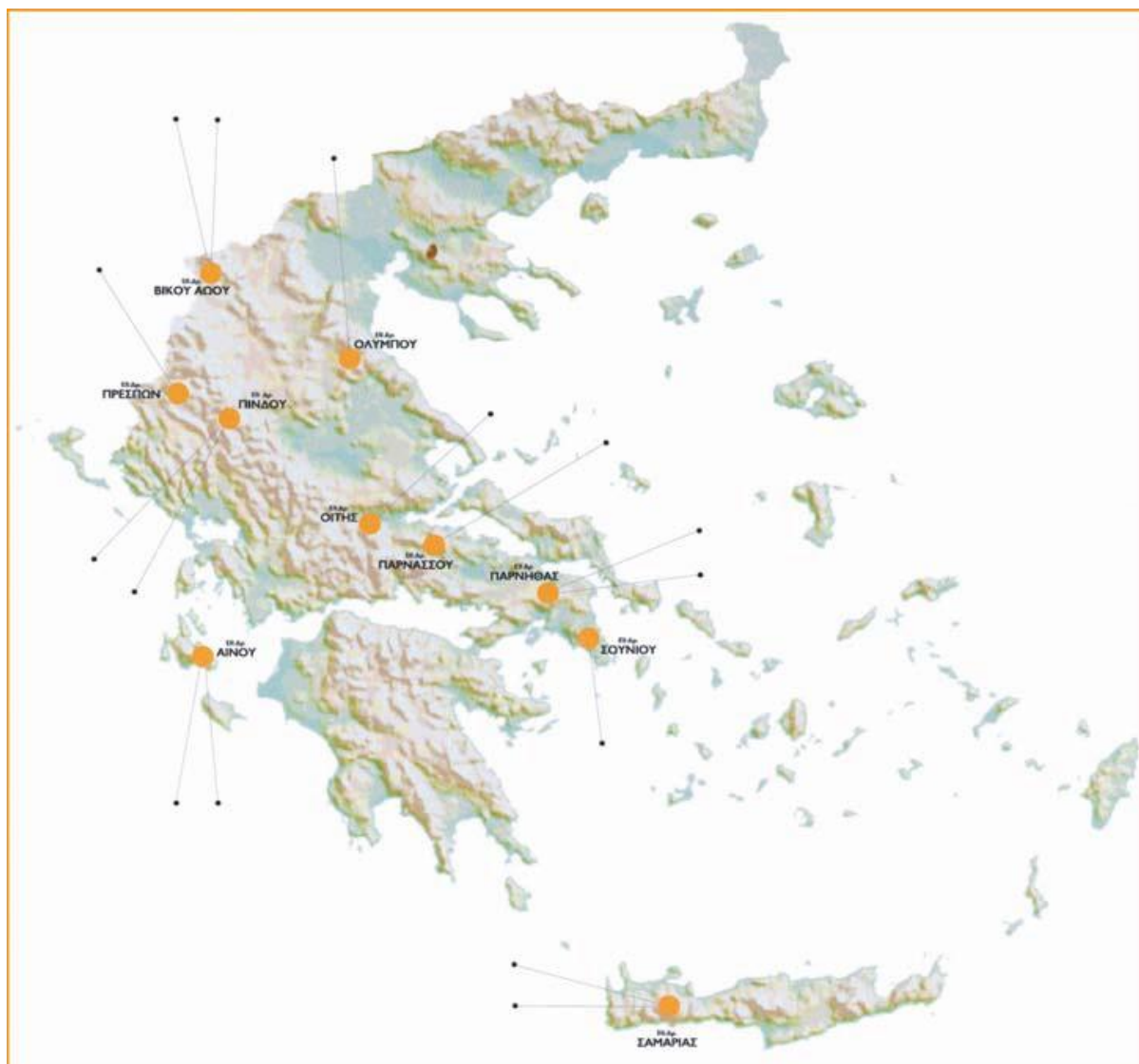
Στη περιοχή του Πολυτεχνείου Κρήτης και γενικότερα στη περιοχή του Ακρωτηρίου Χανίων δεν υπάρχουν προστατευόμενες περιοχές (Natura 2000) ή εθνικοί δρυμοί (Εικόνες 5.2 και 5.3).



Εικόνα 5.2 : Περιοχές NATURA 2000 στη Κρήτη [22]

Στην Ελλάδα έχουν κηρυχτεί δέκα περιοχές ως Εθνικοί δρυμοί [20]:

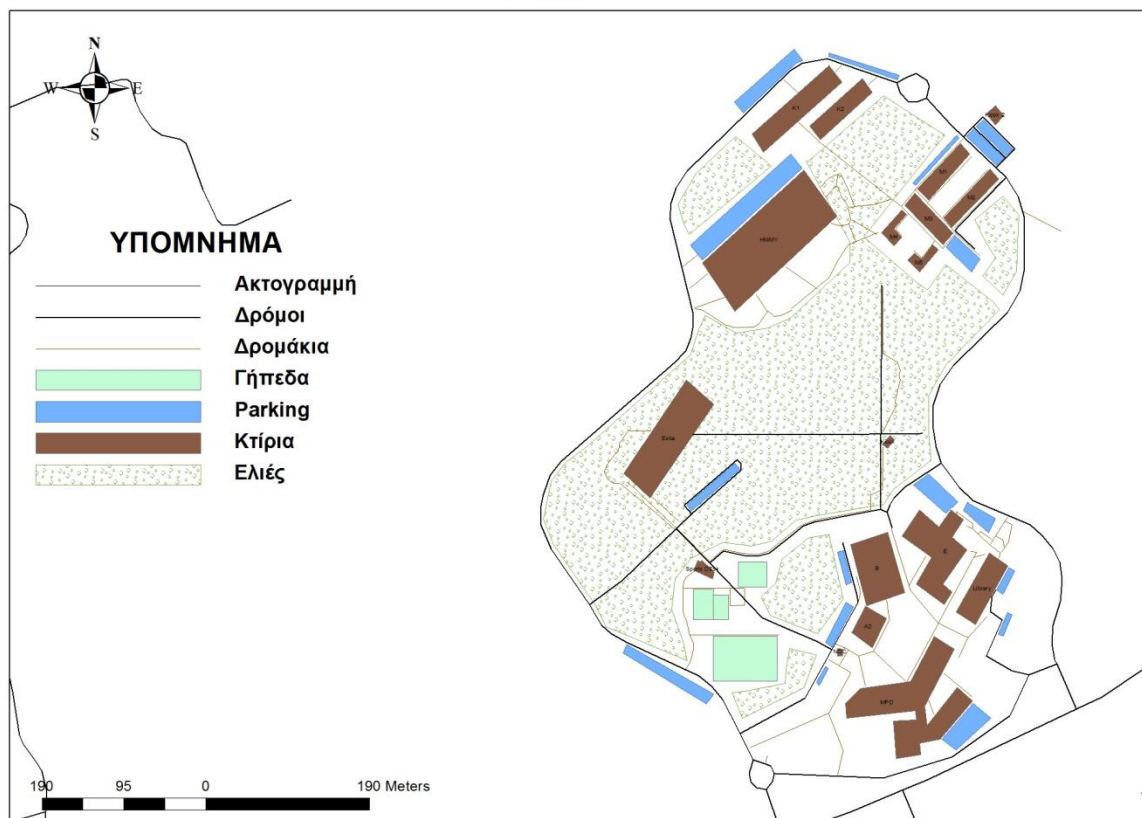
- [Εθνικός δρυμός Ολύμπου](#)
- [Εθνικός δρυμός Πάρνηθας](#)
- [Εθνικός δρυμός Παρνασσού](#)
- [Εθνικός δρυμός Αίνου Κεφαλληνίας](#)
- [Εθνικός δρυμός Σουνίου](#)
- [Εθνικός δρυμός Οίτης](#)
- [Εθνικός δρυμός Λευκών Ορέων](#) (Σαμαριάς)
- [Εθνικός δρυμός Πίνδου](#) (Βάλια Κάλντα)
- [Εθνικός δρυμός Πρεσπών](#)
- [Εθνικός δρυμός Βίκου Αώου](#)



Εικόνα 5.3 : Ταμπλό γεωφυσικού χάρτη της Ελλάδας, πάνω στον οποίο φαίνονται οι εθνικοί δρυμοί [21]

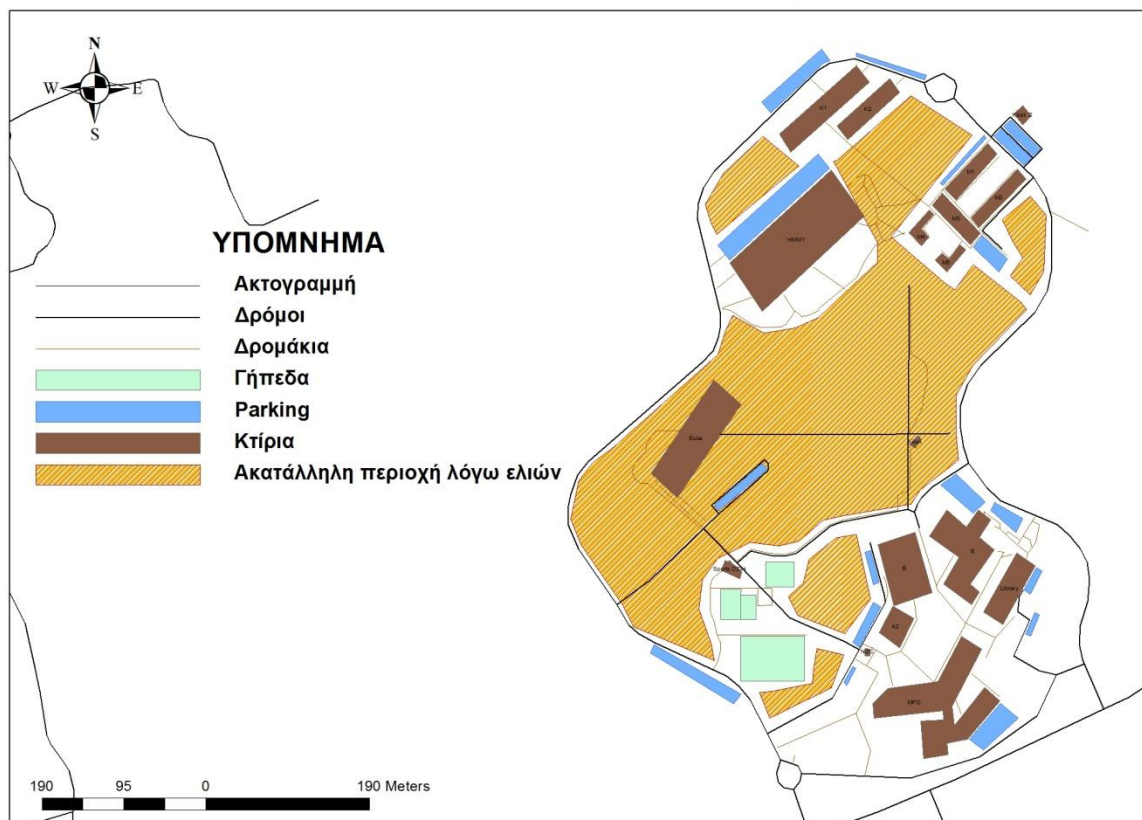
Όμως, σε αρκετούς χώρους του Πολυτεχνείου Κρήτης υπάρχουν πάρα πολλά δέντρα (Ελιές). Συνεπώς, προτιμήσαμε σε αυτούς τους χώρους να μην τοποθετήσουμε κάποια ανεμογεννήτρια, καθώς θα προκαλούσαμε περιβαλλοντική καταστροφή. Στον *χάρτη 5.7* σχεδιάσαμε τις περιοχές όπου υπάρχουν τα δέντρα. Αυτομάτως, η περιοχή αυτή γίνεται και απαγορευτική ζώνη για τους λόγους που αναφέραμε (*Χάρτης 5.8*).

Περιοχή Ελιών



Χάρτης 5.7 : Περιοχή με τα δέντρα (Ελιές) στο ΠΚ

Ακατάλληλη Περιοχή για Περιβαλλοντικούς Λόγους

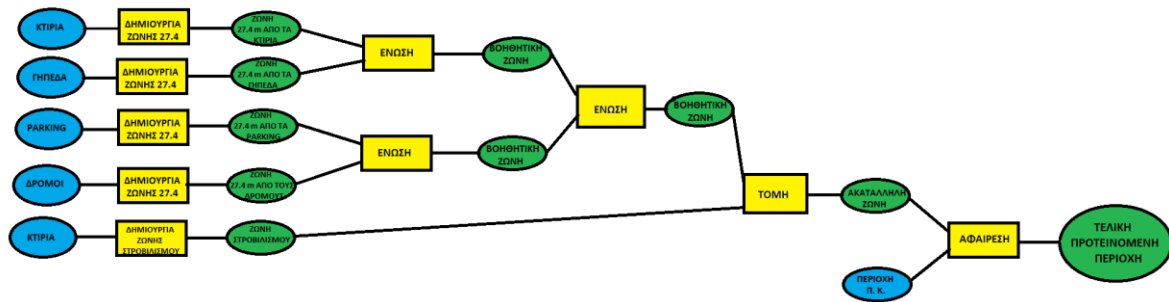


Χάρτης 5.8 : Ακατάλληλη Περιοχή για Περιβαλλοντικούς λόγους

5.4 Εφαρμογή του 1^{ου}, 2^{ου} και 3^{ου} Κριτηρίου

Η μεθοδολογία που ακολουθήσαμε για να χαράξουμε την τελική προτεινόμενη περιοχή για την τοποθέτηση μιας ανεμογεννήτριας, δηλαδή την ταυτόχρονη εφαρμογή των κριτηρίων 1,2 και 3, φαίνεται στο σχήμα (εικόνα 5.4) που ακολουθεί με όνομα Μοντέλο Παραχάραξης. Σε αυτό το σχήμα, δείχνουμε ακριβώς με ποιο τρόπο ενώσαμε ή αφαιρέσαμε τις διάφορες ζώνες για να σχεδιάσουμε την τελική ζώνη.

ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΑΡΑΧΑΡΑΞΗΣ



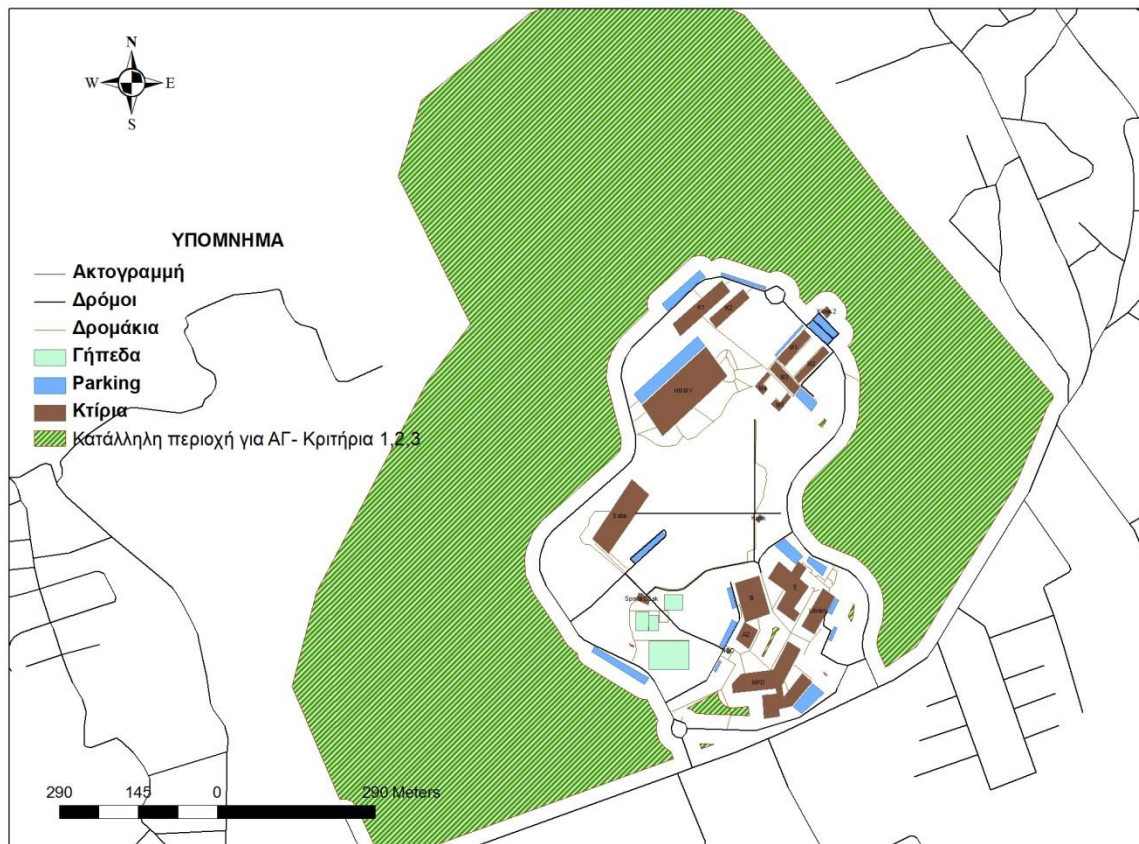
Εικόνα 5.4 : Αναπαράσταση των συνολικών εργασιών για τη σχεδίαση της τελικής προτεινόμενης ζώνης για τη τοποθέτηση μιας ανεμογεννήτριας

Έχοντας υπολογίσει τις Ζώνες Αποκλεισμού 1 , 2 και 3 και γνωρίζοντας τη περιοχή του Πολυτεχνείου Κρήτης, σχεδιάσαμε τη τελική περιοχή τοποθέτησης μιας ανεμογεννήτριας. Για να το πετύχουμε αυτό, αρχικά χρησιμοποιήσαμε την εντολή *UNION* (Ένωση) του ArcToolbox για να ενώσουμε όλες τις Ζώνες Αποκλεισμού. Το αποτέλεσμα όλων των Ενώσεων φαίνονται στο *Χάρτη 5.9* . Στη συνέχεια, αφού είχαμε όλες τις Ζώνες Αποκλεισμού σε μία, την αφαιρέσαμε από την περιοχή του Πολυτεχνείου Κρήτης. Αυτό το πετύχαμε χρησιμοποιώντας την εντολή *Erase* (Αφαίρεση) του ArcToolbox. Το αποτέλεσμα φαίνεται στον *Χάρτη 5.10* .



Χάρτης 5.9 : Τελική ακατάλληλη περιοχή για τοποθέτηση Α/Γ

Κατάλληλη περιοχή για ΑΓ - Κριτήρια 1,2,3



Χάρτης 5.10 : Τελική προτεινόμενη περιοχή για τοποθέτηση Α/Γ

5.5 Εφαρμογή 4^{ου} Κριτηρίου – Περιοχή Μειωμένης Ταχύτητας (Wake Loss Area)

Στο χώρο του Πολυτεχνείου Κρήτης θέλαμε να τοποθετήσουμε τρεις ανεμογεννήτριες ύψους 27.4 μέτρων. Για να αποφύγουμε, λοιπόν, την τοποθέτηση κάποιας ανεμογεννήτριας σε περιοχή μειωμένης ταχύτητας (wake loss area), εφαρμόσαμε το Κριτήριο – Περιορισμό 4 που αναφέραμε στο *Κεφάλαιο 4*.

Η περιοχή μειωμένης ταχύτητας έχει κωνικό σχήμα και το μήκος της περιοχής αυτής ισούται με 10 φορές τη διάμετρο του έλικα της ανεμογεννήτριας. Στη περίπτωση μας ο έλικας έχει ακτίνα 3.4m. Δηλαδή, η διάμετρος είναι 6.8m. Άρα, το μήκος της περιοχής όπου εμφανίζεται το φαινόμενο της μειωμένης ταχύτητας είναι $d=68m$. Το πλάτος της περιοχής μεταβάλλεται ανάλογα με την απόσταση από την ανεμογεννήτρια. Για τον υπολογισμό του πλάτους, χρειαζόμαστε πρώτα να υπολογίσουμε τον συντελεστή διάσπασης (k):

$$k = \frac{1}{2} * \ln^{-1} \left(\frac{H}{Z_o} \right) = 0.10444$$

Στον παραπάνω τύπο, το Z_o ισούται με το μήκος της τραχύτητας του εδάφους και το H ισούται με το ύψος του πύργου στήριξης της ανεμογεννήτριας. Το μήκος της τραχύτητας του εδάφους είναι 0.2 (Πίνακας 4.2), καθώς η περιοχή του πολυτεχνείου Κρήτης είναι θαμνώδης, ενώ το ύψος του πύργου στήριξης είναι 24m.

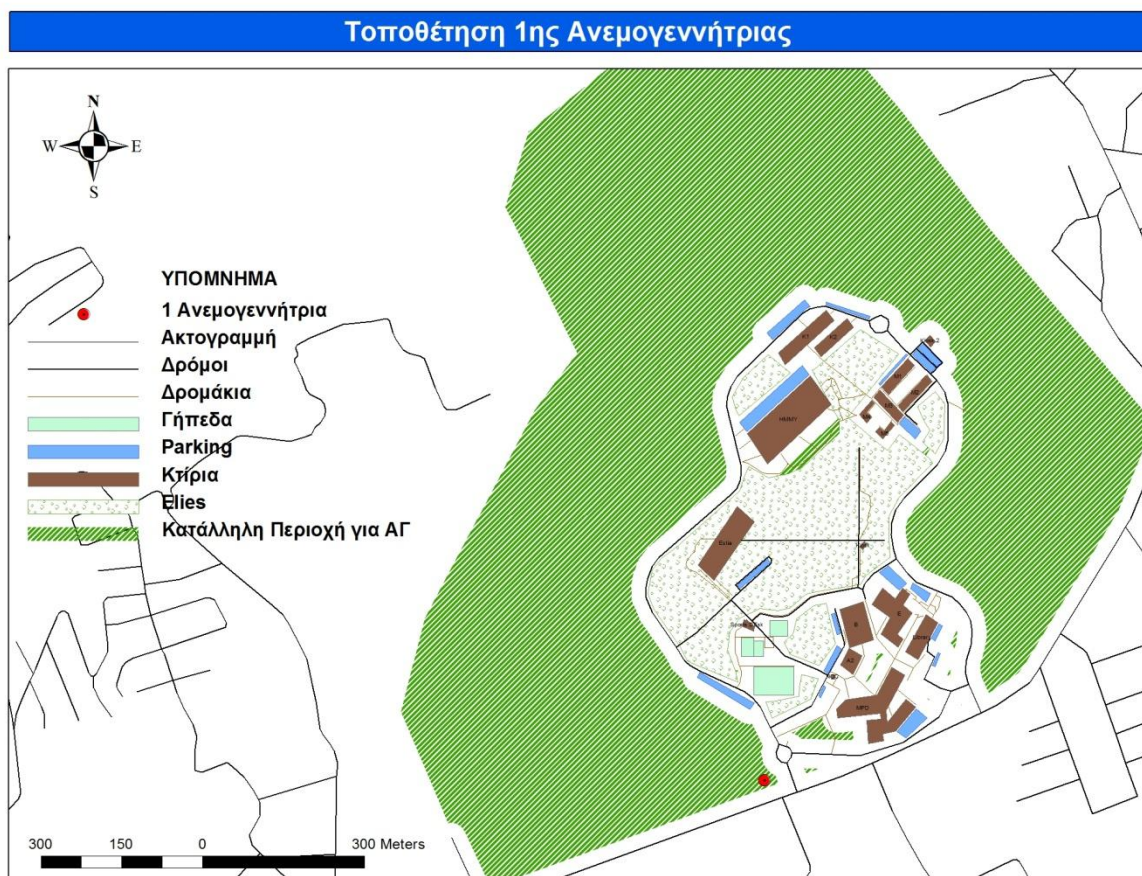
Για τον υπολογισμό του πλάτους χρησιμοποιήσαμε την ακόλουθη σχέση:

$$P = 2 * R + 2 * k * d = 2 * 3.6 + 2 * 0.10444 * 68 = 21 \text{ μέτρα}$$

5.5.1 Τοποθέτηση των 3 Ανεμογεννητριών

Σε αυτό το κεφάλαιο τοποθετήσαμε μια πιθανή τριάδα από ανεμογεννήτριες στο χώρο του πολυτεχνείου Κρήτης εφαρμόζοντας το κριτήριο της περιοχής μειωμένης ταχύτητας. Για να το πετύχουμε αυτό, αφού τοποθετήσαμε τη πρώτη ανεμογεννήτρια σε ένα σημείο όπου ήταν κατάλληλο για τοποθέτηση ανεμογεννήτριας (Κεφάλαιο 4.4), σχεδιάσαμε με το εργαλείο *Buffer Wizard* μια περιοχή ακτίνας 68m γύρω από αυτό. Στη συνέχεια τοποθετήσαμε τη δεύτερη ανεμογεννήτρια σε σημείο κοντά στη πρώτη ανεμογεννήτρια, αλλά ταυτοχρόνως έξω από την περιοχή των 68m που δημιουργήσαμε προηγουμένως. Από το σημείο που τοποθετήσαμε τη δεύτερη ανεμογεννήτρια, δημιουργήσαμε μια 2^η περιοχή ακτίνας 68m με το εργαλείο *Buffer Wizard*. Τέλος, τοποθετήσαμε τη τρίτη ανεμογεννήτρια σε σημείο κοντά στη πρώτη και στη δεύτερη ανεμογεννήτρια, αλλά ταυτοχρόνως έξω από τις περιοχές των 68m που δημιουργήσαμε προηγουμένως. Από το σημείο που τοποθετήσαμε τη Τρίτη ανεμογεννήτρια, δημιουργήσαμε μια 3^η περιοχή ακτίνας 68m με το εργαλείο *Buffer Wizard*. Στους χάρτες που ακολουθούν παρουσιάζουμε αναλυτικά τον τρόπο τοποθέτησης που αναφέραμε.

Βήμα 1^ο: Τοποθέτηση πρώτης ανεμογεννήτριας στην περιοχή όπου είναι κατάλληλη για τοποθέτηση.



Χάρτης 5.11 : Τοποθέτηση 1ης Ανεμογεννήτριας

Βήμα 2^ο: Δημιουργία Ζώνης επιρροής ακτίνας 68 μέτρων γύρω από την πρώτη ανεμογεννήτρια.



Χάρτης 5.12 : Ακατάλληλη περιοχή για τη τοποθέτηση της 2ης Ανεμογεννήτριας

Βήμα 3^ο: Τοποθέτηση της δεύτερης ανεμογεννήτριας σε σημείο που βρίσκεται 1) κοντά στη πρώτη ανεμογεννήτρια, 2) στην κατάλληλη περιοχή για τοποθέτηση Ανεμογεννήτριας και 3) έξω από την περιοχή των 68m που δημιουργήσαμε στο Βήμα 2.



Χάρτης 5.13 : Τοποθέτηση 2ης Ανεμογεννήτριας

Βήμα 4^ο: Δημιουργία Ζώνης επιρροής ακτίνας 68 μέτρων γύρω από την δεύτερη ανεμογεννήτρια.



Χάρτης 5.14 : Ακατάλληλη Περιοχή για τη τοποθέτηση της 3ης Ανεμογεννήτριας

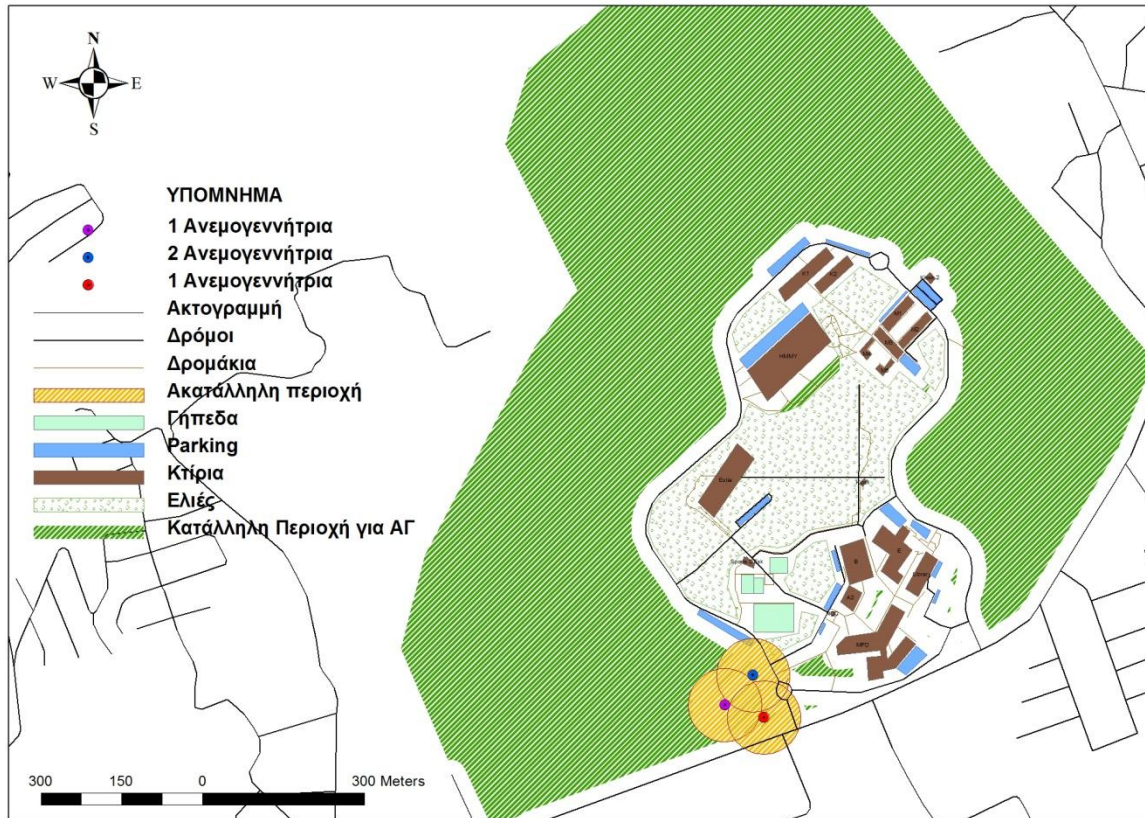
Βήμα 5^ο: Τοποθέτηση της τρίτης ανεμογεννήτριας σε σημείο που βρίσκεται 1) κοντά στη πρώτη και στη δεύτερη ανεμογεννήτρια, 2) στην κατάλληλη περιοχή για τοποθέτηση Ανεμογεννήτριας και 3) έξω από τις περιοχές των 68m που δημιουργήσαμε στο Βήμα 2 και στο Βήμα 4.



Χάρτης 5.15 : Τοποθέτηση 3ης Ανεμογεννήτριας

Βήμα 6^ο: Δημιουργία Ζώνης επιρροής ακτίνας 68 μέτρων γύρω από τη τρίτη ανεμογεννήτρια.

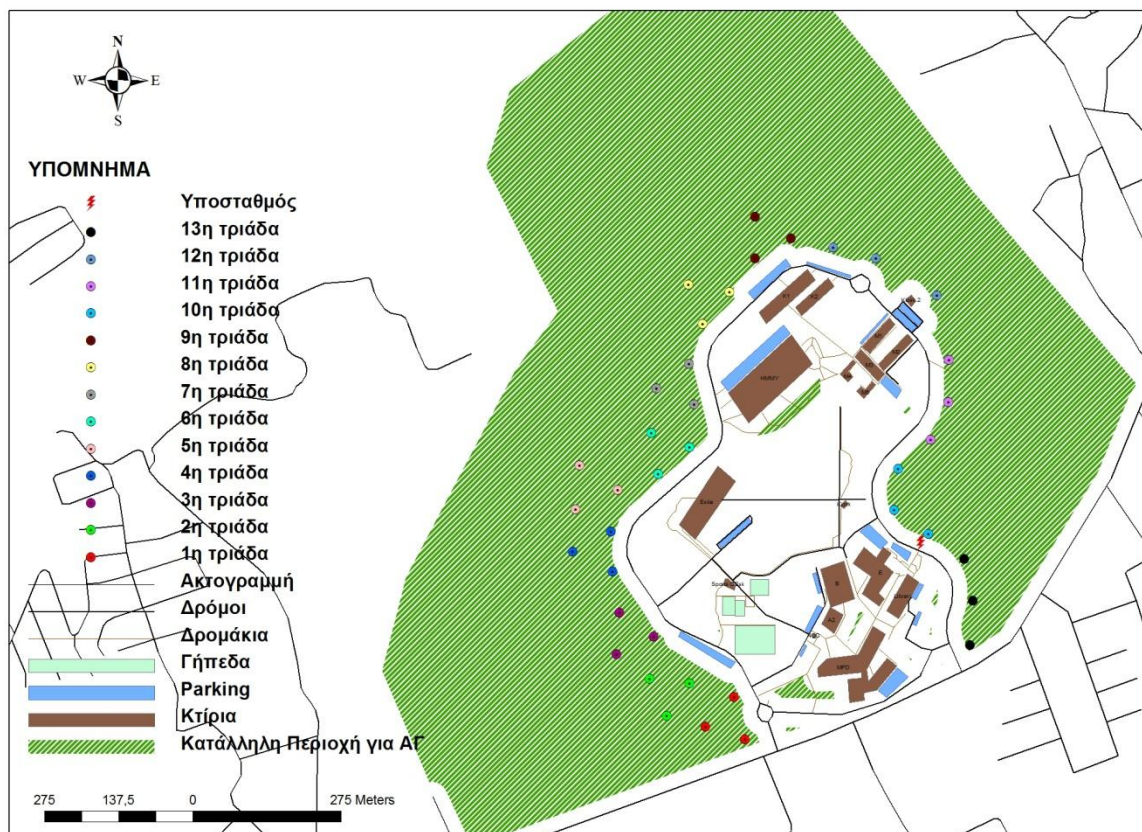
Τοποθέτηση 3 Ανεμογεννητριών και οι ακατάλληλης περιοχές που δημιουργούν



Χάρτης 5.16 : Τοποθέτηση 3 Ανεμογεννητριών και οι ακατάλληλης περιοχές που δημιουργούν

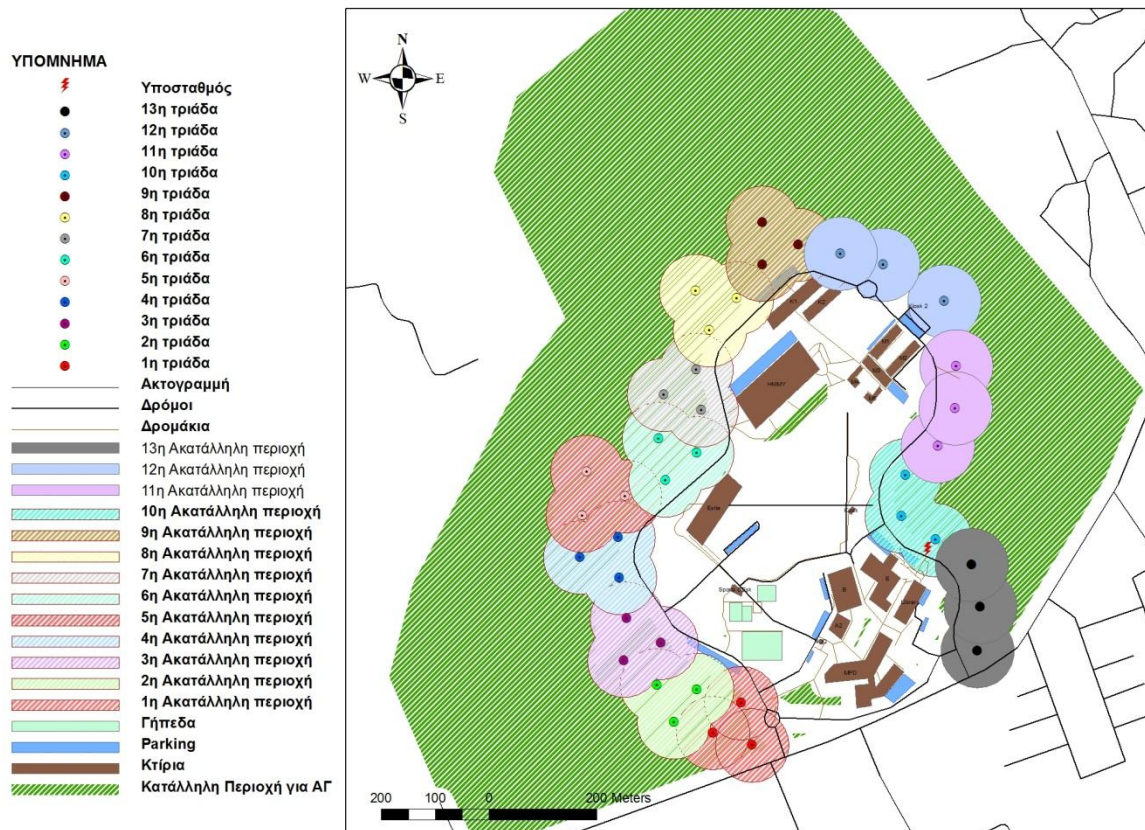
Στη συνέχεια, με τον ίδιο ακριβώς τρόπο σχεδιάσαμε όλες τις πιθανές τριάδες ανεμογεννητριών που βρίσκονται κοντά στα κτίρια του Πολυτεχνείου Κρήτης. Ο λόγος, που επιλέξαμε να τοποθετήσουμε τις πιθανές τριάδες κοντά στα κτίρια του Π.Κ. , ήταν η μείωση του κόστους διασύνδεσης των ανεμογεννητριών με τα κτίρια και τον υποσταθμό του Π.Κ. Τα αποτελέσματα φαίνονται στους χάρτες που ακολουθούν (Χάρτης 5.17 και 5.18). Κάθε τριάδα έχει διαφορετικό χρώμα.

Πιθανές Τριάδες Ανεμογεννητριών



Χάρτης 5.17 : Πιθανές τριάδες ανεμογεννητριών

Πιθανές Τριάδες Ανεμογεννητριών + Ακατάλληλες Περιοχές



Χάρτης 5.18 : Πιθανές τριάδες ανεμογεννητριών και οι ακατάλληλες περιοχές τους

Παρόλο που ξέραμε πως η περιοχή που παρουσιάζεται το φαινόμενο της μειωμένης ταχύτητας του ανέμου είναι μικρότερη σε σχέση με αυτή που σχεδιάσαμε (κύκλους ακτίνας 68m), προτιμήσαμε να ακολουθήσουμε αυτόν τον τρόπο σχεδίασης για λόγους ασφάλειας. Θέλαμε η κάθε ανεμογεννήτρια να απέχει τουλάχιστον 68m (όσο και το μήκος d). Στο *χάρτη 5.19* παρουσιάζουμε μία ανεμογεννήτρια και την περιοχή μειωμένης ταχύτητας που προκαλεί, ενώ στον *χάρτη 5.20* που ακολουθεί παρουσιάζουμε τις πραγματικές περιοχές μειωμένης ταχύτητας που δημιουργούνται από τις πιθανές τριάδες ανεμογεννητριών που τοποθετήσαμε παραπάνω:

Ανεμογεννήτρια + Wake Loss Area



Χάρτης 5.19 : Ανεμογεννήτρια και η περιοχή μειωμένης ταχύτητας που προκαλεί

Πιθανές Τριάδες Ανεμογεννητριών + Wake Loss Area



Χάρτης 5.20 : Πιθανές τριάδες ανεμογεννητριών και οι περιοχές μειωμένης ταχύτητας που προκαλούν

6. ΚΕΦΑΛΑΙΟ : Εγκατάσταση και Χωροθέτηση Φωτοβολταϊκού Πάρκου στη Πολυτεχνειούπολη

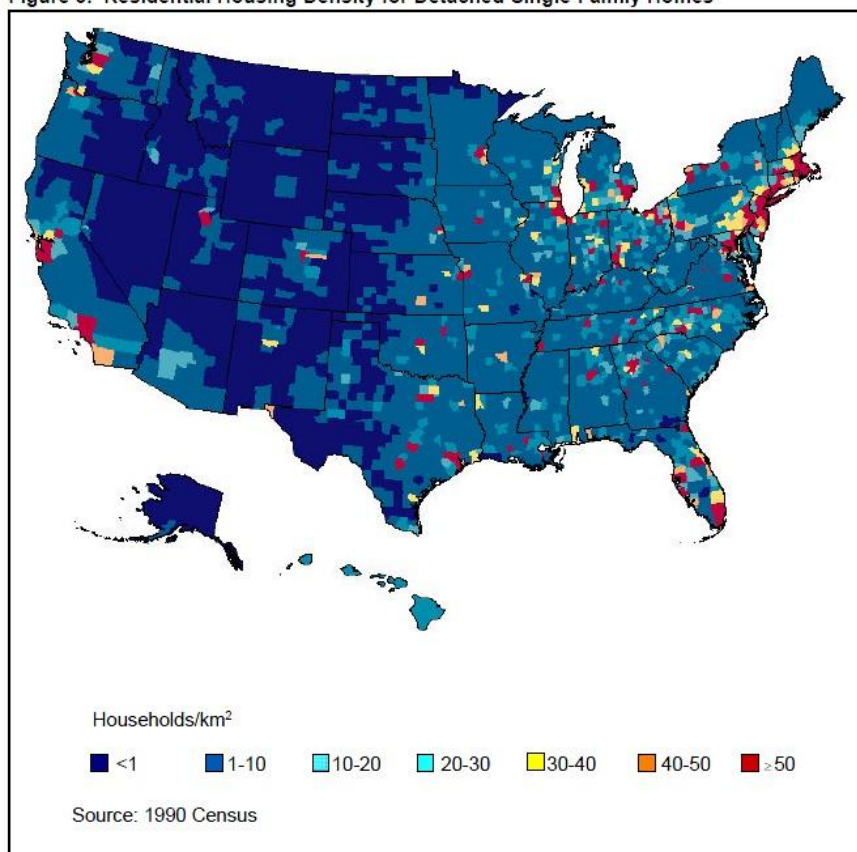
6.1 Εισαγωγή

Πριν γίνει η τοποθέτηση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου, θα πρέπει ο χώρος στον οποίον θα τοποθετηθεί να είναι κατάλληλος. Δηλαδή, θα πρέπει να τηρούνται κάποια κριτήρια – περιορισμοί σε αυτό το χώρο, οι οποίοι έχουν ως στόχο την αποδοτικότερη λειτουργία του φωτοβολταϊκού πάρκου, καθώς και την προστασία των περιβαλλοντικών χώρων. Για τον εντοπισμό και τη χάραξη των κατάλληλων αυτών περιοχών χρησιμοποιούνται ευρέως σήμερα τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.

Ακολουθούν μερικές εφαρμογές των ΓΣΠ στο τομέα της ηλιακής ενέργειας (Φ/Β συστήματα, ηλιακή ακτινοβολία κλπ.) :

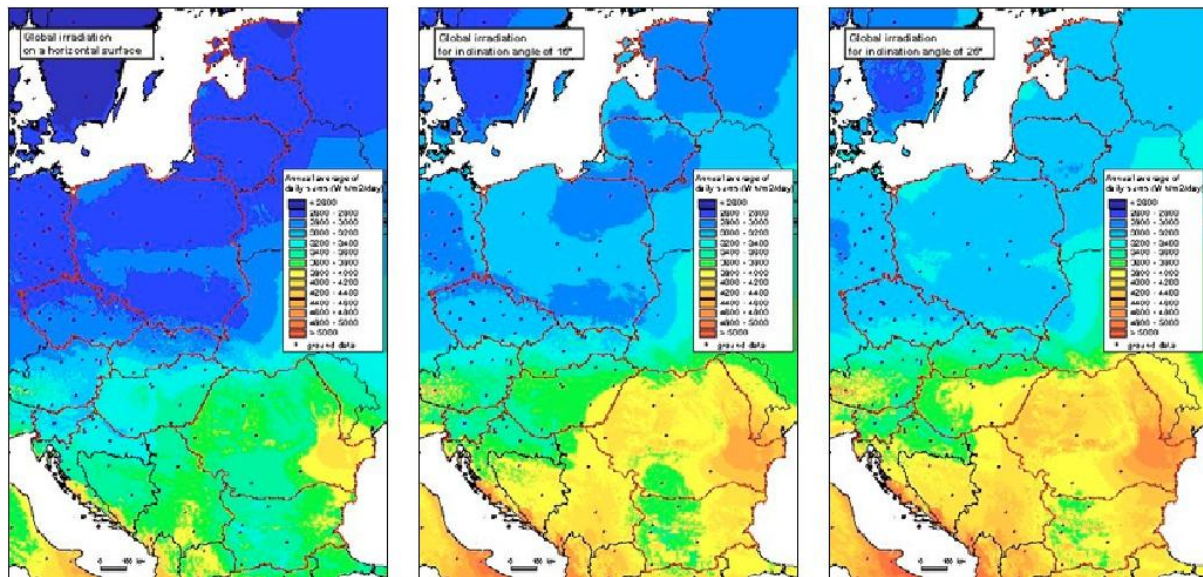
- Στο paper [18] περιγράφεται μία μελέτη των εθνικών αποτελεσμάτων για τη ευρεία αποδοχή των φωτοβολταϊκών πλαισίων που είναι τοποθετημένα στις στέγες των κατοικημένων σπιτιών. Χρησιμοποιείται ένα ΓΣΠ μοντέλο για τον υπολογισμό των Φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Figure 3. Residential Housing Density for Detached Single-Family Homes



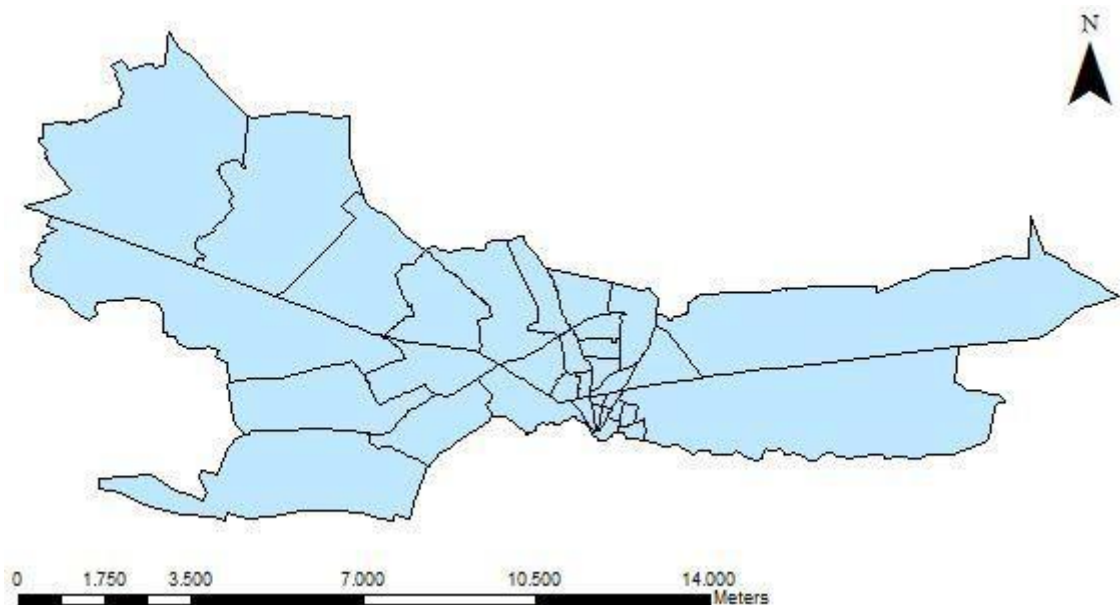
Εικόνα 6.1 : Απεικόνιση της πυκνότητας των κατοικημένων περιοχών για τις αποσπασμένες κατοικίες

- Στο paper [19] εξετάζεται το μοντέλο της ηλιακής ακτινοβολίας για το Open source GIS.



Εικόνα 6.2 : Ετήσιο μέσο καθημερινό άθροισμα της παγκόσμιας ακτινοβολίας, το οποίο δίνεται ως είσοδος στα solar panels σε οριζόντια θέση και αυτά που βρίσκονται σε κλίση 15 και 25 μοιρών

- Στο paper [15] γίνεται μια μελέτη για τη γενική εικόνα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τη πιθανή εφαρμογή αυτών στη Τουρκία. Στη μελέτη αυτή, μέσω των ΓΣΠ, εξετάζεται η δυνατότητα χρησιμοποίησης των ηλιακών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.



Εικόνα 6.3 : Εικόνα της περιοχής όπου γίνεται η έρευνα









Εικόνα 6.4 : Παράδειγμα διάταξης φωτοβολταϊκού πάρκου

6.2 Κριτήρια - Περιορισμοί

6.2.1 Κριτήριο 1 - Σκίαση

Το πιο σημαντικό κριτήριο για την επιλογή του χώρου τοποθέτησης ενός Φωτοβολταϊκού Πάρκου είναι η Σκίαση. Η ύπαρξη ολικής ή μερικής σκίασης , οδηγεί στη μη αποδοτική λειτουργία των φωτοβολταϊκών. Η μερική σκίαση μπορεί επίσης να προκαλέσει υπερθέρμανση και καταστροφή του φωτοβολταϊκού πλαισίου (hot spot effect). Για να αποφύγουμε, λοιπόν, τη σκίαση των φωτοβολταϊκών πλαισίων, θα πρέπει η απόσταση από το τυχόν εμπόδιο (κτίριο, δέντρο, κλπ.) να είναι τουλάχιστον διπλάσια του ύψους του εμποδίου.

<div>Απώλειες από σκίαση</div> 			
Τρόπος σκίασης	Σκίαση (%)	Ενδεικτική απώλεια ισχύος (1 string x 9 modules)	Ενδεικτική απώλεια ισχύος (3 string x 3 modules)
	0,15%	-3,7%	-1,7%
	2,6%	-16,7%	-7%
	13,9%	-22,2%	-36,8%
	11,1%	-36,5%	-30,5%
	12,5%	-18,3%	-17%

Εικόνα 6.5 : Απώλειες από σκίαση

6.2.2 Κριτήριο 2 – Περιβαλλοντικοί Περιορισμοί

Το δεύτερο κριτήριο στοχεύει στην προστασία του Περιβάλλοντος. Ο χώρος στον οποίο πρόκειται να τοποθετηθεί ένα Φωτοβολταϊκό Πάρκο θα πρέπει να τηρεί όλους τους Περιβαλλοντικούς περιορισμούς. Βάσει του Νομικού πλαισίου εγκατάστασης ηλιακής ενέργειας [12] απαγορεύεται η τοποθέτηση φωτοβολταϊκού πάρκου ισχύος από 150kW μέχρι και 2MW σε περιοχές εντός NATURA 2000, Εθνικών Δρυμών, παραδοσιακών οικισμών και περιοχών αρχαιολογικού ενδιαφέροντος.

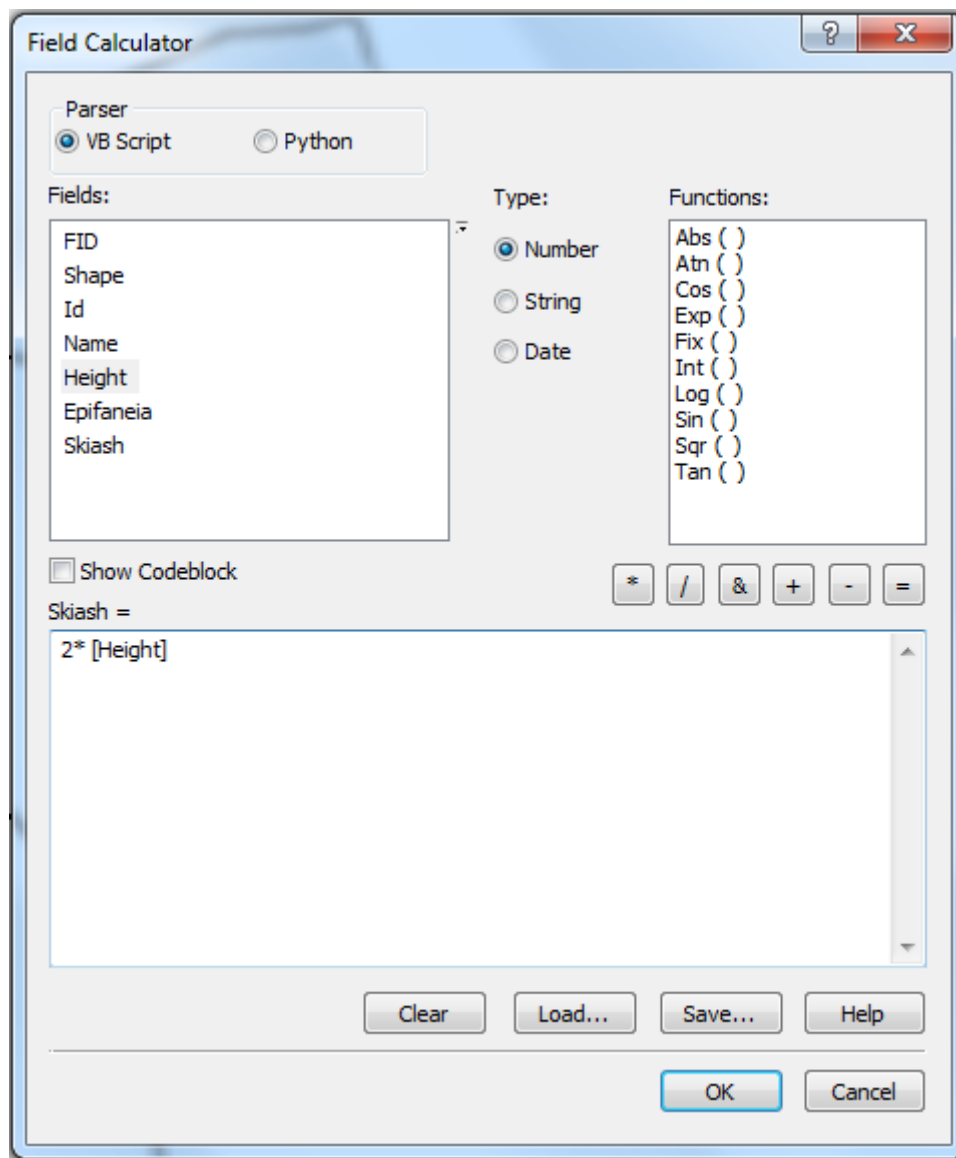
6.3 Εφαρμογή Κριτηρίων – Περιορισμών στο Π.Κ. με τη χρήση του ArcGIS

6.3.1 Εφαρμογή 1^{ου} Κριτηρίου - Σκίαση

Στο Πολυτεχνείο Κρήτης τα πιθανά εμπόδια που μπορούν να προκαλέσουν σκίαση των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι τα Κτίρια και μερικά Parking (αυτά που έχουν σκέπαστρο). Για να βρούμε, λοιπόν, τις ακατάλληλες περιοχές για τη τοποθέτηση του φωτοβολταϊκού πάρκου, υπολογίσαμε τις περιοχές που απέχουν δύο φορές το ύψος του κάθε εμποδίου. Αναλυτικότερα:

Κτίρια

Επειδή το ύψος του κάθε κτιρίου είναι διαφορετικό από τα άλλα, δεν ήταν δυνατό να χρησιμοποιήσουμε κατευθείαν το εργαλείο *Buffer Wizard*, όπως κάναμε στο Κεφάλαιο 3. Για να υπολογίσουμε λοιπόν το μήκος της σκίαση που δημιουργεί το κάθε κτίριο, δημιουργήσαμε ένα νέο attribute στην οντότητα των Κτιρίων με το όνομα *Skiash*. Για να υπολογίσουμε αυτόματα όλες τις τιμές της καινούργιας οντότητας για κάθε κτίριο (η αρχική τιμή ήταν 0 για κάθε κτίριο), αφού κάναμε δεξί κλικ στο όνομα *Skiash* , πατήσαμε στην επιλογή *Field Calculator*. Στη συνέχεια, στο τελευταίο πεδίο του παραθύρου του *Field Calculator*, βάλαμε την εξίσωση που θέλαμε να ισούται με το μήκος της σκίασης, δηλαδή $Skiash = 2 * [Height]$ και μετά πατήσαμε OK. Δηλαδή, είπαμε στο πρόγραμμα ότι θέλουμε το attribute *Skiash* να ισούται με το ύψος του ίδιου κτιρίου επί 2 (εικόνα 6.6).



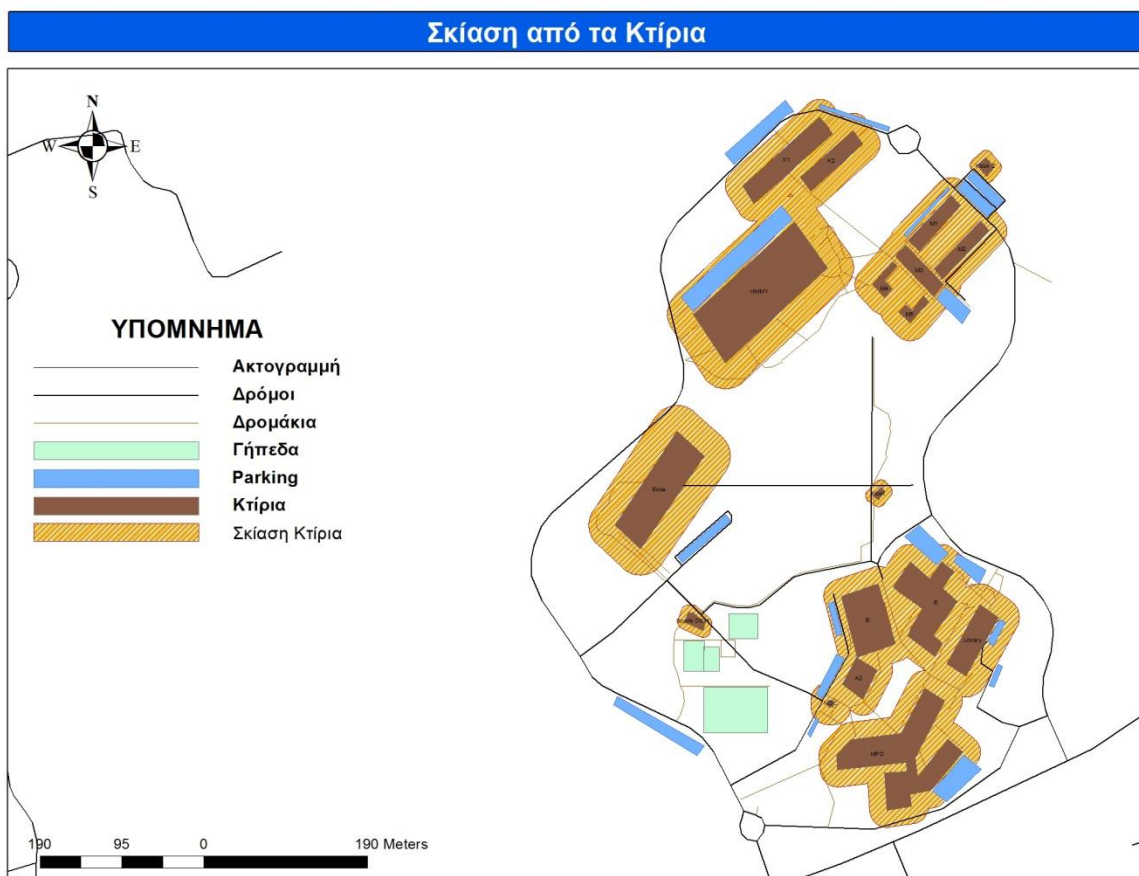
Εικόνα 6.6 : Παράδειγμα χρήσης του Field Calculator

Τα αποτελέσματα της χρήσης του Field Calculator φαίνονται στην εικόνα 6.7 που ακολουθεί.

Table							
Κτίρια							
	FID	Shape *	Id	Name	Height	Epifaneia	Skiash
	0	Polygon	0	Estia	15	6198	30
	1	Polygon	0	Kiosk	4	20	8
	2	Polygon	0	Sports DEsk	4	25	8
	3	Polygon	0	MPD	10	6038	20
	4	Polygon	0	NOC	10	280	20
	5	Polygon	0	A2	9	564	18
	6	Polygon	0	B	10	3530	20
	7	Polygon	0	Library	12	0	24
	8	Polygon	0	E	10	6038	20
	9	Polygon	0	Kiosk 2	4	20	8
	10	Polygon	0	M4	10	1250	20
	11	Polygon	0	M5	10	1250	20
	12	Polygon	0	M3	10	2130	20
	13	Polygon	0	M1	10	1740	20
	14	Polygon	0	M2	10	1740	20
	15	Polygon	0	K2	10	1458	20
	16	Polvaon	0	K1	10	2426	20

Εικόνα 6.7 : Τα αποτελέσματα της χρήσης του Field Calculator

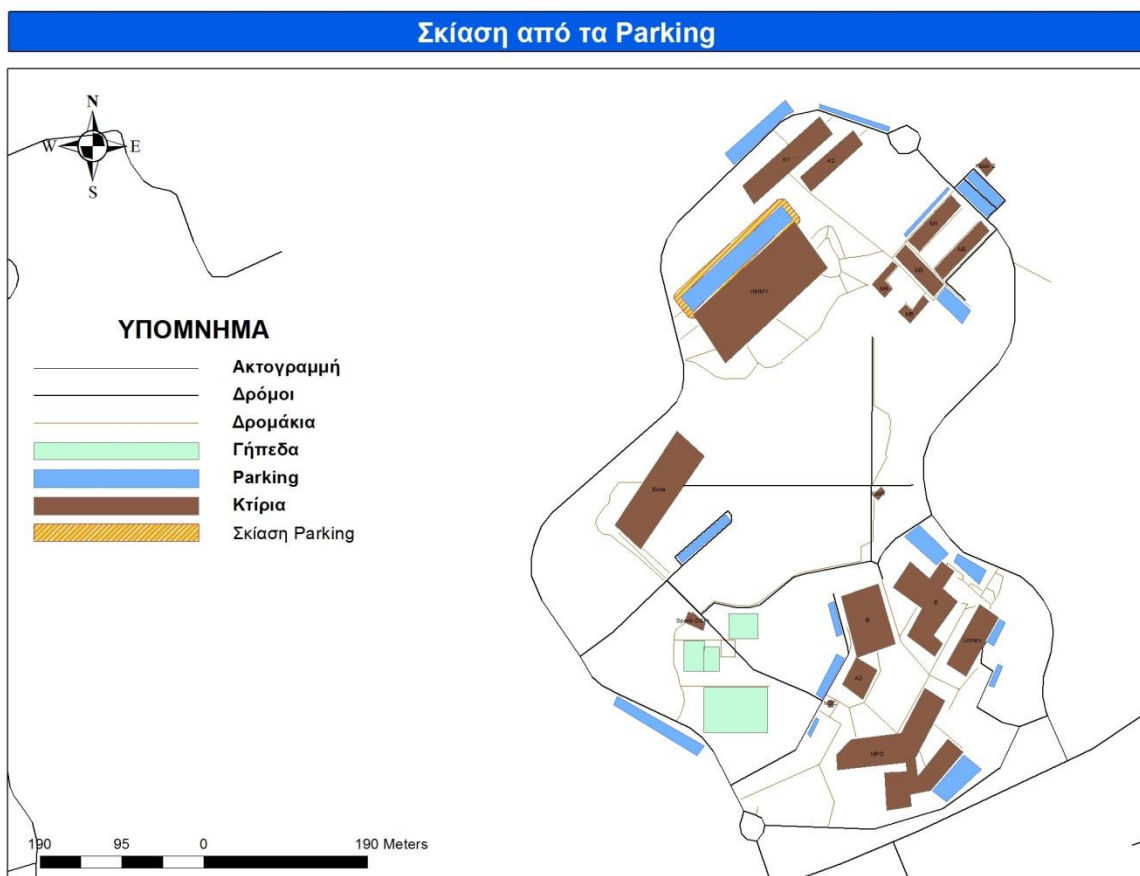
Στη συνέχεια, χρησιμοποιήσαμε το εργαλείο Buffer Wizard και υπολογίσαμε τις περιοχές όπου δημιουργείται σκίαση από τα κτίρια. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο *Χάρτη 6.1*.



Χάρτης 6.1 : Σκίαση από τα Κτίρια

Parking

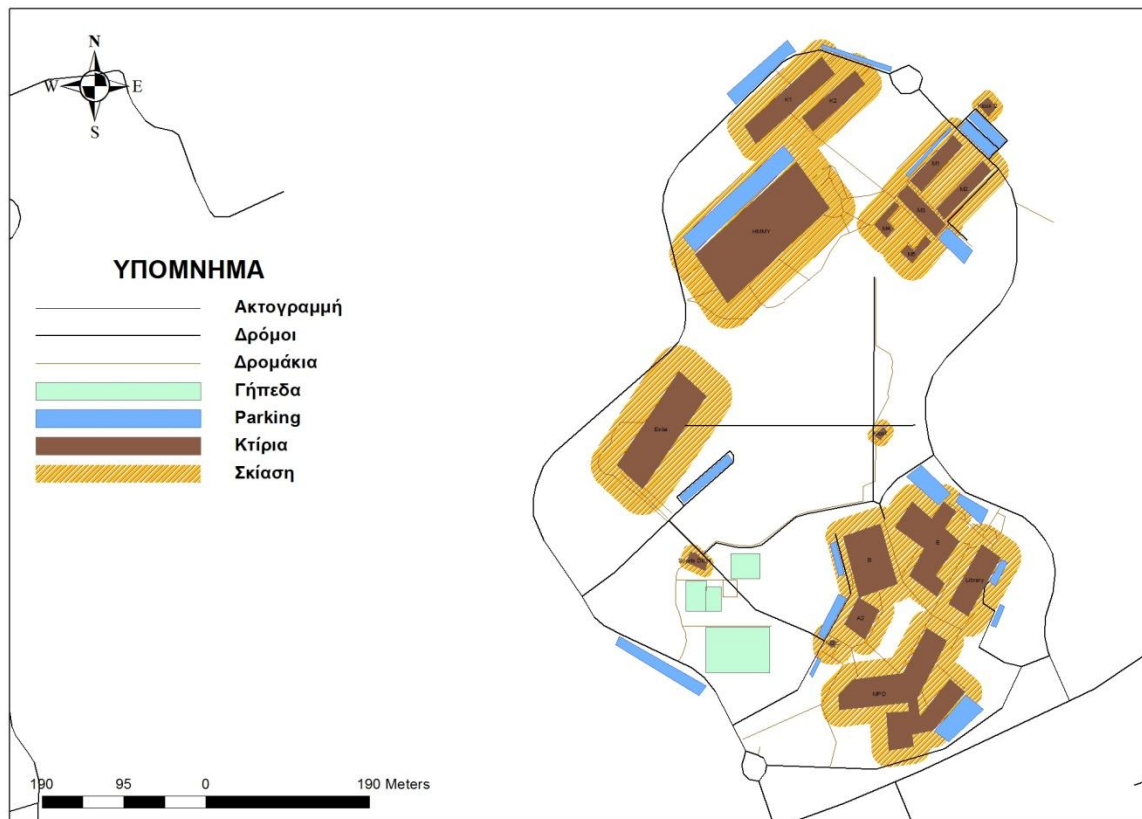
Για να υπολογίσουμε την περιοχή σκίασης που δημιουργείται από τα Parking, κάναμε ακριβώς την ίδια διαδικασία όπως με τον υπολογισμό της περιοχής σκίασης από τα κτίρια. Η μοναδική διαφορά ήταν ότι αρκετά πεδία της Skiashs των Parking είχαν τη τιμή μηδέν. Αυτό ήταν απολύτως λογικό, καθώς η τιμή του Ύψους αρκετών Parking ήταν μηδέν. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον *χάρτη 6.2*.



Χάρτης 6.2 : Σκίαση από τα Parking

Για να βρούμε την τελική ακατάλληλη ζώνη για το 1^ο Κριτήριο χρησιμοποιήσαμε την εντολή *Union(Ενωση)* του *ArcToolbox* (χάρτης 6.3).

Ακατάλληλη Περιοχή λόγω Σκίασης

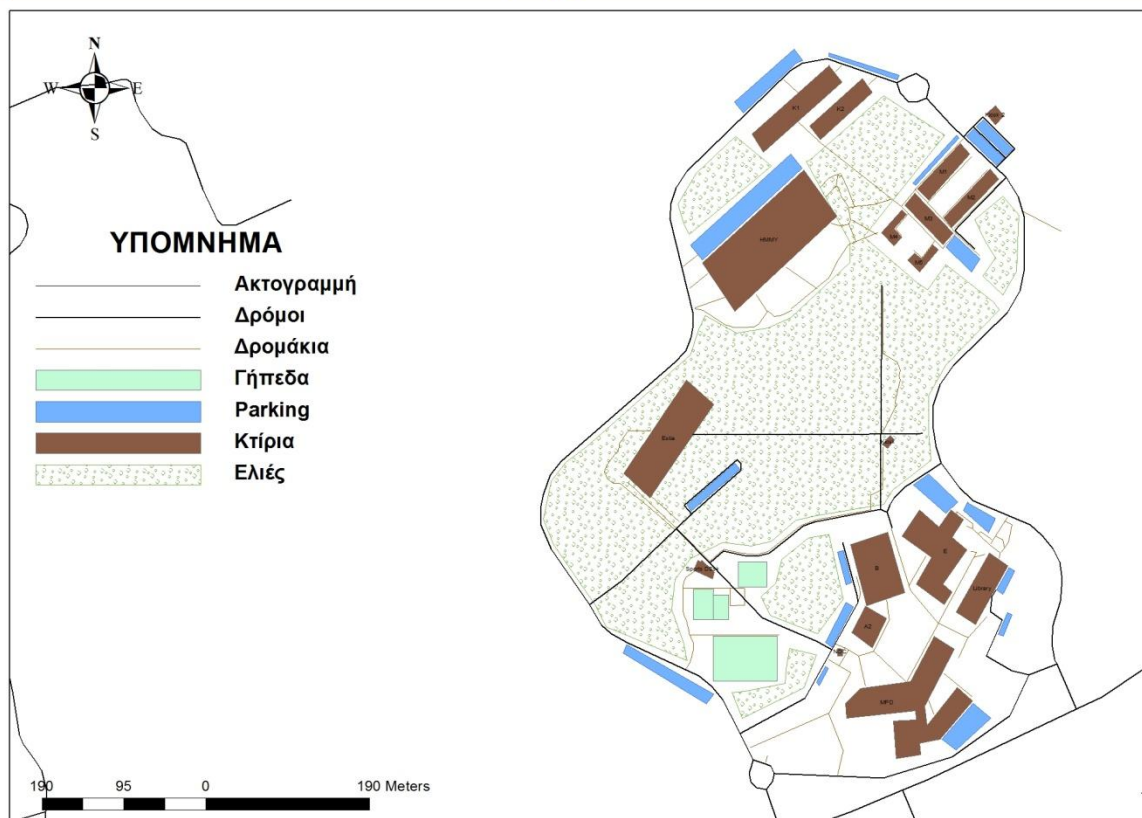


Χάρτης 6.3 : Ακατάλληλη Περιοχή λόγω Σκίασης

6.3.2 Εφαρμογή 2^{ου} Κριτηρίου - Περιβαλλοντικοί περιορισμοί

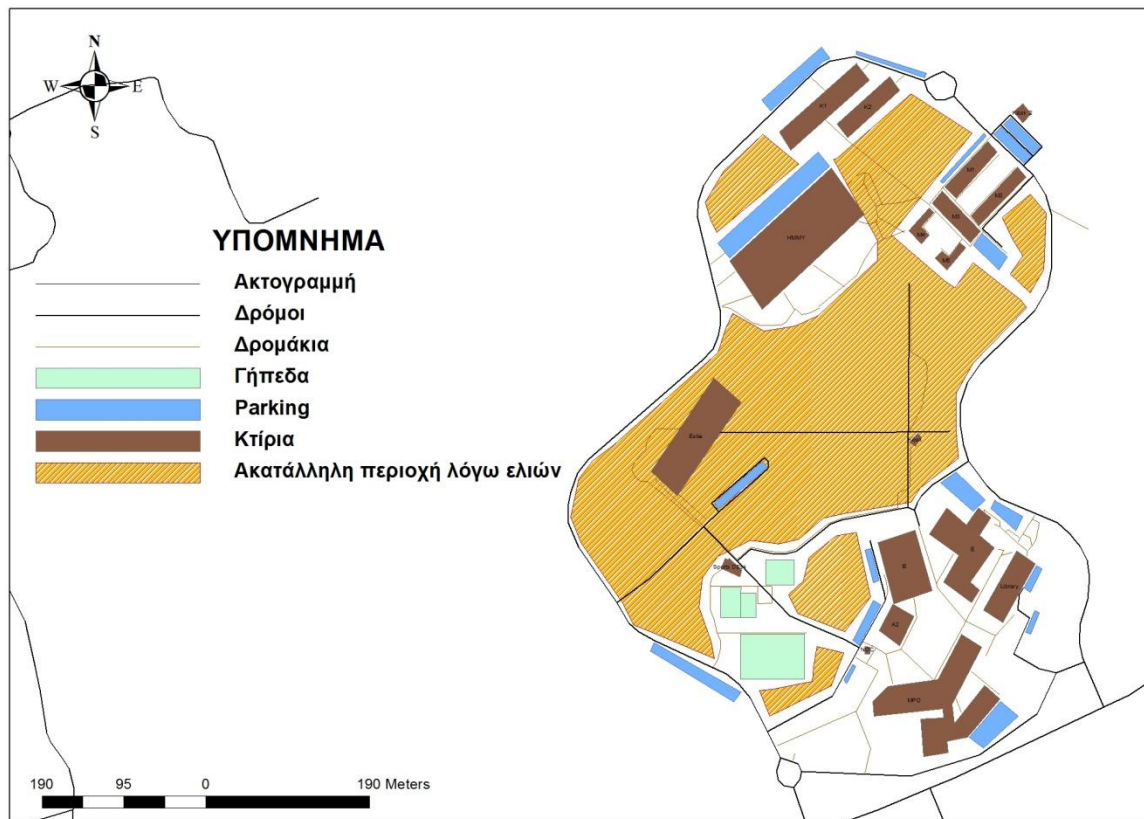
Σε αρκετούς χώρους του Πολυτεχνείου Κρήτης υπάρχουν πάρα πολλά δέντρα (Ελιές). Συνεπώς, προτιμήσαμε να μη τοποθετήσουμε σε αυτούς τους χώρους φωτοβολταϊκά πλαίσια, καθώς θα προκαλούσαμε περιβαλλοντική καταστροφή. Στον *χάρτη 6.4* σχεδιάσαμε τις περιοχές όπου υπάρχουν τα δέντρα. Αυτομάτως, η περιοχή αυτή γίνεται και απαγορευτική ζώνη για τους λόγους που αναφέραμε (*Χάρτης 6.5*).

Περιοχή Ελιών



Χάρτης 6.4 : Περιοχή με τα δέντρα (Ελιές) στο ΠΚ

Ακατάλληλη Περιοχή για Περιβαλλοντικούς Λόγους

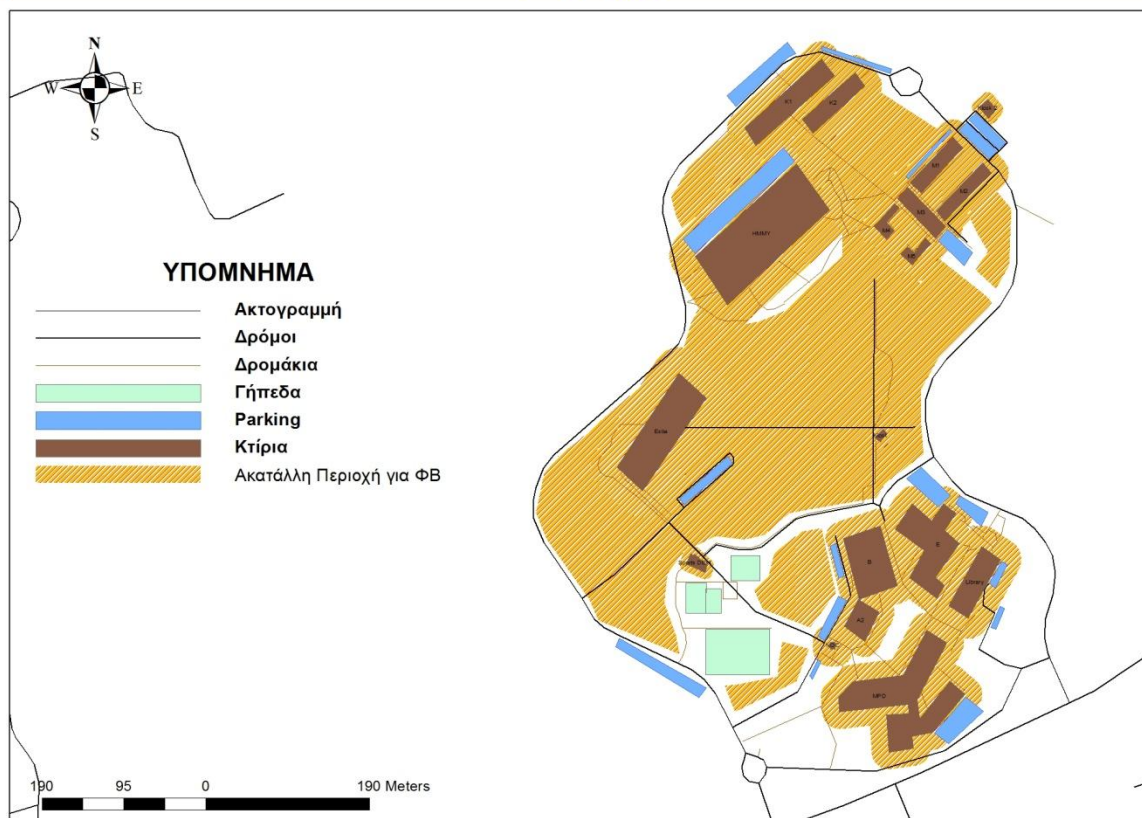


Χάρτης 6.5 : Ακατάλληλη Περιοχή για Περιβαλλοντικούς λόγους

6.3.3 Τελική Προτεινόμενη Ζώνη

Αφού υπολογίσαμε τις Ακατάλληλες Περιοχές του κάθε κριτηρίου για τη τοποθέτηση του φωτοβολταϊκού πάρκου, χρησιμοποιήσαμε το εργαλείο UNION (Ενωση) για να υπολογίσουμε την τελική ακατάλληλη περιοχή (Χάρτης 6.6). Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας το εργαλείο Erase (Αφαίρεση) υπολογίσαμε την τελική προτεινόμενη περιοχή για τη τοποθέτηση του φωτοβολταϊκού πάρκου (Χάρτης 6.7). Στο Χάρτη 6.7 τοποθετήσαμε επίσης τα ήδη εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά πάρκα ή φωτοβολταϊκά πλαίσια.

Ακατάλληλη Περιοχή για ΦΒ



Χάρτης 6.6 : Ακατάλληλη Περιοχή για Φωτοβολταϊκά



Χάρτης 6.7 : Τελική Προτεινόμενη Περιοχή για Φωτοβολταϊκό Πάρκο

6.4 Τοποθέτηση Φωτοβολταϊκού Πάρκου

Στο χώρο του Πολυτεχνείου Κρήτης θέλαμε να εξετάσουμε τα σενάρια τοποθέτησης δύο διαφορετικών φωτοβολταϊκών πάρκων, τα οποία θα έχουν συνολική ισχύ 450kW έκαστος. Στο πρώτο σενάριο, τοποθετήσαμε ένα φωτοβολταϊκό πάρκο 2000 φωτοβολταϊκών πλαισίων με ισχύ 225 W το κάθε πλαίσιο, ενώ στο δεύτερο σενάριο τοποθετήσαμε ένα φωτοβολταϊκό πάρκο 2571 φωτοβολταϊκών πλαισίων με ισχύ 175 W το κάθε πλαίσιο.

6.4.1 1^ο Σενάριο

Σε αυτό το σενάριο, στη περιοχή του Πολυτεχνείου Κρήτης θέλαμε να τοποθετήσουμε ένα φωτοβολταϊκό πάρκο το οποίο θα έχει 2000 φωτοβολταϊκά πλαίσια. Η συνολική ισχύς του πάρκου θα είναι 450 kW και η ισχύς του κάθε πλαισίου θα είναι 225 W. Το πάρκο αυτό θα το χωρίσουμε σε δύο ίδιες διατάξεις των 1000 φωτοβολταϊκών πλαισίων έκαστος. Η κάθε διάταξη θα έχει 20 φωτοβολταϊκά πλαίσια σε σειρά και 50 παράλληλα. Όσον αφορά τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που βρίσκονται σε σειρά, αυτά θα βρίσκονται το ένα ακριβώς δίπλα στο άλλο (χωρίς καμία απόσταση μεταξύ τους). Ενώ, όσον αφορά τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που βρίσκονται παράλληλα, θα πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον μία απόσταση $2 \cdot H$ (όπου H = το ύψος του Φ/Β πλαισίου) μεταξύ κάθε σειράς πλαισίων. Συνεπώς, η κάθε διάταξη θα έχει πλάτος που θα ισούται με 20 φορές το πλάτος του

φωτοβολταϊκού πλαισίου και μήκος ίσο με $50 * (\text{το μήκος του φωτοβολταϊκού πλαισίου} + 2 * \text{ύψος του φωτοβολταϊκού πλαισίου})$. Ανάμεσα στις δύο διατάξεις τοποθετήσαμε έναν διάδρομο, ο οποίος έχει πλάτος 2m.

Γνωρίζοντας τις διαστάσεις των δύο διατάξεων, για τον υπολογισμό των διαστάσεων του Φωτοβολταϊκού Πάρκου χρησιμοποιούμε τους παρακάτω τύπους:




$$\Pi = 2 * (20 * \Pi\varphi) + 2 \quad (\text{σχέση 6.3.1})$$

$$M = 50 * (M\varphi + 2 * Y\varphi) \quad (\text{σχέση 6.3.2})$$

Στις παραπάνω εξισώσεις με Π συμβολίζουμε το Πλάτος του Φωτοβολταϊκού Πάρκου και με M το μήκος αυτού. Με $\Pi\varphi$ συμβολίζουμε το πλάτος, με $M\varphi$ το μήκος και με $Y\varphi$ το ύψος του κάθε φωτοβολταϊκού πλαισίου που έχει το φωτοβολταϊκό πάρκο.

Στη σχέση 6.3.2, το $2 * Y\varphi$ χρησιμεύει για την αποφυγή του φαινομένου της σκίασης. Για να μην έχουμε σκίαση, πρέπει η απόσταση των φωτοβολταϊκών πλαισίων από κάθε τυχόν εμπόδιο να είναι τουλάχιστον διπλάσια του ύψους του εμποδίου.

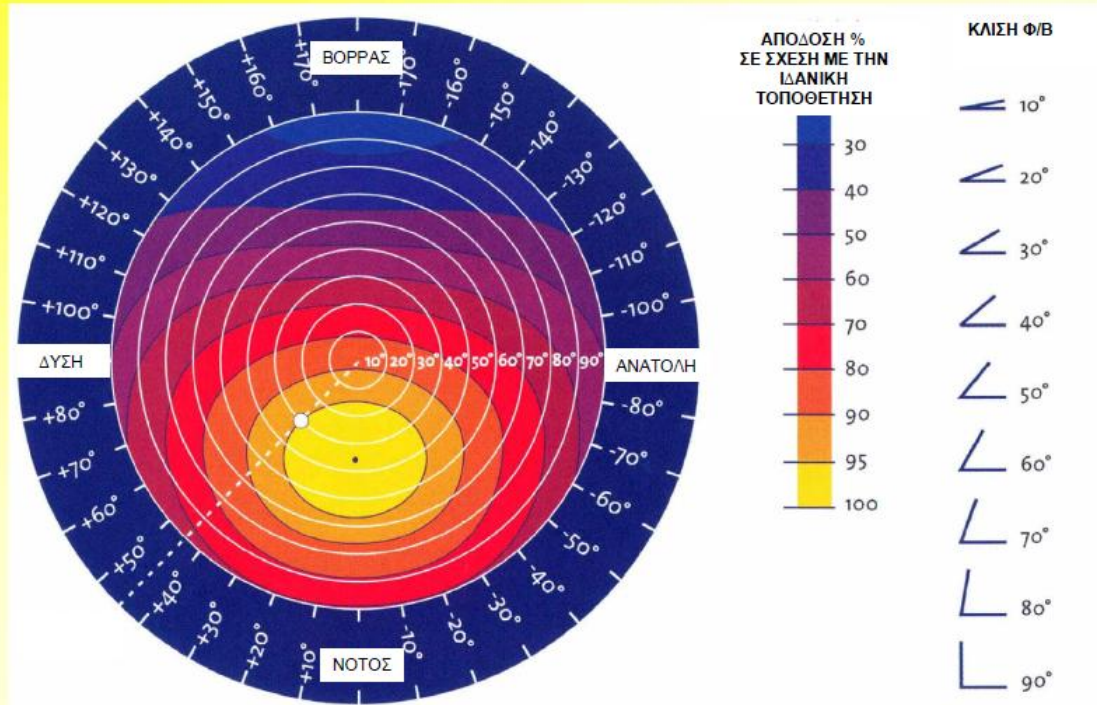
Για να πετύχουμε την αποδοτικότερη λειτουργία του φωτοβολταϊκού πάρκου, έπρεπε ο προσανατολισμός του πάρκου να είναι Νότιος και η κλίση των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο να είναι 35° . Η κλίση αυτή επιτυγχάνεται βέβαια και με κατασκευές, αλλά είναι ευκολότερο να παρουσιάζει το έδαφος ελαφρά κατωφέρεια ως προς το Νότο. Στις εικόνες 6.3 και 6.4 που ακολουθούν φαίνεται πως με αυτές τις ρυθμίσεις, επιτυγχάνουμε τη μέγιστη απόδοση των φωτοβολταϊκών.

Απόδοση Φ/Β συστήματος σε σχέση με το προσανατολισμό και τη κλίση				
Προσανατολισμός	Κλίση Φ/Β σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο			
	0 μοίρες	30 μοίρες	90 μοίρες	
				
	Ανατολικός ή δυτικός	90%	85%	50%
	N/A ή N/Δ	90%	95%	60%
	Νότιος	90%	100%	60%
	B/A ή B/Δ	90%	65%	30%
	Βόρειος	90%	60%	20%

Εικόνα 6.8 : Απόδοση Φ/Β σε σχέση με το προσανατολισμό και τη κλίση

Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Κλίση και προσανατολισμός



Εικόνα 6.9 : Απόδοση Φ/Β σε σχέση με το προσανατολισμό και τη κλίση

Η επιφάνεια του κάθε φωτοβολταϊκού πλαισίου που τοποθετήσαμε ισούται με $1.65\text{m} * 0.99\text{m} = 1.6335\text{m}^2$. Το πλάτος (Πφ) του κάθε φωτοβολταϊκού πλαισίου ισούται με 0.99m , το μήκος (Μφ) ισούται με $1.65\text{m} * \cos(35^\circ) = 1.352\text{m}$, ενώ το ύψος ισούται με $1.65\text{m} * \sin(35^\circ) = 0.946\text{m}$.

Συνεπώς, από τις σχέσεις 6.3.1 και 6.3.2 και γνωρίζοντας τις διαστάσεις των φωτοβολταϊκών πλαισίων, υπολογίσαμε τις διαστάσεις του φωτοβολταϊκού πάρκου:

$$\Pi = 2 * (20 * \Pi\varphi) + 2 = 2 * (20 * 0.99) + 2 = 41.6\text{m}$$

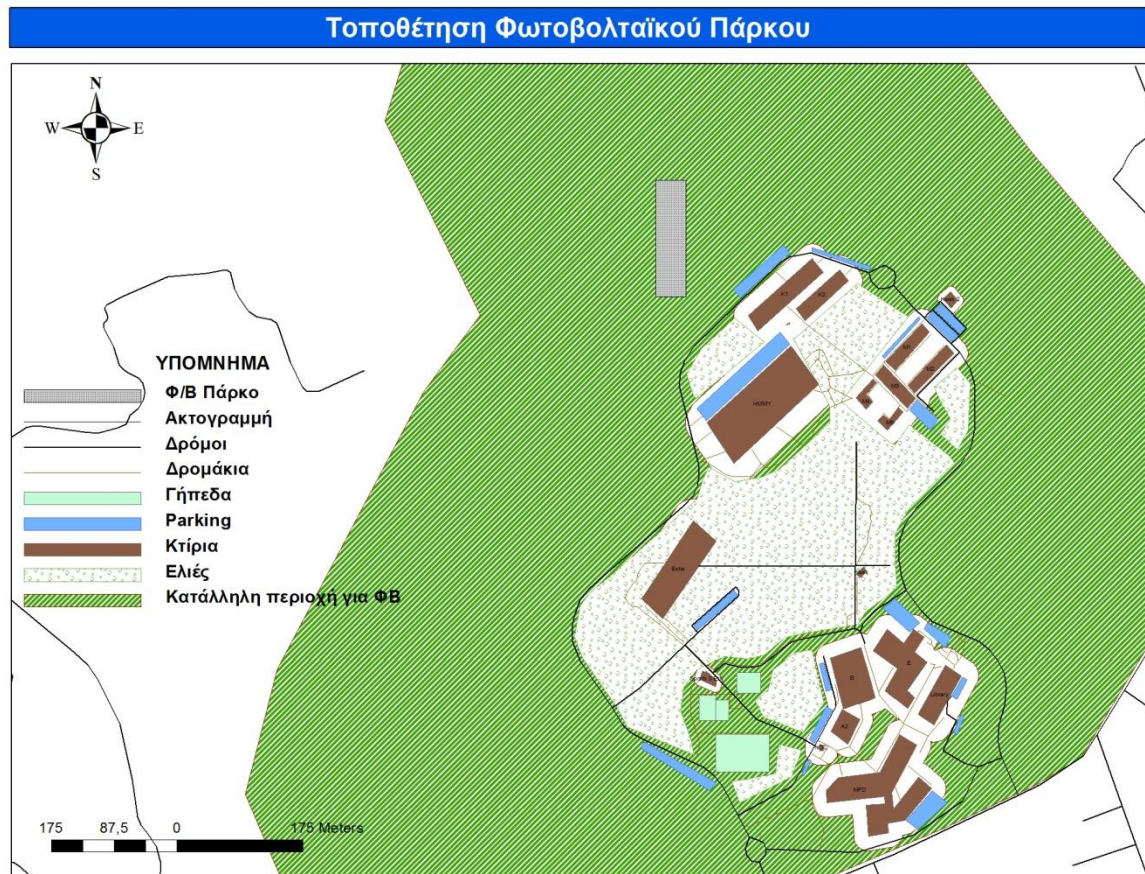
$$M = 50 * (M\varphi + 2 * \Upsilon\varphi) = 50 * (1.352 + 2 * 0.964) = 162.2\text{m}$$

Το εμβαδόν που καλύπτει το φωτοβολταϊκό πάρκο ισούται με $6747,52\text{m}^2$.

Τοποθέτηση Φ/Β πάρκου:

Κατά την επιλογή της θέσης τοποθέτησης του φωτοβολταϊκού πάρκου, σημαντικό ρόλο έπαιξαν η ανάγκη να βρίσκεται κοντά στον υποσταθμό του Πολυτεχνείου Κρήτης (για

οικονομικούς λόγους) και επίσης να έχει προσανατολισμό προς τα Νότια (για την αποδοτικότερη λειτουργία του – Κεφάλαιο 4.3). Έχοντας, λοιπόν, την τελική προτεινόμενη περιοχή τοποθέτησης Φ/Β, και λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω κριτήρια επιλέξαμε να τοποθετήσουμε το φωτοβολταϊκό πάρκο στην περιοχή που φαίνεται στον *χάρτη 6.8*. Επειδή, στο χώρο του πολυτεχνείου δεν υπάρχουν περιοχές με κλίση προς το Νότο, θα χρειαστούν κάποια έργα στήριξης κατά τη τοποθέτηση του φωτοβολταϊκού πάρκου.



Χάρτης 6.8 : Τοποθέτηση Φωτοβολταϊκού Πάρκου

6.4.2 2^ο Σενάριο

Σε αυτό το σενάριο, στη περιοχή του Πολυτεχνείου Κρήτης θέλαμε να τοποθετήσουμε ένα φωτοβολταϊκό πάρκο το οποίο θα έχει 2571 φωτοβολταϊκά πλαίσια. Η συνολική ισχύς του πάρκου θα είναι 450 kW και η ισχύς του κάθε πλαισίου θα είναι 175 W. Το πάρκο αυτό θα το χωρίσουμε σε δύο διατάξεις των 1285 και 1286 φωτοβολταϊκών πλαισίων. Η κάθε διάταξη θα έχει 20 φωτοβολταϊκά πλαίσια σε σειρά και 65 παράλληλα. Όσον αφορά τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που βρίσκονται σε σειρά, αυτά θα βρίσκονται το ένα ακριβώς δίπλα στο άλλο (χωρίς καμία απόσταση μεταξύ τους). Ενώ, όσον αφορά τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που βρίσκονται παράλληλα, θα πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον μία απόσταση $2 \cdot H$ (όπου H = το ύψος του φωτοβολταϊκού) μεταξύ κάθε σειράς πλαισίων. Συνεπώς, η κάθε διάταξη θα έχει πλάτος που θα ισούται με $20 \cdot$ το πλάτος του

φωτοβολταϊκού πλαισίου και μήκος ίσο με $65 * (\text{το μήκος του φωτοβολταϊκού πλαισίου} + 2 * \text{ύψος του φωτοβολταϊκού πλαισίου})$. Ανάμεσα στις δύο διατάξεις τοποθετήσαμε έναν διάδρομο, ο οποίος έχει πλάτος 2m.

Για να πετύχουμε την αποδοτικότερη λειτουργία του φωτοβολταϊκού πάρκου, έπρεπε ο προσανατολισμός του πάρκου να είναι Νότιος και η κλίση των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο να είναι 35° , όπως ακριβώς ήταν και στο 1^ο Σενάριο.

Συνεπώς, από τις σχέσεις 6.3.1 και 6.3.2 και γνωρίζοντας τις διαστάσεις των φωτοβολταϊκών πλαισίων, υπολογίσαμε τις διαστάσεις του φωτοβολταϊκού πάρκου:

$$Π = 2 * (20 * Πφ) + 2 = 2 * (20 * 0.99) + 2 = 41.6m$$

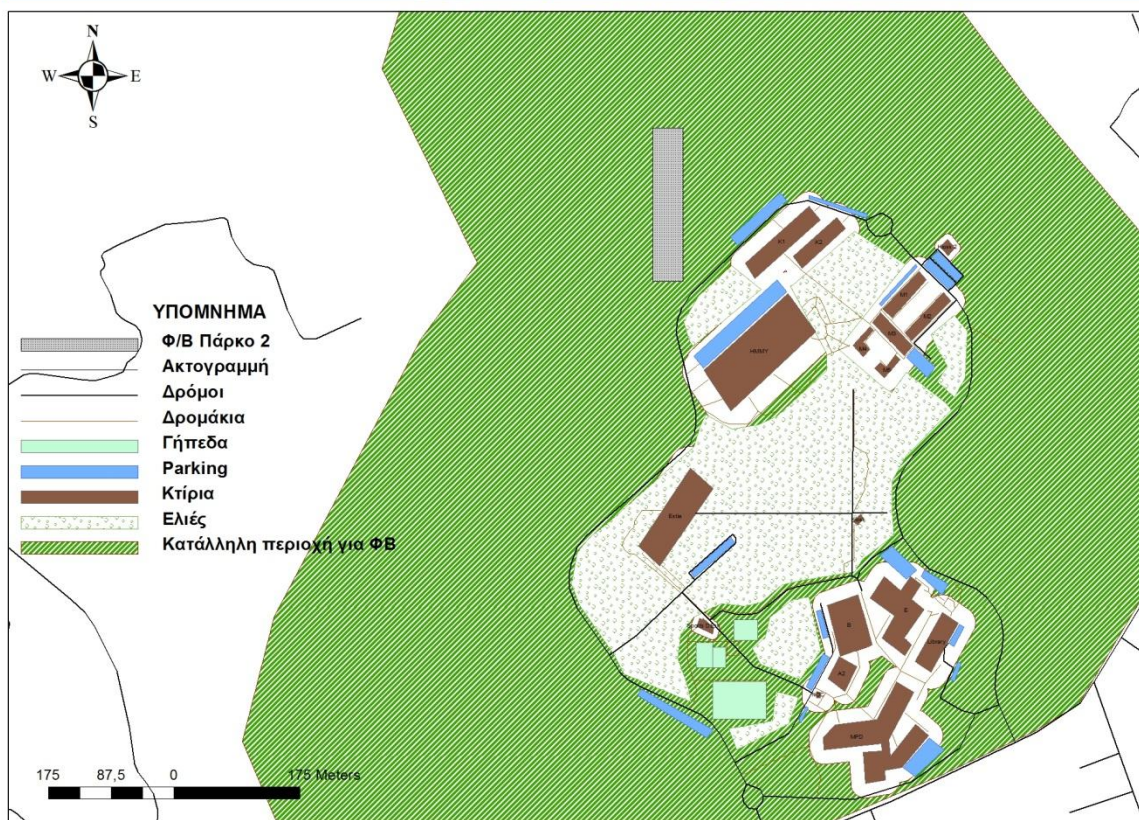
$$Μ = 65 * (Μφ + 2 * Υφ) = 65 * (1.352 + 2 * 0.964) = 213.2 m$$

Το εμβαδόν που καλύπτει το φωτοβολταϊκό πάρκο ισούται με $8.869,12 m^2$.

Τοποθέτηση Φ/Β πάρκου:

Κατά την επιλογή της θέσης τοποθέτησης του φωτοβολταϊκού πάρκου, σημαντικό ρόλο έπαιξαν η ανάγκη να βρίσκεται κοντά στον υποσταθμό του Πολυτεχνείου Κρήτης (για οικονομικούς λόγους) και επίσης να έχει προσανατολισμό προς τα Νότια (για την αποδοτικότερη λειτουργία του – Κεφάλαιο 4.3). Έχοντας λοιπόν την τελική προτεινόμενη περιοχή τοποθέτησης Φ/Β, και λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω κριτήρια επιλέξαμε να τοποθετήσουμε το φωτοβολταϊκό πάρκο στην περιοχή που φαίνεται στον *χάρτη 6.9*. Επειδή, στο χώρο του πολυτεχνείου δεν υπάρχουν περιοχές με κλίση προς το Νότο, θα χρειαστούν κάποια έργα στήριξης κατά τη τοποθέτηση του φωτοβολταϊκού πάρκου.

Τοποθέτηση Φωτοβολταϊκού Πάρκου N.2



Χάρτης 6.9 : Τοποθέτηση Φωτοβολταϊκού Πάρκου

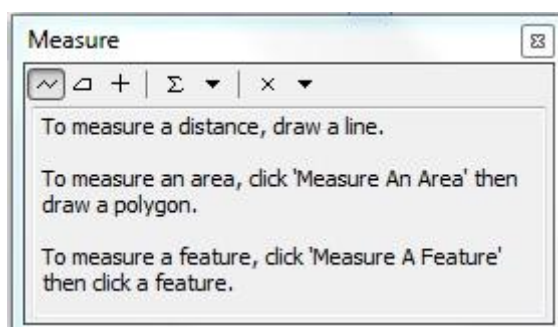


Εικόνα 6.10 : Παράδειγμα διάταξης φωτοβολταϊκού πάρκου

6.5 Χωροθέτηση Φωτοβολταϊκών πλαισίων σε Κτίρια

Σε αυτή την ενότητα, αφού υπολογίσαμε το μέγιστο δυνατό συνολικό αριθμό φωτοβολταϊκών πλαισίων που μπορούμε να τοποθετήσουμε στα κτίρια του Πολυτεχνείου Κρήτης, εξετάσαμε τη πιθανότητα να καλύψουμε τη συνολική ισχύ που χρειαζόμαστε (450kW) αποκλειστικά από αυτά.

Για να υπολογίσουμε το μέγιστο δυνατό συνολικό αριθμό φωτοβολταϊκών πλαισίων που μπορούμε να τοποθετήσουμε σε ένα κτίριο, έπρεπε να ξέρουμε τις διαστάσεις τόσο των κτιρίων, όσο και των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Επειδή δε γνωρίζαμε εκ των προτέρων τις διαστάσεις των κτιρίων, χρησιμοποιήσαμε το εργαλείο *Measure* του *ArcMap* για να τις υπολογίσουμε. Με αυτό το εργαλείο μπορούμε να μετρήσουμε μια απόσταση (σχεδιάζοντας μια γραμμή), να μετρήσουμε μια περιοχή (κάνοντας κλικ στο 'Measure an Area' και στη συνέχεια σχεδιάζοντας ένα πολύγωνο) και να μετρήσουμε μία οντότητα (κάνοντας κλικ στο 'Measure an Feature' και στη συνέχεια κάνοντας κλικ στην οντότητα που επιθυμούμε).



Εικόνα 6.11 : Εργαλείο Measure

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων τα αποθηκεύσαμε στον πίνακα των κτιρίων (attribute table) στα πεδία *Mhkos* και *Platos* που δημιουργήσαμε.

Κτίρια									
FID	Shape *	Id	Name	Height	Kalupsh	Skiash	total_kal	Mhkos	platos
0	Polygon	0	Estia	15	2066	30	22875	26	80
1	Polygon	0	Kiosk	4	4	8	22875	2	2
2	Polygon	0	Sports DEsk	4	12	8	22875	3	4
3	Polygon	0	MPD	10	3053	20	22875	49	62
4	Polygon	0	NOC	10	48	20	22875	6	8
5	Polygon	0	A2	9	564	18	22875	22	25
6	Polygon	0	B	10	1765	20	22875	30	59
7	Polygon	0	Library	12	740	24	22875	50	15
8	Polygon	0	E	10	3019	20	22875	60	50
9	Polygon	0	Kiosk 2	4	20	8	22875	5	4
10	Polygon	0	M4	10	625	20	22875	18	34
11	Polygon	0	M5	10	625	20	22875	18	34
12	Polygon	0	M3	10	710	20	22875	13	54
13	Polygon	0	M1	10	870	20	22875	15	58
14	Polygon	0	M2	10	870	20	22875	15	58
15	Polygon	0	K2	10	729	20	22875	15	49
16	Polygon	0	K1	10	1213	20	22875	20	61
17	Polygon	0	HMMY	15	5800	30	22875	51	115

Εικόνα 6.12 : Τιμές μηκών και πλατών των κτιρίων

Στη συνέχεια, υπολογίσαμε τις διαστάσεις ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου, συνυπολογίζοντας σε αυτές την απόσταση που πρέπει να έχουν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια μεταξύ τους για να μην υπάρχει σκίαση. Ο μοναδικός περιορισμός λόγω σκίασης είναι ως προς το μήκος. Ως προς το πλάτος τα φωτοβολταϊκά πλαίσια μπορούν να βρίσκονται το ένα ακριβώς δίπλα στο άλλο. Οι διαστάσεις είναι οι εξής:

$$\text{Πλάτος πλαισίου} = \Pi\varphi = 0.99 \text{ m} \quad (\text{σχέση 6.3.3})$$

$$\text{Μήκος πλαισίου} = M\varphi + 2 * Y\varphi = 1.65 * \cos(35^\circ) + 2 * 1.65 * \sin(35^\circ) = 3.28 \text{ m}$$

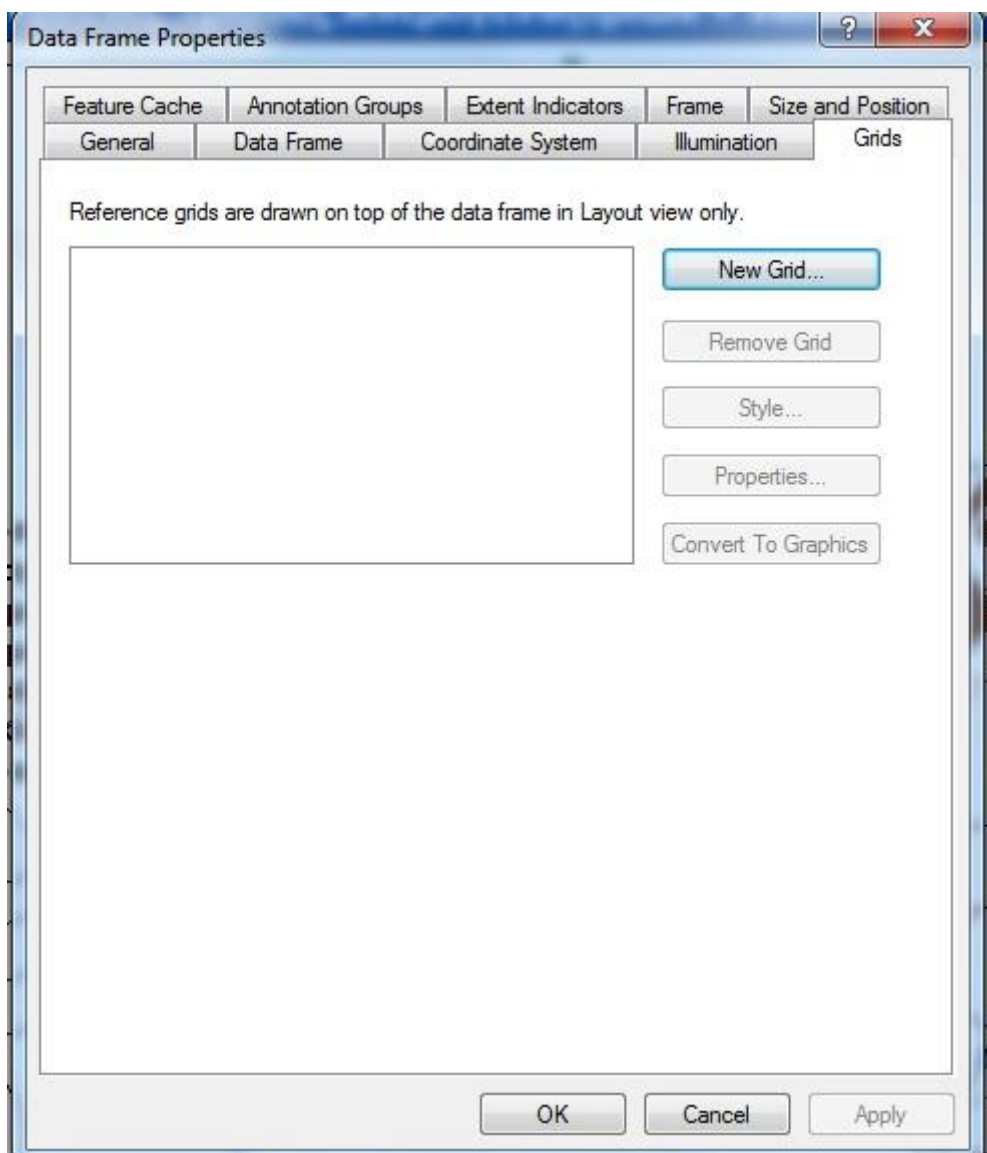
$$(\text{σχέση 6.3.4})$$

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια για την αποδοτικότερη λειτουργία τους θα έπρεπε να τοποθετηθούν με Νότιο προσανατολισμό. Για να βρούμε, λοιπόν, τον αριθμό των φωτοβολταϊκών πλαισίων που μπορούν να τοποθετηθούν σε κάθε κτίριο, δε θα αρκούσε μία διαίρεση των διαστάσεων των κτιρίων με τις διαστάσεις των φωτοβολταϊκών πλαισίων, γιατί τα κτίρια ενδέχεται να μην έχουν και αυτά Νότιο προσανατολισμό. Γι' αυτό το λόγο, στο χάρτη του προγράμματος δημιουργήσαμε ένα Grid με διαστήματα ανά άξονα ίσο με το μήκος και το πλάτος του φωτοβολταϊκού πλαισίου. Στη συνέχεια, έχοντας δημιουργήσει πλαίσια ίσα με τις διαστάσεις των φωτοβολταϊκών πλαισίων και με Νότιο προσανατολισμό,

μετρήσαμε πόσα πλαίσια χωράνε σε κάθε κτίριο. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων τα αποθηκεύσαμε στον πίνακα των κτιρίων (attribute table) στο πεδίο *Number_FV* που δημιουργήσαμε. Ακολουθεί αναλυτικότερα η διαδικασία που μόλις περιγράψαμε:

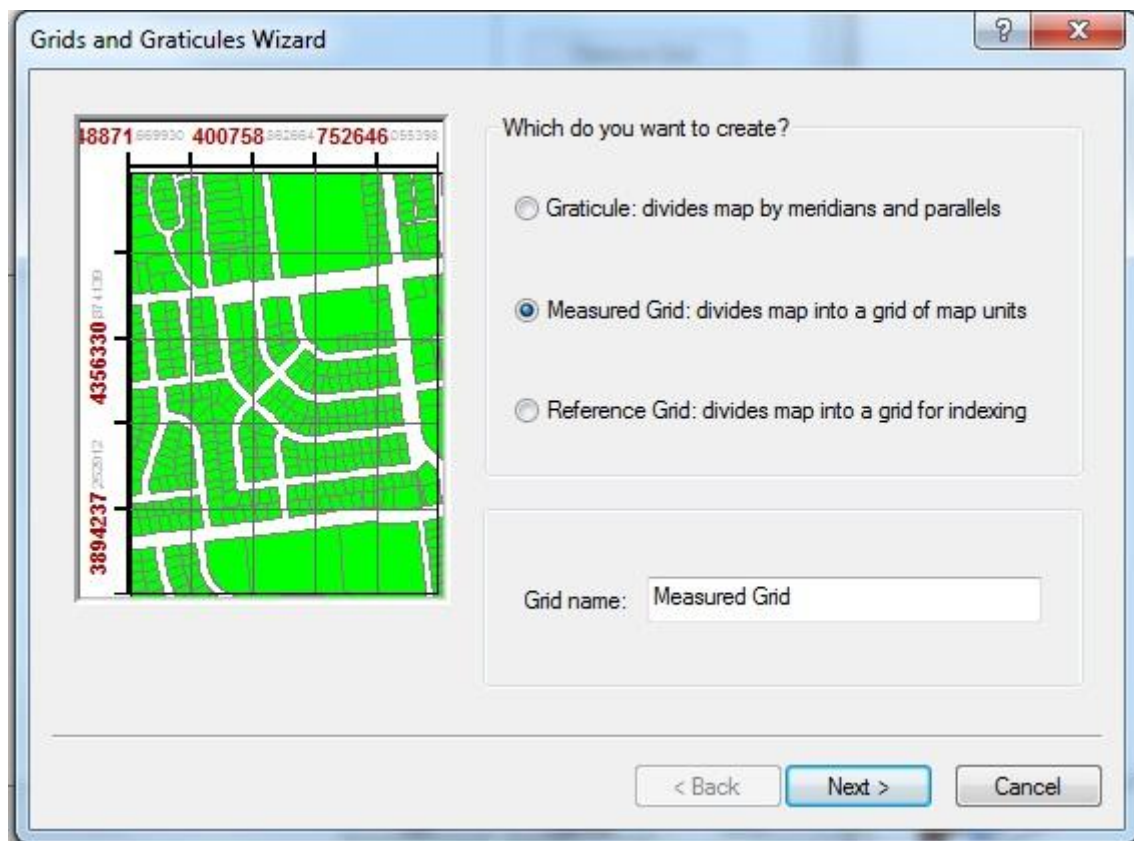
Βήμα 1^ο: Δημιουργία Grid με διαστήματα ανά άξονα ίσο με το μήκος και το πλάτος του φωτοβολταϊκού πλαισίου.

Για να φτιάξουμε ένα νέο Grid στο ArcMap, έπρεπε πρώτον να βρισκόμαστε στο *Layout view* του προγράμματος. Στη συνέχεια, κάναμε δεξί κλικ στην επιφάνεια του προγράμματος και πατήσαμε την επιλογή *Properties...* .



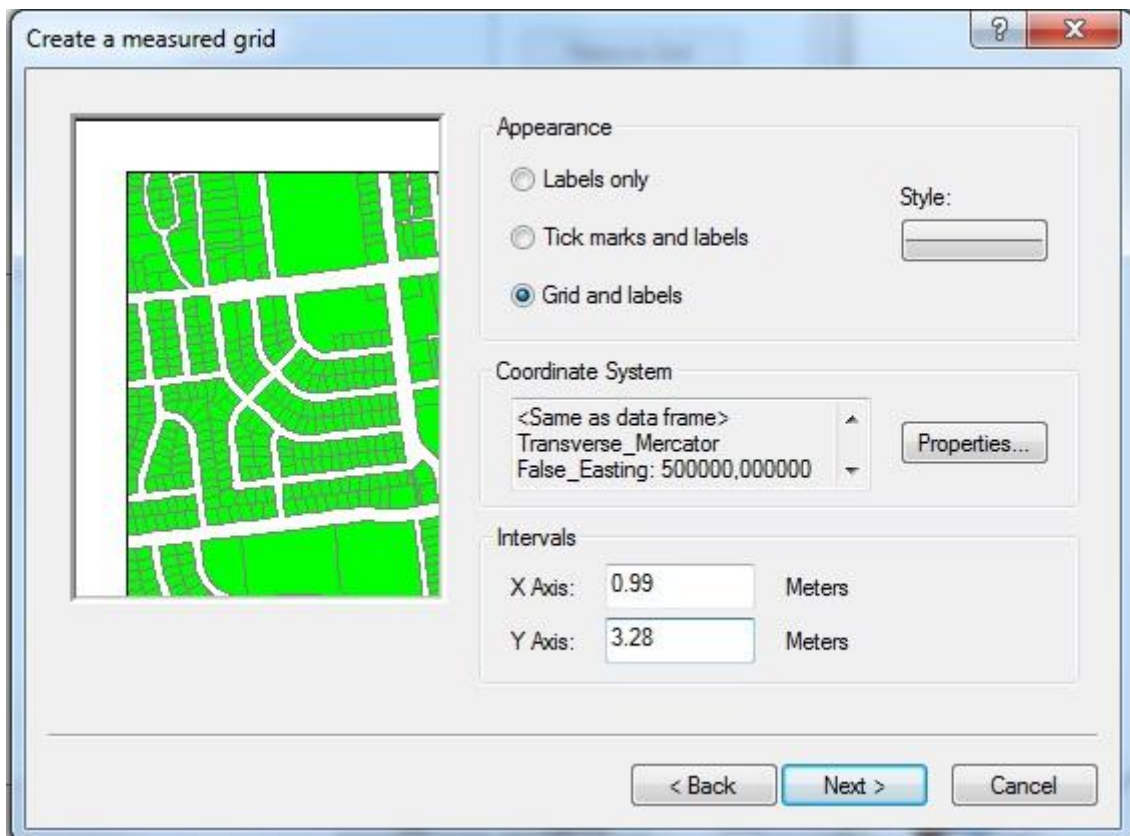
Εικόνα 6.13 : Data Frame Properties...

Στο παράθυρο *Data Frame Properties* επιλέξαμε την καρτέλα *Grids* και στη συνέχεια πατήσαμε την επιλογή *New Grid* και πατήσαμε *OK*. Στο καινούργιο παράθυρο *Grids and Graticules Wizard* επιλέξαμε την επιλογή *Measured Grid: divides map into a grid of map units* και πατήσαμε *Next*.



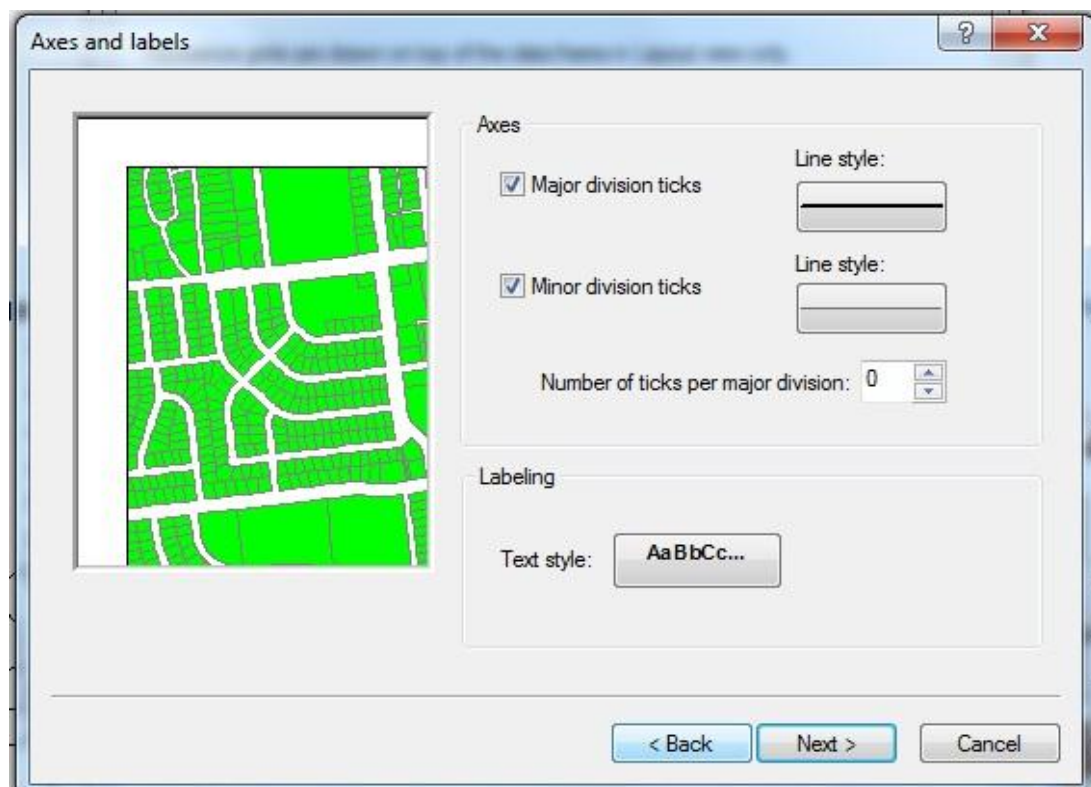
Εικόνα 6.14 : Grids and Graticules Wizard

Στο καινούργιο παράθυρο *Create a measured grid*, στα κουτιά *X Axis* και *Y Axis* βάλαμε τις διαστάσεις των φωτοβολταϊκών πλαισίων, δηλαδή 0.99 και 3.28. Οι μονάδες μέτρησης είναι τα μέτρα. Στη συνέχεια πατήσαμε *Next*.



Εικόνα 6.15 : Create a measured grid

Στο καινούργιο παράθυρο *Axes and labels*, επιλέξαμε τον τρόπο εμφάνισης των αξόνων και πατήσαμε *Next*.



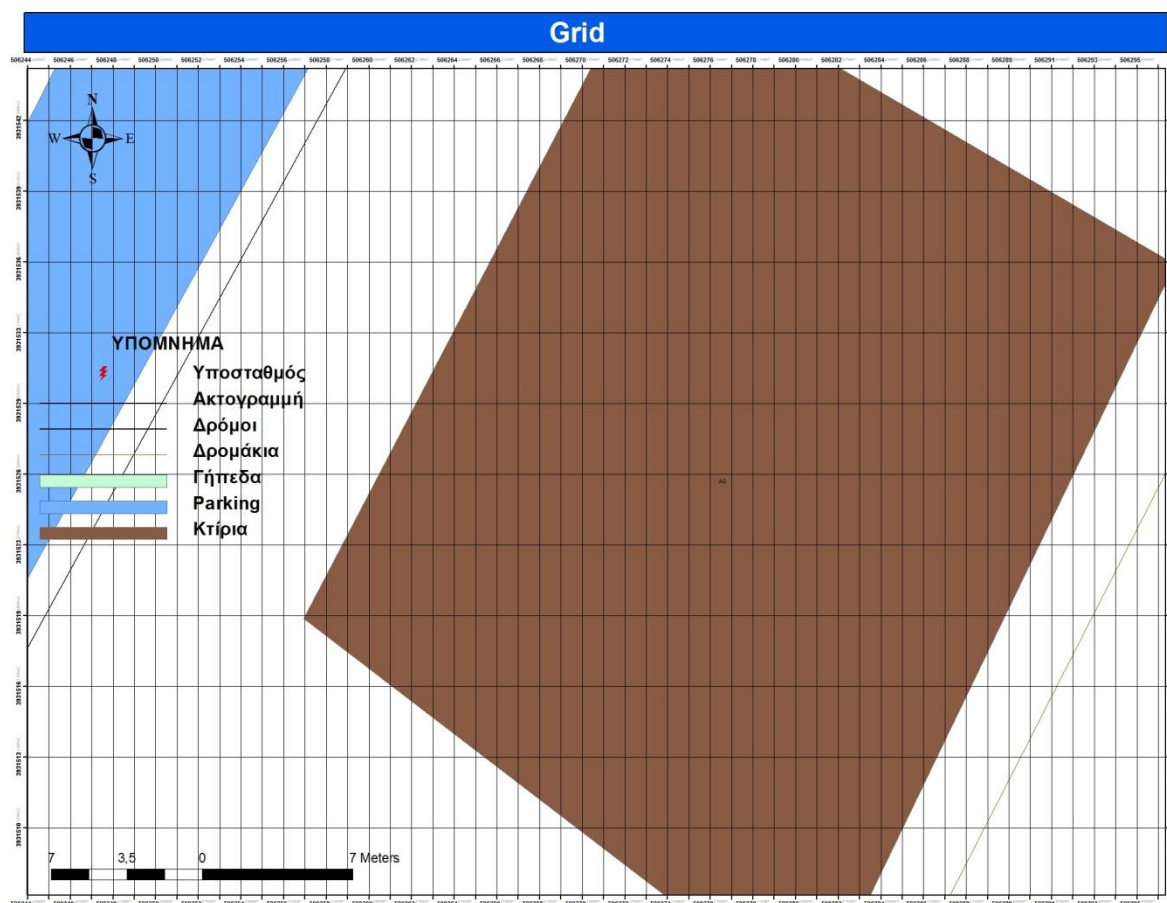
Εικόνα 6.16 : Axes and labels

Τέλος, στο καινούργιο παράθυρο *Create a measured grid*, επιλέξαμε την επιλογή *Store as a fixed grid that updates with changes to the data frame* και πατήσαμε *finish*.



Εικόνα 6.17 : Create a measured grid

Τα αποτελέσματα του Grid που δημιουργήσαμε φαίνονται στο χάρτη 6.10 που ακολουθεί:



Χάρτης 6.10 : Παράδειγμα χρήσης του Grid

Βήμα 2^ο: Καταμέτρηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων

Σε αυτό το βήμα, μετρήσαμε πόσα πλαίσια του Grid χωράνε εξ ολοκλήρου στο κάθε κτίριο.

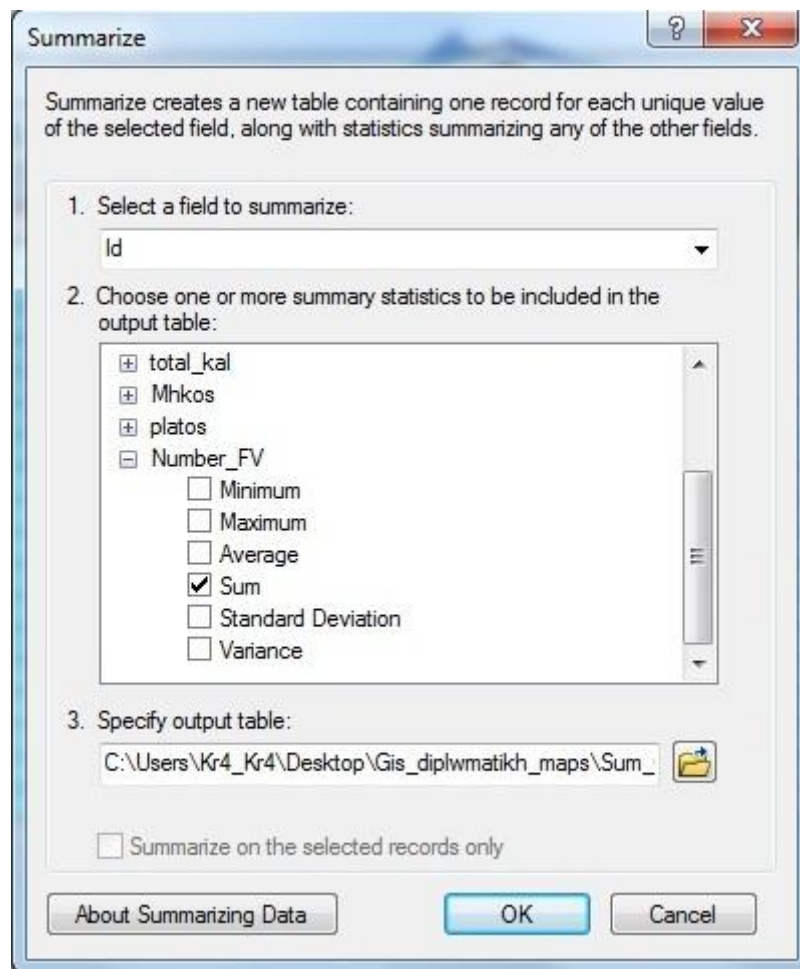
Βήμα 3^ο: Αποθήκευση

Σε αυτό το βήμα, αποθηκεύσαμε τα αποτελέσματα των μετρήσεων στον πίνακα των κτιρίων (attribute table) στο πεδίο *Number_FV* που δημιουργήσαμε.

Αποτελέσματα:

Για να βρούμε το συνολικό αριθμό των φωτοβολταϊκών πλαισίων που μπορούμε να τοποθετήσουμε στα κτίρια του πολυτεχνείου Κρήτης, χρησιμοποιήσαμε την εντολή *Summarize* του *ArcMap*, που βρίσκεται αν κάνουμε δεξί κλικ στο attribute table του κάθε layer. Με αυτήν την εντολή, ζητήσαμε από το πρόγραμμα να υπολογίσει το άθροισμα όλων των τιμών ενός πεδίου (*Number_FV*) ενός layer (Κτίρια) και να το αποθηκεύσει σε ένα καινούργιο attribute table (*Sum_Output_3.dbf*). Στη συνέχεια, προσθέσαμε το καινούργιο

attribute table (Sum_Output_3.dbf) στο πρόγραμμα και βρήκαμε το συνολικό αριθμό των φωτοβολταϊκών πλαισίων (8532 φωτοβολταϊκά πλαίσια).

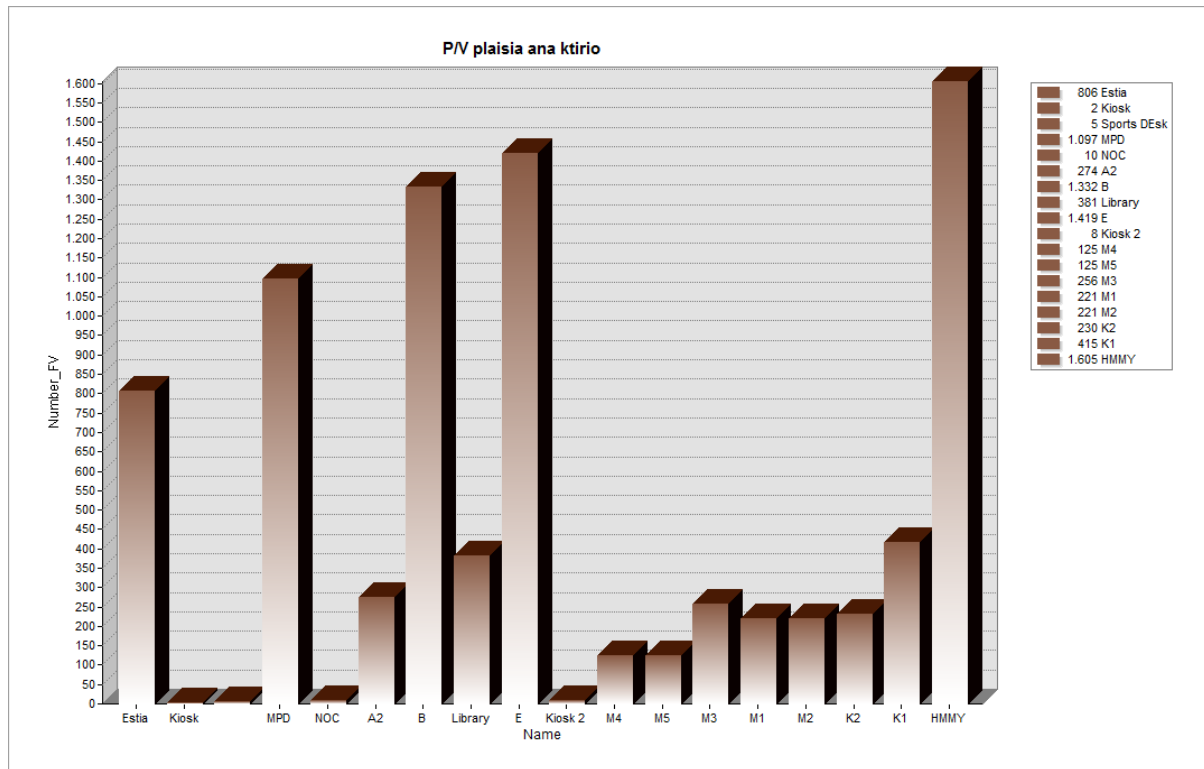


Εικόνα 6.18 : Summarize

OID	Id	Count_Id	Sum_Number_FV
0	0	18	8532

Εικόνα 6.19 : Αποτελέσματα Summarize (Sum_Output_3.dbf)

Σύμφωνα λοιπόν με τα αποτελέσματα της εντολής *Summarize*, στα κτίρια του πολυτεχνείου Κρήτης μπορούμε να τοποθετήσουμε μέχρι 8532 φωτοβολταϊκά πλαίσια. Συνεπώς, μπορούμε να καλύψουμε την ζητούμενη ισχύ (450 kWatt) και με τα δύο σενάρια που αναπτύξαμε στο κεφάλαιο 6.4 (Σενάριο 1: 2000 Φ/Β πλαίσια των 225 Watt , Σενάριο 2: 2571 Φ/Β πλαίσια των 175 Watt).



Εικόνα 6.20 : Γραφική αναπαράσταση των Φ/Β πλαισίων ανά κτίριο

Η γραφική αναπαράσταση της εικόνας 6.20 έγινε με το εργαλείο *Create Graphs* του *ArcMap*.

7. ΚΕΦΑΛΑΙΟ : Σύνδεση Προγραμμάτων GIS και Προγραμμάτων Προσομοίωσης Δικτύου

7.1 Εισαγωγή στο PowerWorld Simulator

Το πρόγραμμα προσομοίωσης Powerworld, είναι ένα αρκετά εύχρηστο εργαλείο κυρίως εξαιτίας της γραφικής παρουσίασης του συστήματος και των αποτελεσμάτων, είναι πολύ κατανοητό για την εκμάθηση και εξάσκηση σε συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας. Η εκπαιδευτική του μορφή είναι διαθέσιμη στην ιστοσελίδα www.powerworld.com και μπορεί να προσομοιώσει 12 ζυγούς. Στην πλήρη του μορφή το πρόγραμμα αυτό περιέχει ένα πακέτο ανάλυσης ροής φορτίου που μπορεί να προσομοιώσει συστήματα έως 100.000 ζυγών. Το γραφικό περιβάλλον περιλαμβάνει μονογραμμικά διαγράμματα, ενώ υπάρχει η δυνατότητα πανοραμικής λήψης και μεγέθυνσης συγκεκριμένων σημείων του συστήματος. Ακόμα, προσφέρει εργαλεία για τη βέλτιστη ροή ισχύος με περιορισμούς ασφαλείας, για τη διαθέσιμη ικανότητα μεταφοράς, και ένα εργαλείο για τον αυτόματο έλεγχο της παραγωγής.

Σε ό,τι αφορά στις δυνατότητες του προγράμματος αξίζει να αναφερθούν τα παρακάτω:

- Υποστηρίζει τη λεπτομερή μοντελοποίηση μετασχηματιστών με σύστημα αλλαγής τάσης υπό φορτίο και αλλαγής φάσης, διακοπών, καμπύλων ενεργού και άεργου ικανότητας φόρτισης γεννητριών, καμπυλών κόστους γεννητριών, προγραμμάτων φορτίων, προγραμμάτων ανταλλαγής ισχύος, γραμμών συνεχούς ρεύματος και απομακρυσμένου ελέγχου τάσης ζυγών.
- Είναι δυνατή η αξιολόγηση όχι μόνο των τεχνικών πτυχών μιας αλλαγής (π.χ. ανακατανομή φορτίου) αλλά και της οικονομικής σημασίας της αλλαγής.
- Ενσωματώνει τον αυτόματο έλεγχο παραγωγής περιοχής (Automatic Generation Control – AGC) στην επίλυση της ροής φορτίου, προσφέροντας τρεις διαφορετικούς τρόπους ελέγχου: με ένα ζυγό ταλάντωσης, διανεμημένο έλεγχο με πολλαπλούς ζυγούς ταλάντωσης (με χρήση των συντελεστών συμμετοχής των ζυγών) και οικονομική κατανομή φορτίου. Ταυτόχρονα, ο τύπος του ελέγχου AGC είναι δυνατόν να διαφέρει από περιοχή σε περιοχή (πχ δυνατότητα χρησιμοποίησης της οικονομικής κατανομής φορτίου σε εκείνες μόνο τις περιοχές όπου είναι γνωστές οι πληροφορίες για τις δαπάνες). Η χρήση του ελέγχου AGC καθιστά τη διαδικασία της επίλυσης σαφώς γρηγορότερη.
- Στη γραφική απεικόνιση του συστήματος και των ροών φορτίου, τα βέλη στις γραμμές, στα φορτία και στις γραμμές μεταφοράς είναι μεγαλύτερα και κινούνται ταχύτερα ανάλογα με το μέγεθος και την κατεύθυνση της ροής ισχύος. Παράλληλα, με τη χρήση των pie charts (διαγράμματα πίτας), είναι άμεση η δυνατότητα ελέγχου των υπερφορτίσεων των γραμμών, καθώς η ροή φαίνεται ως ποσοστό της πλήρους φόρτισης της γραμμής.
- Το εξαιρετικά εύχρηστο γραφικό περιβάλλον βοηθά τόσο στην χρησιμοποίηση του ίδιου του προγράμματος, όσο και στην επεξεργασία και ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Μέσα από τα μονογραμμικά διαγράμματα του προσομοιωτή και τους διαλόγους πληροφοριών καθίσταται δυνατή η δημιουργία και ο έλεγχος σωστής λειτουργίας ενός συστήματος

γραφικά. Κατά τη λειτουργία edit mode δημιουργείται ή τροποποιείται το σύστημα, και κατά τη λειτουργία run mode το σύστημα «τρέχει» και οπτικοποιούνται τα αποτελέσματα.

- Η αυτοματοποιημένη διαδικασία εισαγωγής στοιχείων (γεννητριών, γραμμών, Μ/Σ, φορτίων κλπ) έχει ως αποτέλεσμα την μεγάλη ταχύτητα δημιουργίας σχεδίων, ειδικά μετά από μικρή εμπειρία χρήσης του προγράμματος. Ταυτόχρονα, είναι δυνατή η λεπτομερής απεικόνιση και ανάλυση του συστήματος, και η εύκολη χρήση των λειτουργιών μεγέθυνσης.
- Οι διακόπτες σε οποιοδήποτε σημείο του συστήματος ανοίγουν ή κλείνουν με ένα απλό πάτημα, γεγονός το οποίο διευκολύνει ιδιαίτερα τη συνολική εποπτεία των αλλαγών ή προβλημάτων που προκαλούνται στο σύστημα με την απομόνωση ή επαναλειτουργία κλάδων ή υποσυστημάτων του συστήματος (κυρίως σε ό,τι αφορά στις γεννήτριες και στα φορτία).
- Παρέχονται εργαλεία για τον υπολογισμό ευαίσθητων σημείων. Για παράδειγμα, αυτά μπορεί να είναι οι παράγοντες διανομής μεταφοράς ισχύος, οι ευαισθησίες ροής στη γραμμή μεταφοράς, ή η ευαισθησία των απωλειών.
- Δίνεται η δυνατότητα παραγωγής ισοϋψών χαρτών, οι οποίοι παρέχουν πληροφορίες για την ποικιλομορφία των τάσεων, των φορτίων, των ευαισθησιών απωλειών και ροής, του οριακού κόστους.
- Περιέχονται εργαλεία ανάλυσης πιθανότητας διαταραχών που βοηθούν στην αναγνώριση προβλημάτων. Η ανάλυση πιθανότητας διαταραχών γίνεται με την εφαρμογή μιας πλήρους ροής φορτίου για κάθε πιθανότητα με αυξανόμενη ακρίβεια. Στη συνέχεια καταρτίζονται κατάλογοι ενδεχομένων και σχετικών παραβιάσεων και δίνεται η δυνατότητα της ευέλικτης επεξεργασίας των καταλόγων ώστε να ικανοποιούνται δεδομένα κριτήρια.
- Δίνεται, πέρα από τη δυνατότητα γραφικής αναπαράστασης, και η δυνατότητα παρουσίασης και επεξεργασίας των στοιχείων υπό μορφή πινάκων, σε λογιστικό φύλλο. Οι πίνακες, εκτός από τις δυνατότητες ταξινόμησης και αντιγραφής των στοιχείων, αποτελούν ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο για τον έλεγχο των δεδομένων και τυχόν λαθών, που δεν είναι πάντα εύκολο να εντοπιστούν στη γραφική αναπαράσταση.
- Είναι δυνατή η αποθήκευση των εγγράφων σε μορφή HTML, και η εκτύπωση υψηλής ευκρίνειας διαγραμμάτων στον εκτυπωτή. Υποστηρίζεται τέλος μια γλώσσα προγραμματισμού που επιτρέπει την αυτοματοποίηση συχνών εργασιών και την οργάνωσή τους, ώστε να διευκολύνεται η παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

Εμείς στην εργασία μας εργαστήκαμε με την έκδοση PowerWorld Simulator 15 Evaluation και μελετήσαμε τη μεταφορά των GIS στο PowerWorld.

7.2 Σύνδεση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και PowerWorld

Μια από τις πιο σημαντικές λειτουργίες του προγράμματος είναι η δυνατότητα υποστήριξης των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Η δυνατότητα αυτή βελτιώνει αρκετά τη χρησιμότητα του προγράμματος, καθώς η γραφική παρουσίαση του συστήματος και των αποτελεσμάτων γίνονται με μεγαλύτερη ακρίβεια και με ρεαλιστικότερο τρόπο.

Σε ό,τι αφορά στις δυνατότητες του προγράμματος σχετικά με τα GIS αξίζει να αναφερθούν τα παρακάτω:

- Δίνεται η δυνατότητα απευθείας εισαγωγής δεδομένων σε μορφή shape file (.shp) από τα GIS στο PowerWorld Simulator και το αντίστροφο.
- Μπορούν να οριστούν οι συντεταγμένες (γεωγραφικό πλάτος και μήκος) για τους υποσταθμούς και τους ζυγούς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αυτόματη εισαγωγή τους σε διαγράμματα βάσει των γεωγραφικών τους συντεταγμένων.
- Οι γραμμές που βρίσκονται στο υπόβαθρο μπορούν να μετατραπούν σε γραμμές μεταφοράς ή διανομής ηλεκτρικού ρεύματος, σε υποσταθμούς ή ζυγούς. Αυτό μας επιτρέπει να εισάγουμε στοιχεία μεταφοράς από τα GIS ως shapefile δεδομένα και μετά να τα μετατρέπουμε σε στοιχεία του συστήματός μας.
- Οι πίνακες μπορούν αυτόματα να εισαχθούν από τη βιβλιοθήκη πινάκων του PowerWorld ή από τα ορισμένα από το χρήστη αρχεία πινάκων. Η PowerWorld βιβλιοθήκη διαθέτει πίνακες από ολόκληρο τον κόσμο.



Εικόνα 7.1 : Παράδειγμα σχέσης GIS και PowerWorld

7.2.1 Μεταφορά Δεδομένων από το ArcGIS στο PowerWorld

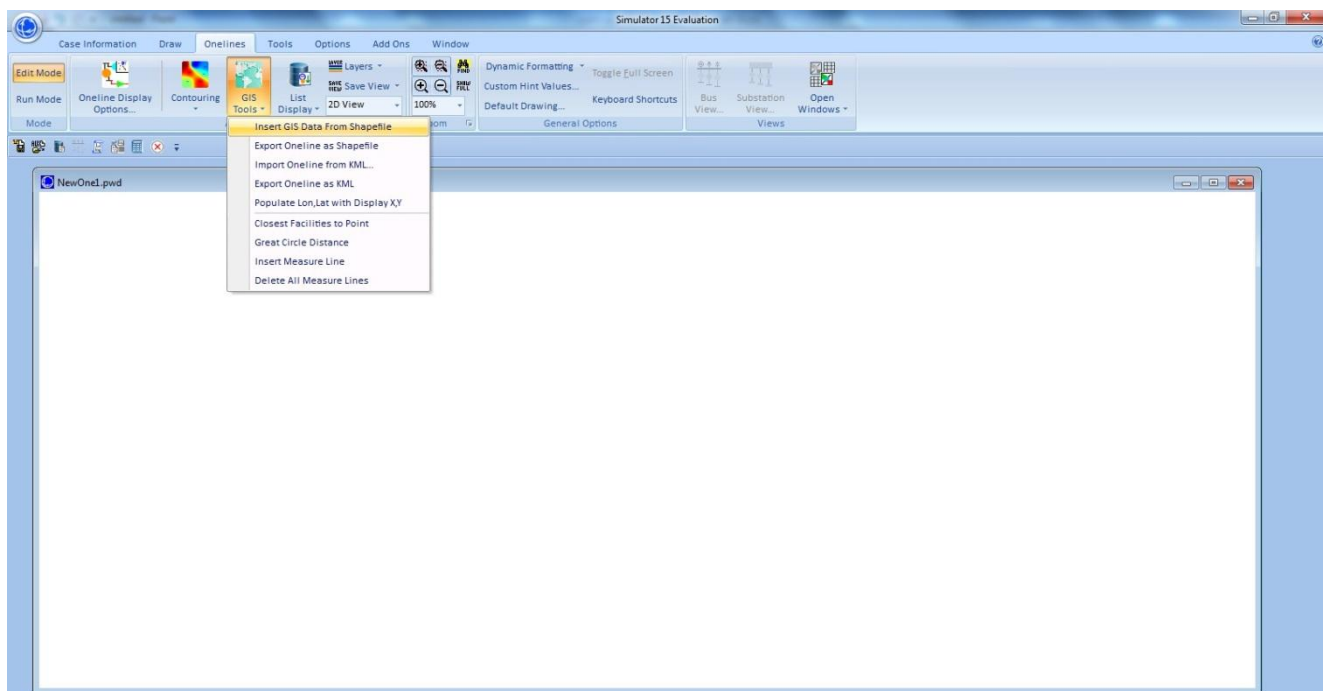
Σε αρκετά Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, όπως το ArcGIS, τα δεδομένα που χρησιμοποιούν αποθηκεύονται σε shapefile αρχεία. Αυτός ο τύπος αρχείων είναι αποδεκτός από το PowerWorld και συνεπώς μπορούμε να εισάγουμε σε αυτό τα δεδομένα των ΓΣΠ και στη συνέχεια να τα διαχειριστούμε ανάλογα με τις προτιμήσεις μας. Ο τρόπος εμφάνισης των δεδομένων μπορεί να καθοριστεί πριν αλλά και μετά την εισαγωγή τους στο πρόγραμμα από τον χρήστη. Στη συνέχεια ακολουθούν τα βήματα εισαγωγής δεδομένων από τα ΓΣΠ στο PowerWorld.

Βήμα 1^ο: Δεδομένα

Τα δεδομένα πρέπει να βρίσκονται σε μορφή shape file (.shp).

Βήμα 2^ο: Εισαγωγή

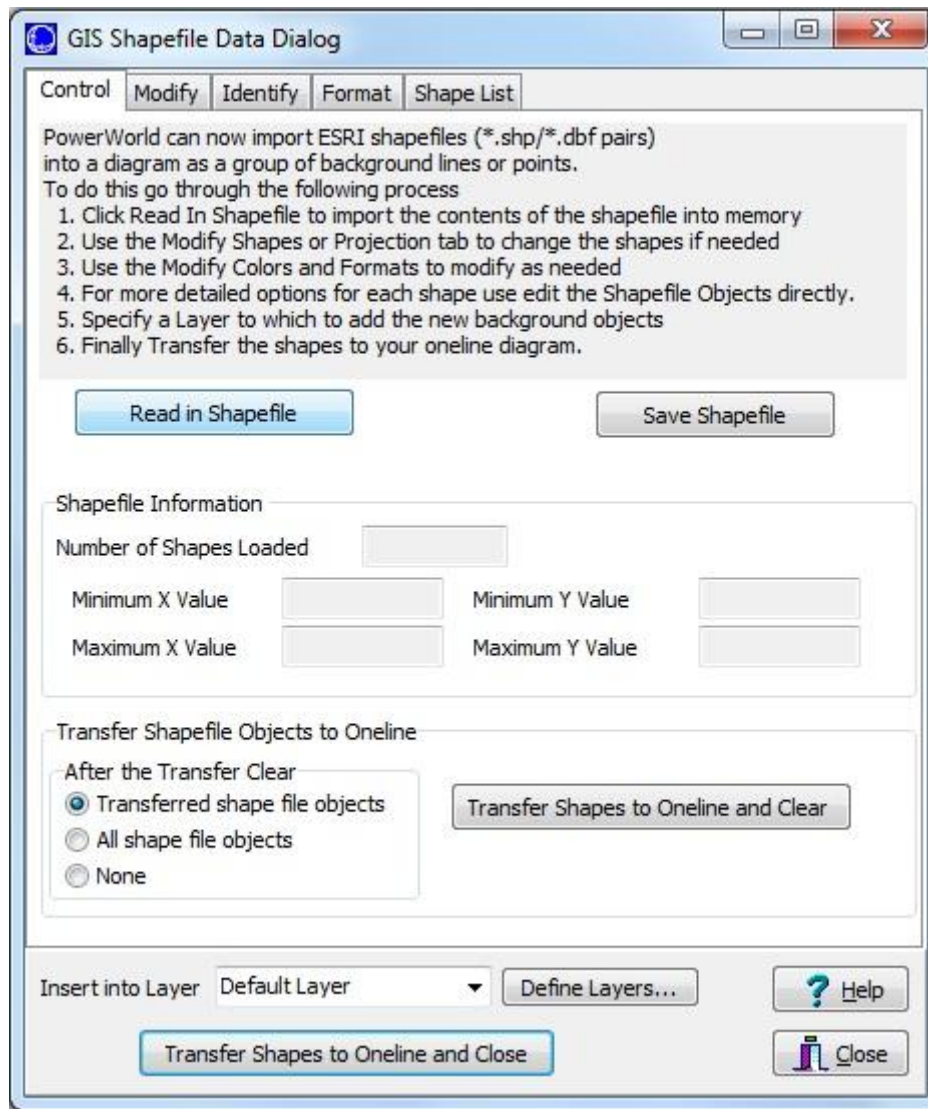
Στη συνέχεια, στη γραμμή εργαλείων του PowerWorld, αφού επιλέγουμε από την καρτέλα *online* την επιλογή *GIS Tools*, πατάμε στην επιλογή *Insert GIS Data from Shapefile*.



Εικόνα 7.2 : Εισαγωγή

Βήμα 3^ο: Διάβασμα Δεδομένων

Στο καινούργιο παράθυρο GIS Shapefile Data Dialog, αφού επιλέξουμε την καρτέλα *Control*, πατάμε στην επιλογή *Read in Shapefile* και στη συνέχεια επιλέγουμε το αρχείο που θέλουμε να εισάγουμε στο πρόγραμμα.

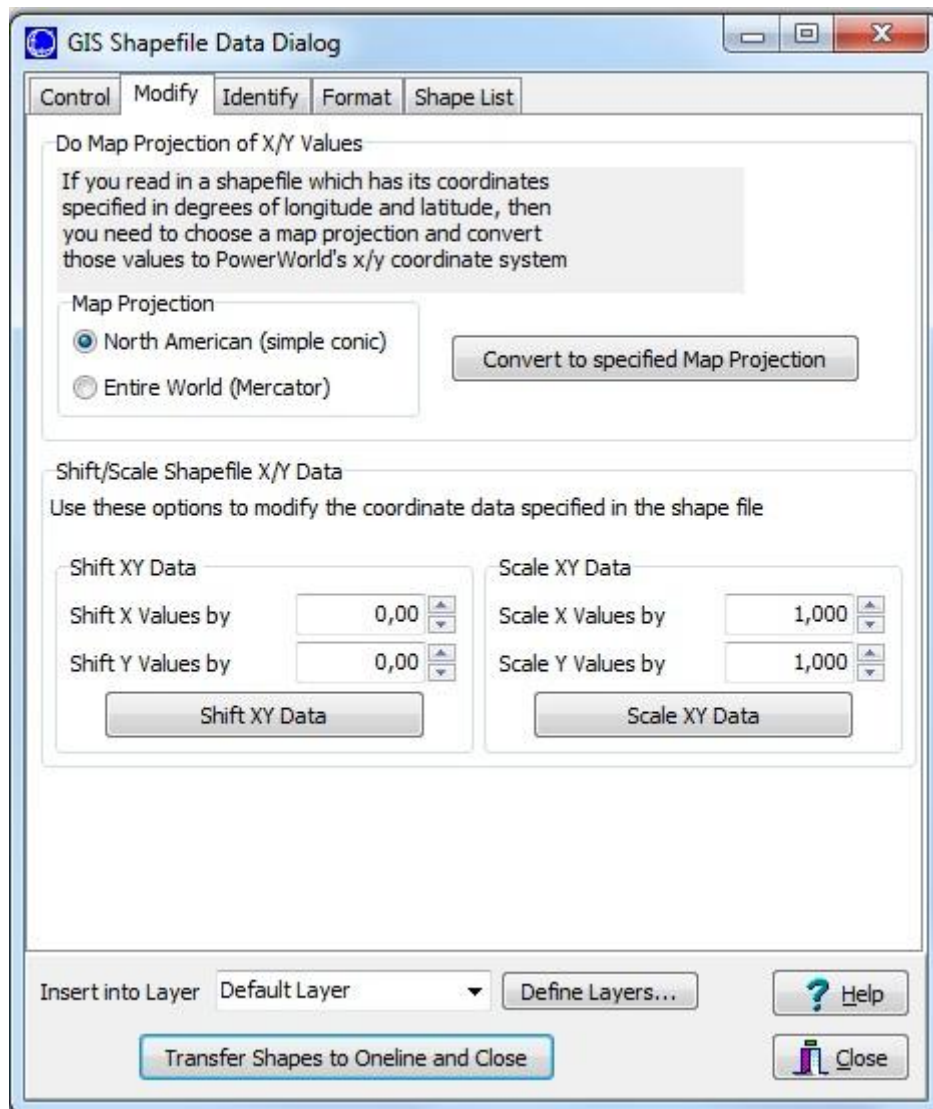


Εικόνα 7.3 : Διάβασμα Δεδομένων

Βήμα 4^ο: Προτιμήσεις

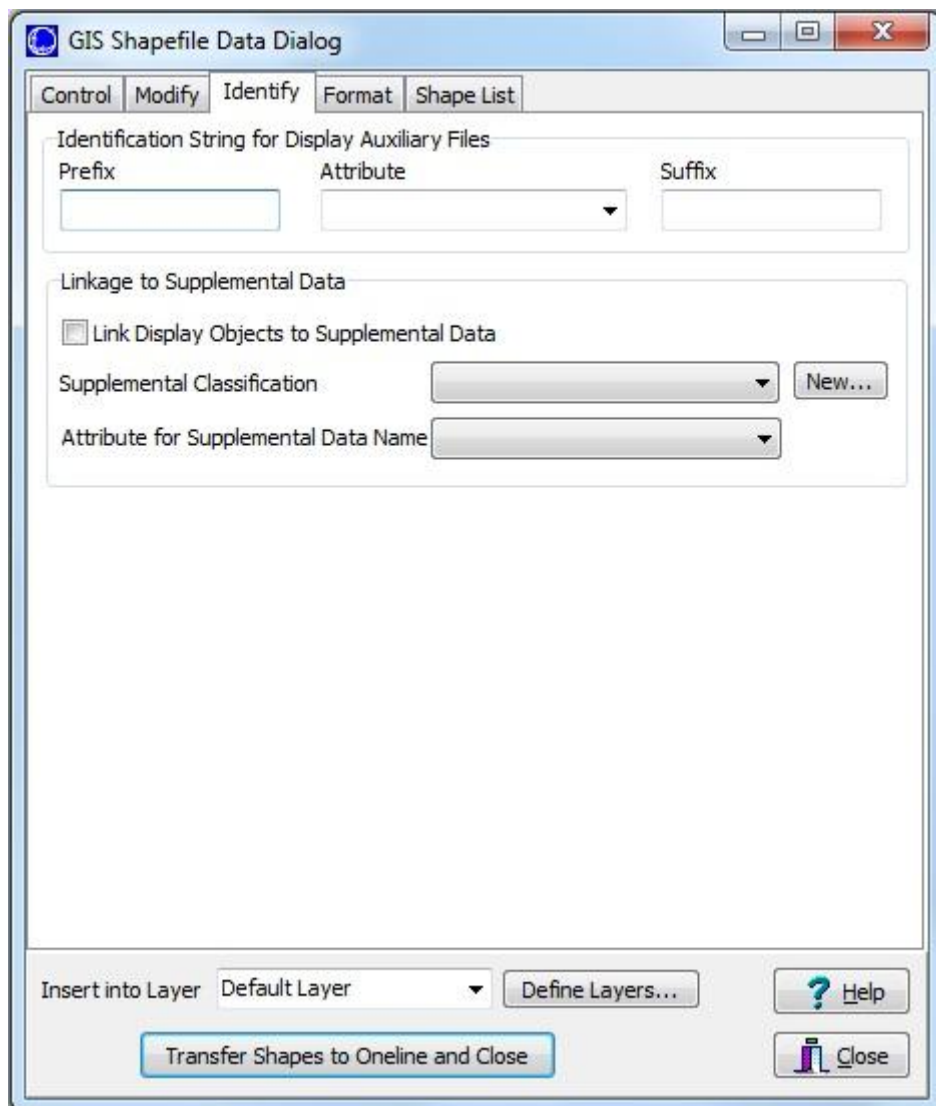
Αφού έχουμε διαβάσει τα δεδομένα, μπορούμε να ορίσουμε τον τρόπο παρουσίασης αυτών βάσει των προτιμήσεών μας.

1. Στην καρτέλα *Modify*, μπορούμε να τροποποιήσουμε τα σχήματα καθώς και να μετατρέψουμε τις συντεταγμένες των δεδομένων (ΓΣΠ) στις συντεταγμένες του PowerWorld



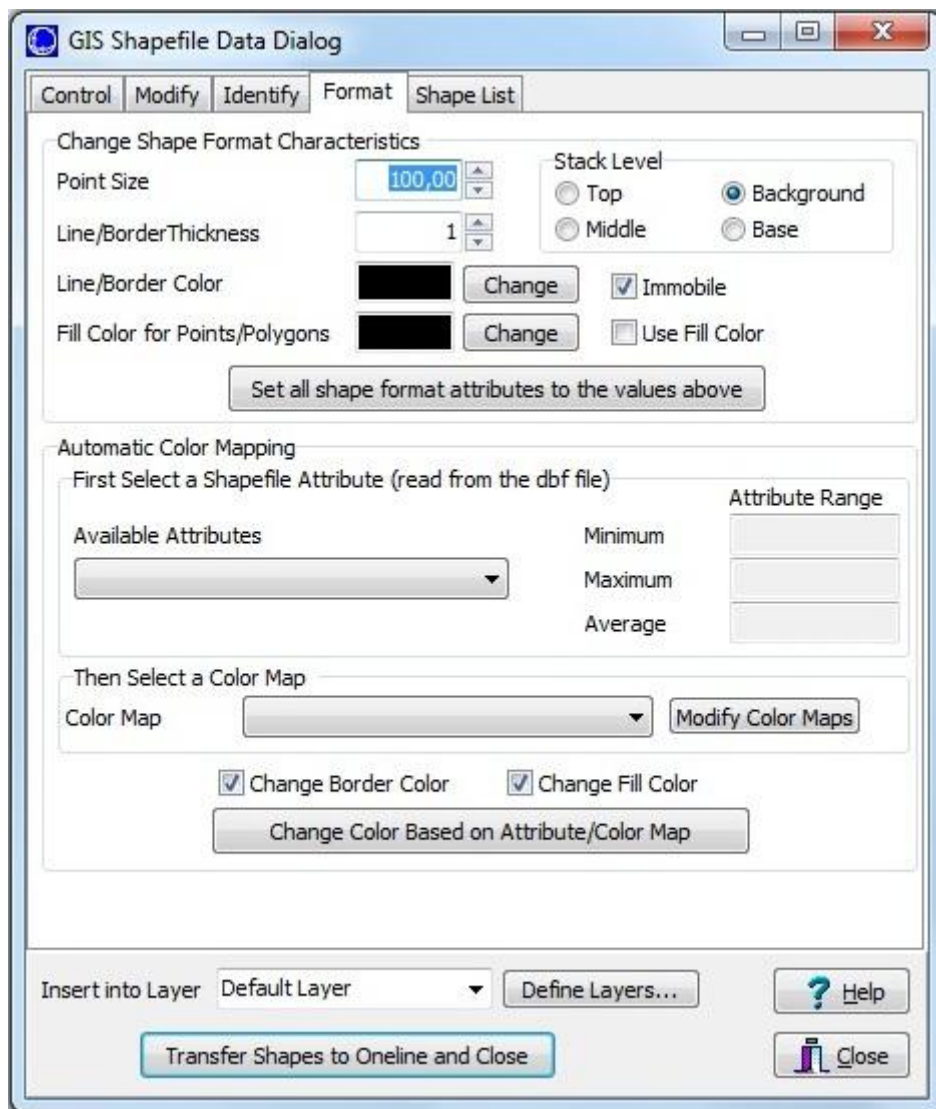
Εικόνα 7.4 : Modify

2. Στην καρτέλα *Identify*, μπορούμε να ορίσουμε χαρακτηριστικά ονόματα για τα σχήματα που εισάγουμε



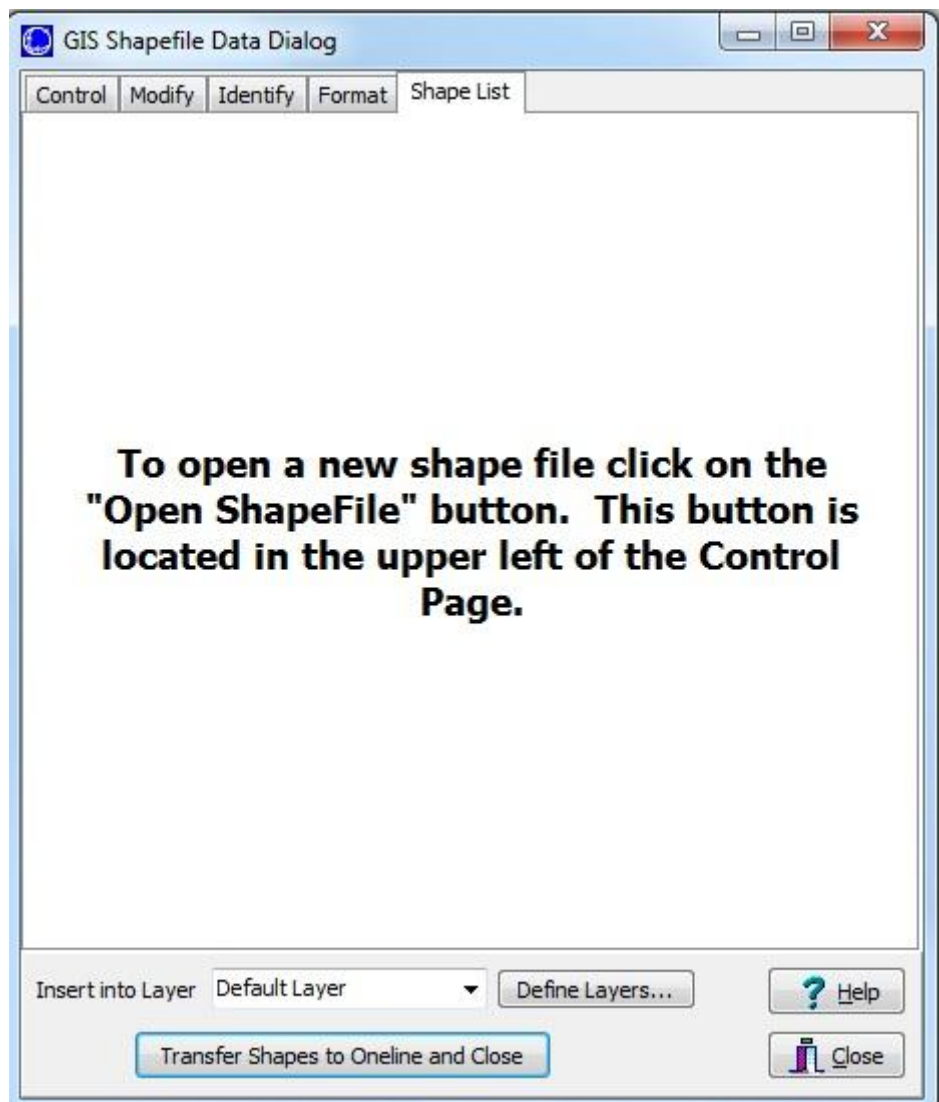
Εικόνα 7.5 : Identify

3. Στην καρτέλα *Format*, υπάρχουν περισσότερες και λεπτομερέστερες επιλογές για τα σχήματα που εισάγουμε. Πχ. Χρώμα γεμίσματος ενός σχήματος ή το χρώμα του περιγράμματός του κλπ.



Εικόνα 7.6 : Format

4. Στην καρτέλα *Shape List*, μπορούμε να ορίσουμε ένα Layer στο οποίο θα προσθέσουμε τα καινούργια δεδομένα ως υπόβαθρο.



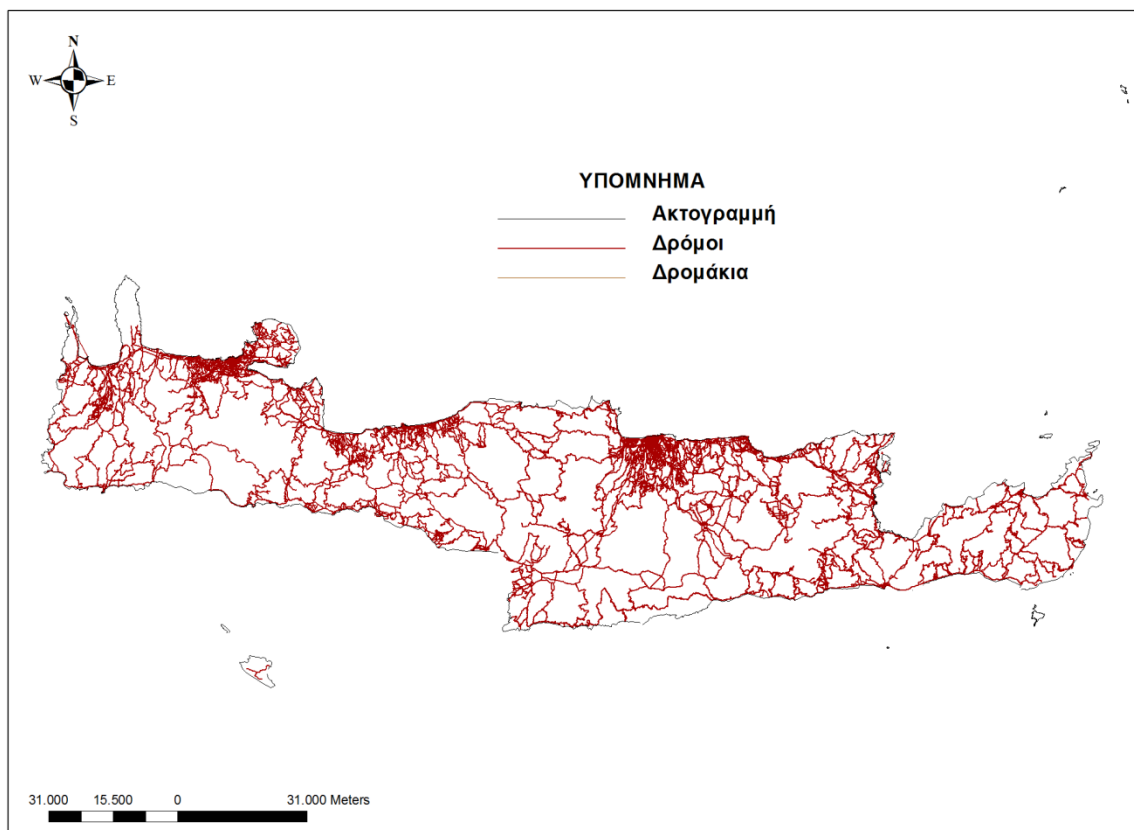
Εικόνα 7.7 : Shape List

Βήμα 5^ο: Μεταφορά δεδομένων

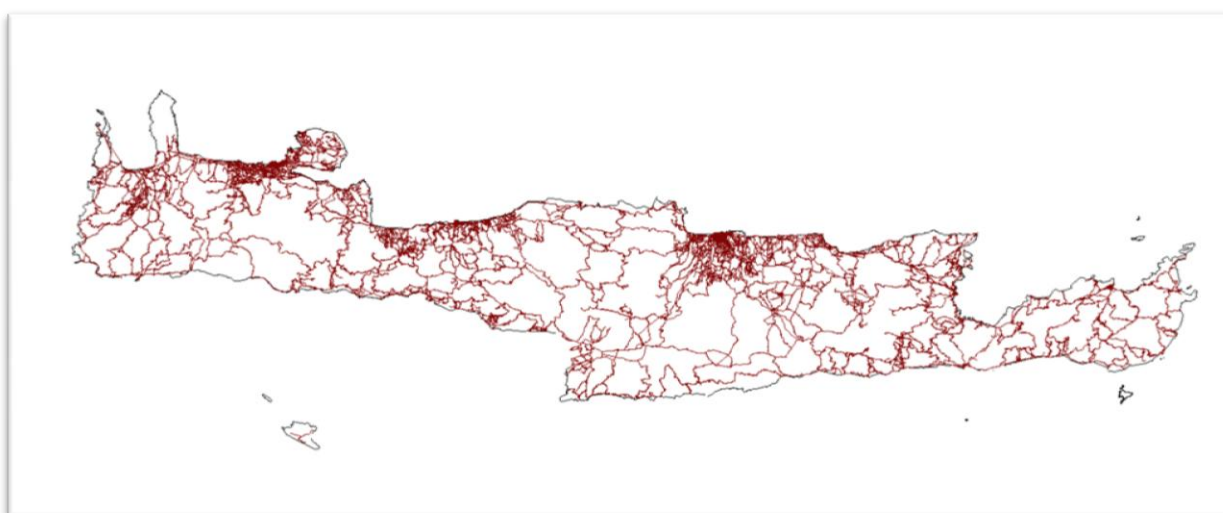
Σε αυτό το βήμα μεταφέρουμε τα σχήματα στο online διάγραμμα. Αυτό γίνεται αν πατήσουμε στην επιλογή *Transfer Shapes to Oneline and Close*.

7.2.2 Αποτελέσματα Μεταφοράς Δεδομένων από το ArcGIS στο PowerWorld

Στους χάρτες 7.1 και 7.2, φαίνονται τα αποτελέσματα της μεταφοράς των δεδομένων από το πρόγραμμα ArcGIS 10 στο πρόγραμμα PowerWorld Simulator 15. Στην χάρτη 7.1, είναι η απεικόνιση της Κρήτης από το πρόγραμμα ArcGIS 10, ενώ στην χάρτη 7.2 είναι απεικόνιση της Κρήτης από το πρόγραμμα PowerWorld Simulator 15.



Χάρτης 7.1 : Απεικόνιση Κρήτης στο ArcGIS



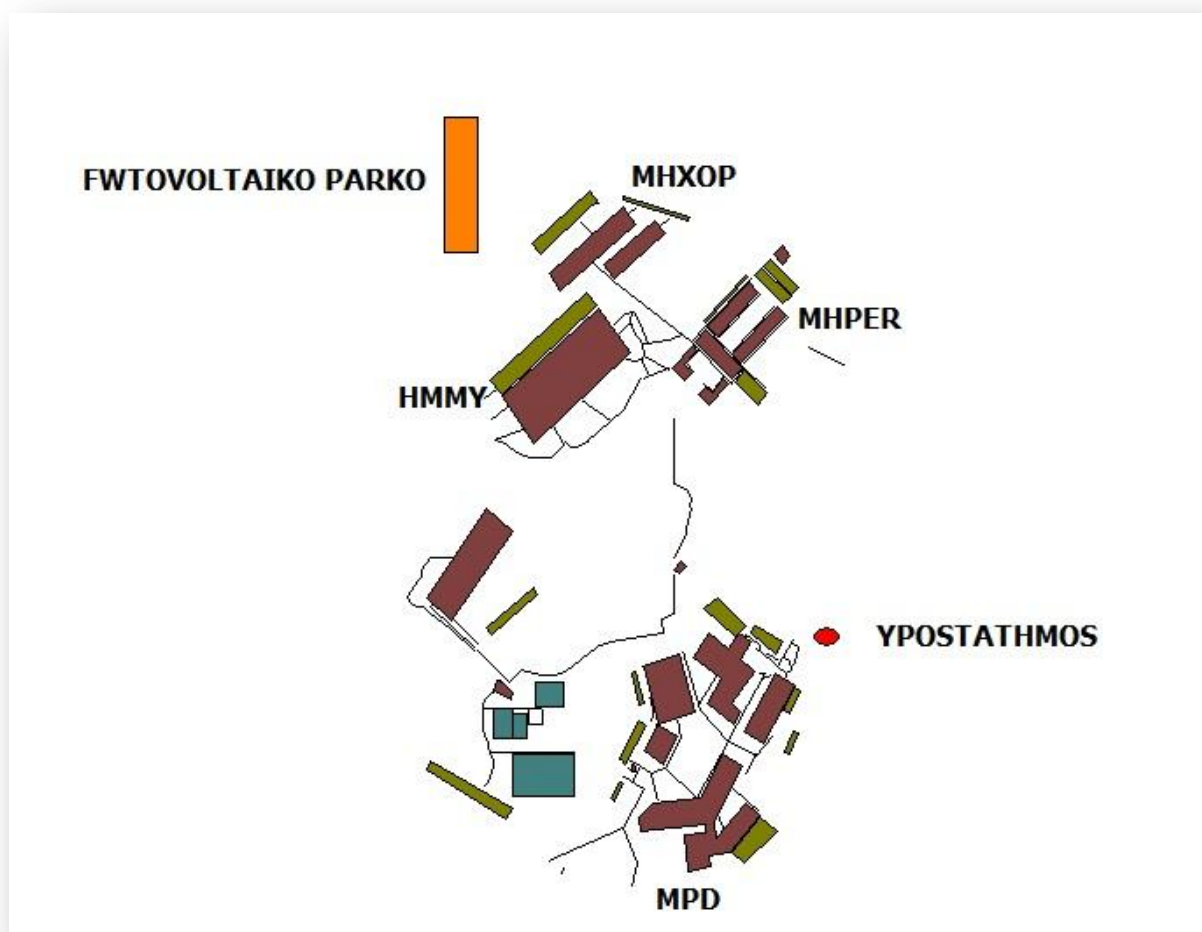
Χάρτης 7.2 : Απεικόνιση Κρήτης στο PowerWorld

7.3 Δημιουργία Δικτύου Διανομής

Σε αυτή την ενότητα θέλαμε να μελετήσουμε τη ροή φορτίου στο χώρο του Πολυτεχνείου Κρήτης για διάφορες ημέρες του χρόνου. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήσαμε τα προγράμματα PowerWorld Simulator 15 και ArcGIS 10. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήσαμε για τη προσομοίωση του συστήματος (κατανάλωση ηλεκτρισμού για θερμότητα/ ψύξη, κατανάλωση ηλεκτρισμού, κατηγοριοποίηση κτιρίων κλπ.) προέρχονται από τη διπλωματική εργασία του Απόστολου Παφίλη [10].

7.3.1 Μεταφορά των Δεδομένων από το ArcGIS στο PowerWorld

Με τον τρόπο που εξηγήσαμε στην ενότητα 7.2.1, εισάγαμε τα χωρικά δεδομένα του ΠΚ (κτίρια, parking, δρόμοι, Φωτοβολταϊκό Πάρκο (ενότητα 6.4), γήπεδα, υποσταθμός) από το ArcGis στο PowerWorld. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο *χάρτη* 7.3 που ακολουθεί.



Χάρτης 7.3 : Χάρτης ΠΚ στο PowerWorld

7.3.2 Εισαγωγή στοιχείων του Δικτύου

Πρώτα απ'όλα, διαχωρίσαμε τα κτίρια του ΠΚ σε 4 κατηγορίες. Στα κτίρια Επιστημών – Ηλεκτρονικών Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών (ΗΜΜΥ) , στα κτίρια Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης (ΜΠΔ), στα κτίρια Μηχανικών Ορυκτών Πόρων (ΜΗΧΟΠ) και στα κτίρια Μηχανικών Περιβάλλοντος (ΜΗΠΕΡ).

Επιστημών – Ηλεκτρονικών Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών	ΗΜΜΥ
Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης	ΜΠΔ
Μηχανικών Ορυκτών Πόρων	ΜΗΧΟΠ
Μηχανικών Περιβάλλοντος	ΜΗΠΕΡ

Πίνακας 7.1 : Ομάδες Κτιρίων του ΠΚ

ΖΥΓΟΙ:

Στη συνέχεια, με τη βοήθεια του ArcGIS και λαμβάνοντας υπόψιν τη τοποθεσία των κτιρίων στο χώρο του ΠΚ, αποφασίσαμε να δημιουργήσουμε 2 ζυγούς. Στον ένα ζυγό τοποθετήσαμε τα κτίρια ΜΠΔ και στον άλλο ζυγό τοποθετήσαμε τα κτίρια ΗΜΜΥ, ΜΗΧΟΠ και ΜΗΠΕΡ.

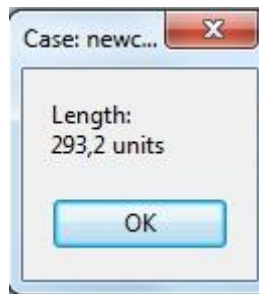
Επιπλέον, δημιουργήσαμε ένα ζυγό αναφοράς (Slack) για τον Υποσταθμό και ένα ζυγό για το Φωτοβολταϊκό Πάρκο.

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ:

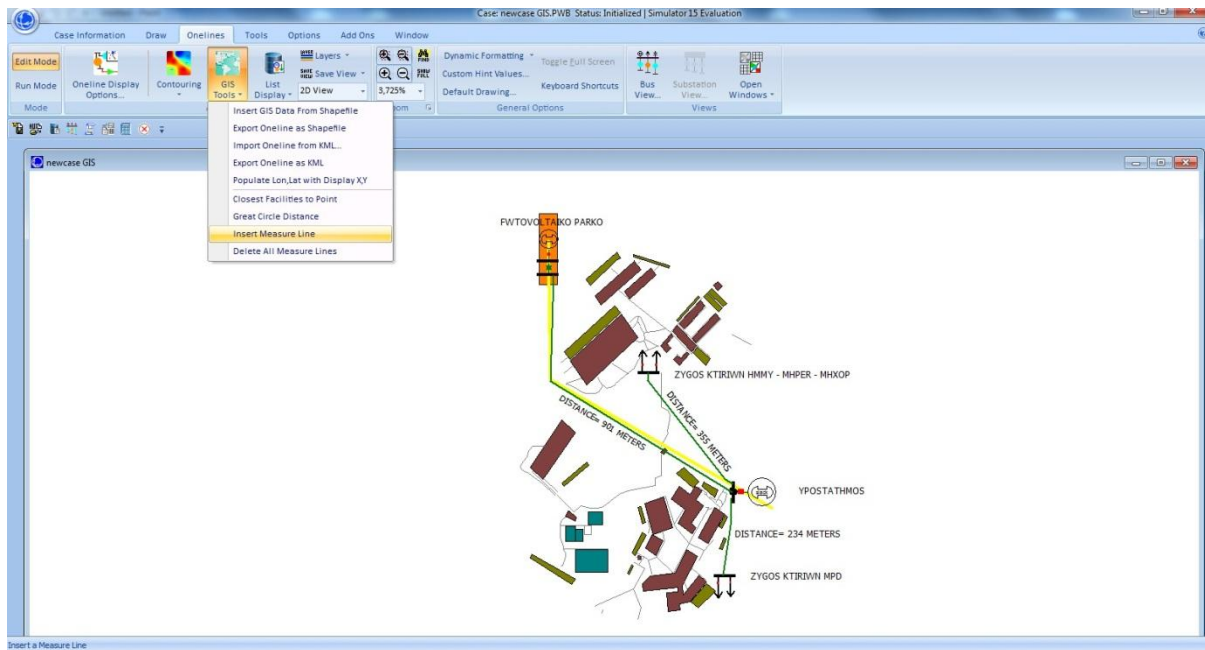
Χρησιμοποιήσαμε ένα μετασχηματιστή 630kVA , 0.4/20kV, ο οποίος συνδέει τη γεννήτρια του φωτοβολταϊκού πάρκου με το καλώδιο της γραμμής. Ο μετασχηματιστής έχει ωμική αντίσταση ίση με 0,01p.u.

ΚΑΛΩΔΙΑ ΓΡΑΜΜΗΣ:

Για τον υπολογισμό της απόστασης των γραμμών διανομής, αφού μεταφέραμε τα δεδομένα του ArcGIS στο PowerWorld, χρησιμοποιήσαμε την εντολή *Insert Measure Line* του PowerWorld. Με την εντολή αυτή, αφού κάνουμε αριστερό κλικ σε ένα σημείο και μετά διπλό αριστερό κλικ σε ένα άλλο σημείο, μετράμε την απόστασή των δύο σημείων. Το αποτέλεσμα της μέτρησης εμφανίζεται στον χρήστη μέσω ενός παραθύρου (εικόνα 7.8). Για να ενεργοποιήσουμε την εντολή αυτή, πρέπει να πάμε στην καρτέλα *Onelines* και μετά αφού πατήσουμε την επιλογή *GIS Tools*, να πατήσουμε στην εντολή *Insert Measure Line* (εικόνα 7.9). Συνεπώς, μέσω του ArcGIS μπορούμε να εκτιμήσουμε ακόμα και με το PowerWorld τις αποστάσεις.



Εικόνα 7.8 : Αποτέλεσμα Measure Line



Εικόνα 7.9 : Επιλογή εντολής Measure Line

Τις τιμές των αποστάσεων των γραμμών διανομής τις επιβεβαιώσαμε με την εντολή Measure του προγράμματος ArcGIS 10. Αυτό το τρόπο υπολογισμού αποστάσεων τον είχαμε εξετάσει στην ενότητα 6.5 .

Για τη σύνδεση του Υποσταθμού με τους δύο Ζυγούς χρησιμοποιήσαμε καλώδια χαλκού διατομής 16mm^2 . Η ωμική αντίσταση του καλωδίου είναι $1.26\Omega/\text{km}$, ενώ η επαγωγική αντίσταση είναι $j0.44\Omega/\text{km}$. Το μέγιστο ρεύμα που αντέχει η γραμμή είναι 50 A, ενώ η μέγιστη φόρτιση της γραμμής είναι 1,732 MVA. Το μήκος του καλωδίου που συνδέει τον Υ/Σ με το Ζυγό ΜΠΔ είναι 234 μέτρα, ενώ το μήκος του καλωδίου που συνδέει τον Υ/Σ με το Ζυγό HMMY-MHXOP-MHΠEP είναι 355 μέτρα.

Για τη σύνδεση του Υποσταθμού με το Ζυγό του Φωτοβολταϊκού πάρκου εξετάσαμε δύο τύπους καλωδίων. Ο πρώτος ήταν καλώδιο χαλκού διατομής 6mm^2 και ο δεύτερος ήταν καλώδιο χαλκού διατομής 16mm^2 . Περισσότερο ασχοληθήκαμε με το καλώδιο χαλκού διατομής 6mm^2 , καθώς ήταν το μικρότερο διατομής καλώδιο που μπορούσε να αντέξει. Τα οικονομικά κριτήρια επιλογής του συγκεκριμένου τύπου καλωδίου παρουσιάζονται αναλυτικά στην ενότητα 7.4.9. Η ωμική αντίσταση του καλωδίου χαλκού διατομής 6mm^2 είναι $3.69\Omega/\text{km}$, ενώ η επαγωγική αντίσταση είναι $j0.94\Omega/\text{km}$. Το μέγιστο ρεύμα που αντέχει η γραμμή είναι 25 A, ενώ η μέγιστη φόρτιση της γραμμής είναι 0,866 MVA.

Φορτία:

Στο δίκτυο αποφασίσαμε να τοποθετήσουμε 4 φορτία, 2 για κάθε ζυγό (Ζυγό ΜΠΔ και Ζυγό ΗΜΜΥ-ΜΗΧΟΠ-ΜΗΠΕΡ). Σε κάθε ζυγό, το ένα φορτίο αντιπροσωπεύει την ηλεκτρική ζήτηση για φωτισμό, για τις ηλεκτρικές συσκευές κλπ. , ενώ το άλλο φορτίο αντιπροσωπεύει την ηλεκτρική ζήτηση για θέρμανση/ψύξη.

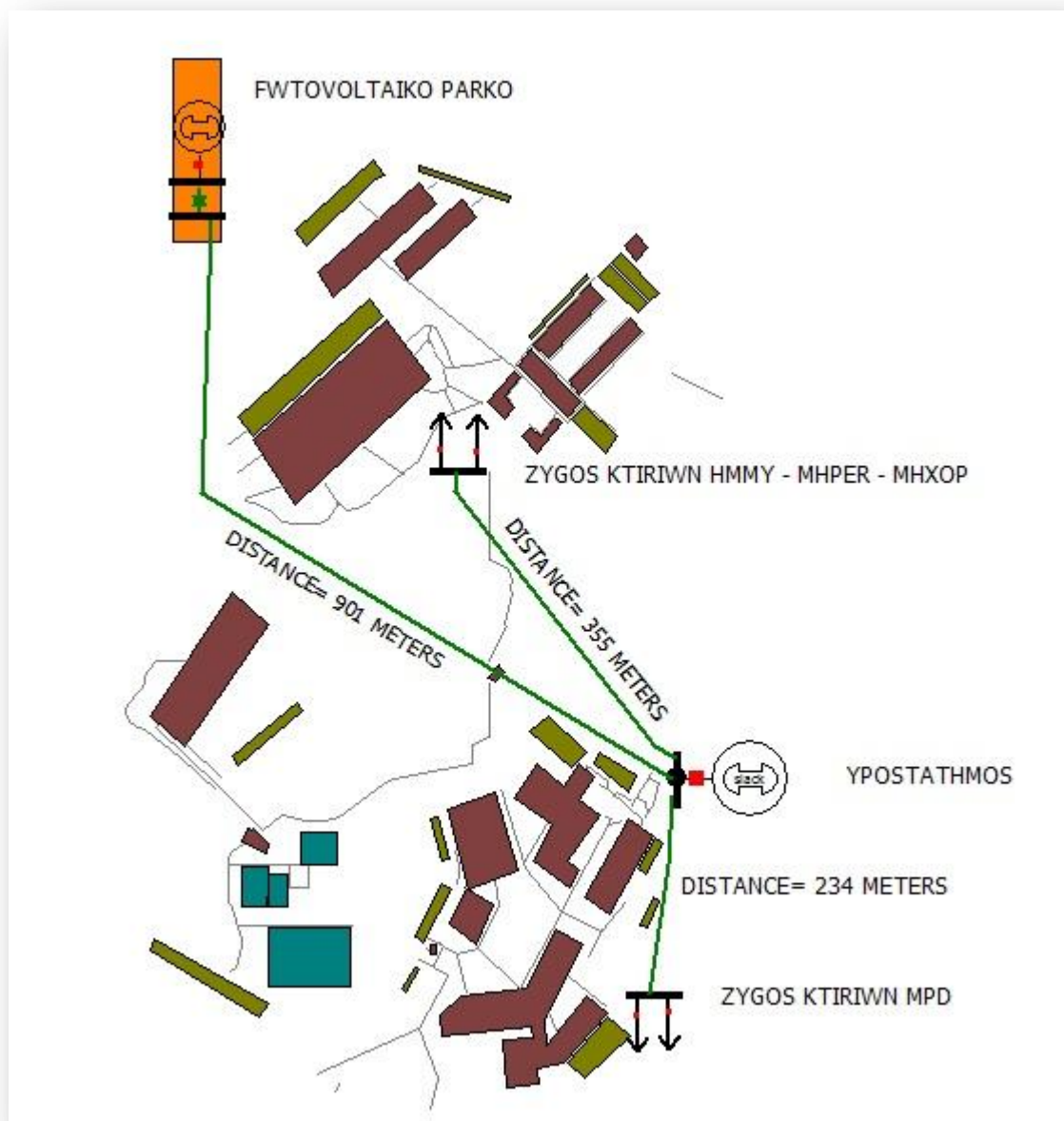
Από τη διπλωματική εργασία του Απόστολου Παφίλη [10], πήραμε την εκτίμηση για τη συνολική ζήτηση του Π.Κ. ανά ώρα ,καθώς και την εκτίμηση για το θερμικό/ψυκτικό φορτίο ανά κτίριο του Π.Κ. ανά ώρα. Επειδή, δε γνωρίζαμε την ανά ώρα κατανομή του φορτίου ζήτησης για ηλεκτρισμό ανά κτίριο και συνεπώς ανά ζυγό, υπολογίσαμε προσεγγιστικά τα φορτία βάσει της κατανομής του φορτίου ζήτησης για θέρμανση/ψύξη ανά κτίριο. Δηλαδή, το φορτίο του ηλεκτρισμού για μια συγκεκριμένη ώρα για ένα συγκεκριμένο κτίριο(E_i ,όπου i = ώρα) ισούται με το γινόμενο του πηλίκου του φορτίου για θέρμανση/ψύξη (Th_i) με το συνολικό φορτίο για θέρμανση/ψύξη του Π.Κ. ($SumTh$), επί το συνολικό φορτίο για ηλεκτρισμό του Π.Κ. ($SumE$).

$$(Σχέση 7.1) \quad E_i = \left(\frac{Th_i}{SumTh} \right) * SumE$$

Η τιμή του $SumTh$ ισούται με το συνολικό άθροισμα των φορτίων για θέρμανση/ψύξη όλων των κτιρίων, ενώ η τιμή $SumE$ ισούται με τη διαφορά του συνολικού φορτίου με το συνολικό άθροισμα των φορτίων για θέρμανση/ψύξη όλων των κτιρίων.

Επειδή, σε μερικές ώρες της ημέρας δεν είχαμε φορτίο για θέρμανση ψύξη, για τον υπολογισμό των φορτίων για ηλεκτρισμό ανά ώρα για τον ζυγό των ΜΠΔ χρησιμοποιήσαμε τον τύπο $E_i = SumE/4$, ενώ για τον υπολογισμό των φορτίων για ηλεκτρισμό ανά ώρα για τον ζυγό των ΗΜΜΥ-ΜΗΠΕΡ-ΜΗΧΟΠ χρησιμοποιήσαμε τον τύπο $E_i = 3 * SumE/4$.

Μετά τη τοποθέτηση και των στοιχείων το σύστημά μας είχε τη μορφή που φαίνεται στο *χάρτη 7.4*.



Χάρτης 7.4 : Χάρτης ΠΚ στο PowerWorld

7.4 Περιπτώσεις Προσομοιώσεων - Αποτελέσματα

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων του δικτύου για κάποιες συγκεκριμένες ημέρες του χρόνου.

7.4.1 Ημέρα Τυπικής Κατανάλωσης Μαρτίου με Τυπική Παραγωγή από τα Φ/Β

Δεδομένα Εισόδου:

Οι πίνακες 7.2 και 7.3 αποτελούν τα δεδομένα εισόδου του δικτύου

ΩΡΕΣ	Κατανάλωση Θέρμανσης ΗΜΜΥ-ΜΗΠΕΡ- ΜΗΧΟΠ (kW)	Κατανάλωση θέρμανσης ΜΠΑ (kW)	Κατανάλωση Ηλεκτρισμού ΗΜΜΥ-ΜΗΠΕΡ- ΜΗΧΟΠ (kW)	Κατανάλωση Ηλεκτρισμού ΜΠΑ (kW)
00:00	0	0	274,007	91,336
01:00	0	0	288,23	96,077
02:00	0	0	287,556	95,852
03:00	0	0	288,955	96,318
04:00	0	0	287,737	95,912
05:00	0	0	285,691	95,230
06:00	0	0	307,894	102,631
07:00	0	0	379,219	126,407
08:00	225,373	161,066	118,869	84,952
09:00	209,435	149,676	167,626	119,797
10:00	199,627	142,667	199,171	142,341
11:00	191,863	137,118	206,009	147,23
12:00	177,969	127,188	219,44	156,827
13:00	187,57	134,052	198,685	141,987
14:00	0	0	313,242	104,414
15:00	0	0	299,407	99,802
16:00	195,745	139,893	149,645	106,947
17:00	206,166	147,34	121,214	86,627
18:00	220,06	157,27	96,219	68,764
19:00	229,459	163,987	73,664	52,645
20:00	0	0	360,1	120,033
21:00	0	0	332,533	110,844
22:00	0	0	317,791	105,930
23:00	0	0	284,008	94,669

Πίνακας 7.2 : Κατανάλωση των Κτιρίων ανά ώρα

ΩΡΕΣ	Παραγωγή (kW)		
00:00	0	12:00	204,918
01:00	0	13:00	186,293
02:00	0	14:00	165,785
03:00	0	15:00	134,467
04:00	0	16:00	80,391
05:00	0	17:00	34,956
06:00	4,735	18:00	5,208
07:00	32,108	19:00	1,333
08:00	78,555	20:00	0
09:00	134,086	21:00	0
10:00	159,202	22:00	0
11:00	179,518	23:00	0

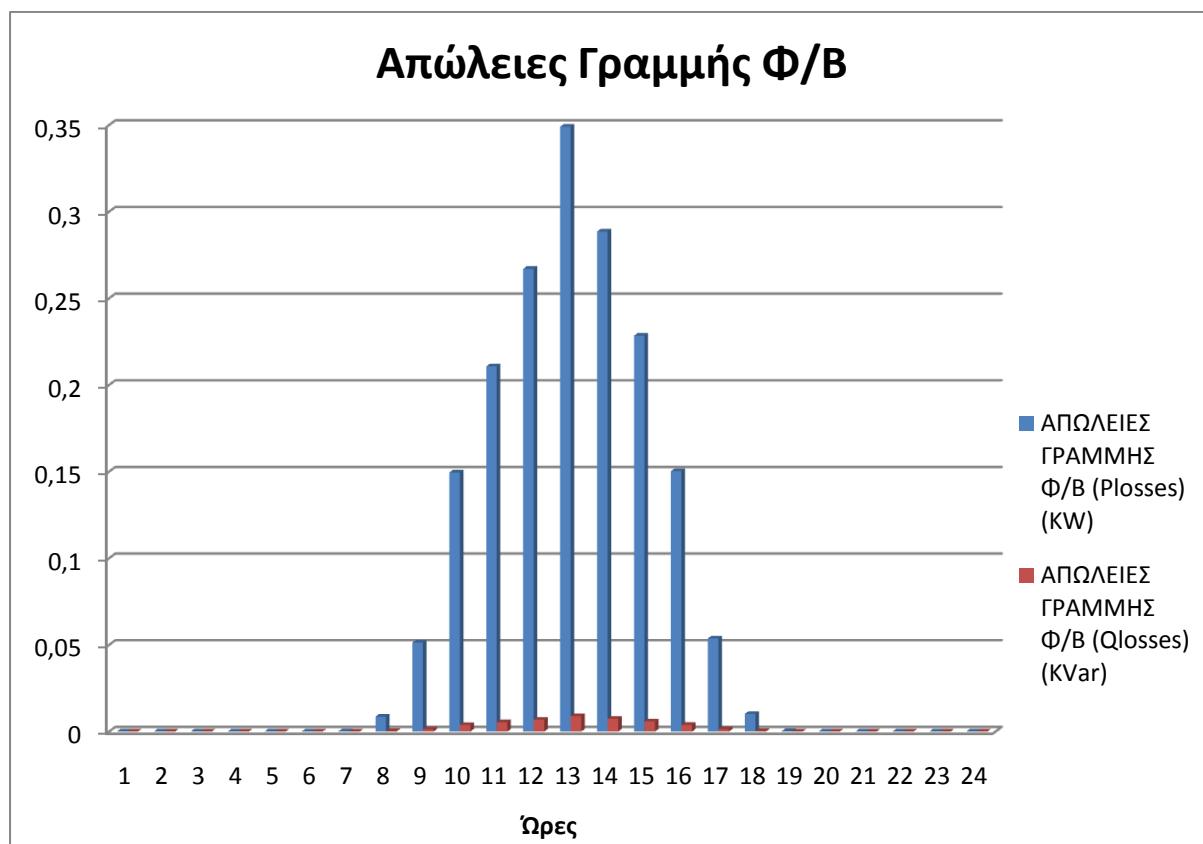
Πίνακας 7.3 : Παραγωγή από το Φωτοβολταϊκό Πάρκο ανά ώρα

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

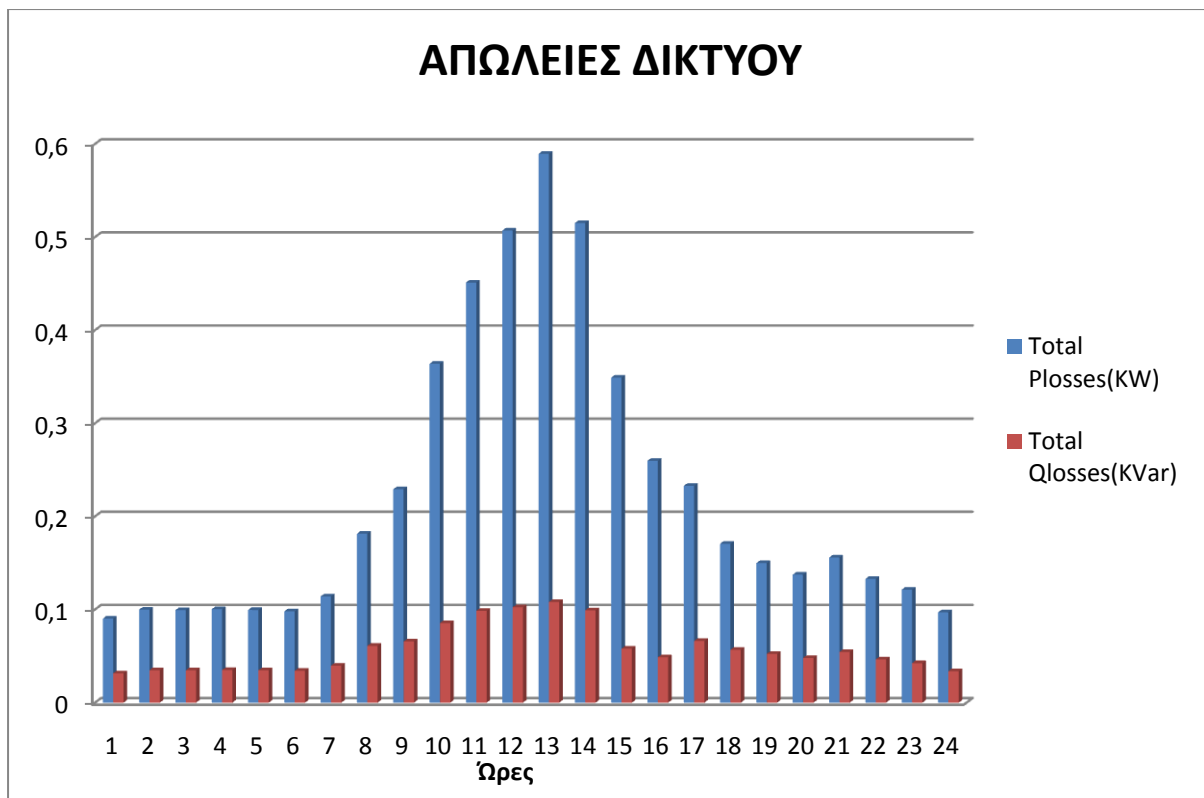
Στον πίνακα 7.4 που ακολουθεί, παρουσιάζουμε τις απώλειες της γραμμής διανομής που συνδέει το Φωτοβολταϊκό Πάρκο με τον Υποσταθμό, καθώς και τις συνολικές απώλειες των γραμμών διανομής ανά ώρα.

ΩΡΕΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΓΡΑΜΜΗΣ Φ/Β (Plosses) (kW)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΓΡΑΜΜΗΣ Φ/Β (Qlosses) (kVar)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ (Plosses) (kW)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ (Qlosses) (kVar)
00:00	0	0	0,0901757	0,0314848
01:00	0	0	0,0997814	0,0348390
02:00	0	0	0,0993158	0,0346764
03:00	0	0	0,1002845	0,0350147
04:00	0	0	0,0994409	0,0347201
05:00	0	0	0,0980307	0,0342278
06:00	0	0	0,1140386	0,0397692
07:00	0	0	0,18141	0,0609476
08:00	0,0513197	0,0013071	0,2291722	0,0656664
09:00	0,1495056	0,0038079	0,3639220	0,0854478
10:00	0,2107478	0,0053678	0,4511092	0,0985575
11:00	0,2670324	0,0068014	0,5069385	0,1023043
12:00	0,3490555	0,0088905	0,5893541	0,1081333
13:00	0,2885146	0,0073485	0,5150388	0,0991221
14:00	0,228434	0,0058182	0,3489408	0,0579319
15:00	0,1503122	0,0038285	0,2597305	0,0486387
16:00	0,0537469	0,0013689	0,2328128	0,0662585
17:00	0,0101621	0,0002588	0,1705851	0,0567240
18:00	0,0002256	0,0000058	0,1498407	0,0522605
19:00	0,0000148	0,0000004	0,1374174	0,0479813
20:00	0	0	0,1557578	0,0543866
21:00	0	0	0,1328174	0,0463759
22:00	0	0	0,1213	0,042354
23:00	0	0	0,0968779	0,0338255

Πίνακας 7.4 : Απώλειες Ημέρα Τυπικής Κατανάλωσης Μαρτίου με Τυπική Παραγωγή από τα Φ/Β



Εικόνα 7.10 : Απώλειες Γραμμής που συνδέει τον Υ/Σ με το Φ/Β πάρκο



Εικόνα 7.11 : Συνολικές Απώλειες Γραμμών

Το συνολικό άθροισμα των πραγματικών απωλειών των γραμμών για ολόκληρη την ημέρα είναι 5,3441 kWh ,ενώ το συνολικό άθροισμα των απωλειών αέργου ισχύος των γραμμών είναι 1,3716 kVarh.

Το συνολικό άθροισμα των πραγματικών απωλειών της γραμμής διανομής Φ/Β – Υ/Σ για ολόκληρη την ημέρα είναι 1.768 kWh ,ενώ το συνολικό άθροισμα των απωλειών αέργου ισχύος των γραμμών είναι 0,045 kVarh.

Η ελάχιστη τάση στο δίκτυο είναι 0,99955 p.u. και η μέγιστη τάση στα Φ/Β είναι 1,0068 p.u.

7.4.2 Ημέρα Μέγιστης Κατανάλωσης Χειμώνα με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β

Δεδομένα Εισόδου:

Οι πίνακες 7.5 και 7.6 αποτελούν τα δεδομένα εισόδου του δικτύου

ΩΡΕΣ	Κατανάλωση Θέρμανσης ΗΜΜΥ-ΜΗΠΕΡ- ΜΗΧΟΠ (kW)	Κατανάλωση θέρμανσης ΜΠΔ (kW)	Κατανάλωση Ηλεκτρισμού ΗΜΜΥ-ΜΗΠΕΡ- ΜΗΧΟΠ (kW)	Κατανάλωση Ηλεκτρισμού ΜΠΔ (kW)
00:00	0	0	327,324	109,108
01:00	0	0	325,223	108,408
02:00	0	0	325,505	108,502
03:00	0	0	323,216	107,739
04:00	0	0	324,69	108,23
05:00	0	0	326,038	108,679
06:00	0	0	355,647	118,549
07:00	0	0	440,96	146,986
08:00	421,411	589,66	237,79	169,94
09:00	455,402	637,223	226,118	161,599
10:00	386,19	540,379	234,786	167,794
11:00	343,19	480,209	261,481	186,871
12:00	382,095	534,648	285,381	203,953
13:00	376,771	527,199	287,732	205,632
14:00	340,3223	476,198	268,044	191,562
15:00	322,712	451,557	231,214	165,241
16:00	310,017	433,793	225,53	161,179
17:00	276,845	387,376	201,952	144,328
18:00	262,102	366,747	166,604	119,066
19:00	218,282	305,431	189,567	135,477
20:00	0	0	388,831	129,61
21:00	0	0	322,745	107,581
22:00	0	0	332,656	110,885
23:00	0	0	329,332	109,777

Πίνακας 7.5 : Κατανάλωση των Κτιρίων ανά ώρα

ΩΡΕΣ	Παραγωγή (kW)		
00:00	0	12:00	411,967
01:00	0	13:00	420,638
02:00	0	14:00	403,697
03:00	0	15:00	361,23
04:00	0	16:00	297,078
05:00	0	17:00	216,192
06:00	3,889	18:00	126,846
07:00	70,984	19:00	40,442
08:00	164,31	20:00	0
09:00	253,256	21:00	0
10:00	326,983	22:00	0
11:00	380,615	23:00	0

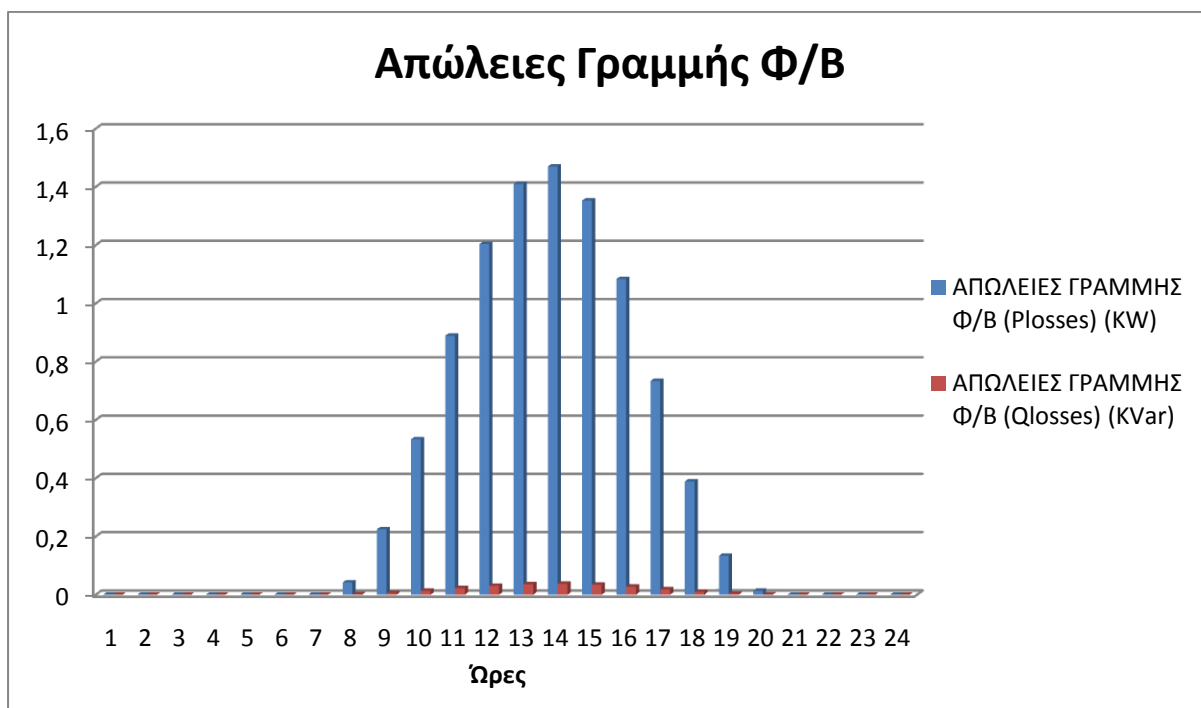
Πίνακας 7.6 : Παραγωγή από το Φωτοβολταϊκό Πάρκο ανά ώρα

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

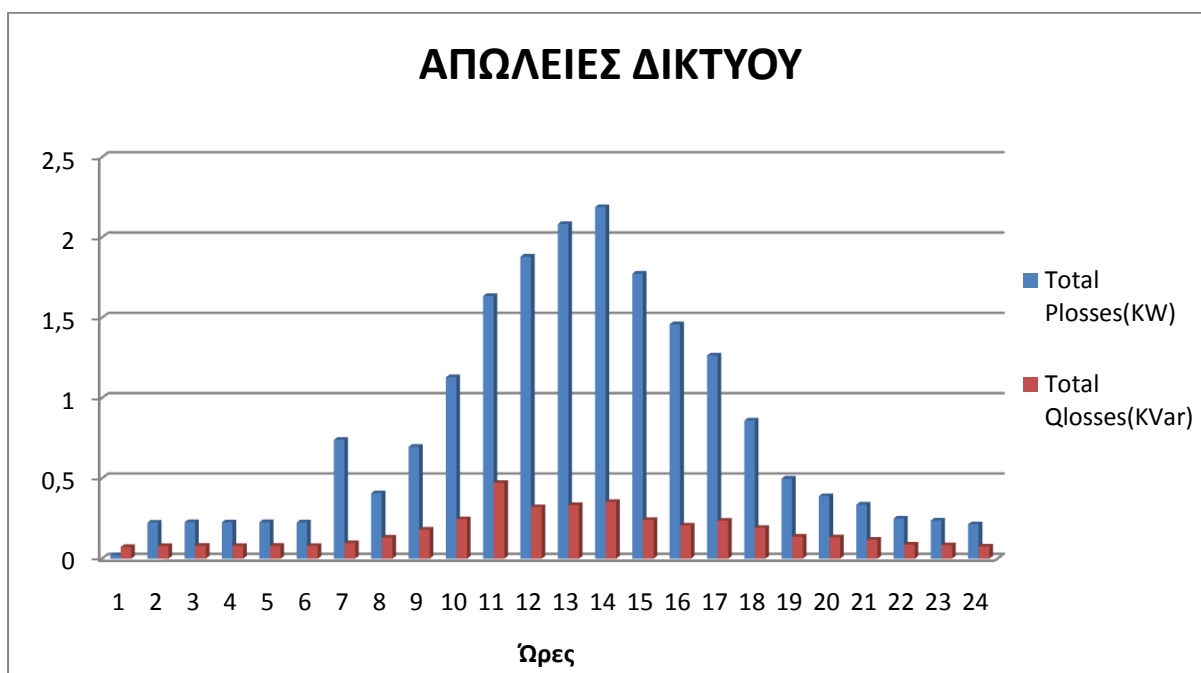
Στον πίνακα 7.7 που ακολουθεί, παρουσιάζουμε τις απώλειες της γραμμής διανομής που συνδέει το Φωτοβολταϊκό Πάρκο με τον Υποσταθμό, καθώς και τις συνολικές απώλειες των γραμμών διανομής ανά ώρα.

ΩΡΕΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΓΡΑΜΜΗΣ Φ/Β (Plosses) (kW)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΓΡΑΜΜΗΣ Φ/Β (Qlosses) (kVar)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ (Plosses) (kW)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ (Qlosses) (kVar)
00:00	0	0	0,020574	0,07189
01:00	0	0	0,223814	0,078154
02:00	0	0	0,226576	0,079119
03:00	0	0	0,225884	0,078878
04:00	0	0	0,226576	0,079119
05:00	0	0	0,225193	0,078635
06:00	0,000126	0,000003	0,73958	0,09563
07:00	0,041927	0,001068	0,4073	0,13049
08:00	0,224583	0,00572	0,695405	0,179993
09:00	0,53343	0,013587	1,128604	0,244848
10:00	0,889049	0,022644	1,634107	0,470926
11:00	1,203923	0,030664	1,880298	0,319731
12:00	1,409997	0,03591	2,082873	0,33281
13:00	1,4700234	0,037442	2,188038	0,352737
14:00	1,352895	0,03446	1,77361	0,240793
15:00	1,083598	0,027599	1,45894	0,206261
16:00	0,733707	0,01869	1,264697	0,236334
17:00	0,388716	0,0099	0,859309	0,191303
18:00	0,133837	0,003409	0,497706	0,136349
19:00	0,013607	0,000347	0,389079	0,132057
20:00	0	0	0,33560196	0,117189
21:00	0	0	0,24928055	0,087047
22:00	0	0	0,23779232	0,083035
23:00	0	0	0,21387159	0,074682

Πίνακας 7.7 : Απώλειες Ημέρα Μέγιστης Κατανάλωσης Χειμώνα με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β



Εικόνα 7.12 : Απώλειες Γραμμής που συνδέει τον Υ/Σ με το Φ/Β πάρκο



Εικόνα 7.13 : Συνολικές Απώλειες Γραμμών

Το συνολικό άθροισμα των πραγματικών απωλειών των γραμμών για ολόκληρη την ημέρα είναι 19,1847 kWh ,ενώ το συνολικό άθροισμα των απωλειών αέργου ισχύος των γραμμών είναι 4,098 kVarh.

Το συνολικό άθροισμα των πραγματικών απωλειών της γραμμής διανομής Φ/Β – Υ/Σ για ολόκληρη την ημέρα είναι 9.479 kWh ,ενώ το συνολικό άθροισμα των απωλειών αέργου ισχύος των γραμμών είναι 0.241 kVarh.

Η ελάχιστη τάση στο δίκτυο είναι 0,99922 p.u και η μέγιστη τάση στα Φ/Β είναι 1,00353 p.u.

7.4.3 Ημέρα Αιχμής Καλοκαιριού με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β

Δεδομένα Εισόδου:

Οι πίνακες 7.8 και 7.9 αποτελούν τα δεδομένα εισόδου του δικτύου

ΩΡΕΣ	Κατανάλωση Κλιματισμού ΗΜΜΥ-ΜΗΠΕΡ- ΜΗΧΟΠ (kW)	Κατανάλωση Κλιματισμού ΜΠΔ (kW)	Κατανάλωση Ηλεκτρισμού ΗΜΜΥ-ΜΗΠΕΡ- ΜΗΧΟΠ (kW)	Κατανάλωση Ηλεκτρισμού ΜΠΔ (kW)
00:00	0	0	312,892	104,297
01:00	0	0	308,548	102,849
02:00	0	0	308,03	102,677
03:00	0	0	307,29	102,43
04:00	0	0	310,572	103,524
05:00	0	0	313,607	104,536
06:00	0	0	322,936	107,645
07:00	0	0	365,406	121,802
08:00	300,038	419,83	157,611	112,639
09:00	322,475	251,224	153,816	109,927
10:00	308,785	432,068	178,061	127,255
11:00	309,545	433,133	196,264	140,263
12:00	295,475	413,445	212,597	151,936
13:00	296,616	415,041	215,806	154,229
14:00	279,884	391,629	222,441	158,971
15:00	332,742	465,591	195,968	140,052
16:00	372,291	520,93	160,359	114,603
17:00	331,221	463,463	133,732	95,574
18:00	340,728	476,765	95,308	68,114
19:00	312,968	437,922	101,038	72,209
20:00	0	0	415,133	138,378
21:00	0	0	374,044	124,681
22:00	0	0	349,983	116,661
23:00	0	0	325,5512	108,517

Πίνακας 7.8 : Κατανάλωση των Κτιρίων ανά ώρα

ΩΡΕΣ	Παραγωγή (kW)		
00:00	0	12:00	411,967
01:00	0	13:00	420,638
02:00	0	14:00	403,697
03:00	0	15:00	361,23
04:00	0	16:00	297,078
05:00	0	17:00	216,192
06:00	3,889	18:00	126,846
07:00	70,984	19:00	40,442
08:00	164,31	20:00	0
09:00	253,256	21:00	0
10:00	326,983	22:00	0
11:00	380,615	23:00	0

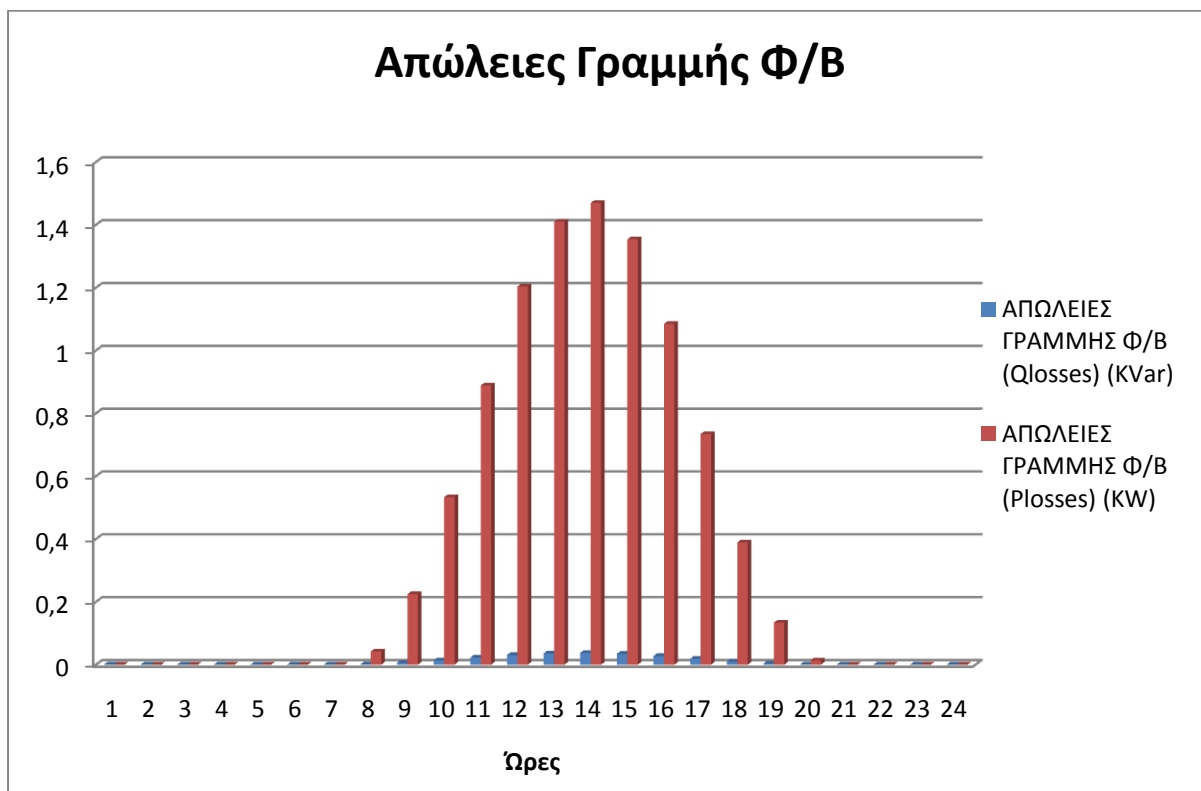
Πίνακας 7.9 : Παραγωγή από το Φωτοβολταϊκό Πάρκο ανά ώρα

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Στον πίνακα 7.10 που ακολουθεί, παρουσιάζουμε τις απώλειες της γραμμής διανομής που συνδέει το Φωτοβολταϊκό Πάρκο με τον Υποσταθμό, καθώς και τις συνολικές απώλειες των γραμμών διανομής ανά ώρα.

ΩΡΕΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΓΡΑΜΜΗΣ Φ/Β (Plosses) (kW)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΓΡΑΜΜΗΣ Φ/Β (Qlosses) (kVar)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ (Plosses) (kW)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ (Qlosses) (kVar)
00:00	0	0	0,117577	0,041057
01:00	0	0	0,114334	0,039925
02:00	0	0	0,113951	0,039791
03:00	0	0	0,113402	0,039599
04:00	0	0	0,115839	0,04045
05:00	0	0	0,118116	0,041245
06:00	0,000126	0,000003	0,202298	0,043745
07:00	0,041909	0,001067	0,202777	0,059082
08:00	0,22459	0,005720	0,721845	0,189015
09:00	0,533090	0,013578	0,860782	0,151422
10:00	0,888720	0,022636	1,455886	0,259723
11:00	1,203704	0,030658	1,81013	0,295291
12:00	1,409705	0,035905	2,012121	0,308185
13:00	1,469574	0,037430	2,081697	0,352236
14:00	1,353695	0,034479	1,93327	0,296323
15:00	1,084575	0,027624	1,75183	0,308265
16:00	0,733956	0,018694	1,436973	0,296422
17:00	0,388761	0,009902	0,926918	0,214899
18:00	0,133861	0,003409	0,625128	0,180837
19:00	0,013608	0,000347	0,448397	0,152770
20:00	0	0	0,207014	0,072287
21:00	0	0	0,168048	0,058681
22:00	0	0	0,147116	0,051372
23:00	0	0	0,127287	0,044448

Πίνακας 7.10 : Απώλειες Ημέρα Αιχμής Καλοκαιριού με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β



Εικόνα 7.14 : Απώλειες Γραμμής που συνδέει τον Υ/Σ με το Φ/Β πάρκο



Εικόνα 7.15 : Συνολικές Απώλειες Γραμμών

Το συνολικό άθροισμα των πραγματικών απωλειών των γραμμών για ολόκληρη την ημέρα είναι 17,8127 kWh ,ενώ το συνολικό άθροισμα των απωλειών αέργου ισχύος των γραμμών είναι 3,5771 kVarh.

Το συνολικό άθροισμα των πραγματικών απωλειών της γραμμής διανομής Φ/Β – Υ/Σ για ολόκληρη την ημέρα είναι 9.479 kWh ,ενώ το συνολικό άθροισμα των απωλειών αέργου ισχύος των γραμμών είναι 0.241 kVarh.

Η ελάχιστη τάση στο δίκτυο είναι 0,99924 p.u. και η μέγιστη τάση στα Φ/Β είναι 1,00354 p.u.

7.4.4 Ημέρα Μέγιστης Κατανάλωσης με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β

Δεδομένα Εισόδου:

Οι πίνακες 7.11 και 7.12 αποτελούν τα δεδομένα εισόδου του δικτύου

ΩΡΕΣ	Κατανάλωση Κλιματισμού/ Θέρμανσης ΗΜΜΥ-ΜΗΠΕΡ-ΜΗΧΟΠ (kW)	Κατανάλωση Κλιματισμού/ Θέρμανσης ΜΠΔ (kW)	Κατανάλωση Ηλεκτρισμού ΗΜΜΥ-ΜΗΠΕΡ-ΜΗΧΟΠ (kW)	Κατανάλωση Ηλεκτρισμού ΜΠΔ (kW)
00:00	0	0	327,324	109,108
01:00	0	0	325,223	108,407
02:00	0	0	325,505	108,502
03:00	0	0	323,216	107,739
04:00	0	0	324,692	108,23
05:00	0	0	326,038	108,679
06:00	0	0	355,647	118,549
07:00	0	0	440,959	146,9867
08:00	589,66	421,41	237,789	169,94
09:00	637,223	455,402	226,118	161,599
10:00	540,3789	386,19	234,786	167,793
11:00	480,209	343,19	261,48	186,872
12:00	534,6482	382,095	285,381	203,952
13:00	527,199	376,771	287,732	205,632
14:00	476,198	340,323	268,044	191,562
15:00	451,557	322,713	231,214	165,241
16:00	433,793	310,017	225,53	161,179
17:00	387,376	276,845	201,9523	144,328
18:00	366,747	262,102	166,604	119,066
19:00	305,431	218,282	189,567	135,477
20:00	0	0	388,831	129,61
21:00	0	0	322,745	107,581
22:00	0	0	332,656	110,885
23:00	0	0	329,332	109,777

Πίνακας 7.11 : Κατανάλωση των Κτιρίων ανά ώρα

ΩΡΕΣ	Παραγωγή (kW)		
00:00	0	12:00	411,967
01:00	0	13:00	420,638
02:00	0	14:00	403,697
03:00	0	15:00	361,23
04:00	0	16:00	297,078
05:00	0	17:00	216,192
06:00	3,889	18:00	126,846
07:00	70,984	19:00	40,442
08:00	164,31	20:00	0
09:00	253,256	21:00	0
10:00	326,9830	22:00	0
11:00	380,6145	23:00	0

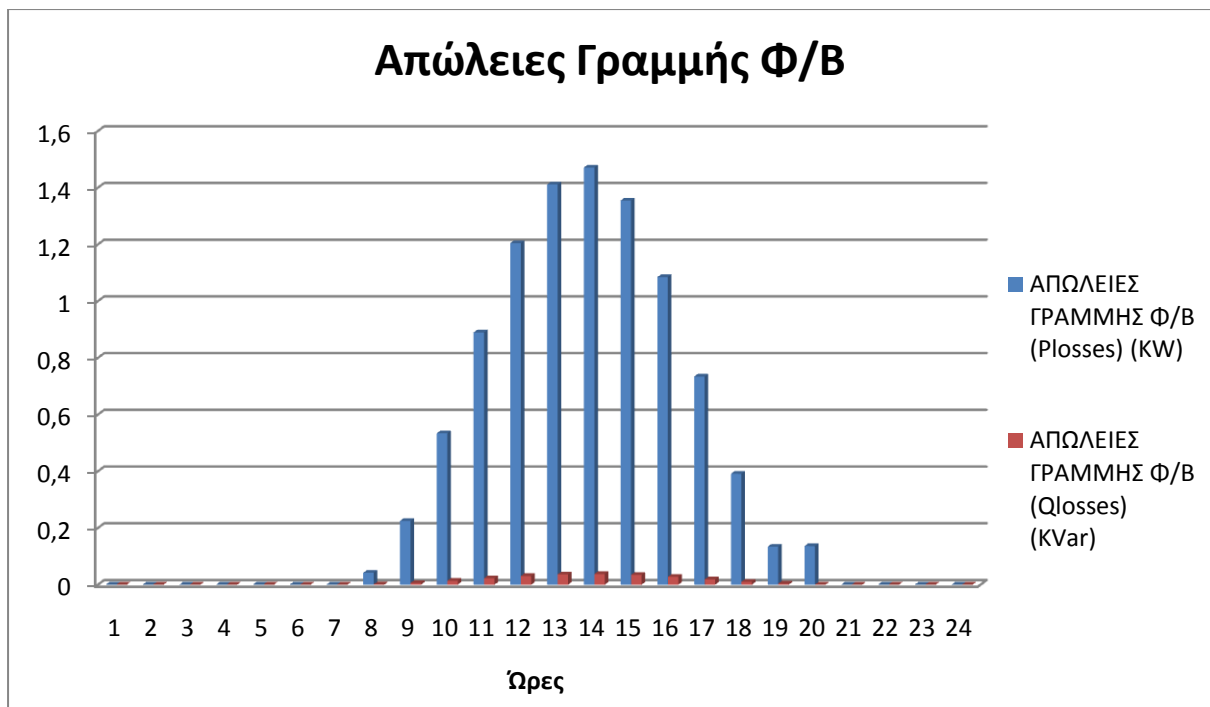
Πίνακας 7.12 : Παραγωγή από το Φωτοβολταϊκό Πάρκο ανά ώρα

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Στον πίνακα 7.13 που ακολουθεί, παρουσιάζουμε τις απώλειες της γραμμής διανομής που συνδέει το Φωτοβολταϊκό Πάρκο με τον Υποσταθμό, καθώς και τις συνολικές απώλειες των γραμμών διανομής ανά ώρα.

ΩΡΕΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΓΡΑΜΜΗΣ Φ/Β (Plosses) (kW)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΓΡΑΜΜΗΣ Φ/Β (Qlosses) (kVar)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ (Plosses) (kW)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ (Qlosses) (kVar)
00:00	0	0	0,128678	0,044933
01:00	0	0	0,12703	0,044358
02:00	0	0	0,127251	0,04444
03:00	0	0	0,125466	0,043812
04:00	0	0	0,127668	0,044213
05:00	0	0	0,127668	0,044581
06:00	0,000126	0,000003	0,152046	0,053058
07:00	0,041917	0,001068	0,275995	0,084647
08:00	0,224715	0,005724	1,252295	0,374419
09:00	0,533776	0,013595	1,655754	0,428829
10:00	0,889283	0,02265	1,798781	0,379303
11:00	1,20434	0,030675	2,041276	0,357827
12:00	1,411046	0,03594	2,433471	0,454943
13:00	1,470938	0,037465	2,481531	0,454968
14:00	1,354605	0,034502	2,198875	0,388816
15:00	1,084678	0,027627	1,794626	0,32318
16:00	0,733899	0,018693	1,392824	0,281021
17:00	0,390912	0,009957	0,91512	0,210178
18:00	0,13385	0,003409	0,561037	0,15846
19:00	0,1360663	0,000347	0,504288	0,12901
20:00	0	0	0,181603	0,063414
21:00	0	0	0,125101	0,043684
22:00	0	0	0,132906	0,04641
23:00	0	0	0,130261	0,045926

Πίνακας 7.13 : Απώλειες Ημέρα Μέγιστης Κατανάλωσης με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β



Εικόνα 7.16 : Απώλειες Γραμμής που συνδέει τον Υ/Σ με το Φ/Β πάρκο



Εικόνα 7.17 : Συνολικές Απώλειες Γραμμών

Το συνολικό άθροισμα των πραγματικών απωλειών των γραμμών για ολόκληρη την ημέρα είναι 20,7916kWh ,ενώ το συνολικό άθροισμα των απωλειών αέργου ισχύος των γραμμών είναι 4,5444 kVarh.

Το συνολικό άθροισμα των πραγματικών απωλειών της γραμμής διανομής Φ/Β – Υ/Σ για ολόκληρη την ημέρα είναι 9.61 kWh ,ενώ το συνολικό άθροισμα των απωλειών αέργου ισχύος των γραμμών είναι 0.242 kVarh.

Η ελάχιστη τάση στο δίκτυο είναι 0,99903 p.u. και η μέγιστη τάση στα Φ/Β είναι 1,00354 p.u.

7.4.5 Ημέρα Χαμηλής Κατανάλωσης Χειμώνα με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β

Δεδομένα Εισόδου:

Οι πίνακες 7.14 και 7.15 αποτελούν τα δεδομένα εισόδου του δικτύου

ΩΡΕΣ	Κατανάλωση Θέρμανσης HMMY-ΜΗΠΕΡ- ΜΗΧΟΠ (kW)	Κατανάλωση Θέρμανσης ΜΠΔ (kW)	Κατανάλωση Ηλεκτρισμού HMMY-ΜΗΠΕΡ- ΜΗΧΟΠ (kW)	Κατανάλωση Ηλεκτρισμού ΜΠΔ (kW)
00:00	0	0	312,89	104,297
01:00	0	0	308,548	102,849
02:00	0	0	308,03	102,677
03:00	0	0	307,291	102,43
04:00	0	0	310,572	103,524
05:00	0	0	313,607	104,536
06:00	0	0	322,936	107,645
07:00	0	0	305,406	101,802
08:00	0	0	234,446	78,149
09:00	0	0	246,942	82,314
10:00	0	0	261,672	87,224
11:00	18,25	29,577	138,118	48,318
12:00	25,901	44,412	140,103	52,928
13:00	34,1511	58,557	139,15	52,568
14:00	34,66	59,43	142,284	53,752
15:00	27,5612	47,259	130,926	49,461
16:00	28,392	48,683	113,868	43,017
17:00	31,874	54,654	89,948	33,98
18:00	40,445	69,35	77,7	29,372
19:00	27,615	47,351	167,059	63,111
20:00	0	0	340,133	113,378
21:00	0	0	344,044	114,681
22:00	0	0	349,983	116,661
23:00	0	0	325,552	108,517

Πίνακας 7.14 : Κατανάλωση των Κτιρίων ανά ώρα

ΩΡΕΣ	Παραγωγή (kW)		
00:00	0	12:00	411,967
01:00	0	13:00	420,638
02:00	0	14:00	403,697
03:00	0	15:00	361,23
04:00	0	16:00	297,078
05:00	0	17:00	216,192
06:00	3,889	18:00	126,846
07:00	70,984	19:00	40,442
08:00	164,31	20:00	0
09:00	253,256	21:00	0
10:00	326,983	22:00	0
11:00	380,615	23:00	0

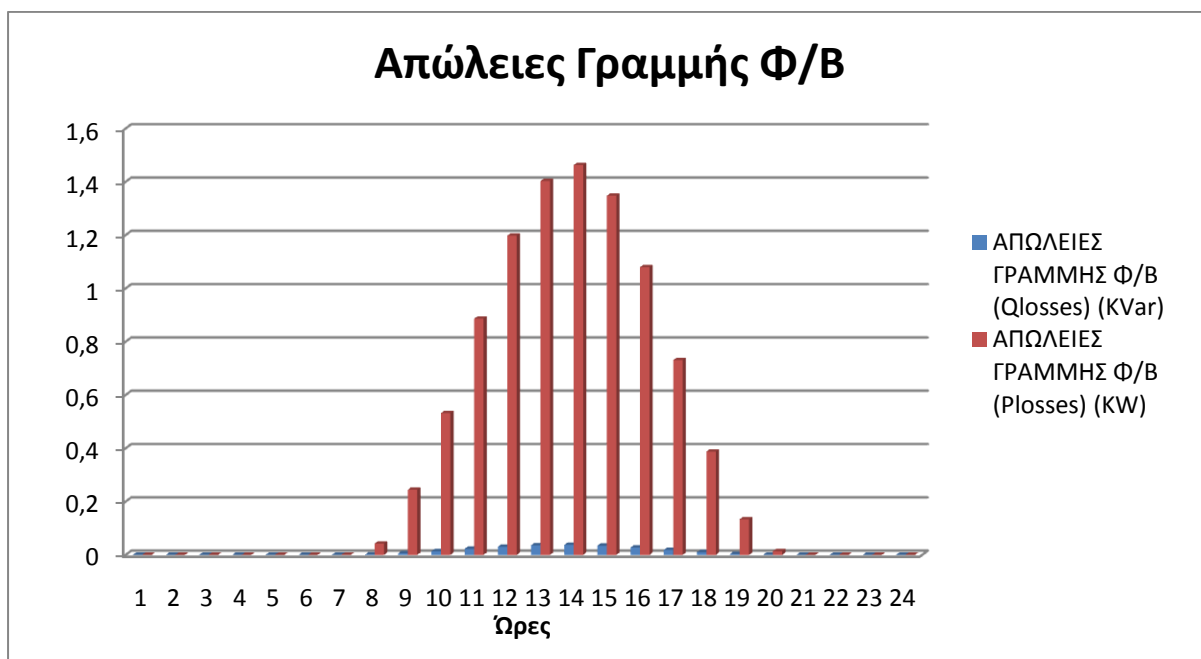
Πίνακας 7.15 : Παραγωγή από το Φωτοβολταϊκό Πάρκο ανά ώρα

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Στον πίνακα 7.15 που ακολουθεί, παρουσιάζουμε τις απώλειες της γραμμής διανομής που συνδέει το Φωτοβολταϊκό Πάρκο με τον Υποσταθμό, καθώς και τις συνολικές απώλειες των γραμμών διανομής ανά ώρα.

ΩΡΕΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΓΡΑΜΜΗΣ Φ/Β (Plosses) (kW)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΓΡΑΜΜΗΣ Φ/Β (Qlosses) (kVar)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ (Plosses) (kW)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ (Qlosses) (kVar)
00:00	0	0	0,117577	0,041057
01:00	0	0	0,114334	0,039925
02:00	0	0	0,11395	0,039791
03:00	0	0	0,113403	0,039599
04:00	0	0	0,115839	0,040450
05:00	0	0	0,118115	0,041245
06:00	0,000126	0,000003	0,125377	0,043745
07:00	0,041903	0,001067	0,154415	0,042196
08:00	0,244283	0,005713	0,331292	0,03953
09:00	0,532133	0,013554	0,611591	0,064673
10:00	0,886015	0,022567	0,97861	0,093817
11:00	1,197825	0,030509	1,243886	0,099206
12:00	1,402736	0,035728	1,457202	0,11636
13:00	1,462382	0,037247	1,522425	0,122447
14:00	1,347458	0,03432	1,407892	0,114608
15:00	1,079445	0,027494	1,127252	0,091601
16:00	0,730842	0,018615	0,768358	0,063816
17:00	0,38756	0,009871	0,414557	0,036321
18:00	0,133635	0,003404	0,158032	0,017793
19:00	0,013599	0,000346	0,065155	0,018947
20:00	0	0	0,138949	0,04852
21:00	0	0	0,142163	0,049642
22:00	0	0	0,147116	0,051372
23:00	0	0	0,127287	0,044448

Πίνακας 7.16 : Απώλειες Ημέρα Χαμηλής Κατανάλωσης Χειμώνα με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β



Εικόνα 7.18 : Απώλειες Γραμμής που συνδέει τον Υ/Σ με το Φ/Β πάρκο



Εικόνα 7.19 : Συνολικές Απώλειες Γραμμών

Το συνολικό άθροισμα των πραγματικών απωλειών των γραμμών για ολόκληρη την ημέρα είναι 11,6148 kWh ,ενώ το συνολικό άθροισμα των απωλειών αέργου ισχύος των γραμμών είναι 1,4011kVarh.

Το συνολικό άθροισμα των πραγματικών απωλειών της γραμμής διανομής Φ/Β – Υ/Σ για ολόκληρη την ημέρα είναι 9.6 kWh ,ενώ το συνολικό άθροισμα των απωλειών αέργου ισχύος των γραμμών είναι 0.24 kVarh.

Η ελάχιστη τάση στο δίκτυο είναι 0,99961 p.u. και η μέγιστη τάση στα Φ/Β είναι 1,00353 p.u.

7.4.6 Ημέρα Χαμηλής Κατανάλωσης Μάιου με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β

Δεδομένα Εισόδου:

Οι πίνακες 7.17 και 7.18 αποτελούν τα δεδομένα εισόδου του δικτύου

ΩΡΕΣ	Κατανάλωση Κλιματισμού/ Θέρμανσης ΗΜΜΥ-ΜΗΠΕΡ- ΜΗΧΟΠ (kW)	Κατανάλωση Κλιματισμού/ Θέρμανσης ΜΠΔ (kW)	Κατανάλωση Ηλεκτρισμού ΗΜΜΥ- ΜΗΠΕΡ- ΜΗΧΟΠ (kW)	Κατανάλωση Ηλεκτρισμού ΜΠΔ (kW)
00:00	0	0	237,352	79,118
01:00	0	0	236,058	78,686
02:00	0	0	236,52	78,84
03:00	0	0	236,266	78,755
04:00	0	0	236,613	78,8713
05:00	0	0	237,722	79,241
06:00	0	0	251,733	83,911
07:00	0	0	278,552	92,851
08:00	0	0	293,098	97,699
09:00	0	0	310,88	103,627
10:00	0	0	327,775	109,258
11:00	0	0	341,695	113,898
12:00	0	0	344,194	114,732
13:00	0	0	329,535	109,845
14:00	0	0	314,125	104,708
15:00	0	0	304,319	101,44
16:00	0	0	278,624	92,875
17:00	0	0	258,598	86,19
18:00	0	0	248,543	82,848
19:00	0	0	270,511	90,17
20:00	0	0	287,824	95,941
21:00	0	0	255,248	85,083
22:00	0	0	244,682	81,561
23:00	0	0	240,404	80,135

Πίνακας 7.17 : Κατανάλωση των Κτιρίων ανά ώρα

ΩΡΕΣ	Παραγωγή (kW)		
00:00	0	12:00	411,967
01:00	0	13:00	420,638
02:00	0	14:00	403,697
03:00	0	15:00	361,23
04:00	0	16:00	297,078
05:00	0	17:00	216,192
06:00	3,889	18:00	126,846
07:00	70,984	19:00	40,442
08:00	164,31	20:00	0
09:00	253,2556	21:00	0
10:00	326,983	22:00	0
11:00	380,615	23:00	0

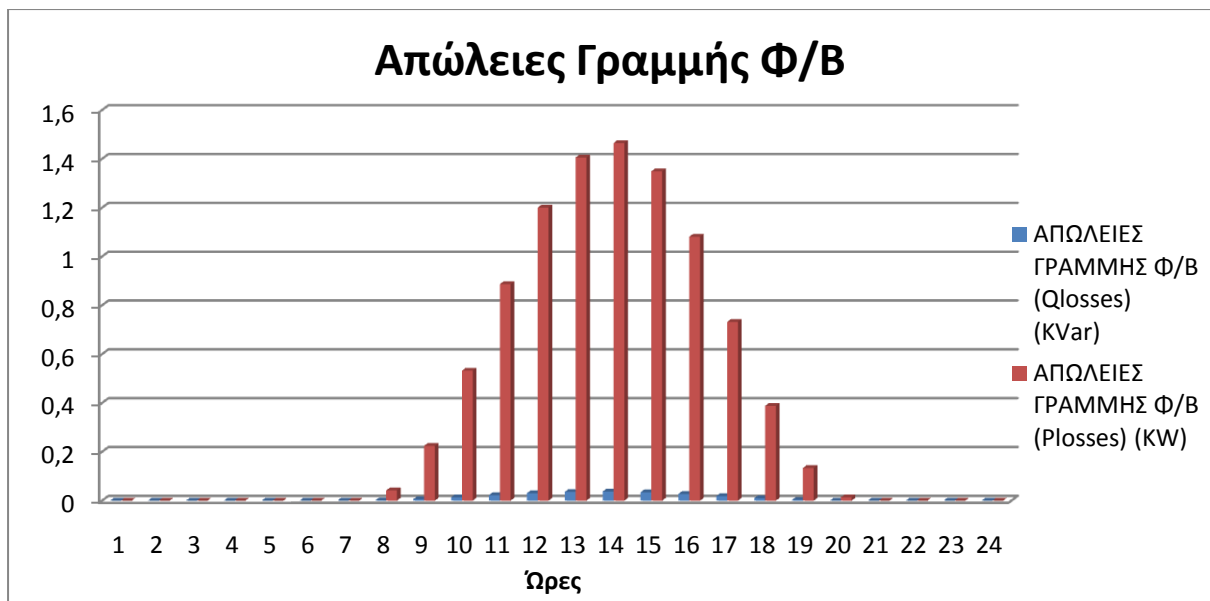
Πίνακας 7.18 : Μέγιστη Παραγωγή από το Φωτοβολταϊκό Πάρκο ανά ώρα

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Στον πίνακα 7.19 που ακολουθεί, παρουσιάζουμε τις απώλειες της γραμμής διανομής που συνδέει το Φωτοβολταϊκό Πάρκο με τον Υποσταθμό, καθώς και τις συνολικές απώλειες των γραμμών διανομής ανά ώρα.

ΩΡΕΣ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΓΡΑΜΜΗΣ Φ/Β (Plosses) (kW)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΓΡΑΜΜΗΣ Φ/Β (Qlosses) (kVar)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ (Plosses) (kW)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ (Qlosses) (kVar)
00:00	0	0	0,067648	0,023622
01:00	0	0	0,066912	0,023365
02:00	0	0	0,067174	0,023457
03:00	0	0	0,06703	0,02341
04:00	0	0	0,067227	0,023475
05:00	0	0	0,067859	0,023696
06:00	0,000126	0,000003	0,076223	0,026581
07:00	0,041900	0,001067	0,735574	0,0356178
08:00	0,224366	0,005715	0,330156	0,052511
09:00	0,532462	0,013562	0,65472	0,079643
10:00	0,886674	0,02258	1,025998	0,110180
11:00	1,200429	0,030575	1,354575	0,137129
12:00	1,405571	0,0358	1,564159	0,152915
13:00	1,464866	0,03731	1,61231	0,153139
14:00	1,349427	0,03437	1,483642	0,140509
15:00	1,081185	0,02754	1,204996	0,118262
16:00	0,731907	0,018642	0,833676	0,086327
17:00	0,388062	0,009884	0,472905	0,056556
18:00	0,133735	0,003406	0,209485	0,035732
19:00	0,013602	0,000346	0,101638	0,031686
20:00	0	0	0,099487	0,03474
21:00	0	0	0,078236	0,027322
22:00	0	0	0,071891	0,02519
23:00	0	0	0,069399	0,024234

Πίνακας 7.19 : Απώλειες Ημέρα Χαμηλής Κατανάλωσης Μάιου με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β



Εικόνα 7.20 : Απώλειες Γραμμής που συνδέει τον Υ/Σ με το Φ/Β πάρκο



Εικόνα 7.21 : Συνολικές Απώλειες Γραμμών

Το συνολικό άθροισμα των πραγματικών απωλειών των γραμμών για ολόκληρη την ημέρα είναι 12,3829 kWh ,ενώ το συνολικό άθροισμα των απωλειών αέργου ισχύος των γραμμών είναι 1,4692 kVarh.

Το συνολικό άθροισμα των πραγματικών απωλειών της γραμμής διανομής Φ/Β – Υ/Σ για ολόκληρη την ημέρα είναι 9.454 kWh ,ενώ το συνολικό άθροισμα των απωλειών αέργου ισχύος των γραμμών είναι 0.241 kVarh.

Η ελάχιστη τάση στο δίκτυο είναι 0,99962 p.u. και η μέγιστη τάση στα Φ/Β είναι 1,00353 p.u.

7.4.7 Αποτελέσματα Περιπτώσεων

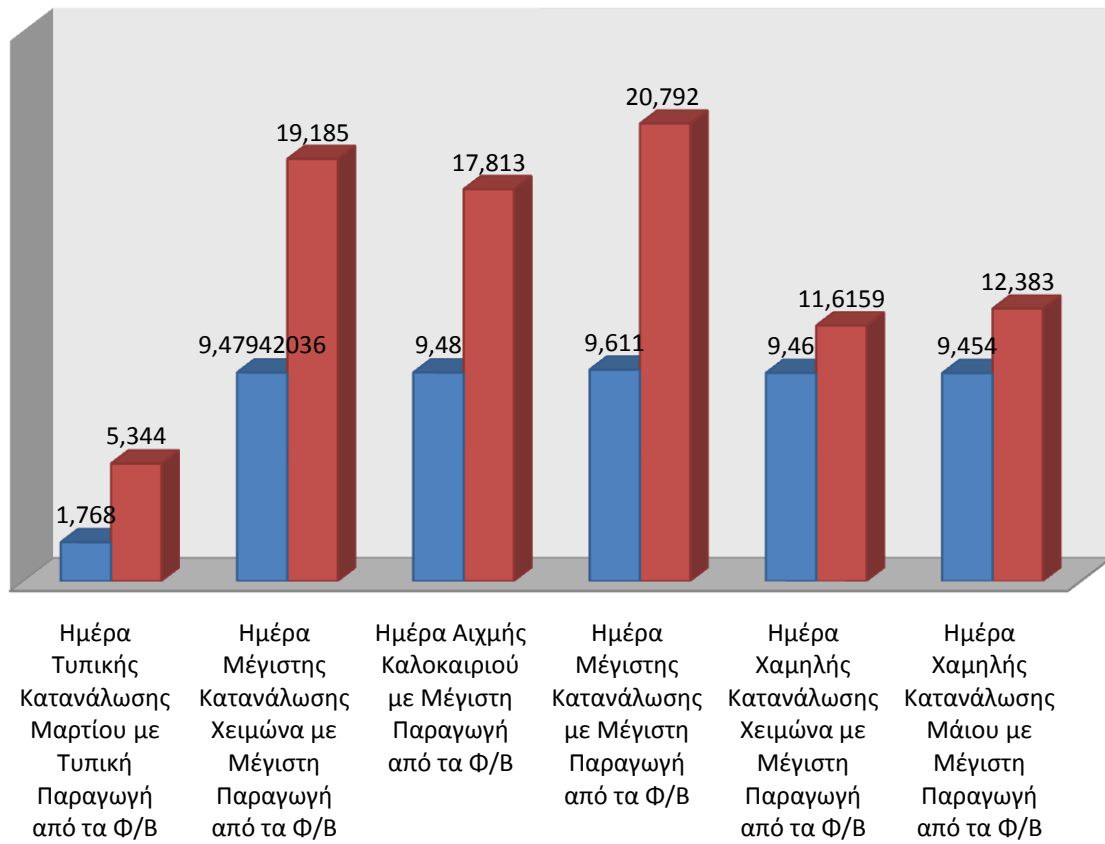
Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζουμε συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των παραπάνω περιπτώσεων.

	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΓΡΑΜΜΗΣ Φ/Β (kWh)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ (kWh)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΑΣΗ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΣΗ ΣΤΑ Φ/Β
Ημέρα Τυπικής Κατανάλωσης Μαρτίου με Τυπική Παραγωγή από τα Φ/Β	1,768	5,344	0.99955	1,00334
Ημέρα Μέγιστης Κατανάλωσης Χειμώνα με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β	9,479	19,185	0,99922	1,00354
Ημέρα Αιχμής Καλοκαιριού με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β	9,48	17,813	0.99924	1,00354
Ημέρα Μέγιστης Κατανάλωσης με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β	9,61	20,792	0.99903	1,00354
Ημέρα Χαμηλής Κατανάλωσης Χειμώνα με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β	9,46	11,6159	0,99961	1,00353
Ημέρα Χαμηλής Κατανάλωσης Μαΐου με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β	9,454	12,383	0,99962	1,00353

Πίνακας 7.20 : Συγκεντρωτικός Πίνακας των Περιπτώσεων που μελετήθηκαν

Απώλειες Δικτύου

■ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΓΡΑΜΜΗΣ Φ/Β (kWh) ■ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ(kWh)



Εικόνα 7.22 : Απώλειες Γραμμής Φ/Β και Απώλειες Δικτύου ανά Περίπτωση

Συμπεράσματα σχετικά με τη τάση του δικτύου:

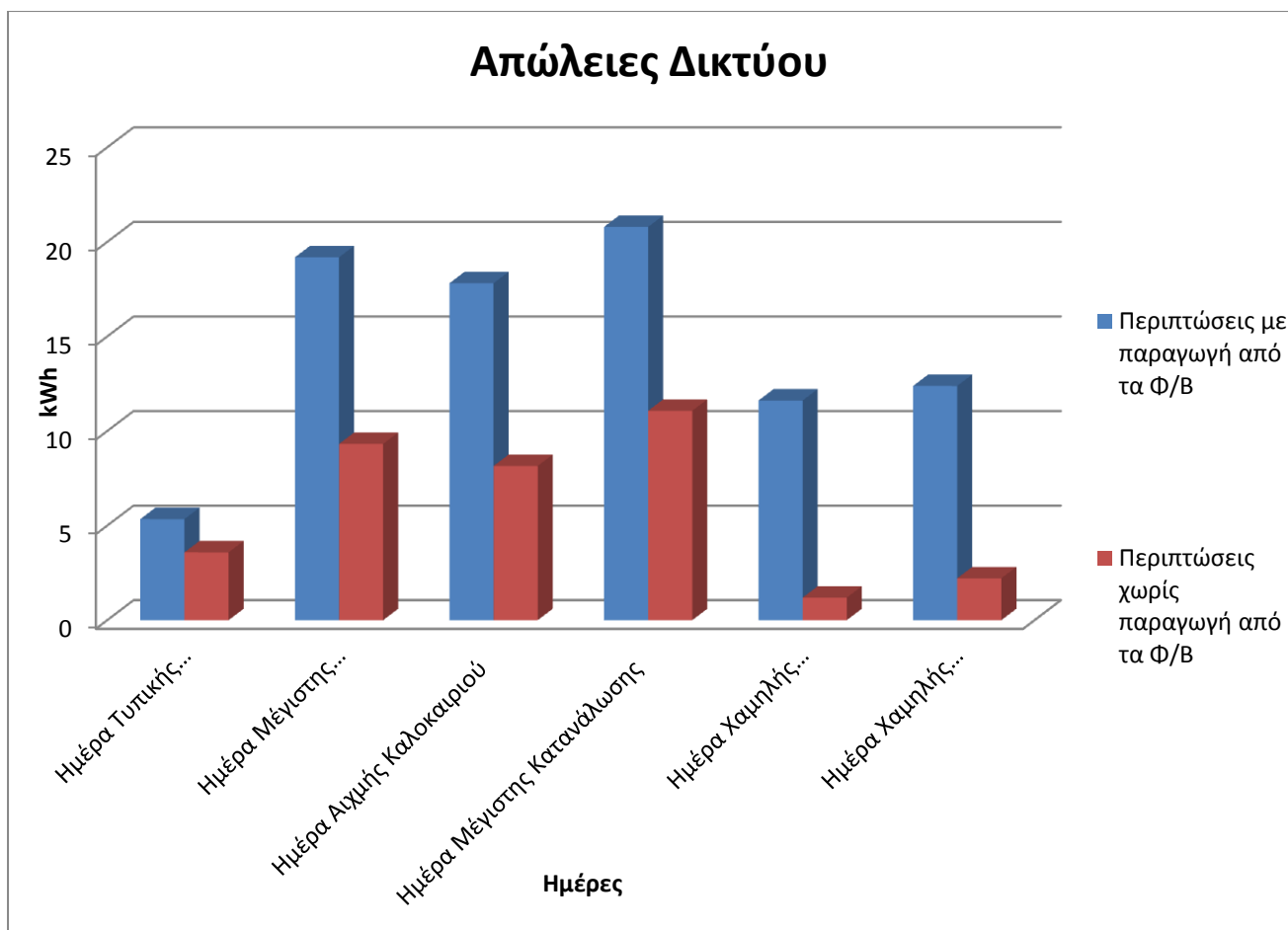
- Παρατηρώντας τα αποτελέσματα των μετρήσεών μας, καταλήξαμε στο συμπέρασμα πως η μέγιστη τάση δικτύου παρατηρήθηκε την *Ημέρα Μέγιστης Κατανάλωσης Χειμώνα με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β*, την *Ημέρα Αιχμής Καλοκαιριού με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β* και την *Ημέρα Μέγιστης Κατανάλωσης με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β*.
- Η ελάχιστη τάση δικτύου παρατηρήθηκε την *Ημέρα Μέγιστης Κατανάλωσης με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β*.

7.4.8 Αποτελέσματα Περιπτώσεων χωρίς τη παραγωγή από το Φωτοβολταϊκό Πάρκο

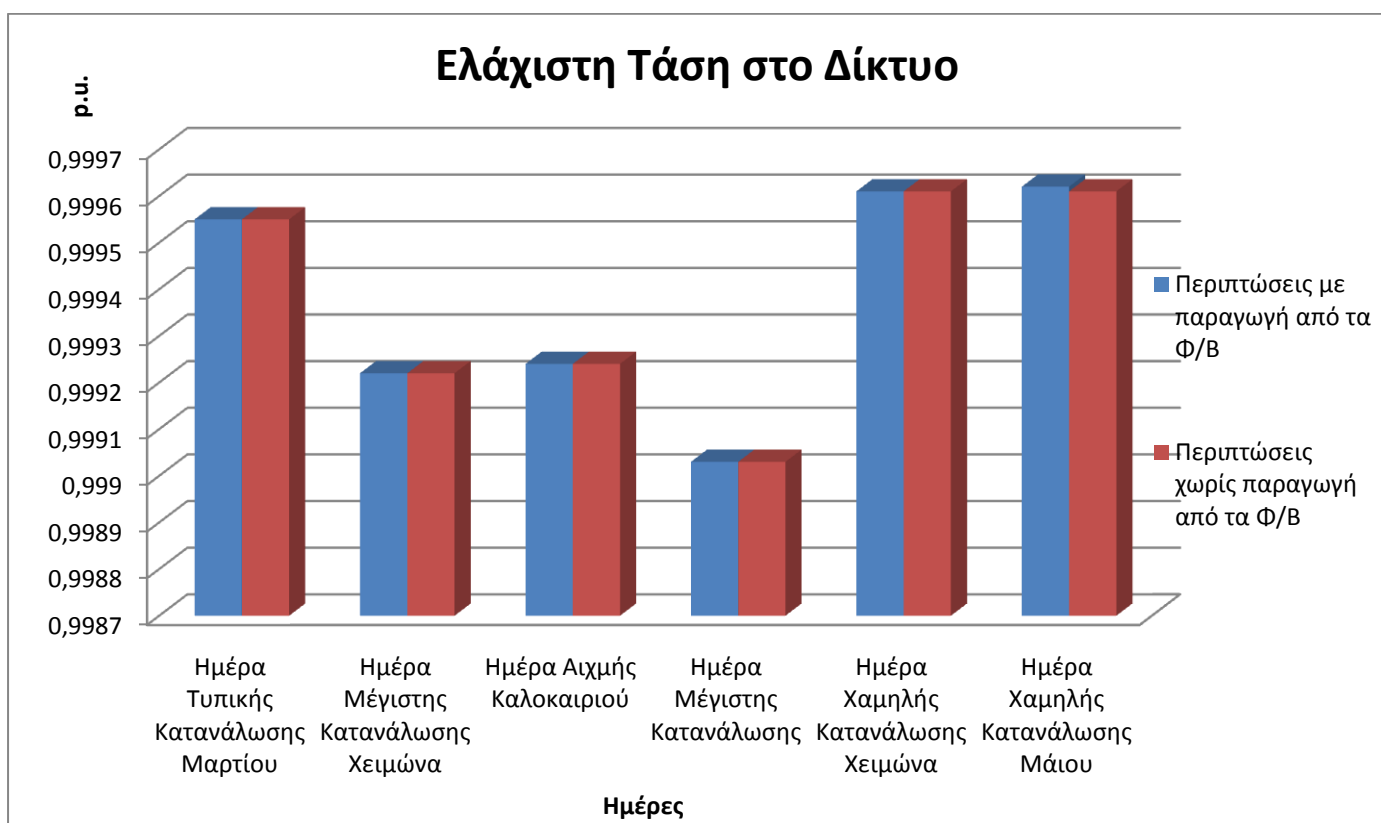
Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζουμε συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των παραπάνω περιπτώσεων χωρίς τη παραγωγή από το φωτοβολταϊκό πάρκο:

	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ (kWh)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΑΣΗ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΣΗ ΣΤΑ Φ/Β
Ημέρα Χαμηλής Κατανάλωσης Χειμώνα με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β	1,192	0,99961	1,00
Ημέρα Χαμηλής Κατανάλωσης Μαΐου με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β	2,213	0,99961	1,00
Ημέρα Τυπικής Κατανάλωσης Μαρτίου με Τυπική Παραγωγή από τα Φ/Β	3,585	0.99955	1,00
Ημέρα Αιχμής Καλοκαιριού με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β	8,153	0.99924	1,00
Ημέρα Μέγιστης Κατανάλωσης Χειμώνα με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β	9,317	0,99922	1,00
Ημέρα Μέγιστης Κατανάλωσης με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β	11,072	0.99903	1,00

Πίνακας 7.21 : Συγκεντρωτικός Πίνακας των Περιπτώσεων που μελετήθηκαν



Εικόνα 7.23 : Απώλειες δικτύου των περιπτώσεων με και χωρίς τη παραγωγή από τα Φ/Β



Εικόνα 7.24 : Απώλειες δικτύου των περιπτώσεων με και χωρίς τη παραγωγή από τα Φ/Β

Συμπεράσματα σχετικά με τη τάση του δικτύου:

- Παρατηρώντας τα αποτελέσματα των μετρήσεών μας , καταλήξαμε στο συμπέρασμα πως είτε έχουμε παραγωγή από το φωτοβολταϊκό πάρκο, είτε όχι, η ελάχιστη τάση του δικτύου δε μεταβάλλεται αισθητά. Η ελάχιστη τάση δικτύου παρατηρήθηκε την *Ημέρα Μέγιστης Κατανάλωσης με Μέγιστη Παραγωγή από τα Φ/Β*.
- Αντίθετα, η μέγιστη τάση του δικτύου μεταβάλλεται και ισούται με 1 p.u.

7.4.9 Επιλογή Καλωδίου Διασύνδεσης των Φ/Β με Οικονομικά Κριτήρια

Σε αυτή την ενότητα μελετήσαμε το τύπο του καλωδίου, που είναι πιο κατάλληλος για τη διασύνδεση του ζυγού του Φωτοβολταϊκού Πάρκου με το ζυγό του Υποσταθμού. Λαμβάνοντας υπόψη τη μέγιστη φόρτιση της γραμμής, καταλήξαμε στο συμπέρασμα πως 2 τύποι καλωδίων είναι κατάλληλοι. Ο πρώτος είναι καλώδιο χαλκού διατομής 16mm^2 και ο δεύτερος είναι καλώδιο χαλκού διατομής 6mm^2 . Στη συνέχεια, για τον υπολογισμό του καταλληλότερου τύπου καλωδίου χρησιμοποιήσαμε οικονομικά κριτήρια. Υπολογίσαμε το κόστος αγοράς του κάθε καλωδίου, καθώς και τις απώλειες ενέργειας που προκαλούνται κατά τη μεταφορά της ενέργειας από το φωτοβολταϊκό πάρκο στον υποσταθμό για ολόκληρο το χρόνο, και τις συγκρίναμε.

Καλώδιο Χαλκού διατομής 6mm^2 :

Από τη διπλωματική εργασία του Απόστολου Παφίλη [10], γνωρίζαμε την ετήσια χρονοσειρά παραγωγής του φωτοβολταϊκού πάρκο. Οπότε, υπολογίσαμε την ετήσια χρονοσειρά του ρεύματος χρησιμοποιώντας τη παρακάτω σχέση:

$$\text{Σχέση 7.2} \quad Ir = \left| \frac{Sr}{3 \cdot \sqrt{3} \cdot Vr} \right|$$

Στην παραπάνω σχέση, με Sr συμβολίζουμε την παραγωγή ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου για τη συγκεκριμένη ώρα και με Vr τη τάση της γραμμής διανομής. Στη περίπτωση μας η φασική τάση της γραμμής διανομής ισούται με $Vr = \frac{20}{\sqrt{3}} \text{ kV}$.

Οι απώλειες μιας γραμμής διανομής μπορούν να υπολογιστούν από την παρακάτω σχέση:

$$\text{Σχέση 7.3} \quad \text{Απώλειες} = Ir^2 \cdot R$$

Στην παραπάνω σχέση, με R συμβολίζουμε την αντίσταση της γραμμής. Στη συνέχεια, γνωρίζοντας την ετήσια χρονοσειρά του ρεύματος και γνωρίζοντας πως η αντίσταση της

γραμμής R ισούται με $R = 3.69 \frac{\Omega}{km} * 0.901 km = 3.32469 \Omega$, χρησιμοποιήσαμε τη σχέση 7.3 και υπολογίσαμε την ετήσια χρονοσειρά απωλειών της γραμμής διανομής.

Στον παρακάτω πίνακα, παρουσιάζονται οι μηνιαίες απώλειες ανά χρόνο για το καλώδιο Χαλκού διατομής $16mm^2$:

Μήνας	Συνολικές Απώλειες (kWh)	Μήνας	Συνολικές Απώλειες (kWh)
Ιανουάριος	11,5346	Ιούλιος	79,05762
Φεβρουάριος	11,57405	Αύγουστος	68,9771
Μάρτιος	25,62014	Σεπτέμβριος	49,17819
Απρίλιος	43,03585	Οκτώβριος	30,92447
Μάιος	74,38092	Νοέμβριος	12,65467
Ιούνιος	83,26993	Δεκέμβριος	9,41131

Πίνακας 7.22 : Μηνιαίες απώλειες γραμμής μεταφοράς Φ/Β – Υ/Σ

Αθροίζοντας τις απώλειες ανά μήνα του πίνακα 7.23 βρήκαμε τις ετήσιες απώλειες της γραμμής διανομής Φ/Β – Υ/Σ για το καλώδιο χαλκού διατομής $6mm^2$, οι οποίες είναι 499.619 kWh. Το ποσοστό της παραγωγής που χάνεται είναι 0,07%.

Καλώδιο Χαλκού διατομής $16mm^2$:

Από τη σχέση 7.2 υπολογίσαμε την ετήσια χρονοσειρά του ρεύματος. Στη συνέχεια, γνωρίζοντας πως η αντίσταση της γραμμής R ισούται με $R = 1.26 \frac{\Omega}{km} * 0.901 km = 1.13526 \Omega$, χρησιμοποιήσαμε τη σχέση 7.3 και υπολογίσαμε την ετήσια χρονοσειρά απωλειών της γραμμής διανομής.

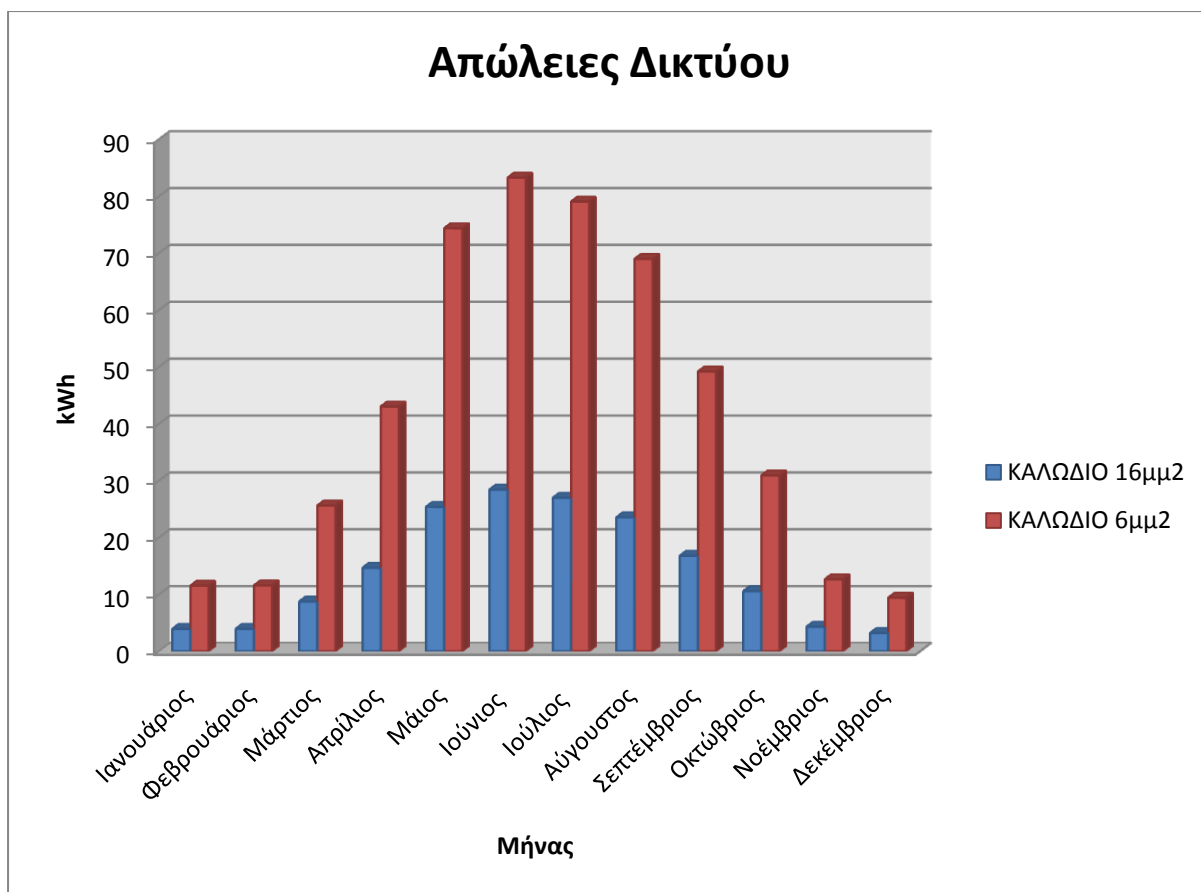
Στον παρακάτω πίνακα, παρουσιάζονται οι μηνιαίες απώλειες ανά χρόνο για το καλώδιο Χαλκού διατομής 16mm^2 :

Μήνας	Συνολικές Απώλειες (kWh)	Μήνας	Συνολικές Απώλειες (kWh)
Ιανουάριος	3,938644	Ιούλιος	26,995285
Φεβρουάριος	3,952116	Αύγουστος	23,55316
Μάρτιος	8,74834	Σεπτέμβριος	16,79255
Απρίλιος	14,69517	Οκτώβριος	10,55958
Μάιος	25,39836	Νοέμβριος	4,32111
Ιούνιος	28,43364	Δεκέμβριος	3,213619

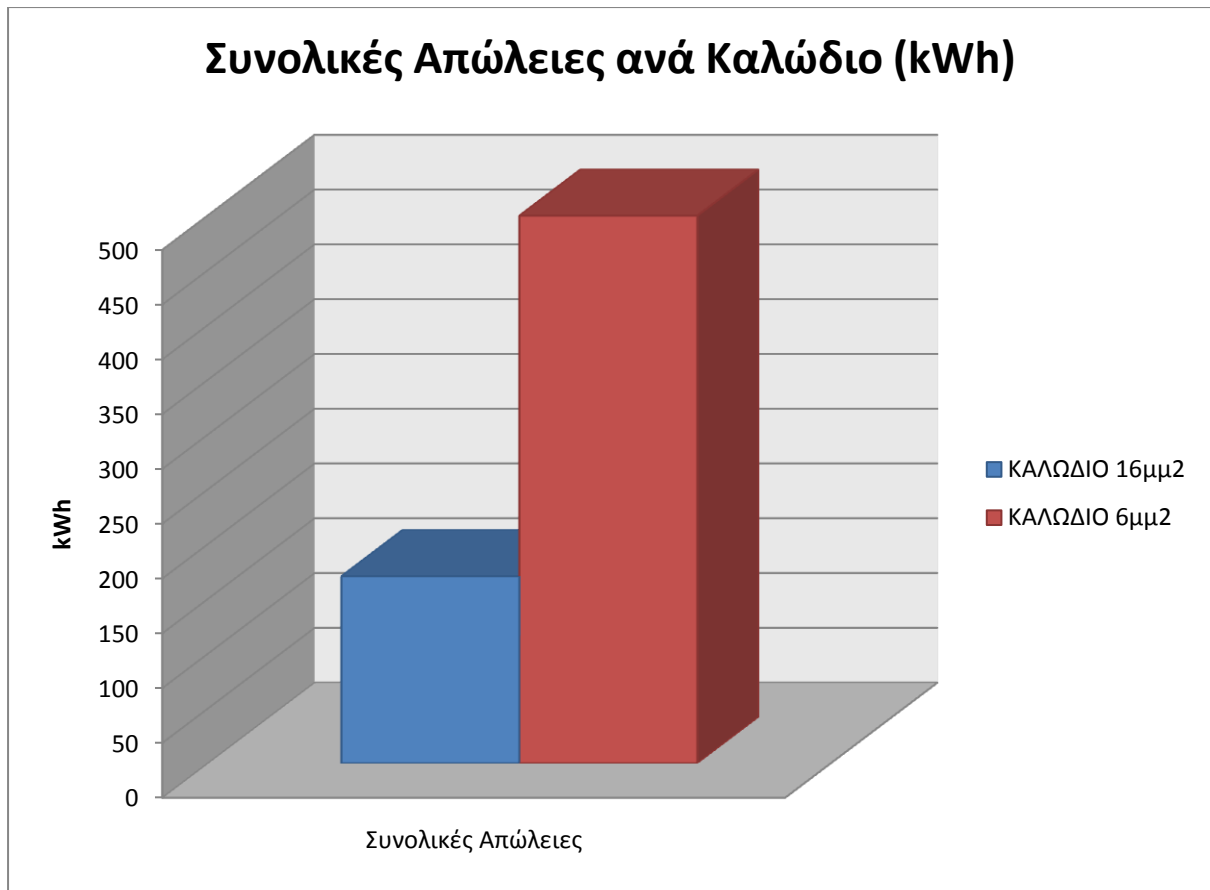
Πίνακας 7.23 : Μηνιαίες απώλειες γραμμής διανομής Φ/Β – Υ/Σ

Αθροίζοντας τις απώλειες ανά μήνα του πίνακα 7.21 βρήκαμε τις ετήσιες απώλειες της γραμμής διανομής Φ/Β – Υ/Σ για το καλώδιο χαλκού διατομής 16mm^2 , οι οποίες είναι 170.60 kWh. Το ποσοστό της παραγωγής που χάνεται είναι 0,024%.

Οι τιμές του ρεύματος για τις δύο περιπτώσεις που αναλύσαμε είναι κοινές και η μέγιστη τιμή του ρεύματος παρατηρείται τον Ιούλιο και είναι 12,99038 A . Για τη συγκεκριμένη τιμή του ρεύματος οι απώλειες της γραμμής διανομής Φ/Β – Υ/Σ για το καλώδιο χαλκού διατομής 6mm^2 είναι 0.561 kWh, ενώ για το καλώδιο χαλκού διατομής 16mm^2 είναι 0.192 kWh. Το ποσοστό της παραγωγής που χάνεται για αυτή την ώρα για το καλώδιο χαλκού διατομής 6mm^2 είναι 0,125 %, ενώ για το καλώδιο χαλκού διατομής 6mm^2 είναι 0,043%.



Εικόνα 7.25 : Μηνιαίες απώλειες Δικτύου ανά Καλώδιο



Εικόνα 7.26 : Συνολικές απώλειες ανά Καλώδιο

6.4.9.1 Γενική προσέγγιση

Σε αυτήν την ενότητα, υπολογίσαμε τη σχέση που πρέπει να έχουν οι τιμές των 2 καλωδίων ανά χιλιόμετρο, έτσι ώστε να μας συμφέρει η τοποθέτηση καλωδίου διατομής $16mm^2$ έναντι του καλωδίου διατομής $6mm^2$.

Για να μας συμφέρει η τοποθέτηση καλωδίου διατομής $16mm^2$ έναντι του καλωδίου διατομής $6mm^2$, θα πρέπει το συνολικό κόστος ανά χρόνο για το καλώδιο διατομής $16mm^2$ (C_{16}) να είναι μικρότερο από το συνολικό κόστος ανά χρόνο του καλωδίου διατομής $6mm^2$ (C_6).

Σχέση 7.4

$$C_{16} < C_6$$

Το συνολικό κόστος αποτελείται από το κόστος εγκατάστασης C_{inst} και από το ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης (operation and maintenance) $Co\&m$. Άρα πρέπει:

Σχέση 7.5

$$C_{16} < C_6 \rightarrow C_{inst16} + Co\&m_{16} < C_{inst6} + Co\&m_6$$

Το κόστος εγκατάστασης (C_{inst}) στη περίπτωση μας, ισούται με το κόστος αγοράς του καλωδίου (C_{buy}) ανά χιλιόμετρο επί τα χιλιόμετρα.

Σχέση 7.6

$$C_{inst} = C_{buy} * distance$$

Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης ισούται με το ετήσιο κόστος απωλειών (C_{loss}), το οποίο ισούται με τις ετήσιες απώλειες (kWh) επί τη τιμή της μίας kWh (τιμή = 0.1 €/kWh) .

Σχέση 7.7

$$C_{o\&m} = \text{Ετήσιες Απώλειες(kWh)} * \text{τιμή €/kWh}$$

7.4.9.2 Σενάρια οικονομικότερης περίπτωσης

7.4.9.2.1 : Τιμή αγοράς 1 kWh για 1 χρόνο

Σε αυτό το σενάριο, υπολογίσαμε τη σχέση που πρέπει να έχουν οι τιμές των 2 καλωδίων ανά χιλιόμετρο, έτσι ώστε να μας συμφέρει η τοποθέτηση καλωδίου διατομής $16mm^2$ έναντι του καλωδίου διατομής $6mm^2$, όταν η τιμή της μίας kWh ισούται με 0.1 €/kWh .

Από τις σχέσεις 7.4 , 7.5 , 7.6, και 7.7 υπολογίσαμε :

Σχέση 7.8

$$C_{16} < C_6 \rightarrow$$

$$C_{inst16} + C_{o\&m16} < C_{inst6} + C_{o\&m6} \rightarrow$$

$$C_{buy16} * 0.901 + 170.60 * 0.1 < C_{buy6} * 0.901 + 499.619 * 0.1 \rightarrow$$

$$C_{buy16} < C_{buy6} + 36.5169$$

Συμπέρασμα:

Για να μας συμφέρει να τοποθετήσουμε το καλώδιο χαλκού διατομής $16mm^2$,θα πρέπει η τιμή του καλωδίου των $16mm^2$ να είναι το πολύ 36.517 € ακριβότερη από τη τιμή του καλωδίου των $6mm^2$ για το συγκεκριμένο έτος ανά χιλιόμετρο.

7.4.9.2.1 : Τιμή αποζημίωσης 1 kWh για 1 χρόνο

Σε αυτό το σενάριο, υπολογίσαμε τη σχέση που πρέπει να έχουν οι τιμές των 2 καλωδίων ανά χιλιόμετρο, έτσι ώστε να μας συμφέρει η τοποθέτηση καλωδίου διατομής $16mm^2$ έναντι του καλωδίου διατομής $6mm^2$, όταν η τιμή της μίας kWh ισούται με τη τιμή της αποζημίωσης της μίας kWh παραγόμενης από το Φ/Β από το διαχειριστή του δικτύου διανομής. (τιμή αποζημίωσης= 0.45 €/kWh) .

Από τη σχέση 7.8:

$$\begin{aligned}C_{16} &< C_6 \rightarrow \\C_{inst16} + C_{o\&m16} &< C_{inst6} + C_{o\&m6} \rightarrow \\C_{buy16} * 0.901 + 170.60 * 0.45 &< C_{buy6} * 0.901 + 499.619 * 0.45 \rightarrow \\C_{buy16} &< C_{buy6} + 164.3269\end{aligned}$$

Συμπέρασμα:

Για να μας συμφέρει να τοποθετήσουμε το καλώδιο χαλκού διατομής $16mm^2$, θα πρέπει η τιμή του καλωδίου των $16mm^2$ να είναι το πολύ 164.3269 € ακριβότερη από τη τιμή του καλωδίου των $6mm^2$ για το συγκεκριμένο έτος ανά χιλιόμετρο.

7.4.9.3 Σενάριο 15ετίας

7.4.9.3.1 : Τιμή αγοράς 1 kWh για 15 έτη

Γνωρίζοντας από το προηγούμενο κεφάλαιο, πως για να μας συμφέρει να τοποθετήσουμε το καλώδιο χαλκού διατομής $16mm^2$, θα πρέπει η τιμή του καλωδίου των $16mm^2$ να είναι το πολύ 36.517 € ακριβότερη από τη τιμή του καλωδίου των $6mm^2$ για το συγκεκριμένο έτος, υπολογίσαμε πόσο ακριβότερο πρέπει να είναι το πολύ το καλώδιο των $16mm^2$ σε σχέση με τη τιμή του καλωδίου των $6mm^2$, για να μας συμφέρει η τοποθέτηση του συγκεκριμένου καλωδίου έναντι του άλλου για περίοδο $N=15$ χρόνων και με επιτόκιο $i=8\%$

Για τον υπολογισμό αυτό χρησιμοποιήσαμε τη σχέση 7.9:

Σχέση 7.9
$$P = R * \frac{(1+i)^N - 1}{i * (1+i)^N}$$

Άρα, σύμφωνα με τη σχέση 6.9 και για $i=8\%$, $N=15$ και $R = \text{κέρδος } 1^{ου} \text{ έτους} = 36.517$:

$$P = R * \frac{(1+i)^N - 1}{i * (1+i)^N} = 312\text{€}$$

Συμπέρασμα:

Για να μας συμφέρει να τοποθετήσουμε το καλώδιο χαλκού διατομής $16mm^2$ για τη περίοδο 15 χρόνων και με επιτόκιο 8%, θα πρέπει η τιμή του καλωδίου των $16mm^2$ να είναι το πολύ 312€ ακριβότερη από τη τιμή του καλωδίου των $6mm^2$. Θα πρέπει δηλαδή, το καλώδιο των $16mm^2$ να κοστίζει το πολύ 0.312 €/m περισσότερο σε σχέση με το καλώδιο των $6mm^2$.

Σύμφωνα λοιπόν με τις σημερινές τιμές των συγκεκριμένων καλωδίων, η διαφορά των 31.2 λεπτών ανά μέτρο είναι πολύ μικρή και συνεπώς δε μας συμφέρει αυτή η περίπτωση. Δηλαδή, μας συμφέρει να τοποθετήσουμε καλώδιο χαλκού διατομής $6mm^2$.

7.4.9.3.2: Τιμή αποζημίωσης 1 kWh για 15 έτη

Γνωρίζοντας από το προηγούμενο κεφάλαιο, πως για να μας συμφέρει να τοποθετήσουμε το καλώδιο χαλκού διατομής $16mm^2$, θα πρέπει η τιμή του καλωδίου των $16mm^2$ να είναι το πολύ 164.3269 € ακριβότερη από τη τιμή του καλωδίου των $6mm^2$ για το συγκεκριμένο έτος, υπολογίσαμε πόσο ακριβότερο πρέπει να είναι το καλώδιο των $16mm^2$ σε σχέση με τη τιμή του καλωδίου των $6mm^2$, για να μας συμφέρει η τοποθέτηση του συγκεκριμένου καλωδίου έναντι του άλλου για περίοδο $N=15$ χρόνων και με επιτόκιο $i=8\%$

Άρα, σύμφωνα με τη σχέση 6.9 και για $i=8\%$, $N=15$ και $R = \text{κέρδος } 1^{\text{ου}} \text{ έτους} = 164,3269 :$

$$P = R * \frac{(1+i)^N - 1}{i * (1+i)^N} = 1406.4259 \text{ €}$$

Συμπέρασμα:

Για να μας συμφέρει να τοποθετήσουμε το καλώδιο χαλκού διατομής $16mm^2$ για τη περίοδο 15 χρόνων και με επιτόκιο 8% , θα πρέπει η τιμή του καλωδίου των $16mm^2$ να είναι το πολύ 1406.4259 € ακριβότερη από τη τιμή του καλωδίου των $16mm^2$. Θα πρέπει δηλαδή, το καλώδιο των $16mm^2$ να κοστίζει το πολύ 1.406 €/m περισσότερο σε σχέση με το καλώδιο των $6mm^2$.

Σύμφωνα λοιπόν με τις σημερινές τιμές των συγκεκριμένων καλωδίων, η διαφορά του 1.406 € ανά μέτρο είναι μικρή και συνεπώς δε μας συμφέρει αυτή η περίπτωση. Δηλαδή, μας συμφέρει να τοποθετήσουμε καλώδιο χαλκού διατομής $6mm^2$.

7.4.8.4 Σενάριο οριακού κόστους καλωδίου

Σε αυτό το σενάριο, θέλουμε να υπολογίσουμε το οριακό κόστος του καλωδίου, έτσι ώστε να μας συμφέρει να τοποθετήσουμε το καλώδιο χαλκού διατομής $16mm^2$ για τη σύνδεση του Φ/Β πάρκου με τον Υ/Σ. Από τη σχέση 7.8:

$$\begin{aligned}
C16 &< C6 \rightarrow \\
C_{inst16} + C_{o\&m16} &< C_{inst6} + C_{o\&m6} \rightarrow \\
C_{buy16} * distance + \text{Απώλειες}_{16} * \text{τιμή} kWh & \\
&< C_{buy6} * distance + \text{Απώλειες}_6 * \text{τιμή} kWh \rightarrow \\
distance &< \frac{(\text{Απώλειες}_6 - \text{Απώλειες}_{16}) * \text{τιμή} kWh}{C_{buy16} - C_{buy6}} \rightarrow \\
distance &< \frac{(\sum_{i=1}^{8760} Iri^2 * R6 - \sum_{i=1}^{8760} Iri^2 * R16) * \text{τιμή} kWh}{C_{buy16} - C_{buy6}} \rightarrow \\
distance &< \frac{(R6 - R16) * \sum_{i=1}^{8760} (Iri^2) * \text{τιμή} kWh}{C_{buy16} - C_{buy6}} \rightarrow \\
distance &< \frac{(R6 - R16) * \sum_{i=1}^{8760} \left(\left| \frac{Sri}{\sqrt{3} * Vr} \right| \right)^2 * \text{τιμή} kWh}{C_{buy16} - C_{buy6}} \rightarrow \\
distance &< \frac{(R'6 - R'16) * distance * \sum_{i=1}^{8760} (Sri^2) * \text{τιμή} kWh}{(C_{buy16} - C_{buy6}) * |\sqrt{3} * Vr|^2} \rightarrow \\
(C_{buy16} - C_{buy6}) * |\sqrt{3} * Vr|^2 &< (R'6 - R'16) * \sum_{i=1}^{8760} (Sri^2) * \text{τιμή} kWh \rightarrow \\
(C_{buy16} - C_{buy6}) &< \frac{(R'6 - R'16) * \sum_{i=1}^{8760} (Sri^2) * \text{τιμή} kWh}{|\sqrt{3} * Vr|^2}
\end{aligned}$$

(σχέση 7.10)

Στην παραπάνω σχέση όπου R είναι η αντίσταση σε όλο το καλώδιο και R' είναι η αντίσταση ανά μέτρο του καλωδίου. Με Cbuy συμβολίζουμε το κόστος του καλωδίου ανά μέτρο, με Vr τη τιμή της γραμμής των Φ/B, με Sri τη παραγωγή των Φ/B ανά ώρα, με Iri το ρεύμα της γραμμής των Φ/B ανά ώρα και με τιμή kWh τη τιμή της μίας kWh.

Συμπέρασμα:

Για να μας συμφέρει οικονομικά το καλώδιο χαλκού διατομής 16mm² σε σχέση με το καλώδιο χαλκού διατομής 6mm², πρέπει το η διαφορά του κόστους των καλωδίων ανά χιλιόμετρο να είναι μικρότερη από το πηλίκο της διαίρεσης του γινομένου της διαφοράς των ανά μέτρο αντιστάσεων των δύο καλωδίων επί το άθροισμα των τιμών της ισχύος για ένα ολόκληρο έτος επί τη τιμή της 1 kWh με το απόλυτο γινόμενο της τάσης του ρεύματος και του $\sqrt{3}$ στο τετράγωνο.

8. ΚΕΦΑΛΑΙΟ : Συμπεράσματα



Εικόνα 8.1 : Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Στην εργασία αυτή ασχοληθήκαμε με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας και εργαστήκαμε εκτενώς με το ArcGIS 10. Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών είναι πλέον απαραίτητα εργαλεία για τα συστήματα διανομής και μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας. Πρώτα απ'όλα, μας διευκολύνουν στο σχεδιασμό του δικτύου διανομής και μεταφοράς, καθώς μας υποδεικνύουν τους βέλτιστους τρόπους διανομής και μεταφοράς του ηλεκτρικού ρεύματος, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους περιορισμούς-κανονισμούς που πρέπει να τηρούνται, καθώς επίσης υπολογίζοντας το μικρότερο κόστος υλοποίησής του. Επιπλέον, τα ΓΣΠ δίνουν τη δυνατότητα στους διαχειριστές του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας να παρακολουθούν με μεγαλύτερη ακρίβεια και αξιοπιστία το σύστημα, καθώς μέσω της χωρικής ανάλυσης, έχουν σε real time πρόσβαση σε ποσοτικές και ποιοτικές πληροφορίες.

Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήσαμε αρκετές από τις δυνατότητες που μας προσφέρει ένα πρόγραμμα Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών, όπως:

- Δημιουργία χάρτη προς εκτύπωση - αποθήκευση
- Εισαγωγή δομικών στοιχείων του χάρτη
- Δημιουργία διαγραμμάτων
- Ψηφιοποίηση
- Δημιουργία και ενημέρωση πίνακα περιγραφικών δεδομένων
- Δημιουργία συγκεντρωτικών στατιστικών στοιχείων μέσα από πίνακα
- Υπολογισμός των τιμών πεδίου σε πίνακα περιγραφικών δεδομένων
- Δημιουργία γραφημάτων
- Οπτική επιλογή οντοτήτων
- Επιλογή οντοτήτων με βάση τα περιγραφικά τους δεδομένα
- Επιλογή οντοτήτων με βάση τη θέση τους
- Επιλογή οντοτήτων βάσει κάποιου γραφικού στοιχείου
- Χαρτογράφηση δεδομένων
- Διαμόρφωση υπομνήματος

- Χωρικές αναλύσεις (εντοπισμός ζωνών, ένωση, αφαίρεση κλπ.)
- Δημιουργία μη χωρικών-περιγραφικών δεδομένων (Κτίρια, Parking, Γήπεδα, Δρομάκια κλπ)
- Επεξεργασία μη χωρικών-περιγραφικών δεδομένων (Δρόμοι)
- Δημιουργία μη χωρικών-περιγραφικών δεδομένων
- Επεξεργασία μη χωρικών-περιγραφικών δεδομένων
- Μέτρηση αποστάσεων
- Σύνδεση με PowerWorld

Με το ArcGIS 10 1) εξετάσαμε τη παροχή εποπτικών πληροφοριών, 2) τη δυνατότητα χωροθέτησης για τη τοποθέτηση τριών ανεμογεννητριών για την κατανάλωση ενέργειας στο Π.Κ., 3) τη δυνατότητα χωροθέτησης για τη τοποθέτηση ενός φωτοβολταϊκού Πάρκου στο χώρο του Π.Κ., 4) τη δυνατότητα χωροθέτησης για τοποθέτηση Φ/Β πλαισίων στις οροφές των κτιρίων του Π.Κ. και 5) τη δυνατότητα σύνδεσης του με προγράμματα προσομοίωσης δικτύου, όπως το PowerWorld, για εφαρμογές όπως η εκτίμηση των απωλειών και της διακύμανσης της τάσης.

Πρώτα από όλα, για τη διεκπεραίωση της εργασίας μας χρειαζόμασταν όλα τα χωρικά δεδομένα για το χώρο του Π.Κ. (δρόμοι, κτίρια, parking, δρομάκια, γήπεδα, προστατευόμενες περιοχές κλπ.). Επειδή, όμως, δεν ήταν όλα αυτά τα δεδομένα διαθέσιμα εκ των προτέρων, με τη βοήθεια του ArcGIS 10 δημιουργήσαμε και ψηφιοποιήσαμε με αρκετή ακρίβεια αυτά τα δεδομένα και στη συνέχεια δημιουργήσαμε και ενημερώσαμε τους πίνακες των περιγραφικών τους δεδομένων. Σε αυτούς τους πίνακες, αποθηκεύσαμε όλες τις πληροφορίες για τα δεδομένα, που ήταν απαραίτητες για την εργασία μας (πχ. ύψος κτιρίων, επιφάνεια κτιρίων), έτσι ώστε στη συνέχεια με τις διάφορες εντολές του ArcGIS 10 να μπορούμε να τις αξιοποιήσουμε κατάλληλα.

Στο Κεφάλαιο 1, κάναμε μια εισαγωγή στα Γεωγραφικά Συστήματα πληροφοριών, αναλύοντας τους συντελεστές τους και αναφέροντας τις σημερινές τους εφαρμογές. Επιπλέον, αναλύσαμε τη συνεισφορά και τη σημασία των ΓΣΠ στα συστήματα διανομής και μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας και τέλος, κάναμε μια μικρή αναφορά στο εργαλείο ArcGIS 10 που χρησιμοποιήσαμε στην εργασία μας.

Πρωτού λοιπόν, εξετάσουμε τις δυνατότητες των ΓΣΠ στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, στο Κεφάλαιο 2 αναφερθήκαμε στη λειτουργία και τις δυνατότητες ορισμένων σημαντικών εργαλείων του ArcGIS 10, τα οποία χρησιμοποιήσαμε εκτενώς στην εργασία μας.

Με τη βοήθεια των ΓΣΠ στο Κεφάλαιο 3 βγάλαμε θεματικούς χάρτες και γραφικές παραστάσεις για την ενεργειακή κατάσταση του Π.Κ., με σκοπό να ενημερώσουμε εποπτικά με μια ματιά για το τι αναμένεται να συμβεί στην εργασία μας.

Στη συνέχεια, θέλαμε να εξετάσουμε τις δυνατότητες του ArcGIS 10 και το πόσο σημαντικά είναι τα ΓΣΠ στη χωροθέτηση για τη τοποθέτηση ανεμογεννητριών. Πρωτού γίνει η χωροθέτηση, θα έπρεπε να οριστούν κάποια κριτήρια-περιορισμοί ως προς τη τοποθέτηση, τα οποία θα εξασφάλιζαν την αποδοτικότερη λειτουργία των ανεμογεννητριών, την ασφάλεια των ανθρώπων και των αντικειμένων που βρίσκονται στο χώρο και στη προστασία του

περιβάλλοντος και των αρχαιολογικών χώρων. Αυτά τα κριτήρια – περιορισμούς τα εξετάσαμε στο Κεφάλαιο 4. Όσον αφορά την απόδοση των ανεμογεννητριών, δύο ήταν τα κριτήρια που μας απασχόλησαν. Το πρώτο ήταν η περιοχή του στροβιλισμού του αέρα και το δεύτερο ήταν η περιοχή μειωμένης ταχύτητας εφόσον υπάρχει ήδη μία ή περισσότερες ανεμογεννήτριες τοποθετημένες στο χώρο (Wake Effect).

Στο κεφάλαιο 5, κάναμε χωροθέτηση μέσω του ArcGIS 10 για τη τοποθέτηση 3 ανεμογεννητριών στο χώρο του Π.Κ.. Με τη βοήθεια των ΓΣΠ, εφαρμόσαμε τα κριτήρια-περιορισμούς του Κεφαλαίου 3 που εξασφάλιζαν την αποδοτικότερη λειτουργία των ανεμογεννητριών, την ασφάλεια των ανθρώπων και των αντικειμένων που βρίσκονται στο χώρο και στη προστασία του περιβάλλοντος και των αρχαιολογικών χώρων, και βγάλαμε με μεγάλη ακρίβεια τις προτεινόμενες ζώνες. Πρώτα απ'όλα, βγάλαμε μέσω του εργαλείου Buffer Wizard του ArcGIS 10, τις ζώνες αποκλεισμού για την ασφάλεια και για τη προστασία του περιβάλλοντος. Στη συνέχεια, Για τη χάραξη των ζωνών αποκλεισμού όπου παρατηρείται το φαινόμενο του στροβιλισμού, αφού επιλέξαμε αυτόματα με το εργαλείο Select by attribute συγκεκριμένες οντότητες βάσει ενός συγκεκριμένου περιγραφικού τους δεδομένου (ύψος κτιρίων>10.3 μέτρα), χρησιμοποιήσαμε τα διάφορα εργαλεία του ArcEditor για να χαράξουμε τις ζώνες αποκλεισμού λόγω στροβιλισμού (Turbulence). Τέλος, για τη χάραξη της περιοχής μειωμένης ταχύτητας(Wake Loss Area) για κάθε μία από τις ανεμογεννήτριες που είχαμε τοποθετήσει χρησιμοποιήσαμε τα εργαλεία ArcEditor και Buffer Wizard. Έχοντας υπολογίσει τις ζώνες αποκλεισμού για κάθε κριτήριο ξεχωριστά, χρησιμοποιήσαμε μερικά εργαλεία του ArcGIS για να τις ενώσουμε και να δημιουργήσουμε τη τελική ακατάλληλη ζώνη και τη τελική προτεινόμενη ζώνη τοποθέτησης των ανεμογεννητριών και βάσει αυτών τοποθετήσαμε ενδεικτικά μερικές τριάδες ανεμογεννητριών στο χώρο της πολυτεχνειούπολης. Από την εργασία μας σε αυτό το κεφάλαιο, καταλήξαμε στο συμπέρασμα πως τα ΓΣΠ είναι απαραίτητα συστήματα για τη σχεδίαση αιολικών πάρκων, καθώς δίνουν τη δυνατότητα στο χρήστη να διαχειριστεί και να μελετήσει τα χωρικά δεδομένα της περιοχής, να χαράξει με ακρίβεια τις προτεινόμενες ζώνες και να πάρει τις κατάλληλες αποφάσεις σχετικά για την εγκατάσταση του αιολικού πάρκου.

Στο κεφάλαιο 6, κάναμε χωροθέτηση μέσω του ArcGIS 10 για τη τοποθέτηση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου στο χώρο του Π.Κ. και για τη τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων στα κτίρια του Π.Κ. για να εξετάσουμε τη συμβολή των ΓΣΠ στη χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών. Πρώτα απ'όλα, εξετάσαμε τα κριτήρια-περιορισμοί που πρέπει να τηρούνται. Αυτά αφορούσαν την αποδοτικότερη λειτουργία των Φ/Β πλαισίων και συγκεκριμένα τη σκίαση αυτών, και τη προστασία του περιβάλλοντος. Αφού αναλύσαμε τα κριτήρια-περιορισμοί που πρέπει να τηρούνται για τη τοποθέτηση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου, δημιουργήσαμε βάσει αυτών με τα κατάλληλα εργαλεία του ArcGIS 10 τις προτεινόμενες ζώνες. Στη συνέχεια, ασχοληθήκαμε με τη χωροθέτηση για τη τοποθέτηση Φ/Β πλαισίων στα κτίρια του Π.Κ. . Για τον υπολογισμό των Φ/Β πλαισίων που χωράνε στην οροφή του κάθε κτιρίου, δημιουργήσαμε ένα Grid με το ArcGIS 10, στο οποίο ορίσαμε το πλάτος και το μήκος του ίσα με το πλάτος και το μήκος του Φ/Β πλαισίου (λαμβάνοντας υπόψη την απόσταση για να μην υπάρχει σκίαση). Στη συνέχεια, έχοντας το Grid ίσο με τις διαστάσεις των Φ/Β πλαισίων μετρήσαμε πόσο Φ/Β πλαίσια μπορούν να χωρέσουν σε κάθε κτίριο. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων τα αποθηκεύσαμε σε ένα καινούργιο πεδίο του περιγραφικού πίνακα των κτιρίων και στη συνέχεια, μέσω της εντολής *Summarize* του

ArcMap υπολογίσαμε και αποθηκεύσαμε το συνολικό αριθμό των Φ/Β που μπορούν να μπουν στα κτίρια σε ένα καινούργιο πίνακα δεδομένων. Εκμεταλλευόμενοι τη δυνατότητα του *ArcGIS* να δημιουργεί αυτόματα γραφήματα από τις τιμές των πεδίων των περιγραφικών δεδομένων βγάλαμε τα γραφήματα που επιθυμούσαμε. Σε αυτό το κεφάλαιο, επειδή δε γνωρίζαμε εκ των προτέρων τις διαστάσεις των κτιρίων, χρησιμοποιήσαμε το εργαλείο *Measure* για να τις υπολογίσουμε με ακρίβεια. Από την εργασία μας σε αυτό το κεφάλαιο, καταλήξαμε στο συμπέρασμα πως τα ΓΣΠ είναι απαραίτητα συστήματα για τη σχεδίαση και την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών πάρκων και πλαισίων, καθώς δίνουν τη δυνατότητα στο χρήστη να διαχειριστεί και να μελετήσει τα χωρικά δεδομένα της περιοχής, να χαράξει με ακρίβεια τις προτεινόμενες ζώνες και να πάρει τις κατάλληλες αποφάσεις σχετικά για την εγκατάστασή τους.

Στο κεφάλαιο 7, ασχοληθήκαμε με την σύνδεση του *ArcGIS* με τα προγράμματα προσομοίωσης του δικτύου, όπως το *PowerWorld*, και εκμεταλλευόμενοι της σύνδεσης αυτής, μελετήσαμε το δίκτυο διασύνδεσης του Π.Κ. συνυπολογίζοντας σε αυτό το φωτοβολταϊκό πάρκο που εγκαταστήσαμε στο Κεφάλαιο 6. Το γεγονός ότι *ArcGIS* 10 αποθηκεύει τα δεδομένα του σε ξεχωριστά αρχεία (.shp μορφή), δίνει τη δυνατότητα στα προγράμματα προσομοίωσης του δικτύου, όπως το *PowerWorld*, να εισάγουν όποια δεδομένα θέλουν στο πρόγραμμά τους και να τα διαχειριστούν κατάλληλα. Τα σχήματα των περιγραφικών δεδομένων μένουν αναλλοίωτα κατά τη μεταφορά τους και ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ορίσει τον τρόπο εμφάνισής τους στο καινούργιο πρόγραμμα. Σήμερα, ολοένα και περισσότερα προγράμματα προσομοίωσης δικτύων μπορούν να υποστηρίξουν δεδομένα από το *ArcGIS*, γεγονός που επιβεβαιώνει τη σημαντικότητα του *ArcGIS* στο σχεδιασμό και την παρακολούθηση των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας. Το πρόγραμμα *PowerWorld*, προσφέρει αρκετές υπηρεσίες που σχετίζονται με το *ArcGIS*, όπως ο ορισμός των συντεταγμένων για τους ζυγούς και τους υποσταθμούς, η μετατροπή των δεδομένων του *ArcGIS* σε στοιχεία του συστήματος του *PowerWorld* και η αυτόματα εισαγωγή των πινάκων από τα ορισμένα από το χρήστη αρχεία πινάκων (*ArcGIS*). Όσον αφορά τη μελέτη του δικτύου του Π.Κ. , εκμεταλλευτήκαμε τη δυνατότητα που μας προσέφεραν τα ΓΣΠ και υπολογίσαμε με ακρίβεια τις αποστάσεις των κτιρίων, ζυγών, υποσταθμό κλπ. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να εκτιμήσουμε τις απώλειες του δικτύου και να επιλέξουμε το οικονομικότερο καλώδιο διασύνδεσης των διαφόρων ζυγών. Συνεπώς, τα ΓΣΠ είναι πολύ χρήσιμα για τη σχεδίαση ενός δικτύου μεταφοράς ή διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας.

Κατά την διάρκεια της εργασίας μας, χρησιμοποιήσαμε αρκετές ακόμα δυνατότητες που μας προσέφερε το *ArcGIS* 10. Δημιουργήσαμε και επεξεργαστήκαμε χάρτες προς εκτύπωση ή αποθήκευση με μεγάλη ευκολία και εκμεταλλευόμενοι τις τεράστιες δυνατότητες που μας έδινε το πρόγραμμα ως προς τον ορισμό του στυλ εμφάνισής τους. Επιπλέον, επιλέξαμε βάσει των προτιμήσεών μας τον τρόπο εμφάνισης των χωρικών δεδομένων στο πρόγραμμα, χρησιμοποιώντας πολλές φορές τις τυποποιημένες μορφές εμφάνισης των δεδομένων που μας προσέφερε το πρόγραμμα. Τέλος, πολύ χρήσιμη ήταν η δυνατότητα επιλογής των διαφόρων δεδομένων βάσει κάποιου περιγραφικού τους δεδομένου ή της θέσης τους ή κάποιου γραφικού τους στοιχείου χρησιμοποιήσαμε τις εντολές του προγράμματος, *Select by attribute* , *Select by Location* και *Select Elements*.

Έχοντας εργαστεί εκτενώς με το ArcGIS 10 , καταλήξαμε στο συμπέρασμα πως πρόκειται για ένα πολύ γρήγορο με τεράστιες δυνατότητες εργαλείο, το οποίο είναι ταυτοχρόνως πολύ εύκολο στη χρήση του, ακόμα και από άπειρους χρήστες. Επιπλέον, η δυνατότητα σύνδεσης του με διάφορα προγράμματα προσομοίωσης δικτύου, όπως το PowerWorld, καθιστά το ArcGIS 10 ως ένα απαραίτητο πρόγραμμα για την εγκατάσταση και την παρακολούθηση των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 8.2 : ΓΣΠ

Βιβλιογραφία και Αναφορές

- [1] Τσικαλάκης Αντώνιος, Διδάσκων 407 Π.Κ. «Πρόσθετες σημειώσεις για την Οικονομική Ανάλυση Επενδυτικών Σχεδίων», Σημειώσεις Π.Κ.
- [2] Σακελλαρίου Σταύρος και Πρεβεζιάνος Γεώργιος «Ανάλυση της Ροής Φορτίου σε συστήματα ισχύος με τη χρήση του λογισμικού PowerWorld Simulator», Διπλωματική Εργασία ΑΠΘ, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ, Θεσσαλονίκη, 2009
- [3] Γεώργιος Σταυρακάκης Καθηγητής Π.Κ. «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας», Σημειώσεις Π.Κ.
- [4] «Μαθαίνοντας τα GIS στην πράξη», Τσουχλαράκη Ανδρονίκη, Αχιλλέως Γεώργιος, Χανιά, 2010
- [5] «Getting to know ArcGIS desktop», Tim Ormsby, Eileen Napoleon, Robert Burke, Carolyn Groess, Laura Feaster, USA, 2004
- [6] «Εισαγωγή στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας», Γαβριήλ Β. Γιαννακόπουλος, Νικόλαος Α. Βοβός, Ιούλιος 2008, Πάτρα
- [7] «Wind Energy Handbook», Tony Burton, Αγγλία, Chechester, Μάρτιος 2004
- [8] «Wind and Solar Power Systems», Mukund R. Patel, USA, 1999
- [9] Μιχαήλ Σ. Ψαλλίδας «Καταγραφή δικτύου Μέσης Τάσης με Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS)», Διπλωματική εργασία, Πάτρα, Ιούνιος 2002
- [10] Παφίλης Απόστολος «Μελέτη και Προσομοίωση της Λειτουργίας των Κτιρίων της Πολυτεχνειούπολης σε δομή Μικροδικτύου», Διπλωματική εργασία, Χανιά, Σεπτέμβριος 2011
- [11] Αλεξάκης Δημήτρης, Κούλη Μαρία, «Εργαστήριο Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών – GIS», Σημειώσεις εργαστηρίου τμήματος Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος
- [12] Κωνσταντίνος Α. Νάτσης «Νομικό Και Οικονομικό Πλαίσιο Εγκαταστάσεων Ηλιακής Ενέργειας Στην Ελλάδα», Διπλωματική εργασία, Αθήνα, Ιούλιος 2007
- [13] Ευάγγελος Σ. Ευαγγελάτος «Ανάπτυξη και Υλοποίηση Γενικευμένης Μεθοδολογίας Βέλτιστης Χωροθέτησης Αιολικών Πάρκων», Διπλωματική εργασία, Χανιά, Σεπτέμβριος 2010
- [14] Ζωή Ν. Βρόντιση «Τεχνοοικονομική ανάλυση της ανάπτυξης αιολικής ενέργειας στις διασυνδεδεμένες Κυκλάδες», Διπλωματική εργασία, Αθήνα, Οκτώβριος 2006

- [15] A.E. Cengiz, Y. Guney, A. Cabuk «Determining Renewable Energy Efficiency in Eskisehir, Turkey: A GIS Based Solution», paper, 6th International Advanced Technologies Symposium (IAT'11), Elazig, Turkey, 16-18 Μαΐου, 2011
- [16] Καούσιας Κ., Μουσούλης Χ., «Χρήση εφαρμογών ΓΣΠ για την ανάπτυξη και υποστήριξη του συστήματος μεταφοράς», εργασία, Αθήνα
- [17] Κώστας Ανδρομίδας «Φωτοβολταϊκά Συστήματα», εργασία, Αθήνα, 7 Δεκεμβρίου, 2006
- [18] Chris Marnay, R. Cooper Richey, Susan A. Mahler, Sarah E. Bretz και Robert J. Markel «Estimating the Environmental and Economic Effects of Widespread Residential PV Adoption Using GIS and NEMS», paper, Environmental Energy Technologies Division , Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory ,University of California, October 1997
- [19] Jaroslav Hofierka, Marcel Suri «The solar radiation model for Open source GIS: implementation and applications», paper, Proceedings of the Open source GIS-GRASS users conference 2002, Trento, Italy, 11-13 Σεπτεμβρίου 2002
- [20] «Εθνικοί Δρυμοί της Ελλάδας», Wikipedia, ηλεκτρονική τοποθεσία : http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%B8%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%AF_%CE%B4%CF%81%CF%85%CE%BC%CE%BF%CE%AF_%CF%84%CE%B7%CF%82_%CE%95%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B1%CF%82
- [21] «Οι εθνικοί δρυμοί της Ελλάδας... υπό την προστασία μου», Αλεξανδροπούλου Παυλίνα graphic designer, 1^ο Πανελλήνιο Διεπιστημονικό Συνέδριο Τέχνης & Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης , Μάιος 2009 , ηλεκτρονική τοποθεσία : http://www.ekke.gr/estia/Cooper/Praktika_Synedrio_Evgenidio/Files/Text_files/III_Paralliles_Sinedries/Ergastiria/Alexandropoulou_ergastirio.pdf
- [22] Natura 2000 Network, ηλεκτρονική τοποθεσία : <http://natura2000.eea.europa.eu/#>
- [23] PowerWorld, Ηλεκτρονική τοποθεσία του παροχέα του προγράμματος PowerWorld Simulator: www.powerworld.com
- [24] Esri, Ηλεκτρονική τοποθεσία του παροχέα του προγράμματος ArcGIS Desktop 10: www.esri.com
- [25] Marathon Data Systems, Ηλεκτρονική τοποθεσία του παροχέα του προγράμματος ArcGIS Desktop 10: www.marathondata.gr
- [26] Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής, Εθνικό Πληροφοριακό Σύστημα για την Ενέργεια, Ηλεκτρονική τοποθεσία : <http://195.251.42.2/cgi-bin/nisehist.sh>