



Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας

Χωροθέτηση ΑΠΕ στη νήσο Μύκονο με τη χρήση της πολυκριτιριακής μεθόδου ανάλυσης

Πτυχιακή Εργασία

Δημήτρης Πολυκανδριώτης (Α.Μ. 21230)

Επιβλέπων καθηγητής: Χρίστος Χαλκιάς

Μέλη επιτροπής: Ισαάκ Παρχαρίδης

Κάτια Λαζαρίδη

Αθήνα, 2017

Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Τμήμα Γεωγραφίας

**Χωροθέτηση ΑΠΕ στη νήσο Μύκονο με τη χρήση της πολυκριτιριακής
μεθόδου ανάλυσης**

Πτυχιακή Εργασία του

Δημήτρη Πολυκανδριώτη

Επιβλέπων καθηγητής

Χρίστος Χαλκιάς

Εξεταστική Επιτροπή

Ισαάκ Παρχαρίδης

Κάτια Λαζαρίδη

Αθήνα, Ιούλιος 2017

Ο Δημήτρης Πολυκανδριώτης

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

- 1) Είμαι ο κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων της πρωτότυπης αυτής εργασίας και από όσο γνωρίζω η εργασία μου δε συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων.
- 2) Αποδέχομαι ότι η ΒΚΠ μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από τη ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

Περιεχόμενα

1	Πρόλογος	5
2	Εισαγωγή.....	6
2.1	Ηλιακή Ενέργεια	6
2.2	Ηλιακό Δυναμικό	7
2.3	Φωτοβολταϊκά συστήματα	9
3	Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών	10
3.1	Βιβλιογραφική Επισκόπηση	12
3.1.1	1 ^η Έρευνα: Optimal Site Selection for Solar PV Power Plant in an Indian State Using Geographical Information System (Οκτώβριος 2014)	12
3.1.2	2 ^η Έρευνα: Model for selecting locations for construction of solar power plant (15 Οκτωβρίου 2012)	15
3.1.3	3 ^η Έρευνα: Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain (27 Απριλίου 2013)	19
4	Νομοθεσία	21
5	Χωροθέτηση Φωτοβολταϊκού πάρκου στην Μύκονο.....	25
5.1	Περιοχή Μελέτης.....	25
6	Μεθοδολογία.....	28
6.1	Πηγές Δεδομένων.....	29
6.2	Καθορισμός Κριτηρίων	38
6.3	Ανάλυση Δεδομένων	39
6.3.1	Κριτήρια Αποκλεισμού	39
6.3.2	Κριτήρια Καταλληλότητας	42
6.3.2.1	Κλίση.....	42
6.3.2.2	Προσανατολισμός	45
6.3.2.3	Ορατότητα.....	47
6.3.2.4	Ζώνες Προστασίας	67
6.3.2.5	Κάλυψη/χρήση γης κατά CORINE	72
6.3.2.6	Άμεση Ηλιακή Ακτινοβολία.....	73

7	Αποτελέσματα	75
7.1	Σενάριο 1 ^ο	75
7.1.1	Σενάριο 1.1	75
7.1.2	Σενάριο 1.2 ^ο	77
7.2	Σενάριο 2 ^ο	79
7.3	Σύγκριση αποτελεσμάτων και Συμπεράσματα	85
8	Βιβλιογραφία	88
8.1	Βιβλία.....	88
8.2	Επιστημονικές έρευνες.....	88
8.3	Διπλωματικές- Πτυχιακές.....	89
8.4	Ιστοσελίδες	89
8.5	Χάρτες.....	90

1 Πρόλογος

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελεί το τελικό αποτέλεσμα των σπουδών μου στο Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο και συγκεκριμένα στο τμήμα Γεωγραφίας του. Βασικός στόχος της εργασίας αυτής είναι η χωροθέτηση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου στη νήσο Μύκονο χρησιμοποιώντας τα γεωγραφικά συστήματα πληροφορίας.

Ο λόγος για τον οποίο επιλέχθηκε η συγκεκριμένη περιοχή μελέτης και όχι κάποια άλλη έχει να κάνει με το γεγονός ότι κατάγομαι από το συγκεκριμένο νησί και θα ήθελα να πραγματοποιήσω κάποια εργασία που περιλαμβάνει τη Μύκονο. Επίσης, τα θέματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μου προκαλούν ιδιαίτερο ενδιαφέρον και έτσι αποφάσισα να συνδυάσω τους δύο αυτούς λόγους για να γράψω αυτήν την εργασία.

Για την εκπόνηση της εργασίας ήταν απαραίτητη η χρήση του προγράμματος ArcMap 10.3 του ArcGis (της εταιρείας ESRI), καθώς και η εφαρμογή Excel, μέσω του οποίου έγιναν οι υπολογισμοί για την δημιουργία των αποτελεσμάτων.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Χρίστο Χαλκιά, που μου έδωσε σημαντικές κατευθύνσεις στον εντοπισμό κατάλληλης βιβλιογραφίας και με βοήθησε σε διάφορες απορίες και δυσκολίες, που υπήρξαν κατά την εκπόνηση της εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, η οποία στάθηκε δίπλα μου και με στήριξε στα χρόνια των σπουδών μου στο Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.

2 Εισαγωγή

Στόχος της έρευνας- πτυχιακής είναι η χωροθέτηση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου στη νήσο Μύκονο με τη χρήση της πολυκριτιριακής μεθόδου ανάλυσης. Ο προβληματισμός πίσω από την επιλογή της συγκεκριμένης τοποθεσίας έχει κυρίως να κάνει με το λόγο ότι η Μύκονος είναι ένα ιδιαίτερα δημοφιλές νησί, που δέχεται αρκετές χιλιάδες κόσμο κάθε χρόνο. Αυτό το γεγονός έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργούνται μεγάλες απαιτήσεις σε ηλεκτρικό ρεύμα και πολλές φορές το υπάρχον δίκτυο ξεπερνάει τα όρια του, καθώς δεν μπορεί να καλύψει τις ανάγκες που δημιουργούνται τους καλοκαιρινούς μήνες. Βέβαια, αυτή η μεγάλη παρουσία τουριστών στο νησί δημιουργεί και περαιτέρω πιέσεις, οι οποίες μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα σχετικά με την τοποθέτηση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου. Έτσι, αξιοποιήθηκε η τεχνολογία των GIS για την χωροθέτηση των βέλτιστων θέσεων δημιουργίας φωτοβολταϊκού πάρκου στη ν. Μύκονο. Τέλος, αναφέρονται τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων και παρατίθενται τα συμπεράσματα της εργασίας.

2.1 Ηλιακή Ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια είναι η θερμότητα και η ακτινοβολία του φωτός που εκπέμπεται από τον Ήλιο και συλλέγεται από μια πληθώρα τεχνολογιών, όπως οι ηλιακοί θερμοσυσσωρευτές, τα φωτοβολταϊκά πάνελ, η ηλιακή αρχιτεκτονική και η τεχνητή φωτοσύνθεση. Πιο συγκεκριμένα, η ηλιακή ενέργεια είναι μια σημαντική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας και οι τεχνολογίες που μπορούν να αξιοποιήσουν την ενέργεια αυτή διαχωρίζονται σε δύο βασικές μεθόδους: την παθητική μέθοδο συλλογής και την ενεργή μέθοδο συλλογής.

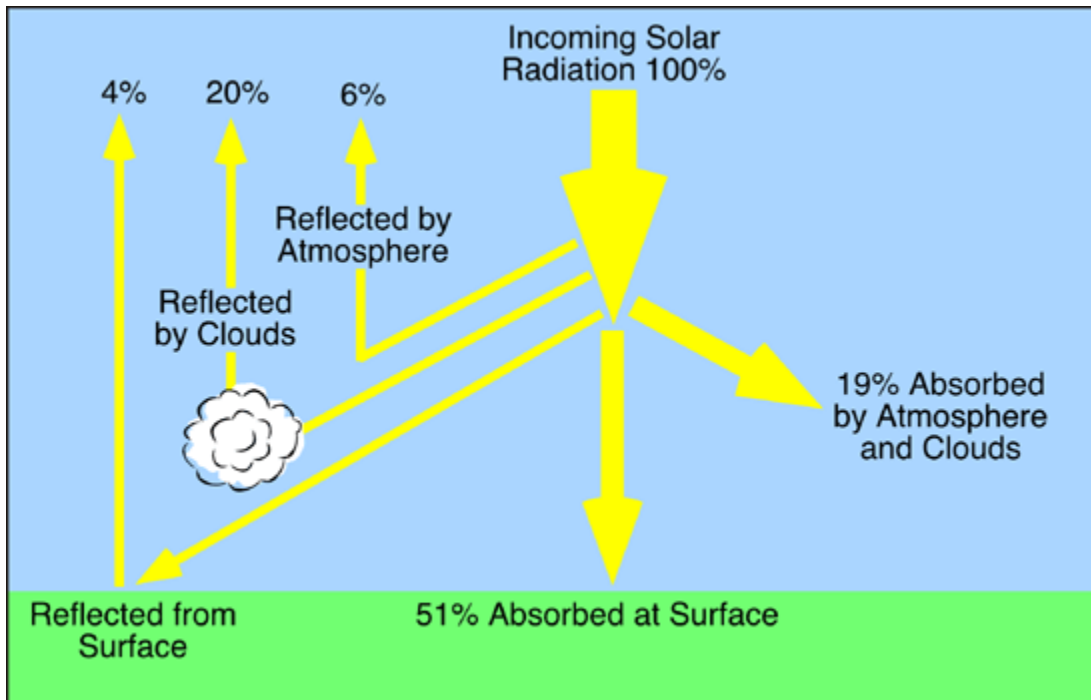
Στην παθητική μέθοδο η συλλογή, η αποθήκευση και η διανομή της ηλιακής ενέργειας γίνεται με τη μορφή της θερμότητας κατά τη διάρκεια του χειμώνα και με την απόρριψή ηλιακής θερμότητας το καλοκαίρι. Αντίθετα, στην ενεργή μέθοδο γίνεται χρήση σωλήνων ή φτερωτών, οι οποίοι κυκλοφορούν υγρό ή αέρα αντίστοιχα μέσω ηλιακών συλλεκτών.

Μερικά από τα βασικά πλεονεκτήματα των ενεργών συστημάτων συλλογής βρίσκονται στον τρόπο λειτουργίας, καθώς συστήματα ελέγχου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αυξήσουν την αποτελεσματικότητά τους. Επίσης, τα

συστήματα αυτά είναι χρήσιμα σε διάφορες δραστηριότητες όπως η θέρμανση νερού, ο κλιματισμός κτιρίων, οι βιομηχανικές εργασίες και η αφαλάτωση.

2.2 Ηλιακό Δυναμικό

Η γη λαμβάνει κάθε χρόνο 174PW εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας. Ωστόσο το 30% της ηλιακής ακτινοβολίας αντανακλάται πίσω στο διάστημα και το υπόλοιπο απορροφάται από τα σύννεφα, τους ωκεανούς και το έδαφος.



Εικόνα 1: Ανάκλαση Ηλιακής Ακτινοβολίας (physicalgeography.net)

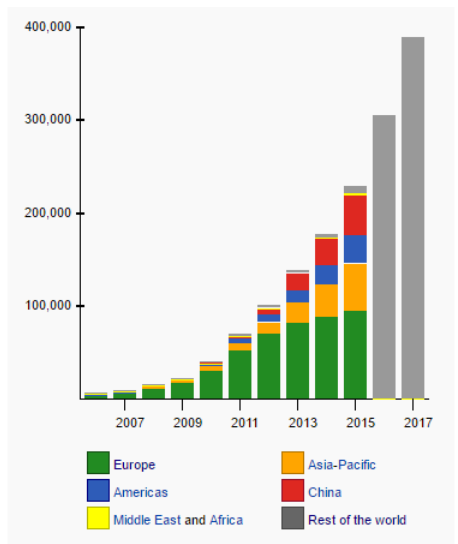
Για να μπορέσει κάποιος να υπολογίσει το ηλιακό δυναμικό που υπάρχει σε μια περιοχή θα πρέπει να λάβει υπόψιν του αρκετούς παράγοντες. Πρέπει να ληφθούν υπόψιν η ατμόσφαιρα και η μορφολογία του εδάφους. Η ατμόσφαιρα ειδικά μπορεί να επηρεάσει το ηλιακό δυναμικό μέσω των αερίων που υπάρχουν, καθώς και με τα στερεά και υγρά σωματίδια και τα σύννεφα. Τα σύννεφα μάλιστα μπορούν να μειώσουν το ηλιακό δυναμικό σε μεγάλο βαθμό ανάλογα με το πάχος τους, τη θέση τους, τη στρωμάτωση τους και τις οπτικές τους ιδιότητες. Ένας ακόμη παράγοντας που επηρεάζει το ηλιακό δυναμικό είναι το γεωγραφικό πλάτος, που προέρχεται από τη γεωμετρία της γης και τη κίνηση της γύρω από τον ήλιο. Συγκεκριμένα επηρεάζονται η ηλιακή απόκλιση και η ωριαία γωνία.

Πρέπει βέβαια να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση και στην τοπική κλίμακα όταν κάποιος θέλει να υπολογίσει το ηλιακό δυναμικό. Σημαντικοί παράγοντες είναι το υψόμετρο, η κλίση του εδάφους, ο προσανατολισμός της κλίσης και η σκίαση.

Γενικά, οι μεταβλητές που χρειάζονται για τον υπολογισμό του ηλιακού δυναμικού είναι οι εξής:

- Η ωριαία γωνία, η οποία καθορίζει πόσο ανατολικά ή δυτικά είναι ο ήλιος από τον τοπικό μεσημβρινό.
- Η απόκλιση του ηλίου, η οποία υποδεικνύει τη γωνία ανάμεσα στη διεύθυνση του ηλίου και του επιπέδου του ισημερινού της Γης.
- Η ζενίθια γωνία, η οποία είναι η γωνία ανάμεσα στη θέση του ηλίου και την ακριβώς κατακόρυφη ζενίθια θέση.
- Η αζιμουθια γωνία, η οποία εκφράζει τη γωνία ανάμεσα σε ένα οριζόντιο επίπεδο, με τον νότο να είναι το σημείο αναφοράς, και την προβαλλόμενη θέση του ηλίου πάνω σε ένα οριζόντιο επίπεδο.
- Η κλίση του εδάφους, η οποία εκφράζεται ως η γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα σε δύο σημεία πάνω στο έδαφος, όπου υπολογίζεται με βάση την απόστασή τους και τη διαφορά ύψους τους.
- Ο προσανατολισμός της κλίσης, ο οποίος λειτουργεί σαν πυξίδα και υποδηλώνει την διεύθυνση του ορίζοντα στην οποία «κοιτάζει» η κλίση του εδάφους.

Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί ένα από τις πιο σημαντικές και γενικά σταθερές πηγές από τις οποίες μπορεί ο άνθρωπος να αντλήσει ενέργεια.



Στο διπλανό διάγραμμα παρατηρείται η σωρευτική ικανότητα σε MW των φωτοβολταϊκών πάρκων των τελευταίων ετών. Η ικανότητα αυτή έχει αυξηθεί ραγδαία μέσα σε λιγότερο από μια δεκαετία και οι προοπτικές ότι η άνοδος αυτή θα συνεχιστεί φαίνονται ιδιαίτερα ελπιδοφόρες. Ωστόσο πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην Αφρική και στη μέση Ανατολή, όπου παρά το γεγονός ότι είναι περιοχές με ιδιαίτερα υψηλές τιμές ηλιακής ακτινοβολίας παρουσιάζουν πολύ μικρά μεγέθη σε σωρευτική ικανότητα.

Εικόνα 2: Σωρευτική ικανότητα
(Wikipedia.org)

2.3 Φωτοβολταϊκά συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν το ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας ημι-αγωγούς, που παρουσιάζουν το φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από ηλιακά πάνελ, τα οποία περιέχουν ηλιακά κύτταρα που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Τα συστήματα αυτά μπορεί να τοποθετηθούν στο έδαφος, στις οροφές ή στους τοίχους κατασκευών. Οι βάσεις των συστημάτων αυτών μπορεί να είναι σταθερές ή να ακολουθούν την πορεία του ήλιου χρησιμοποιώντας ένα ηλιακό ανιχνευτή.



ΕΙΚΟΝΑ 3: ΤΥΠΙΚΟ Φ/Β ΠΑΡΚΟ (TECHNOLOGYSTUDENT.COM)

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να διαχωριστούν στις παρακάτω κατηγορίες:

α) Ενσωματωμένα συστήματα σε οροφές και κτίρια.

Τα συστήματα αυτά, συνήθως τοποθετούνται εκ των υστέρων σε ήδη υπάρχοντα κτίρια στις στέγες ή στους τοίχους των κτιρίων αυτών. Διαφορετικά, τα πάνελ μπορούν να τοποθετηθούν ξεχωριστά από το κτίριο και να συνδεθούν με αυτό μέσω καλωδίων παροχής ρεύματος.

β) Αυτόνομα συστήματα.

Τα συστήματα αυτά επωφελήθηκαν ιδιαίτερα από την τεχνολογία των οθονών υγρών κρυστάλλων και χρησιμοποιούνται σε περιοχές όπου τα κόστη κατασκευής δικτύου σύνδεσης είναι απαγορευτικά.

3 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Έχουν υπάρξει πολλές προσπάθειες με σκοπό να ορίσουν τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών. Οι περισσότερες από αυτές τις προσπάθειες έδωσαν έμφαση σε δύο βασικά χαρακτηριστικά των συστημάτων αυτών, την τεχνολογία και/ή τη λύση προβλημάτων. Οι τεχνολογικές προσεγγίσεις όρισαν τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών ως ένα σύνολο εργαλείων για την εισαγωγή, αποθήκευση, εξαγωγή, χειρισμό, επεξεργασία και παραγωγή χωρικών δεδομένων. Όμως, αυτή η προσέγγιση αγνοεί τελείως το άλλο χαρακτηριστικό των γεωγραφικών συστημάτων που είναι η λύση προβλημάτων. Ωστόσο, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η λειτουργικότητα των GIS μπορεί να παίξει ένα σημαντικό ρόλο σε μία ολοκληρωμένη λήψη αποφάσεων. Σύμφωνα, λοιπόν, με τους Foote και Lynch, τα GIS μπορούν να θεωρηθούν ως μία βάση δεδομένων ειδικού σκοπού στην οποία ένα κοινό χωρικό σύστημα συντεταγμένων είναι ο βασικός τρόπος αποθήκευσης, πρόσβασης δεδομένων και πληροφοριών. Ακόμη, τα GIS έχουν τη δυνατότητα να πραγματοποιούν πολλαπλές εντολές χρησιμοποιώντας τα χωρικά και τα χαρακτηριστικά δεδομένα που είναι αποθηκευμένα σε αυτά.

Θα ήθελα να προσθέσω, ότι τα GIS είναι μία ολοκληρωμένη τεχνολογία, καθώς ενσωματώνει μια πληθώρα γεωγραφικών τεχνολογιών, όπως το remote sensing (RS), global positioning system (GPS), computer aided design (CAD) και automated mapping and facilities management (AM/FM). Στη συνέχεια, οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να ενσωματωθούν με τεχνικές ανάλυσης και απόφασης. Μία ακόμη σημαντική παρατήρηση είναι ότι ο σκοπός των GIS είναι η προσφορά υποστήριξης στη λήψη αποφάσεων, δηλαδή τα GIS μπορούν να υπολογιστούν ως «ένα σύστημα υποστήριξης και αποφάσεων χρησιμοποιώντας την ενσωμάτωση χωρικών δεδομένων σε ένα περιβάλλον λύσης προβλημάτων». Ουσιαστικά καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι τα GIS χρησιμοποιούνται για τη λήψη αποφάσεων, καθώς ο τρόπος με τον οποίο τα δεδομένα εισάγονται, αποθηκεύονται και αναλύονται στα GIS αντικαθρεπτίζει τον τρόπο με τον οποίο η πληροφορία θα χρησιμοποιηθεί για μια συγκεκριμένη ανάλυση ή για τη λήψη αποφάσεων. Ουσιαστικά τα GIS δεν πρέπει να θεωρηθούν ως λογισμικό ή υλικό (hardware), αλλά ως μια διαδικασία.

Λόγω, λοιπόν, των παραπάνω χαρακτηριστικών που διαθέτουν, τα γεωγραφικά συστήματα αποτελούν ένα ιδανικό εργαλείο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές διαφορετικές εφαρμογές. Διαβάζοντας τη σχετική βιβλιογραφία μπορούμε να αναφέρουμε κάποιες ενδεικτικές εφαρμογές στις οποίες χρησιμοποιούνται τα GIS:

- Ανάπτυξη γεω-δημογραφικού συστήματος,

- Διαχείριση του περιβάλλοντος,
- Χωροθέτηση οικονομικών δραστηριοτήτων,
- Ανάλυση αγοράς για λήψη αποφάσεων,
- Αστικός σχεδιασμός, όπως κτηματολόγιο, χρήσεις γης,
- Περιφερειακός σχεδιασμός, όπως επενδυτικά σχέδια, χωρική ανάλυση ανισοτήτων, προγράμματα ανάπτυξης περιφερειακού σχεδιασμού,
- Δίκτυα διανομών και πωλήσεων,
- Εκπαίδευση,
- Υγεία,
- Φορολογία,
- Διαχείριση δικτύων,
- Οργανισμοί κοινής ωφέλειας,
- Περιβάλλον και ζώνες προστασίας,
- Στρατηγικά σχέδια,
- Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

3.1 Βιβλιογραφική Επισκόπηση

3.1.1 1^η Έρευνα: Optimal Site Selection for Solar PV Power Plant in an Indian State Using Geographical Information System (Οκτώβριος 2014)

Πριν, λοιπόν, ξεκινήσει η επεξεργασία των δεδομένων, πρέπει να ερευνηθούν τα βήματα και οι ενέργειες που άλλοι ερευνητές και επιστήμονες πραγματοποίησαν για να λύσουν το ίδιο πρόβλημα που θα προσπαθήσει να λύσει η εργασία μας.



Εικόνα 4: Rajasthan (wikipedia.org)

Πρώτα θα αναφερθεί η μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τους επιστήμονες Ghazanfar Khan και Shikha Rathi, μέλη του τμήματος Mechanical Engineering του πανεπιστημίου BITS-Pilani Hyderabad της Ινδίας με τίτλο «**Optimal Site Selection for Solar PV Power Plant in an Indian State Using Geographical Information System**». Η έρευνα αυτή είχε στόχο την χωροθέτηση φωτοβολταϊκού πάρκου στην περιφέρεια Rajasthan της Ινδίας. Μία από τις πρώτες κινήσεις τους ήταν ο προσδιορισμός των κριτηρίων που θα χρησιμοποιούσαν για την ανάλυση. Τα κριτήρια αυτά ήταν:

- α) Διαθεσιμότητα ηλιακής ακτινοβολίας,
- β) Διαθεσιμότητα κενών εκτάσεων,
- γ) Προσβασιμότητα από τις εθνικές οδούς,
- δ) Απόσταση από το υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο,
- ε) Διαφοροποίηση στο τοπικό κλίμα,
- στ) Χρήση των περιοχών,
- ζ) Τοπογραφία της περιοχής,
- η) Γεωτεχνικά θέματα,
- θ) Γεωτεχνικά πολιτικά θέματα,
- ι) Module soiling.

Στην συνέχεια διαχώρισαν τα κριτήρια σε δύο κατηγορίες, σε κριτήρια ανάλυσης και σε κριτήρια αποκλεισμού, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Κριτήρια Ανάλυσης	Κριτήρια αποκλεισμού
Διαθεσιμότητα ηλιακής ακτινοβολίας	Διαφοροποίηση στο τοπικό κλίμα
Διαθεσιμότητα κενών εκτάσεων	Χρήση των περιοχών
Προσβασιμότητα από τις εθνικές οδούς	Εξέταση των γεωπολιτικών θεμάτων
Απόσταση από το υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο	Module soiling
Τοπογραφία της περιοχής	

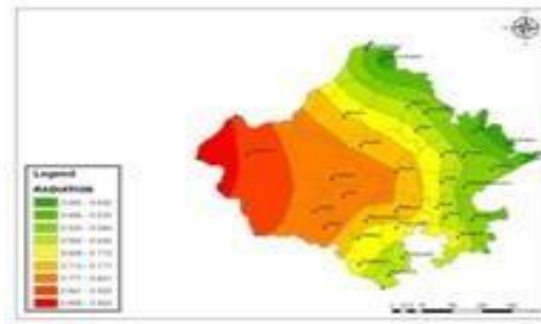
Πίνακας 1: Κριτήρια

Αφού, λοιπόν, προσδιόρισαν όλα τα απαιτούμενα κριτήρια και τον τρόπο με τον οποίο θα τα επεξεργαστούν, ξεκίνησαν την ανάλυση τους και την δημιουργία των χαρτών. Μία από τις πρώτες επεξεργασίες τους ήταν η μετατροπή όλων των γεωγραφικών δεδομένων τους σε ράστερ αρχεία με δημιουργημένη κλίμακα τιμών 1 έως 9 με το 1 να αντιστοιχεί στην βέλτιστη τιμή = μεγαλύτερη καταλληλότητα. Στην συνέχεια παρατίθενται ενδεικτικά κάποια από τα στοιχεία και τους χάρτες που δημιούργησαν.

Πρώτα παρουσιάζεται η ταξινόμηση των τιμών της ηλιακής ακτινοβολίας σε μια δημιουργημένη κλίμακα, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα και χάρτη:

CONTINUOUS VALUE (in kWh/m ² /day)	DISCRETIZED VALUE
5.392-5.456	9
5.456-5.520	8
5.520-5.584	7
5.584-5.648	6
5.648-5.713	5
5.713-5.777	4
5.777-5.841	3
5.841-5.905	2
>5.905-5.969	1

Πίνακας 2: Ηλιακή Ακτινοβολία



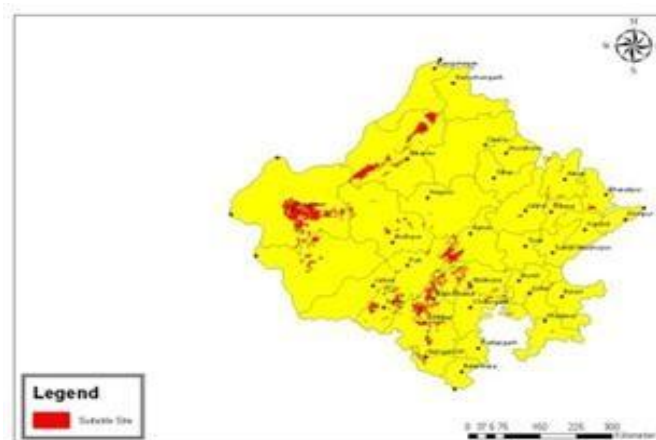
Χάρτης 1: Χαρτογραφική απεικόνιση της ηλιακής ακτινοβολίας

Στη συνέχεια παρατίθενται η μετατροπή της απόστασης από τις εθνικές οδούς σε δημιουργημένη κλίμακα όπως φαίνεται παρακάτω:

CONTINUOUS VALUE (distance from highways in km)	DISCRETIZED VALUE
0-5	1
5-10	2
10-15	3
15-20	4
20-25	5

Πίνακας 3: Μετατροπή Απόστασης

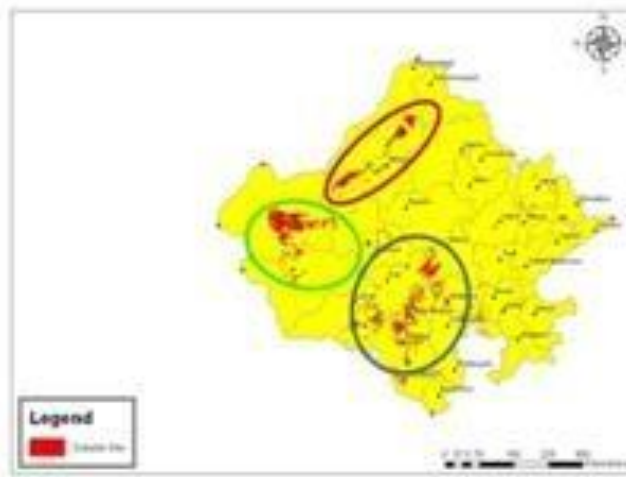
Αφού, λοιπόν πραγματοποιήσαν την παραπάνω επεξεργασία για όλα τα δεδομένα, κατέληξαν σε ένα χάρτη όπου φαίνονται οι περιοχές που πληρούν όλα τα κριτήρια.



Χάρτης 2 : Χάρτης διασταύρωσης όλων των χαρτογραφικών

Στη συνέχεια εντόπισαν τις περιοχές τις οποίες θεώρησαν ότι πλησιάζουν πιο κοντά

στην τιμή 1. Έτσι έχουμε τον παρακάτω χάρτη, ο οποίος ουσιαστικά μας λέει τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξαν οι ερευνητές:



Χάρτης 3: Αναταξινόμηση διαφόρων περιοχών σε τρεις περιοχές

Σύμφωνα, λοιπόν, με το χάρτη αυτό, η καλύτερη τοποθεσία για κατασκευή φωτοβολταϊκού πάρκου είναι η περιοχή που έχει κυκλωθεί με πράσινο. Ο λόγος για την επιλογή αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι η περιοχή αυτή έχει την μεγαλύτερη απόδοση με βάση την ηλιακή ακτινοβολία για όλο το έτος.

3.1.2 2^η Έρευνα: [Model for selecting locations for construction of solar power plant \(15 Οκτωβρίου 2012\)](#)

Η δεύτερη έρευνα η οποία θα αναφερθεί, πραγματοποιήθηκε από τους επιστήμονες Ljudevit Krpan, Višnja Šteko και Željko Koren με τίτλο «**Model for selecting locations for**



Εικόνα 5: Primorje – Gorski (wikipedia.org)

construction of solar power plants» και αφορούσε την περιοχή Primorje – Gorski της Κροατίας.

Σκοπός της έρευνας αυτής ήταν η επιλογή κατάλληλων περιοχών για την κατασκευή ενός σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τη αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Η έρευνα αυτή αν το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε για να γίνει η

επιλογή των καταλληλότερων περιοχών για την κατασκευή του σταθμού.

Βασικό χαρακτηριστικό του μοντέλου που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο διαχωρισμός των δεδομένων σε δύο διαφορετικά είδη κριτηρίων, τα οποία ήταν το μοντέλο ελκυστικότητας και το μοντέλο τρωτότητας. Στην συγκεκριμένη εικόνα βλέπουμε τον τρόπο με τον οποίο θα διαχωριστούν και θα επεξεργαστούν τα δεδομένα, έτσι ώστε να παράξουν το μοντέλο καταλληλότητας.

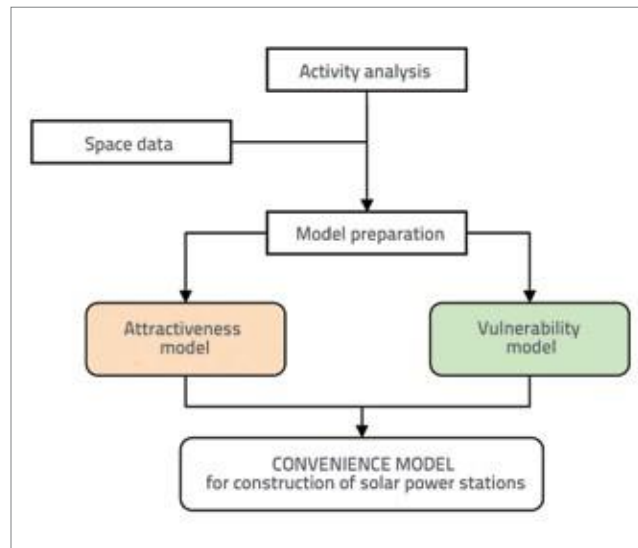


Figure 1: Μοντέλο διαχωρισμού

Στην συνέχεια παρατίθενται τα μοντέλα επεξεργασίας που θα χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία των κριτηρίων των μοντέλων ελκυστικότητας και ευπάθειας:

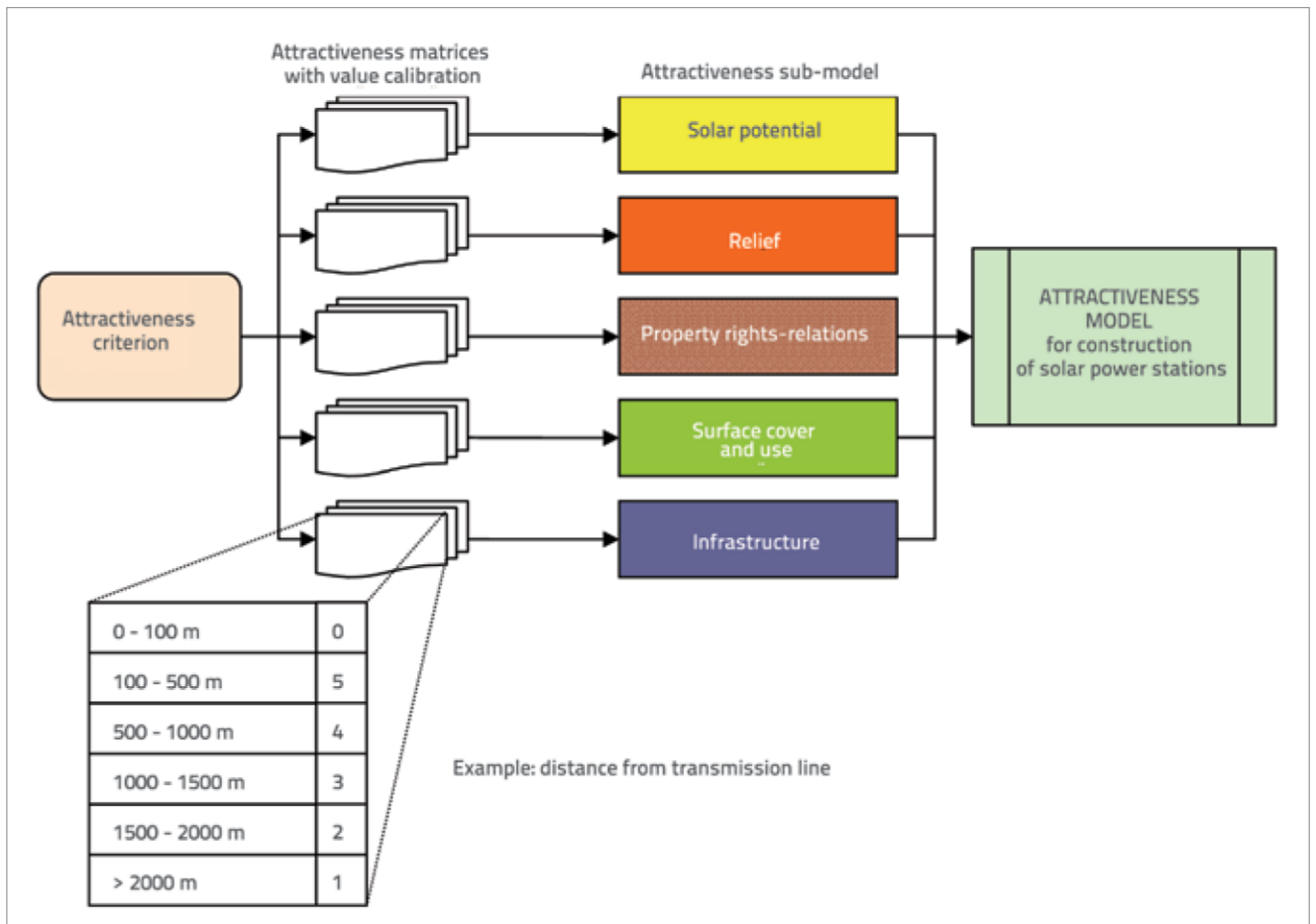


Figure 3: Μοντέλο Ελκυστικότητας

Παρατηρείται ότι γίνεται μετατροπή των βασικών μεγεθών. Στην προκειμένη περίπτωση οι ζώνες γύρω από τις οδούς αναταξινομούνται σε καινούρια κλίμακα 0 έως 5, όπου το 5 είναι η βέλτιστη τιμή. Αυτή η διαδικασία πραγματοποιείται για όλα τα δεδομένα που αφορούν την ηλιακή ακτινοβολία, την κάλυψη γης και τις υποδομές. Έτσι, στο τέλος ενοποιούνται όλα τα διαμορφωμένα στοιχεία-κριτήρια με αποτέλεσμα την δημιουργία του μοντέλου ελκυστικότητας.

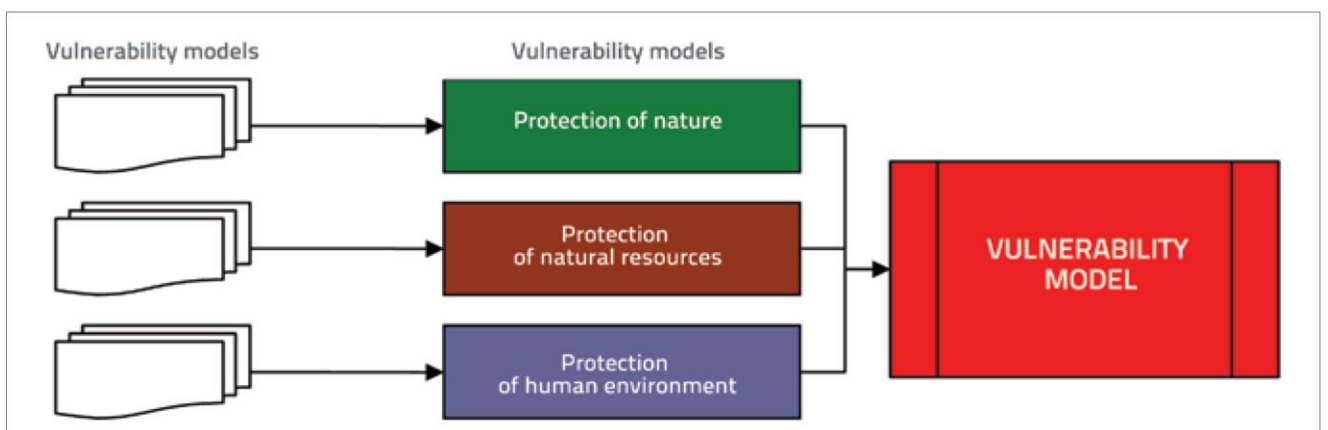


Figure 4: Μοντέλο ευπάθειας

Η παραπάνω εικόνα περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να γίνει το μοντέλο ευπάθειας. Παρατηρούμε ότι τα κριτήρια αποκλεισμού που χρησιμοποιήθηκαν έχουν σχέση με το φυσικό περιβάλλον (προστατευόμενες περιοχές), τους φυσικούς πόρους και το ανθρώπινο περιβάλλον. Έτσι, στην συνέχεια ενοποιούνται όλα αυτά τα κριτήρια με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα μοντέλο που απεικονίζει τις περιοχές αποκλεισμού.

Αφού, λοιπόν δημιουργήθηκαν τα δύο μοντέλα, στη συνέχεια θα πρέπει να ενωθούν και να δημιουργήσουν το τελευταίο χάρτη που θα απεικονίζει τις περιοχές καταλληλότητας. Η διαδικασία αυτή γίνεται με το παρακάτω μοντέλο, το οποίο ουσιαστικά ορίζει τις περιοχές σε έξι κατηγορίες από 0 έως 5.

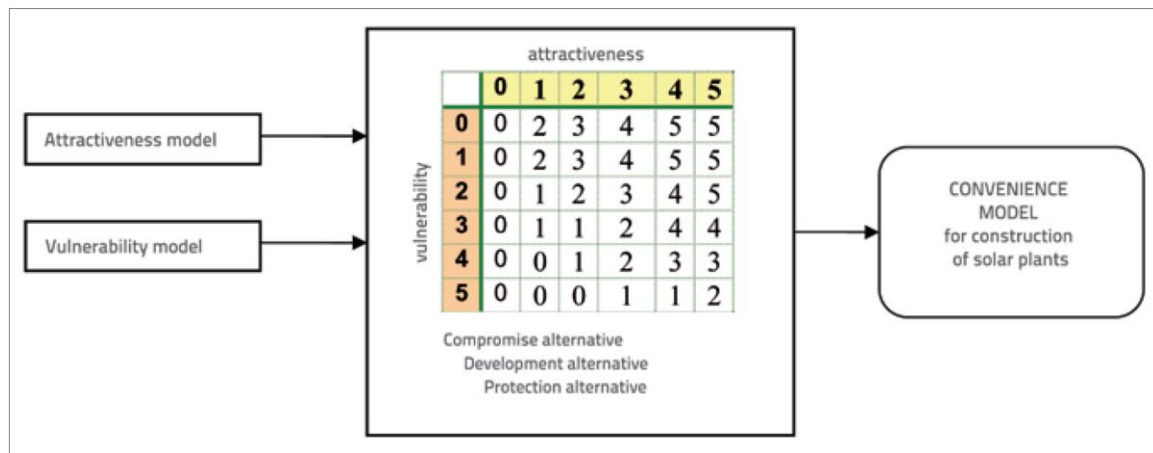
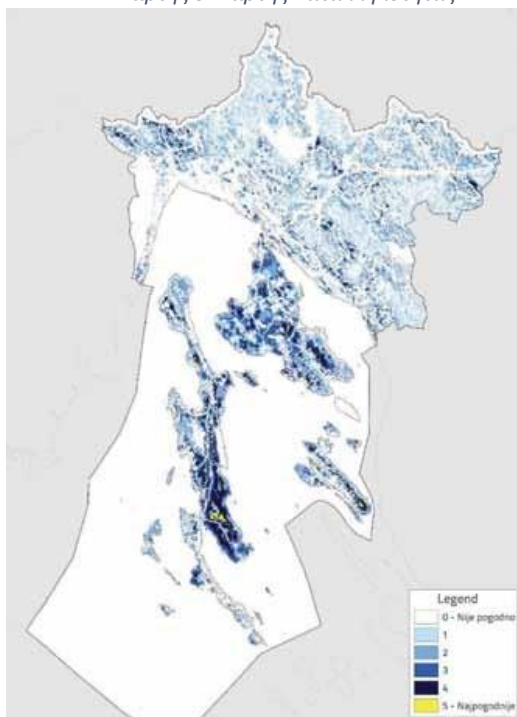


Figure 5: Τελικό Μοντέλο Καταλληλότητας

Χάρτης 5: Χάρτης Καταλληλότητας



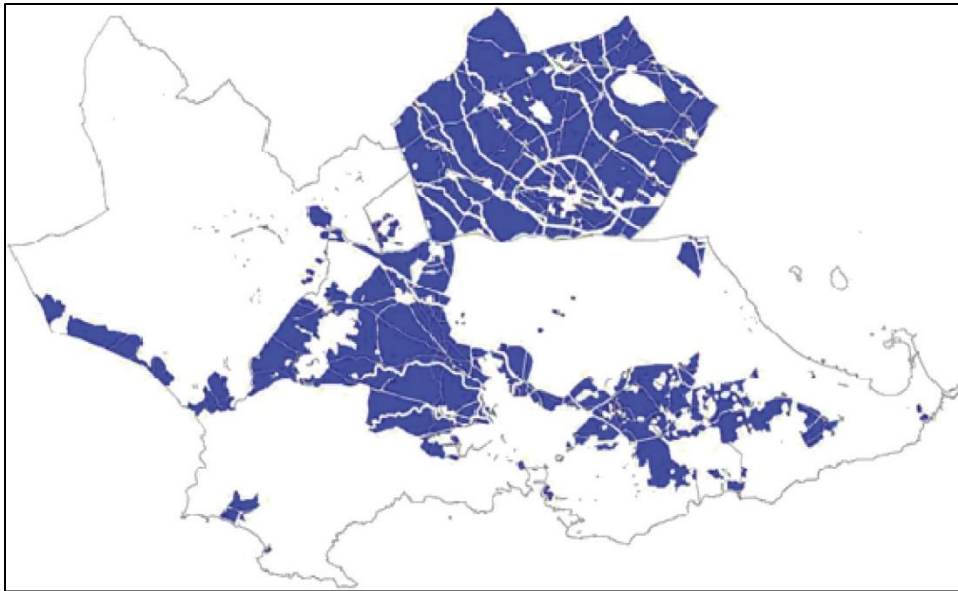
Έτσι, λοιπόν, δημιουργείται ο χάρτης καταλληλότητας, ο οποίος απεικονίζει τα αποτελέσματα της έρευνας:

Ο χάρτης αυτός απεικονίζει με κλίμακα από 0 έως 5 τις περιοχές, οι οποίες είναι οι πιο κατάλληλες για τη δημιουργία του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση ηλιακής ενέργειας. Οι ερευνητές παρατήρησαν ότι οι πιο ευνοϊκές περιοχές για την κατασκευή του σταθμού είναι στα παράλια και στο νησί της περιοχής υπό έρευνα. Αυτό σημαίνει ότι οι περιοχές αυτές συγκεντρώνουν σε μεγαλύτερο βαθμό ένα συνδυασμό υψηλής ελκυστικότητας και χαμηλής τρωτότητας.

3.1.3 3^η Έρευνα: Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain (27 Απριλίου 2013)

Η τρίτη και τελευταία έρευνα στην οποία θα γίνει αναφορά, πραγματοποιήθηκε από τους ερευνητές Juan M. Sánchez-Lozano, Jerónimo Teruel-Solano, Pedro L. Soto-Elvira και M. Socorro García-Cascales με τίτλο «**Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making(MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain**».

Σκοπός της έρευνας αυτής ήταν ο εντοπισμός των καλύτερων δυνατών τοποθεσιών για κατασκευή ηλιακών φαρμών στην νότια-ανατολική Ισπανία. Μια από τις πρώτες ενέργειες που πραγματοποιήσαν οι ερευνητές ήταν να αποκλείσουν όλες εκείνες τις περιοχές οι οποίες είχαν απαγορευτικούς περιορισμούς για την κατασκευή των φαρμών. Έτσι, δημιούργησαν ένα γεωγραφικό επίπεδο που παρουσιάζει μόνο τις επιλέξιμες περιοχές:



Χάρτης 6: Χάρτης Καταλληλότητας

Στη συνέχεια έχουμε την επεξεργασία των περιοχών αυτών με βάση κάποια κριτήρια τα οποία μπορούν να διαχωριστούν σε τέσσερις βασικές κατηγορίες, όπως βλέπουμε

στο παρακάτω διάγραμμα:

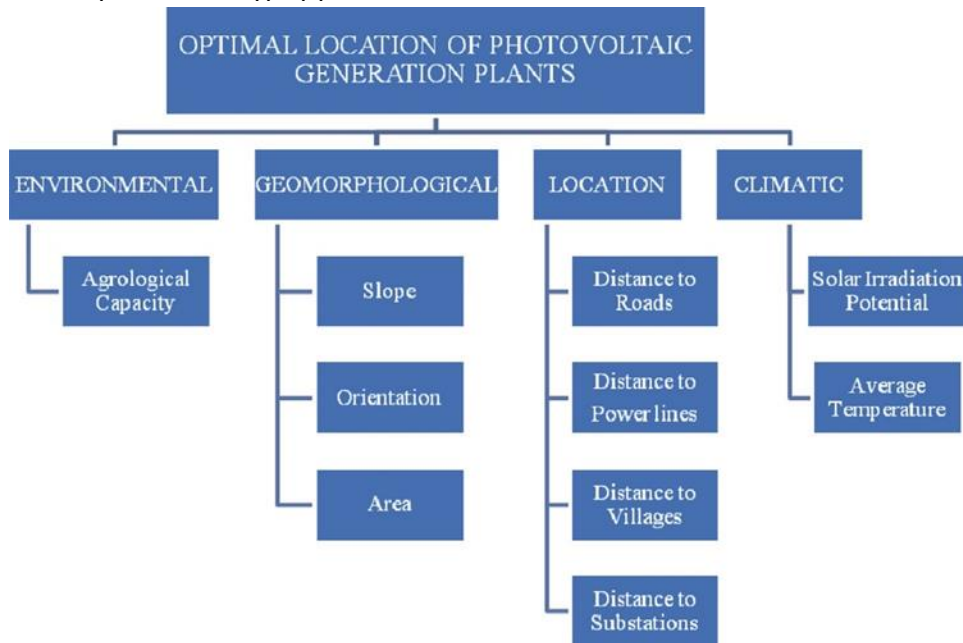
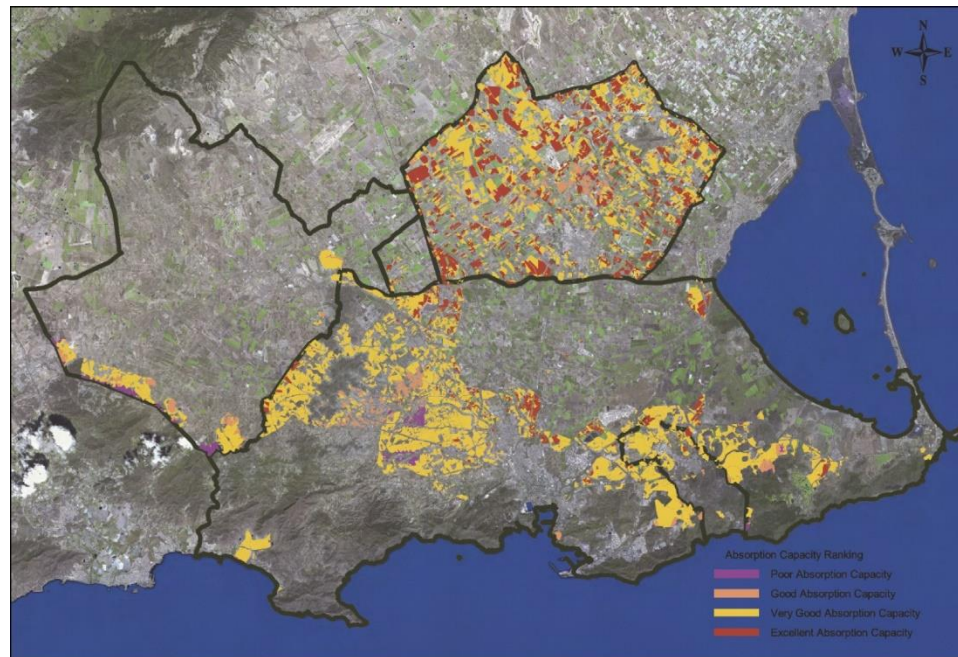


Figure 6: Ιεραρχία των κριτηρίων

Μετά την δημιουργία των θεματικών επιπέδων πληροφορίας, στη συνέχεια οι ερευνητές πρόσθεσαν βάρη σημαντικότητας στα δεδομένα, τα οποία παρήγαν και προσπάθησαν να ιεραρχήσουν τις περιοχές με βάση αυτά τα βάρη.

Criteria	Weight (%)	Factor	Weight of factor (%)
Environmental	5.553	Agrological capacity	5.553
Orographical	17.259	Land slope	11.203
		Land orientation	4.815
		Plot areas	1.241
Location	48.625	Distance to villages	2.849
		Distance to main roads	4.291
		Distance to substations	8.946
		Distance to power lines	32.539
Climate	28.562	Solar irradiation potential	23.802
		Average temperature	4.7604

Έτσι, λοιπόν, έχουμε ως αποτέλεσμα ένα θεματικό χάρτη, ο οποίος περιλαμβάνει όλες τις περιοχές ταξινομημένες με βάση την καταλληλότητα κατασκευής ηλιακών φαρμών:



Χάρτης 7: Τελικός χάρτης αποτελεσμάτων

4 Νομοθεσία

Η Ελλάδα, ως μια χώρα με μεγάλα ποσοστά ηλιακής κάλυψης το χρόνο, αποτελεί ένα εξαιρετικό χώρο για την ανάπτυξη των ηλιακών πάρκων. Για αυτό το λόγο έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες για τη διάρθρωση ενός νομοθετικού πλαισίου το οποίο μπορεί να συμβάλλει στη δημιουργία και την ανάπτυξη εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας.

Ο πρώτος νόμος ο οποίος αρχίζει να καθορίζει το αναπτυξιακό περιβάλλον των ΑΠΕ είναι ο νόμος **2244/94**. Σύμφωνα, λοιπόν, με το νόμο αυτό δημιουργείται το θεσμικό πλαίσιο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές δίνοντας ισχυρά οικονομικά κίνητρα για προσέλκυση ιδιωτικών κεφαλαίων. Τα κίνητρα τα οποία προσέφερε το ελληνικό κράτος με το νόμο αυτό ήταν οι ιδιαίτερα σταθερές και υψηλές τιμές αγοράς ενέργειας από τους παραγωγούς ΑΠΕ, καθώς και η παροχή σταθερού επιχειρησιακού περιβάλλοντος με τη σύναψη δεκαετών συμβολαίων αγοράς

ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, ο νόμος αυτός υποχρεώνει τη ΔΕΗ να αγοράζει την ενέργεια που παράγεται από τους ανεξάρτητους παραγωγούς.

Ο επόμενος νόμος, ο οποίος άλλαξε ριζικά το περιβάλλον ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι ο νόμος **2773/99**. Ο νόμος αυτός καθόρισε το βασικό πλαίσιο πάνω στο οποίο θα απελευθερωνόταν η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας από παραγωγή ΑΠΕ. Επίσης, ο νόμος αυτός όριζε την ίδρυση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ) και την μετατροπή της ΔΕΗ σε ανώνυμη εταιρεία.

Επειδή ο νόμος **2773/99** άλλαξε τον τρόπο με τον οποίο οριζόταν η τιμή αγοράς ενέργειας που είχε καθιερωθεί το 1994, πολλοί αναλυτές θεωρούν ότι η αλλαγή αυτή δεν προσέφερε τα αποτελέσματα που αναμένονταν.

Βέβαια, το νομοθετικό έργο δεν τελειώνει με τους παραπάνω νόμους. Μερικά χρόνια αργότερα, ψηφίζεται ο νόμος **3299/2004**. Ο νόμος αυτός καθορίζει τα μέτρα με τα οποία το κράτος στηρίζει την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Ελλάδα, τα οποία είναι τα εξής:

- Απαλλαγή φόρου 100% στο κόστος επένδυσης από ΑΠΕ για μια δεκαετία.
- 40% επιδότηση στο ολικό κόστος κατασκευής για ΑΠΕ στη Θράκη και την Ανατολική Μακεδονία και 30% στο νομό Αττικής και στο νομό Θεσσαλονίκης.
- Είναι αναγκαίο να διατίθενται ιδιωτικά κεφάλαια στο 25% του συνολικού κόστους επένδυσης.
- Τα ιδιωτικά κεφάλαια επένδυσης κυμαίνονται από 100.000€ έως 500.000€.
- Το υψηλότερο κεφάλαιο επιχορήγησης αγγίζει τα 20.000.000€.
- Ποσοστό επιχορήγησης ή φοροαπαλλαγής ανεξάρτητο της τεχνολογίας ΑΠΕ.
- Προσαύξηση των επιδοτήσεων κατά 5% στις νέες επιχειρήσεις και από 5 έως 15% για μικρές και μεσαίου επιπέδου επιχειρήσεις.

Τον Ιούλιο του 2009, το υπουργείο Ανάπτυξης δημοσίευσε ένα κείμενο με τίτλο **«ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»**, το οποίο περιείχε πληροφορίες, οι οποίες πάρθηκαν από διάφορες υπουργικές αποφάσεις προηγούμενων χρόνων. Οι περισσότερες πληροφορίες καλύπτονταν από τους προαναφερμένους νόμους με κάποιες διαφοροποιήσεις σε τεχνικά θέματα. Ωστόσο ιδιαίτερη εντύπωση προκαλεί η αναφορά σε γεωγραφικές περιοχές προτεραιότητας για τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης ηλιακής ενέργειας. Συγκεκριμένα αναγράφονται οι εξής προσδιορισμοί:

- Ως περιοχές προτεραιότητας για τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας μπορεί ενδεικτικά να θεωρηθούν οι περιοχές που είναι άγονες ή δεν είναι υψηλής παραγωγικότητας και

κατά προτίμηση αθέατες από πολυσύχναστους χώρους, και με δυνατότητες διασύνδεσης με το Δίκτυο ή το Σύστημα.

- Ειδικότερα για τα νησιά πλην Κρήτης και Εύβοιας είναι επιθυμητή η κατά προτεραιότητα χωροθέτηση μικρών εγκαταστάσεων.
- Ζώνες Αποκλεισμού: Διατηρητέα μνημεία, περιοχές απολύτου προστασίας της φύσης, πυρήνες των Εθνικών Δρυμών, περιοχές ΦΥΣΗ 2000, τα δάση και οι γεωργικές γαίες υψηλής παραγωγικότητας.

Ωστόσο, όλα αυτά τα μέτρα αποτελούν ένα μόνο τμήμα των απαραίτητων ενεργειών που χρειάζεται η αγορά για την ανάπτυξη των ΑΠΕ. Μια ακόμη απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ύπαρξη σταθερής τιμής αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία καθορίζεται με το νόμο **3581/2010**. Έτσι, λοιπόν, έχουμε τον παρακάτω πίνακα που ορίζει τις τιμές ανάλογα με την παραγωγή:

Παραγωγή ενέργειας από:	Τιμή Ενέργειας (€/MW)	
	Διασυνδεδεμένο τμήμα	Μη διασυνδεδεμένο τμήμα
Αιολική ενέργεια που αξιοποιείται με εγκαταστάσεις ισχύος >50KW	87,85	99,45
Αιολική ενέργεια που αξιοποιείται με εγκαταστάσεις ισχύος <50KW	250	
Φωτοβολταϊκά έως 10 KW στον οικιακό τομέα και σε μικρές επιχειρήσεις	550	
Υδραυλική ενέργεια που αξιοποιείται με σταθμούς παραγωγής έως 15KW	87,58	
Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από ηλιοθερμικούς σταθμούς	264,85	
Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από ηλιοθερμικούς σταθμούς που εξασφαλίζουν 2 ώρες λειτουργίας Ονομ. φορτίου	284,85	
Γεωθερμική ενέργεια υψηλής θερμοκρασίας σύμφωνα με το ν. 3175/03	99,45	
Βιομάζα από σταθμούς παραγωγής <=1MW	200	
Βιομάζα από σταθμούς παραγωγής <5MW και >1MW	175	

Βιομάζα από σταθμούς παραγωγής >5MW	150
Αέρια εκλυόμενα από ΧΥΤΑ και βιολογικό καθαρισμό έως και 2MW	120
Αέρια εκλυόμενα από ΧΥΤΑ και βιολογικό καθαρισμό >2MW	99,45
Βιοαέριο εκλυόμενο από Βιομ. έως και 3MW	220
Βιοαέριο εκλυόμενο από Βιομ. >3MW	200

5 Χωροθέτηση Φωτοβολταϊκού πάρκου στην Μύκονο

5.1 Περιοχή Μελέτης

Η Μύκονος βρίσκεται στην περιοχή του Κεντρικού Αιγαίου και αποτελεί τμήμα του νησιωτικού συμπλέγματος των Κυκλάδων. Η συνολική επιφάνεια του νησιού είναι 105.481 στρέμματα και το μήκος των ακτών του νησιού φτάνει τα 81 χιλιόμετρα. Ο συνολικός πληθυσμός του νησιού φτάνει τους 10.134 κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή του 2011.



Χάρτης 8: Μύκονος (mykonosinfo.gr)

Σε ότι αφορά τη χλωρίδα και την πανίδα του νησιού δεν θα παρατηρηθεί κάτι το διαφορετικό σε σχέση με τα υπόλοιπα νησιού των Κυκλάδων, καθώς η βλάστηση του νησιού αποτελείται κυρίως από φρύγανα και μακκία. Αξίζει να σημειωθεί ότι στους υγροβιότοπους που υπάρχουν παρατηρείται μεγάλο орνιθολογικό ενδιαφέρον, καθώς οι τόποι αυτοί βρίσκονται πάνω στα μονοπάτια και τις διαδρομές που ακολουθούν πολλά μεταναστευτικά πτηνά.

Η Μύκονος παρουσιάζει ενδιαφέροντα γεωλογικά χαρακτηριστικά, τα οποία θα ήθελα να αναφέρω με λίγα λόγια. Σημαντικότεροι κόλποι είναι της Χώρας, του

Πανόρμου και του Ορνού. Ο Όρμος Πανόρμου και οι λόφοι στα νότια του, διαιρούν την Μύκονο σε δύο περιοχές οι οποίες όμως παρουσιάζουν κοινά γεωλογικά χαρακτηριστικά. Το νησί είναι κυρίως λοφώδες, ενώ κοντά στις ακτές δεν υπάρχουν μεγάλες επίπεδες επιφάνειες. Οι ζώνες μικρών κλίσεων είναι δύο στο νησί. Η πρώτη βρίσκεται ανατολικά της Χώρας και σε μορφή αναβαθμίδας πάνω από αυτήν με λόφους στα Β και Α, μεταξύ των υψομέτρων 80 και 120μ. Στα βόρεια όρια της κλίνει ανατολικά και καταλήγει στην περιοχή της Φτελιάς. Το μεγαλύτερο μέρος της επιφανειακής απορροής της ρέει προς την περιοχή της Μαραθιάς. Το έδαφος είναι τραχύ και σκληρό ενώ η μορφολογία του νησιού είναι ορεινή ή ημιορεινή. Η δεύτερη περιοχή μικρών κλίσεων βρίσκεται στην περιοχή της Άνω Μεράς μεταξύ των ισοϋψών 50 και 100, περιβάλλεται από λόφους και η αποχέτευση της γίνεται από αρκετά ρέματα μικρού μήκους και χωρίς ιδιαίτερο βάθος.

Σε ότι αφορά την ανθρώπινη δραστηριότητα, η Μύκονος διαθέτει δύο μεγάλους οικισμούς, αυτών της Χώρας, που περιλαμβάνει το λιμάνι του νησιού, και της Άνω Μεράς, που είναι το μεγαλύτερο χωριό. Ωστόσο, η Μύκονος είναι κατοικημένη κυρίως στο οδικό δίκτυο, χωρίς να μπορεί να πει κάποιος ότι δημιουργούνται τοπικές κοινότητες, όπως οι δύο που αναφέρθηκαν. Ακόμη, στη Μύκονο έχουν κατασκευαστεί δύο φράγματα, το φράγμα της Μαραθιάς και το Φράγμα της Άνω Μεράς. Ο λόγος για τον οποίο τα φράγματα αυτά κατασκευάστηκαν ήταν για να αντιμετωπιστούν οι ανάγκες του νησιού σε νερό ύδρευσης και άρδευσης, ωστόσο η αποτελεσματικότητα των έργων αυτών αμφισβητείται λόγω του γεγονότος ότι οι καταρροές στο νησί δεν είναι αρκετές για να υπάρχει συνεχής ροή των ποταμών-χειμάρρων.

Παρόλο αυτά, η Μύκονος αποτελεί ένα κοσμοπολίτικο προορισμό και δέχεται εκατομμύρια τουρίστες κάθε χρόνο κυρίως την καλοκαιρινή περίοδο. Αυτό το γεγονός δημιουργεί αρκετά προβλήματα σε ότι αφορά τις απαιτήσεις του νησιού σε διάφορα αγαθά και υπηρεσίες. Ιδιαίτερο πρόβλημα παρατηρείται στις ανάγκες του νησιού για ηλεκτρική παραγωγή, θέμα το οποίο αφορά και την συγκεκριμένη εργασία. Η Μύκονος, σύμφωνα με τα στοιχεία της ΡΑΕ χρειάζεται 51.802 KWh το χρόνο με το μέγιστο του μήνα να φτάνει τις 17.500 KWh. Συνολικά, η εγκαταστημένη ισχύς του συστήματος παραγωγής ανέρχεται στις 21.200 KWh. Ωστόσο το σύστημα αυτό δεν είναι διασυνδεδεμένο με το κεντρικό δίκτυο και επειδή βασίζεται κυρίως σε γεννήτριες πετρελαίου παρουσιάζει αρκετά προβλήματα, με αποτέλεσμα να υπάρχουν διακοπές ρεύματος κατά τις πιο ασφυκτικές περιόδους. Επίσης, το σύστημα αυτό είναι ιδιαίτερα κοστοβόρο, γεγονός που δημιουργεί αρκετά προβλήματα από οικονομικής πλευράς για τους ντόπιους κατοίκους. Στον παρακάτω χάρτη βλέπουμε κιόλας το δίκτυο σύνδεσης και παρατηρούμε ότι υπάρχει μόνο ένα καλώδιο σύνδεσης της Μυκόνου με την Τήνο.

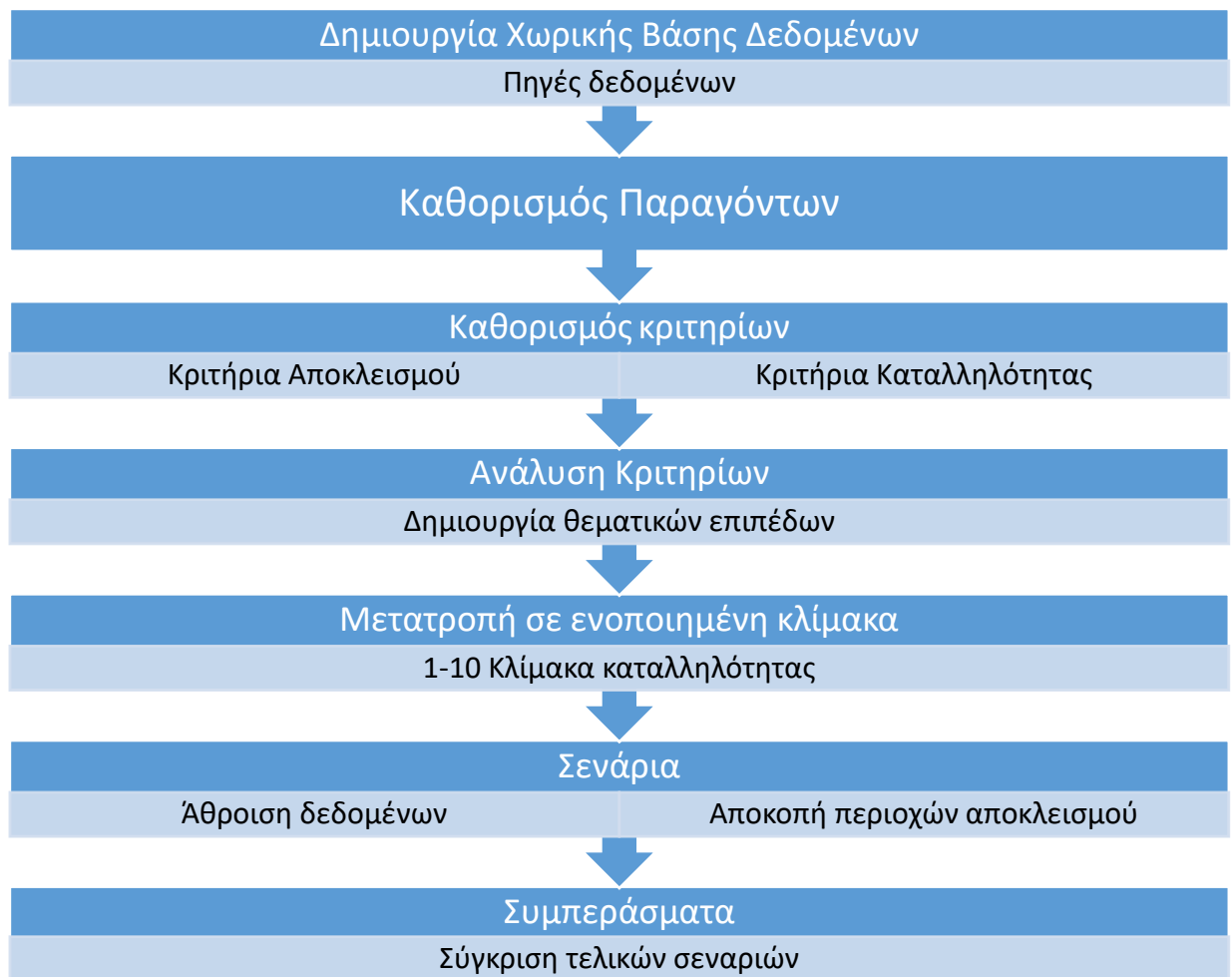
Σχεδιάζεται μέσα στα προσεχή χρόνια να κατασκευαστεί υποθαλάσσιο καλώδιο που θα ενώνει τα νησιά των Κυκλάδων με το κεντρικό δίκτυο.



Χάρτης 9: Δίκτυο ηλεκτροδότησης στην Ελλάδα (ΑΔΜΗΕ)

6 Μεθοδολογία

Για να γίνει η επεξεργασία της εργασίας σωστά θα πρέπει να οριστούν οι προτεραιότητες με την οποία θα αναλυθούν τα δεδομένα. Για να μπορέσει κάποιος να ορίσει την καταλληλότητα σε μια περιοχή, θα πρέπει πρώτα να ερευνήσει και να εντοπίσει ποιες παράμετροι επηρεάζουν την περιοχή μελέτης είτε θετικά είτε αρνητικά. Αυτές λοιπόν, οι παράμετροι θα πρέπει να διαχωριστούν σε κριτήρια αποκλεισμού και καταλληλότητας ανάλογα με τη νομοθεσία και λαμβάνοντας υπόψη τον ανθρώπινο και φυσικό/περιβαλλοντικό παράγοντα. Στη συνέχεια, γίνεται η έρευνα και η παρουσίαση των δεδομένων που καλύπτουν τα κριτήρια τα οποία έχουν οριστεί εξ αρχής. Αφού παρουσιαστούν τα δεδομένα, γίνεται η ανάλυση τους προσπαθώντας να καθιερωθούν οι περιοχές που καλύπτουν όσο το δυνατόν περισσότερα κριτήρια. Οι τελικοί χάρτες των κριτηρίων συνδυάζονται με διαφορετικούς τρόπους έτσι ώστε να δημιουργηθούν ορισμένα αποτελέσματα τα οποία αναδεικνύουν τις βέλτιστες περιοχές κατασκευής φωτοβολταϊκού πάρκου. Στο τέλος, γίνεται η παράθεση των τελικών χαρτών, οι οποίοι συγκρίνονται για να αποδειχθεί ο καλύτερος τρόπος συνδυασμού και απεικόνισης των βέλτιστων περιοχών.



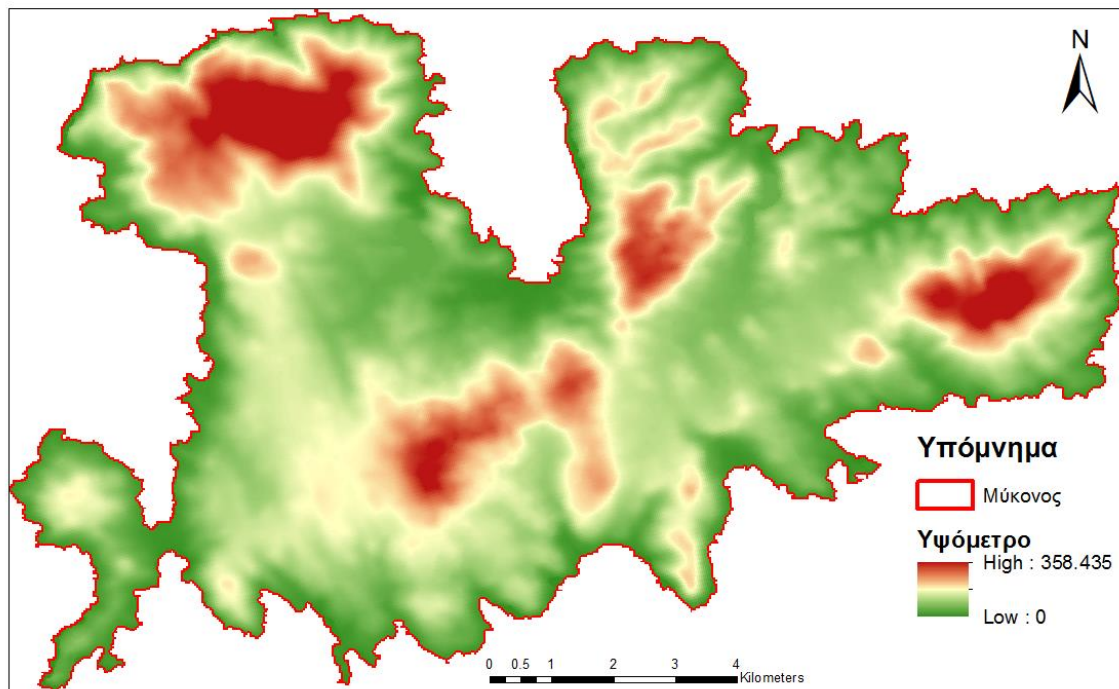
6.1 Πηγές Δεδομένων

Σύμφωνα, λοιπόν με τα παραπάνω, ένα από τα πρώτα δεδομένα που θα χρειαστούν είναι το υψόμετρο της περιοχής μελέτης ή αλλιώς Digital Elevation Model (DEM). Το DEM της νήσου μπορεί να το προμηθευτεί κάποιος δωρεάν από την επίσημη ιστοσελίδα της Ε.Ε. και παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Το σύστημα συντεταγμένων είναι το ETRS89.
- Ψηφιδωτό επίπεδο.
- Το cell size είναι 25x25 μέτρα.

Στη συνέχεια παρατίθεται ο χάρτης του υψομέτρου της νήσου Μυκόνου:

Χάρτης Υψομέτρου νήσου Μυκόνου



Χάρτης 10: Χάρτης Υψομέτρου

Παρατηρείται ότι η Μύκονος είναι ένα αρκετά λοφώδες νησί με ελάχιστες πεδινές εκτάσεις, που αποτελεί γενικότερο χαρακτηριστικό των κυκλαδίτικων νησιών.

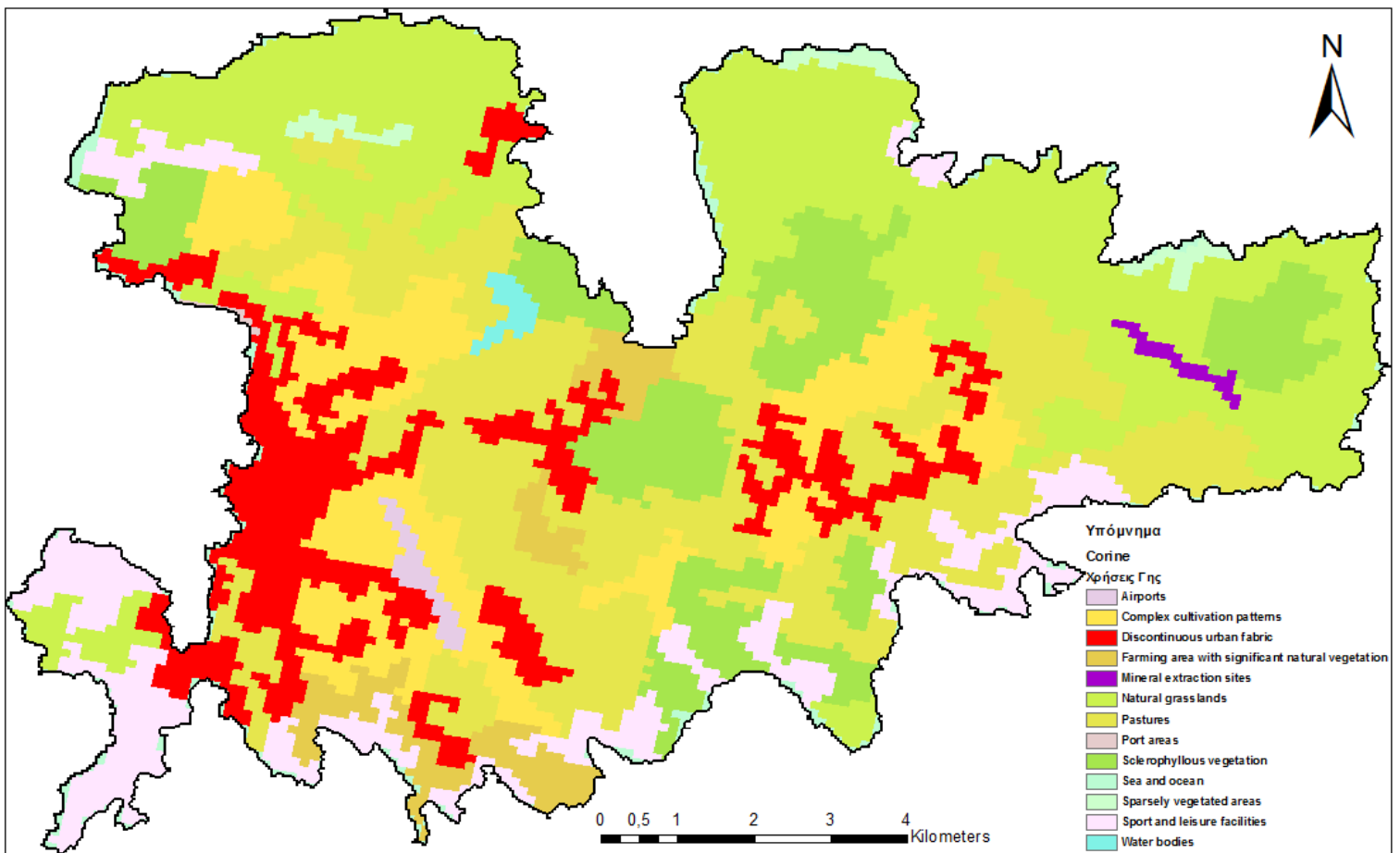
Στη συνέχεια θα χρειαστούν τα δεδομένα που έχουν σχέση με την ανθρώπινη δραστηριότητα του νησιού, όπως είναι οι δρόμοι, οι κατοικημένες περιοχές, οι παραλίες, οι ξενοδοχειακές εγκαταστάσεις και το αεροδρόμιο. Όλα αυτά τα δεδομένα προμηθεύονται δωρεάν από το open street map data. Αξίζει να σημειωθεί ότι όλα τα δεδομένα από αυτή την πηγή είναι διανυσματικά δεδομένα και κυρίως γραμμικά και πολύγωνα. Επίσης, τα δεδομένα αυτά είναι συγκεντρωμένα σε ένα υπερ-αρχείο και για

αυτό το λόγο θα πρέπει να γίνει μια αρχική επεξεργασία και διαχωρισμός. Ο διαχωρισμός αυτός μπορεί να γίνει εύκολα χρησιμοποιώντας το attribute table του αρχείου. Εκεί κάθε διαφορετικό δεδομένο έχει το δικό του ξεχωριστό πίνακα, με αποτέλεσμα κάνοντας την εντολή select by attribute να μπορούμε να επιλέξουμε, να διαχωρίσουμε και να δημιουργήσουμε καινούρια επίπεδα πληροφορίας, που περιέχουν ξεχωριστά δεδομένα. Τα καινούρια αυτά επίπεδα πληροφορίας έχουν σύστημα συντεταγμένων το WGS_84, το οποίο θα αποτελεί και το σύστημα συντεταγμένων που θα χρησιμοποιηθεί στην εργασία.

Μια ακόμα σημαντική πηγή δεδομένων είναι οι χρήσεις γης. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να συγκεντρωθούν από το corine της Μυκόνου. Το επίπεδο αυτό πάρθηκε από την ιστοσελίδα του Copernicus της Ε.Ε. και αφορά τη χρονιά του 2012. Κάποια βασικά χαρακτηριστικά του corine είναι τα εξής:

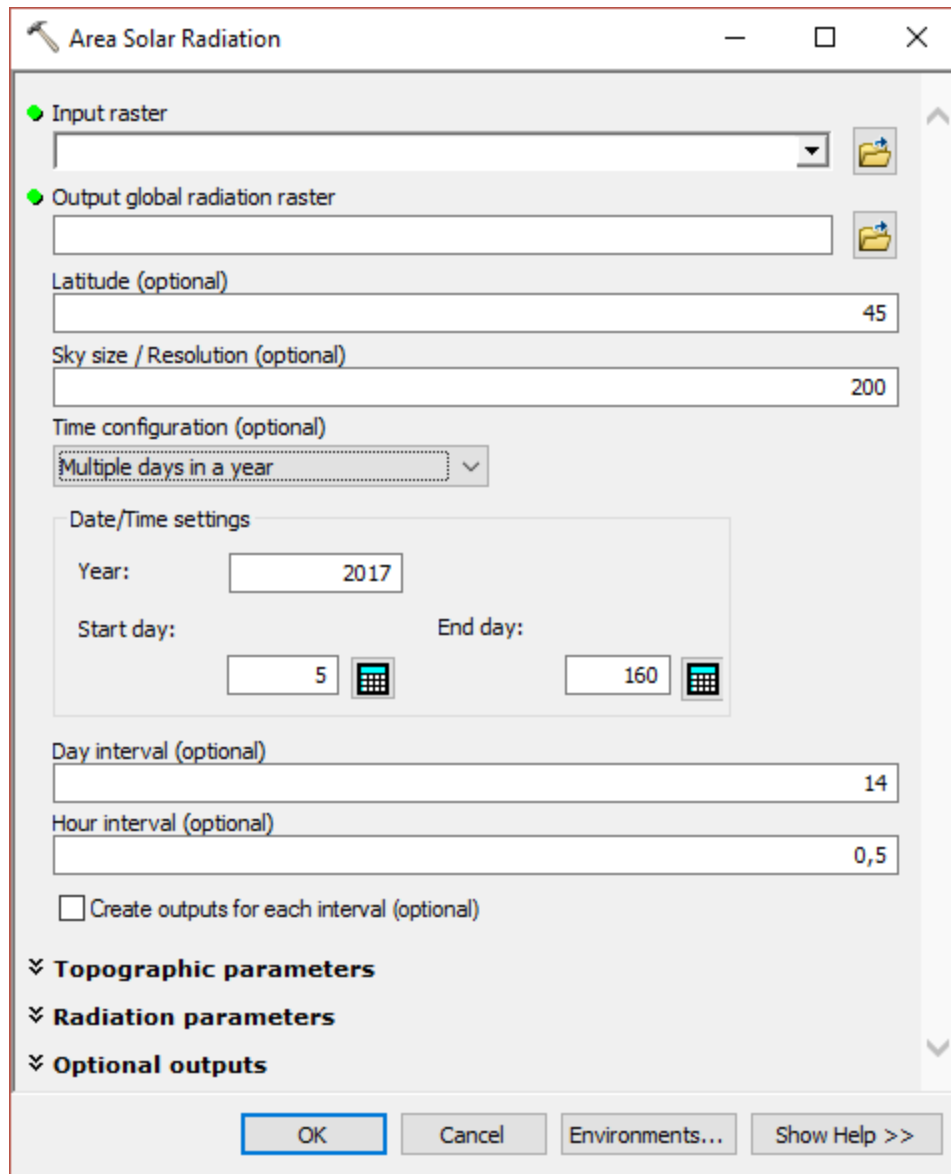
- Το σύστημα συντεταγμένων είναι ETRS89.
- Το cell size είναι 100x100.

Corine v. Μυκόνου



Χάρτης 11: Κάλυψη/χρήση γης κατά corine

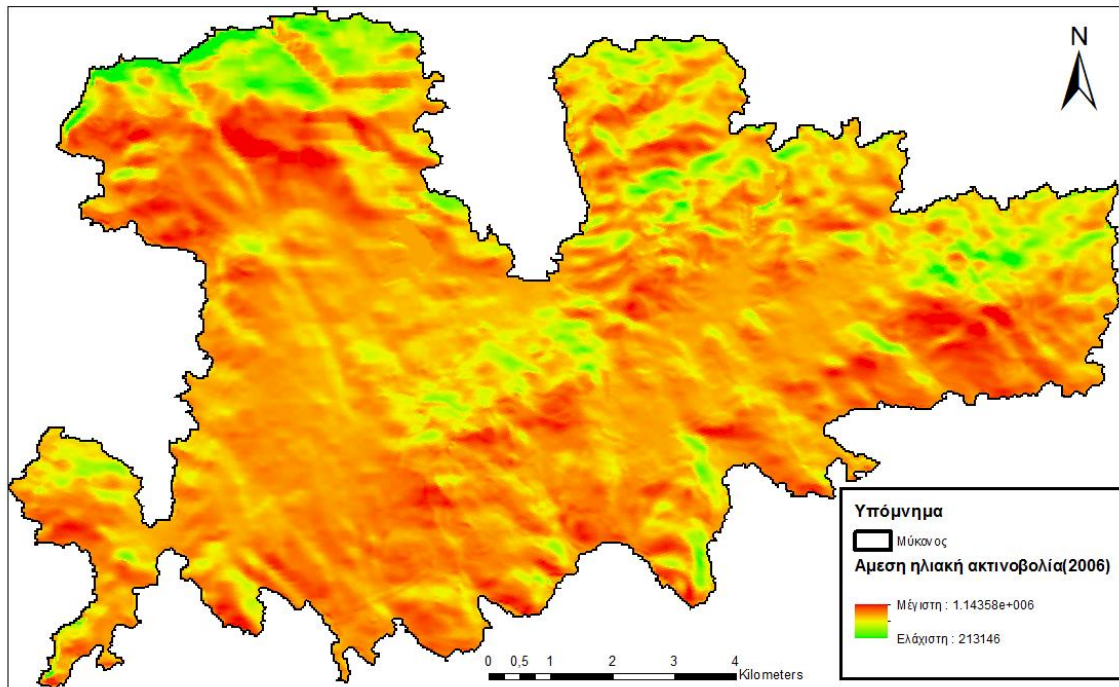
Τελευταίο, αλλά καθόλου ασήμαντο δεδομένο είναι η ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται η νήσος Μύκονος. Για να μπορούν να εντοπιστούν τα μεγέθη της πληροφορίας αυτής θα χρησιμοποιηθεί το ARCMAP του ARCGIS. Συγκεκριμένα, θα χρησιμοποιηθεί η εντολή area solar radiation.



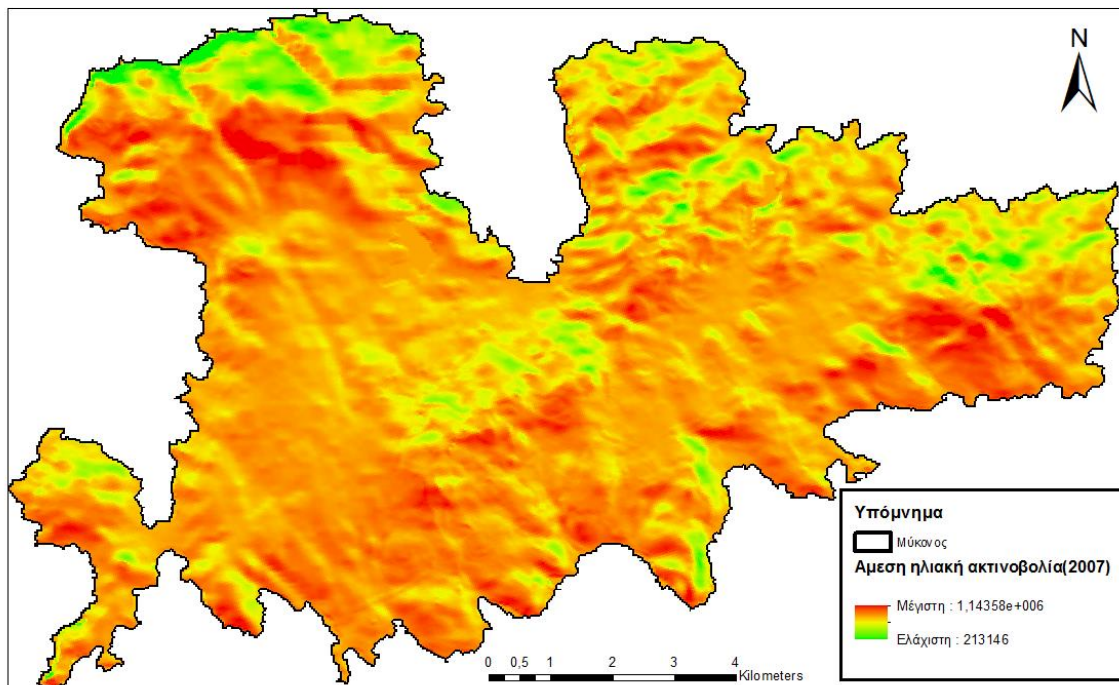
Εικόνα 6: Area Solar Radiation

Το ράστερ που θα χρησιμοποιηθεί είναι το DEM της Μυκόνου και το χρονικό διάστημα είναι το έτος (whole year with monthly intervals). Επειδή, όμως, η μελέτη αφορά φωτοβολταϊκά πάνελ, πρέπει να παρθούν επίπεδα πληροφορίας που αφορούν την άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Έτσι στα optional outputs επιλέγεται να αποθηκευτεί το direct radiation raster. Επομένως, δημιουργούνται τα παρακάτω αποτελέσματα για τη δεκαετία 2006-2016:

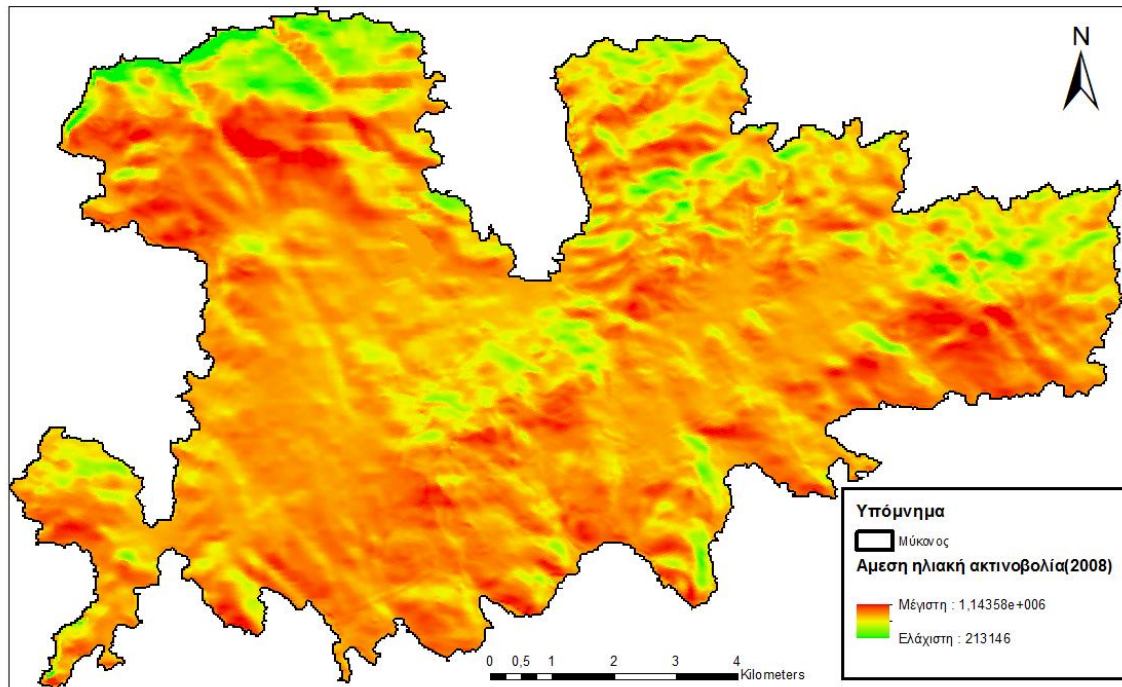
Χάρτης Άμεσης Ηλιακής Ακτινοβολίας (2006) νήσου Μυκόνου



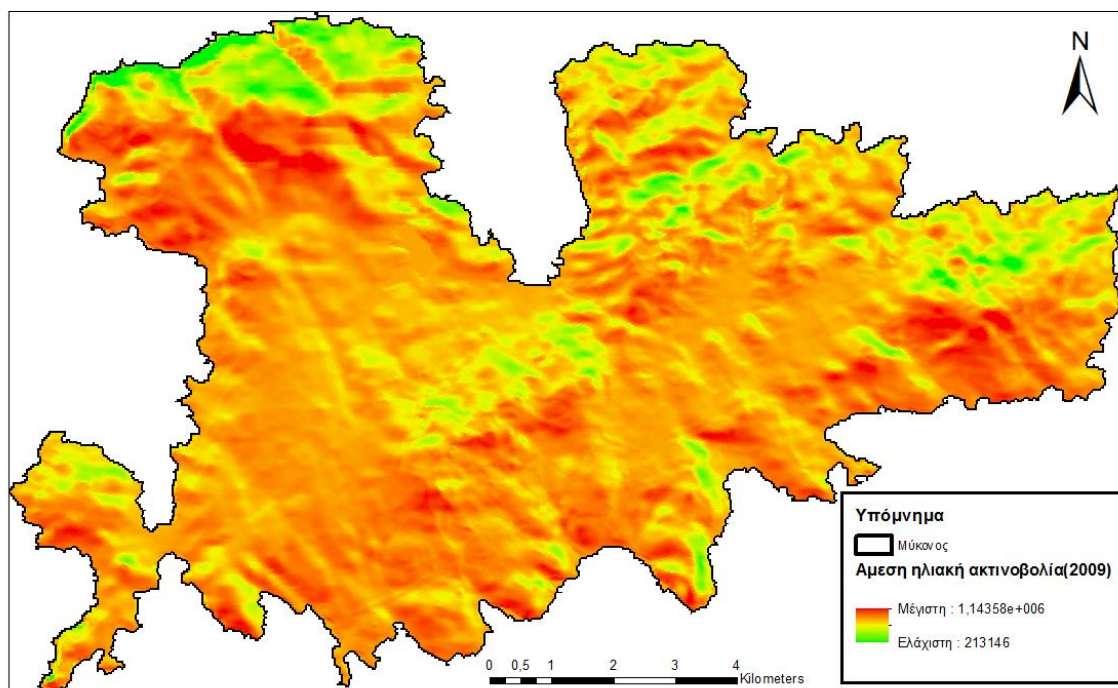
Χάρτης Άμεσης Ηλιακής Ακτινοβολίας (2007) νήσου Μυκόνου



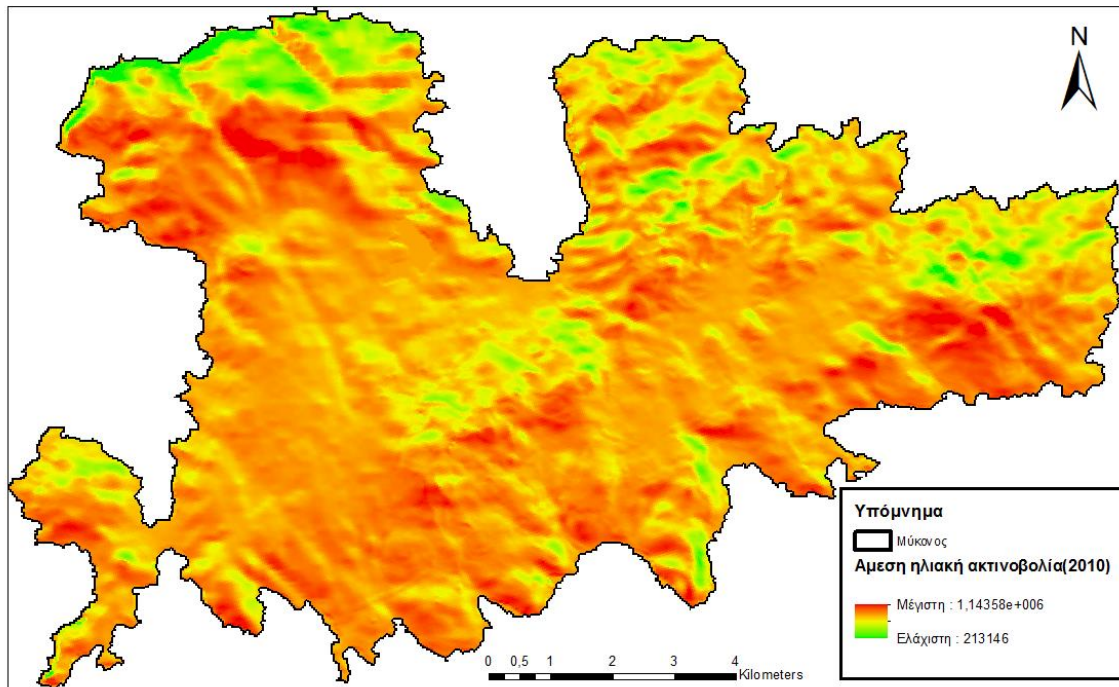
Χάρτης Άμεσης Ηλιακής Ακτινοβολίας (2008) νήσου Μυκόνου



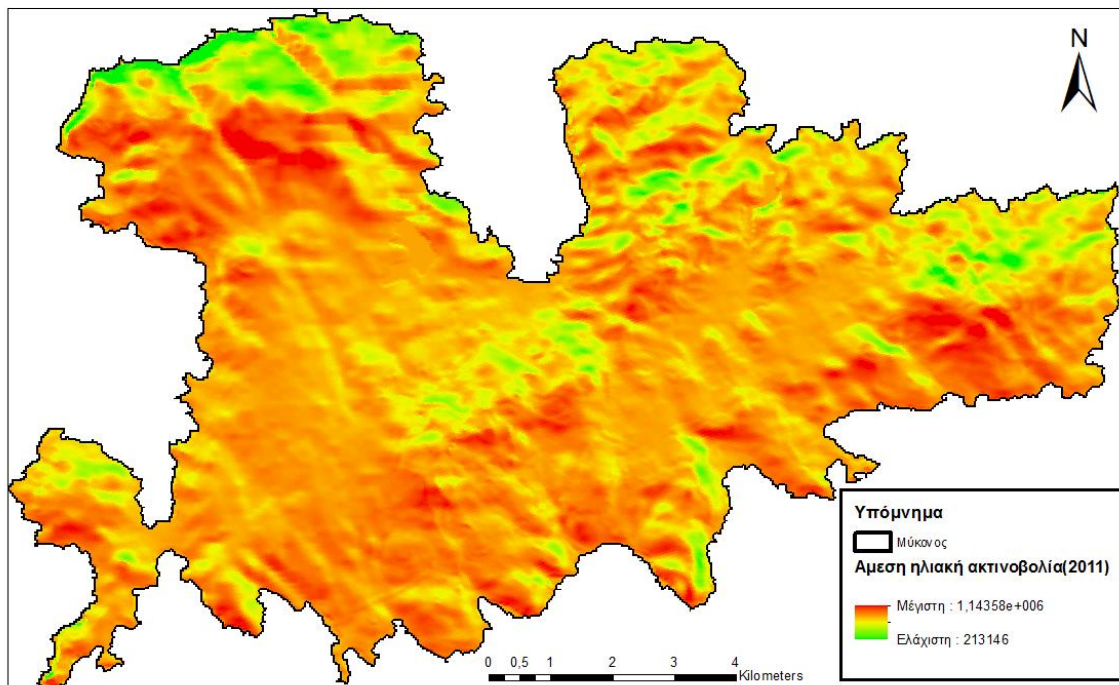
Χάρτης Άμεσης Ηλιακής Ακτινοβολίας (2009) νήσου Μυκόνου



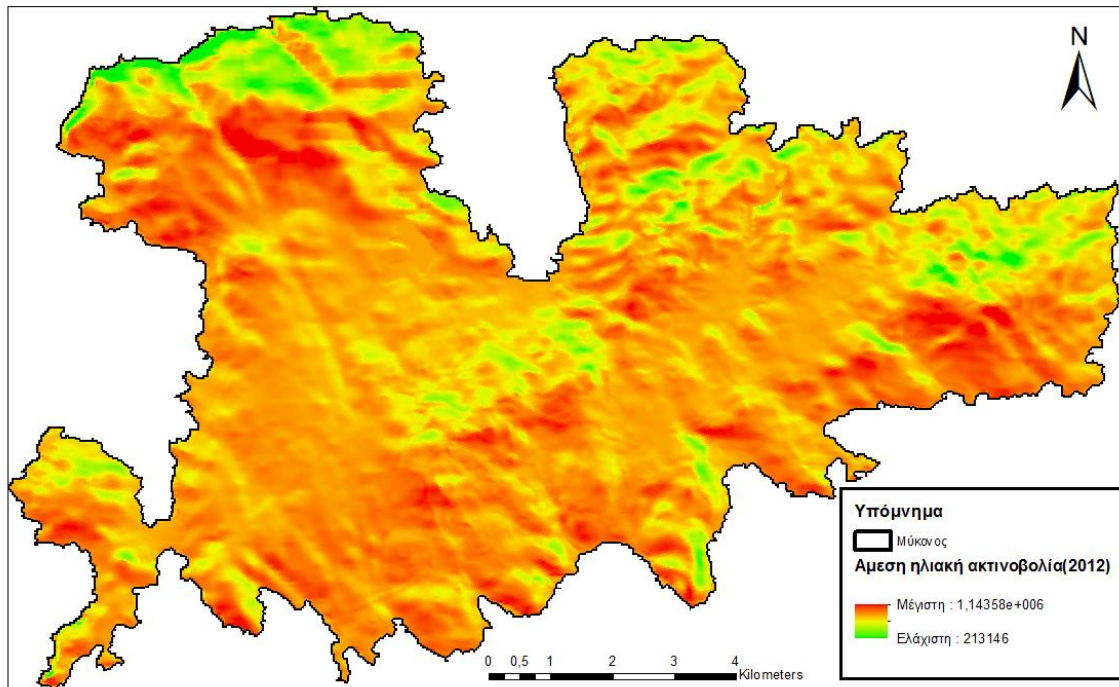
Χάρτης Άμεσης Ηλιακής Ακτινοβολίας (2010) νήσου Μυκόνου



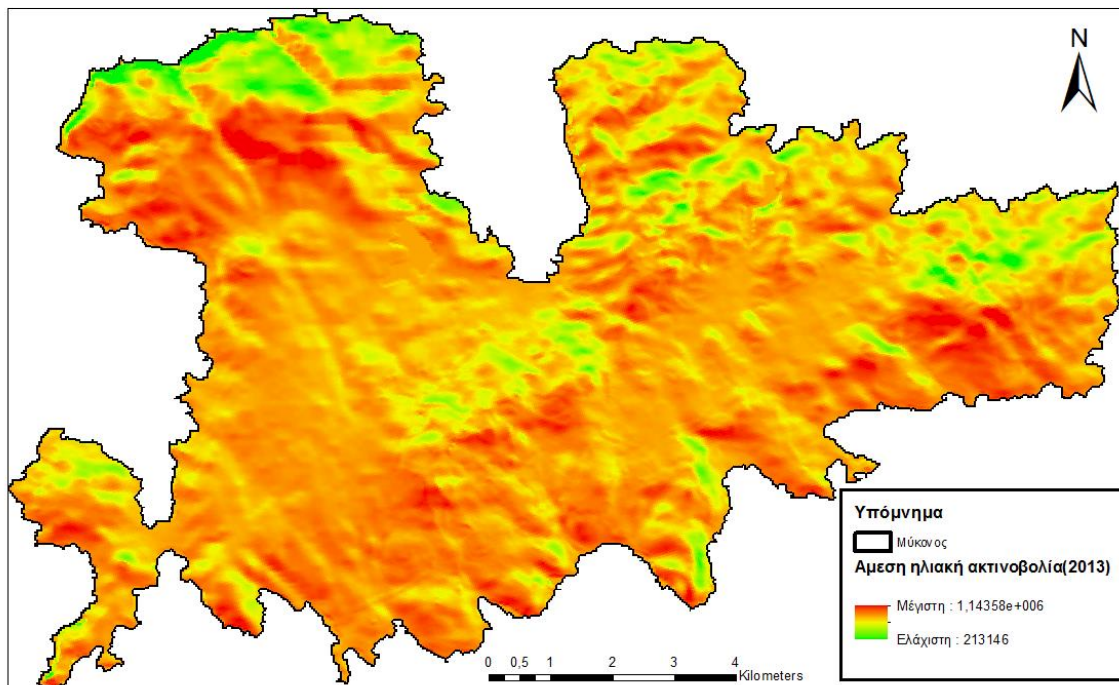
Χάρτης Άμεσης Ηλιακής Ακτινοβολίας (2011) νήσου Μυκόνου



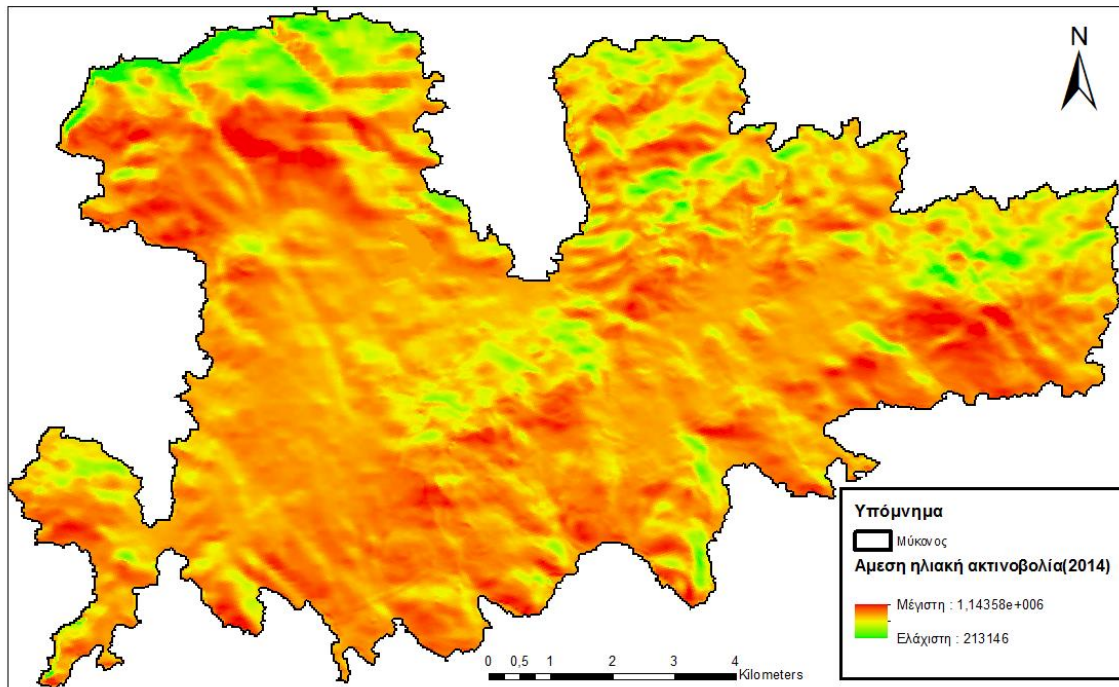
Χάρτης Άμεσης Ηλιακής Ακτινοβολίας (2012) νήσου Μυκόνου



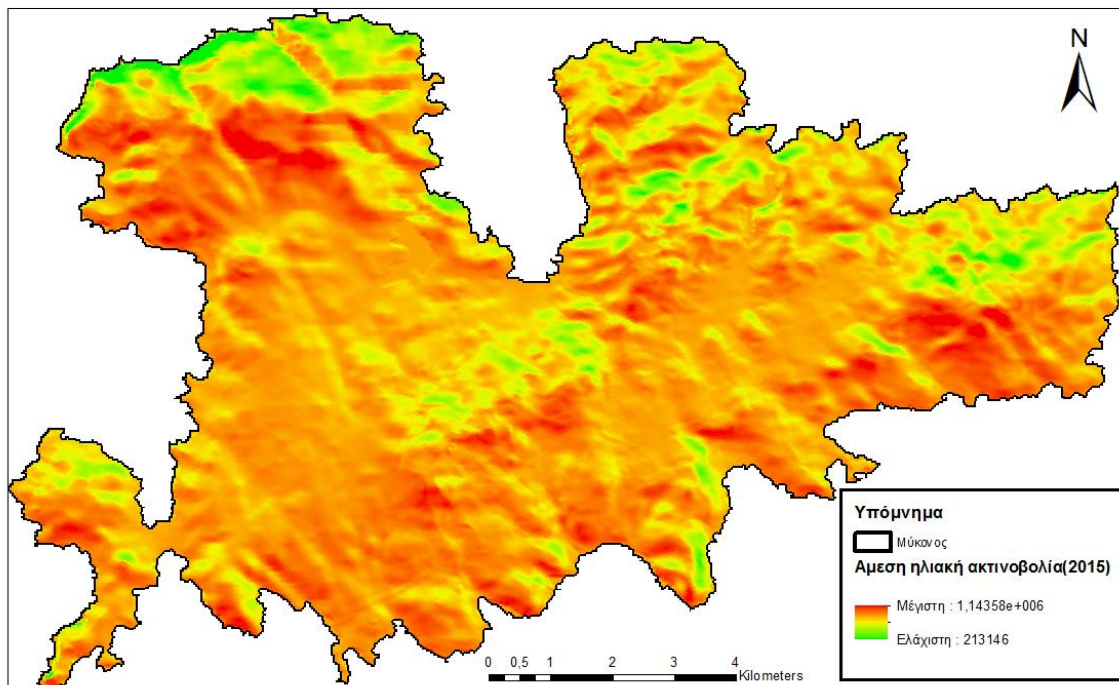
Χάρτης Άμεσης Ηλιακής Ακτινοβολίας (2013) νήσου Μυκόνου



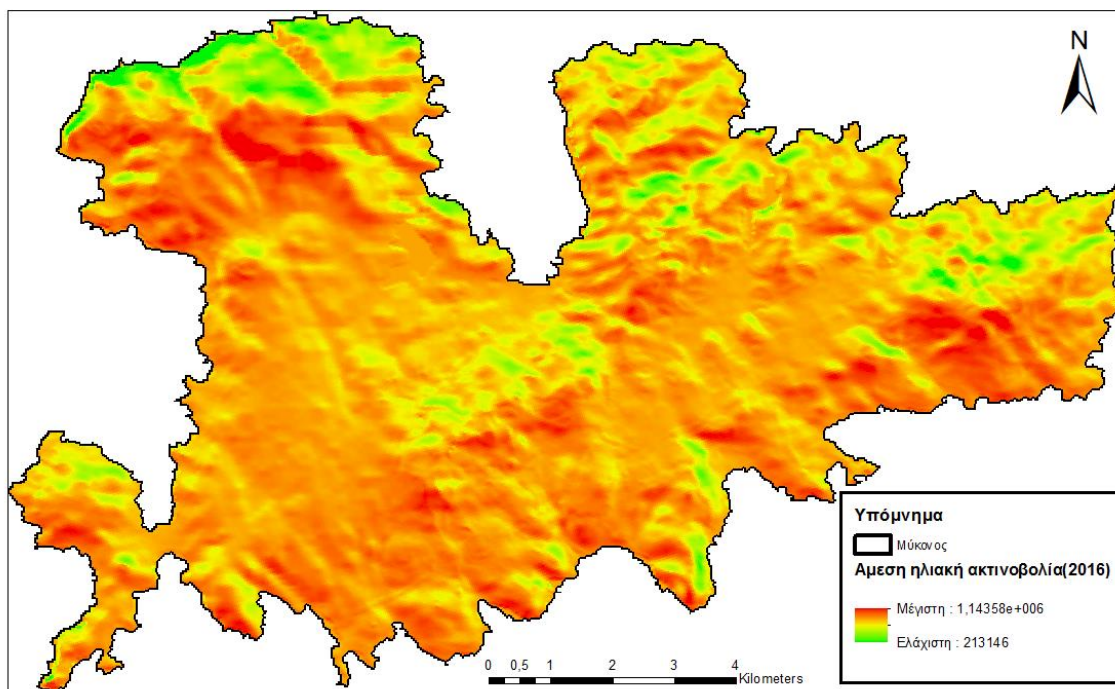
Χάρτης Άμεσης Ηλιακής Ακτινοβολίας (2014) νήσου Μυκόνου



Χάρτης Άμεσης Ηλιακής Ακτινοβολίας (2015) νήσου Μυκόνου



Χάρτης Άμεσης Ηλιακής Ακτινοβολίας (2016) νήσου Μυκόνου



Από αυτές τις πηγές, τα δεδομένα που θα αντληθούν και θα αναλυθούν στη συνέχεια φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Δεδομένα	Τύπος
Κάλυψη/Χρήση γης (corine)	Ράστερ
Τουριστικές επιχειρήσεις	Πολύγωνο
Παραλίες	Πολύγωνο
Κτίρια	Πολύγωνο
Δήλος	Ράστερ
Υπηρεσίες	Πολύγωνο
Μνημεία	Πολύγωνο
Περιοχές Αναψυχής	Πολύγωνο
Οδικό Δίκτυο	Γραμμικό διάνυσμα
Υδρογραφικά Στοιχεία/Δίκτυο	Γραμμικό διάνυσμα/Πολύγωνο
Κλίση εδάφους	Ράστερ
Προσανατολισμός εδάφους	Ράστερ
Αεροδρόμιο	Πολύγωνο
Άμεση ηλιακή ακτινοβολία	Ράστερ

Πίνακας 4: Πίνακας Δεδομένων

6.2 Καθορισμός Κριτηρίων

Για να μπορούν να εντοπιστούν οι περιοχές που είναι πιο κατάλληλες για τη χωροθέτηση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου στη Μύκονο θα πρέπει πρώτα να βρεθούν και να διαχωριστούν τα στοιχεία και δεδομένα τα οποία θα χρειαστούν.

Πρώτο βήμα, πριν αρχίσει οποιαδήποτε επεξεργασία, είναι ο καθορισμός και ο διαχωρισμός των δεδομένων σε δύο βασικές κατηγορίες : σε κριτήρια αποκλεισμού και σε κριτήρια καταλληλότητας. Τα κριτήρια αποκλεισμού έχουν σκοπό να ορίσουν τις περιοχές στις οποίες δεν μπορεί να γίνει καμία χωροθέτηση φωτοβολταϊκού, λόγω της νομοθεσίας. Οι περιοχές αυτές λοιπόν, είναι οι εξής:

- Μνημεία,
- Γεωργικές γαιές υψηλής παραγωγής,
- Περιοχές natura.

Τα κριτήρια καταλληλότητας αποτελούνται από τα δεδομένα τα οποία θα μπορούν να αναλυθούν και έτσι στην συνέχεια να εντοπιστούν οι ελάχιστες και μέγιστες τιμές καταλληλότητας για τη χωροθέτηση του φωτοβολταϊκού πάρκου. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα παρακάτω κριτήρια:

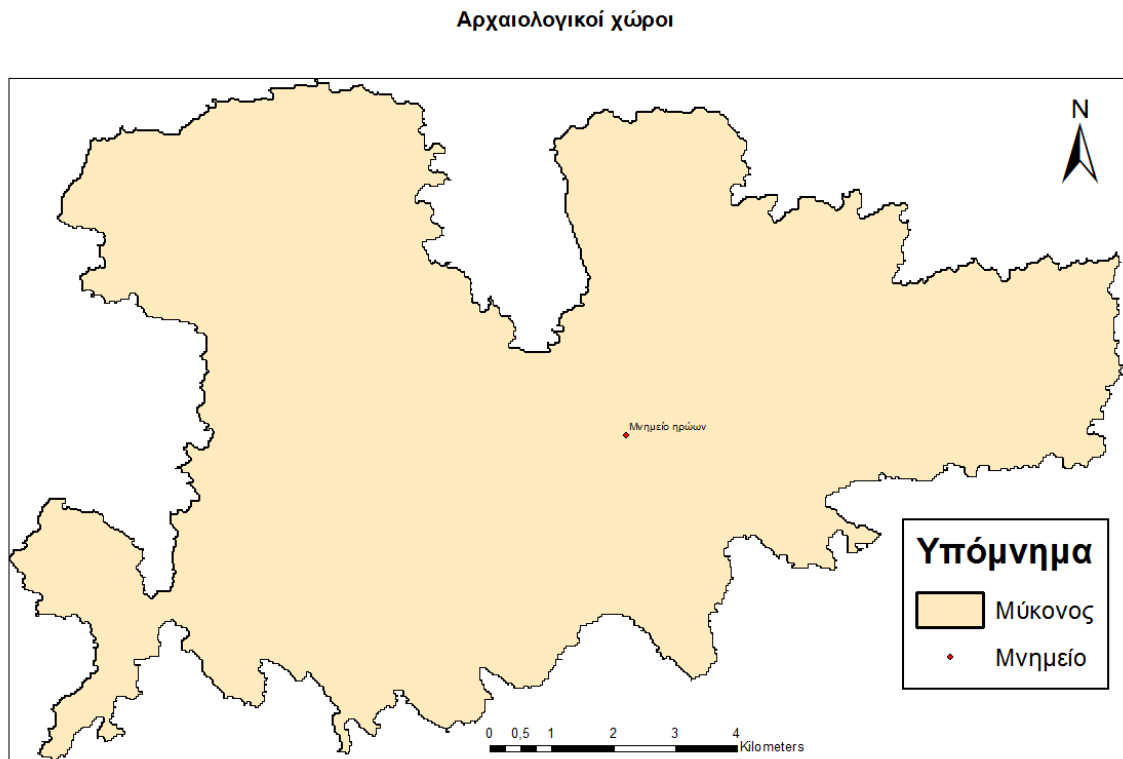
- Κλίση,
- Προσανατολισμός,
- Ορατότητα
- Απόσταση από υδρογραφικά στοιχεία και δρόμους
- Χρήσεις Γης και
- Ηλιακή ακτινοβολία.

6.3 Ανάλυση Δεδομένων

6.3.1 Κριτήρια Αποκλεισμού

Πρώτο βήμα στην επεξεργασία των δεδομένων είναι η ανάλυση των κριτηρίων αποκλεισμού και το πρώτο δεδομένο που θα αναλυθεί είναι τα ιστορικά μνημεία.

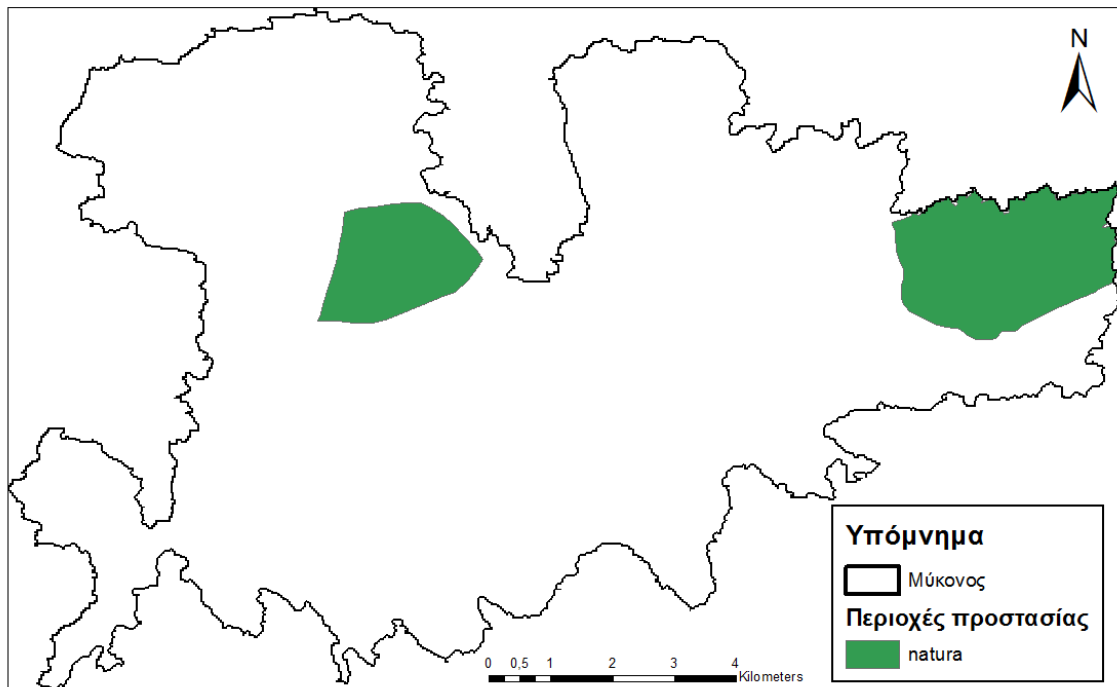
Σύμφωνα, λοιπόν, με το open street map, παρατηρείται ότι υπάρχει μόνο ένα ιστορικό μνημείο, όπως δείχνει ο παρακάτω χάρτης:



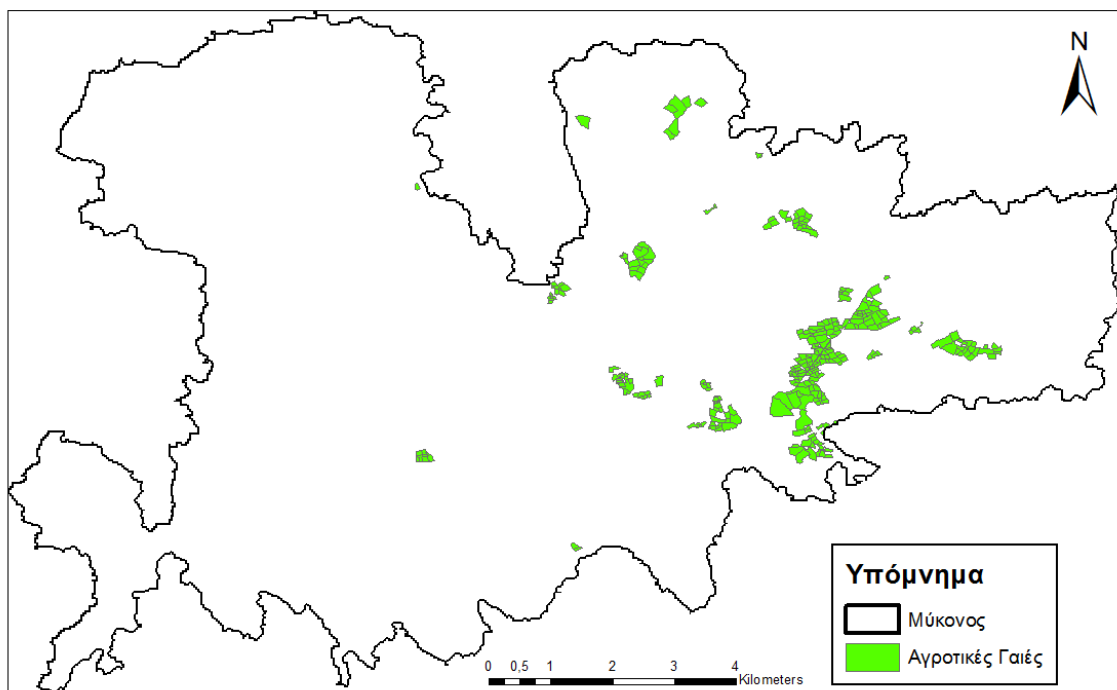
Ουσιαστικά, πέρα από αυτό το μνημείο, δεν υπάρχουν αξιοσημείωτοι αρχαιολογικοί χώροι στο νησί.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι περιοχές natura και οι γαίες υψηλής αγροτικής παραγωγής.

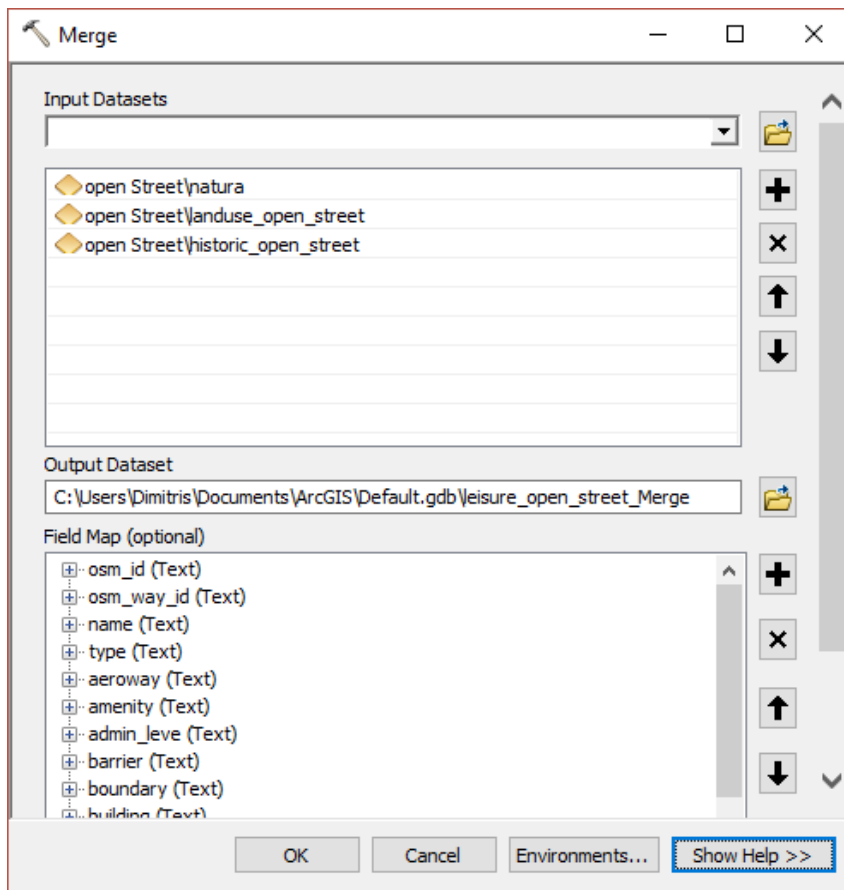
Περιοχές Προστασίας



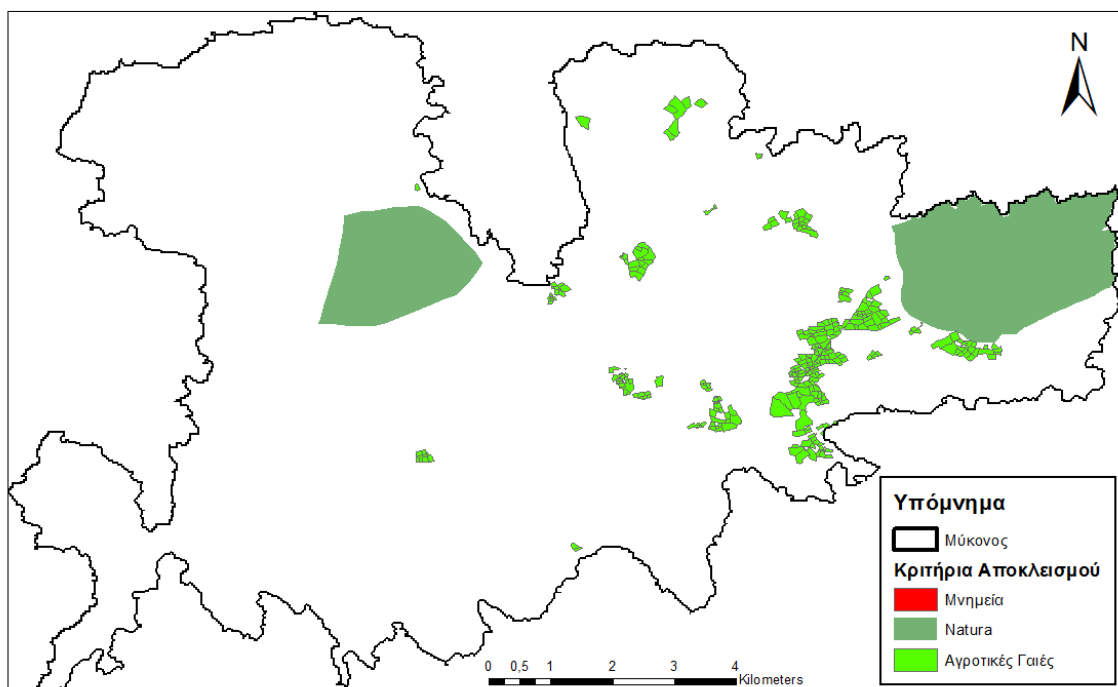
Αγροτικές Γαίες



Στην συνέχεια παρατίθενται όλα τα κριτήρια αποκλεισμού σε ένα layer πληροφορίας χρησιμοποιώντας την εντολή merge το ARCMAP:



Κριτήρια Αποκλεισμού



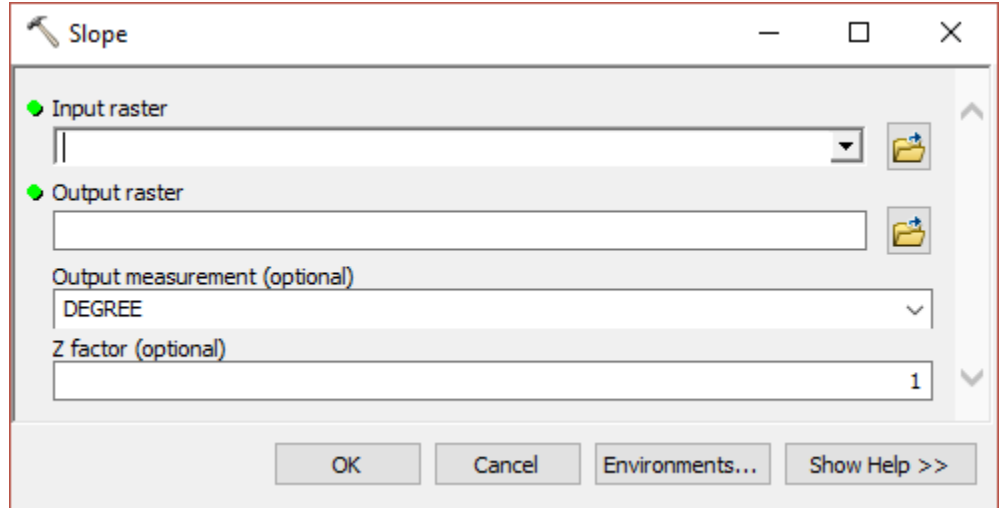
6.3.2 Κριτήρια Καταλληλότητας

6.3.2.1 Κλίση

Το πρώτο κριτήριο καταλληλότητας στο οποίο θα γίνει επεξεργασία είναι η κλίση της νήσου Μυκόνου. Για να δημιουργηθεί το θεματικό επίπεδο πληροφορίας θα

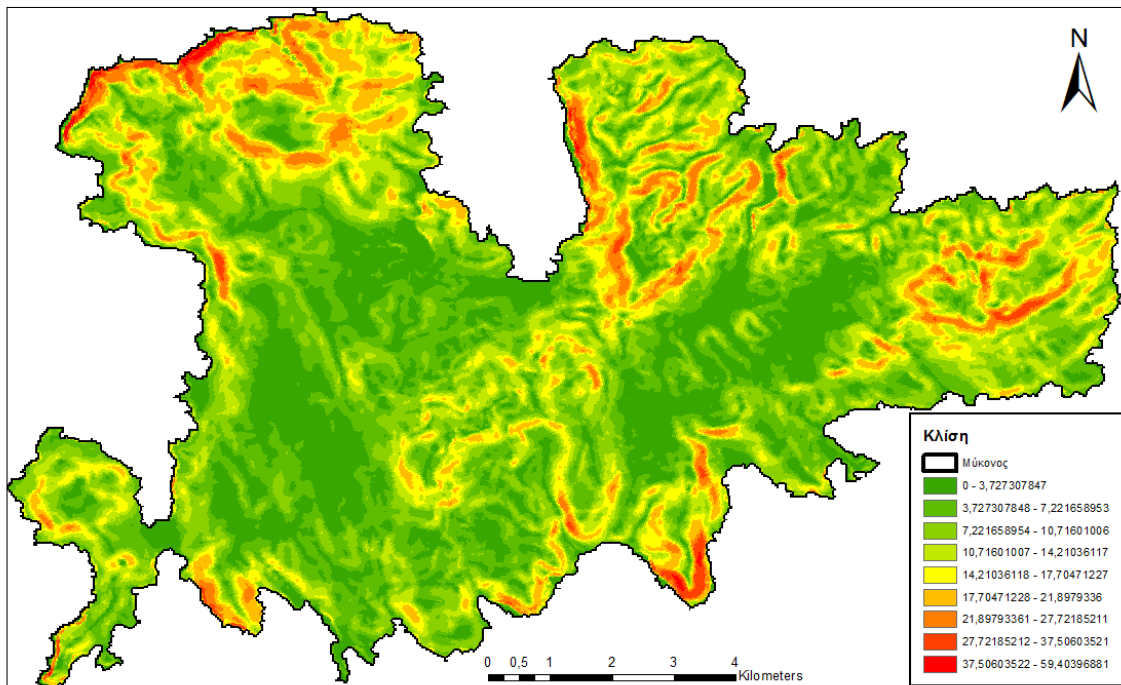
χρησιμοποιηθεί το DEM της νήσου.

Πάνω, λοιπόν, σε αυτό το επίπεδο θα εκτελεστεί η εντολή slope, όπως φαίνεται στη διπλανή εικόνα και θα υπάρξει το εξής αποτέλεσμα:



Εικόνα 7: Εντολή Slope

Κλίση ν. Μυκόνου

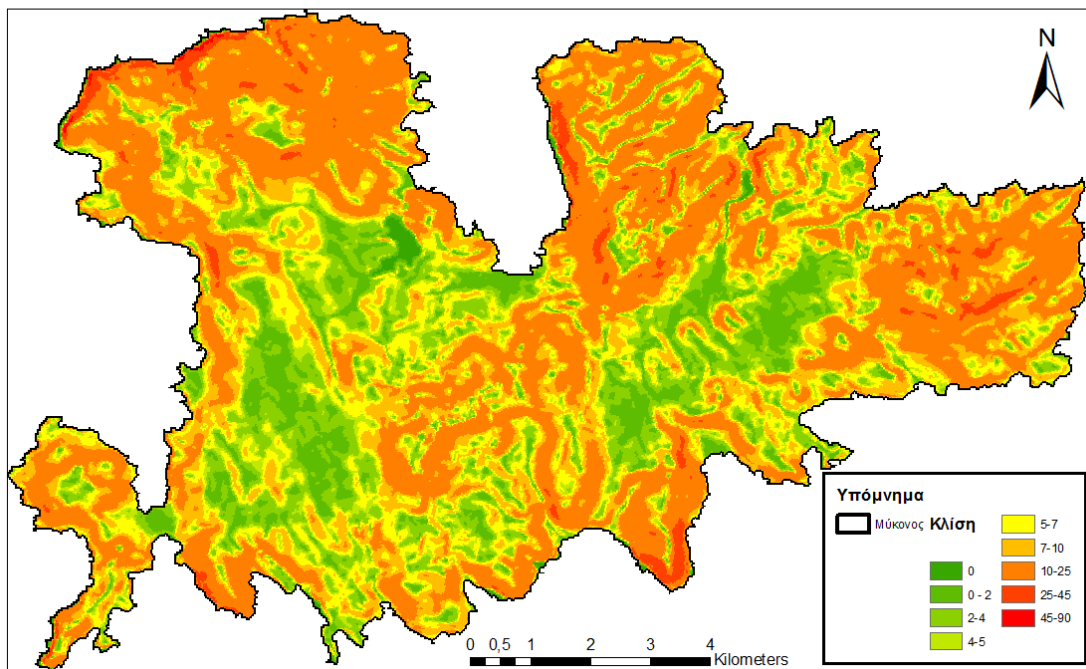


Αφού δημιουργηθεί το θεματικό επίπεδο πληροφορίας, στη συνέχεια γίνεται η κατηγοριοποίηση της πληροφορίας σε εννιά κατηγορίες. Η λογική με την οποία γίνεται

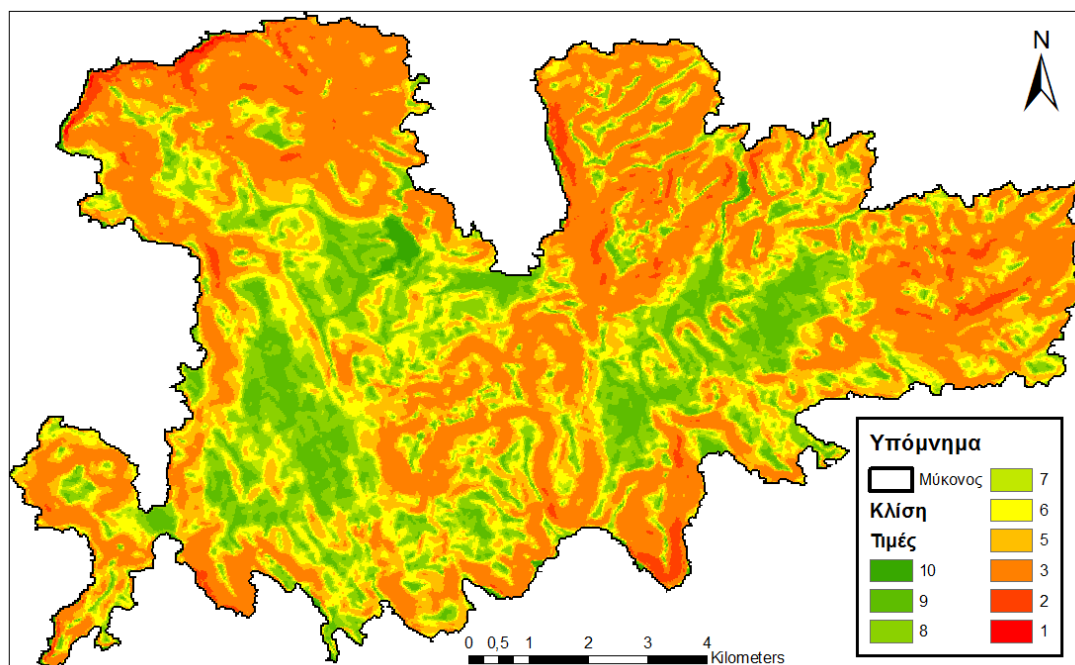
η κατηγοριοποίηση αυτή έχει σχέση με την προσπάθεια να βρεθούν οι περιοχές οι οποίες είναι οι βέλτιστες για γίνει η κατασκευή του φωτοβολταϊκού πάρκου. Αυτό δεν σημαίνει ότι δεν μπορεί να γίνει η κατασκευή αυτή σε σαφώς μεγαλύτερες κλίσεις, αλλά το κόστος αυξάνεται σημαντικά. Αυτές, λοιπόν, οι εννιά κατηγορίες στη συνέχεια αναταξινομούνται στην ενοποιημένη κλίμακα καταλληλότητας 1-10 χρησιμοποιώντας την εντολή reclassify και παίρνουν τις τιμές όπως δείχνει ο παρακάτω πίνακας:

Κλίση (σε μοίρες)	Κλίμακα
0	10
0-2	9
2-4	8
4-5	7
5-7	6
7-10	5
10-25	3
25-45	2
45-90	1

Κλίση ν. Μυκόνου



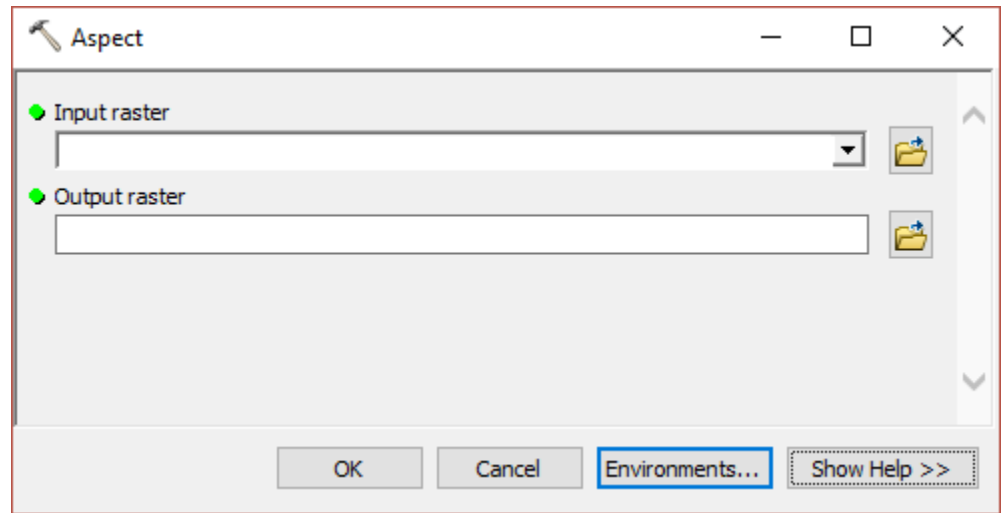
Κλίση ν. Μυκόνου



6.3.2.2 Προσανατολισμός

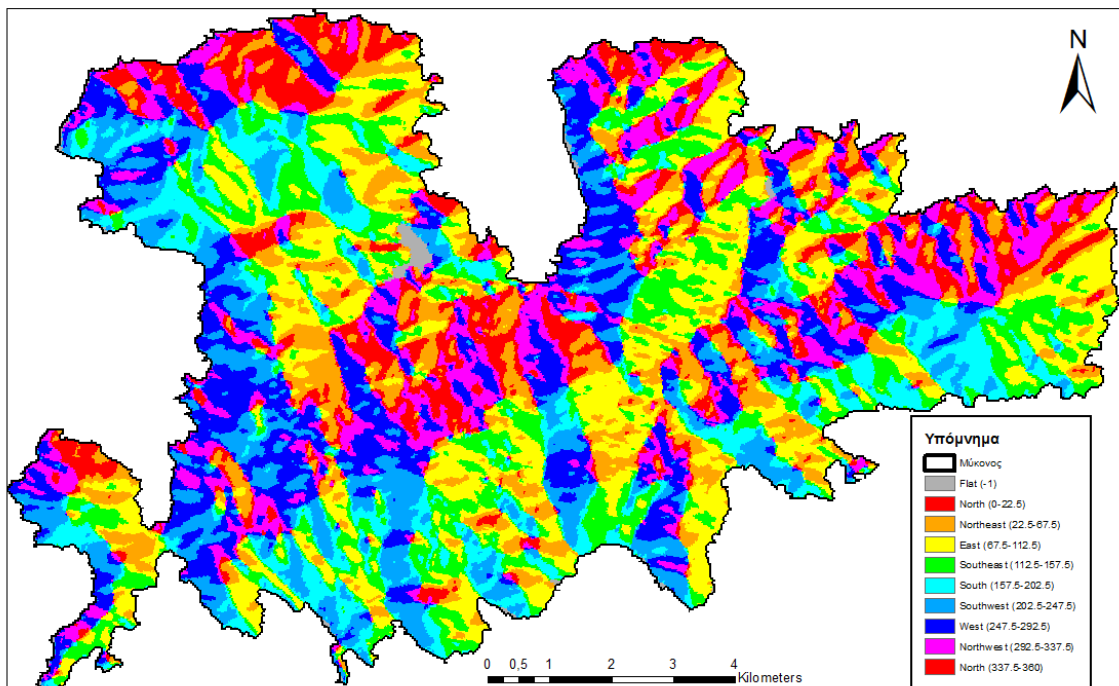
Η διαδικασία για την δημιουργία του θεματικού επιπέδου του προσανατολισμού είναι μια απλή διαδικασία.

Χρησιμοποιώντας ως βάση το DEM της νήσου Μυκόνου, εκτελείται η εντολή aspect του ARCMAP και έτσι παρουσιάζεται το παρακάτω αποτέλεσμα:



Εικόνα 8: Εντολή Aspect

Προσανατολισμός ν. Μυκόνου

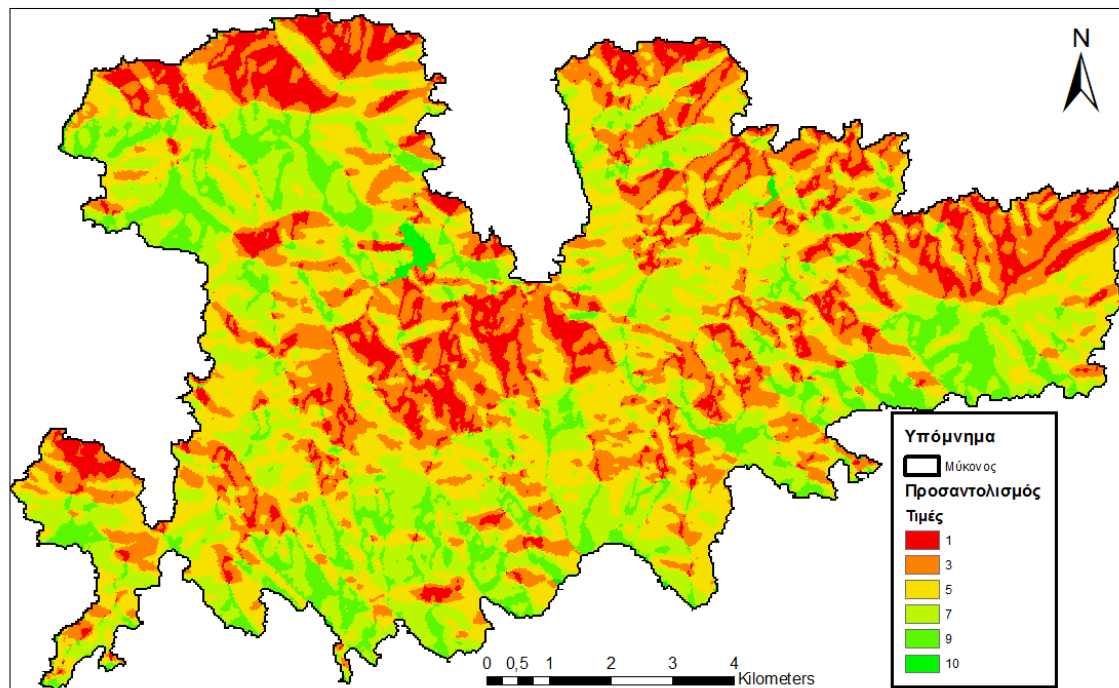


Στη συνέχεια πρέπει να πραγματοποιηθεί reclassify στην ενοποιημένη κλίμακα καταλληλότητας με ελάχιστο 1 όσο πλησιάζουμε το βορρά και μέγιστο το 10 όσο πλησιάζουμε το νότο. Η αναταξινόμηση αυτή γίνεται με τον εξής τρόπο:

Τιμές	Κλίμακα καταλληλότητας
Flat (-1)	10
North (0-22.5), (337.5-360)	1
Northeast (22.5-67.5)	3
East (67.5-112.5)	5
Southeast (112.5-157.5)	7
South (157.5-202.5)	9
Southwest (202.5-247.5)	7
West (247.5-292.5)	5
Northwest (292.5-337.5)	3

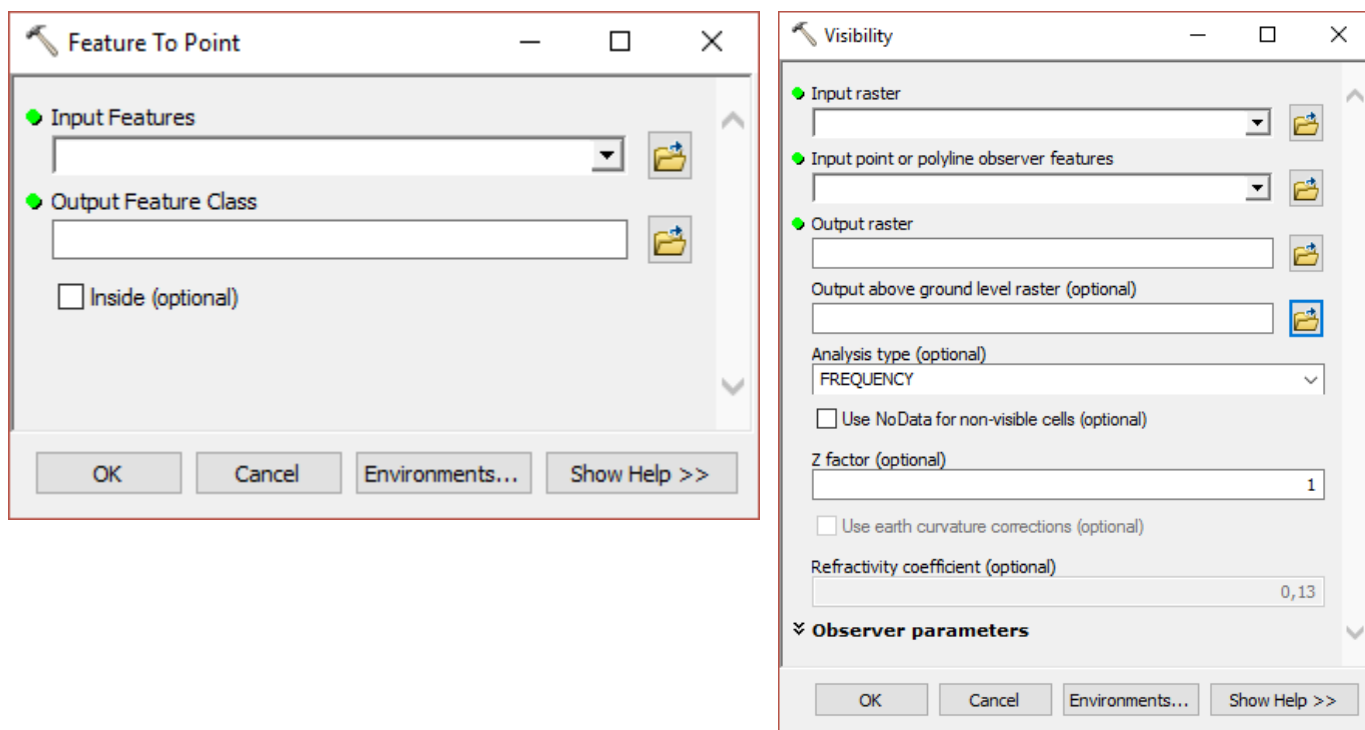
Αυτή η αναταξινόμηση έχει ως αποτέλεσμα τον παρακάτω χάρτη:

Προσανατολισμός ν. Μυκόνου



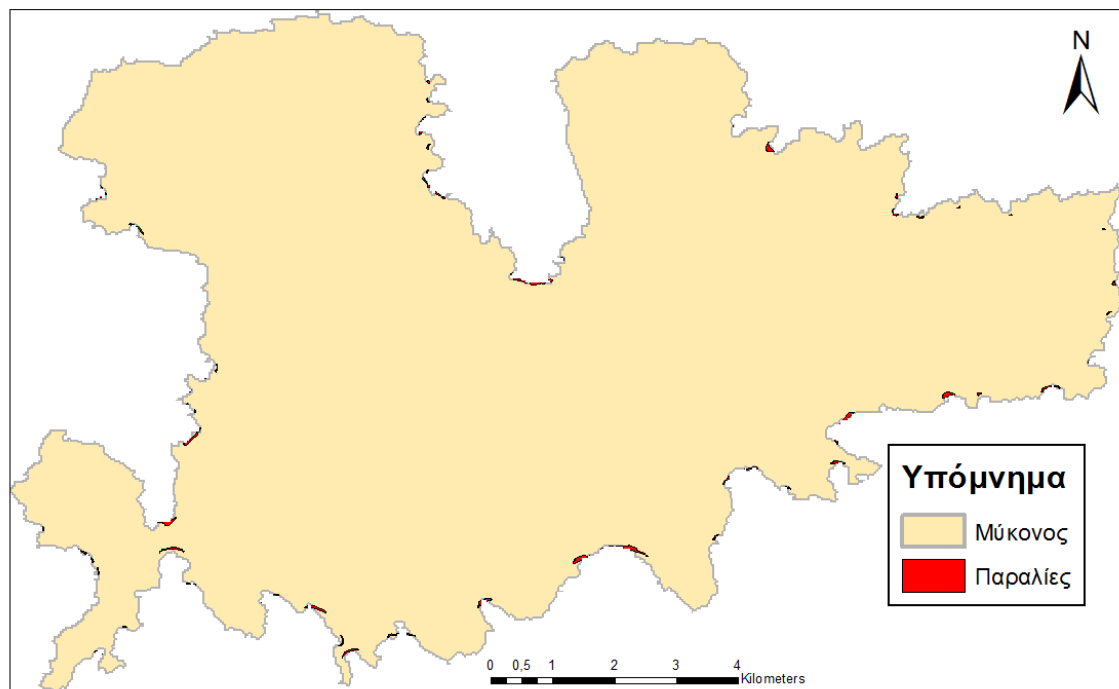
6.3.2.3 Ορατότητα

Η ορατότητα είναι ένα από τα πιο σημαντικά κριτήρια καταλληλότητας που θα χρησιμοποιηθούν, καθώς πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στο χαρακτήρα του νησιού. Επειδή η Μύκονος είναι ένα δημοφιλές νησί, δεν πρέπει το φωτοβολταϊκό πάρκο να βρίσκεται σε περιοχές που μπορούν να παρατηρηθούν από πολυσύχναστα σημεία. Το πρώτο κριτήριο ορατότητας, στο οποίο θα γίνει επεξεργασία, είναι η ορατότητα από τις παραλίες. Το πρώτο βήμα, που θα πραγματοποιηθεί, είναι η μετατροπή των πολυγώνων των παραλιών σε σημεία, χρησιμοποιώντας την εντολή feature to point του ARCMAP. Το καινούριο αυτό θεματικό επίπεδο θα χρησιμοποιηθεί στην εντολή visibility και σε συνδυασμό με το DEM της Μυκόνου δίνεται ένα ψηφιδωτό θεματικό επίπεδο ορατότητας από τις παραλίες.

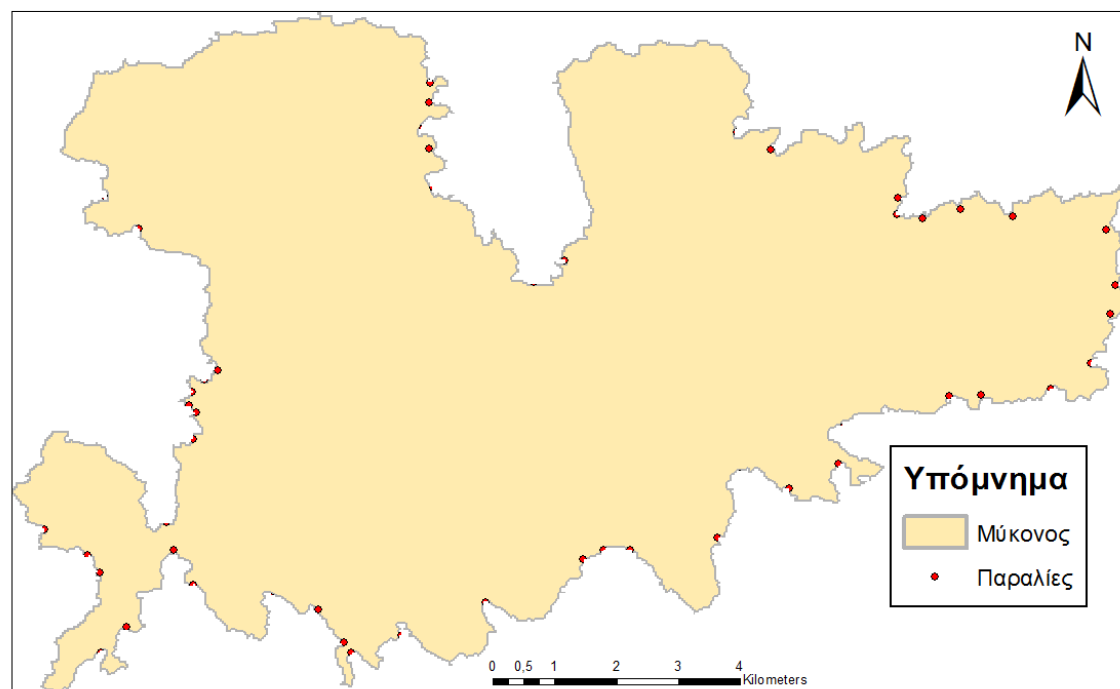


Εικόνα 9: Εντολή Feature to point and Visibility

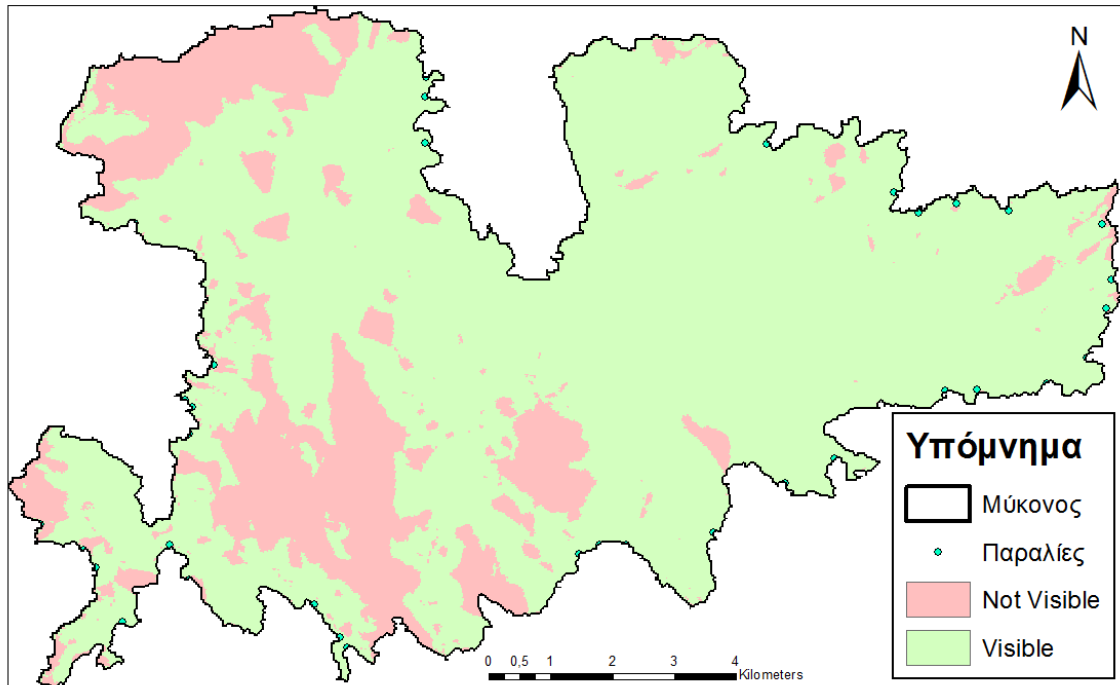
Παραλίες ν. Μυκόνου



Παραλίες ν. Μυκόνου

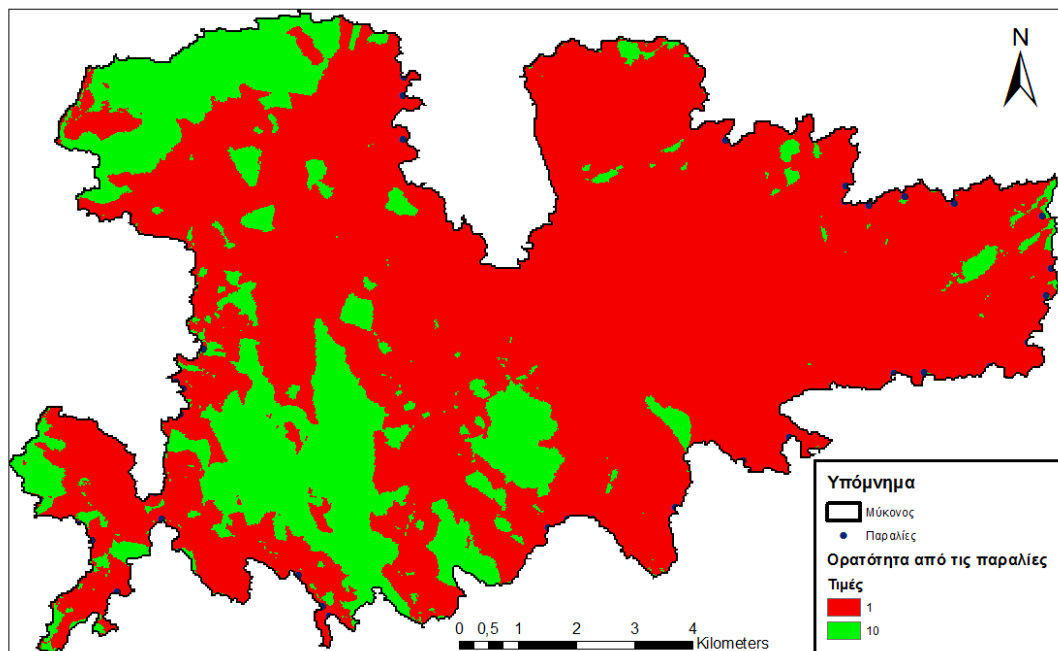


Ορατότητα από τις παραλίες της ν. Μυκόνου



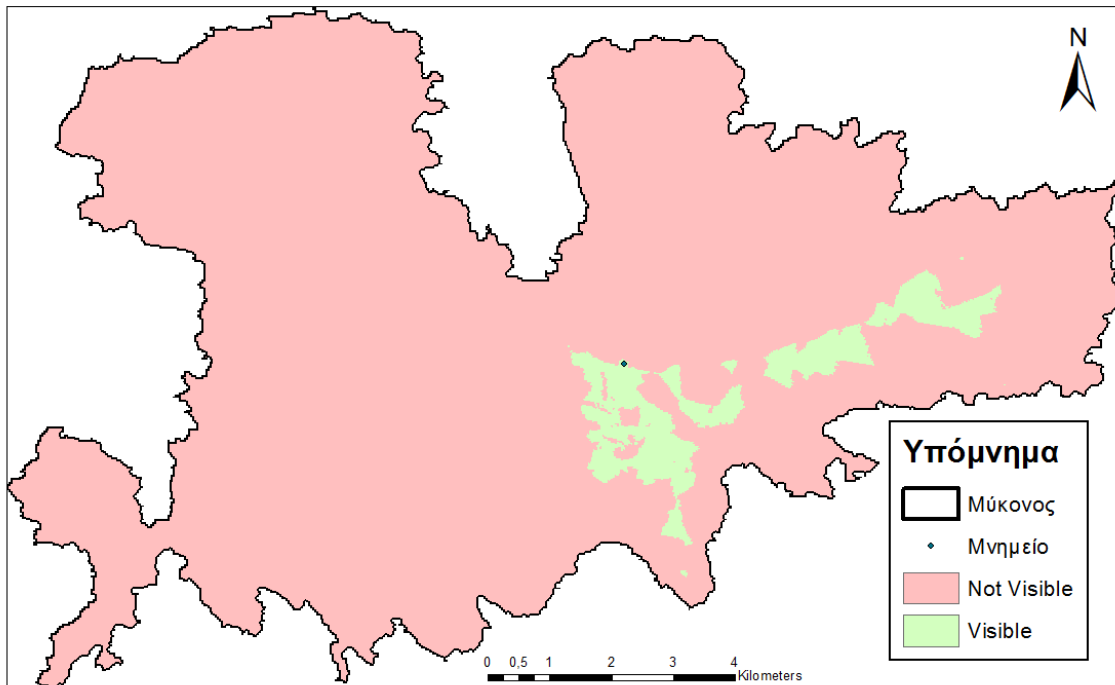
Στη συνέχεια εκτελείται η εντολή reclassify για να μετατραπεί η πληροφορία που παρέχεται, στην ενοποιημένη κλίμακα καταλληλότητας που χρησιμοποιείται, όπου το μη ορατό παίρνει την τιμή 10 και το ορατό την τιμή 1.

Ορατότητα από τις παραλίες της ν. Μυκόνου

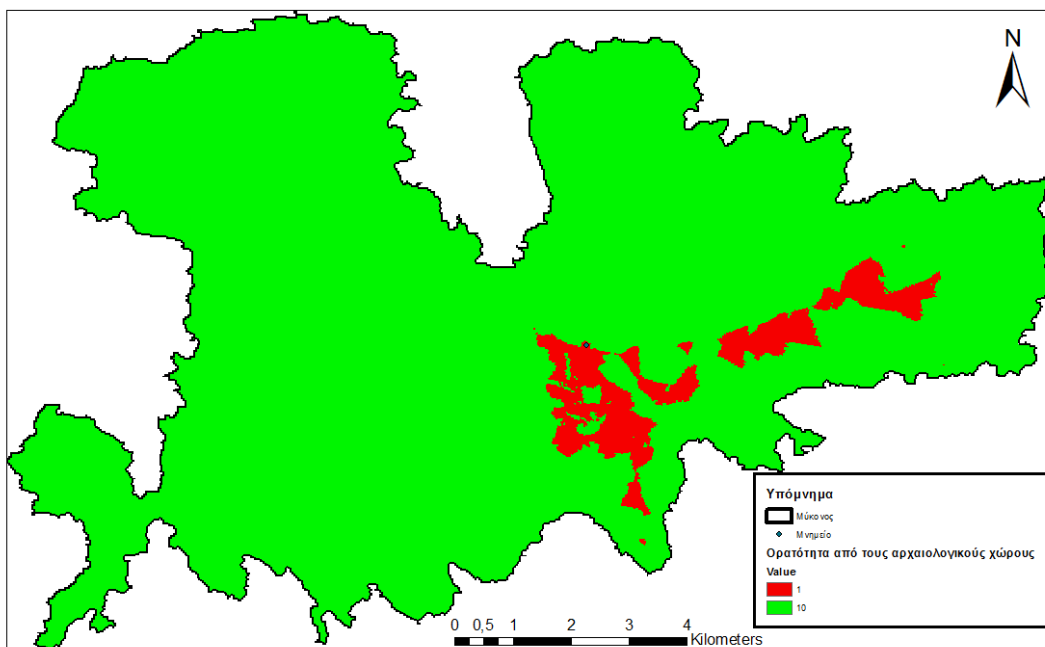


Το επόμενο κριτήριο ορατότητας που θα γίνει επεξεργασία είναι η ορατότητα από τους αρχαιολογικούς χώρους. Η διαδικασία που θα ακολουθείται είναι η ίδια που έχει αναφερθεί προηγουμένως και έτσι δημιουργούνται τα εξής αποτελέσματα:

Ορατότητα από τους αρχαιολογικούς χώρους της ν. Μυκόνου

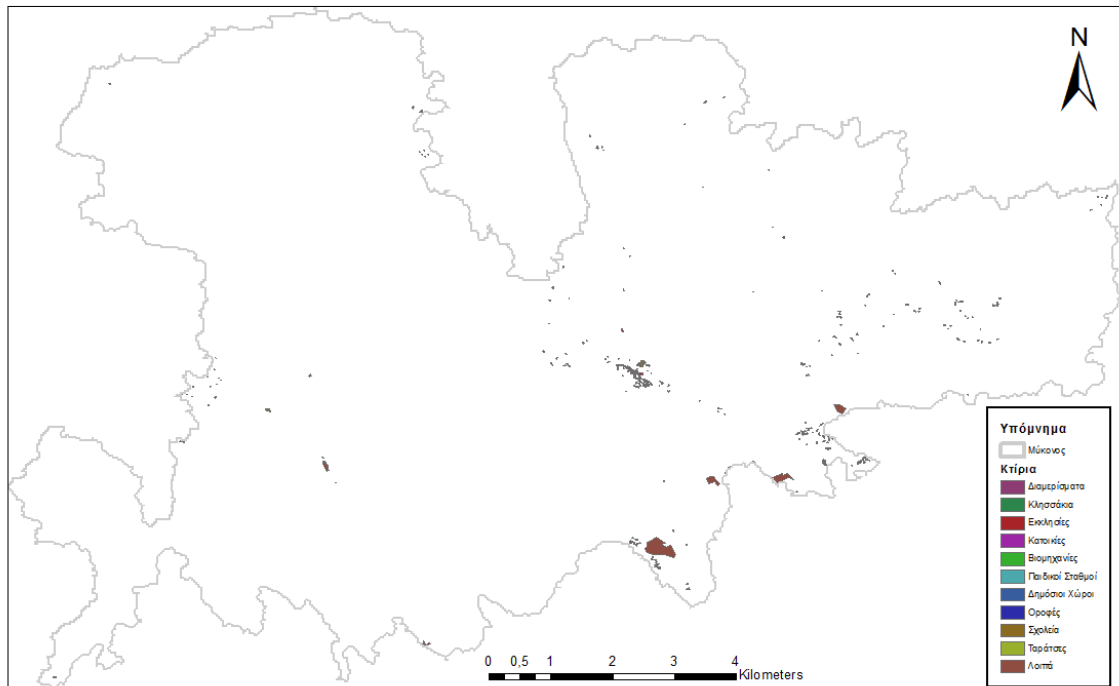


Ορατότητα από τους αρχαιολογικούς χώρους της ν. Μυκόνου



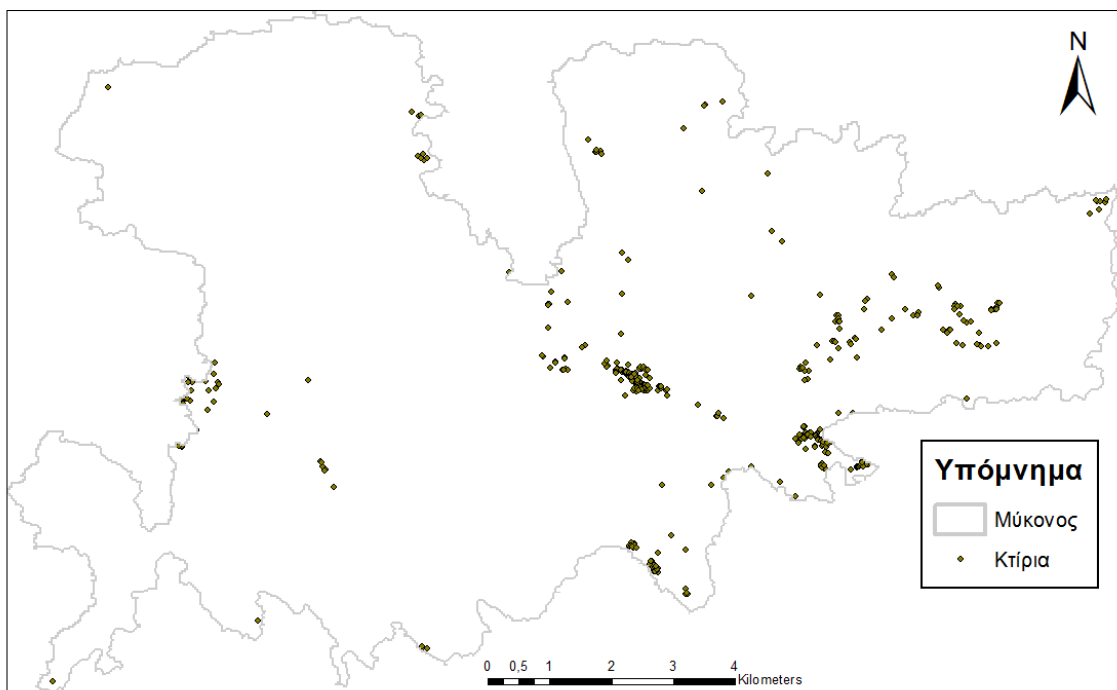
Το επόμενο κριτήριο, στο οποίο θα γίνει ανάλυση είναι η ορατότητα από τα κτίρια. Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει τις εξής κατηγορίες, οι οποίες φαίνονται στον παρακάτω χάρτη:

Κτίρια της ν. Μυκόνου

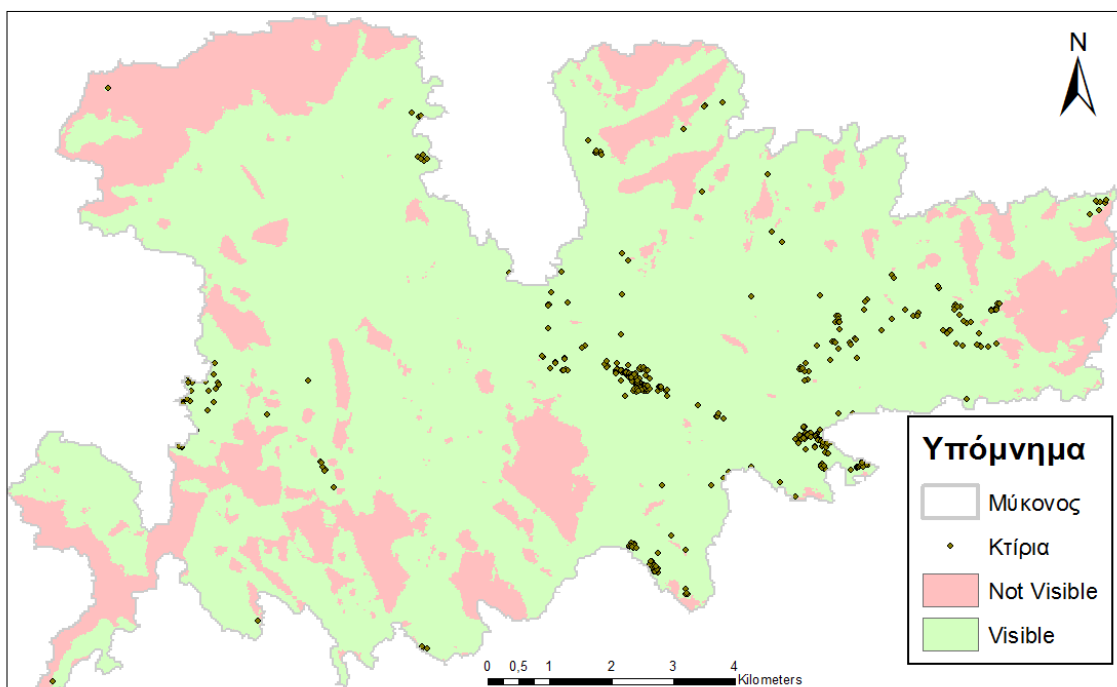


Στην συνέχεια μετατρέπονται τα πολύγωνα σε σημεία και βρίσκονται οι περιοχές ορατότητας.

Κτίρια της ν. Μυκόνου

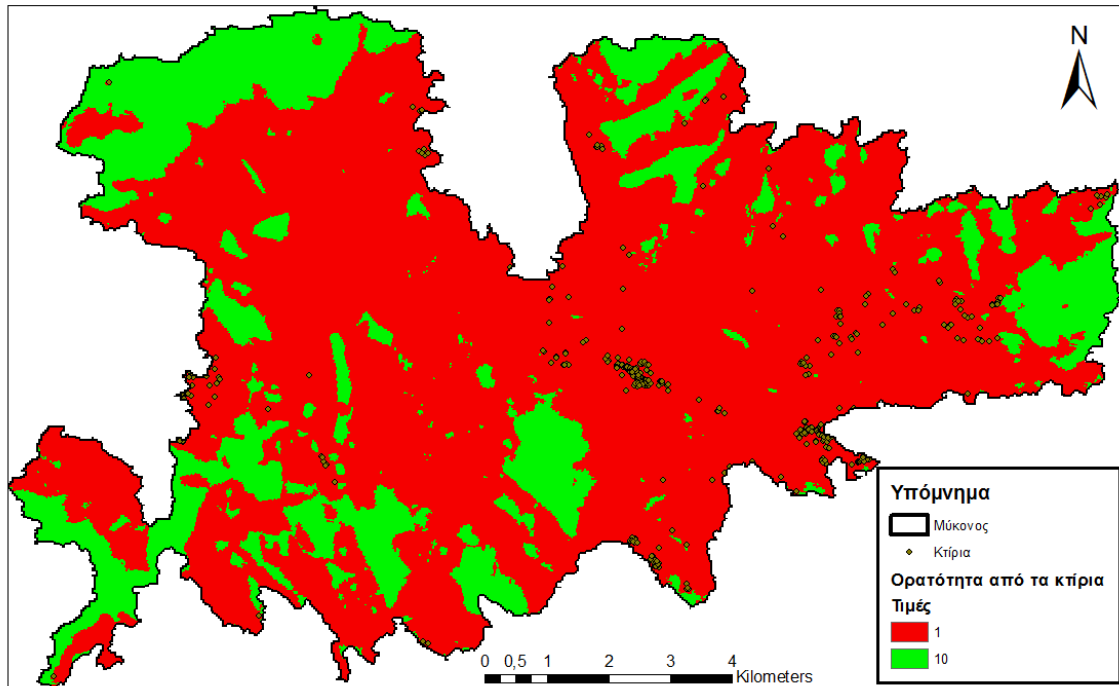


Ορατότητα από τα κτίρια της ν. Μυκόνου



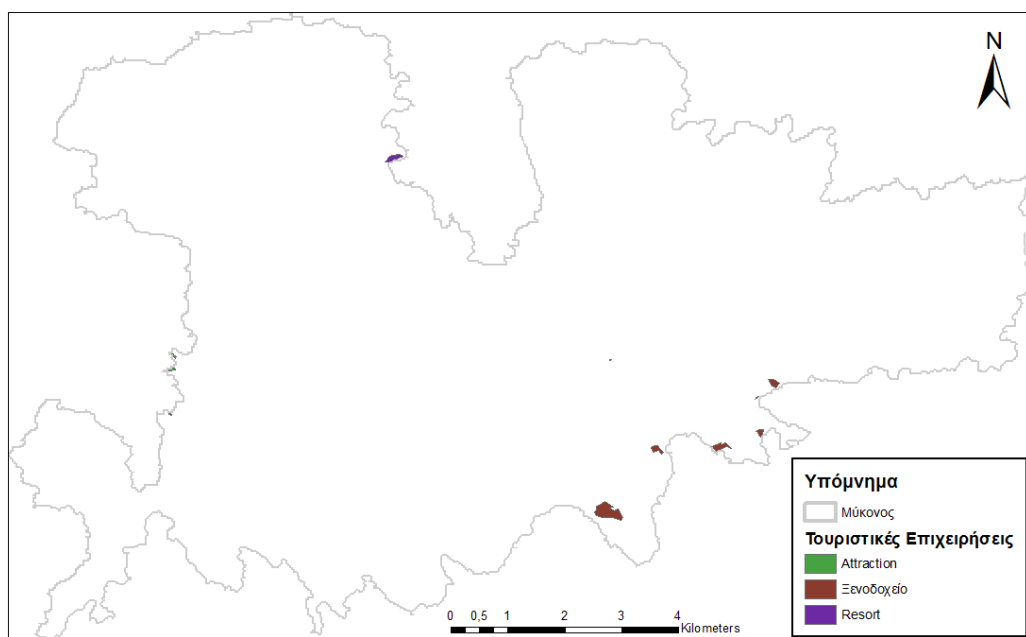
Ακολουθεί η αναταξινόμηση και παρουσιάζεται το παρακάτω θεματικό επίπεδο-κριτήριο:

Ορατότητα από τα κτίρια της ν. Μυκόνου

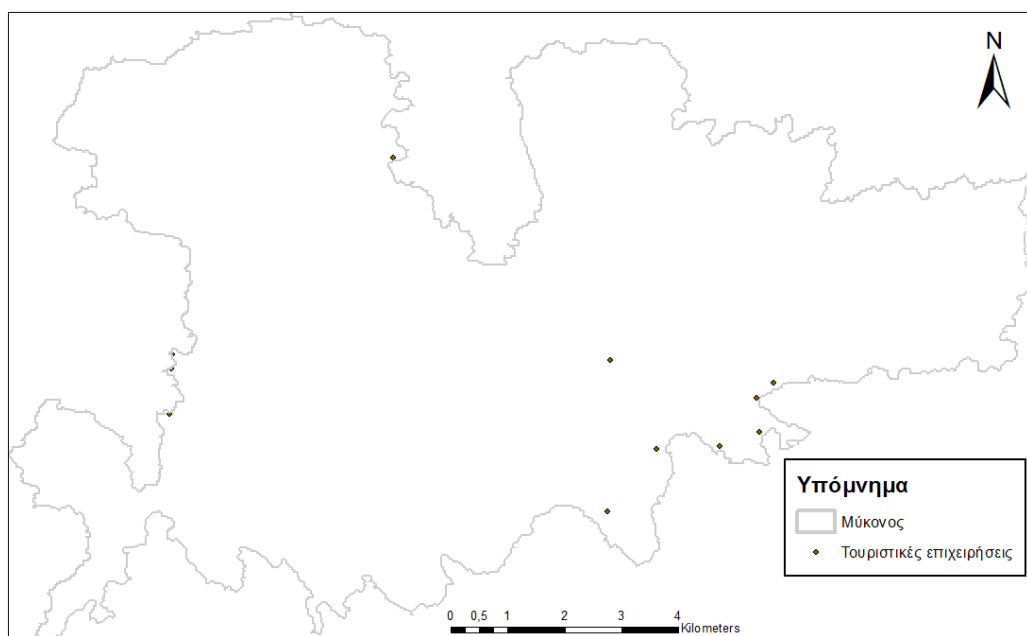


Στη συνέχεια θα γίνει επεξεργασία των τουριστικών κτιρίων και εγκαταστάσεων. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ενώ κάποια από αυτά τα δεδομένα υπάρχουν στην κατηγορία λοιπά, θεωρείται πιο σωστό να επεξεργασθούν μαζί με εκείνα τα στοιχεία που δεν ανήκουν στην κατηγορία των κτιρίων. Η γεωγραφική αποτύπωση των τουριστικών εγκαταστάσεων είναι η εξής:

Τουριστικές επιχειρήσεις της ν. Μυκόνου

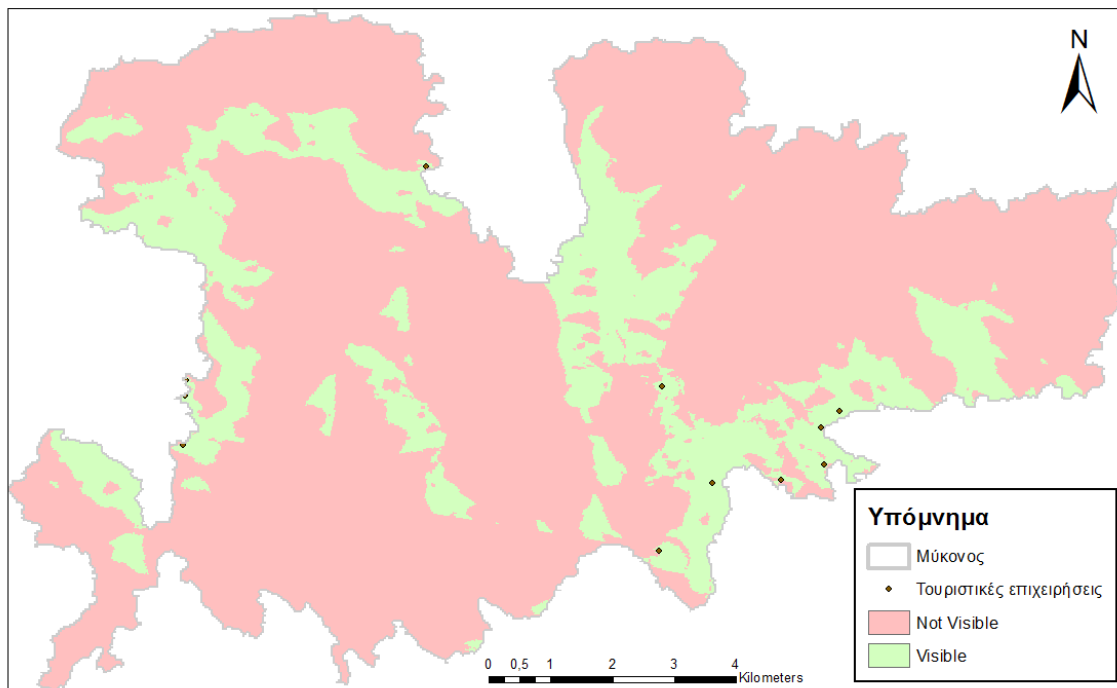


Τουριστικές επιχειρήσεις της ν. Μυκόνου

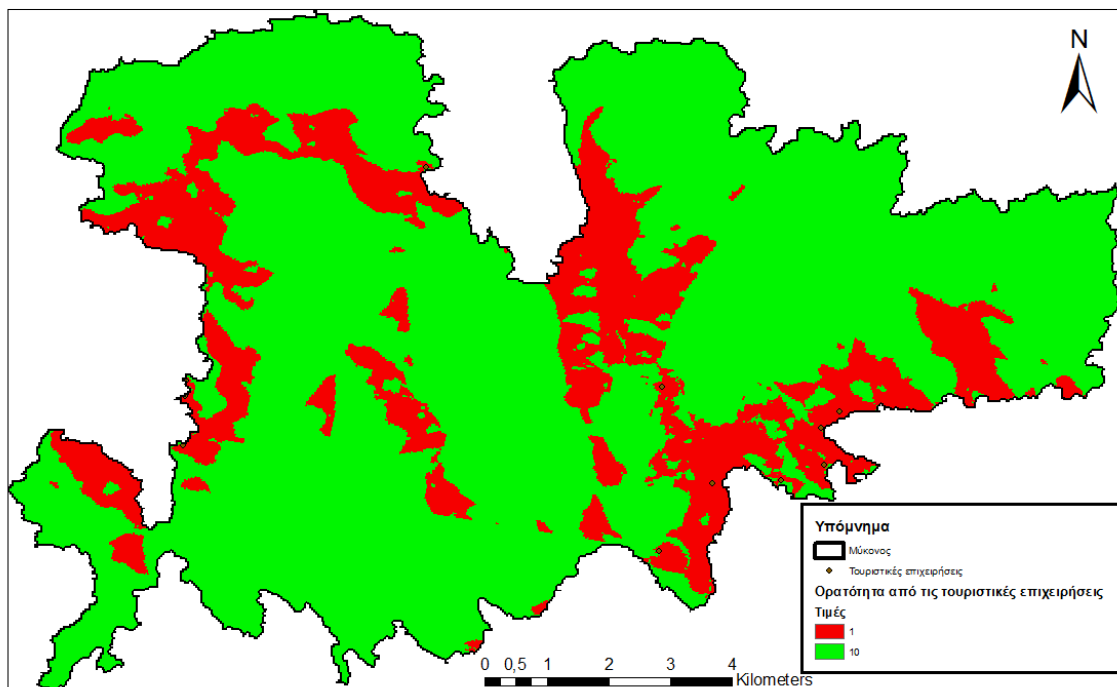


Παρατίθεται στη συνέχεια το κριτήριο της ορατότητας και η αναταξινόμηση του:

Ορατότητα από τις τουριστικές επιχειρήσεις της ν. Μυκόνου

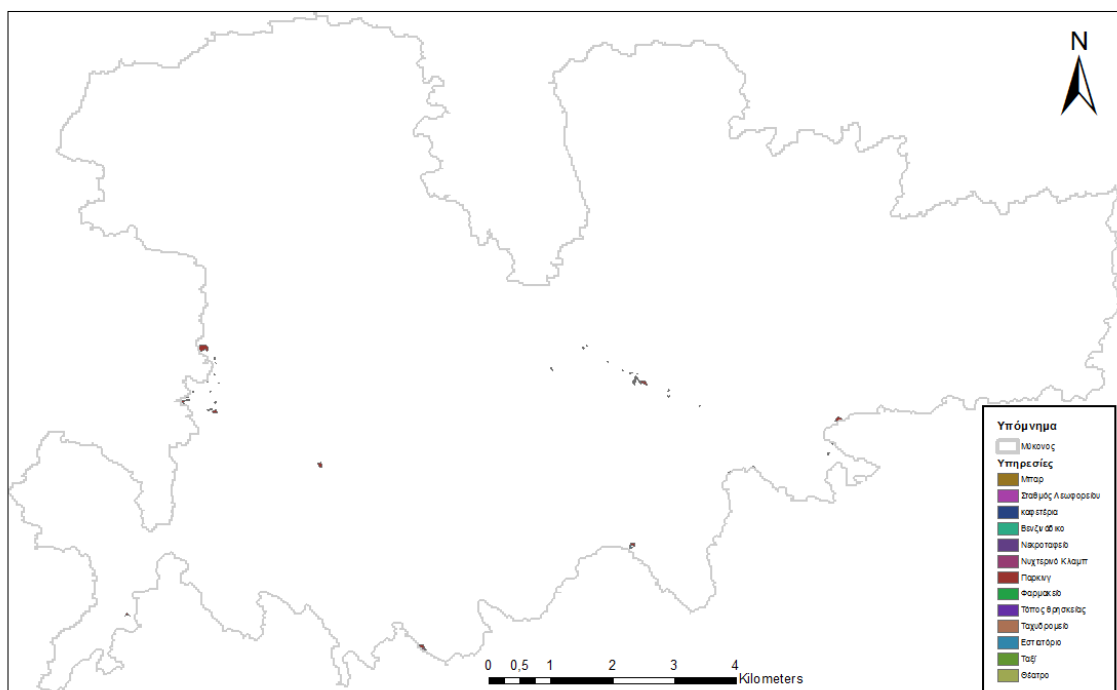


Ορατότητα από τις τουριστικές επιχειρήσεις της ν. Μυκόνου

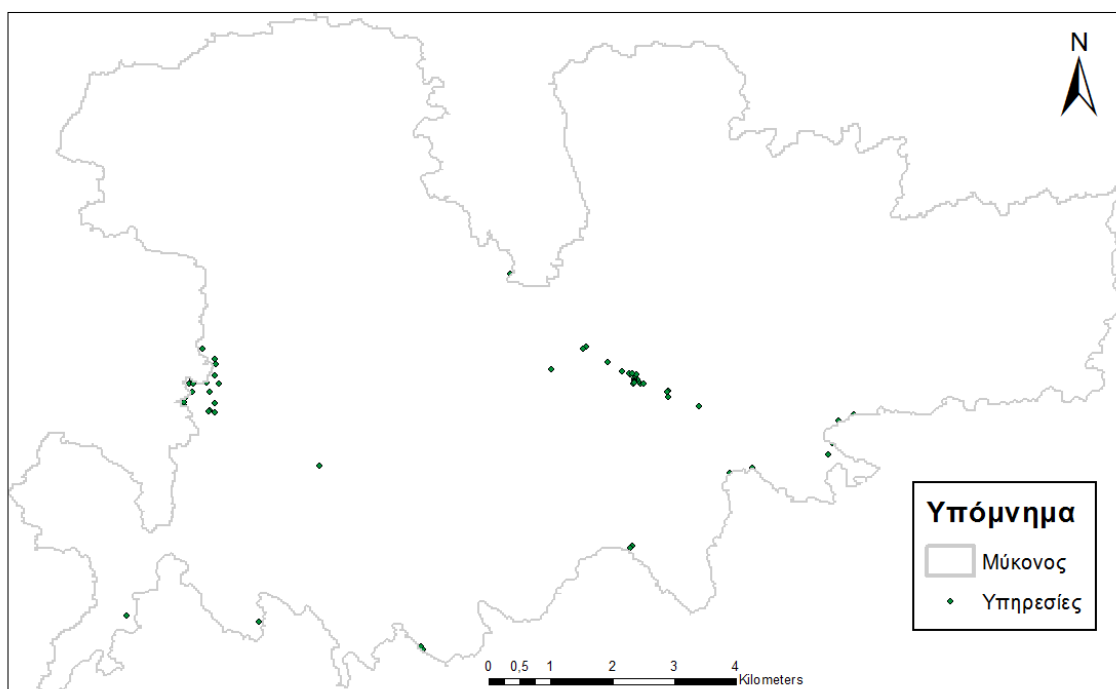


Στη συνέχεια, πραγματοποιείται η επεξεργασία των υπηρεσιών. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η ίδια και παρουσιάζονται τα εξής αποτελέσματα:

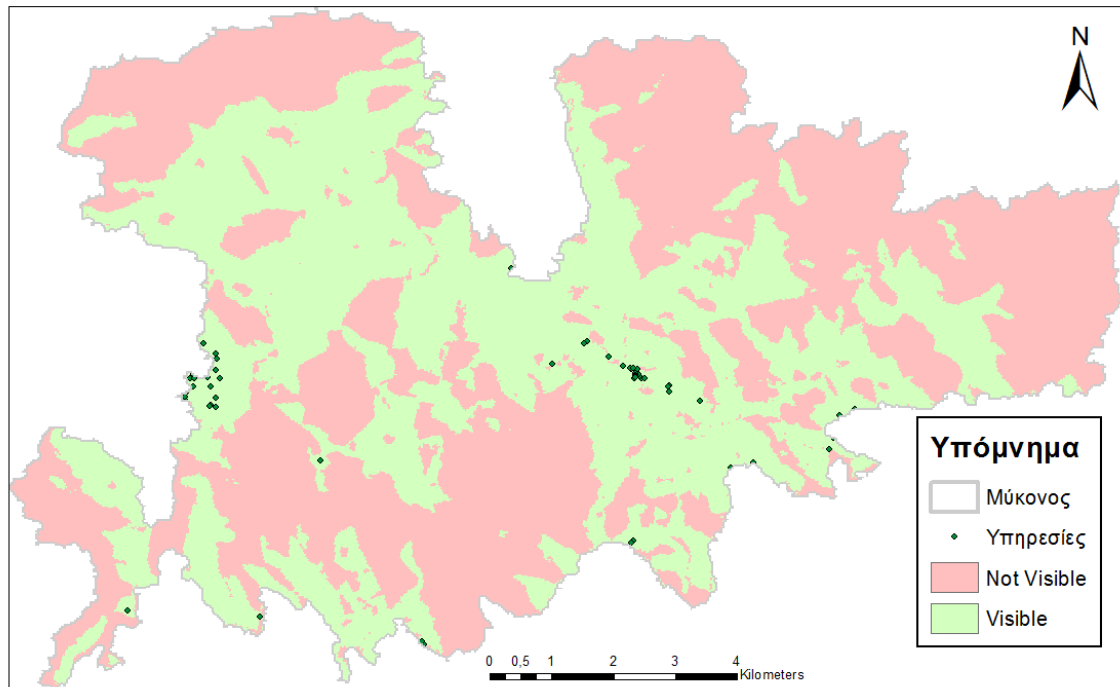
Υπηρεσίες της ν. Μυκόνου



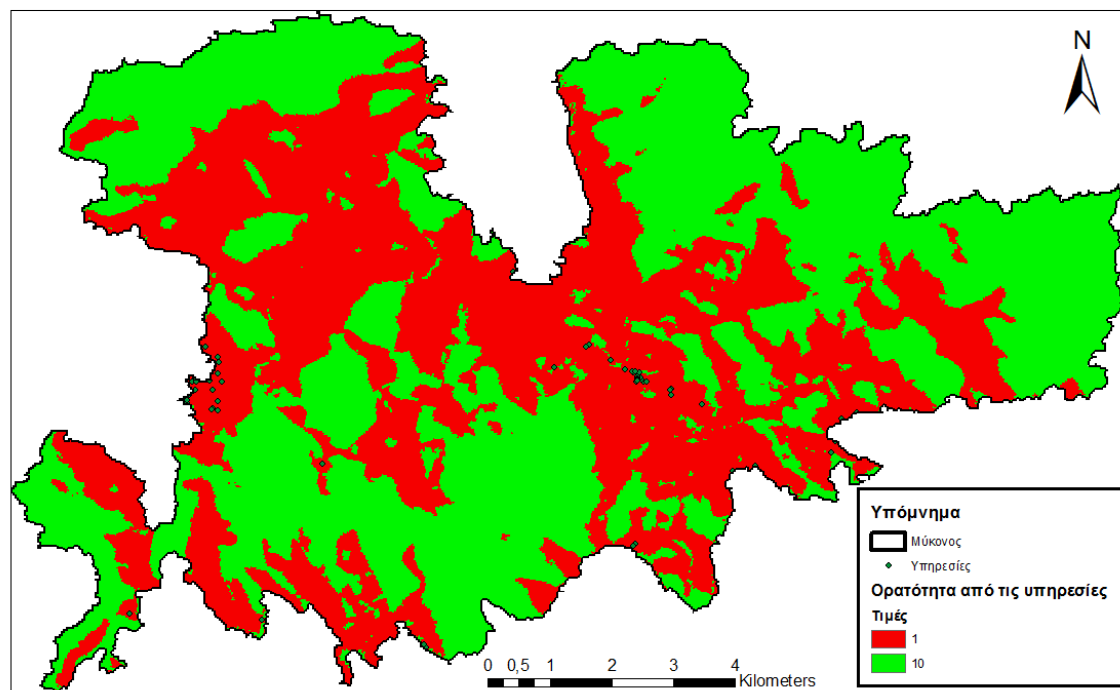
Υπηρεσίες της ν. Μυκόνου



Ορατότητα από τις υπηρεσίες της ν. Μυκόνου

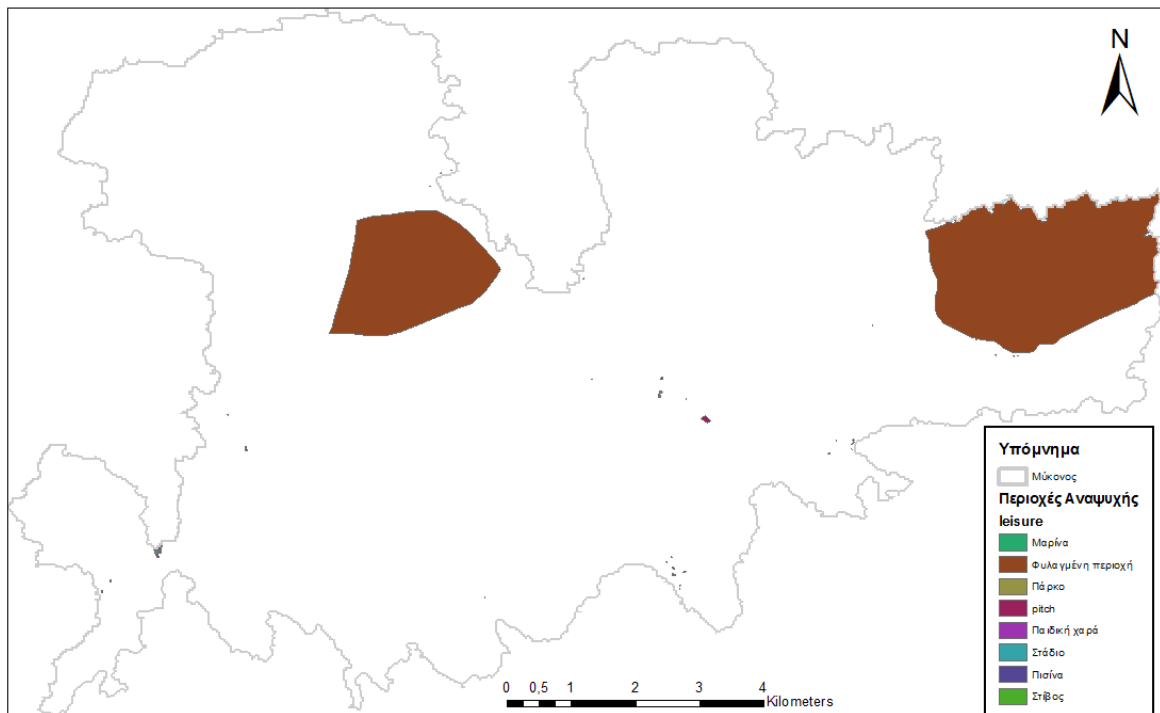


Ορατότητα από τις υπηρεσίες της ν. Μυκόνου

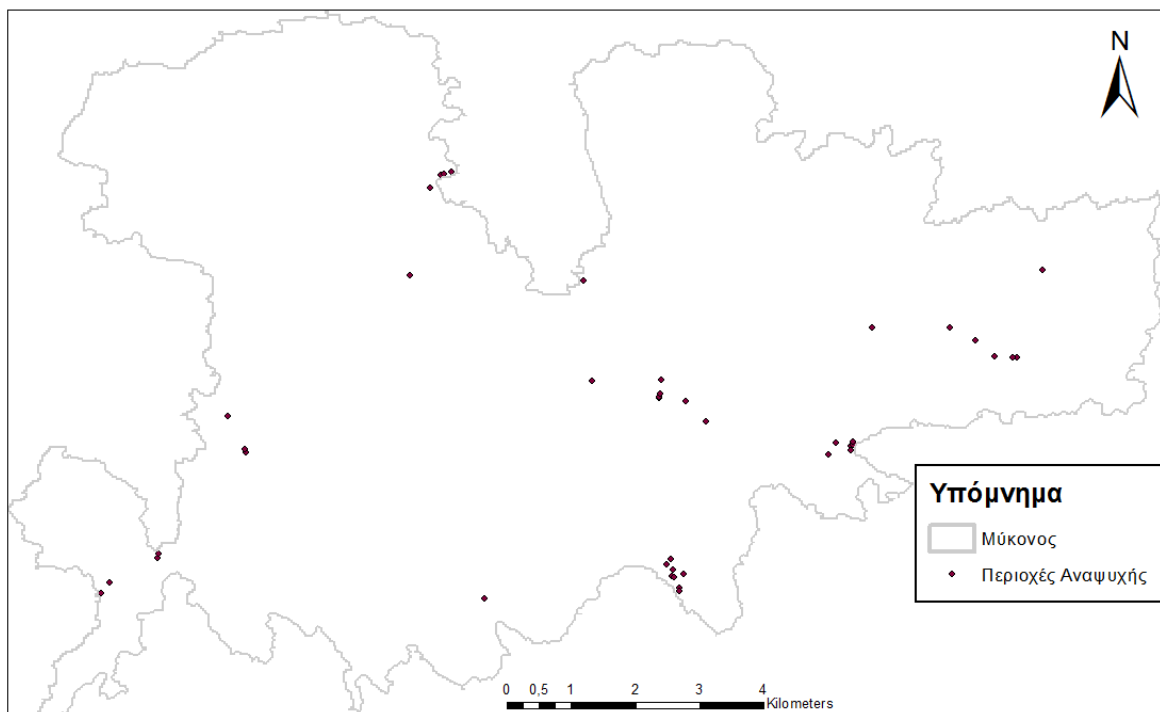


Μετά, λοιπόν, τις υπηρεσίες, σειρά έχουν οι χώροι αναψυχής της νήσου Μυκόνου. Με την ίδια διαδικασία, βρίσκονται οι περιοχές καταλληλότητας με βάση την ορατότητα από τις εγκαταστάσεις αυτές.

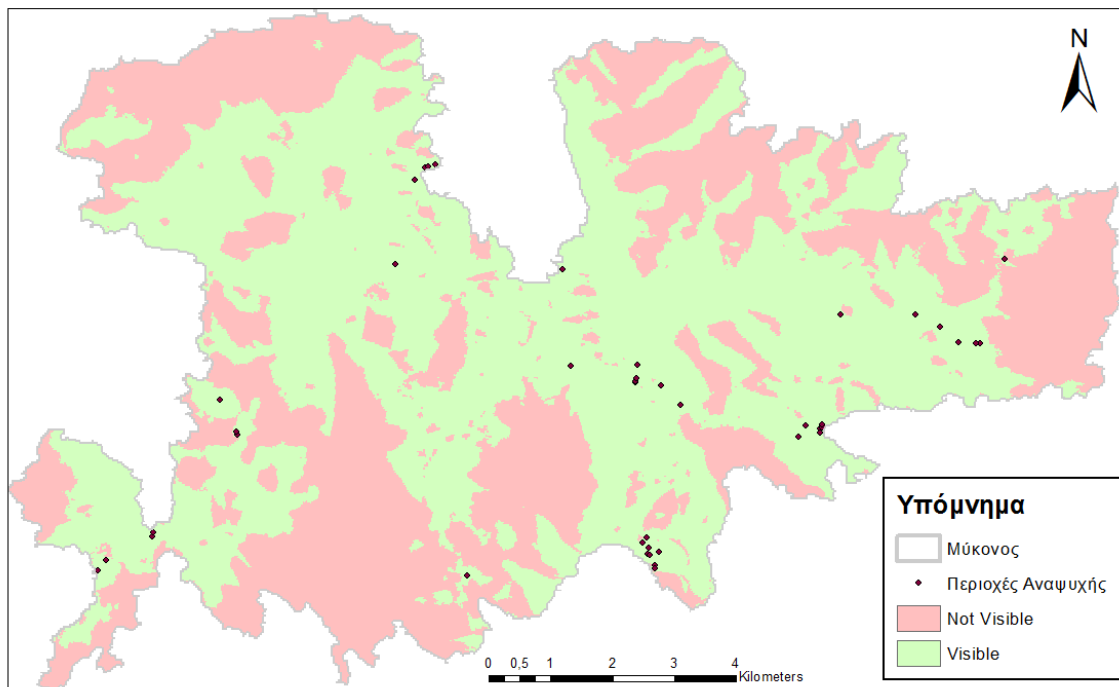
Περιοχές αναψυχής της ν. Μυκόνου



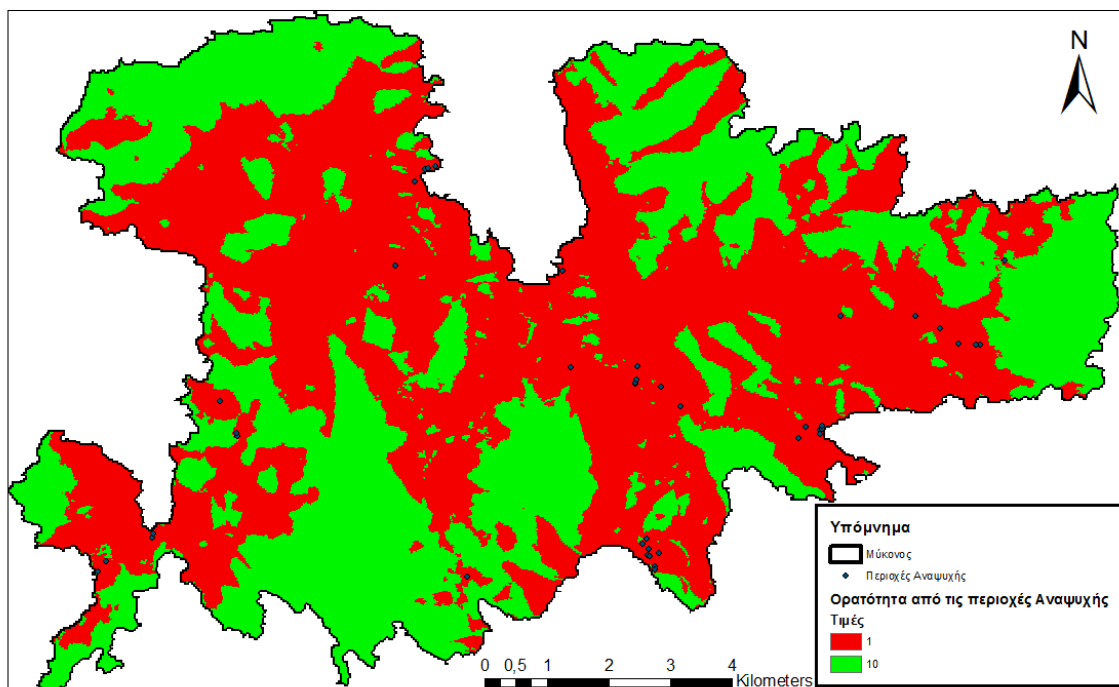
Περιοχές αναψυχής της ν. Μυκόνου



Ορατότητα από τις περιοχές αναφυχής της ν. Μυκόνου

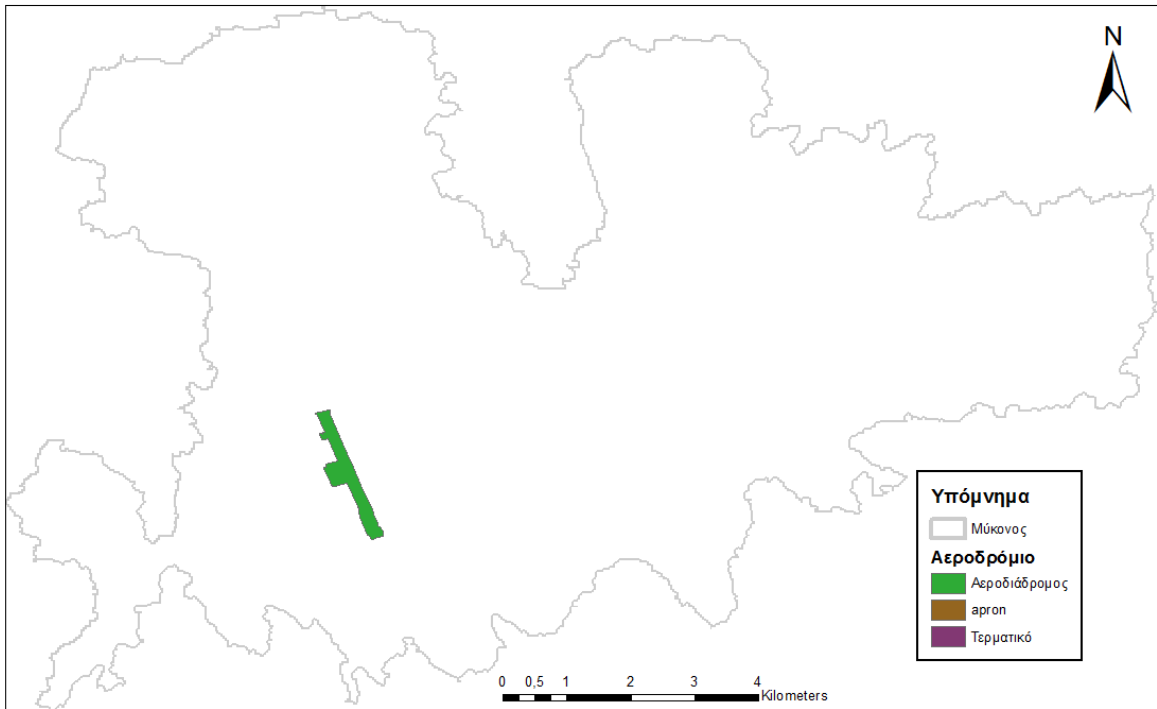


Ορατότητα από τις περιοχές αναφυχής της ν. Μυκόνου

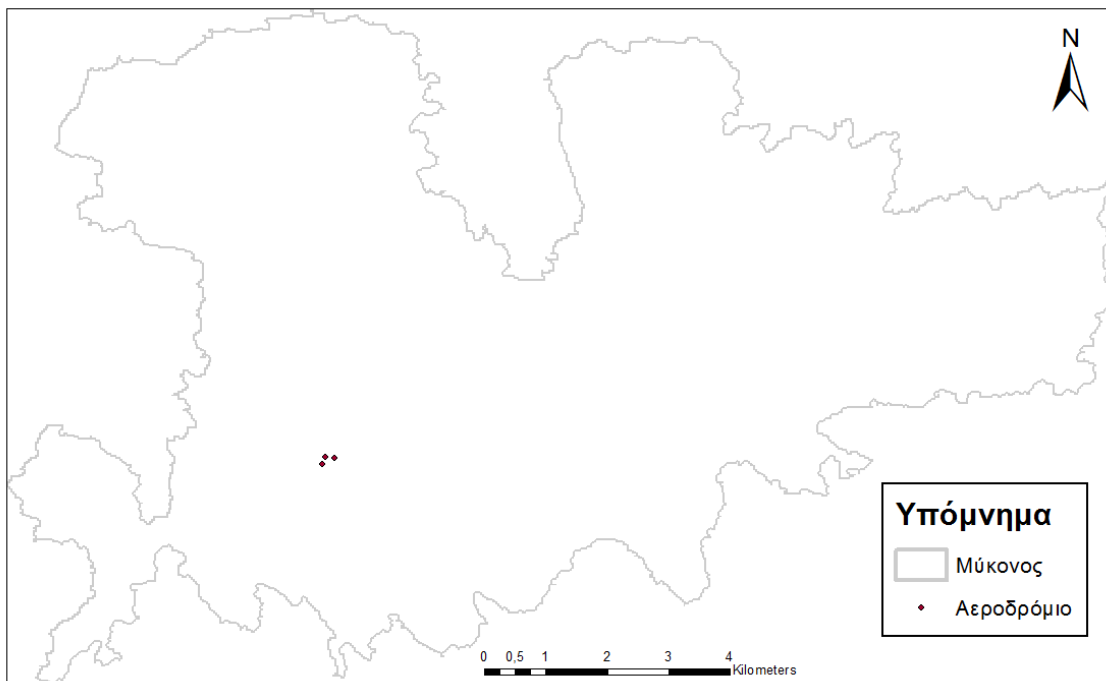


Από αυτή την επεξεργασία των ανθρωπίνων εγκαταστάσεων και περιοχών δραστηριότητας δεν θα μπορούσε κανείς να αφήσει το αεροδρόμιο της ν. Μυκόνου. Η διαδικασία με την οποία θα γίνει η επεξεργασία του θεματικού αυτού επιπέδου ακολουθεί τα ίδια βήματα με όλες τις προηγούμενες και καταλήγουν ως αποτέλεσμα τα παρακάτω θεματικά επίπεδα:

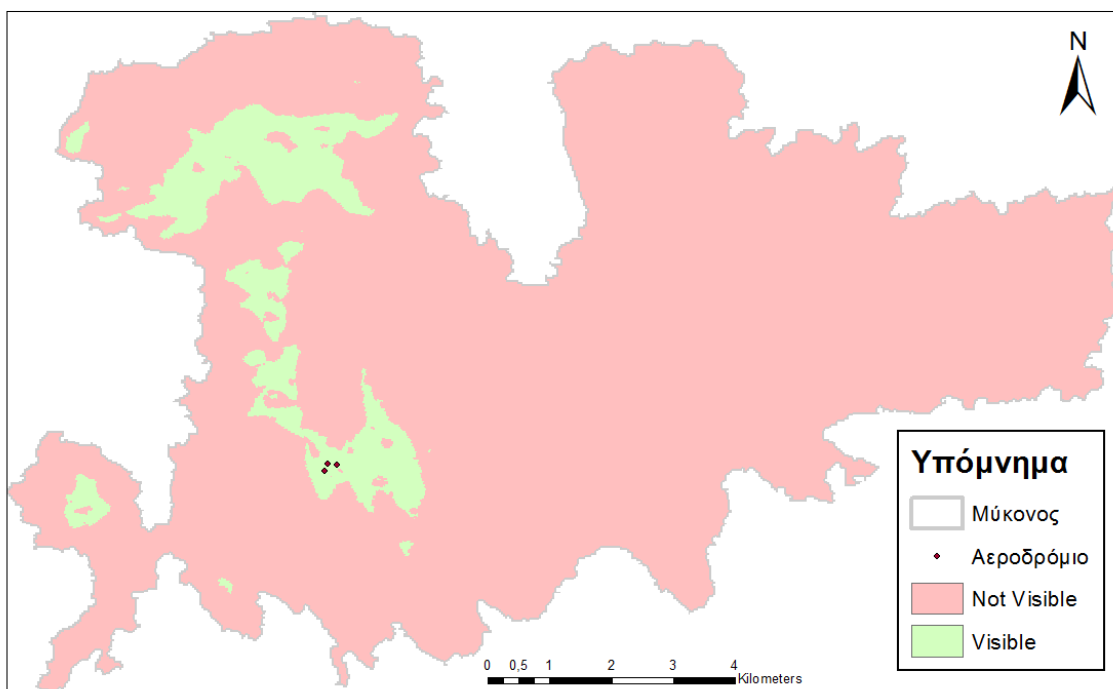
Αεροδρόμιο της ν. Μυκόνου



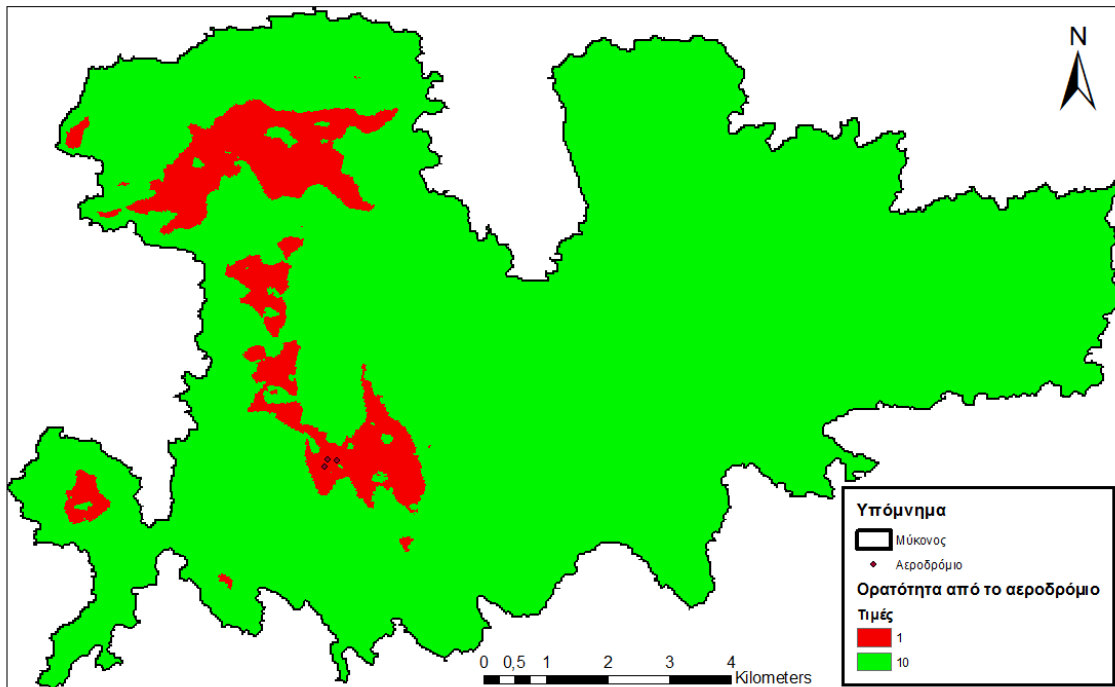
Αεροδρόμιο της ν. Μυκόνου



Ορατότητα από το αεροδρόμιο της ν. Μυκόνου

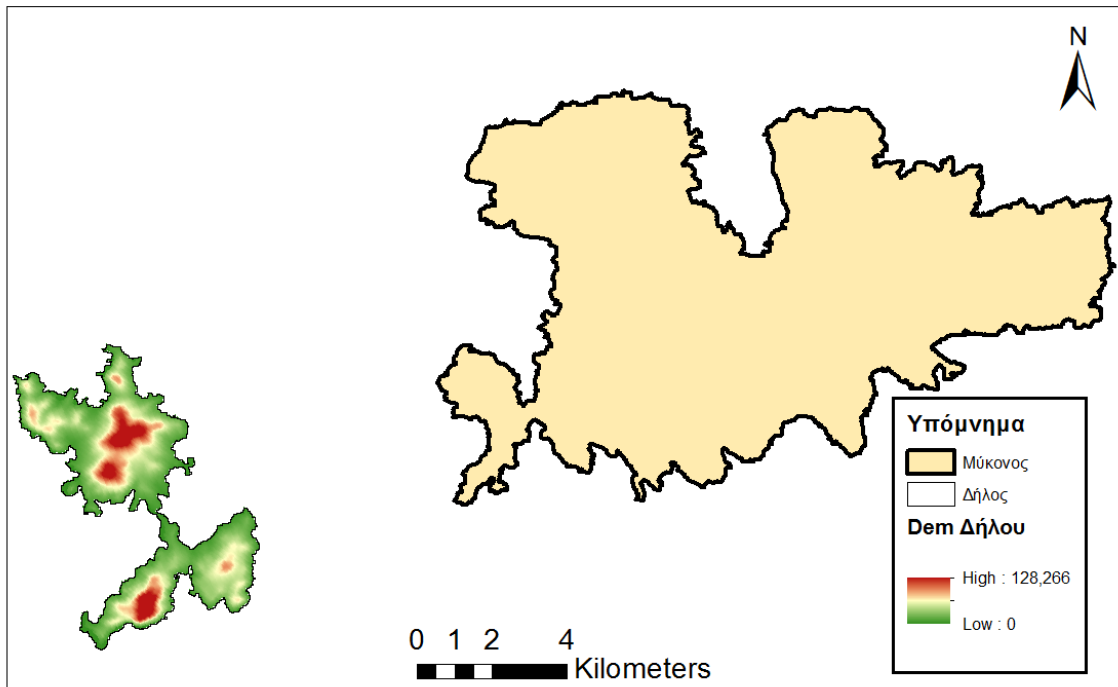


Ορατότητα από το αεροδρόμιο της ν. Μυκόνου



Τελευταίο, αλλά με ιδιαίτερο βαθμό σημαντικότητας δεδομένο είναι η Δήλος. Η Δήλος, βρίσκεται στα νοτιοδυτικά της ν. Μυκόνου και αποτελεί ένα ιδιαίτερα δημοφιλή προορισμό για τους λάτρεις της ιστορίας. Για αυτό το λόγο, δίνεται μεγάλη έμφαση έτσι ώστε οι περιοχές που φαίνονται από τη Δήλο να έχουν μικρό βαθμό καταλληλότητας. Έχοντας αυτό το σκοπό, θα δημιουργηθεί ένα θεματικό επίπεδο που περιλαμβάνει εκατό τυχαία σημεία-παρατηρητές. Από αυτό το θεματικό επίπεδο, στην συνέχεια θα χρησιμοποιηθούν τα σημεία στην εντολή visibility πάνω στο DEM της Δήλου και της Μυκόνου. Έτσι, δημιουργούνται τα παρακάτω αποτελέσματα που δείχνουν παραστατικά την πορεία της επεξεργασίας:

Ν. Δήλος και Μύκονος



Create Random Points

Output Location
C:\Users\Dimitris\Documents\ArcGIS\Default.gdb

Output Point Feature Class

Constraining Feature Class (optional)

Constraining Extent (optional)

Top
250,000000

Left
0,000000

Right
250,000000

Bottom
0,000000

Clear

Number of Points [value or field] (optional)

Long

100

Field

Minimum Allowed Distance [value or field] (optional)

Linear unit

0

Decimal degrees

Field

Create Multipoint Output (optional)

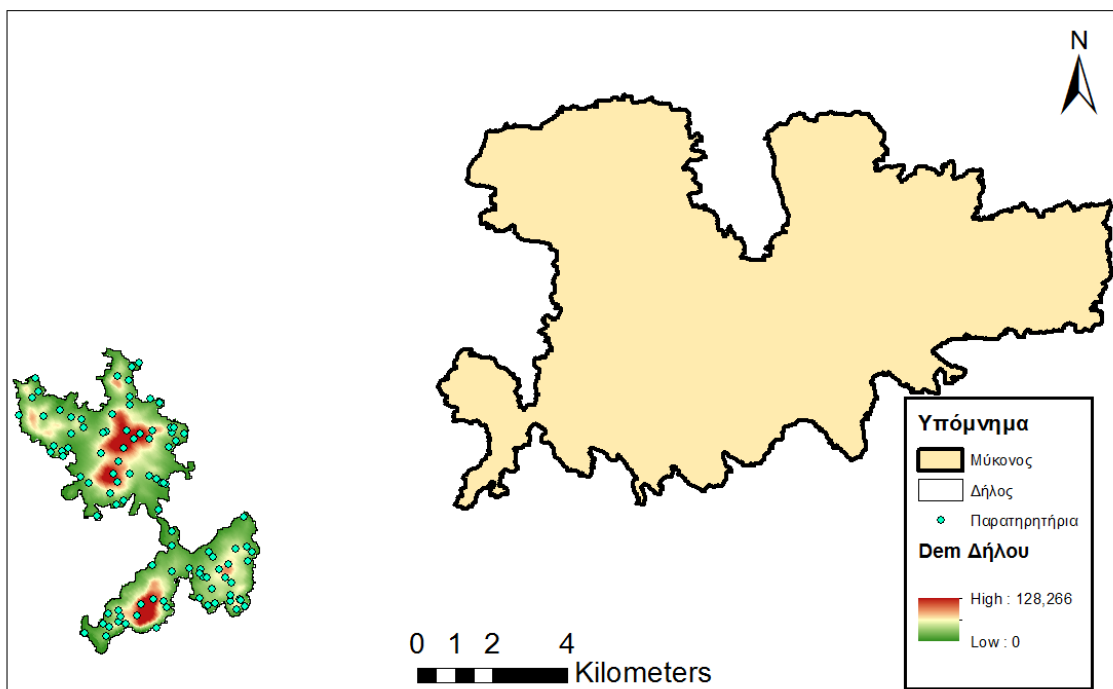
Maximum Number of Points per Multipoint (optional)

0

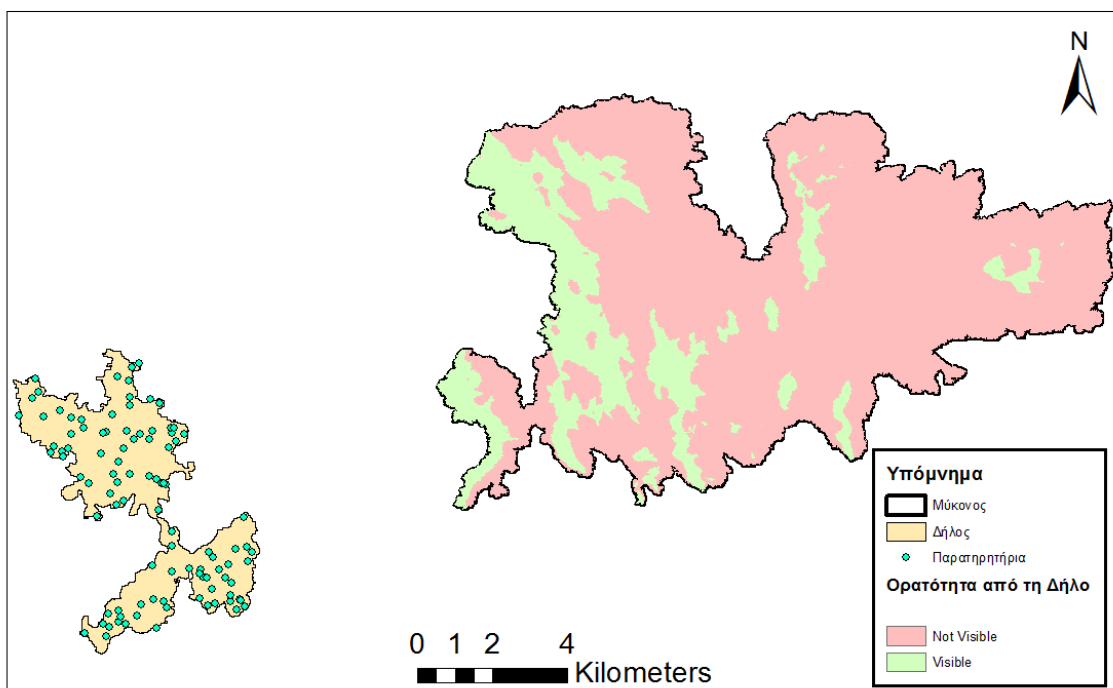
OK Cancel Environments... Show Help >>

Εικόνα 10: Εντολή Create Random Points

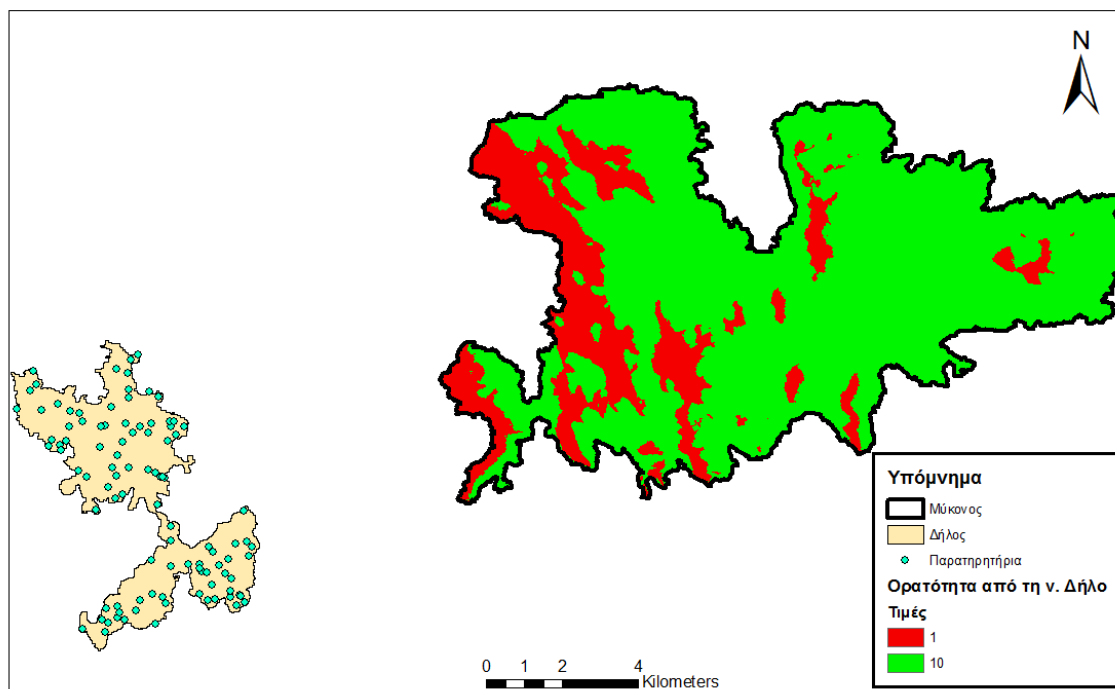
Παρατηρητήρια



Ορατότητα από τα παρατηρητήρια



Ορατότητα από τη ν. Δήλο



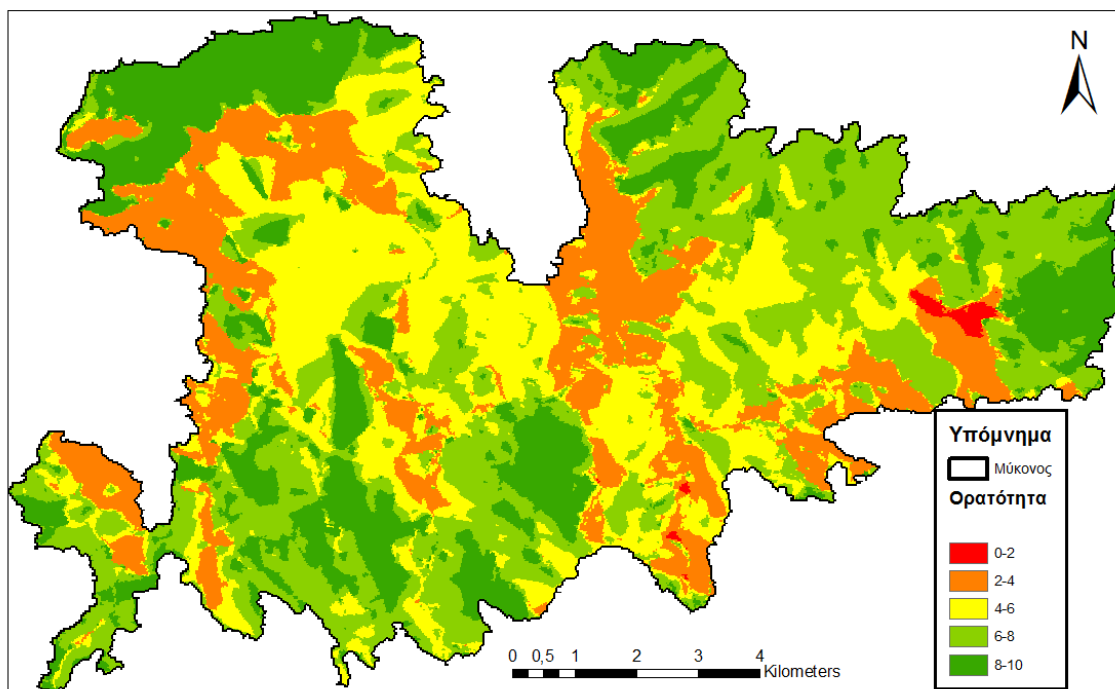
Στην συνέχεια, θεωρείται σκόπιμο να δημιουργηθεί ένα αρχείο το οποίο θα περιλαμβάνει όλα τα δεδομένα της ορατότητας συγκεντρωμένα. Το άθροισμα αυτών των αρχείων γίνεται για διευκόλυνση στην επεξεργασία των αποτελεσμάτων και θα γίνει με τη μέθοδο του weighted sum. Οι συντελεστές και τα βάρη σημαντικότητας που θα αποδοθούν στα δεδομένα ορατότητας είναι τα εξής:

Ορατότητα	Συντελεστής	Βάρος
Τουριστικές επιχειρήσεις	10	0,163934
Παραλίες	10	0,163934
Κτίρια	9	0,147541
Δήλος	9	0,147541
Υπηρεσίες	8	0,131148
Μνημεία	7	0,114754
Περιοχές αναψυχής	6	0,098361
Αεροδρόμιο	2	0,032787

Ορατότητα	Τουριστικές επιχειρήσεις	Παραλίες	Κτίρια	Δήλος	Υπηρεσίες	Μνημεία	Περιοχές αναψυχής	Αεροδρόμιο
Τουριστικές επιχειρήσεις	1	1	1,111	1,111	1,25	1,428571	1,666667	5
Παραλίες	1	1	1,111	1,111	1,25	1,428571	1,666667	5
Κτίρια	0,9	0,9	1	1	1,125	1,285714	1,5	4,5
Δήλος	0,9	0,9	1	1	1,125	1,285714	1,5	4,5
Υπηρεσίες	0,8	0,8	0,889	0,889	1	1,142857	1,333333	4
Μνημεία	0,7	0,7	0,778	0,778	0,875	1	1,166667	3,5
Περιοχές αναψυχής	0,6	0,6	0,667	0,667	0,75	0,857143	1	3
Αεροδρόμιο	0,2	0,2	0,222	0,222	0,25	0,285714	0,333333	1

Στη συνέχεια παρατίθεται ο χάρτης της ορατότητας:

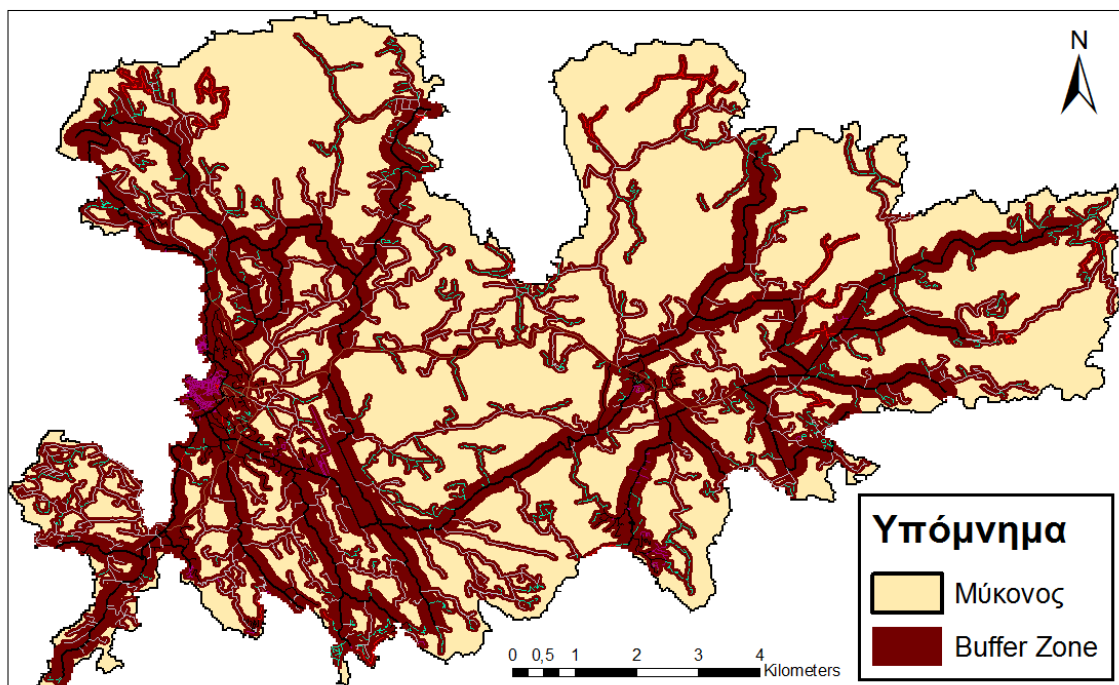
Άθροισμα των δεδομένων ορατότητας



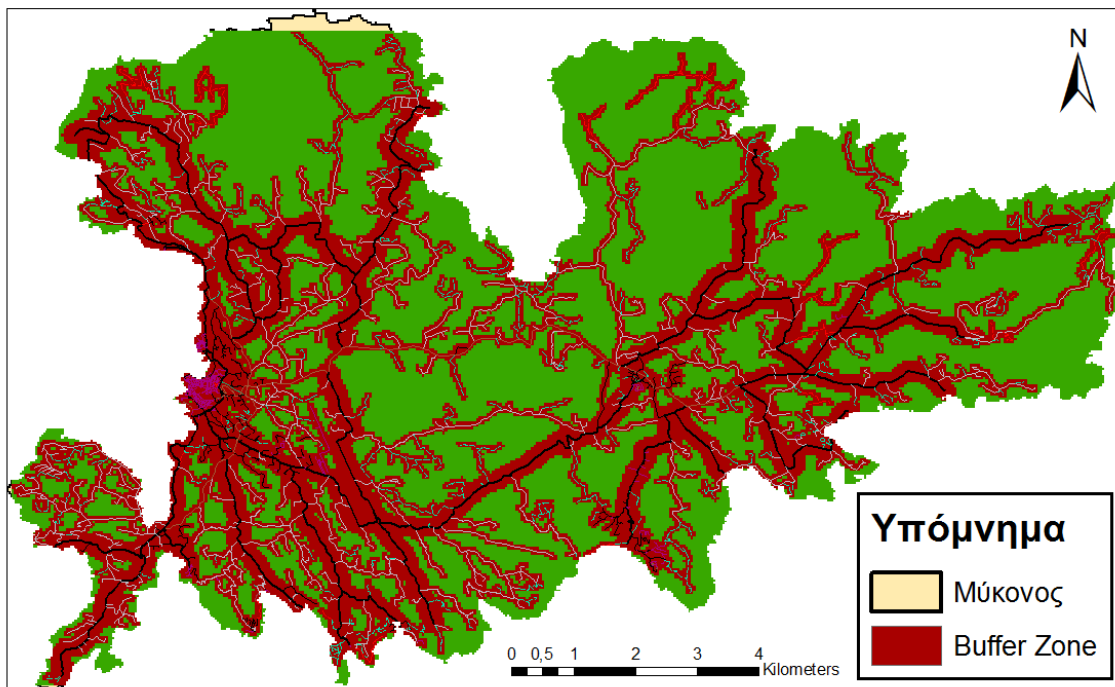
6.3.2.4 Ζώνες Προστασίας

Λόγω της μεγάλης τουριστικής δραστηριότητας στη ν. Μύκονο, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στην απόσταση που χρειάζεται για να κατασκευαστεί το φωτοβολταϊκό πάρκο, καθώς δεν είναι θεμιτό να είναι πολύ κοντά στο οδικό δίκτυο, αλλά ούτε και αρκετά μακριά. Έτσι, χρησιμοποιώντας ως βάση το θεματικό πεδίο του οδικού δικτύου, γίνεται προσπάθεια να δημιουργηθούν buffer zones γύρω από αυτό. Ωστόσο, πρέπει να δοθεί έμφαση στο κύριο οδικό δίκτυο, μιας και αυτό είναι το πολυσύχναστο κομμάτι του γενικότερου δικτύου, ενώ σε όλο το υπόλοιπο σημασία έχει απλά να μην είναι αρκετά κοντά σε αυτό. Για αυτό το λόγο, δημιουργείται στο attribute table ένα καινούριο table, το οποίο περιλαμβάνει τις τιμές για την ακτίνα που θα έχουν τα buffer zones, 150 μέτρα για το κύριο οδικό δίκτυο και 50 μέτρα για το υπόλοιπο δίκτυο. Αφού, λοιπόν, δημιουργηθεί το table αυτό, στη συνέχεια θα χρησιμοποιηθεί η εντολή buffer wizard του ARCMAP. Το καινούριο θεματικό πεδίο είναι διανυσματικό, αλλά για να μπορεί να εκτελεστεί η εντολή reclassify πρέπει να υπάρχει ένα ψηφιδωτό αρχείο. Το επόμενο βήμα, λοιπόν, είναι να χρησιμοποιηθεί η εντολή polygon to raster και χρησιμοποιώντας ως τιμή τις τιμές των αποστάσεων, δημιουργείται ένα ψηφιδωτό αρχείο. Σε αυτό το πεδίο εκτελείται η εντολή reclassify θεωρώντας ως τιμές 1 τις αποστάσεις από το οδικό δίκτυο και όλη η επόμενη περιοχή που δεν καλύπτεται από τις buffer zones παίρνει την τιμή 10 στην κλίμακα καταλληλότητας. Παρακάτω παρατίθεται μέσω χαρτών η διαδικασία που ακολουθήθηκε:

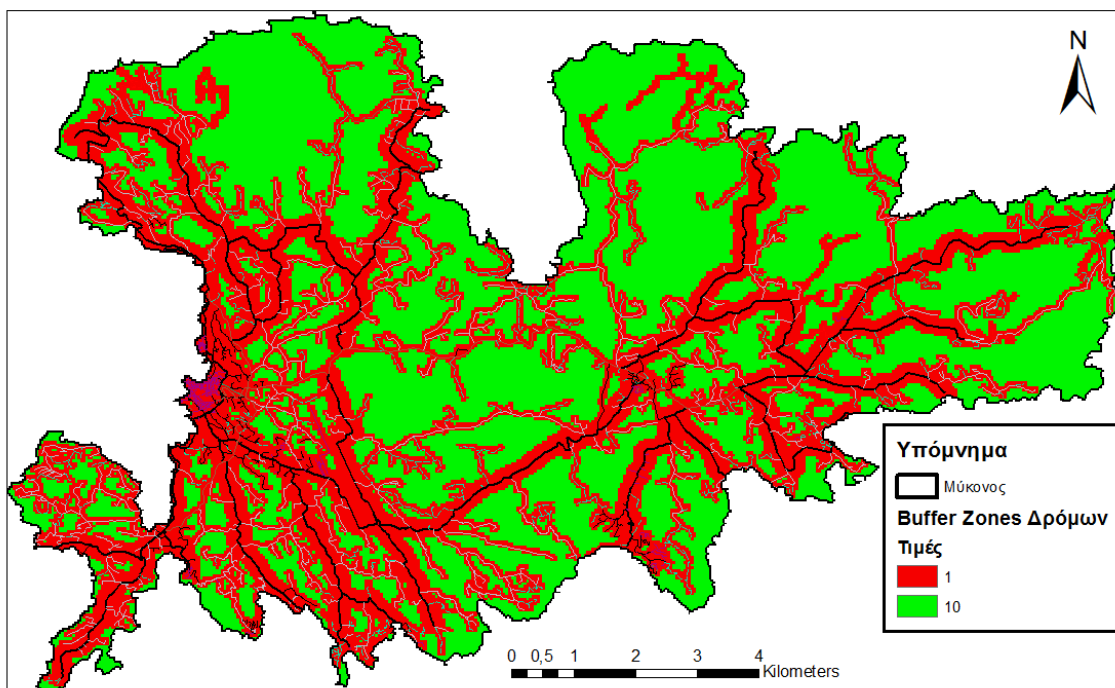
Buffer Zones από τους δρόμους

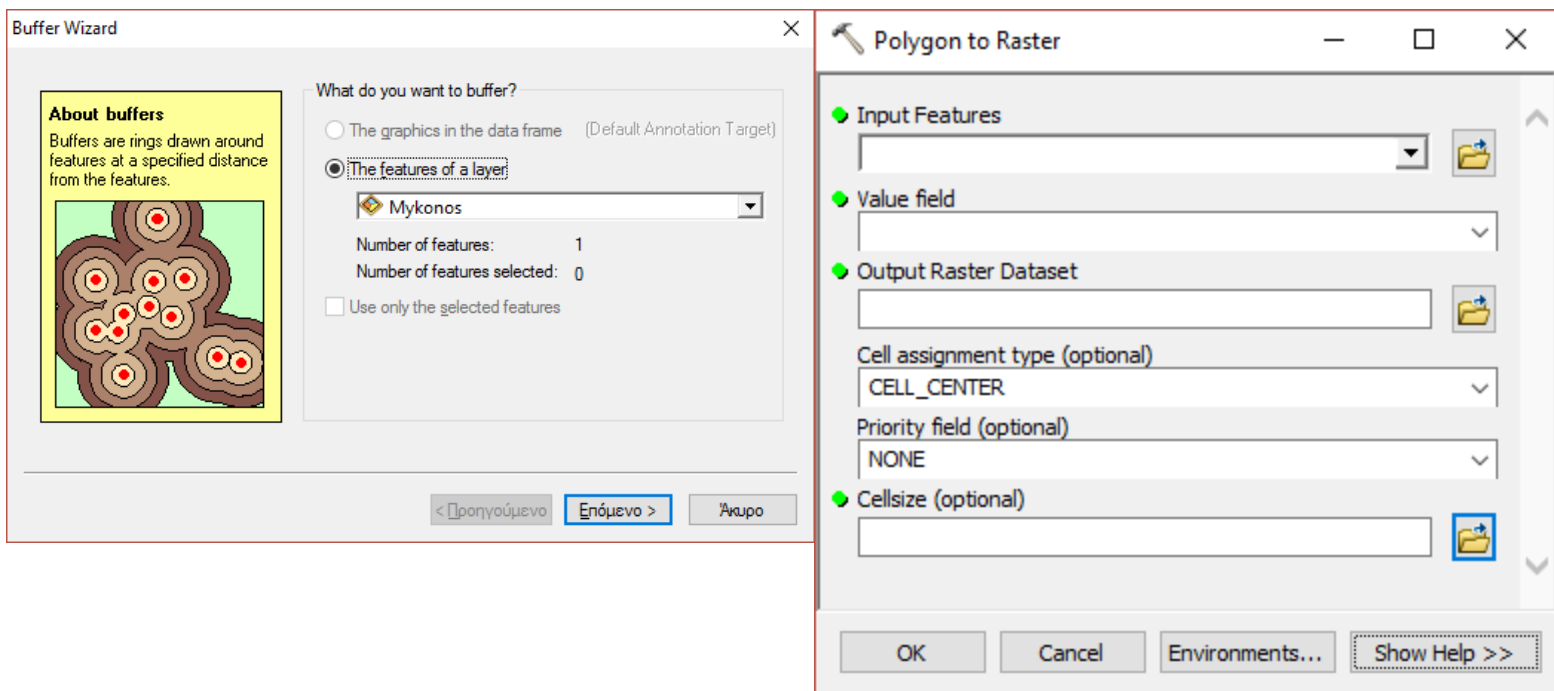


Buffer Zones από τους δρόμους (raster)



Buffer Zones από τους δρόμους (raster)





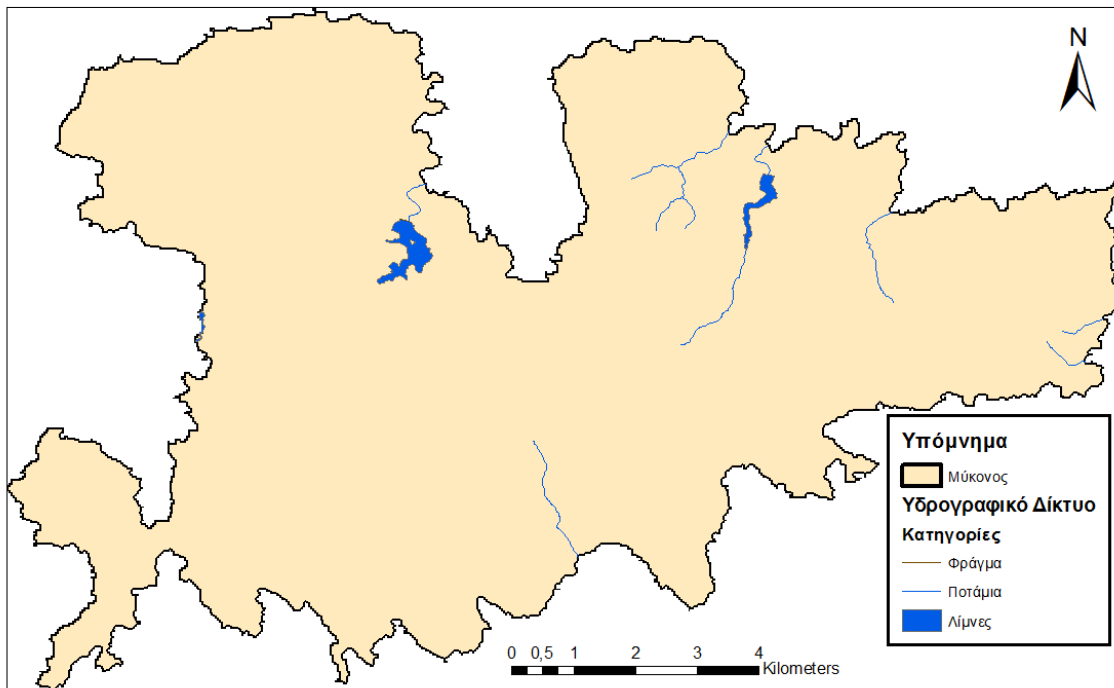
Εικόνα 11: Buffer Wizard και polygon to raster

Το επόμενο buffer zone το οποίο πρέπει να δημιουργηθεί έχει σχέση με το υδρογραφικό δίκτυο της ν. Μυκόνου. Η διαδικασία που θα ακολουθηθεί είναι ακριβώς η ίδια με την προηγούμενη, απλά η τιμή της απόστασης αλλάζει, που είναι τα 100 μέτρα για τα ποτάμια και το φράγμα και 150 μέτρα για τις λίμνες, καθώς θεωρείται ότι η απόσταση αυτή είναι αρκετή για να μην επηρεάζει το φωτοβολταϊκό πάρκο το υδρογραφικό δίκτυο και να μην δημιουργηθούν τυχόν προβλήματα από τις υπερχειλίσεις των χειμαρροπόταμων. Επειδή οι λίμνες είναι πολύγωνο ενώ τα ποτάμια και το φράγμα είναι γραμμή, τα buffer zones είναι δύο διαφορετικά αρχεία. Για να γίνει σωστά η αναταξινόμηση πρέπει να ενωθούν τα δύο αυτά αρχεία. Αρχικά γίνεται ξεχωριστή αναταξινόμηση των δύο αρχείων βάζοντας ως τιμές 1 τις buffer zones και ως 10 όλες τις υπόλοιπες περιοχές. Για να εντοπιστούν οι περιοχές που έχουν και στα δύο επίπεδα πληροφορίας την τιμή 10 χρησιμοποιείται η εντολή combine του ArcMap, έχοντας τα εξής αποτελέσματα:

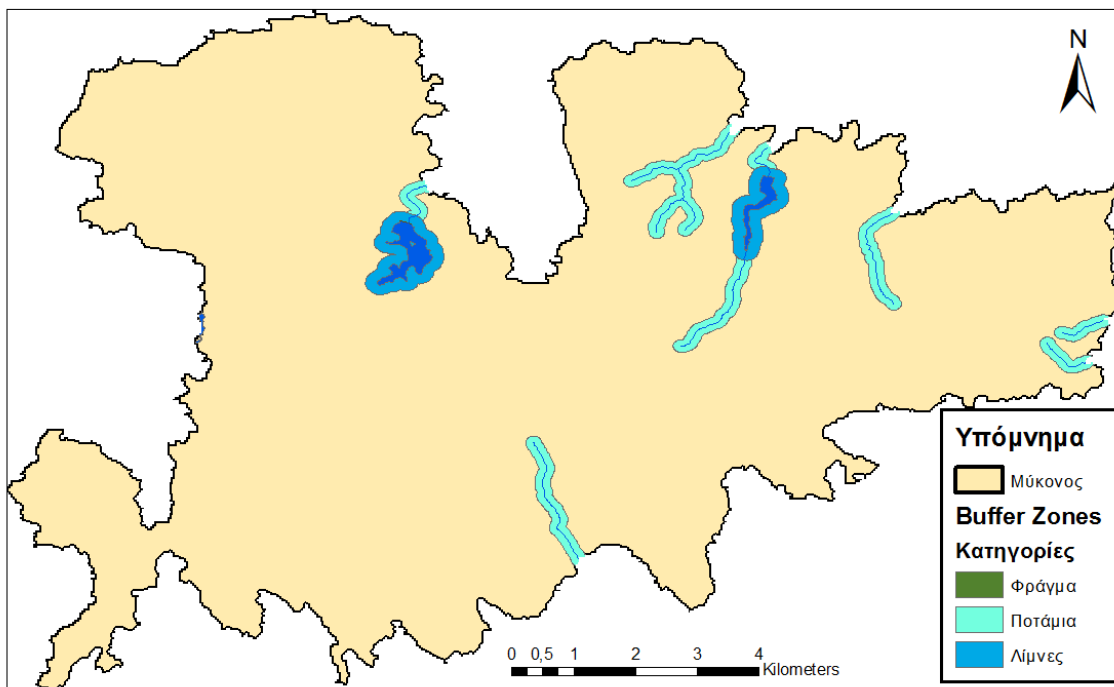
<u>Buffer</u> <u>ποταμού/φράγματος</u>	<u>Buffer Λιμνών</u>	<u>Τιμή (combine)</u>	<u>Κλίμακα</u> <u>καταλληλότητας</u>
1	1	1	1
1	10	2	1
10	1	3	1
10	10	4	10

Έτσι, επιτυγχάνεται η δημιουργία ενός επιπέδου πληροφορίας, όπου οι περιοχές, που ανήκουν σε κάποιο buffer zone έχουν τιμή 1, ενώ όλες οι άλλες έχουν τιμή 10. Όλη αυτή η διαδικασία εμφανίζεται παραστατικά με τους παρακάτω χάρτες:

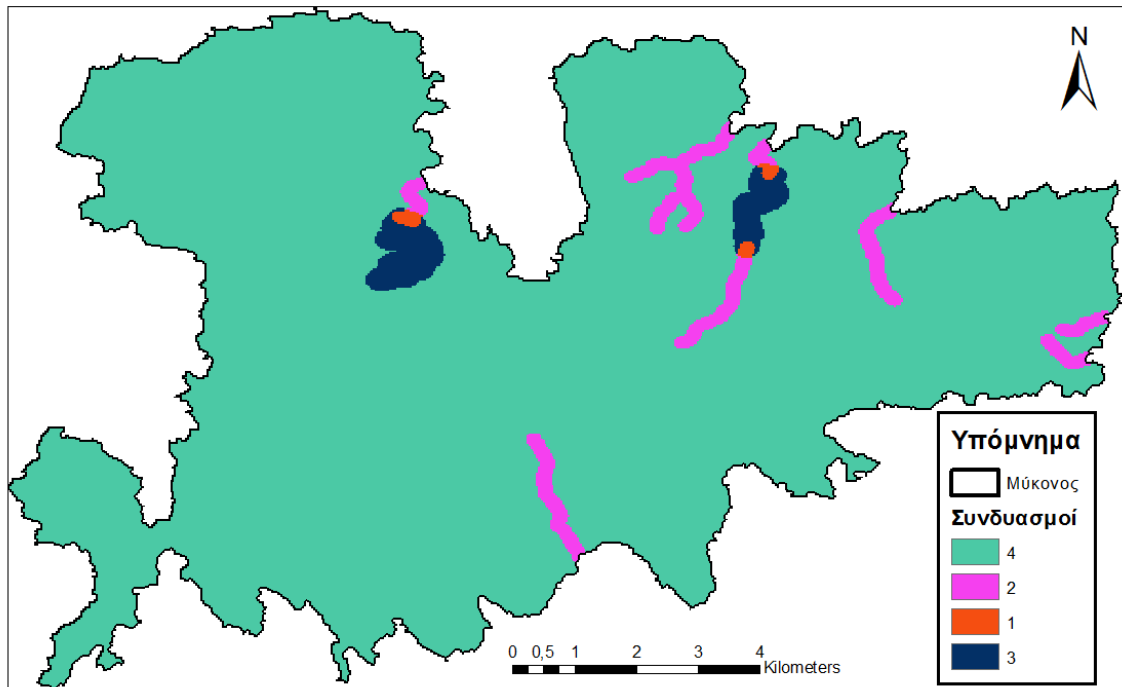
Υδρογραφικό Δίκτυο ν. Μυκόνου



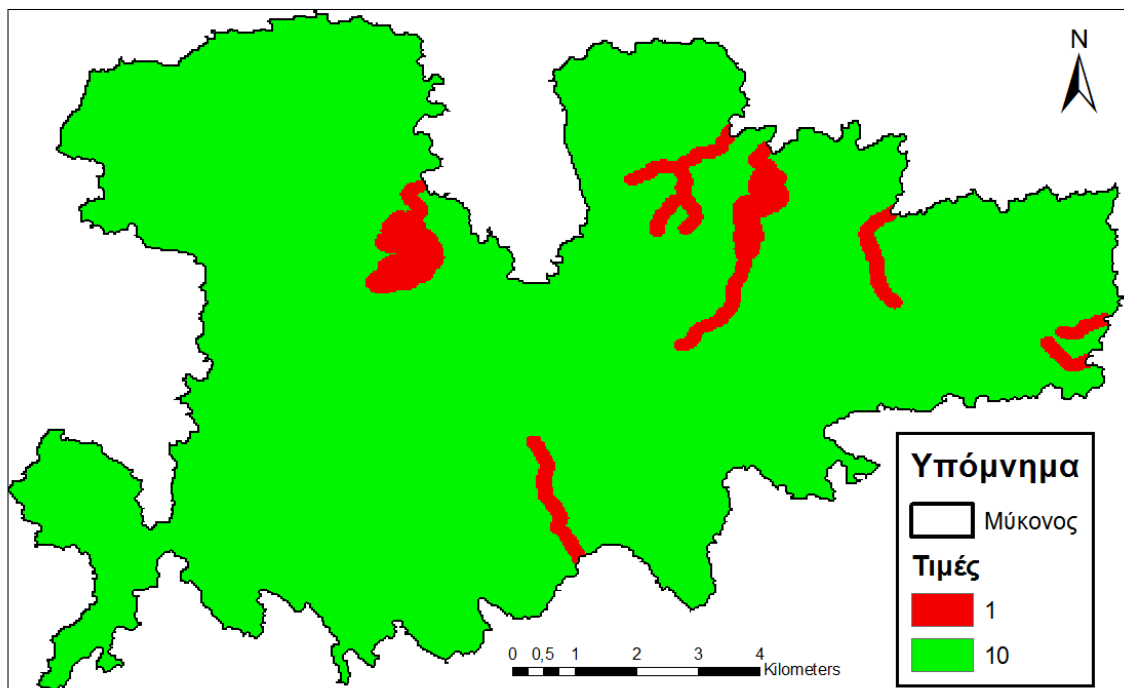
Buffer Zones από το υδρογραφικό δίκτυο



Buffer Zones από το υδρογραφικό δίκτυο



Buffer Zones από το υδρογραφικό δίκτυο



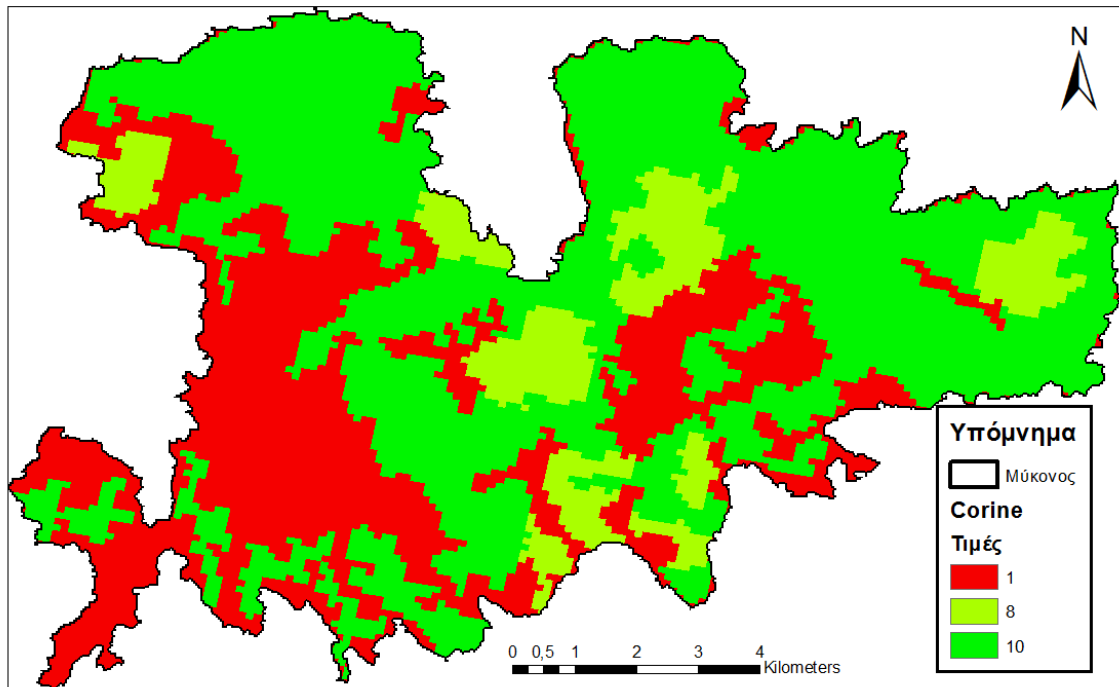
6.3.2.5 Κάλυψη/χρήση γης κατά CORINE

Το corine δείχνει με ένα απλό και παραστατικό τρόπο τις χρήσεις γης που υπάρχουν σε μια περιοχή. Στη ν. Μύκονο συγκεκριμένα μπορεί κάποιος να δει τις κατηγορίες των χρήσεων γης που υπάρχουν και βάση αυτών να οριστούν οι τιμές που θα πάρουν όταν χρησιμοποιηθεί η εντολή reclassify. Έτσι στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι παρακάτω κατηγορίες:

Κωδικός	Κατηγορία	Κλίμακα
112	Ασυνεχής αστικός ιστός	1
123	Περιοχή Λιμανιού	1
124	Αεροδρόμιο	1
131	Περιοχές Εξόρυξης	1
142	Περιοχές αθλήματος και αναψυχής	1
231	Βοσκοτόπια	10
242	Σύνθετα μοτίβα καλλιέργειας	Περιοχές αποκλεισμού
243	Οικόπεδα κατεχόμενα κυρίως από τη γεωργία, με σημαντικές περιοχές φυσικής βλάστησης	10
321	Φυσικά λιβάδια	10
323	Σκληρόφυλλη βλάστηση	8
333	Αραιής βλάστησης περιοχές	10
512	Σώματα νερού	Περιοχές αποκλεισμού
523	Θάλασσα και ωκεανός	Περιοχές αποκλεισμού

Με την τιμή 1 ορίζονται οι τιμές, στις οποίες δεν μπορεί να κατασκευαστεί ένα φωτοβολταϊκό πάρκο και περιλαμβάνει τις περιοχές έντονης ανθρώπινης δραστηριότητας, τις αγροτικές γαίες υψηλής παραγωγής, ενώ όλες οι άλλες περιοχές παίρνουν την τιμή 10, καθώς δεν υπάρχει κάποιο πρόβλημα με την κατασκευή του πάρκου. Παρατίθεται παρακάτω ο χάρτης της αναταξινόμησης του corine:

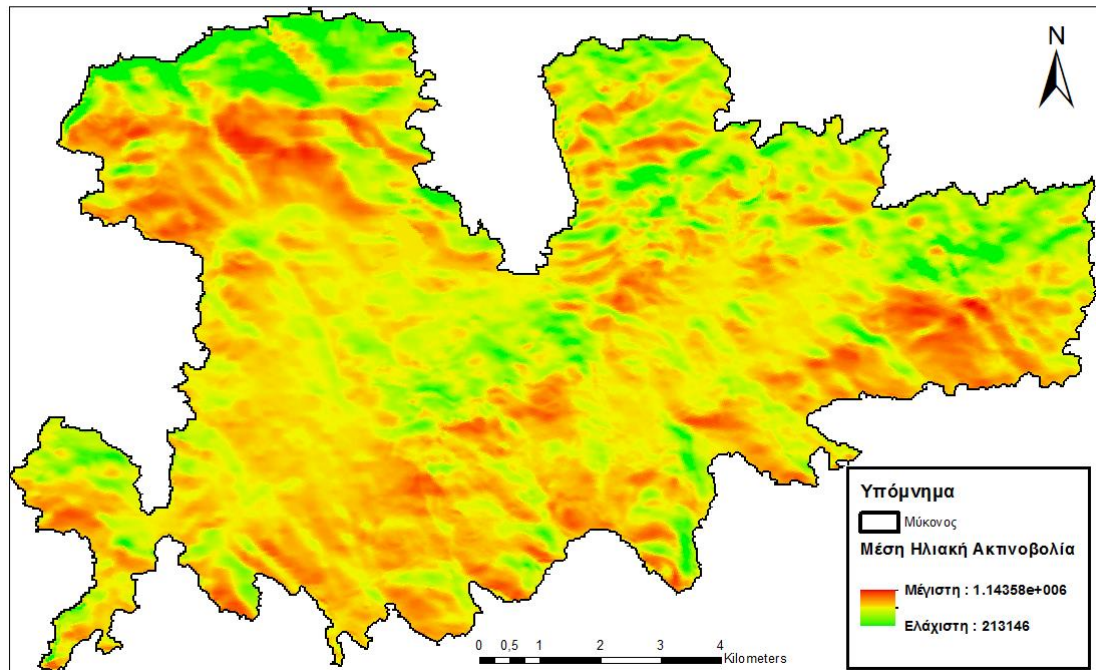
Κάλυψη/Χρήση γης ν. Μυκόνου



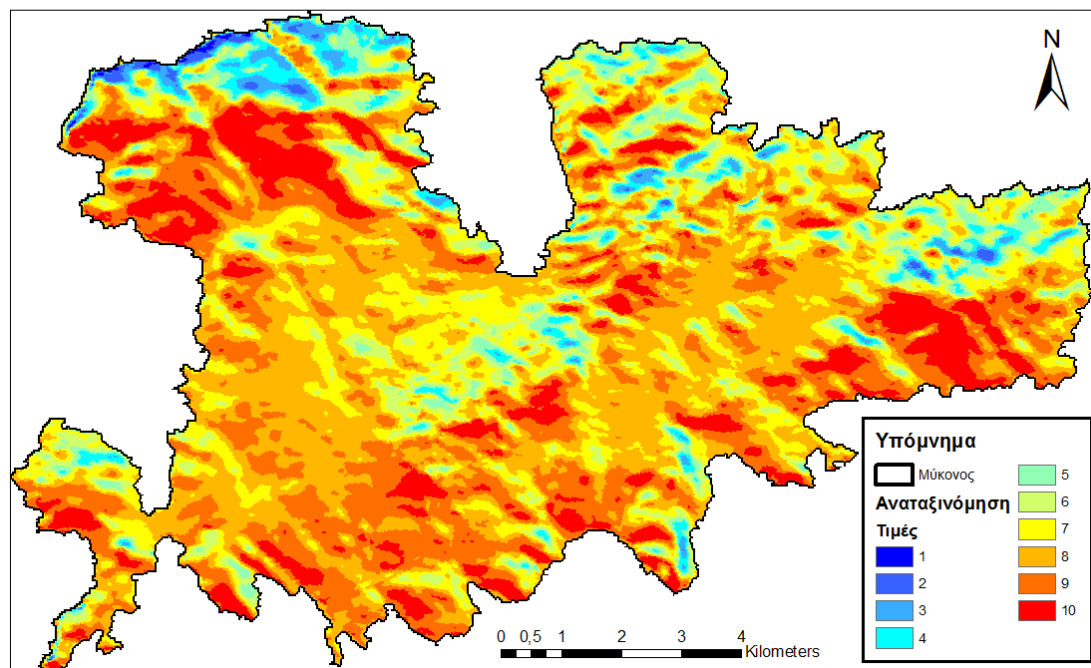
6.3.2.6 Άμεση Ηλιακή Ακτινοβολία

Η άμεση ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί ένα από τους σημαντικότερους δείκτες για να μπορεί κάποιος να δει ποια περιοχή είναι η καταλληλότερη και πιο αποδοτική για την κατασκευή ενός φωτοβολταϊκού πάρκου. Έχοντας, λοιπόν, τις μετρήσεις για μια δεκαετία, γίνεται προσπάθεια να βρεθεί ο μέσος όρος των τιμών της ακτινοβολίας χρησιμοποιώντας το raster calculator. Αφού, λοιπόν, δημιουργηθεί το θεματικό επίπεδο του μέσου όρου τιμών, στη συνέχεια γίνεται αναταξινόμηση του επιπέδου αυτού στην κλίμακα καταλληλότητας 1 έως 10 με βάση τις τιμές. Οι δύο παρακάτω χάρτες δείχνουν τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιήθηκε η παραπάνω επεξεργασία:

Άμεση Ηλιακή Ακτινοβολία (Μέση Τιμή) νήσου Μυκόνου



Άμεση Ηλιακή Ακτινοβολία ν. Μυκόνου (Μέση Τιμή)



Παρατηρείται ότι το βόρειο τμήμα του νησιού και γενικότερα οι περιοχές, οι οποίες έχουν βόρειο προσανατολισμό έχουν μικρότερες τιμές άμεσης ακτινοβολίας σχετικά τις υπόλοιπες περιοχές.

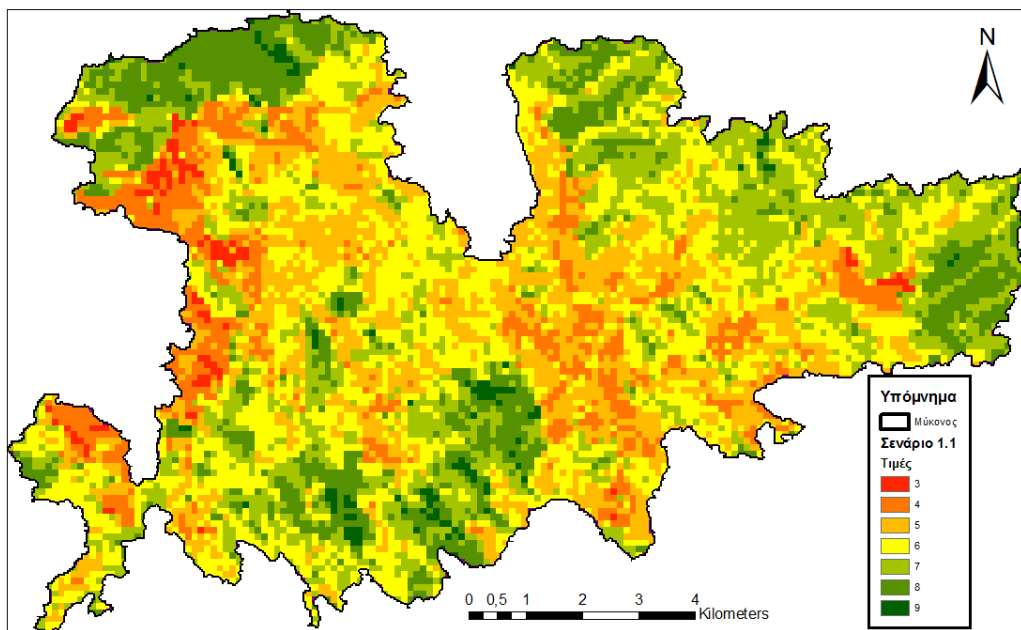
7 Αποτελέσματα

7.1 Σενάριο 1^ο

7.1.1 Σενάριο 1.1

Στο σενάριο αυτό θα αναλυθούν όλα τα κριτήρια καταλληλότητας χρησιμοποιώντας την εντολή raster calculator. Θα υπολογιστεί ο μέσος όρος καταλληλότητας που έχει η κάθε περιοχή στη ν. Μύκονο και θα εντοπιστούν οι περιοχές εκείνες που τηρούν τα περισσότερα δεδομένα. Ο λόγος που επεξεργάζονται τα δεδομένα με τον τρόπο αυτό είναι η παραδοχή ότι δεν υπάρχουν πολλές περιοχές που να καλύπτουν πλήρως όλα τα κριτήρια καταλληλότητας. Έτσι, δίνεται η ευχέρεια στον υπεύθυνο επιλογής της περιοχής να μπορεί να επιλέξει την καλύτερη τοποθεσία για τη κατασκευή φωτοβολταϊκού λαμβάνοντας υπόψιν του ότι θα υπάρχουν περιορισμοί, που θα έχουν σχέση με το φυσικό περιβάλλον, αλλά και με την ανθρώπινη δραστηριότητα. Ο παραπάνω αυτός συλλογισμός οδηγεί στον παρακάτω χάρτη:

Σενάριο 1.1

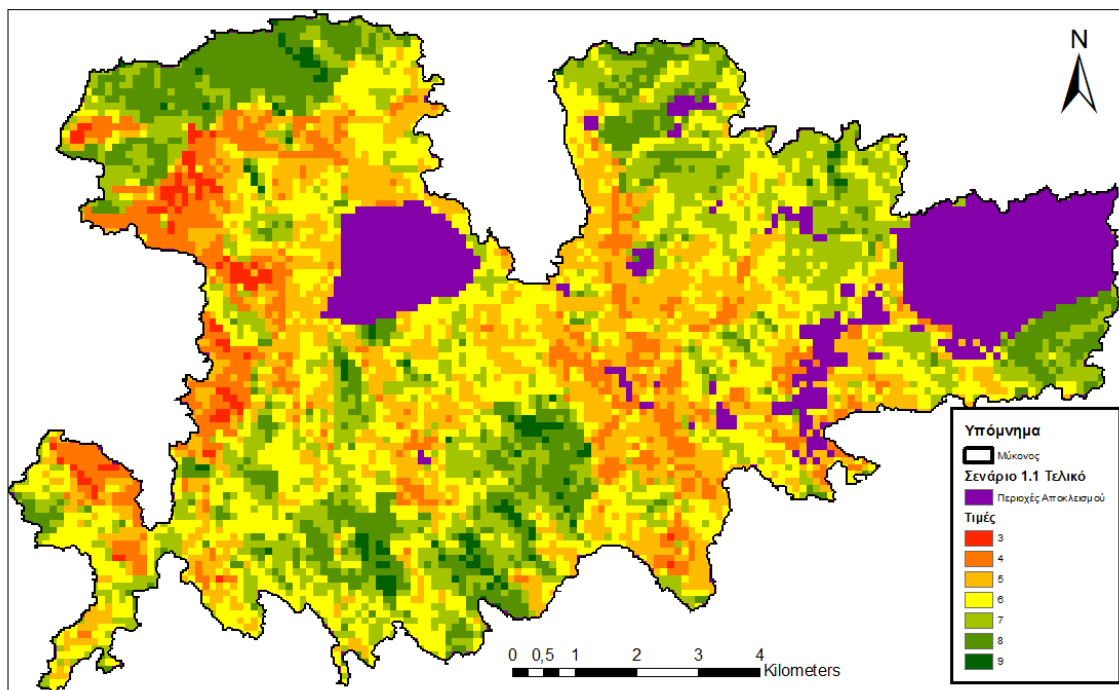


Ωστόσο, ο χάρτης αυτός δεν περιλαμβάνει υπόψη του τα κριτήρια αποκλεισμού. Για να δημιουργηθεί το θεματικό επίπεδο που λαμβάνει υπόψη του όλα τα κριτήρια θα χρησιμοποιηθεί το raster calculator και θα εκτελεστεί η παρακάτω εντολή:

Set Null (~ (Is Null ([Κριτήρια αποκλεισμού])), [Αρχικό ράστερ])

Αυτή η διαδικασία καταλήγει στο παρακάτω αποτέλεσμα:

Σενάριο 1.1 τελικό



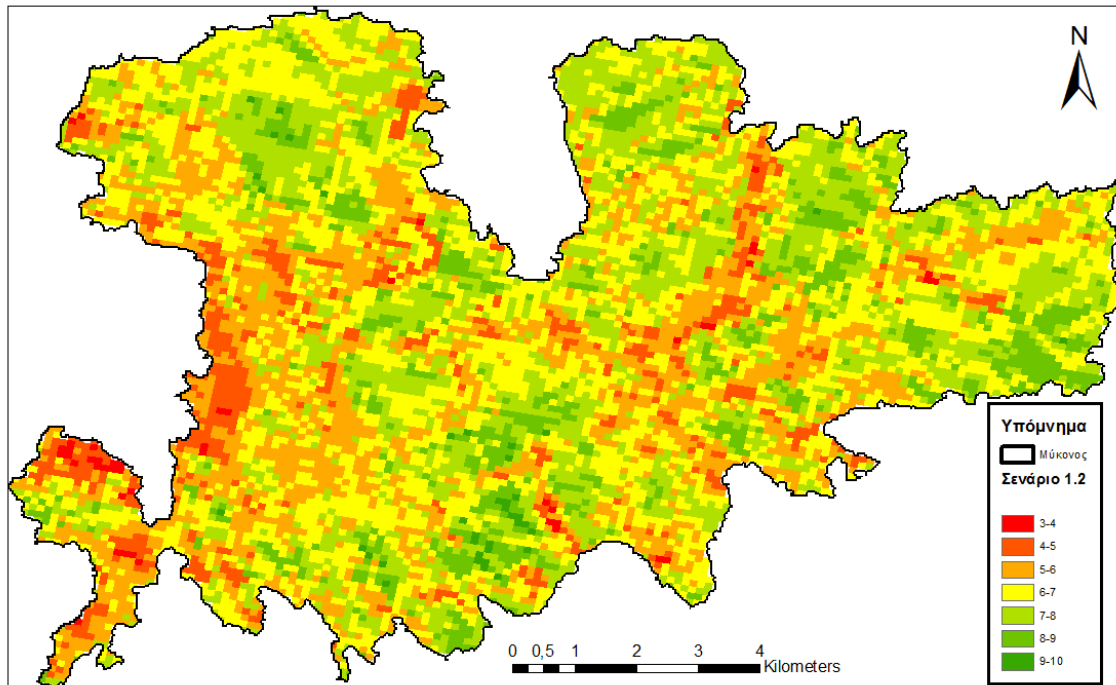
Στη συνέχεια παρατίθενται οι αριθμοί των ψηφιδωτών για κάθε τιμή της κλίμακας:

<u>Τιμή</u>	<u>Count</u>
1	0
2	0
3	97
4	806
5	1729
6	2168
7	1732
8	1109
9	118
10	0

7.1.2 Σενάριο 1.2°

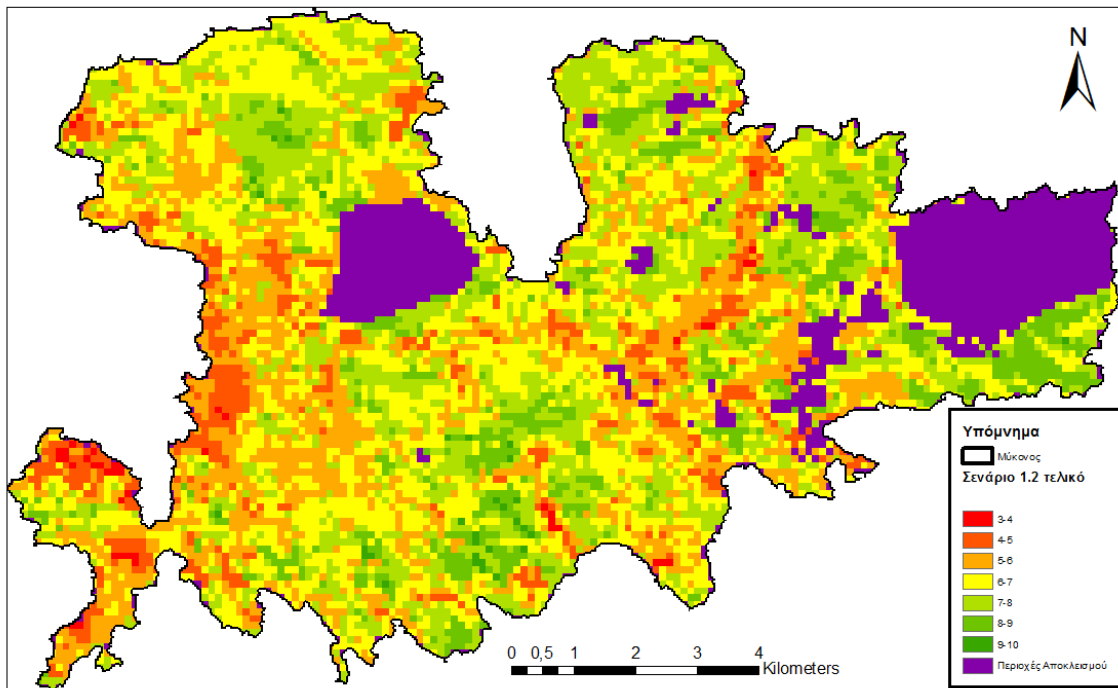
Η διαφορά του σεναρίου αυτού σε σχέση με το σενάριο 1.1 βρίσκεται στον τρόπο με τον οποίο θα χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα της ορατότητας. Στο προηγούμενο σενάριο χρησιμοποιήθηκαν όλα τα δεδομένα της ορατότητας ξεχωριστά, ενώ σε αυτό θα χρησιμοποιηθεί το ομαδοποιημένο αρχείο που έχει δημιουργηθεί. Έτσι, το αποτέλεσμα του μέσου όρου εμφανίζεται ως εξής:

Σενάριο 1.2



Στην συνέχεια γίνεται αποκοπή των περιοχών αποκλεισμού και παρατίθεται το τελικό αποτέλεσμα:

Σενάριο 1.2 Τελικό

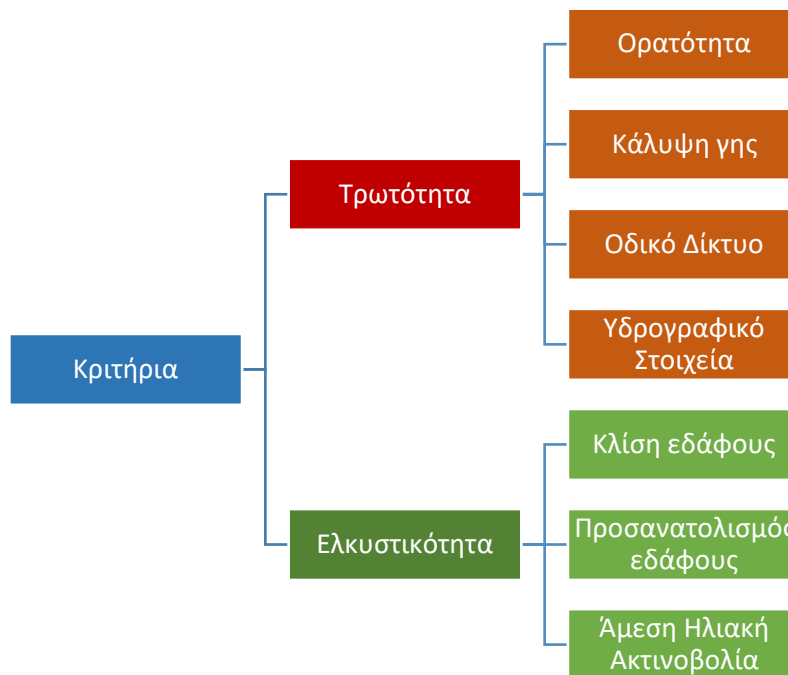


Σύμφωνα, λοιπόν, με τα παραπάνω, μπορεί κάποιος να καταλήξει στο συμπέρασμα ότι το σενάριο 1.2 παρουσιάζει μια αρκετά ομαλοποιημένη κατάσταση σε σχέση με το σενάριο 1.1. μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι περιοχές στις οποίες το σενάριο 1.1 δείχνει μεγάλο βαθμό καταλληλότητας, στο σενάριο 1.2 έχουν σαφώς μικρότερες τιμές. Ιδιαίτερη εντύπωση παρουσιάζει το βόρειο τμήμα του νησιού, που στο σενάριο 1.1 έχει υψηλές τιμές καταλληλότητας (8-9), στο σενάριο 1.2 έχει τιμές στην κατηγορία 6-7, που υποδηλώνει τις γενικότερες διαφορές ανάμεσα στα δύο σενάρια. Επίσης, το σενάριο 1.2 παρουσιάζει χαμηλές τιμές καταλληλότητας σε περιοχές, όπου υπάρχει το οδικό δίκτυο και τα υδρογραφικά στοιχεία και μάλιστα με αρκετή λεπτομέρεια. Θα μπορούσε κανείς να πει ότι στο σενάριο 1.1 δίνει μεγάλη έμφαση στις περιοχές που βάλλονται από τα δεδομένα της ορατότητας, ενώ το σενάριο 1.2 μειώνει αισθητά τον παράγοντα αυτόν και για αυτό το λόγο δίνει μια πιο ομαλοποιημένη κατάσταση.

7.2 Σενάριο 2^ο

Το σενάριο αυτό έχει σκοπό να αναλύσει τα κριτήρια καταλληλότητας με τη χρήση βαρών. Συγκεκριμένα, τα κριτήρια θα χωριστούν σε δύο βασικές κατηγορίες, σε κριτήρια τρωτότητας και ελκυστικότητας. Ο λόγος για τον οποίο γίνεται ο διαχωρισμός αυτός είναι, επειδή η μέθοδος αυτή παρέχει την δυνατότητα στον ερευνητή να δώσει μεγαλύτερη έμφαση στα κριτήρια εκείνα, που θεωρεί ότι ανήκουν στην κατηγορία της τρωτότητας σε σχέση με εκείνα της ελκυστικότητας. Επίσης, διευκολύνει σημαντικά την επεξεργασία των τελικών δεδομένων, καθώς οι μεταβλητές θα μειωθούν σε δύο ευρύτερες κατηγορίες.

Στην συνέχεια παρατίθεται το διάγραμμα του διαχωρισμού των δεδομένων στις δύο κατηγορίες:



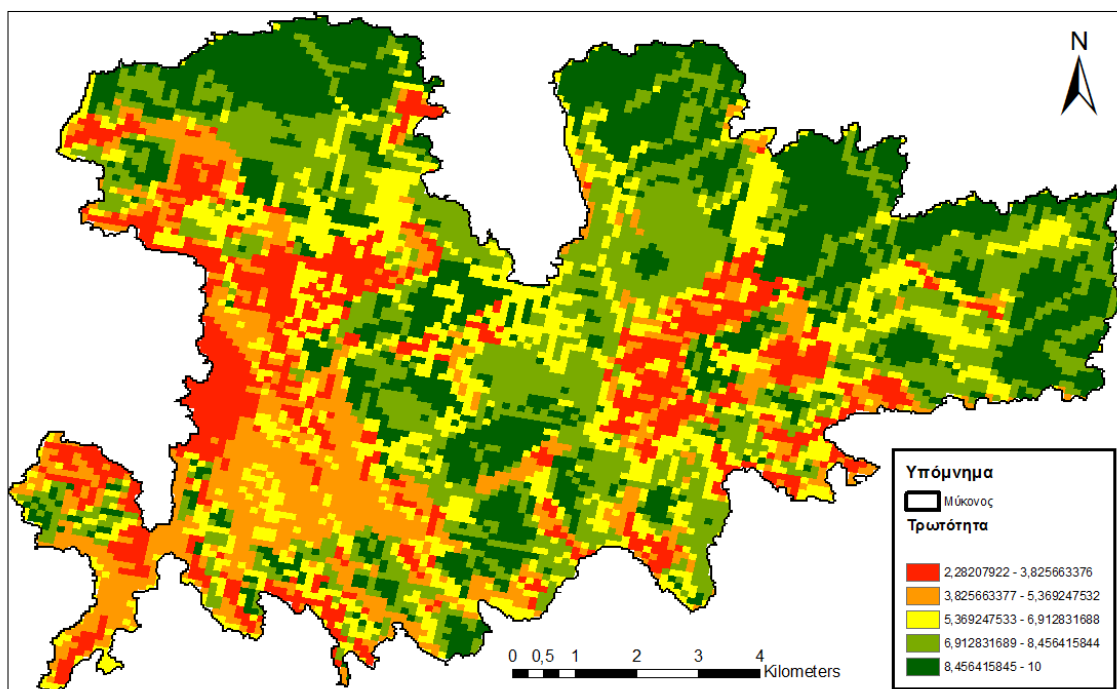
Στην κατηγορία της τρωτότητας, οι συντελεστές και τα βάρη που θα δοθούν στα δεδομένα είναι τα εξής:

Κριτήρια	Συντελεστές	Βάρη
Κάλυψη/χρήση γης	10	0,344828
Ορατότητα	9	0,310345
Οδικό δίκτυο	6	0,206897
Υδρογραφικά Στοιχεία	4	0,137931

<u>Κριτήρια</u>	<u>Κάλυψη/χρήση γης</u>	<u>Ορατότητα</u>	<u>Οδικό Δίκτυο</u>	<u>Υδρογραφικά Στοιχεία</u>
Κάλυψη/χρήση γης	1	1,111111111	1,666666667	2,5
Ορατότητα	0,9	1	1,5	2,25
Οδικό Δίκτυο	0,6	0,666666667	1	1,5
Υδρογραφικά Στοιχεία	0,4	0,444444444	0,666666667	1

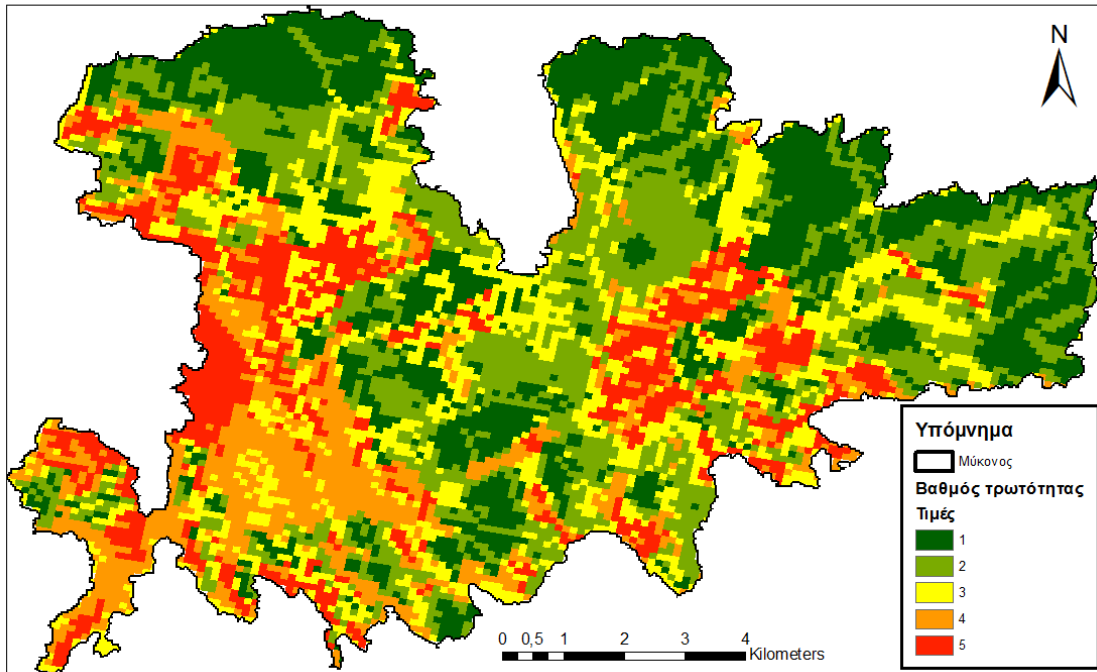
Εκτελώντας την εντολή weighted sum δημιουργείται το εξής θεματικό αποτέλεσμα:

Άθροισμα των δεδομένων τρωτότητας



Στη συνέχεια έχοντας διαχωρίσει τα στοιχεία σε equal intervals, γίνεται αναταξινόμηση σε κλίμακα 1-5 και το αποτέλεσμα είναι το εξής:

Τρωτότητα περιοχών ν. Μυκόνου



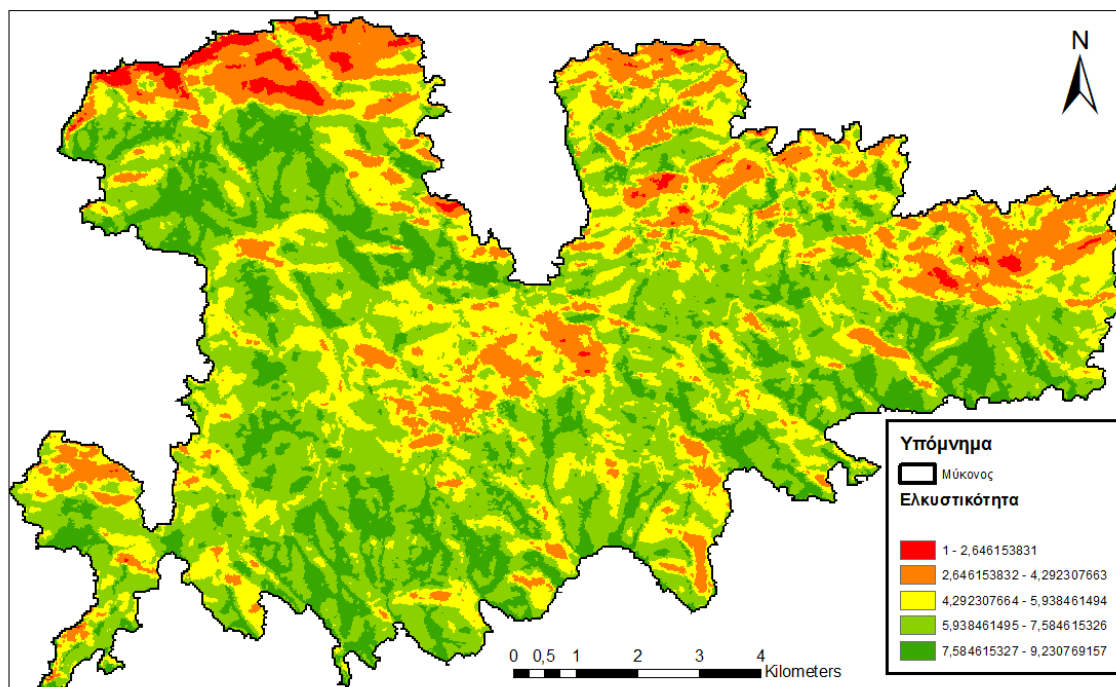
Στην κατηγορία της ελκυστικότητας, οι συντελεστές και τα βάρη που θα δοθούν είναι τα εξής:

<u>Κριτήρια</u>	<u>Συντελεστές</u>	<u>Βάρη</u>
Κλίση εδάφους	7	0,269230769
Προσανατολισμός εδάφους	9	0,346153846
Άμεση ηλιακή ακτινοβολία	10	0,384615385

<u>Κριτήρια</u>	<u>Κλίση εδάφους</u>	<u>Προσανατολισμός εδάφους</u>	<u>Άμεση ηλιακή ακτινοβολία</u>
Κλίση εδάφους	1	0,777777778	0,7
Προσανατολισμός εδάφους	1,285714286	1	0,9
Άμεση ηλιακή ακτινοβολία	1,428571429	1,111111111	1

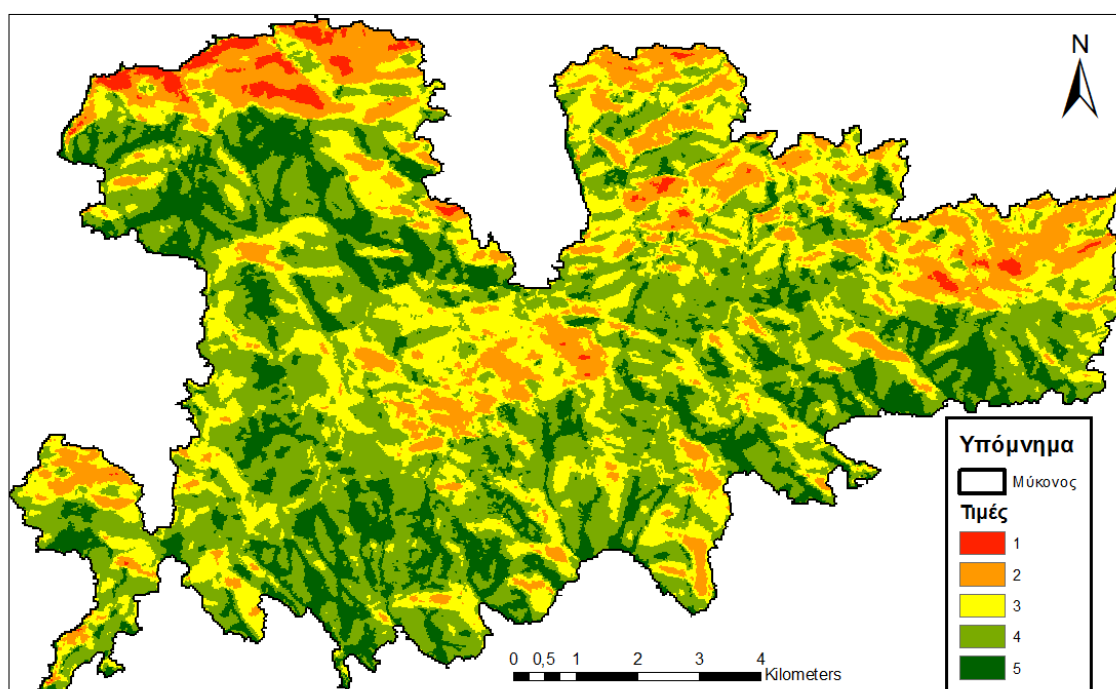
Εκτελώντας το weighted sum παρουσιάζονται τα εξής αποτελέσματα:

Άθροισμα δεδομένων ελκυστικότητας



Τα στοιχεία αυτά αναταξινομούνται στην κλίμακα 1-5 με τα εξής αποτελέσματα:

Ελκυστικότητα περιοχών ν. Μυκόνου

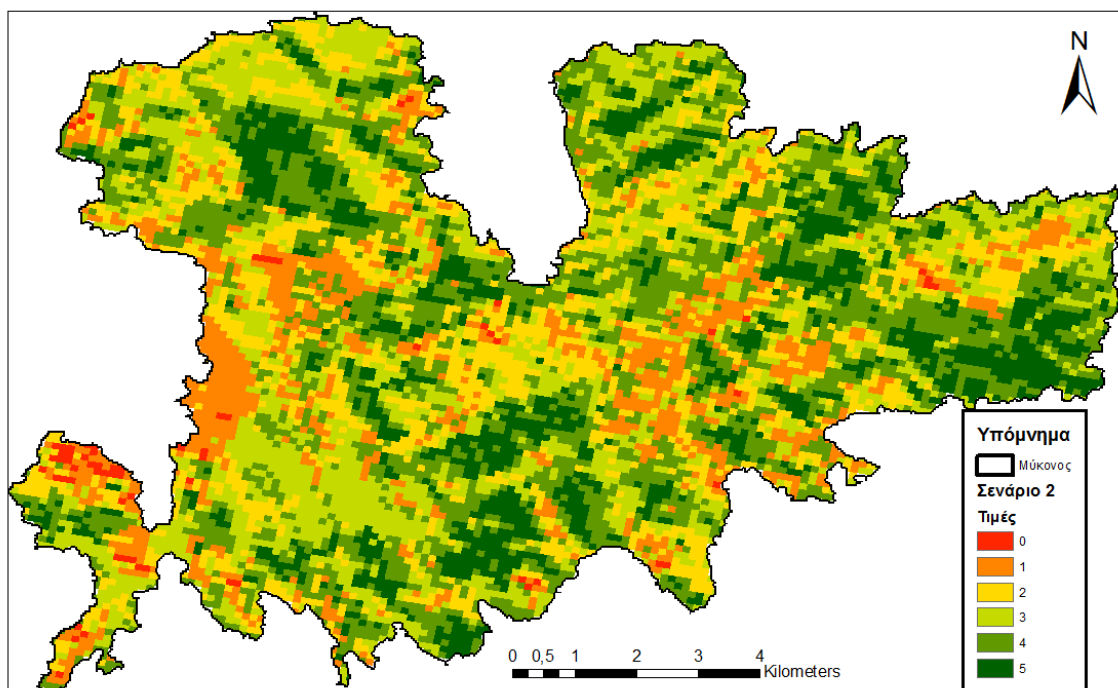


Αφού, λοιπόν, δημιουργηθούν οι δύο αυτές κατηγορίες, στην συνέχεια θα ενοποιηθούν χρησιμοποιώντας την εντολή combine. Η εντολή αυτή δίνει τη δυνατότητα να μπορεί ο ερευνητής να αριθμήσει τους διάφορους συνδυασμούς των δύο αυτών κατηγοριών με μεγαλύτερη άνεση και αποτελεσματικότητα. Η αρίθμηση αυτή θα γίνει με τον παρακάτω τρόπο:

Τρωτότητα	Ελκυστικότητα					
		1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5	5
	2	1	2	3	4	5
	3	1	1	2	4	4
	4	0	1	2	3	3
	5	0	0	1	1	2

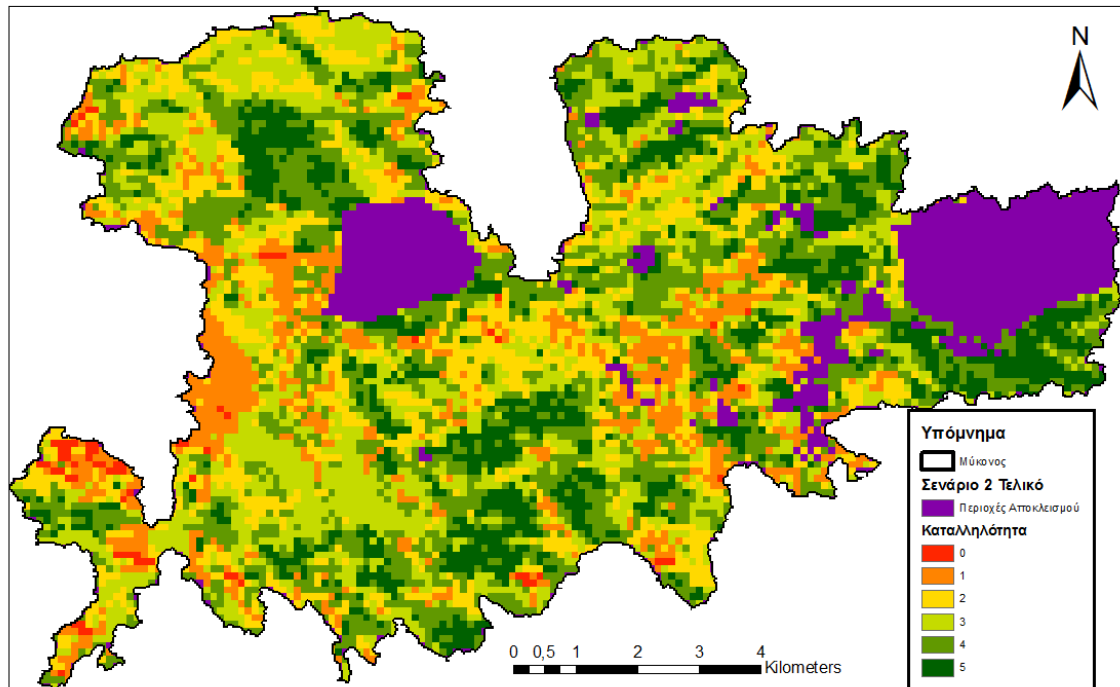
Κάνοντας αναταξινόμηση χρησιμοποιώντας τον συγκεκριμένο πίνακα, δημιουργείται το εξής αποτέλεσμα:

Σενάριο 2ο



Ένα τελευταίο βήμα πριν το τελικό αποτέλεσμα περιλαμβάνει την αποκοπή των περιοχών αποκλεισμού. Έτσι, το τελικό σενάριο έχει την εξής μορφή:

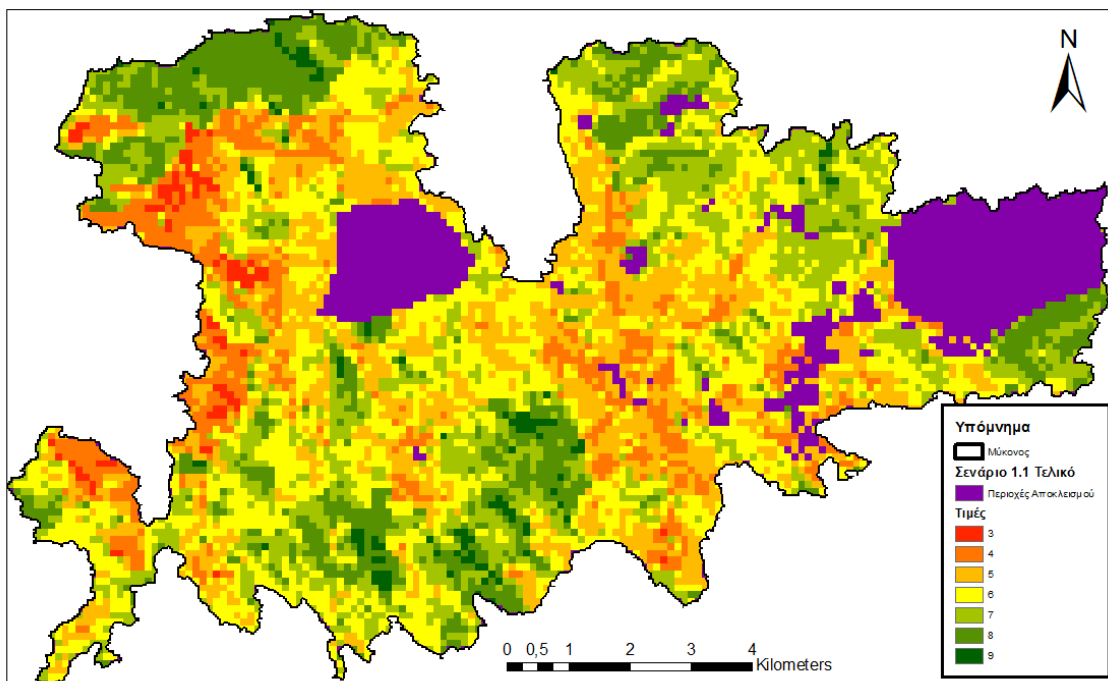
Σενάριο 2ο Τελικό



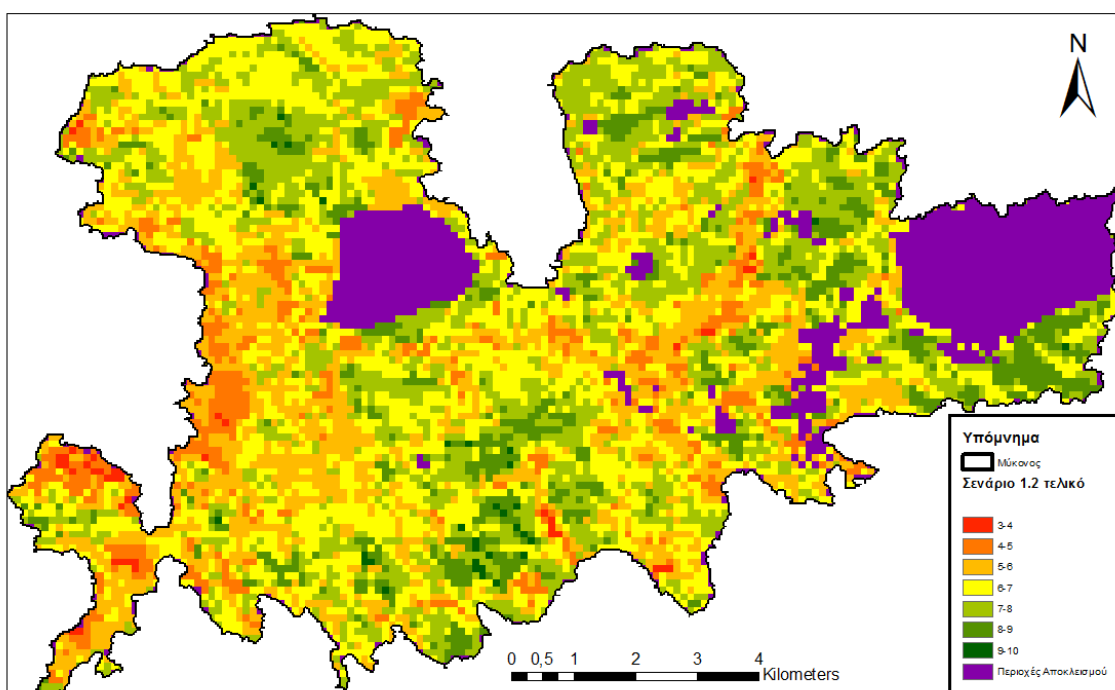
Παρατηρείται ότι οι περιοχές στις οποίες υπάρχει έντονη ανθρώπινη δραστηριότητα έχουν μικρές τιμές καταλληλότητας, ενώ οι περιοχές εκείνες οι οποίες είναι απομακρυσμένες από τους κεντρικούς οικισμούς έχουν σαφώς μεγαλύτερες τιμές. Επίσης, ιδιαίτερα μεγάλες τιμές παρατηρούνται στην ενδοχώρα του νησιού και στα ανατολικά του νησιού.

7.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων και Συμπεράσματα

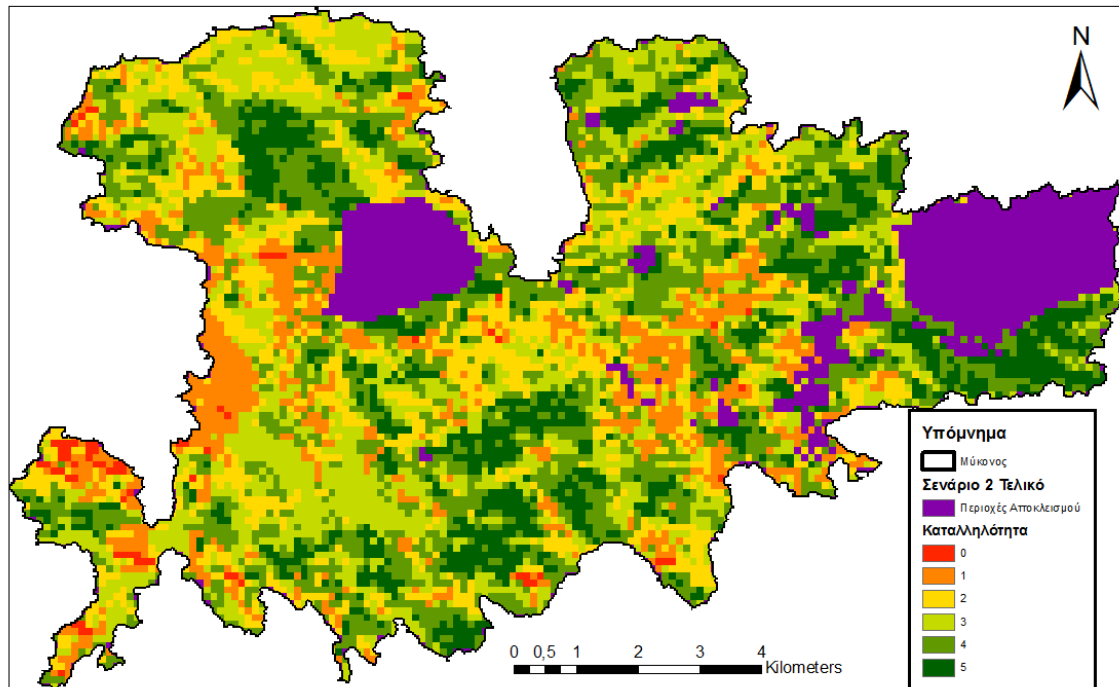
Σενάριο 1.1 τελικό



Σενάριο 1.2 Τελικό



Σενάριο 2ο Τελικό



Συγκρίνοντας τους τρεις αυτούς χάρτες, μπορούν να δημιουργηθούν κάποια βασικά συμπεράσματα. Το πρώτο σενάριο (1.1 και 1.2) θεωρεί ότι όλα τα κριτήρια καταλληλότητας είναι ισοβαρή μεταξύ τους, ενώ στο δεύτερο σενάριο χρησιμοποιήθηκαν βάρη για να καταλήξουμε σε ένα αποτέλεσμα.

Από τα δύο σενάρια, πιο χρήσιμο είναι το δεύτερο, καθώς ταξινομεί τα κριτήρια με βάση την σημαντικότητα που θεωρεί ο ερευνητής ότι κατέχουν, πλησιάζει δηλαδή την πραγματικότητα. Το σενάριο 2 είναι παραμετροποιήσιμο, δηλαδή μπορεί να τροποποιηθεί σε αντίθεση με το σενάριο 1, καθώς οι συντελεστές βαρύτητας θα μπορούσαν να προκύψουν με την αξιοποίηση της γνώμης ειδικών επιστημόνων, στελεχών της τοπικής αυτοδιοίκησης ή και των ιδίων των πολιτών. Με αυτό τον τρόπο θα μπορούσαν να κατασκευαστούν 3 νέα σενάρια, τα οποία θα βασίζονταν στη λογική του σεναρίου 2. Στην προκειμένη περίπτωση, οι περιοχές, που παίρνουν χαμηλές τιμές, είναι εκείνες, οι οποίες έχουν μεγάλο βαθμό τρωτότητας, όπως οι περιοχές των οικισμών, το οδικό δίκτυο και περιοχές έντονης οικονομικής δραστηριότητας (παραλίες, τουριστικές επιχειρήσεις). Αντίθετα, οι περιοχές εκείνες που απέχουν από περιοχές έντονης ανθρώπινης δραστηριότητας λαμβάνουν τις υψηλότερες τιμές. Ο λόγος για τον οποίο γίνεται ο συγκεκριμένος διαχωρισμός οφείλεται στην προσπάθεια του ερευνητή να εντοπίσει τις περιοχές εκείνες, όπου η κατασκευή ενός φωτοβολταϊκού πάρκου δεν θα επηρεάσει σε ιδιαίτερα μεγάλο βαθμό την ήδη υπάρχουσα και ακμάζουσα δραστηριότητα του νησιού. Για αυτό το λόγο οι περιοχές

που είναι στην ενδοχώρα και στο ανατολικό τμήμα του νησιού έχουν σαφώς μεγαλύτερες τιμές από το παραλιακό τμήμα του. Σε αντίθετη περίπτωση, το σενάριο 1.1 επειδή λαμβάνει όλα τα δεδομένα ως ίσα έχει αρκετά πιο ακραίες τιμές ειδικά σε περιοχές όπου τα δεδομένα της ορατότητας καλύπτουν τις ίδιες περιοχές. Επίσης, το σενάριο 1.2 σε αντίθεση με το σενάριο 1.1 δεν περιέχει αρκετές ακραίες τιμές με αποτέλεσμα η περιοχή μελέτης να είναι στην πλειονότητα της μέτριας καταλληλότητας (5-7).

Ως τελευταία επισήμανση, θα πρέπει να γίνει αναφορά σε μια ιδιαίτερη εντύπωση που παρουσίασε το ανατολικό τμήμα του νησιού, το οποίο λαμβάνει ιδιαίτερα μεγάλες τιμές καταλληλότητας στο σενάριο 2 σε σχέση με το σενάριο 1, και με μια σχετική ομοιομορφία. Ίσως μερικοί από τους λόγους που λαμβάνει τέτοιες τιμές, είναι ο συνδυασμός της μακρινής απόστασης από σημαντικά “αστικά” κέντρα και της έλλειψης οδικού δικτύου. Αντίθετα το νότιο κομμάτι του νησιού, παρόλο που και αυτό είναι αρκετά απομακρυσμένο από τους μεγάλους οικισμούς λαμβάνει χαμηλότερες τιμές κοντά στα παράλια, γεγονός που οφείλεται στην έντονη παρουσία τουριστικών επιχειρήσεων, καθώς στην ευρύτερη περιοχή υπάρχουν διάσημες παραλίες που συγκεντρώνουν μεγάλο αριθμό τουριστών.

8 Βιβλιογραφία

8.1 Βιβλία

- Χαλκιάς Χ. (2006): Όροι και έννοιες επιστήμης γεωγραφικών πληροφοριών, Εκδόσεις Ίων, Αθήνα
- Jacek Malczewski (1999): Gis and multicriteria decision analysis, Εκδόσεις John Wiley & Sons, Inc.
- David L. Verbyla (2002): Practical Gis Analysis, Εκδόσεις Taylor and Francis Group

8.2 Επιστημονικές έρευνες

- Sadik Kucuksari, Amirreza M.Khaleghi, Maryam Hamidi, Ye Zhang, Ferenc Szidarovszky, Guzin Bayraksan, Young-Jun Son (2013): An Integrated GIS, optimization and simulation framework for optimal PV size and location in campus area environments, Journal Applied energy, Volume 113, pg. 1601-1613
- Ehsan Noorollahi, Dawud Fadai, Mohsen Akbarpour Shirazi and Seyed Hassan Ghodsipour (2016): Land Suitability Analysis for Solar Farms Exploitation Using GIS and Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)—A Case Study of Iran, Energies Volume 9, Issue 8, pg. 643
- John Byrne, Aiming Zhou, Bo Shen¹, Kristen Hughes (2007): Evaluating the potential of small-scale renewable energy options to meet rural livelihoods needs: A GIS- and lifecycle cost-based assessment of Western China's options, Energy Policy, Volume 35, Issue 8, pg. 4391-4401
- Juan M. Sánchez-Lozano, Jerónimo Teruel-Solano, Pedro L. Soto-Elvira, M. Socorro García-Cascales (2013): Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 24, pg. 554-556
- Juan M. Sánchez-Lozano, Carlos Henggeler Antunes, M. Socorro García-Cascales, Luis C. Dias (2014): GIS-based photovoltaic solar farms site selection using ELECTRE-TRI: Evaluating the case for Torre Pacheco, Murcia, Southeast of Spain, Renewable Energy, Volume 66, pg. 478-494
- Ljudevit Krpan, Višnja Šteko, Željko Koren (2012): Model for selecting locations for construction of solar power plants, Gradevinar, Volume 64, Issue 9, pg. 741-748

- Ghazanfar Khan, Shikha Rathi (2014): Optimal Site Selection for Solar PV Power Plant in an Indian State Using Geographical Information System (GIS), International Journal of Emerging Engineering Research and Technology, Volume 2, Issue 7, pg. 260-266
- Yassine Charabi, Adel Gastli (2011): PV site suitability analysis using GIS-based spatial fuzzy multi-criteria evaluation, Renewable Energy, Volume 36, Issue 9, pg. 2554-2561
- Pouria Alamdari, Omid Nematollahi, Ali Akbar Alemrajabi (2013): Solar energy potentials in Iran: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 21, pg. 778-788
- J. Araújo Carrión, A. Espín Estrella, F. Aznar Dols, A. Ramos Ridaó (2007): The electricity production capacity of photovoltaic power plants and the selection of solar energy sites in Andalusia (Spain), Renewable Energy, Volume 33, Issue 4, pg. 545-552

8.3 Διπλωματικές- Πτυχιακές

- Σαλονικίδη Αθανασία (2016): Εκτίμηση και ανάλυση του ηλιακού δυναμικού στον ελληνικό χώρο με τη χρήση συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών, <http://estia.hua.gr>
- Στίγκας Στέφανος(2016): Αξιοποίηση των συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών για τη χαρτογράφηση της ηλιακής ακτινοβολίας, www.estia.hua.gr
- Κοντογιάννης Ανδρέας (2013): Χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πάρκων με τη χρήση γεωπληροφορικών συστημάτων, Εφαρμογή Νομός Άρτας, <http://dspace.lib.ntua.gr>

8.4 Ιστοσελίδες

- Διοικητικά όρια (<http://www.gadm.org/download>)
- Στοιχεία ενεργειακού συστήματος (<http://www.rae.gr/old/SUB3/3B/3b3.html>)
- Καθεστώς αδειοδότησης (http://www.cres.gr/kape/PV_INFO.pdf)
- Ρυθμίσεις Θεμάτων ΑΠΕ
(<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=Ovq9x8KP3uc%3D&tabid=367&language=el-GR>)
- Οδηγός επενδύσεων στα φωτοβολταϊκά
(http://www.helapco.gr/ims/file/Parks/pv_investment_guide_apr2011.pdf)

- Δήμος Μυκόνου (<http://www.mykonos.gr/>)

8.5 Χάρτες

- Ελληνικό διασυνδεδεμένο σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (πηγή ΑΔΜΗΕ, 2014)