

# ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΩΝ ΘΕΣΕΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ Χ.Υ.Τ.Υ. ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ G.I.S.: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΖΑΚΥΝΘΟ

Χατζηπαναγιώτου Μ.<sup>1</sup>, Οικονομίδης Δ.<sup>2</sup> και Βουδούρης Κ.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Γεωλόγος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54124, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα, [m.hatzip@yahoo.gr](mailto:m.hatzip@yahoo.gr)

<sup>2</sup> Τομέας Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54124, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα, [oikonomi@geo.auth.gr](mailto:oikonomi@geo.auth.gr)

<sup>3</sup> Εργ. Τεχνικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54124, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα, [kvoudour@geo.auth.gr](mailto:kvoudour@geo.auth.gr)

## Περίληψη

Για τη χωροθέτηση Χώρου Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων (ΧΥΤΥ), απαιτείται μια πολύπλοκη και πολλές φορές χρονοβόρα διαδικασία, κατά την οποία λαμβάνονται υπόψη πολλά κριτήρια, όπως γεωλογικά, υδρογεωλογικά, γεωτεχνικά, χωροταξικά, περιβαλλοντικά, κλιματολογικά, οικονομικά, κ.ά. Επιπλέον, είναι αναγκαίο να ελαχιστοποιηθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν από τους ΧΥΤΥ. Τελευταία έχουν αναπτυχθεί τεχνικές γρήγορης και αξιόπιστης χωροθέτησης σε περιβάλλον GIS. Στην παρούσα εργασία καθορίστηκαν κατάλληλες για ΧΥΤΥ θέσεις χρησιμοποιώντας τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) και τα κριτήρια αποκλεισμού. Για τον σκοπό αυτό ψηφιοποιήθηκαν γεωλογικά και γεωμορφολογικά δεδομένα (κλίσεις πρανών, υδρογραφικό δίκτυο, υδροπερατότητα λιθολογικών σχηματισμών, ρήγματα, οδικό δίκτυο, οικιστικές ζώνες) για την κατασκευή επιπέδων πληροφοριών σε GIS. Επίσης, καθορίστηκαν ζώνες περιμετρικής προστασίας γύρω από τα επίπεδα αυτά. Στη συνέχεια τα επίπεδα αυτά συσχετίστηκαν μεταξύ τους με τη βοήθεια της άλγεβρας του Bool, ώστε να παραχθεί ο τελικός χάρτης επιτρεπόμενων περιοχών. Τα παραπάνω χρησιμοποιήθηκαν με στόχο τη χωροθέτηση ΧΥΤΥ στη Ζάκυνθο και προέκυψαν δύο περιοχές που πληρούν τα κριτήρια. Από την εφαρμογή προέκυψε ότι τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS), είναι ένα δυναμικό εργαλείο συλλογής αποθήκευσης, διαχείρισης, ανάκτησης, μετασχηματισμού και απεικόνισης χωρικών δεδομένων. Έτσι, η κατάλληλη χρήση της ψηφιακής χαρτογραφίας και των GIS, μπορεί να αποτελέσει ένα πολύτιμο και παράλληλα αξιόπιστο εργαλείο για τον βέλτιστο χωροταξικό σχεδιασμό.

## Abstract

Sanitary landfill is the most cost-effective system of solid waste disposal for most urban areas in developing countries. Landfill sitting is an extremely difficult task to accomplish, because the site selection process depends on different factors and regulations. Landfill sitting process requires many different criteria since it has to combine social, environmental, technical, and financial factors. Environmental factors are very important because the landfill may affect the biophysical environment and the ecology of the surrounding area.

In this study, candidate sites for an appropriate landfill area in Zakynthos Island are determined, by using the integration of geographic information systems (GIS) and multi-criteria evaluation (MCE). ArcGIS 9.3 software and its extensions were used as the GIS tool since it is able to perform suitability analysis using MCE analysis. To identify appropriate landfill areas in Zakynthos Island, various of geographical and geo-morphological data were digitized. Nine input map layers including distance from urban areas, transportation network and airports, distance from archaeological sites, land use/land cover, slopes, hydro-permeability of lithological units, distance from faults and distance from hydrographic network are used in constraint mapping. A map was created for each suitability criterion and a final composite map was finally produced with the help of Boolean Algebra by simple overlaying of the individual maps. According to the map, 0,209623km<sup>2</sup> of the study area is most suitable. At the end of the analyses, two candidate sites are determined. A geographic information system (GIS) is a computer system designed to capture, store, manipulate, analyze, manage and present all types of geographical data. GIS can be thought of as a system that provides spatial data entry, management, retrieval, analysis, and visualization functions. Geographical

Information System/GIS are a very useful tool, not only for creating thematic maps but mainly for decision making and rational management of the environment.

**Λέξεις Κλειδιά:** XYTY, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Ζώνες προστασίας

**Keywords:** sanitary landfill sites, GIS, buffer zones

## 1. Εισαγωγή

Η Ψηφιακή Χαρτογραφία και τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) αποτελούν σχετικά νέες επιστήμες και αποτελούν σημαντικό εργαλείο στα χέρια των γεωεπιστημόνων για την ορθολογική διαχείριση του περιβάλλοντος (Goodchild, 1985; Αστάρας, 2007). Η χρήση GIS στη χωροθέτηση ΧΥΤΑ, σε συνδυασμό και με άλλες μεθόδους (τηλεπισκόπηση, ιεραρχική ανάλυση), έχει εφαρμοσθεί από πολλούς ερευνητές (Vatalis & Manoliadis, 2002; Wang et al., 2009; Nas et al., 2010).

Σύμφωνα με τη σημερινή κατάσταση διαχείρισης των στερεών αποβλήτων στη Ζάκυνθο, ο υφιστάμενος ΧΥΤΑ λειτουργεί από τον Ιούνιο του 1996 σε έκταση 90 στρεμμάτων εντός του Εθνικού Θαλάσσιου Πάρκου Ζακύνθου, στην περιοχή του Καλαμακίου, και σε απόσταση περίπου 10 km από την πόλη της Ζακύνθου. Ο ΧΥΤΑ αυτός έχει κλείσει τον κύκλο του, αφού η λεκάνη απόθεσης έχει σχεδόν πληρωθεί από απορρίμματα και ως εκ τούτου είναι αναγκαία η κατασκευή νέου ΧΥΤΥ. Η ετήσια παραγόμενη ποσότητα απορριμμάτων εκτιμάται ότι είναι 35.117 tn/έτος και σύμφωνα με υπολογισμούς προβλέπεται ότι ο αριθμός αυτός, για την περίοδο 2014 έως το 2028, θα αυξηθεί ακόμα παραπάνω και θα φτάσει τα 46.251 tn/έτος.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εύρεση κατάλληλων Χώρων Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων (ΧΥΤΥ) στην Ζάκυνθο με τη χρήση κριτηρίων αποκλεισμού σε περιβάλλον GIS και την κατασκευή ειδικών θεματικών χαρτών. Δεδομένου ότι για να βρεθεί και να οριοθετηθεί ένας νέος χώρος για τη δημιουργία ΧΥΤΥ απαιτείται μια πολύπλοκη και πολλές φορές χρονοβόρα διαδικασία, κατά την οποία πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλοί παράγοντες: γεωλογικοί, γεωτεχνικοί, υδρογεωλογικοί, κλιματολογικοί, γεωγραφικοί, πολιτισμικοί, κ.ά. Με την εργασία αυτή επιχειρείται να ληφθούν υπόψη όλοι οι παραπάνω παράγοντες και με επιστημονικό τρόπο να βρεθούν και να χωροθετηθούν κατάλληλοι χώροι δημιουργίας ΧΥΤΥ στη Ζάκυνθο.

## 2. Περιοχή έρευνας

Η Ζάκυνθος βρίσκεται νότια της Κεφαλονιάς και δυτικά της Κυλλήνης, με συνολική έκταση 405,6 km<sup>2</sup> (Εικ. 1). Διακρίνεται σε τρεις ενότητες: α) Την ορεινή που καταλαμβάνει το δυτικό, βόρειο και νοτιοανατολικό τμήμα του νησιού, β) τη λοφώδη που εκτείνεται στις παρυφές των ορεινών όγκων και γ) την πεδινή που εκτείνεται στο κεντροανατολικό τμήμα του νησιού. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από θαλάσσιο - μεσογειακό και υγρό κλιματικό τύπο. Η μέση ετήσια βροχόπτωση ανέρχεται σε 825 mm (σταθμός αεροδρομίου) με 114 ημέρες βροχόπτωση το έτος. Η μέση ετήσια θερμοκρασία ανέρχεται σε 17,9 °C.

Σύμφωνα με το πρόγραμμα Corine Land Cover 2000 προκύπτει ότι η περιοχή καλύπτεται από σκληροφυλλική βλάστηση στις ορεινές - λοφώδεις περιοχές και από αμπελώνες - ελαιώνες στις πεδινές. Ο πληθυσμός ολόκληρου του νησιού, σύμφωνα με την απογραφή του 2001, ανέρχεται σε 39.000 κατοίκους.



Εικόνα 1: Μορφολογικός χάρτης Ζακύνθου

Από γεωλογική άποψη, η Ζάκυνθος αποτελεί τμήμα των δυτικών Εξωτερικών Ελληνίδων με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ και ανήκει σε δύο γεωτεκτονικές ζώνες, στην Ιόνιο ζώνη ΝΑ και στη ζώνη Παξών δυτικά. Το ΝΑ τμήμα, σχηματίζεται από πετρώματα της Ιονίου ζώνης, κυρίως δολομίτες και εβαπορίτες Τριαδικής ηλικίας, ενώ ολόκληρο το Δυτικό τμήμα, όπου αναπτύσσεται ο ορεινός όγκος του Βραχίωνα, ανήκει στη ζώνη των Παξών και αποτελείται από ανθρακικά ιζήματα (Εικ. 2). Αυτά αποτελούν και το υπόβαθρο του νησιού. Το πεδινό τμήμα καλύπτεται από μεταλπικά ιζήματα Πλειοκαινικής έως Ολιγοκαινικής ηλικίας τα οποία υπέρκεινται ασύμφωνα των αλπικών σχηματισμών (Λειβαδίτης & Αλεξούλη-Λειβαδίτη, 1993). Η κυρίαρχη τεκτονική δομή που επικρατεί είναι ένας μεγάλος αριθμός ενεργών ανάστροφων ρηγμάτων με διεύθυνση κυρίως ΒΔ-ΝΑ (Λέκκας, 1994). Το υδρογραφικό δίκτυο της Ζακύνθου χαρακτηρίζεται κυρίως από κλάδους παροδικής ροής και αναπτύσσεται κυρίως στις ανατολικές και δυτικές ακτές του όρους Βραχίωνα και του όρους Σκοπός. Η μορφή των κυρίων κλάδων των υδρογραφικών δικτύων είναι υποπαράλληλη, που δείχνει ότι ελέγχεται κυρίως από την τεκτονική δομή της περιοχής, ενώ οι κλάδοι 1<sup>ης</sup> τάξης έχουν μορφή δενδριτική (Λειβαδίτης κ.ά., 1993).

Οι κύριοι υδροφορείς εντοπίζονται (Διαμαντοπούλου, 1999): στα ανθρακικά πετρώματα (καρστικός υδροφορέας), στους τεταρτογενείς σχηματισμούς (φρεάτιος πορώδης υδροφορέας) και στα πλειο-πλειστοκαινικά ιζήματα στα ΒΑ/κά του νησιού (υπό πίεση υδροφορέας). Ο καρστικός υδροφορέας εκμεταλλεύεται από 35 γεωτρήσεων κατά μήκος των ανατολικών ορίων του όρους Βραχίωνα (από Κερί έως Καταστάρι) και αποτελεί τον κύριο υδροφορέα για την κάλυψη των υδρευτικών αναγκών του νησιού. Μια ποσότητα νερού από τον φυσικό εμπλουτισμό του καρστικού αυτού υδροφορέα εκφορτίζεται μέσω παράκτιων και υποθαλάσσιων πηγών. Ο δεύτερος καρστικός υδροφορέας του όρους Σκοπού στο ΝΑ/κό τμήμα του νησιού δεν έχει υδρογεωλογικό ενδιαφέρον λόγω της ποιοτικής υποβάθμισης του νερού. Στην περιοχή της Κυψέλης (ΒΑ/κό τμήμα) εντοπίζεται ο σημαντικότερος υδροφορέας των πλειο-πλειστοκαινικών ιζημάτων, που αξιοποιείται μέσω πολυάριθμων γεωτρήσεων (Diamantopoulou & Voudouris, 2007).

### 3. Δεδομένα και μέθοδος έρευνας

Αρχικά από τον Νεοτεκτονικό χάρτη της Ελλάδας, φύλλο: «Ζάκυνθος», κλίμακας 1:100.000 (Λέκκας, 1993-1995), ψηφιοποιήθηκαν η ακτογραμμή, οι γεωλογικοί σχηματισμοί και τα ρήγματα. Έτσι προέκυψε ο γεωλογικός (Εικ. 2) και τεκτονικός χάρτης (Εικ. 3) της Ζακύνθου. Στη συνέχεια, από το πρόγραμμα Google Earth ψηφιοποιήθηκαν οι οδοί (Εικ. 4), το αεροδρόμιο (Εικ. 5), και οι οικισμοί (Εικ. 6) της Ζακύνθου και προέκυψαν οι αντίστοιχοι χάρτες. Από τον νεοτεκτονικό χάρτη αργότερα προέκυψε το Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου (DEM) και ο αντίστοιχος χάρτης (Εικ. 7). Από αυτόν, λήφθηκαν δεδομένα όπως: το υδρογραφικό δίκτυο του νησιού, ο υδροκρίτης, ο προσανατολισμός και το μήκος των κλιτύων και με κατάλληλη επεξεργασία έγινε η κατασκευή του χάρτη σκιασμένου αναγλύφου (Εικ. 8), του χάρτη κλίσεων κλιτύων (Εικ. 9) και του υδρογραφικού δικτύου (Εικ. 10). Από ταξινόμηση των σχηματισμών του νησιού ανάλογα με τις τιμές της υδροπερατότητας των γεωλογικών σχηματισμών και με βάση τα χαρακτηριστικά του κάθε υδροφορέα, προέκυψε ο χάρτης υδροπερατότητας (Εικ. 11). Τέλος με βάση το Corine Land Cover 2000 και τη βάση δεδομένων για την ελληνική φύση (<http://filotis.itia.ntua.gr/home/>), οριοθετήθηκαν οι σημαντικές περιοχές προς προστασία και προέκυψαν αντίστοιχα οι χάρτες προστατευόμενων περιοχών Corine 2000 (Εικ. 12) και δικτύου Natura 2000 (Εικ. 13).

Όλα αυτά τα δεδομένα ψηφιοποιήθηκαν με στόχο τη μετατροπή των επιπέδων πληροφοριών, σε Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Όλα τα επίπεδα πληροφοριών καθώς και οι χάρτες, είναι αυστηρά προσανατολισμένα σε ένα κοινό γεωγραφικό σύστημα, ώστε να καθίσταται δυνατός ο συνδυασμός τους. Στην περίπτωση μας, όλα τα παραπάνω επίπεδα πληροφοριών γεωαναφέρθηκαν στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς του 1987 (ΕΓΣΑ '87). Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε είναι το ArcGIS 9.3, συμπεριλαμβανομένων και των τριών εφαρμογών του, ArcMap, ArcCatalog και ArcToolbox για την ψηφιοποίηση, αποθήκευση, επεξεργασία, ανάλυση και εξαγωγή δεδομένων.

Επόμενο βήμα είναι ο καθορισμός ζωνών περιμετρικής προστασίας ή «ζώνες αποκλεισμού» (buffer zones) γύρω από τα δεδομένα έτσι όπως έχουν προκύψει. Είναι αναγκαίο να αποφευχθούν από τους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν όπως: πιθανή ρύπανση των υπόγειων υδροφορέων και του εδάφους, ρύπανση επιφανειακών νερών, επιπτώσεις στην πανίδα, κίνδυνος κατολίσθησης, κ.ά. Έτσι λοιπόν η ελληνική νομοθεσία θέσπισε ένα πλαίσιο τεχνικών προδιαγραφών διαχείρισης στερεών αποβλήτων, όρους και τα κριτήρια καταλληλότητας και επιλογής θέσεων εγκατάστασης στερεών αποβλήτων. Οι υποψήφιοι χώροι για χωροθέτηση ενός ΧΥΤΥ πρέπει να πληρούν κάποιες βασικές προδιαγραφές. Οι προδιαγραφές αυτές ενσωματώνονται σε κριτήρια αποκλεισμού χώρων, ώστε να προκύψουν οι χώροι που καταρχήν είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί η χωροθέτηση.

Στην περίπτωση της χωροθέτησης ΧΥΤΥ στη Ζάκυνθο χρησιμοποιήθηκαν εννέα (9) κριτήρια καταλληλότητας συνολικά, όπως φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα 1 και είναι τα ακόλουθα: (Καλλέργης 2000, Βουδούρης 2009):

- **Χωροταξικά:** Ευκολία πρόσβασης, γειτνίαση με επιφανειακά σώματα νερού (ποτάμια, χείμαρροι, λίμνες), καθώς και εγκαταστάσεις και μέσα υποστήριξης για την ανάπτυξη ΧΥΤΥ και διαθεσιμότητά τους (δρόμοι, δίκτυα).
- **Γεωλογικά:** Στρωματογραφική και τεκτονική δομή των πιθανών θέσεων, γεωλογική ταξινόμηση των υλικών του πυθμένα της μελλοντικής χωματερής, εκσκαψιμότητα των υλικών, γεωτεχνικές ιδιότητες, επάρκεια υλικών επικάλυψης, σεισμικότητα της περιοχής και σύνδεσή της με την τοπική τεκτονική (ενεργά ρήγματα, ζώνες διάρρηξης κ.λπ.), γεωμορφολογία των πιθανών θέσεων (κλίσεις πρανών, ασταθείς μάζες κ.λπ.).
- **Υδρογεωλογικά:** Το πάχος και η λιθολογία της κορεσμένης και της ακόρεστης ζώνης, οι υδραυλικές παράμετροι (υδροπερατότητα, μεταβιβαστικότητα, διαχυτικότητα T/S), ο τύπος των υδροφορέων και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους, το υδραυλικό καθεστώς, οι περιοχές τροφοδοσίας και εκφόρτισης των υδροφορέων, τα υφιστάμενα έργα υδροληψίας, η ποιότητα του υπόγειου νερού και οι χρήσεις του.

- **Περιβαλλοντικά:** Αξιολογούνται οι επιδράσεις στο περιβάλλον. Τηρούνται οι αποστάσεις από υπάρχοντες βιότοπους ή υδροβιότοπους. Δεν είναι επιλέξιμες θέσεις για την κατασκευή ΧΥΤΑ οι υδροβιότοποι. Σε νησιά, σύμφωνα με ΚΥΑ των Υπουργείων ΠΕΧΩΔΕ και Οικονομίας (2006), θα μπορούν να δημιουργηθούν μικροί ΧΥΤΥ και σε προστατευόμενες περιοχές (NATURA, Ramsar) με αυστηρούς περιβαλλοντικούς όρους.

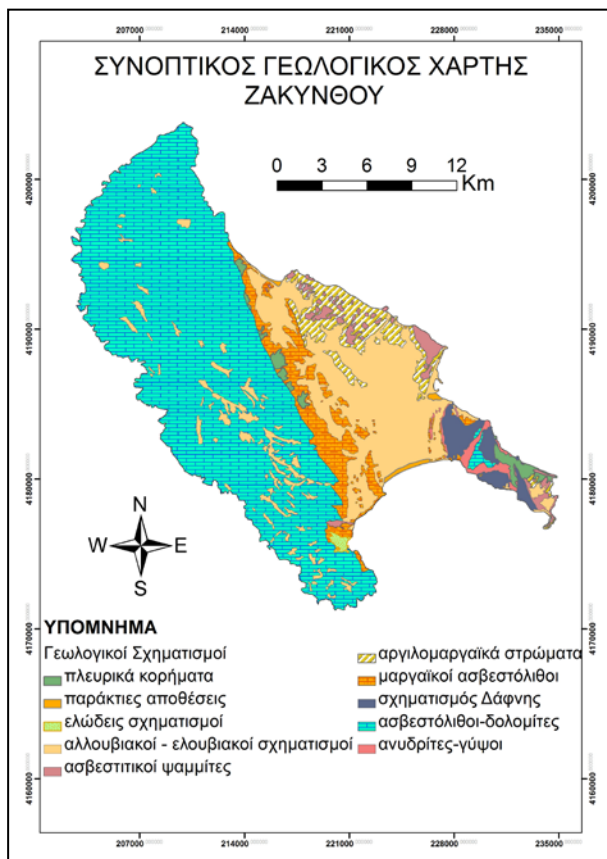
Ωστόσο επειδή εφαρμόζοντάς τα αποκλείστηκαν όλες οι δυνατές για χωροθέτηση ΧΥΤΥ περιοχές, λόγω ότι πρόκειται για μικρό σχετικά νησί, κρίθηκε έτσι αναγκαίο η επανεξέταση και μείωση των περιορισμών κάποιων κριτηρίων. Ο καθορισμός των τεχνικών προδιαγραφών μικρών ΧΥΤΥ σε νησιά ή απομονωμένους οικισμούς, γίνεται κατ' εφαρμογή της υπ' αριθμ. 29407/3508/2002 ΚΥΑ «Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων».

**Πίνακας 1: Κριτήρια αποκλεισμού περιοχών για τη χωροθέτηση ΧΥΤΥ**

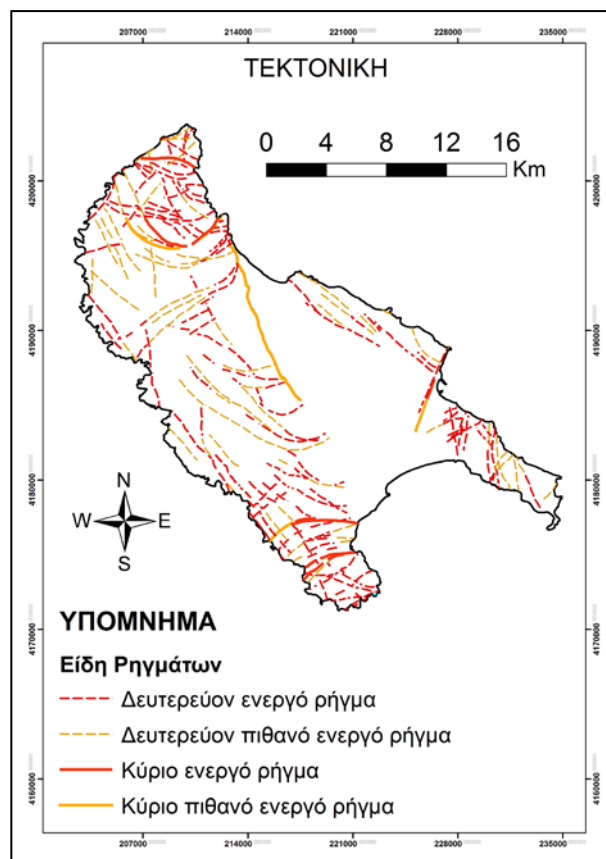
| Κριτήρια                                                          | Αποκλεισμός/Απόσταση από περιοχή (γενικά κριτήρια) | Αποκλεισμός/Απόσταση από περιοχή (ύστερα από επανεξέταση κριτηρίων) |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Χωροταξικά Κριτήρια</b>                                     |                                                    |                                                                     |
| Απόσταση από αστικές περιοχές (οικισμοί και στρατόπεδα)           | 2000 m                                             | 2000 m                                                              |
| Απόσταση από Αρχαιολογικά και Πολιτιστικά μνημεία                 | Πλήρης αποκλεισμός εντός των ορίων αυτών           | Πλήρης αποκλεισμός εντός των ορίων αυτών                            |
| Απόσταση από Αεροδρόμια                                           | 3000 m                                             | 3000 m                                                              |
| Απόσταση από οδικό δίκτυο                                         | 300 m                                              | 150 m                                                               |
| <b>2. Γεωλογικά – Υδρογεωλογικά Κριτήρια</b>                      |                                                    |                                                                     |
| Απόσταση από υδρογραφικό δίκτυο (ποτάμια, λίμνες)                 | 100 m                                              | 100 m                                                               |
| Κλίση πρανών                                                      | >15%                                               | >15%                                                                |
| Υδροπερατότητα                                                    | Μεσαία -Μεγάλη                                     | Μεγάλη                                                              |
| Απόσταση από ρήγματα                                              | 200 m                                              | 100 m                                                               |
| <b>3. Περιβαλλοντικά Κριτήρια</b>                                 |                                                    |                                                                     |
| Περιοχές χαρακτηρισμένες ως RAMSAR, SPA, NATURA και Εθνικά Πάρκα. | Πλήρης αποκλεισμός εντός των ορίων αυτών           | Πλήρης αποκλεισμός εντός των ορίων αυτών                            |

Με την τεχνική Buffer από το Arc toolbox του λογισμικού ArcGIS 9.3 εφαρμόστηκαν τα κριτήρια αυτά πάνω στους αρχικούς θεματικούς χάρτες. Η τεχνική αυτή δημιουργεί ζώνες επιρροής/περιμετρικές ζώνες (buffer zones) γύρω από τα στοιχεία ενός επιπέδου. Έτσι, μετά την ανάλυση και την επεξεργασία των δεδομένων με βάση τις αποστάσεις που ορίζονται στο εκάστοτε κριτήριο, δημιουργήθηκαν οι αντίστοιχες ζώνες αποκλεισμού. Στη συνέχεια παρατίθενται οι θεματικοί χάρτες που προέκυψαν από τον καθορισμό των ζωνών αποκλεισμού (Εικόνες 14 έως 21).

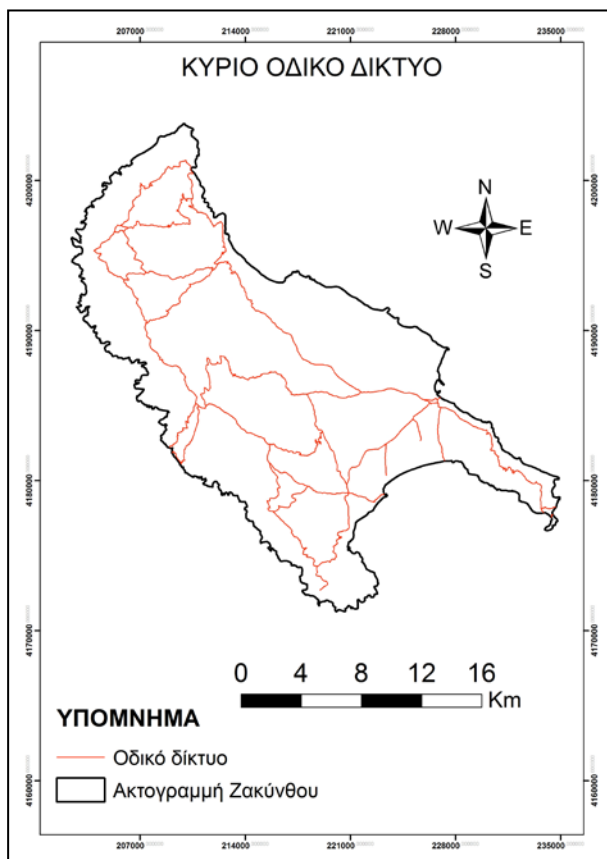
Τέλος, πραγματοποιήθηκε συσχετισμός όλων των παραπάνω ζωνών αποκλεισμού (buffer zones) που προέκυψαν από τα κριτήρια αποκλεισμού. Ο συσχετισμός αυτός είναι σχετικά απλός και απαιτεί χειρισμούς των δεδομένων που βασίζονται στην άλγεβρα του Bool. Έτσι λοιπόν με τη χρήση κατάλληλων αλγορίθμων που σχετίζονται με τη μεθοδολογία του Bool, κατασκευάστηκε ο τελικός χάρτης (Εικ. 22). Ο συσχετισμός αυτός έγινε από το πρόγραμμα ArcMap, όπου όλες οι ζώνες προστασίας των buffer zones που προέκυψαν, προστέθηκαν με αποτέλεσμα να προκύψει ένας τελικός θεματικός χάρτης ο οποίος οριοθετεί τις κατάλληλες για ΧΥΤΥ περιοχές. Ο χάρτης αυτός παρουσιάζει τις επιτρεπόμενες/προτεινόμενες για δημιουργία ΧΥΤΥ περιοχές, που προέκυψαν με βάση τον συνδυασμό και συναξιολόγηση όλων των κριτηρίων που έχουν αναφερθεί παραπάνω.



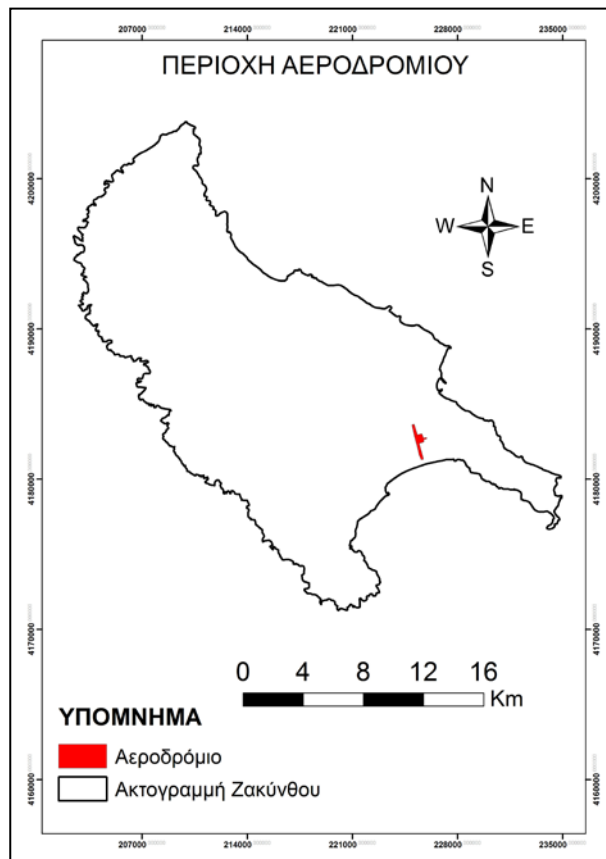
Εικόνα 3: Γεωλογικός χάρτης Ζακύνθου



Εικόνα 2: Τεκτονικός χάρτης Ζακύνθου

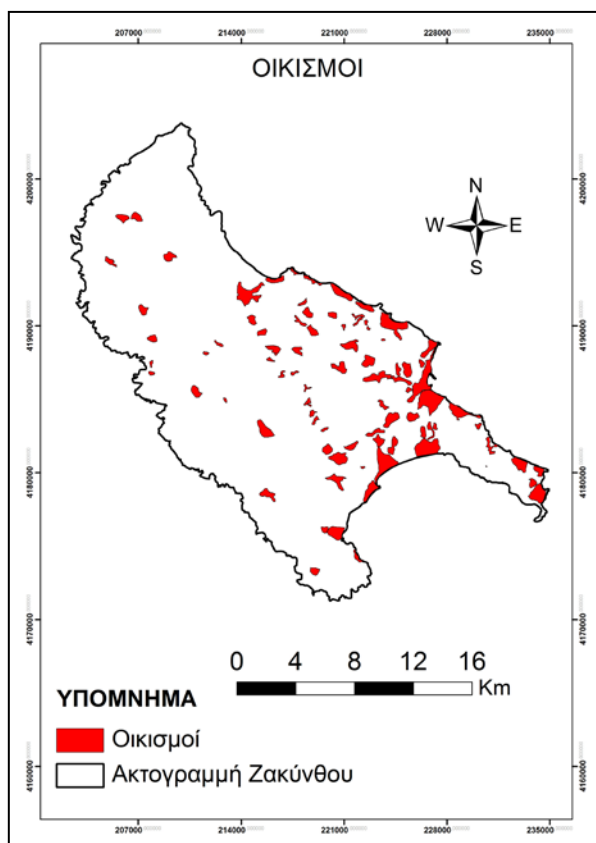


Εικόνα 4: Χάρτης κύριου οδικού δικτύου

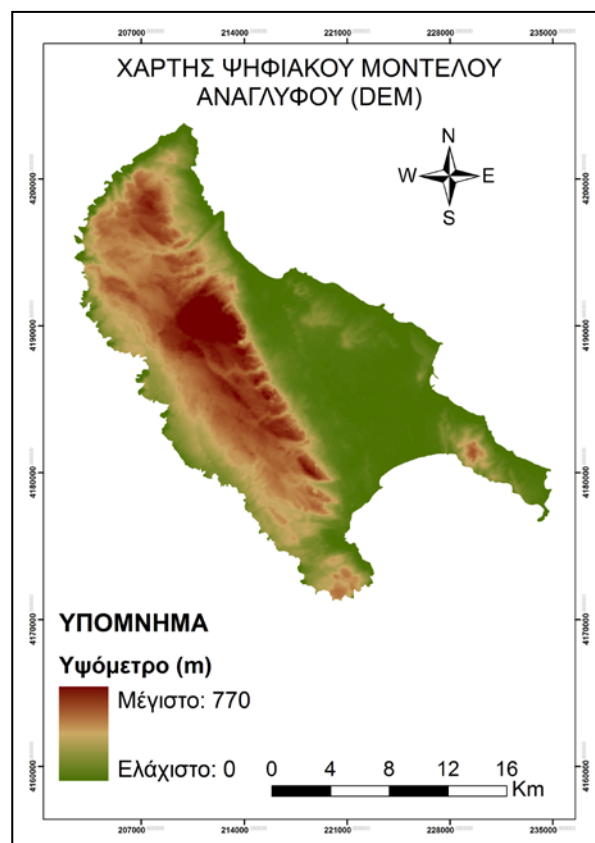


Εικόνα 5: Χάρτης θέσης αεροδρομίου

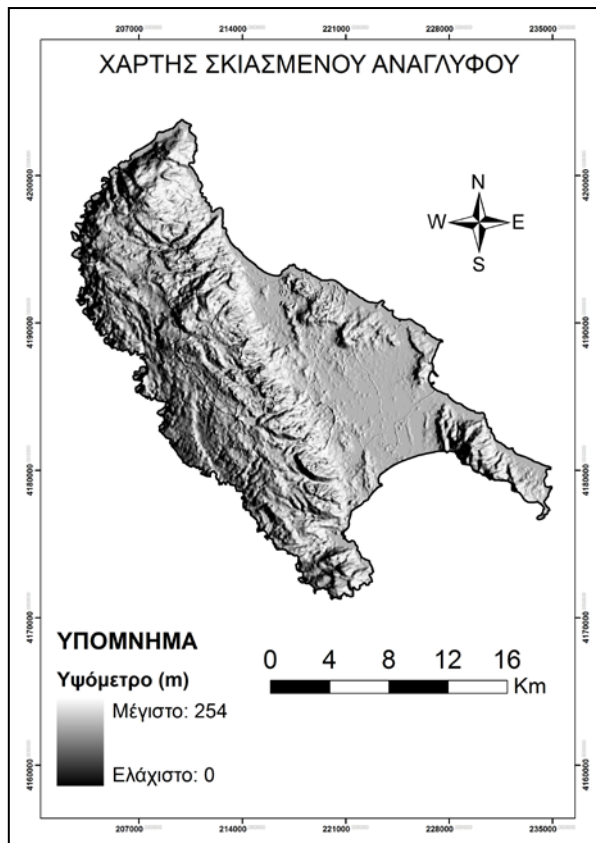




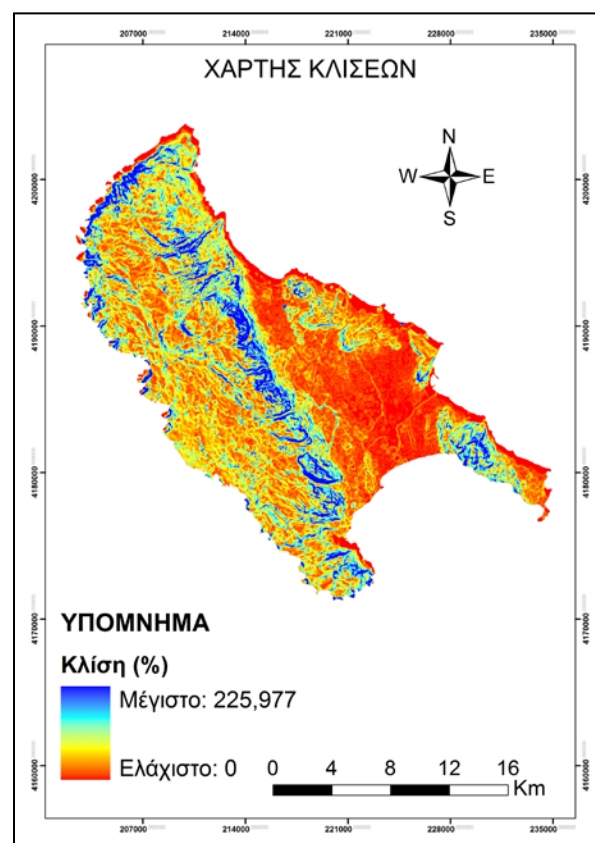
Εικόνα 6: Οικιστικός χάρτης Ζακύνθου



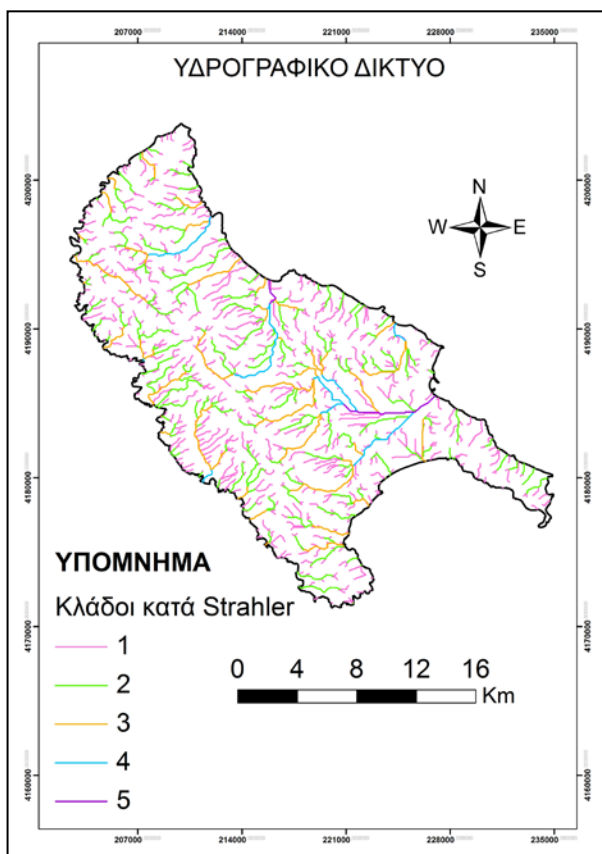
Εικόνα 7: Χάρτης ψηφιακού αναγλύφου (DEM)



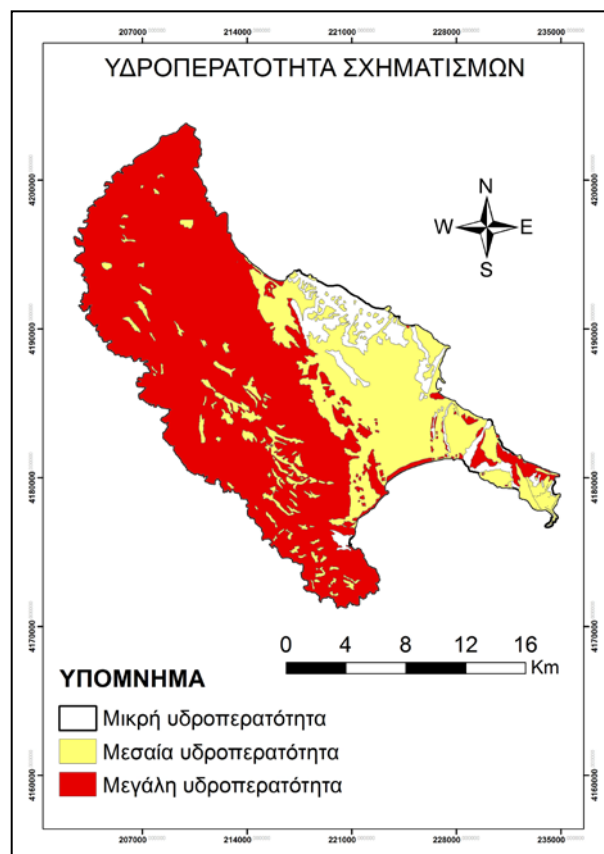
Εικόνα 8: Χάρτης σκιασμένου αναγλύφου



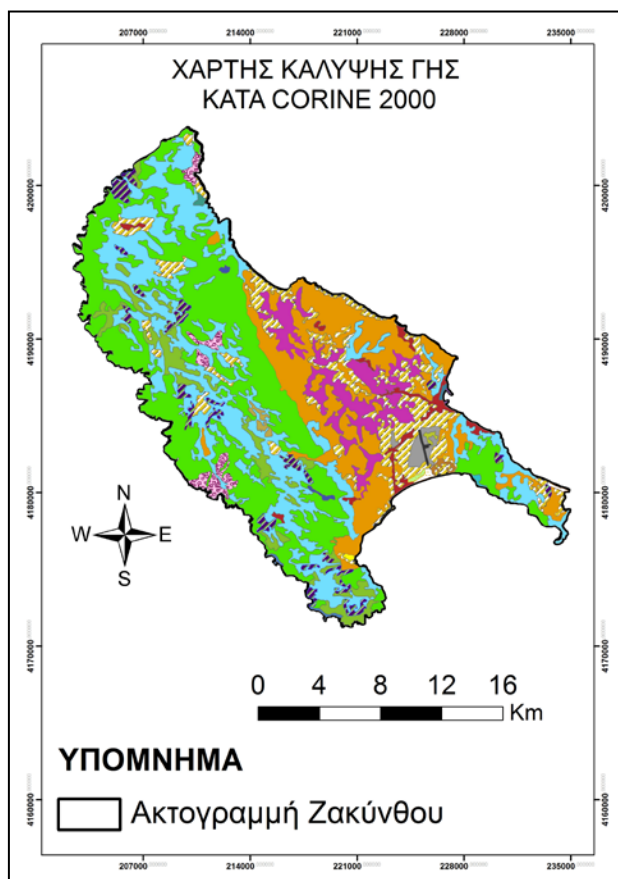
Εικόνα 9: Χάρτης κλίσεων κλιτύων



Εικόνα 10: Χάρτης υδρογραφικού δικτύου περιοχής μελέτης



Εικόνα 11: Χάρτης υδροπερατότητας Ζακύνθου



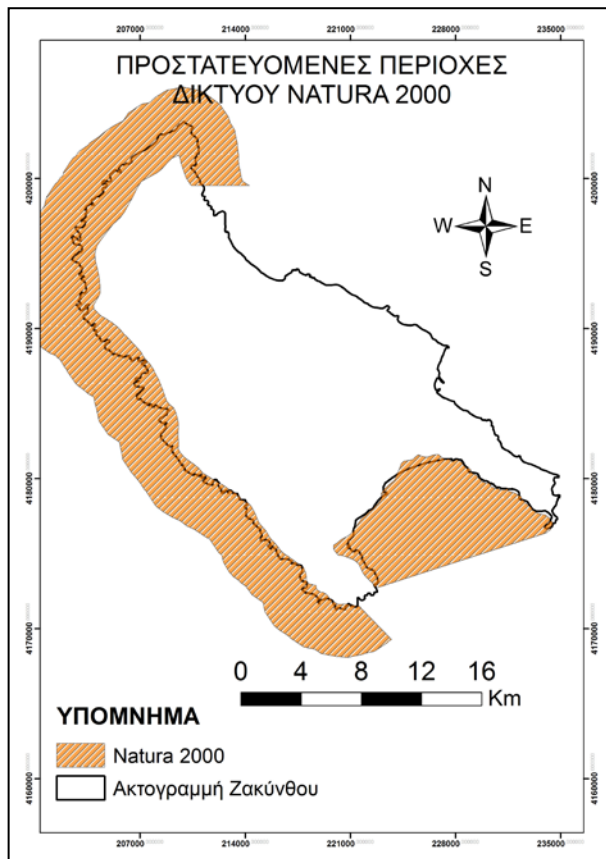
Εικόνα 12: Χάρτης κάλυψης Γης σύμφωνα με το πρόγραμμα Corine Land Cover 2000

#### ΥΠΟΜΝΗΜΑ

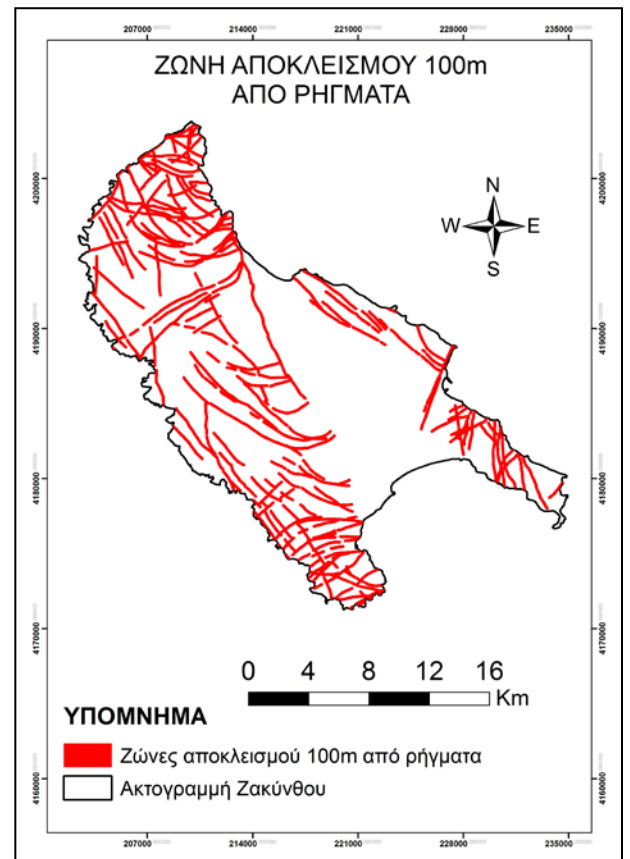
##### Περιγραφή

- Συνεχής αστική οικοδόμηση
- Διακεκομμένη αστική οικοδόμηση
- Βιομηχανικές ή εμπορικές ζώνες
- Ζώνες λιμένων
- Αεροδρόμια
- Χώροι εξορύξεως ορυκτών
- Περιοχές αστικού πράσινου
- Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής
- Μη αρδεύσιμη αρόσιμη γη
- Αμπελώνες
- Ελαιώνες
- Λιβάδια
- Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας
- Γη που καλύπτεται κυρίως από τη γεωργία
- Δάσος κωνοφόρων
- Μικτό δάσος
- Φυσικοί βοσκότοποι
- Σκληροφυλλική βλάστηση
- Μεταβατικές δασώδεις θάμνιες εκτάσεις
- Παραλίες αμμόλοφοι αμμουδιές
- Απογυμνωμένοι βράχοι
- Εκτάσεις με αραιή βλάστηση
- Παραθαλάσσιοι βάλτοι

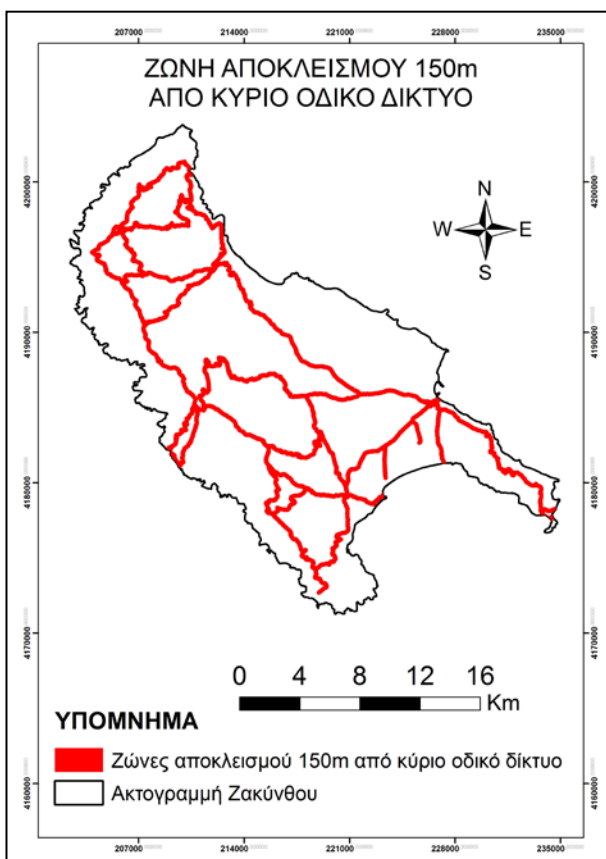




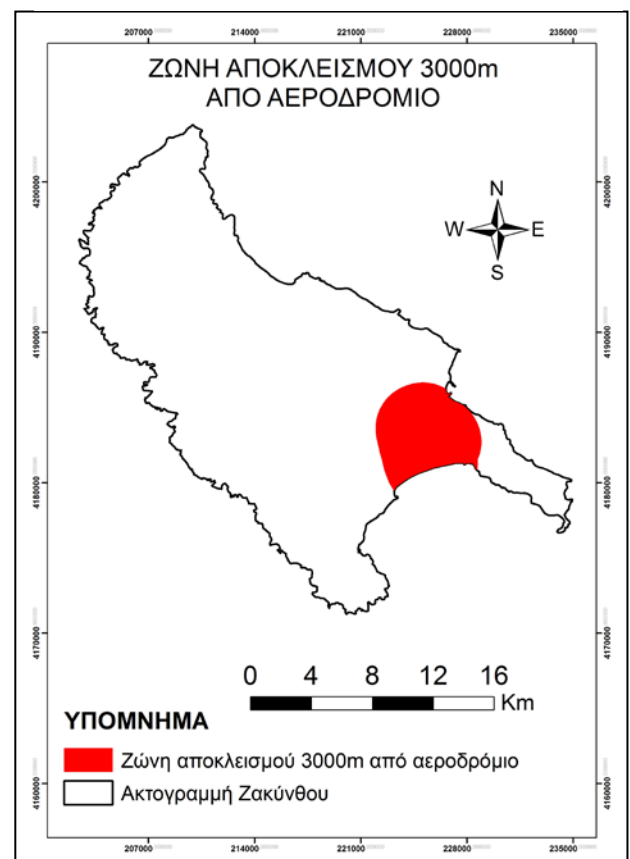
Εικόνα 13: Περιοχές δικτύου Natura 2000



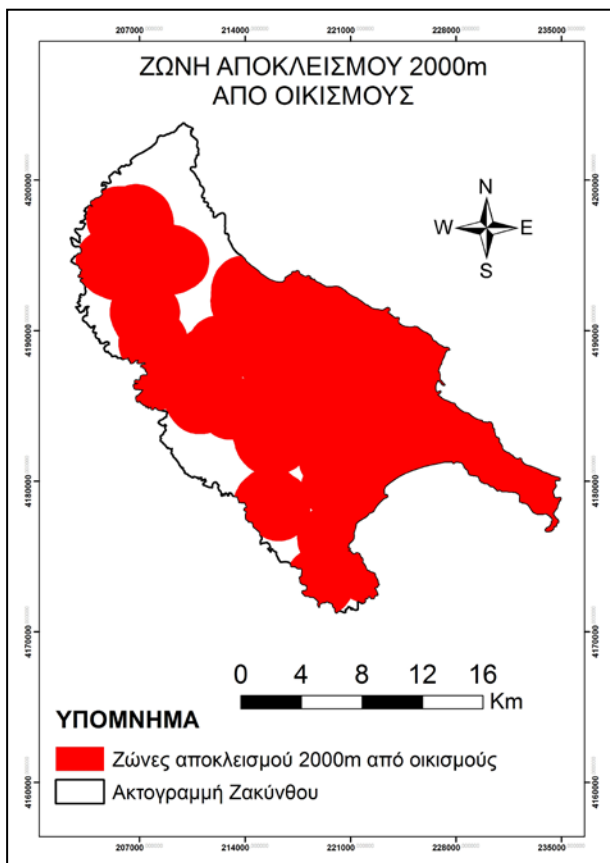
Εικόνα 14: Χάρτης μη επιτρεπομένων θέσεων για ΧΥΤΥ στη Ζάκυνθο λόγω εγγύτητας σε ρήγματα



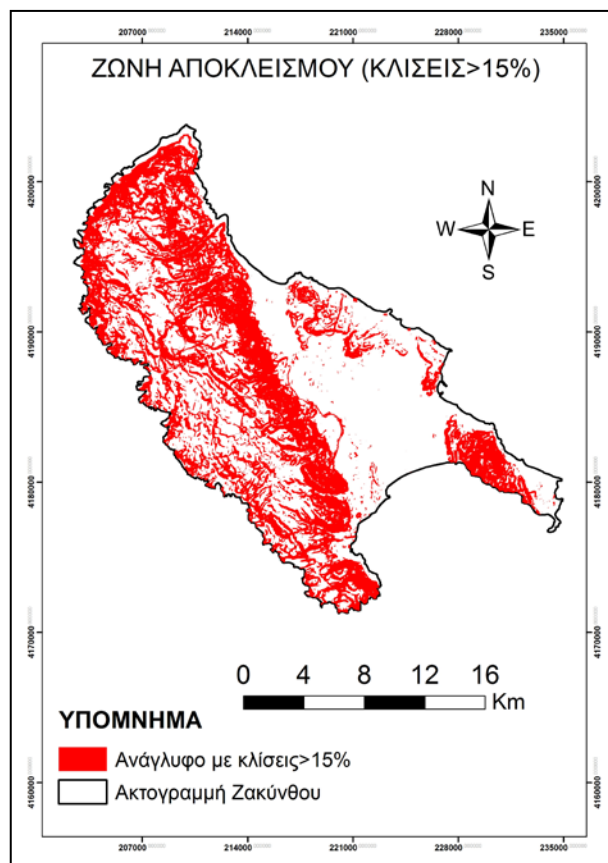
Εικόνα 15: Χάρτης μη επιτρεπομένων θέσεων για ΧΥΤΥ στη Ζάκυνθο λόγω εγγύτητας στο κύριο οδικό δίκτυο



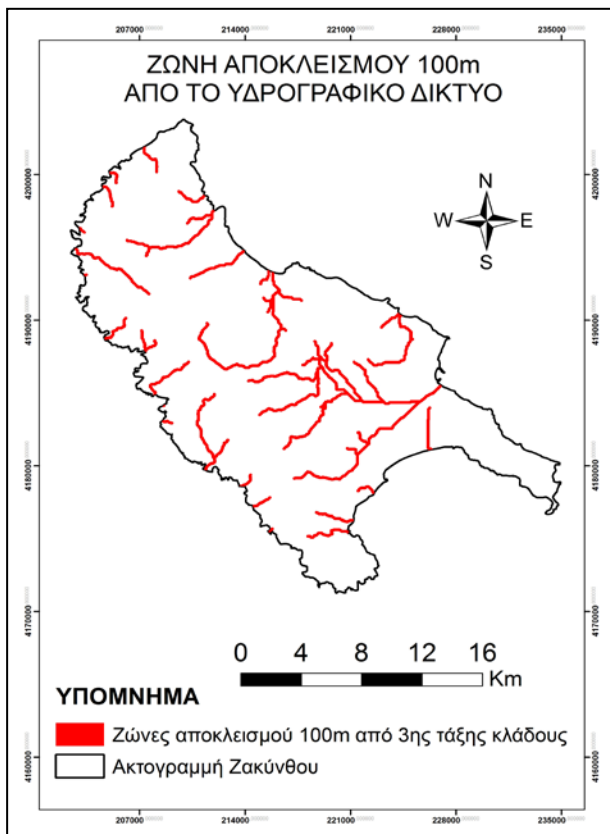
Εικόνα 16: Χάρτης μη επιτρεπομένων θέσεων για ΧΥΤΥ στη Ζάκυνθο λόγω εγγύτητας στο αεροδρόμιο



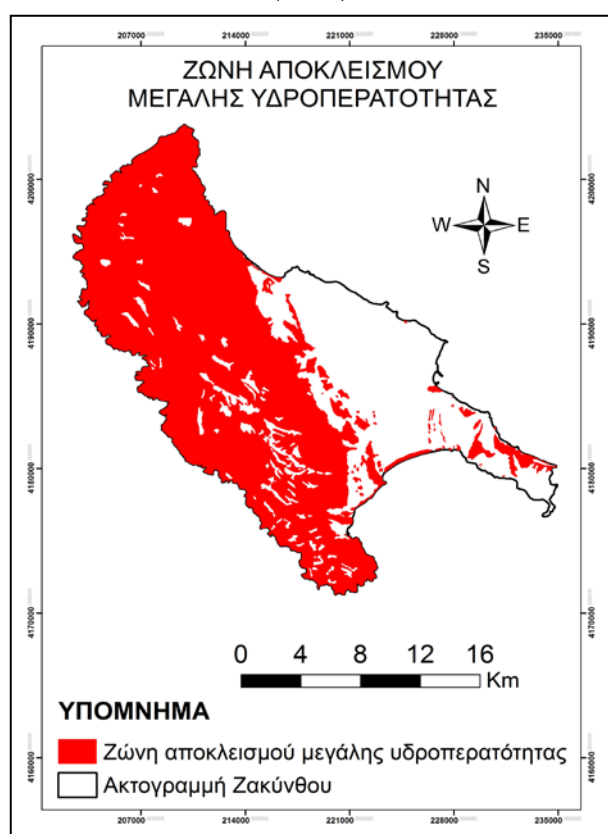
Εικόνα 17: Χάρτης μη επιτρεπομένων θέσεων για ΧΥΤΥ στη Ζάκυνθο λόγω εγγύτητας σε κατοικημένες περιοχές



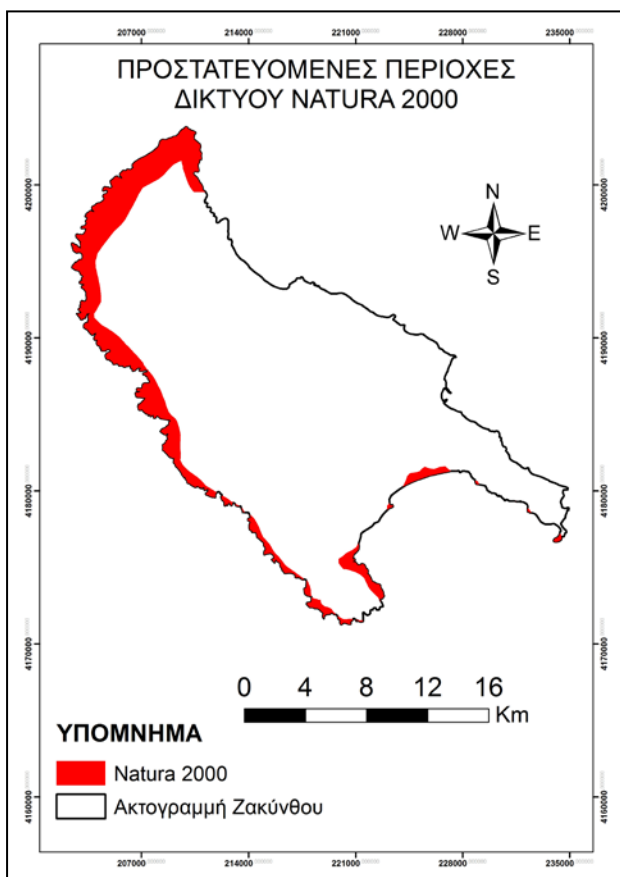
Εικόνα 18: Χάρτης μη επιτρεπομένων θέσεων για ΧΥΤΥ στη Ζάκυνθο λόγω μεγάλης κλίσης του αναγλύφου (>15%)



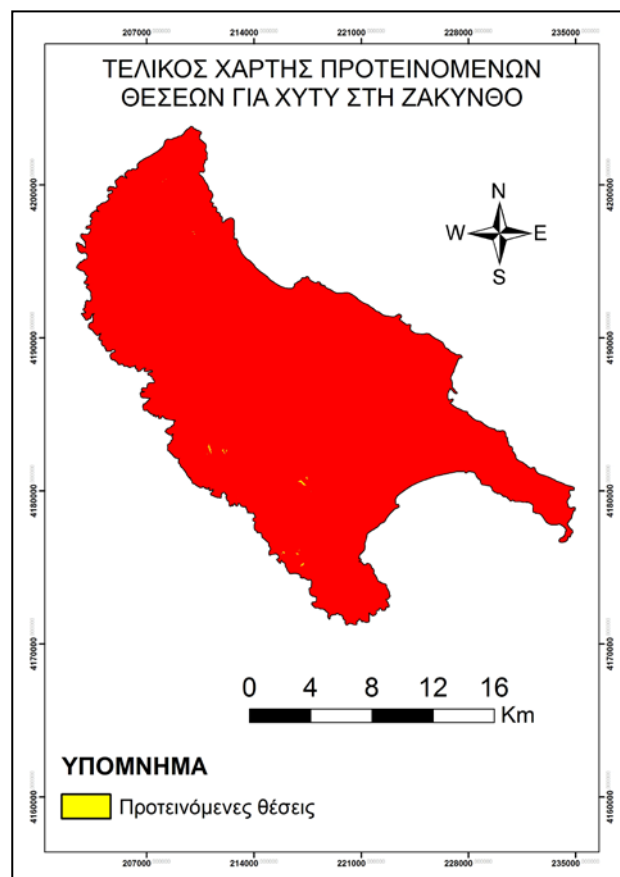
Εικόνα 19: Χάρτης μη επιτρεπομένων θέσεων για ΧΥΤΥ στη Ζάκυνθο λόγω εγγύτητας σε κλάδους 3<sup>ης</sup> τάξης του υδρογραφικού δικτύου



Εικόνα 20: Χάρτης μη επιτρεπομένων θέσεων για ΧΥΤΥ στη Ζάκυνθο, λόγω υψηλού κινδύνου περατότητας των σχηματισμών



Εικόνα 21: Χάρτης μη επιτρεπομένων θέσεων για ΧΥΤΥ στη Ζάκυνθο, λόγω εγγύτητας σε περιοχές υπό προστασία Natura 2000



Εικόνα 22: Χάρτης επιτρεπομένων/προτεινομένων θέσεων για ΧΥΤΥ στη Ζάκυνθο

#### 4. Αποτελέσματα

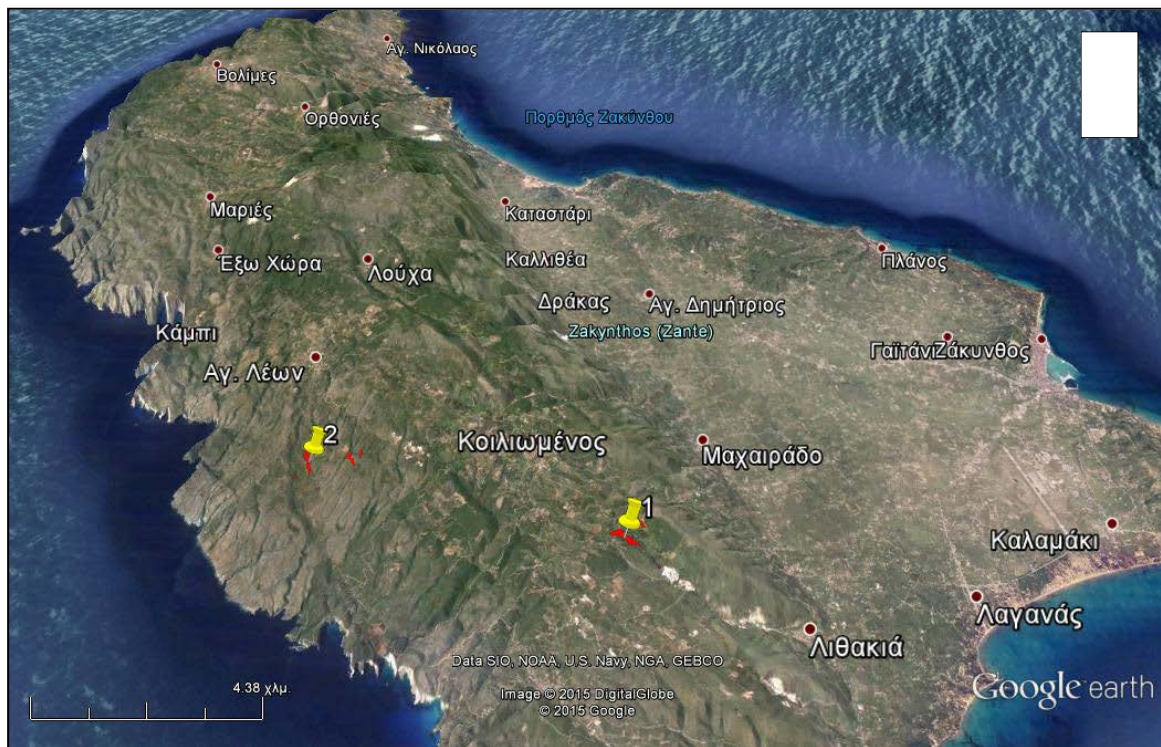
Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω χωρικά δεδομένα και κριτήρια αποκλεισμού προέκυψε ο θεματικός χάρτης της Εικ. 22 που απεικονίζει τις περιοχές οι οποίες πληρούν όλα τα κριτήρια δημιουργίας ενός ΧΥΤΥ στη Ζάκυνθο. Συνολικά οι περιοχές αυτές καταλαμβάνουν 0,2 km<sup>2</sup> (210 στρέμματα) σε σύνολο 405,6 km<sup>2</sup> όλου του νησιού και βρίσκονται στη νοτιοδυτική πλευρά του όρους Βραχίωνα, νοτιοδυτικά της Ζακύνθου.

Από αυτές τις περιοχές, δύο θέσεις φαίνονται ως πιο κατάλληλες με ικανή έκταση για χωροθέτηση ΧΥΤΥ (Εικ. 23). Και οι δύο θέσεις βρίσκονται στη ζώνη των ανθρακικών πετρωμάτων του Βραχίωνα ωστόσο καλύπτονται από αλλουβιακούς – ελουβιακούς σχηματισμούς και χαρακτηρίζονται από μεσαίες τιμές υδροπερατότητας. Επίσης, ελέγχθηκαν οι θέσεις αυτές ως προς άλλα κριτήρια όπως για παράδειγμα εγγύτητα σε προστατευμένους αρχαιολογικούς χώρους, φυσικά μνημεία, πηγές – πηγάδια, φράγματα και στρατόπεδα. Έτσι μπορούν να χαρακτηρισθούν ως κατάλληλες περιοχές για εγκατάσταση ΧΥΤΥ.

Βέβαια και οι δύο περιοχές έχουν μικρή έκταση και δεν καλύπτουν την απαιτούμενη έκταση ενός ΧΥΤΥ, ωστόσο με τα κατάλληλα μέτρα προστασίας θα ήταν δυνατή η διεύρυνσή τους. Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη κατάλληλη θέση έχει συντεταγμένες 20°7'27,6"E / 37°43'43,03"N και έκταση 54 στρέμματα. Σύμφωνα με τον χάρτη κάλυψης γης κατά Corine 2000, βρίσκεται μέσα σε μεταβατικές δασώδεις θαμνώδεις εκτάσεις με σκληροφυλλική βλάστηση. Ο πλησιέστερος οικισμός από αυτήν βρίσκεται σε απόσταση 2,47 km.

Η δεύτερη θέση έχει συντεταγμένες 20°43'16,76"E / 37°44'48,63"N και έκταση 49 στρέμματα. Σύμφωνα με τον χάρτη κάλυψης γης κατά Corine 2000, βρίσκεται μέσα σε ελαιώνες και ο πλησιέστερος οικισμός βρίσκεται σε απόσταση 2,28 km.





Εικόνα 4: Θέσεις των δύο κατάλληλων για ΧΥΤΥ περιοχών

## 5. Συμπεράσματα – Συζήτηση

Με τη χρήση GIS και με βάση συγκεκριμένων κριτηρίων αποκλεισμού που εφαρμόστηκαν (χωροταξικά, γεωλογικά, υδρογεωλογικά και κοινωνικά), προέκυψε ο τελικός θεματικός χάρτης των δύο προτεινόμενων θέσεων ΧΥΤΥ στη Ζάκυνθο. Συνολικά οι περιοχές αυτές καταλαμβάνουν έκταση 0,2 km<sup>2</sup> και βρίσκονται στη νοτιοδυτική πλευρά του όρους Βραχίωνα, νοτιοδυτικά της Ζακύνθου. Οι δύο περιοχές χαρακτηρίζονται ως κατάλληλες για τη δημιουργία ενός ΧΥΤΥ. Βέβαια και οι δύο περιοχές έχουν μικρή έκταση, ωστόσο με τα κατάλληλα μέτρα προστασίας θα είναι δυνατή η διεύρυνσή τους.

Τέλος να τονιστεί, ότι η εγκατάσταση ενός χώρου ΧΥΤΥ σε μια από τις προτεινόμενες θέσεις πρέπει να θωρακιστεί με τα ασφαλέστερα μέτρα προστασίας, έτσι ώστε να ελαττωθεί, αν όχι να εξλειφθεί η πιθανότητα ρύπανσης του υπόγειου υδροφορέα. Επίσης, λόγω του ασβεστολιθικού υποβάθρου θα απαιτηθούν ειδικά μέτρα προστασίας (στεγανοποίηση του πυθμένα), τα οποία θα αυξήσουν σημαντικά το κόστος κατασκευής του χώρου (Soulios et al., 2013). Να σημειωθεί ότι, λόγω της αντικλινικής δομής του όρους Βραχίωνα, η ροή του υπόγειου νερού (θέση 2, Εικ. 23) είναι προς τις δυτικές ακτές, όπου γίνεται εκφόρτιση μέσω πηγών. Η ποιότητα των νερών στο σημείο αυτό δεν είναι καλή λόγω υφαλμύρισης από τη διείδυση της θάλασσας. Ευνοϊκότερες, από γεωλογική απόψη, θέσεις μπορεί να εντοπισθούν και σε περιοχές των νεογενών ιζημάτων της Ζακύνθου (ΒΑ/κό τμήμα του νησιού), αλλά οι θέσεις αυτές υπόκεινται σε άλλα περιοριστικά κριτήρια, λόγω της ύπαρξης οικισμών. Να σημειωθεί με την απόφαση του Συνδέσμου Ζακύνθου προκρίθηκε η τοποθεσία Λίβα (Δυτικά του οικισμού Καταστάρι) για τη χωροθέτηση νέας ΧΥΤΥ στη Ζάκυνθο.

Τέλος, προκύπτει η κατάλληλη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS), μπορεί να αποτελέσει ένα σημαντικό και παράλληλα αξιόπιστο εργαλείο χωροταξικού σχεδιασμού. Η χρήση τους όμως προϋποθέτει τη συλλογή όλων των απαραίτητων δεδομένων, έτσι ώστε τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, μέσω της παραγωγής χαρτών να τα μετατρέψουν σε πολύτιμη χωρική πληροφορία. Βέβαια, η ανωτέρω τεχνική δεν μπορεί σε καμμία περίπτωση να υποκαταστήσει την επιτόπου γεωλογική-υδρογεωλογική και γεωτεχνική έρευνα, η οποία αποτελεί και την ασφαλέστερη δικλείδα για την επιλογή της κατάλληλης θέσης.

## **Βιβλιογραφία**

### Ξενόγλωσση

Diamantopoulou P., Voudouris K. (2008): Optimization of water resources management using SWOT analysis: The case of Zakynthos island, Ionian Sea, Greece. *Environmental Geology* 54, 197-211.

Goodchild M. I., 1985. *Geographical Information Systems in Undergraduate Geography*.

Longley P.A., Goodchild M.F., Maguire D.J., Rhind D.W., 2010. *Συστήματα και επιστήμη γεωγραφικών πληροφοριών (GIS)*. 2η Αμερικάνικη έκδοση.

Nas B., Cay T., Iscan F., Berktaş A., 2010. Selection of MSW landfill site for Konya, Turkey using GIS and multi-criteria evaluation. *Environmental Monitoring Assessment* 160, 491-500.

Sorel O., 1976. Etude Neotectonique dans l' arc Egeen Externe Occidental. Les iles Ioniennes de Kephallinia et Zakynthos et l' Elide Occidentale.

Soulis G., Mattas C., Kaklis T., Sotiriadis M., Voudouris K., Dimopoulos G., 2013. Is the construction of a sanitary landfill acceptable in a karstic area? The case of the sanitary landfill site in Fokida, Central Greece. *Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Congress, Chania, Sept. 2013. Bulletin of the Geological Society of Greece, Vol. XLVII, No 2, 771-776.*

Vatalis K., Manoliadis O., 2002. A two-level multicriteria DSS for landfill site selection using GIS: Case study in western Macedonia, Greece. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis* 6(1), 49-56.

Wang G., Qin L., G., Chen L., 2009. Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, China. *Journal of Environmental Management* 90, 2414-2421.

Underhill R., 1989. Late Cenozoic deformation of the Hellenide foreland, western Greece.

### Ελληνική

Αστάρας Θ., Οικονομίδης Δ. και Μουρατίδης Α., 2011. Ψηφιακή χαρτογραφία και γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών.

Βουδούρης Κ., 2009. Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος- Υπόγεια νερά και περιβάλλον. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.

Δερμιτζάκης Μ.Δ., Λέκκας Ε., Ντρίνια Χ., Τριανταφύλλου Μ.Β., 1997. Στρωματογραφία και τεκτονοϊζηματογενής εξέλιξη της νήσου Ζακύνθου (Πρακτικά ΣΤ' Διεθνούς Πανιονίου Συνεδρίου).

Διαμαντοπούλου Π., 1999. Υδρογεωλογικές συνθήκες νήσου Ζακύνθου. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Παν. Πατρών.

ENVIC E.Π.Ε. - Μελέτες Περιβαλλοντικών Έργων, 2010. Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.) ΟΕΔΑ Ζακύνθου.

Ζήσου Α., 2007. Εισαγωγή στα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών ArcGIS/ArcView. Θεωρία και Εφαρμογές.

Καλλέργης Γ., 2000. Εφαρμοσμένη Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία. Αθήνα, ΤΕΕ.

Κοντός Θ., Χαλβαδάκης Κ., Σουλακέλης Ν., 2004. Δημιουργία ολοκληρωμένου χωρικού συστήματος υποστήριξης αποφάσεων για τη χωροθέτηση ΧΥΤΥ: Η περίπτωση της νήσου Λήμνου. Πρακτικά 7<sup>ου</sup> Γεωγραφικού Συνεδρίου.

Λειβαδίτης Γ., Αλεξούλη-Λειβαδίτη Α., 1993. Γεωμορφολογικές παρατηρήσεις στη νήσο Ζάκυνθο. Πρακτικά 3<sup>ο</sup> Πανελλήνιου Γεωγραφικού Συνεδρίου.



Λέκκας Ε., Κολυβά Μ., Αντωνόπουλος Γ., Κοπανάς Ι., 1996-1997. Οι σεισμοί της Ζακύνθου. Πρασπάθεια ερμηνείας των περιγραφών των σεισμών και συσχέτισης με την υφιστάμενη γεωλογική δομή.

Λέκκας Ε., 1993-1995. Νεοτεκτονικός χάρτης της Ελλάδας, φύλλο «Ζάκυνθος», κλίμακα 1:100.000.

Μουντράκης Δ., 2010. Γεωλογία και γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας. Εκδ. University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Νιάρχος Μ., 2009. Χωροθέτηση ΧΥΤΥ στην ευρύτερη περιοχή του Νομού Καβάλας με την χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών/GIS. Μεταπτυχιακή διατριβή ειδίκευσης. Τμήμα Γεωλογίας, ΑΠΘ.

Οικονομίδης Δ., Νασιάκου Π., Μουρατίδης Α., Αστάρης Θ., 2007. Οριοθέτηση θέσεων κατάλληλων για ΧΥΤΥ, στην περιοχή της χερσονήσου Κασσάνδρας Χαλκιδικής, με τη βοήθεια των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών/GIS. Μια ορθολογική-περιβαλλοντική προσέγγιση. Πρακτικά Συνεδρίου.

Τσερώνης Κ., 2011. Βέλτιστη χωροθέτηση μονάδας επεξεργασίας στερεών αστικών αποβλήτων σε συνδυασμό με τον χώρο υγειονομικής ταφής υπολειμμάτων. Μεταπτυχιακή εργασία, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών.

Φιλότης/Filotis, Βάση δεδομένων για την ελληνική φύση, με πρόσβαση στην ιστοσελίδα: <http://filotis.itia.ntua.gr/home/>