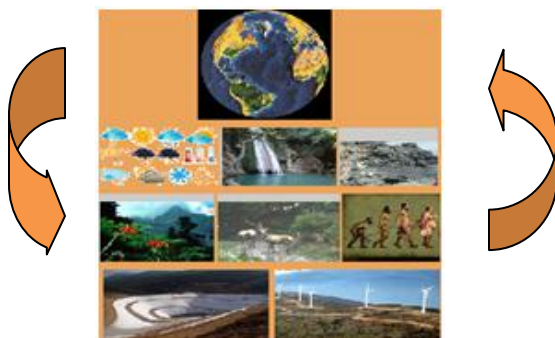




ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΤΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΣΤΑ ΤΕΧΝΙΚΑ
ΕΡΓΑ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ*



Γεώργιος Φουστανάκης

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Ανδρονίκη Τσουχλαράκη, Επ. Καθηγήτρια (επιβλέπουσα)

Δανάη Βενιέρη, Επ. Καθηγήτρια

Γεώργιος Καρατζάς, Καθηγητής

ΧΑΝΙΑ 2013

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου κα. Ανδρονίκη Τσουχλαράκη, για την στήριξη της, την εμπιστοσύνη που μου επέδειξε στην ανάθεση του θέματος και την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον αντικείμενο.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Γεώργιο Αχιλλέως, που με την πολύτιμη εμπειρία και καθοδήγηση του, βοήθησε καθοριστικά στον σχεδιασμό του ΧΥΤΑ.

Ακόμα ευχαριστώ τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, την κα. Δανάη Βενιέρη και τον κ. Γεώργιο Καρατζά για τον χρόνο που διέθεσαν στην αξιολόγηση της εργασίας μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και ιδιαίτερα την μητέρα μου για την πολύτιμη βοήθεια και υποστήριξη της.

Θεωρώ επίσης υποχρέωσή μου να ευχαριστήσω το τυπογραφείο Αδελφών Πακιουφάκη για τις εκτυπώσεις που έκανε.

Περίληψη

Στο πρώτο μέρος της εργασίας αναδεικνύεται διεξοδικά ότι η τοπογραφία και οι φυσικές παράμετροι του περιβάλλοντος, κλίμα, νερό, έδαφος, ζώα, βλάστηση και άνθρωπος, είναι τόσο στενά συνδεδεμένες και αλληλοεξαρτώμενες που μερικές φορές δεν είναι εύκολο να διακριθεί πόσο και πως συμβάλει το ένα στην διαμόρφωση του άλλου.

Στα επόμενα τρία μέρη, αφού πρώτα αναλύεται πως προσδιορίζεται καθένα από τα τοπογραφικά στοιχεία, περιγράφονται συστήματα, μέθοδοι, χρήσεις και όργανα παρακολούθησης και ανάλυσης γεωγραφικών πληροφοριών, αναδεικνύεται, με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, η σπουδαιότητα της χρήσης τους στα τεχνικά έργα του μηχανικού περιβάλλοντος με τη σύνταξη δύο μελετών χωροθέτησης, ενός ΧΥΤΑ και ενός Αιολικού Πάρκου.

Επί πλέον, με τη σύνταξη των δύο αυτών μελετών χωροθέτησης, αναδεικνύεται και στην πράξη τόσο η στενή σχέση της τοπογραφίας με τα ίδια τα έργα όσο και η χρησιμότητα των τοπογραφικών μεθόδων στα τεχνικά έργα του μηχανικού περιβάλλοντος.

Η στενή σχέση της τοπογραφίας με τα έργα αυτά αναδεικνύεται από το γεγονός ότι για τη σύνταξη της μελέτης χωροθέτησης τόσο του ΧΥΤΑ όσο και του Αιολικού πάρκου, ο πρώτος και κυριότερος παράγοντας, που λαμβάνεται υπόψη, για να προχωρήσει το έργο είναι η τοπογραφία της περιοχής και ακολουθούν τα υπόλοιπα κριτήρια. Δηλαδή αν η τοπογραφία της περιοχής δεν το επιτρέπει το έργο είτε δεν προχωράει είτε η κατασκευή του είναι δύσκολη και δαπανηρή. Ακόμη αποδεικνύεται ότι σύγχρονες τοπογραφικές μέθοδοι και εφαρμογές όπως το Autocad και το Arc Gis αποτελούν βασικά εργαλεία στη σύνταξη και των δύο μελετών.

Abstract

In the first part of this thesis, it is thoroughly highlighted that the topography and the physical parameters of the environment, namely climate, water, soil, animals, vegetation and human, they are so closely linked and interdependent that sometimes it is not easy to discern whether and how the one affects to the configuration of the other.

In the next three parts, first it is discussed how each of the topographic elements is defined, then systems, methods, uses and tools for monitoring and analyzing geographic information are described. Finally, it is emerged, in the best possible way, the importance of their use in technical projects of environment engineers through two studies, one of a landfill site and one of a Wind Park.

Moreover, these two location studies illuminate in practice both the close relationship between topography and the engineering/projects themselves, and the utility of topographical methods in technical projects of environmental engineers.

The close relationship between the topography and these projects is highlighted by the fact that for the preparation of the studies both of the landfill site and the Wind Park, the first and most important factor to be taken into account for the progress of the project is the topography of the area with the rest of the criteria, following it. That is, if the topography of the region does not allow, neither the project progresses well or its construction is difficult and costly. It is also proved that the modern topographical methods and applications, like Autocad and Arc Gis, are key tools for drafting both studies.

Εισαγωγή

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η ανάδειξη των αλληλεπιδράσεων μεταξύ του γήινου αναγλύφου και του περιβάλλοντος και τελικά να δείξουμε ότι γήινο ανάγλυφο (τοπογραφία) και περιβάλλον είναι τόσο στενά συνδεδεμένες έννοιες που μερικές φορές δεν είναι ευδιάκριτο το πόσο και πως επηρεάζεται το ένα από το άλλο.

Για την επίτευξη του σκοπού μας εξετάζουμε το θέμα από πολλές πλευρές. Συγκεκριμένα, στο πρώτο μέρος της εργασίας εξετάζουμε και αναδεικνύουμε διεξοδικά τη στενή σχέση της τοπογραφίας με κάθε μια από τις φυσικές μεταβλητές του περιβάλλοντος.

Στο δεύτερο μέρος, αφού πρώτα αναλύουμε πως προσδιορίζεται καθένα από τα τοπογραφικά στοιχεία, περιγράφουμε συστήματα, μεθόδους, χρήσεις και όργανα παρακολούθησης και ανάλυσης γεωγραφικών πληροφοριών των οποίων η χρησιμότητα, στις εφαρμογές του μηχανικού περιβάλλοντος, θα αναδειχθεί στα δύο επόμενα μέρη. .

Στο τρίτο μέρος αναφέρουμε συνοπτικά τα αντικείμενα ενασχόλησης και τις εφαρμογές του μηχανικού περιβάλλοντος και περιγράφουμε αναλυτικά δύο από τις εφαρμογές του (χωροθέτηση ΧΥΤΑ, και Χωροθέτηση Αιολικού Πάρκου).

Τέλος στο τέταρτο μέρος επιχειρούμε τη σύνταξη δύο μελετών χωροθέτησης , ενός ΧΥΤΑ σε μη πραγματικό χώρο αλλά με συγκεκριμένη γεωμορφολογία και ενός Αιολικού Πάρκου στην περιοχή Ακρωτηρίου Χανίων . Οι μελέτες αυτές δεν υπεισέρχονται ουσιαστικά στην κατασκευή των έργων αλλά χρησιμοποιούνται κυρίως για να αναδείξουν, πως στην πράξη χρησιμοποιείται η γεωμετρία και η ανάλυση του αναγλύφου, καθώς και τα όργανα και οι μέθοδοι σχεδιασμού, ανάλυσης, μέτρησης και παρακολούθησής του , με τις περιβαλλοντικές μελέτες μιας περιοχής όπως είναι οι χωροθετήσεις. Από τις εν λόγω μελέτες προκύπτει ότι το πρώτο και βασικότερο κριτήριο τόσο για χωροθέτηση ΧΥΤΑ όσο και Αιολικού Πάρκου έχει να κάνει με την τοπογραφία της περιοχής και ακολουθούν όλα τα άλλα.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	ii
Περίληψη	iii
Abstract.....	iv
Εισαγωγή.....	v
Ευρετήριο σχημάτων	ix
Ευρετήριο εικόνων.....	xi
Ευρετήριο Πινάκων.....	xiii
Ευρετήριο χαρτών.....	xiv
Ευρετήριο γραφημάτων	xv
Ευρετήριο διαγραμμάτων	xvi
ΜΕΡΟΣ Α.....	1
Η ΣΧΕΣΗ ΤΗΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	1
1 Έννοια και ορισμός της Τοπογραφίας	1
2 Σχέση τοπογραφίας και κλίματος.....	2
3 Σχέση τοπογραφίας και νερού	19
4 Σχέση τοπογραφίας και εδάφους.....	30
5 Σχέση τοπογραφίας με βλάστηση και ζώα	41
6 Σχέση τοπογραφίας με τον άνθρωπο	51
ΜΕΡΟΣ Β.....	64
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ.....	64
7 Τοπογραφικά Στοιχεία.....	64
8 Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS).....	70
8.1 Γενικά	70
8.2 Η δομή ενός ΓΣΠ	72
8.3 Εφαρμογές και προοπτικές των ΓΣΠ.....	74
9 Ψηφιακά μοντέλα εδάφους (ΨΜΕ ή DTM).....	75
9.1 Χρήσεις των ψηφιακών μοντέλων εδάφους	79
10 Τοπογραφία με μεθόδους φωτογραμμετρίας	80
10.1 Γενικά	80
10.1.1 Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα και Χαρακτηριστικά.....	80

10.1.2	Στάδια εξέλιξης της φωτογραμμετρίας	81
11	Τοπογραφία με μεθόδους τηλεπισκόπησης	82
11.1	Μέθοδοι τηλεπισκόπησης	85
12	Σχεδιαστικά πακέτα	87
12.1	AutoCAD	89
13	Τοπογραφικά όργανα	90
ΜΕΡΟΣ Γ		99
Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ		99
14	Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ).....	100
14.1	Ορισμός.....	100
14.2	Κριτήρια επιλογής θέσης	101
14.3	Η σημαντικότητα της τοπογραφίας στο σχεδιασμό ΧΥΤΑ.....	109
14.4	Διαδικασίες έγκρισης και έκδοσης άδειας λειτουργίας ΧΥΤΑ	111
14.5	Η υφιστάμενη κατάσταση των χώρων υγειονομικής ταφής στην Ελλάδα	114
15	Αιολικά Πάρκα	117
15.1	Ορισμός.....	117
15.2	Χωροθέτηση Αιολικού Πάρκου	118
15.2.1	Γενικά Κριτήρια	118
15.2.2	Ποσοτικός Καθορισμός Κριτηρίων	119
15.3	Η σημαντικότητα της τοπογραφίας στον σχεδιασμό αιολικού πάρκου	121
15.4	Διαδικασία Αδειοδότησης Αιολικών Πάρκων	121
15.5	Το Αιολικό Δυναμικό Στην Ελλάδα	124
ΜΕΡΟΣ Δ		127
ΜΕΛΕΤΕΣ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ		127
16	Μελέτη χωροθέτησης ΧΥΤΑ.....	127
17	Μελέτη χωροθέτησης Αιολικού Πάρκου στην περιοχή Ακρωτήρι Χανίων	148
17.1	Περιγραφή περιοχής μελέτης.....	148
17.1.1	Γενικές πληροφορίες περιοχής Ακρωτηρίου	148
17.1.2	Γεωλογία και τοπογραφία	149
17.1.3	Σεισμικά χαρακτηριστικά.....	150
17.1.4	Υδάτινοι πόροι	151
17.1.5	Χλωρίδα -Πανίδα	151

17.1.6	Χρήσεις γης	152
17.1.7	Υφιστάμενη υποδομή περιοχής.....	153
17.2	Εντοπισμός θέσεων για χωροθέτηση του Αιολικού Πάρκου με GIS.....	154
18	Συμπεράσματα.....	166
19	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	169

Ευρετήριο σχημάτων

Σχήμα 1	Θαλάσσια αύρα και διασπορά ρύπων	16
Σχήμα 2	Αύρα υπαίθρου	16
Σχήμα 3	Ρύπανση πόλης με συνθήκες ευστάθειας	17
Σχήμα 4	Η κίνηση των ρύπων χωρίς αναστροφή της θερμοκρασίας (άνω) και με αναστροφή (κάτω) μέσα σε μια κοιλάδα	18
Σχήμα 5	Πρανές ως υδρολογικό σύστημα	21
Σχήμα 6	Υψομετρικές ζώνες βλάστησης. Τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά της βλάστησης αναφέρονται σε τροπικά και εύκρατα θερμο-ωκεάνια νησιά, αλλά θα είναι παρόμοιες σε πολλά άλλα βουνά. (Προσαρμογή από Leuschner, 1998.)	42
Σχήμα 7	Σχέδια οικισμών πυκνοδομημένα (με πυρήνα) ή αραιοδομημένα (διάσπαρτα) αλλά και με συνδυασμούς πυκνής και αραιής δόμησης Η πυκνωση και η διασπορά τείνει να αλλάζει με το χρόνο. Τα μεμονωμένα τμήματα αφορούν αγροικίες. (After, Roberts 1987).	53
Σχήμα 8	Ξεχωριστοί αλλά αλληλένδετοι παράγοντες οι οποίοι επιδρούν στους παραδοσιακούς αγροτικούς οικισμούς. (Roberts 1996)	54
Σχήμα 9	Απεικόνιση της υποδιαίρεσης των δεδομένων ενός DEM	66
Σχήμα 10	Εισαγωγή χωρικών πληροφοριών σε ένα ΓΣΠ	72
Σχήμα 11	Διάταξη κανάβου	77
Σχήμα 12	Ψηφιακό μοντέλο εδάφους με τριγωνικά στοιχεία	78
Σχήμα 13	s, η επί % κλίση εδάφους. S, η κεκλιμένη απόσταση	93
Σχήμα 14	Δημιουργία σύνθετου χάρτη επιλογής θέσεων ΧΥΤΑ, από την αλληλεπίθεση διαφανών χαρτών πάνω στο τοπογραφικό διάγραμμα της περιοχής, ίδιας κλίμακας (Καλλέργης, 2001).	110
Σχήμα 15	Περιοχή μελέτης χωροθέτησης ΧΥΤΑ	127
Σχήμα 16	Αναχώμα ΧΥΤΑ	129
Σχήμα 17	Ανάχωμα και λεκάνη ΧΥΤΑ	129
Σχήμα 18	Τελική μορφή ΧΥΤΑ πρώτου σεναρίου	130
Σχήμα 19	Πλέγμα εδάφους	131
Σχήμα 20	Πλέγμα Λεκάνης σεναρίου 1	132
Σχήμα 21	Πλέγμα απορριμμάτων σεναρίου 1	132
Σχήμα 22	Τελική μορφή ΧΥΤΑ δεύτερου σεναρίου	133
Σχήμα 23	Πλέγμα λεκάνης σεναρίου 2	135
Σχήμα 24	Πλέγμα απορριμμάτων σεναρίου 2	135

Σχήμα 25 Τελική μορφή ΧΥΤΑ τρίτου σεναρίου	136
Σχήμα 26 Πλέγμα λεκάνης σεναρίου 3.....	138
Σχήμα 27 Πλέγμα απορριμμάτων σεναρίου 3.....	138
Σχήμα 28 Τελική μορφή ΧΥΤΑ τέταρτου σεναρίου.....	139
Σχήμα 29 Πλέγμα λεκάνης σεναρίου 4.....	141
Σχήμα 30 Πλέγμα απορριμμάτων σεναρίου 4.....	141
Σχήμα 31 Τελική μορφή ΧΥΤΑ πέμπτου σεναρίου	142
Σχήμα 32 Πλέγμα λεκάνης σεναρίου 5.....	144
Σχήμα 33 Πλέγμα απορριμμάτων σεναρίου 5.....	144

Ευρετήριο εικόνων

Εικόνα 1 Αεροφωτογραφία γήινου ανάγλυφου.....	1
Εικόνα 2 Το ψηλότερο σημείο του κόσμου(8848m)	2
Εικόνα 3 Το βαθύτερο σημείο του κόσμου(10915m)	2
Εικόνα 4 Το Βουνό Γιού Λονγκ (Χιονισμένο Βουνό του Δράκου από Νεφρίτη) βρίσκεται μεταξύ του γεωγραφικού πλάτους 27°05'54''B και του γεωγραφικού μήκους 100°10'30'' A και αποτελεί το νοτιότερο παγετώνα του βορείου ημισφαιρίου	3
Εικόνα 5 Βουνά της Ταϊτής : Είναι μια από τις υγρότερες θέσεις στη γη.....	5
Εικόνα 6 Παγκόσμια κατανομή των ρευμάτων όπου με κόκκινο είναι τα θερμά και με μπλε τα ψυχρά ...	5
Εικόνα 7 Γεωστροφικά ρεύματα και δυναμική τοπογραφία από το δορυφόρο Torex Poseidon.....	6
Εικόνα 8 Σύννεφα	19
Εικόνα 9 Βροχή	20
Εικόνα 10 Ο Χούμος φθάνει σε βάθος συνήθως μέχρι 50 cm	33
Εικόνα 11 Υδατική διάβρωση του εδάφους.....	36
Εικόνα 12 Οι «γαλάζιες λίμνες» του Αφγανιστάν : Περιτριγυρισμένες από πανύψηλους βράχους ροζ ασβεστόλιθου, η εμφάνισή τους στο συγκεκριμένο σημείο οφείλεται στις ρωγμές των βράχων και στις διεξόδους που βρήκαν τα υπόγεια νερά να βγουν προς τα έξω. Το έντονο γαλάζιο χρώμα οφείλεται στο διοξείδιο του άνθρακα που εμφανίζεται σε μεγάλες ποσότητες στο νερό, με αποτέλεσμα το βαθύ μπλε χρώμα των λιμνών	37
Εικόνα 13 Η βλάστηση της Ελλάδας.....	45
Εικόνα 14 Γορίλλας του βουνού στον Εθνικό Δρυμό Virunga.....	46
Εικόνα 15 Σήραγγες Πάτρα.....	59
Εικόνα 16 Κατολίσθηση δρόμου στα Ιωάννινα	60
Εικόνα 17 Η πίστα σκι «Les couloirs de La Saulire – Courchevel» στη Γαλλία με βόρειο προσανατολισμό	63
Εικόνα 18 Εναέριο σύστημα αποτύπωσης με την τεχνολογία LIDAR	69
Εικόνα 19 Τοπογραφικά όργανα	91
Εικόνα 20 GPS	91
Εικόνα 21 Το κλισίμετρο	93
Εικόνα 22 Τα βασικά μέρη του Θεοδόλιχου	94
Εικόνα 23 ΧΥΤΑ Πέρα Γαληνών Ηρακλείου Κρήτης.....	101
Εικόνα 24 Διαδικασία ρύπανσης υπόγειων νερών	103

Εικόνα 25 Τυπική διάταξη αποδέκτη στερεών αποβλήτων : α) Υπέργειος, β) Ημιυπόγειος και γ) Υπόγειος	104
Εικόνα 26 Αιολικό πάρκο Μονής Τοπλού, Σητεία, Κρήτη	117
Εικόνα 27 Υπεράκτιο αιολικό πάρκο στην Κοπεγχάγη (Δανία)	118
Εικόνα 28 Ακρωτήρι Χανίων περιοχή εκτόξευσης πυραύλων (πηγή Google Earth)	164
Εικόνα 29 Φωτογραφία περιοχής χωροθέτησης	165

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1 Απώλεια εδάφους από διάφορα τμήματα μιας κλίσης	38
Πίνακας 2 Μέρος εφαρμογών τηλεπισκόπησης	84
Πίνακας 3 Συνοπτικά τα κριτήρια επιλογής θέσης.....	108
Πίνακας 4 Βαθμονόμηση κριτηρίων επιλεξιμότητας ΧΥΤΑ.....	109
Πίνακας 5 Σενάρια κατασκευής ΧΥΤΑ.....	128
Πίνακας 6 Αποτελέσματα εφαρμογής πρώτου σεναρίου	130
Πίνακας 7 Αποτελέσματα εφαρμογής δευτέρου σεναρίου	134
Πίνακας 8 Αποτελέσματα εφαρμογής τρίτου σεναρίου	137
Πίνακας 9 Αποτελέσματα εφαρμογής τετάρτου σεναρίου.....	140
Πίνακας 10 Αποτελέσματα εφαρμογής πέμπτου σεναρίου	143
Πίνακας 11 Αποτελέσματα όλων των σεναρίων	145
Πίνακας 12 Χρήσεις γης ΔΕ Ακρωτηρίου ανά ΔΔ κατά το έτος 2007 (Καλλέργης Ι. 2008).....	152
Πίνακας 13 Οδικό δίκτυο ΔΕ Ακρωτηρίου (Καλλέργης Ι. 2008)	153

Ευρετήριο χαρτών

Χάρτης 1 Ζώνες βλάστησης της γης.....	43
Χάρτης 2 Το αιολικό δυναμικό της χώρας μας.....	120
Χάρτης 3 Δημοτική ενότητα Ακρωτηρίου Χανίων	148
Χάρτης 4 Χάρτης οικισμών- οικιστικών περιοχών και ζώνης 850 μέτρων γύρω από αυτούς	156
Χάρτης 5 Χάρτης οδικού δικτύου και ζώνης 100 μέτρων γύρω από αυτούς.....	157
Χάρτης 6 Χάρτης υδρολογικού δικτύου και ζώνης 150 μέτρων γύρω από αυτό.....	158
Χάρτης 7 Χάρτης δασών και ζώνης 300 μέτρων γύρω από αυτό.....	159
Χάρτης 8 Χάρτης αεροδρομίων και ζώνης 1000 μέτρων γύρω από αυτό	160
Χάρτης 9 Χάρτης ενοποιημένων ζωνών αποκλεισμού.....	161
Χάρτης 10 Χάρτης ενοποιημένων ζωνών αποκλεισμού και χρήσεων γης.....	162
Χάρτης 11 Χάρτης υποψήφιας περιοχής χωροθέτησης αιολικού πάρκου	163
Χάρτης 12 Χάρτης υψομέτρων περιοχής Ακρωτηρίου.....	164
Χάρτης 13 Χάρτης απεικόνισης επιλεχθείσας περιοχής	165

Ευρετήριο γραφημάτων

Γράφημα 1 Η περιεκτικότητα ενός τυπικού εδάφους σε νερό, αέρα, ορυκτά και οργανικό υλικό (από Δούτσο, 2000).	31
Γράφημα 2 Ποσοστιαία τοποθέτηση προϊστορικών οικισμών	57
Γράφημα 3 Ποσοστιαία τοποθέτηση ιστορικών οικισμών.....	58
Γράφημα 4 Ποσοστιαία τοποθέτηση σημερινών οικισμών	58
Γράφημα 5 Απεικόνιση μεταβλητών σε έδαφος γαιώδες-ημιβραχώδες	146
Γράφημα 6 Απεικόνιση μεταβλητών σε έδαφος βραχώδες.....	147

Ευρετήριο διαγραμμάτων

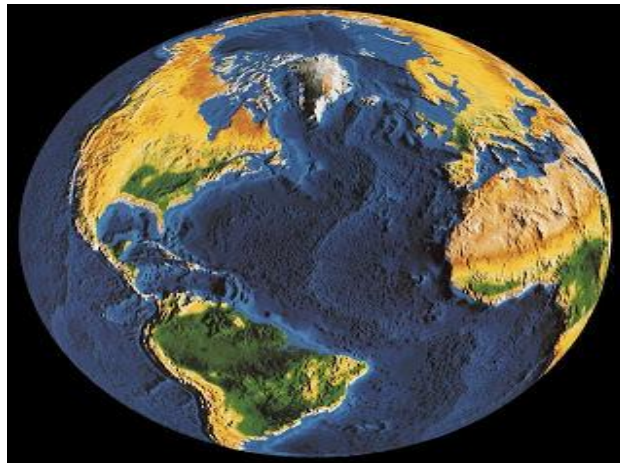
Διάγραμμα 1 Εισροές, εκροές και αποθηκεύσεις του νερού σε ένα σύστημα πρανούς.....	22
Διάγραμμα 2 Κριτήρια επιλογής θέσης ΧΥΤΑ.....	102
Διάγραμμα 3 Διαδικασία χωροθέτησης αιολικού πάρκου με χρήση Arc Gis	154

ΜΕΡΟΣ Α

Η ΣΧΕΣΗ ΤΗΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

1 Έννοια και ορισμός της Τοπογραφίας

Τοπογραφία είναι η γενική διαμόρφωση της επιφάνειας της γης που περιλαμβάνει το ανάγλυφό της και τις θέσεις των διαφόρων χαρακτηριστικών του, φυσικών και ανθρωπογενών.



Εικόνα 1 Αεροφωτογραφία γήινου ανάγλυφου

Η τοπογραφία επίσης αφορά και τη μορφολογία του πυθμένα της θάλασσας. Στην πραγματικότητα, η τοπογραφία μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε χαρακτηριστικό γνώρισμα που φέρει μια ανώμαλη επιφάνεια. Υπάρχουν αρκετοί άλλοι όροι που έχουν παρόμοια ερμηνεία με την τοπογραφία. Για παράδειγμα η φυσιογραφία που με την καθολική της έννοια εμπεριέχει όλα τα φυσικά φαινόμενα και τις αλληλεξαρτήσεις τους είναι μια κοντινή έννοια στην τοπογραφία με την ευρύτερη ερμηνεία. Η τοπογραφία είναι πρωταρχική αναφορά για αρκετές ομάδες ερευνητών όπως αρχαιολόγοι και ιστορικοί, γεωλόγοι, γεωμορφολόγοι, τοπογράφοι, οικολόγοι, τοπίου κ.α..



Εικόνα 2 Το ψηλότερο σημείο του κόσμου(8848m)



Εικόνα 3 Το βαθύτερο σημείο του κόσμου(10915m)

2 Σχέση τοπογραφίας και κλίματος

Υπάρχουν αρκετοί τοπογραφικοί παράγοντες που επηρεάζουν την οικόσφαιρα όπως η θέση . Το γεωγραφικό πλάτος, το γεωγραφικό μήκος και το υψόμετρο έχουν βασικές (αν και έμμεσες) επιρροές στην οικόσφαιρα. Η τοποθεσία ενός τόπου καθορίζει έμμεσα, ή τουλάχιστον περιορίζει το κλίμα που θα έχει αυτή η περιοχή με συνέπεια να επηρεάζονται και οι υπόλοιπες περιβαλλοντικές συνθήκες. Για να μπορέσουμε να εκτιμήσουμε τις επιρροές των γεωγραφικών παραγόντων πάνω στην οικόσφαιρα ίσως να βοηθούσε η εξέταση του πλανήτη σε μια πιο απλοποιημένη μορφή. Για παράδειγμα αν η γη αποτελούνταν μόνο από τα στρώματα του εδάφους της, χωρίς την ύπαρξη ωκεανών, τότε η μόνη τοπογραφική επιρροή πάνω στην οικόσφαιρα θα ήταν αποτέλεσμα γεωγραφικής θέσης. Έτσι οι τροπικές περιοχές θα ήταν πολύ καυτές και οι περιοχές γύρω από τους πόλους παγωμένες και με αυτό τον τρόπο το γεωγραφικό πλάτος, ενεργώντας μέσω του κλίματος , θα ήταν ένας ισχυρός περιβαλλοντικός παράγοντας. Αυτό θα είχε ως συνέπεια να μην υπάρχουν κλιματικές διαφορές εντός των γεωγραφικών ζωνών όπως επίσης δεν θα υπήρχε διαφορά στα κλίματα ανάλογα με το γεωγραφικό μήκος.



Εικόνα 4 Το Βουνό Γιού Λονγκ (Χιονισμένο Βουνό του Δράκου από Νεφρίτη) βρίσκεται μεταξύ του γεωγραφικού πλάτους $27^{\circ}05'54''\text{B}$ και του γεωγραφικού μήκους $100^{\circ}10'30''\text{A}$ και αποτελεί το νοτιότερο παγετώνα του βορείου ημισφαιρίου

Το γεωγραφικό πλάτος, μήκος και οι υψομετρικές κλιματικές μεταβολές είναι βασικοί παράμετροι της πραγματικής γης . Το γεωγραφικό πλάτος ασκεί μια έμμεση πλην όμως τεράστια επιρροή πάνω στην οικόσφαιρα. Οι περισσότερες κλιματικές μεταβλητές ακολουθούν τις γεωγραφικές διαβαθμίσεις. Η ηλιακή ακτινοβολία και κυρίως η θερμοκρασία τείνουν να μειώνονται από τα ψηλά στις τροπικές περιοχές και από τα χαμηλά στους πόλους. Επιπλέον οι εποχιακοί και οι καθημερινοί ρυθμοί ποικίλουν ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος ,που αυτό οφείλεται στην εποχιακή εξέλιξη , στην καθημερινή πορεία του ήλιου, η οποία με τη σειρά της ποικίλει ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι εποχιακές μεταβολές της ηλιακής ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας, κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι μικρές σε χαμηλά γεωγραφικά πλάτη , αλλά μεγάλες σε υψηλά γεωγραφικά πλάτη. Το αποτέλεσμα είναι ότι οι εποχικές συνέπειες είναι εντονότερες από τις επιπτώσεις σε ημερήσια βάση, σε μεσαία και μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, αλλά όχι όμως σε τροπικά γεωγραφικά πλάτη. Οι γεωγραφικές διαφορές επηρεάζουν το καθεστώς της θερμοκρασίας, που αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να επηρεάζονται τα χαρακτηριστικά της βροχόπτωσης. Τα συστήματα βροχόπτωσης σε χαμηλά γεωγραφικά πλάτη είναι κυρίως καταιγιδοφόρα και μικρής κλίμακας σε αντίθεση με τα μεσαία και υψηλά γεωγραφικά πλάτη που είναι συνήθως κυκλωνικά και μεγάλης κλίμακας. Το γεωγραφικό πλάτος ενός τόπου καθορίζει επίσης και τις ζώνες ανέμου που δημιουργούνται. Μια

σημαντική επίπτωση αυτού είναι ότι οι θαλάσσιες ακτές των ηπείρων, ειδικά εκείνων με σειρές υψηλών βουνών ,που βρίσκονται στην πορεία είτε των αληγών ανέμων είτε των δυτικών ανέμων λαμβάνουν σημαντικά ποσά από βροχόπτωση. Τέτοιες θέσεις περιλαμβάνουν την ανατολική ακτή της κεντρικής Αμερικής και την βορειοανατολική ακτή της νότιας Αμερικής ,οι οποίες βρίσκονται στην πορεία των αληγών ανέμων , και την ειρηνική βορειοδυτική ακτή της βόρειας Αμερικής, η οποία βρίσκεται στην πορεία των δυτικών ανέμων. Όλες αυτές οι περιοχές λαμβάνουν μέχρι και 5000 mm βροχόπτωση το χρόνο.

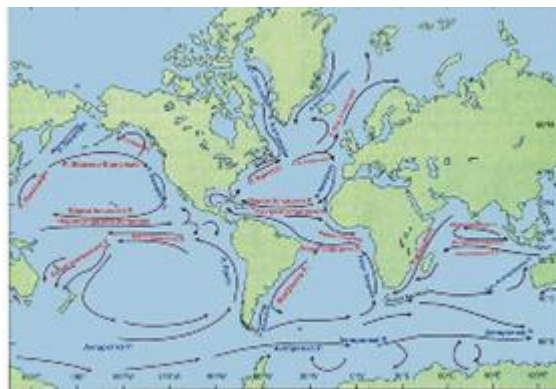
Οι διαμήκεις επιρροές είναι ουσιαστικά οι διαστρεβλώσεις των εγκάρσιων (και υψομετρικών) σχεδίων εξαιτίας των δομικών τοπογραφικών παραγόντων, όπως είναι η διάταξη του εδάφους και της θάλασσας, η παρουσία θερμών και κρύων ωκεάνιων ρευμάτων και η παρουσία βουνών και οροπεδίων. Για παράδειγμα σε εγκάρσια βάση η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι μεγαλύτερη σε μια ζώνη γύρω από τον ισημερινό και στις ζώνες στις οποίες οι κυκλωνικές καταιγίδες είναι συχνές (40° - 50° N και S).

Η τοπογραφία μπορεί να επιδράσει άμεσα πάνω στην οικόσφαιρα , επηρεάζοντας το κλίμα, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, την ροή των υδάτων και την αποθήκευσή τους, τα εδάφη και τα ιζήματα και τα έμβια όντα. Πολλές τοπογραφικές ιδιότητες επηρεάζουν τα μετεωρολογικά στοιχεία και το κλίμα. Ουσιαστικά η τοπογραφία έχει ένα τρισδιάστατο χαρακτήρα ο οποίος μεταβάλλει κατ' αρχάς τη ροή του αέρα στα μοντέλα , τροποποιώντας έτσι τη βροχόπτωση, τα σύννεφα κ.ο.κ. και κατά δεύτερον το ισοζύγιο της ακτινοβολίας στην επιφάνεια που αυτό οδηγεί στην τροποποίηση των θερμικών χαρακτηριστικών κοντά στην επιφάνεια του εδάφους , και του αέρα.

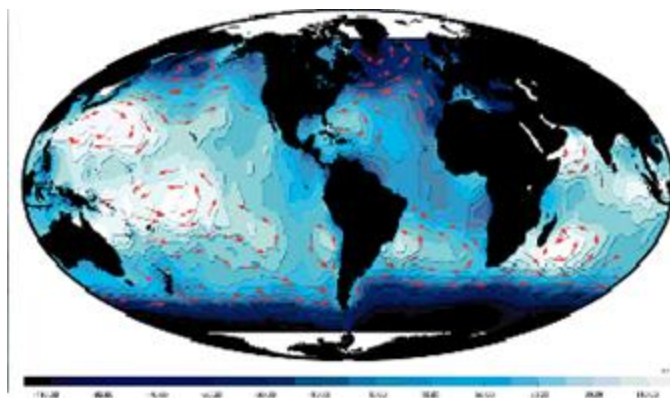


Εικόνα 5 Βουνά της Ταϊτής : Είναι μια από τις υγρότερες θέσεις στη γη.

Σε μια μεγάλη κλίμακα το μέγεθος και ο προσανατολισμός τέτοιων χαρακτηριστικών όπως είναι τα βουνά και τα οροπέδια είναι εξίσου σημαντικοί παράγοντες όπως είναι η διάταξη της γης και της θάλασσας. Παραδόξως η βλάστηση ίσως φαίνεται να ασκεί μια επιρροή σε ορισμένα περιφερειακά κλίματα. Μια προσομοίωση με παγκόσμια κλιματικά μοντέλα έδειξε ότι τα αρκτικά δάση κρατούν το χειμώνα και το καλοκαίρι θερμοκρασίες υψηλότερες από ότι θα συνέβαινε αν το δάσος είχε αντικατασταθεί από το γυμνό έδαφος ή τη βλάστηση της τούνδρας σε μεγάλο βαθμό από τη μείωση της αντανακλαστικότητας της επιφάνειας. Η διάταξη των ηπείρων και των ωκεανών έχει σημασία για την απεικόνιση της οικόσφαιρας. Η διάταξη της γης και της θάλασσας επηρεάζει το κλίμα και τα ωκεάνια ρεύματα και τη δυνατότητα πρόσβασης μεταξύ των διαφορετικών ωκεανών και ηπείρων.



Εικόνα 6 Παγκόσμια κατανομή των ρευμάτων όπου με κόκκινο είναι τα θερμά και με μπλε τα ψυχρά



Εικόνα 7 Γεωστροφικά ρεύματα και δυναμική τοπογραφία από το δορυφόρο Topex Poseidon

Η αλλαγή της στάθμης της θάλασσας και η αναδιάταξη των ηπείρων μεταβάλλει τον αριθμό των νησιωτικών ηπείρων που αυτό έχει ως συνέπεια την απομόνωση χερσαίων οικοτόπων. Αυτό με τη σειρά του επηρεάζει το κλίμα και την ποικιλομορφία των διαφόρων ειδών. Ο ηπειρωτικός χαρακτήρας είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας. Προκύπτει από τις διαφορές στις θερμικές ιδιότητες της γης και του νερού. Εν συντομία η γη ωφελείται με το να χάνει πιο γρήγορα θερμότητα από ότι το νερό. Επιπλέον οι ωκεανοί και τα άλλα ηπειρωτικά συστήματα είναι πολύ πιο απρόθυμα να εγκαταλείψουν την αποθηκευμένη τους θερμότητα από ότι είναι η γη με αποτέλεσμα οι ωκεανοί να τείνουν να παραμένουν σχετικώς θερμοί κατά τις περιόδους ψύχους. Κατά συνέπεια οι ετήσιες και ημερήσιες μεταβολές στην επιφάνεια και στην θερμοκρασία του αέρα είναι πολύ μεγαλύτερες πάνω από τις ηπείρους από ότι πάνω από τους ωκεανούς. Οι συνέπειες του ηπειρωτικού χαρακτήρα είναι πιο έντονες στο βόρειο ημισφαίριο λόγω της υπεροχής της γης εκεί . Ο ηπειρωτικός χαρακτήρας επηρεάζει τα σύννεφα και τα συστήματα βροχόπτωσης. Το εσωτερικό των βόρειων ηπείρων κυριαρχείται από κρύους και αντικυκλωνικούς χειμώνες , συνήθως με λίγα σύννεφα και το καλοκαίρι κυριαρχείται από χαμηλά επίπεδα θερμότητας και καταιγίδες εκ μεταφοράς. Ακόμη και σε περιφερειακή κλίμακα οι συνέπειες του δείκτη ηπειρωτικού χαρακτήρα είναι ανιχνεύσιμες. Η βορειοδυτική ακτή των βρετανικών νήσων έχει έντονα ωκεάνιες θερμοκρασίες, ενώ το νοτιοανατολικό τμήμα έχει περισσότερο ηπειρωτικά συστήματα. Οι Μουσώνες οι οποίοι είναι μεγάλης κλίμακας και ανατρέπουν τα συστήματα των ανέμων, εν μέρει δημιουργούνται από τη διαφορά στη θέρμανση μεταξύ στεριάς και θάλασσας.

Η τρισδιάστατη μορφή της επιφάνειας του εδάφους σε μια περιφερειακή κλίμακα επηρεάζει τα κλίματα και τη ζωή. Ορισμένα βουνά αναπτύσσουν τα δικά τους συστήματα

καιρού, τα οποία έχουν τα δικά τους χαρακτηριστικά κλίματα. Όλα τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά μπορούν να διαταράξουν τα μοντέλα ροής αέρα και αυτό μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία καινούργιων μοντέλων ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας. Μερικές επιδράσεις είναι παγκόσμιες , όπως όταν από το βορρά τείνοντας προς το νότο παρεμβαίνουν οροσειρές με πλανητικά κύματα και με αυτό τον τρόπο ενθαρρύνουν τη γένεση κυκλώνων. Οι περιφερειακές και τοπικές επιπτώσεις προκύπτουν κάτω από καθαρό ουρανό και ήρεμες συνθήκες, όταν βέβαια οι κοιλάδες τείνουν να αναπτύξουν τη δική τους κυκλοφορία αέρα. Ο περιφερειακός προσανατολισμός των μεγάλων τοπογραφικών χαρακτηριστικών καθορίζει την έκθεση σε ανέμους.

Σε τοπική κλίμακα, οι τοπογραφικοί παράγοντες που επηρεάζουν το κλίμα περιλαμβάνουν τον προσανατολισμό και την κλίση της επιφάνειας του εδάφους, τον προσανατολισμό των εμποδίων (όπως θαμνοστοιχίες, τοίχοι και κτίρια) ,την κατακόρυφη δομή της βλάστησης και των ανθρωπογενών χαρακτηριστικών (η κορυφή των οποίων ορίζει την ανώτερη επιφάνεια του τοπίου η οποία μπορεί να είναι αρκετά διαφορετική από την επιφάνεια του εδάφους), την παρουσία των ποταμών και λιμνών , καθώς και την κατανομή της βλάστησης και των χρήσεων γης. Τα μικροκλίματα και τοπικά κλίματα που προκύπτουν από τέτοιες επιρροές τοπογραφικά με τη σειρά τους επηρεάζουν τα τοπικά ισοζύγια νερού, την εξέλιξη του εδάφους, τις διαδικασίες γεωμορφολογίας και την κατανομή των ζώων και των φυτών.

Σε περιοχές όπου δάσος βρίσκεται δίπλα από λιβάδι, δεν είναι ασυνήθιστη η διαφορετική θέρμανση κατά τη διάρκεια της ημέρας ώστε να παράγεται ένα είδος αέρα από το συνδυασμό του σχετικά δροσερού δάσους με τη σχετικά θερμή χορτολιβαδική έκταση - μια αύρα της θάλασσας χωρίς θάλασσα, όπως έχει χαρακτηριστεί. Ομοίως, οι αστικές περιοχές έχουν συχνά κλίματα που διαφέρουν από τις γύρω αγροτικές περιοχές, κυρίως λόγω θερμικών επιδράσεων.

Η Κλίση και ο προσανατολισμός παράγουν μικροκλιματικές διαφορές αρκετά μεγάλες ώστε να έχουν σημαντικές συνέπειες στα οικοσυστήματα.

Οι μετεωρολόγοι και οι κλιματολόγοι ταξινομούν τα ατμοσφαιρικά συστήματα, ως οικολογικό τοπίο χαρακτηρισμένο τοπία ανάλογα με τις διαστάσεις τους. Οι πιο προσφιλείς όροι είναι μικροκλίμα, τοπικό , μεσοκλίμα, και μακροκλίμα.

Τα μικροκλιματικά ατμοσφαιρικά συστήματα αναφέρονται σε μια περιοχή εκτάσεως περίπου 1 τετραγωνικού χιλιομέτρου, αυτά περιλαμβάνουν μικρής κλίμακας αναταραχές, ανεμοστρόβιλους με σκόνη, και μικρούς όγκους από πυκνά σύννεφα.

Τα τοπικά συστήματα όπως οι τυφώνες και μεγάλοι όγκοι από πυκνά σύννεφα, αναφέρονται σε περιοχές εύρους από 100 έως 2500 τετραγωνικά χιλιόμετρα, έτσι αλληλεπικαλύπτουν την αρχή και το τέλος στα μικροκλιματικά συστήματα και το κάτω άκρο των μεσοκλιματικών συστημάτων. Τα μεσοκλιματικά συστήματα υπάρχουν σε περιοχές εύρους 100 έως 40000 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Και περιλαμβάνουν θαλάσσιες αύρες, κυκλωνικούς στροβίλους, κυκλοφορία ξηρών λιμνών, καταιγίδες, και γραμμές λαίλαπας.

Τα μακροκλιματικά συστήματα αναφέρονται σε περιοχές εύρους 10.000 τετρ. Χιλιομέτρων στην παγκόσμια κυκλοφορία και περιλαμβάνουν αντικυκλώνες, κυκλώνες, μέτωπα, τυφώνες και μεγάλης ταχύτητας ρεύματα.

Οι κλίμακες των ατμοσφαιρικών συστημάτων και οι όροι που ισχύουν για κλίματα με τις ίδιες κλίμακες - μικροκλίμα, το τοπικό κλίμα, μεσοκλίμα, και μακροκλίμα - δεν συμπίπτουν πάντα.

Το μικροκλίμα είναι το κλίμα στο ή κοντά στο έδαφος, με το χαμηλότερο στρώμα της ατμόσφαιρας, αλλά μικροκλιματικά ατμοσφαιρικά συστήματα εμφανίζονται παντού στην ατμόσφαιρα.

Τα μικροκλίματα σχετίζονται επίσης με τα κτίρια, με άλλες επιφάνειες και χαρακτηριστικά ανθρωπογενή, όπως και με το διακριτικό φυσικό περιβάλλον, όπως οι σπηλιές και τα λαγούμια των ζώων. Σχετίζονται ακόμη με την σκιά από βλάστηση, την αστική σκιά, το στρώμα του εδάφους, και τα κτίρια. Επιδεικνύουν οριζόντιες διαφορές σε διάστημα λίγων εκατοστών στα εκατό μέτρα περίπου (σε ξέφωτα). Η κατακόρυφη διάσταση τους είναι περίπου 1 m σε λιβάδια και καλλιέργειες χαμηλές, έως 30 m σε δάση, και εκατοντάδες μέτρα σε ορισμένες περιοχές των πόλεων.

Οι τοπογραφικές διαφορές πάνω από δεκάδες μέτρα στα 100 χλμ περίπου, παράγουν ένα μωσαϊκό των μικροκλιμάτων που έχει πολλά κοινά με το μωσαϊκό των μονάδων επιφάνειας της γης και του μωσαϊκού του τοπίου. Σε αυτή την κλίμακα, η τοπογραφία παράγει ιδιαίτερα τοποκλίματα (τοπικά κλίματα). Τα τοποκλίματα είναι τα κλίματα στην κατώτερη τροπόσφαιρα,

που επηρεάζονται από την τοπογραφία, η οποία είναι το κλίμα του αέρα που έρχεται σε επαφή με το φυσικό περιβάλλον και την ανθρωπογενή πλανητική κάλυψη (π.χ. Yoshino 1975, Obrębska Starkłowa-1995).

Μερικοί συγγραφείς εξισώνουν τα τοπικά κλίματα με τα μεσοκλίματα (π.χ. Bogdan 1988, McKendry 1993), ενώ άλλοι προτιμούν να περιορίσουν τη μεσο-κλιματολογία στα μέσης κλίμακας καιρικά συστήματα (π.χ. Barry 1992, 12).

Τα μακροκλίματα είναι περιφερειακά, ηπειρωτικά και παγκόσμια κλίματα. Συνήθως σχετίζονται με συνοπτικής κλίμακας συστήματα πλανητικής κυκλοφορίας, αλλά μερικά βουνά δημιουργούν τα δικά τους ξεχωριστά περιφερειακά συστήματα καιρού.

Μια υπόθεση μπορεί να γίνει για την αναγνώριση των τριών επιπέδων του κλίματος – μικροκλίματα, τοποκλίματα (τοπικά κλίματα), και μακροκλίματα (Bogdan 1988). Το σύστημα αυτό δίνει μια εξέχουσα θέση στα τοποκλίματα, τονίζοντας έτσι την επιρροή όλων των τοπογραφικών στοιχείων (ανάγλυφο, υψόμετρο, πτυχή, υδατικά συστήματα, ανθρώπινα χαρακτηριστικά, βλάστηση, έδαφος, και ούτω καθεξής) στην κατώτερη τροπόσφαιρα.

Η τοπογραφία επηρεάζει τα κλίματα μέσω του υψομέτρου, το οποίο έχει παρόμοια επίδραση από την αύξηση του γεωγραφικού πλάτους, αν και υπάρχουν σημαντικές διαφορές. Επίσης, επηρεάζει την κίνηση του αέρα σε όλες τις κλίμακες για να δημιουργήσει μια ιεραρχία των συστημάτων κυκλοφορίας. Οι μηχανισμοί που εμπλέκονται είναι οι αλλαγές στη ροή του αέρα (αεροδυναμικά φαινόμενα) και οι αλλαγές του ισοζυγίου θερμότητας της επιφάνειας (θερμικές επιπτώσεις).

Τα συστήματα κυκλοφορίας σε όλες τις κλίμακες είναι αλληλένδετα και δεν είναι εύκολο να δώσουμε έμφαση, σε κάποιο. Παρ' όλα αυτά, τρεις κλίμακες τοπογραφικά τροποποιημένων συστημάτων κυκλοφορίας ξεχωρίζουν - τοπικές κινήσεις, συνοπτικής κλίμακας καιρικά συστήματα (κυρίως μέτωπα), και σε πλανητική κλίμακα η κίνηση των κυμάτων (βλ. Barry 1992, 108-57).

Πολλές εφαρμογές κλιματικών μοντέλων απαιτούν μια επιφάνεια ή μια πραγματική εκπροσώπηση των διαφόρων κλιματολογικών φαινομένων. Ένα πρόβλημα είναι ότι οι μεταβλητές του κλίματος συνήθως μετρώνται χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο μετρητικών

σταθμών που παρέχουν εκτιμήσεις με βάση το σημείο. Πολλές μελέτες έχουν προσπαθήσει να μετατρέψουν αυτά τα δεδομένα ,με βάση το σημείο, σε μια παράσταση επιφανείας, συνήθως χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο παρεμβολής. Ωστόσο, το χωρικά πρότυπα των περισσότερων μεταβλητών κλίματος είναι πολύ περίπλοκα και συχνά εμφανίζουν συστηματική χωρική διακύμανση.

Συχνά, μια τέτοια εξέλιξη είναι αποτέλεσμα της υποκείμενης τοπογραφικής επιρροής. Ένα άλλο πρόβλημα είναι ότι οι κλιματικοί σταθμοί συνήθως βρίσκονται σε χαμηλό υψόμετρο, σε εύκολα προσβάσιμες περιοχές, πράγμα που σημαίνει ότι τα δεδομένα που συλλέγονται δεν αντιπροσωπεύουν καλά τις κλιματικές συνθήκες σε όλη την περιοχή.

Η επιφανειακή μέση ετήσια βροχόπτωση είναι μία από τις πιο σημαντικές κλιματολογικές παραμέτρους σε κάθε περιοχή λεκάνης απορροής για τους υδρολόγους. Οι εκτιμήσεις των μέσων ετήσιων βροχοπτώσεων χρησιμοποιούνται σε πολλούς κρίσιμους υπολογισμούς, όπως για το νερό και τις χημικές ισορροπίες των λεκανών απορροής και των λιμνών (Dingman και Johnson 1971, LaBaugh 1985), για την αξιολόγηση του τόπου για την εγκατάσταση δεξαμενής, ή ακόμα και για πυρηνικούς σταθμούς αποθήκευσης αποβλήτων (Hevesi et al . 1992β).

Οι μετρήσεις επιφανειακής βροχόπτωσης συνήθως παράγονται από μια σειρά μετρήσεων βροχόπτωσης σημείου που λαμβάνονται από τα δίκτυα μέτρησης και την εφαρμογή κάποιας τεχνικής παρεμβολής η οποία μετατρέπει αυτές τις αξίες σε μια αντιπροσωπευτική αξία όλης της επιφάνειας.

Ακριβείς εκτιμήσεις για την ένταση της βροχόπτωσης είναι απαραίτητες αν πρόκειται να γίνουν ακριβείς εκτιμήσεις των διαδικασιών από τις οποίες εξαρτάται η βροχομέτρηση.

Οι τοπογραφικές θέσεις εισάγουν σφάλματα μέτρησης της βροχόπτωσης. Ο Sharon (1980) ανέπτυξε μια απλή υπολογιστική μέθοδο, τόσο για αυτές τις περιπτώσεις όσο και για τα σφάλματα που προκαλούνται από τις επιδράσεις του αέρα.

Ο Sharon (1980) διαπίστωσε ότι οι διακυμάνσεις των βροχοπτώσεων μεταξύ προσήνεμων και υπήνεμων πλαγιών «μειώνονται κοντά στις κορυφογραμμές που εκτίθενται στον άνεμο, λόγω

των μικρής κλίμακας διακυμάνσεων των μετεωρολογικών συστημάτων βροχοπτώσεων και της κλίσης της βροχής».

Οι ορογραφικές επιδράσεις εξηγούν πολλά χωρικά χαρακτηριστικά της περιφερειακής κατανομής των βροχοπτώσεων. Η επιρροή των τοπογραφικών εμποδίων σχετικά με τη διανομή και το ποσό βροχοπτώσεων έχει αναγνωριστεί εδώ και πολλά χρόνια (π.χ. Salter 1921). Αν και αρκετά καλά κατανοητές (Browning 1981 και Hill, Sumner 1988, Barros και Lettenmaier 1994), οι προσπάθειες ενσωμάτωσης των επιρροών σε επιφανειακά τοπογραφικά μοντέλα της βροχόπτωσης δεν έχουν ακόμη επιλυθεί πλήρως, αυτό είναι αποτέλεσμα της έλλειψης οργάνων στις πάρα πολύ ορεινές και ημιορεινές περιοχές. Οι προσαρμογές των καθιερωμένων τεχνικών παρεμβολής ήταν η πιο δημοφιλής προσέγγιση στο πρόβλημα αυτό.

Για τη μοντελοποίηση της θερμοκρασίας υπήρξε κάποια διαμάχη σχετικά με την πλέον κατάλληλη μέθοδο για την παραγωγή μιας επιφάνειας από ένα περιορισμένο σύνολο σταθμών. Ο White και ο Smith (White 1979, White και Smith 1982) χρησιμοποίησαν ένα μοντέλο παλινδρόμησης που να προβλέπει μια σειρά από κλιματικές μεταβλητές από ένα σύνολο τοπογραφικών και γεωγραφικών μεταβλητών, αλλά οι προσπάθειές τους επικρίθηκαν έντονα από τον Gregory (1982). Παρά την καταδίκη, η έρευνα συνεχίστηκε προς αυτή την κατεύθυνση. Οι Lennon και Turner (1995) προσπάθησαν να μοντελοποιήσουν τη θερμοκρασία στη Μεγάλη Βρετανία χρησιμοποιώντας τέσσερα διαφορετικά μοντέλα: απλή παρεμβολή, λεπτές αυλακωτές πλάκες, πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση, και μικτά αυλακωτές πλάκες και παλινδρόμηση.

Η δύναμη της ηλιακής ακτινοβολίας ή οι επιδράσεις πολλών βιοφυσικών και μετεωρολογικών διεργασιών έμμεσα και άμεσα, είναι σημαντικές στην υδρολογία, την οικολογία, τη γεωργία, τη δασοκομία, τη μηχανική, καθώς και σε πολλούς άλλους τομείς. Πιο συγκεκριμένα, επηρεάζει τις διαδικασίες, όπως τη θερμοκρασία του εδάφους και τη ροή της θερμότητας, τη συνετή ροή θερμότητας, τον αέρα και τις επιφανειακές θερμοκρασίες, την αιολική και τυρβώδη μεταφορά, την εξατμισοδιαπνοή, καθώς και την ανάπτυξη και τη δραστηριότητα της πανίδας και της χλωρίδας. Ο ήλιος προμηθεύει 99,8 τοις εκατό της ενέργειας στην επιφάνεια της Γης (Kumar et al. 1997) και η τοπογραφία είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που ελέγχουν την ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει σε οποιαδήποτε θέση στην επιφάνεια της Γης. Η μεταβλητότητα στις τοπογραφικές μεταβλητές,

συμπεριλαμβανομένου του υψομέτρου, της κλίσης, του προσανατολισμού, και η σκίαση, μπορούν να δημιουργήσουν απότομες μεταβολές στην λήψη της τοπικής ηλιακής ακτινοβολίας. Η σημασία των τοπογραφικών επιπτώσεων έχει αναγνωριστεί εδώ και αρκετό καιρό. Ωστόσο, μόνο πρόσφατα έχουν γίνει προσπάθειες για την ενσωμάτωση τοπογραφικών αποτελεσμάτων ποσοτικά με συστηματικό τρόπο μέσω περιβαλλοντικών μοντέλων. Μια επιφανειακή αναπαράσταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι αναγκαία για πολλές εφαρμογές, αλλά κάθετη προέκταση ατμοσφαιρικών τιμών είναι πολύ δύσκολη. Δεν είναι εφικτό να καταγραφεί η ηλιακή ακτινοβολία σε ένα σημείο και να προεκταθεί σε άλλο, επειδή είναι εξαιρετικά μεταβλητή από τοποθεσία σε τοποθεσία λόγω αλλαγής της κλίσης και του προσανατολισμού (Kumar et al. 1997).

Είναι ευρέως γνωστό ότι η ατμοσφαιρική πίεση μειώνεται με την αύξηση του υψομέτρου. Για μια πρότυπη ατμόσφαιρα (η οποία προσεγγίζει τις ετήσιες συνθήκες στα μέσα γεωγραφικά πλάτη), η ατμοσφαιρική πίεση στο μέσο επίπεδο της θάλασσας είναι 1013,25 mb και μειώνεται με γεωδυναμικό υψόμετρο στα 540,5 mb στα 5000 μ. Οι τιμές είναι λίγο υψηλότερες σε ισοδύναμα υψόμετρα στις τροπικές περιοχές. Η πυκνότητα του αέρα και η πίεση ατμού επίσης μειώνονται με το υψόμετρο αν και ο αέρας των βουνών πιθανώς περιέχει περισσότερο νερό απ' ό,τι ο ελεύθερος αέρας στο ίδιο υψόμετρο. Χαμηλότερη πίεση αέρα, χαμηλή πίεση ατμού και χαμηλή πυκνότητα σε υψηλό υψόμετρο έχει σημαντική επίδραση στην ακτινοβολία και βιοκλιματολογία. Αυτό εν μέρει οφείλεται επειδή η πίεση του οξυγόνου, η οποία είναι ένα σταθερό κλάσμα της βαρομετρικής πίεσης, μειώνεται με τον ίδιο ρυθμό. Κατά συνέπεια, η πίεση του οξυγόνου στα 2000 μ. στα τροπικά γεωγραφικά πλάτη είναι 20 % μικρότερη από ό,τι στο επίπεδο της θάλασσας, και στα 5400 μ. περίπου, είναι 50 % μικρότερη.

Η θερμοκρασία μειώνεται επίσης με το υψόμετρο. Στην ελεύθερη ατμόσφαιρα, ο μέσος ρυθμός με τον οποίο γίνεται αυτό (η περιβαλλοντική θερμοβαθμίδα) είναι περίπου $6^{\circ}\text{C} / \text{km}$. Υπό ορισμένες συνθήκες, κυρίως κατά τη διάρκεια της νύχτας και κατά τη διάρκεια του χειμώνα, οι θερμοβαθμίδες μπορεί να αντιστραφούν κοντά στο έδαφος σε ένα στρώμα θερμοκρασιακής αναστροφής (το επίπεδο στο οποίο η θερμοκρασία αυξάνεται με το ύψος). Οι θερμοβαθμίδες αλλάζουν από τα βουνά γιατί ο αέρας πάνω από την πλαγιά ενός βουνού επηρεάζεται από την ακτινοβολία και τις στροβιλώδεις εναλλαγές θερμότητας, οι οποίες

επηρεάζονται επίσης από την χιονοκάλυψη. Η Τοπογραφία μπορεί να μεταβάλει τη δομή της ατμόσφαιρας σε πολύ μεγαλύτερη κλίμακα και να επηρεάσει σημαντικά τη θερμοβαθμίδα.

Με τον ίδιο τρόπο με τον οποίο ,από τη μείωση της θερμοκρασίας με την αύξηση του γεωγραφικού πλάτους, δημιουργούνται κλιματικές ζώνες γεωγραφικού πλάτους (θερμές, εύκρατες και ψυχρές) έτσι, από τη μείωση της θερμοκρασίας με την αύξηση του υψόμετρου, δημιουργούνται υψομετρικές κλιματικές ζώνες .Η ονομασία των υψομετρικών κλιματικών ζωνών ταυτίζεται με αυτή των ζωνών που χωρίζεται ένα βουνό σε αύξουσα σειρά, από κάτω προς τα πάνω, και ονομάζονται : ημιορεινές (πρόποδες), ορεινές, υποαλπικές, αλπικές, και νιβάλ.

Όλα τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά ενδεχομένως τροποποιούν την ακτινοβολία, τις ροές, τις θερμικές ισορροπίες, τα επίπεδα υγρασίας, και την αεροδυναμική σε τοπικό περιβάλλον. Η τροποποίηση της ακτινοβολίας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την πτυχή (γωνία ηλιακής παρουσίας) και την κλίση των επιφανειών του εδάφους, των τοίχων και των οροφών των κτιρίων, την ανακλαστικότητα του εδάφους (η ανακλαστικότητα των τοπογραφικών χαρακτηριστικών - διαφορετικοί τύποι βλάστησης, γυμνό έδαφος, επιφάνειες φτιαγμένες από τον άνθρωπο, τα υδατικά συστήματα), στην επίδραση της σκίασης , και σε ορισμένες περιπτώσεις, στις τοπικές ενεργειακές πηγές (τοπικές πυρκαγιές, βιομηχανικές μονάδες, και ούτω καθεξής). Ορισμένα τμήματα των τοπίων λαμβάνουν περισσότερο φως από άλλους, ενώ εκπέμπουν και απορροφούν διαφορετικές ποσότητες ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος. Με τη σειρά τους, τα τροποποιημένα ισοζύγια ακτινοβολίας παράγουν θερμότερες και πιο δροσερές περιοχές εντός τοπίων τροποποιώντας τις τοπικά θερμικά ισοζύγια. Λεπτομερείς τοποκλιματικοί χάρτες δείχνουν τις πιο σημαντικές διαδικασίες στην ενεργό επιφάνεια του εδάφους και του ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος (Vysoudil 1996a).

Η θέση της πλαγιάς και η διαβάθμιση της κλίσης επηρεάζουν σημαντικά τα τοποκλίματα. Η κλίση στις πλαγιές ποικίλει σε όλα τα γεωγραφικά πλάτη, τόσο τα τροπικά και τα ιδιαίτερα τροπικά. Έχει ενδιαφέρουσες επιδράσεις στη λήψη ακτινοβολίας και τη θερμική ισορροπία. Πολύ απότομες πλαγιές λαμβάνουν τη μέγιστη ένταση της ακτινοβολίας σε χαμηλές γωνίες του Ήλιου, οι οποίες εμφανίζονται κατά τη διάρκεια του χειμώνα , νωρίς το πρωί και το βράδυ. Η ακτινοβολία αυτή μπορεί να παράγει υψηλές θερμοκρασίες στην επιφάνεια κάθετων αντικειμένων, ακόμη και το χειμώνα. Ο φλοιός των κορμών των δέντρων και τα πλάγια των

δασικών χόρτων εμφανίζουν την εν λόγω αύξηση της χειμωνιάτικης θερμοκρασίας σε χαμηλές γωνίες του Ήλιου.

Η έκθεση της πλαγιάς, ή γωνία ηλιακής παρουσίας, είναι διαφορετική στις τροπικές από ότι στις εύκρατες και ψυχρές (ιδιαίτερα τροπικές) ζώνες. Έξω από τις τροπικές οι πλαγιές που ευθυγραμμίζονται από τα ανατολικά προς δυτικά θα είναι πάντα ηλιόλουστες ή σκιερές, ανάλογα με το αν έχουν ή όχι πρόσοψη στον Ήλιο. Η έκθεση μέσα στις τροπικές (ζώνες) βόρεια ή νότια εξαρτάται από την εποχή. Μια πλαγιά με νότιο προσανατολισμό που βρίσκεται στον Ισημερινό θα είναι εκτεθειμένη στον ήλιο κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού του Νοτίου Ημισφαιρίου, αλλά όχι κατά τη διάρκεια του χειμώνα στο Νότιο Ημισφαίριο. Κατά συνέπεια, όλες οι πλαγιές που είναι ευθυγραμμισμένες από ανατολικά προς τα δυτικά, μέσα στις τροπικές περιοχές είναι ηλιόλουστες για ένα μέρος του χρόνου και σκιερές για το υπόλοιπο.

Ακραίες τοποκλιματικές διαφορές εμφανίζονται μεταξύ των ιδιαίτερα τροπικών πλαγιών βόρειου προσανατολισμού (distal)) και νότιου προσανατολισμού (proximal)

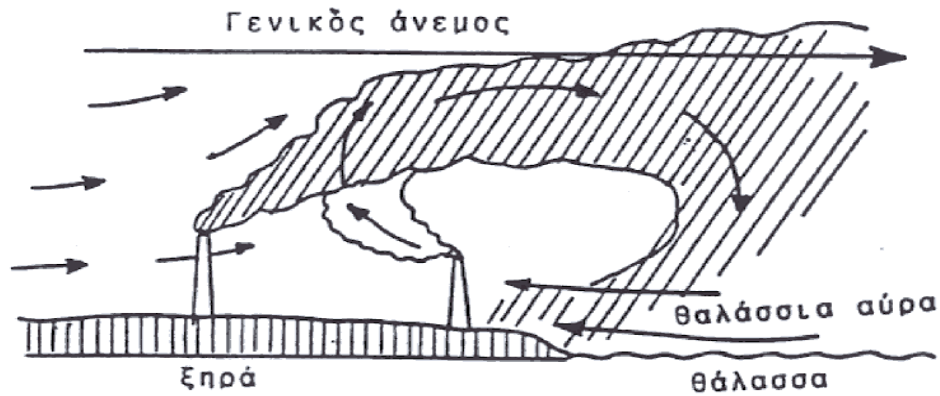
Όσον αφορά την ανθρώπινη διαχείριση μια νοτική έκθεση έχει μερικά από τα πλεονεκτήματα ενός πιο νότιου γεωγραφικού πλάτους και μια βορινή έκθεση μεταφέρει ένα μέρος των κινδύνων μιας πιο βορινού γεωγραφικού πλάτους. Η κλιματική επίδραση της γωνίας ηλιακής παρουσίας, μπορεί να εκφράζεται ως «ισοδύναμο γεωγραφικό πλάτος». Κατά μέσο όρο, σε μεσαία γεωγραφικά πλάτη, μία πλαγιά με νότιο προσανατολισμό 20° είναι ισοδύναμη με μια νότια κλιματική αλλαγή στις 8° με 9° του γεωγραφικού πλάτους. Μια βορινή πλαγιά με κλίση 20° είναι ισοδύναμη με μια βορινή κλιματικές αλλαγή από 12° έως 15° γεωγραφικού πλάτους (Crowe 1971, 28-9).

Ο αέρας μέσα στις αστικές περιοχές είναι συχνά θερμότερος από τον αέρα στις γύρω αγροτικές περιοχές, έτσι δημιουργείται μια αστική νησίδα θερμότητας. Η ακριβής μορφή και το μέγεθος μιας θερμικής νησίδας ποικίλουν και εξαρτώνται από μετεωρολογικούς, τοπικούς και αστικούς παράγοντες. Θερμικές νησίδες εμφανίζονται και σε τροπικές και σε εξωτροπικές πόλεις (e.g. Goldreich 1995).

Η ροή του αέρα προς τη διεύθυνση των εμποδίων (φραγμάτων) του ανάγλυφου προδίδεται από ορογραφικά σχηματισμένα σύννεφα πάνω από προσήνεμες πλαγιές και από ελλειπτικού, ταινιόμορφου και τοξοειδούς σχήματος σύννεφα πάνω από υπήνεμες πλαγιές.

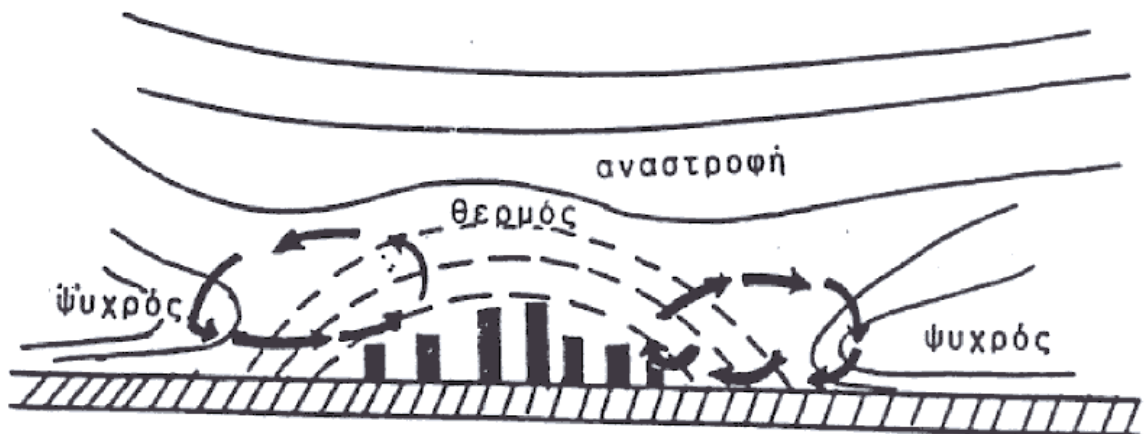
Μεμονωμένα μικρά τοπογραφικά στοιχεία όπως μεμονωμένοι λόφοι, κτίρια, και ανεμοφράκτες επηρεάζουν την αεροδυναμική της ροής του αέρα. Μερικές από τις αεροδυναμικές αλλαγές έχουν σημαντικές επιπτώσεις για το σχεδιασμό και τη χωροθέτηση των κτιρίων και των ανεμοφρακτών.

Η τοπογραφία και το κλίμα μπορεί να συμβάλλουν τόσο στη δημιουργία ατμοσφαιρικής ρύπανσης όσο και απορρύπανσης. Όπως είναι γνωστό, οι ρύποι μιας καπνοδόχου απομακρύνονται ακολουθώντας υποχρεωτικά την κατεύθυνση πνοής του ανέμου. Η ταχύτητα του ανέμου δεν είναι σταθερή. Παρουσιάζει ακανόνιστη ακολουθία από φυσήματα και εφησυχασμούς, ενώ παράλληλα η διεύθυνση του παρουσιάζει ακανόνιστες διακυμάνσεις. Τα ίδια φαινόμενα παρατηρούνται και κατά την κατακόρυφη έννοια. Το ανώμαλο έδαφος, τα κτίρια, τα δέντρα, οι φράχτες και η χλόη σε συνδυασμό με την ατμοσφαιρική αστάθεια εξαναγκάζουν τον αέρα να ακολουθεί στροβιλοειδείς αναταρακτικές κινήσεις. Ανάλογα με το μέγεθος των στροβιλισμών προκαλείται διάχυση ή μεταφορά των ρύπων. Η συγκέντρωση των ρύπων είναι αντιστρόφως ανάλογη της κυβικής ρίζας της ταχύτητας του ανέμου. Οι άπνοιες ή οι ασθενείς άνεμοι ευνοούν τη συγκέντρωση των ρύπων, ιδιαίτερα όταν συνοδεύονται από ατμοσφαιρική ευστάθεια. Στις περιπτώσεις αυτές υπάρχει απουσία οριζόντιας βαροβαθμίδας με αποτέλεσμα την εμφάνιση τοπικών συστημάτων ανέμου. Τα τοπικά συστήματα χαρακτηρίζονται από μικρές ταχύτητες αέρα, από κλειστή κυκλοφορία και αντιστροφή του κύκλου σε 24ωρη βάση. Οι συνθήκες αυτές δεν επιτρέπουν την απομάκρυνση των ρύπων, αφού στην ουσία υπάρχει μια παλινδρόμηση του μολυσμένου αέρα. Στις θαλάσσιες αύρες ο αέρας εισχωρεί αρκετά χιλιόμετρα στην ενδοχώρα, πριν ανυψωθεί και επιστρέψει προς τη θάλασσα. Εάν ο γενικός άνεμος, υψηλότερα, κατευθύνεται προς τη θάλασσα, δημιουργεί μια περιοχή στασιμότητας, ενισχύει τον κλειστό δακτύλιο της κυκλοφορίας του αέρα και ευνοεί τη συγκέντρωση των ρύπων. Η ύπαρξη πηγών εκπομπής ρύπων στην περιοχή προκαλεί έντονη συγκέντρωση ρύπων, στα σημεία όπου συγκλίνουν τα αέρια ρεύματα, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, όπου ο αέρας επάνω από την ξηρά ανυψώνεται και



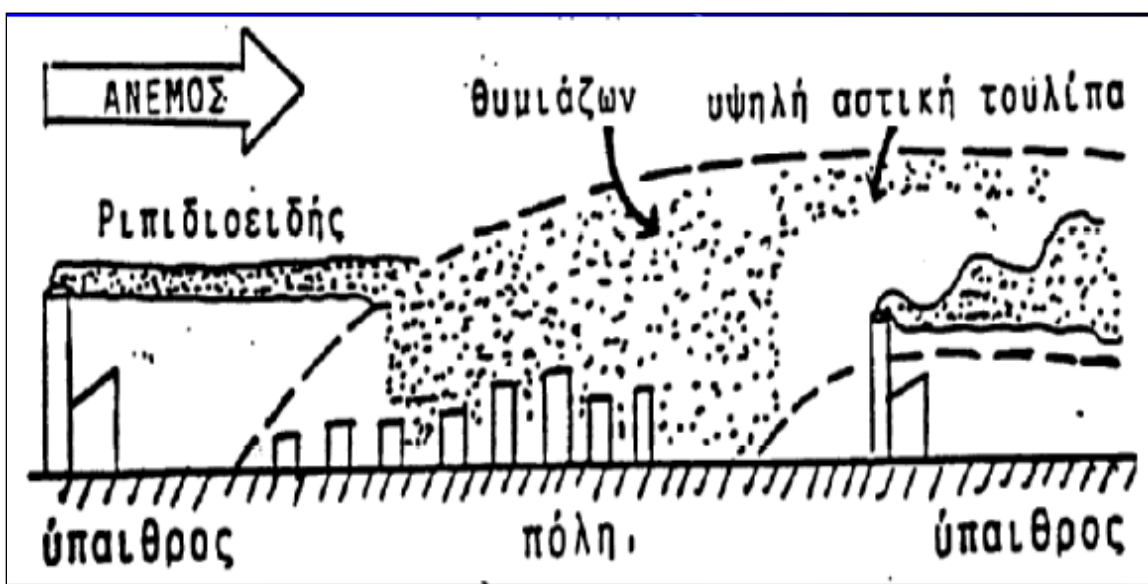
Σχήμα 1 Θαλάσσια αύρα και διασπορά ρύπων

αποτρέπει τη συγκέντρωση ρύπων κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Αντίθετα προκαλεί συγκέντρωση ρύπων σε μεγαλύτερα ύψη (θόλωση). Επάνω από τη θάλασσα τα καθοδικά ρεύματα προκαλούν επιφανειακή συγκέντρωση ρύπων που στη συνέχεια θα οδηγηθούν στη στεριά. Τη νύχτα η απόγεια αύρα θα αντιστρέψει τη ροή των ρύπων. Αντίστοιχες συνθήκες παρατηρούνται επάνω από τις πόλεις με την επικράτηση αντικυκλωνικών συνθηκών. Η θερμή αστική νησίδα δημιουργεί, επάνω από μια πόλη, ένα θερμικό κλειστό αυτοσυντηρούμενο σύστημα ανέμων, που είναι πολύ επικίνδυνο. Επιφανειακά ρεύματα από τις παρυφές συγκλίνουν προς το θερμικό κέντρο. Ο αέρας ανυψώνεται, αποκλίνει προς τα έξω και καθιζάνει στις παρυφές κλείνοντας το δακτύλιο κυκλοφορίας. Με αποτέλεσμα την παγίδευση των ρύπων που δημιουργούνται μέσα στο αστικό περιβάλλον, καθώς και αυτών που προέρχονται από τις παρακείμενες βιομηχανίες.



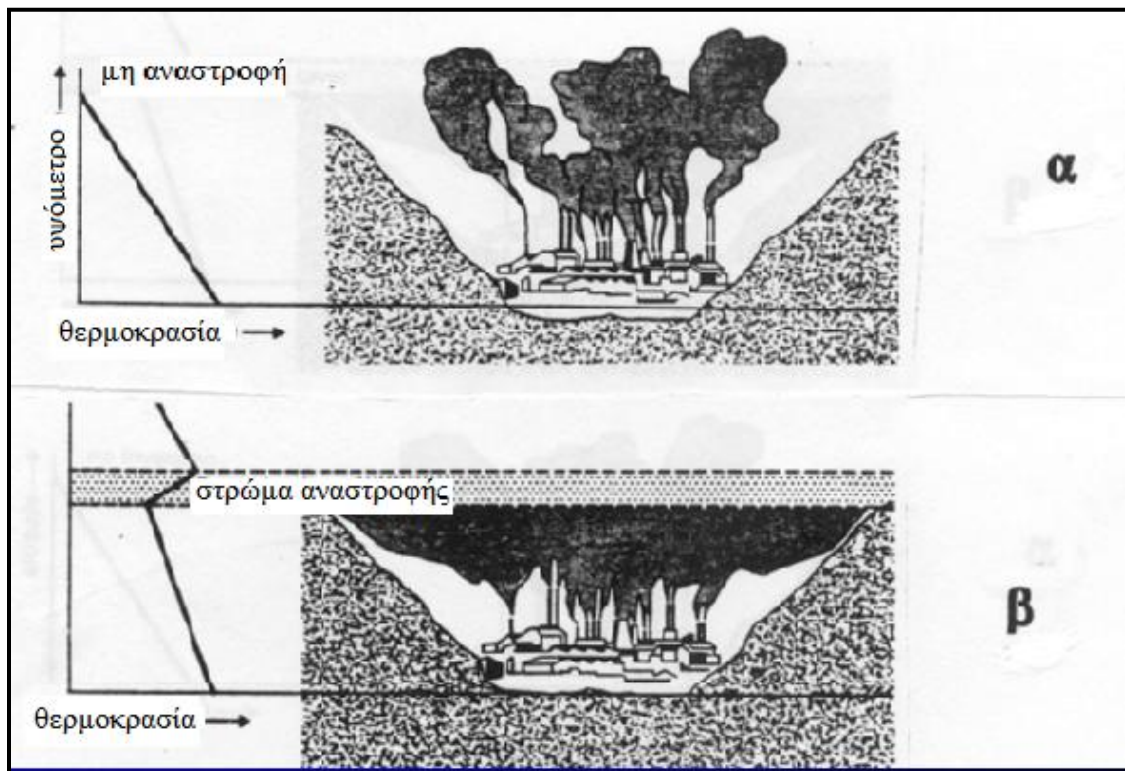
Σχήμα 2 Αύρα υπαίθρου

Το ανάγλυφο διαμορφώνει τα πεδία ροής. Οι ορεινές εξάρσεις και οι κοιλάδες παίζουν σημαντικό ρόλο στο βαθμό της ρύπανσης μιας περιοχής. Η παρεμβολή ενός λόφου στην πορεία μιας ριπιδοειδούς δέσμης ρύπων θα εξαναγκάσει τους ρύπους να έλθουν σε επαφή με τις πλαγιές του λόφου. Το ίδιο ακριβώς μπορεί να συμβεί και κατά τη νύχτα αν η ριπιδοειδής δέσμη –κάτω από συνθήκες ευστάθειας της ατμόσφαιρας- συναντήσει το αστικό θερμικό λοφίο μια πόλης. Οι ρυπαντές στην περίπτωση αυτή θα αυξήσουν σημαντικά το ρυπαντικό φορτίο της πόλης αυτής, όπως φαίνεται στο σχετικό σχήμα.



Σχήμα 3 Ρύπανση πόλης με συνθήκες ευστάθειας

Αν η ορεινή έξαρση ή η κοιλάδα βρίσκεται προς την πλευρά της πόλης από όπου έχουμε τη μεγαλύτερη συχνότητα των ανέμων, τα εμπόδια αυτά ασκούν ευεργετικό ρόλο απορρύπανσης. Το ανάγλυφο στις περιπτώσεις αυτές αυξάνει την ταχύτητα των ανέμων, σύμφωνα με τα γνωστά από τη φυσική για πύκνωση των ρευματογραμμών (φαινόμενο Bernoulli). Μια τέτοια συνθήκη αποτελεί ο Βαρδάρης, όπου ο άνεμος που έρχεται από τα ΒΔ καναλίζεται στην κοιλάδα του Αξιού και εξέρχεται με μεγάλες ταχύτητες, απορρυπαίνοντας την πόλη. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται και όταν ο άνεμος υπερπηδά ορεινούς φραγμούς. Αν οι ρυπογόνες πηγές βρίσκονται στη βάση της κοιλάδας, η μορφολογία ενεργεί αυξητικά στη ρύπανση. Όταν δεν υπάρχει ευστάθεια στην ατμόσφαιρα (αναστροφές κ.λ.π) οι ρύποι ανέρχονται ψηλά και απομακρύνονται από τους γενικούς ανέμους (όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα)



Σχήμα 4 Η κίνηση των ρύπων χωρίς αναστροφή της θερμοκρασίας (άνω) και με αναστροφή (κάτω) μέσα σε μια κοιλάδα

Αν υπάρχει αναστροφή της θερμοκρασίας οι ρύποι εγκλωβίζονται από το στρώμα της αναστροφής και παγιδεύονται μέσα στην κοιλάδα. Στη συνέχεια όλη η διαδικασία μεταφοράς των ρύπων ακολουθεί τους ανέμους που αναπτύσσονται μέσα στην κοιλάδα είτε την ημέρα είτε τη νύχτα.

3 Σχέση τοπογραφίας και νερού

Το τρεχούμενο νερό είναι η κυρίαρχη δύναμη στην δημιουργία αλλαγών του φυσικού τοπίου με συνέπειες ευρείας κλίμακας. Η φυσική και χημική διάλυση της πέτρας, μαζί με την υπόλοιπη διάσπαρτη μάζα, αποτελούν ένα υλικό τροφοδοσίας που στη συνέχεια παρασύρεται και απομακρύνεται από τους ποταμούς προς τη θάλασσα. Το έργο των ποταμών μπορεί να είναι πιο σημαντικό από ό, τι εκείνο άλλων παραγόντων, όπως παγετώνες, ο άνεμος, και τα κύματα, επειδή τα ποτάμια έχουν τη δυνατότητα να επιδράσουν για πολύ περισσότερο χρονικό διάστημα στην διαμόρφωση του φυσικού τοπίου. Η Τοπογραφία παίζει έναν κρίσιμο ρόλο στην κατανομή και τη ροή του ύδατος εντός του φυσικού τοπίου.

Η φυσική κυκλοφορία του νερού στην επιφάνεια της Γης είναι γνωστή ως υδρολογικός κύκλος ή κύκλος του νερού. Ο υδρολογικός κύκλος κατευθύνεται από την ενέργεια της ακτινοβολίας που λαμβάνει από τον Ήλιο. Με απλά λόγια, το νερό των θαλασσών θερμαίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία, εξατμίζεται αλλάζοντας μορφή από υγρή σε αέρια κατάσταση για να σχηματίσει μέρος της ατμόσφαιρας.



Εικόνα 8 Σύννεφα

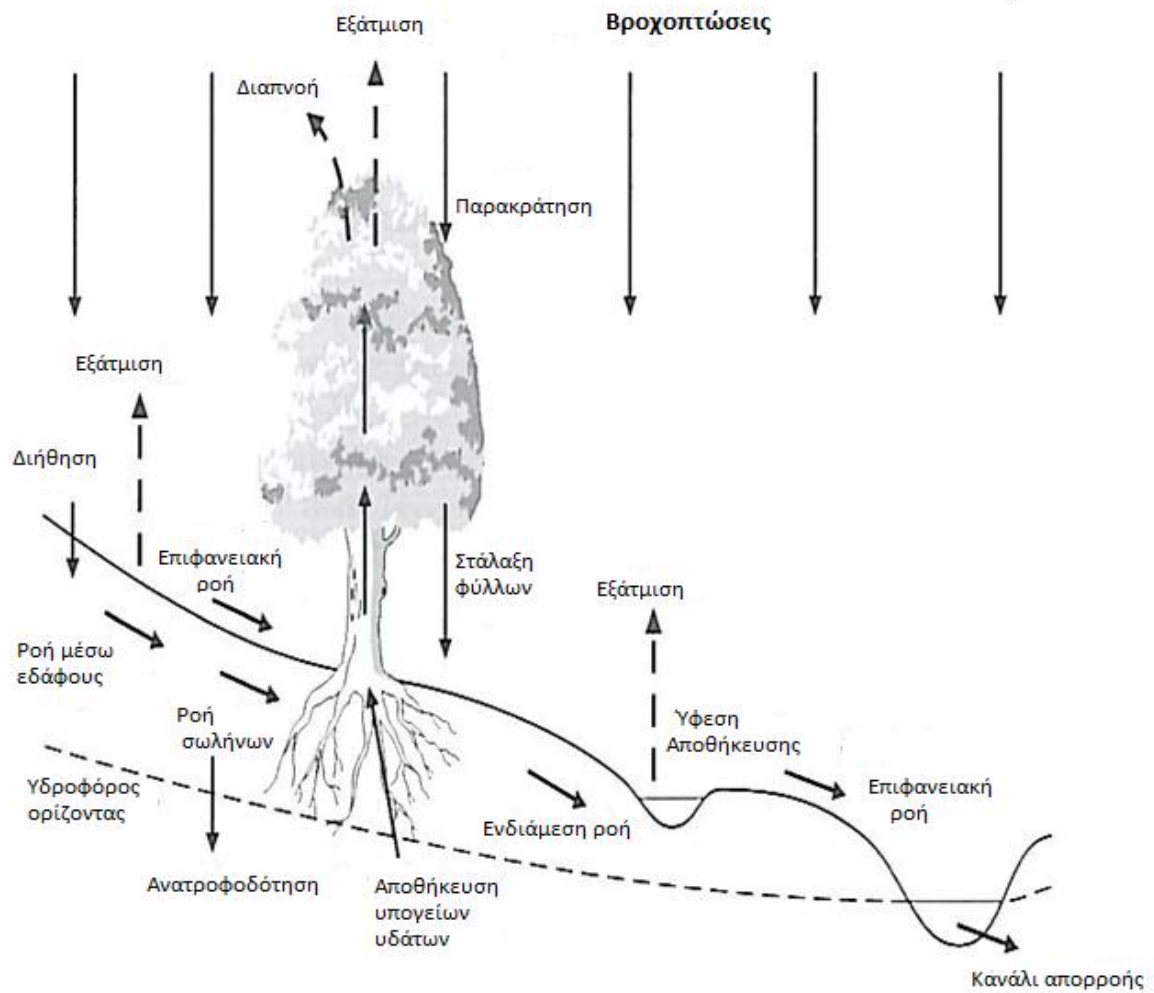
Όταν μεταφερθούν οι υδρατμοί στην ατμόσφαιρα από τους ανέμους της γης, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, αλλάζουν και πάλι μορφή και μετατρέπονται σε υγρή κατάσταση μέσα από τη διαδικασία της συμπύκνωσης νεφών και στη συνέχεια πέφτουν ως βροχή.



Εικόνα 9 Βροχή

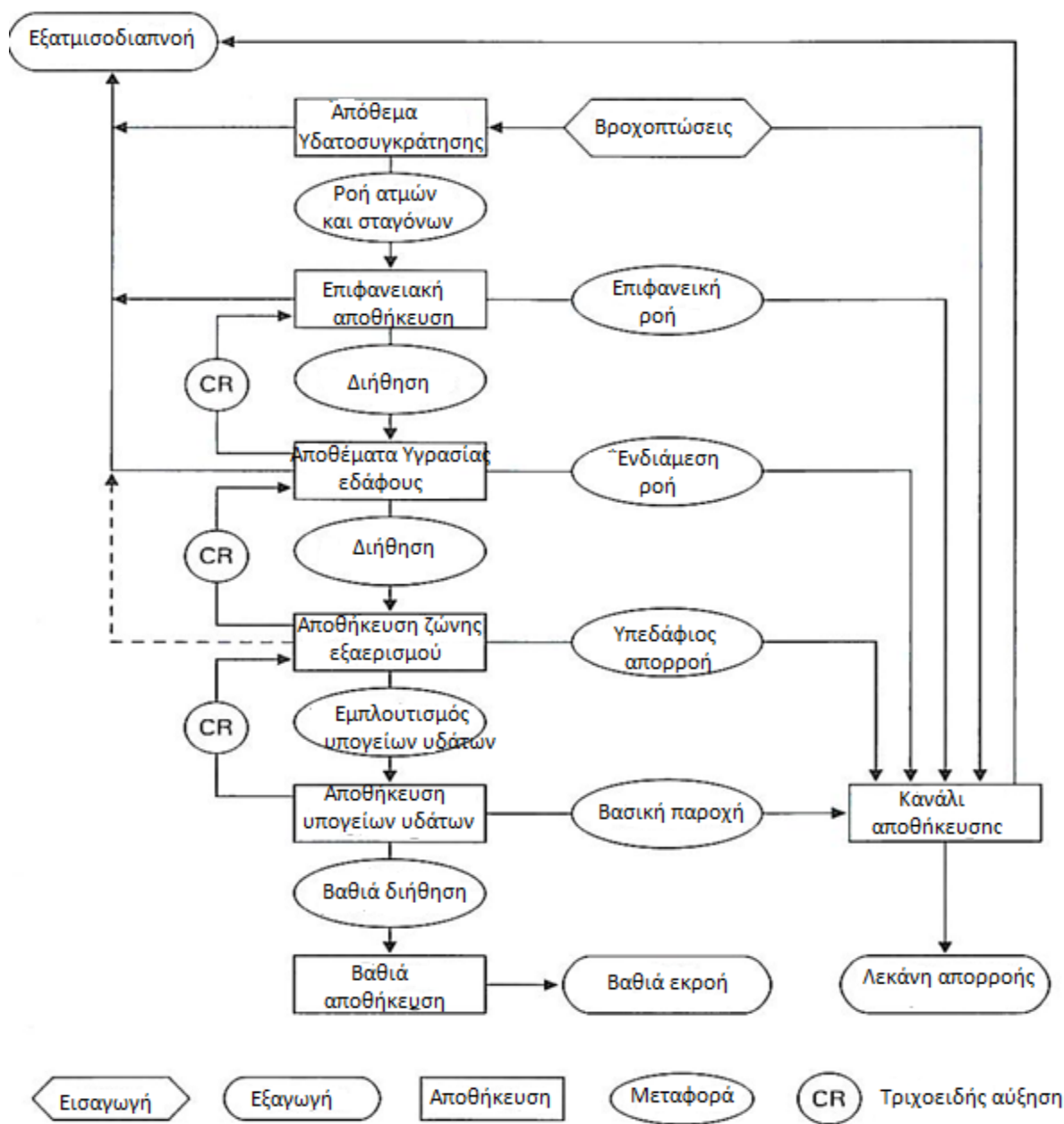
Φυσικά, μερικοί υδρατμοί συμπυκνώνονται πάνω από τις θάλασσες και πέφτουν σαν βροχή κατ'ευθείαν πίσω. Έτσι, η βροχή θα πέσει είτε άμεσα πίσω στις θάλασσες ή θα ξεκινήσει μια πιο περίπλοκη διαδρομή προς τη θάλασσα μέσω του υδρολογικού συστήματος κλίσης της πλαγιάς. Ο υδρολογικός κύκλος είναι ένα κλειστό σύστημα, και δεν υπάρχουν σημαντικά οφέλη ή απώλειες σε αυτόν τον κύκλο διότι η ατμόσφαιρα μαζί με τη λιθόσφαιρα έχουν μια σταθερή ποσότητα νερού.

Η κλίση των πλαγιών είναι μέρος του υδρολογικού κύκλου και είναι ένα ανοικτό σύστημα. Το παρακάτω σχήμα δείχνει τις κύριες συνιστώσες του υδρολογικού συστήματος κλίσεων πλαγιάς



Σχήμα 5 Πρανές ως υδρολογικό σύστημα

Οι συνιστώσες αυτές μπορούν επίσης να παρασταθούν σχηματικά ως ένα σύστημα εισροών, εκροών, αποθηκεύσεων και μεταφορών όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα 1 Εισροές, εκροές και αποθηκεύσεις του νερού σε ένα σύστημα πρηνούς

Είναι οι αποθήκες και τα μέσα μεταφοράς αυτού του συστήματος επί των οποίων η τοπογραφία ασκεί σημαντική επιρροή, αν και αυτά επηρεάζουν επίσης τις εισόδους και εξόδους. Το νερό της βροχής είναι μια είσοδος και μπορεί να πέσει με τη μορφή του χιονιού, που στις πολικές περιοχές ή σε ψηλά βουνά μπορεί να συσσωρευτεί και να εδραιωθεί και να σχηματιστεί πάγος που μπορεί να αποθηκευθεί για πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα. Ωστόσο, σε πιο

εύκρατες περιοχές το απορροφημένο νερό θα εισέλθει στην λεκάνη ή στον υδρολογικό κύκλο της κλίσης της πλαγιάς.

Η επίδραση των βουνών στην κατανομή και την ποσότητα της βροχόπτωσης είναι ένα κάπως σύνθετο θέμα. Ορογραφικά χαρακτηριστικά μπορούν να ασκήσουν σημαντική επιρροή πάνω στην ανάπτυξη και την κατανομή των βροχοπτώσεων (Smith, 1979, Barros και Lettenmaier 1994). Οι ορογραφικές επιρροές πάνω στις βροχοπτώσεις περιλαμβάνουν, την αναγκαστική ανύψωση των αέριων μαζών, το σχηματισμό υπήνεμων κυμάτων, ενισχυμένη κυκλωνική σύγκλιση καταιγιδοφόρων ρευμάτων που προκαλούνται από την αυξημένη θερμοκρασία του αέρα γύρω από τις βουνοκορφές, πάγωμα των ζεστών υγρών ανέμων πάνω από ένα στρώμα χιονιού, και το μηχανισμό διασποράς – τροφοδοσίας με τον οποίο η βροχόπτωση από τα υψηλότερα σύννεφα καθαρίζει από τα σταγονίδια που προκαλούνται στο ορογραφικό κάλυμμα των σύννεφων πάνω από τις γήινες κορφές. Στην ουσία, οι βροχοπτώσεις που πέφτουν πάνω από τα βουνά έχουν δύο συνιστώσες, μία που θα μπορούσαν να πέσουν ακόμη και χωρίς να είναι εκεί τα βουνά και μια που σχετίζεται άμεσα με τις διεργασίες ενίσχυσης της βροχόπτωσης των βουνών. Πάνω από ψηλά βουνά και απομονωμένες κορυφές με απόκρημνες πλαγιές, ένας ενιαίος φυσικός μηχανισμός – που αναγκάζει την ανύψωση του υγρού αέρα κάτω από ασταθείς συνθήκες - συνήθως παράγει ισχυρή βροχόπτωση. Αυτή η διαδικασία συμβαίνει στο Cascades και τα Βραχώδη Όρη στη Βόρεια Αμερική. Πάνω από εκτενείς ορεινούς όγκους με λιγότερο απότομες πλαγιές και μέτριο υψόμετρο (εκατοντάδες μέτρα), το αποτέλεσμα της ορογραφικής ενίσχυσης των μηχανισμών βροχόπτωσης επέρχεται από διάφορους φυσικούς μηχανισμούς. Αυτό το είδος της ενίσχυσης χαρακτηρίζει τα Απαλάτσια Όρη. Ο όρος «Ορογραφικές βροχοπτώσεις», εφαρμόζεται στην ενίσχυση των αποτελεσμάτων των βροχοπτώσεων που προκύπτουν αποκλειστικά από την καταναγκαστική ανύψωση του αέρα, ενώ η «ορογραφική συνιστώσα της βροχής» καλύπτει την παραγωγή της βροχόπτωσης από διάφορους φυσικούς μηχανισμούς ενίσχυσης βροχόπτωσης, που υπάρχουν σε ορεινά εδάφη (Bonacina 1945).

Στα βρετανικά νησιά, δεδομένα από περισσότερους των 6500 σταθμούς έδωσαν την ακόλουθη σχέση μεταξύ μέσου όρου ετήσιας βροχόπτωσης, R (mm) και υψομέτρου H (m) (Bleasdale and Chan 1972): **$R=714+2.42H$**

Ακόμα και σε αρκετά χαμηλούς λόφους, όπως στα Chillerns South Downs της νότιας Αγγλίας, προκαλείται μια ορογραφική συνιστώσα βροχής – λαμβάνουν περισσότερη ποσότητα βροχής, 120-130 εκατοστά ετησίως, από τις γύρω πεδιάδες. Στη βόρεια Ιταλία, μια μελέτη έδειξε ότι η ορογραφική ενίσχυση της βροχόπτωσης σε ψυχρά μέτωπα ποικίλει σημαντικά ανάλογα με το ύψος (Corradini και Melone 1989).

Η επίδραση του υψομέτρου στην κατακόρυφη κατανομή των βροχοπτώσεων είναι εξαιρετικά μεταβλητή. Οι διαφορές των βροχοπτώσεων μεταξύ των προσήνεμων και υπήνεμων πλαγιών μπορεί να είναι σημαντικές: Μεγάλες οροσειρές, ακόμα και μερικοί λόφοι, δέχονται μια σκιά βροχής στις απανεμιές τους που επηρεάζει τη βλάστηση και τα εδάφη. Οι μηχανισμοί της αύξησης της βροχόπτωσης στις προσήνεμες πλευρές των βουνών και των λόφων είναι σύνθετοι.

Υπάρχει μια σύνδεση ανάμεσα στις ισχυρές βροχοπτώσεις . Στις 19 Ιανουαρίου 1996, ένα ψυχρό μέτωπο διέσχισε την κεντρική περιοχή των Appalachian στις ανατολικές Ηνωμένες Πολιτείες, αρκετές καταιγιδόφορες κυψέλες βροχόπτωσης εξελίχθηκαν προκαλώντας σοβαρές βροχοπτώσεις οι οποίες, σε συνδυασμό με το γρήγορο λιώσιμο του χιονιού, προξένησαν καταστροφικές πλημμύρες σε μεγάλη έκταση της περιοχής .Μελέτη των παραμέτρων αυτής της ισχυρής βροχόπτωσης έδειξε μια σύνδεση ανάμεσα στις ισχυρές βροχοπτώσεις και την ορογραφία .Από τη μελέτη βρέθηκε ότι οι διαδρομές του κέντρου της μάζας των καταιγιδόφων βροχοπτώσεων ακολουθούν στενά τις καμπύλες των περιφερειακών ορογραφικών χαρακτηριστικών. Υψηλότερης έντασης κυψέλες βροχόπτωσης συνήθως βρίσκονται στις προσήνεμες περιοχές των ορογραφικών κορυφογραμμών. Η επίδραση του προσήνεμου λειτούργησε στη συνοπτική κλίμακα και ενεπλάκη η τοπογραφία μεταβάλλοντας σε μεγάλη κλίμακα τη ροή του αέρα.

Χιονόπτωση είναι περισσότερο πιθανό να εμφανισθεί στα βουνά, μερικώς επειδή η βροχόπτωση είναι υψηλότερη και μερικώς επειδή η θερμότητα στην ατμόσφαιρα και την επιφάνεια του εδάφους είναι χαμηλότερη από τα γύρω , χαμηλότερου υψομέτρου εδάφη. Οι πιθανότητες χιονόπτωσης και η πιθανότητα συσσώρευσης και διατήρησής στρωμάτων χιονιού σε μεγάλο βαθμό εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος, το υψόμετρο, και, σε μικρότερο βαθμό, από τον προσανατολισμό.

Το νερό της βροχής διεισδύει στο έδαφος και διανέμεται μέσα από το σύστημα ενός αριθμού μεθόδων για να εξέλθει. Η εξάτμιση, η διαπνοή, και το κανάλι απορροής είναι οι κύριες διαδικασίες εξαγωγής. Η εξάτμιση και η διαπνοή συνήθως αποκαλούνται με μια λέξη ως εξατμισοδιαπνοή. Η εξατμισοδιαπνοή αφορά την διαδικασία με την οποία το νερό μεταβαίνει από υγρή σε αέρια κατάσταση. Η μετατροπή αυτή συντελείται με την βοήθεια της ηλιακής ακτινοβολίας. Η εξάτμιση παρουσιάζεται όταν ο αριθμός των μορίων του νερού που βρίσκεται σε αέρια φάση είναι μεγαλύτερος από τον αριθμό των μορίων που βρίσκονται σε υγρή φάση. Η διαπνοή αναφέρεται στην διαδικασία κατά την οποία η υπάρχουσα βλάστηση και οι καλλιέργειες με την βοήθεια του ριζικού τους συστήματος αντλούν νερό και στη συνέχεια το αποδίδουν στην ατμόσφαιρα. Και η εξάτμιση και η διαπνοή επηρεάζονται από τις γενικές κλιματολογικές συνθήκες και ως εκ τούτου ελέγχονται από την τοπογραφία. Η πραγματική φυσική διαδικασία της αλλαγής της κατάστασης του νερού από υγρή σε αέρια εμφανίζεται και στις δύο μεθόδους (εξάτμισης και διαπνοής).

Με τον όρο επιφανειακή απορροή εννοούμε τη ροή του νερού υπό την επίδραση της βαρύτητας κατά μήκος των φυσικών υδατορευμάτων (Ward και Robinson 1989, Mosley και Mc Kerchar 1993). Στον ορισμό αυτό δε γίνεται διάκριση κλίμακας των φυσικών υδατορευμάτων και περιλαμβάνεται όλο το φάσμα τους, από τη κλίμακα του μικρού και ακαθόριστων ορίων ρυακιού μέχρι τη κλίμακα του πιο μεγάλου ποταμού που είναι ο Αμαζόνιος. Η επιφανειακή απορροή αποτελεί ίσως την πλέον ενδιαφέρουσα συνιστώσα του υδρολογικού κύκλου, καθώς παρέχει το μεγαλύτερο μέρος των εκμεταλλεύσιμων υδάτινων πόρων και επιπρόσθετα δημιουργεί σημαντικούς φυσικούς κινδύνους στην περίπτωση των πλημμυρών. Σύμφωνα με αυτόν τον ορισμό η επιφανειακή απορροή αναφέρεται στη ροή του νερού μέσα από τη διατομή ενός υδατορεύματος.

Υπάρχουν τέσσερις διαφορετικές διαδρομές προκειμένου να φτάσει το νερό στο υδατόρευμα και είναι οι ακόλουθες:

- Τα άμεσα κατακρημνίσματα στο υδατόρευμα:
Η άμεση τροφοδοσία της απορροής από τα κατακρημνίσματα στο υδρογραφικό δίκτυο πραγματοποιείται σε κάθε περίπτωση κατακρήμνισης, αλλά κατά κανόνα η συμμετοχή της στη συνολική επιφανειακή απορροή είναι αμελητέα, επειδή η επιφάνεια του υδρογραφικού δικτύου είναι ένα ασήμαντο ποσοστό στη συνολική έκταση της λεκάνης απορροής.

- Η επίγεια ροή:

Εδώ διακρίνονται δύο περιπτώσεις επίγειας ροής οι οποίες λειτουργούν κάτω από την επίδραση διαφορετικών μηχανισμών: η επίγεια ροή λόγω κορεσμού από πάνω και η επίγεια ροή λόγω κορεσμού από κάτω. Σε ό,τι αφορά την πρώτη περίπτωση, όταν η ένταση της βροχόπτωσης ξεπεράσει τη διηθητική ικανότητα του εδάφους δημιουργούνται συνθήκες κατάκλυσης του επιφανειακού εδάφους (καθώς τα βαθύτερα στρώματα αυτού παραμένουν ακόρεστα από υγρασία) και με την προϋπόθεση ότι το έδαφος δεν έχει μηδενική κλίση ξεκινά η επίγεια ροή. Δηλαδή ένα μέρος των κατακρημνισμάτων διηθείται και τροφοδοτεί τους υπόγειους υδροφορείς, ενώ το υπόλοιπο ρέει ως επίγεια ροή. Παράλληλα και οι υπόγειοι υδροφορείς τροφοδοτούν την επιφανειακή απορροή μέσω της υπόγειας ροής, αλλά με βραδύτερο ρυθμό.

Αναφορικά με την δεύτερη περίπτωση, στο αρχικό στάδιο μίας βροχόπτωσης το σύνολο των κατακρημνισμάτων διηθείται στο έδαφος χωρίς να πραγματοποιείται επίγεια ροή. Κάτω όμως από την επιφάνεια του εδάφους πραγματοποιείται πλευρική ροή του νερού τόσο στη κορεσμένη όσο και στην ακόρεστη από υγρασία περιοχή του εδάφους. Έτσι καθώς οι δύο αυτές ροές συγκλίνουν προς τις κατάντη περιοχές προκαλείται ανύψωση της διαχωριστικής επιφάνειας μεταξύ του κορεσμένου και του ακόρεστου σε υγρασία εδάφους, με αποτέλεσμα σε κάποιο τμήμα αυτού να μην είναι δυνατή η διήθηση του νερού και έτσι αυτό πάλι να μετατρέπεται σε επίγεια ροή (επίγεια ροή λόγω κορεσμού από κάτω). Το ίδιο αποτέλεσμα προκύπτει και όταν αντί για το κορεσμένο έδαφος το νερό των κατακρημνισμάτων που διηθείται συναντήσει ένα αδιαπέραστο γεωλογικό σχηματισμό κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.

- Υποδερμική ροή:

Εδώ περιλαμβάνονται διάφοροι τύποι υπεδάφειων ροών που πραγματοποιούνται με σχετικά γρήγορους ρυθμούς κατά τη διάρκεια ισχυρών βροχοπτώσεων, συμβάλλοντας τελικά στη δημιουργία της επιφανειακής απορροής. Η ροή αυτή λαμβάνει χώρα σε μια ζώνη κοντά στην επιφάνεια του εδάφους και οι κυριότεροι παράγοντες που ευνοούν τη γένεσή της είναι η ανισοτροπία και η ανομοιογένεια των εδαφών ως προς την υδραυλική τους αγωγιμότητα και ιδιαίτερα των επιφανειακών στρώσεων αυτών. Η ανισοτροπία του εδάφους ουσιαστικά έχει να κάνει με τη τάση που έχει το νερό που εισχωρεί στο έδαφος, να κινείται πλευρικά και όχι κατακόρυφα, λόγω της μεγαλύτερης υδραυλικής αγωγιμότητας των επιφανειακών εδαφικών στρωμάτων σε διεύθυνση παράλληλη και όχι κατακόρυφη ως προς την επιφάνεια του εδάφους. Από την άλλη η ανομοιογένεια του εδάφους σχετίζεται άμεσα με τη τάση της υδραυλικής

αγωγιμότητας να είναι μεγαλύτερη στα εδαφικά στρώματα που βρίσκονται αμέσως κάτω από την επιφάνεια του εδάφους παρά στα βαθύτερα. Έτσι και η ανομοιογένεια αυτή συμβάλλει στη δημιουργία υποδερμικής ροής, καθώς το νερό τείνει να κινηθεί πλευρικά παρά να διεισδύσει βαθύτερα, όπου συναντά μεγαλύτερη αντίσταση.

- Υπόγεια ροή:

Το νερό που κατέρχεται προς τα βαθύτερα εδαφικά στρώματα φτάνει στη ζώνη όπου το έδαφος είναι σε κατάσταση κορεσμού από νερό και έτσι σχηματίζονται οι υπόγειοι υδροφορείς, το νερό των οποίων κάτω από την επίδραση των χωρικών μεταβολών της πιεζομετρίας κινείται δημιουργώντας τη λεγόμενη υπόγεια ροή, η οποία ξαναβγαίνει στο έδαφος είτε με τη μορφή σημειακών πηγών σε ορισμένες θέσεις είτε κατά μήκος των φυσικών υδατορευμάτων που βρίσκονται σε επαφή με τους υδροφορείς. Έτσι με τον τρόπο αυτό και η υπόγεια ροή συμβάλλει στη γένεση της επιφανειακής απορροής, έστω και με πιο αργούς ρυθμούς σε σχέση με τις ταχείες μορφές ροής που περιγράφηκαν παραπάνω.

Όπως συμβαίνει με όλες τις μορφές του υδρολογικού κύκλου η αλληλεπίδραση ανάμεσα στα κατακρημνίσματα και στην επιφανειακή απορροή ποικίλει ανάλογα με το χρόνο και τη γεωγραφία. Έτσι βροχοπτώσεις παρόμοιας έντασης, διάρκειας και ύψους που λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα στις ζούγκλες του Αμαζονίου και στις ερήμους των Η.Π.Α. επιδρούν με τελείως διαφορετικό τρόπο ποσοτικά πάνω στην επιφανειακή απορροή. Είναι γεγονός ότι η επιφανειακή απορροή επηρεάζεται καθοριστικά όχι μόνο από τους μετεωρολογικούς παράγοντες αλλά και από τη φυσική γεωλογία και τοπογραφία της εκάστοτε λεκάνης απορροής.

Η σύσταση των εδαφών μιας λεκάνης απορροής επηρεάζει ιδιαίτερα τα υδρολογικά ελλείμματα, άρα και την επιφανειακή απορροή. Τα βασικότερα χαρακτηριστικά των εδαφών, δηλαδή οι μηχανικές τους ιδιότητες ως πορώδη μέσα, καθορίζουν το ρυθμό διήθησης και κατά συνέπεια επηρεάζουν άμεσα και την επιφανειακή απορροή.

Όμως και η χημική σύσταση των εδαφών σε συνδυασμό με τις μηχανικές ιδιότητες αυτών καθορίζει τη φυτοκάλυψη και τους επικρατούντες τύπους χλωρίδας σε μια λεκάνη απορροής, επηρεάζοντας αποφασιστικά με τον τρόπο αυτό την επιφανειακή απορροή.

Η επίδραση της φυτοκάλυψης πάνω στην επιφανειακή απορροή ερμηνεύεται μέσω του μηχανισμού παρεμπόδισης της υπάρχουσας χλωρίδας, η οποία έχει ως συνέπεια τη μείωση του όγκου της απορροής κατά την ποσότητα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που συγκρατείται από την ιστάμενη βλάστηση και τελικά εξατμίζεται ή απορροφάται από αυτή. Ο

ίδιος μηχανισμός είναι εξάλλου υπεύθυνος για τη χρονική υστέρηση της απορροής, στην οποία συντελεί επιπρόσθετα και η αύξηση της τραχύτητας των εδαφών, η οποία προκαλείται από τη φυτοκάλυψη.

Μια άλλη δράση της χλωρίδας η οποία επηρεάζει την απορροή έχει σχέση με τη μεταβολή των χαρακτηριστικών του επιφανειακού εδαφικού στρώματος (από τη δράση των ριζών και του φυλλώματος που πέφτει) κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αυξάνεται η διηθητική ικανότητα του εδάφους και ταυτόχρονα να μειώνεται η επιφανειακή απορροή.

Συγκεντρωτικά η φυτοκάλυψη δρα προς τη κατεύθυνση της μείωσης του όγκου άμεσης απορροής, αλλά και της ταυτόχρονης επιβράδυνσης και εξομάλυνσης των ρυθμών με τελική συνέπεια τη μείωση των πλημμυρικών αιχμών. Για τους ίδιους λόγους όταν προκαλείται καταστροφή της χλωρίδας π.χ. με εκχερσώσεις, πυρκαγιές, αποψιλώσεις κ.τ.λ. αλλάζει δραματικά η υδρολογική συμπεριφορά της λεκάνης απορροής και επιτείνονται τα πλημμυρικά φαινόμενα. Επιπρόσθετα η πυκνή δασοκάλυψη προκαλεί επιβράδυνση της άμεσης απορροής, προστατεύει το έδαφος από την κινητική ενέργεια της βροχής, συντελεί στη διατήρηση της συνοχής των εδαφικών κόκκων μεταξύ τους, συγκρατεί το εδαφικό υλικό και έτσι περιορίζει σημαντικά ή και αποτρέπει φαινόμενα διάβρωσης της λεκάνης.

Συνολικά οι μετεωρολογικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ποσότητα του παραγόμενου νερού που απορρέει επιφανειακά σε μια λεκάνη απορροής είναι οι ακόλουθοι:

- Η μορφή των κατακρημνισμάτων (βροχή, χιόνι, χαλάζι κ.τ.λ.)
- Το ύψος της βροχόπτωσης
- Η ένταση της βροχόπτωσης
- Η διάρκεια της βροχόπτωσης
- Ο τρόπος με τον οποίο κατανέμονται τα κατακρημνίσματα πάνω στη συνολική επιφάνεια που καταλαμβάνει η λεκάνη απορροής
- Η κατεύθυνση προς την οποία κινείται η βροχόπτωση
- Οι τυχόν βροχοπτώσεις που έλαβαν χώρα νωρίτερα και η επίδραση που είχαν αυτές πάνω στην υγρασία του εδάφους
- Άλλες μετεωρολογικές και κλιματικές συνθήκες που επιδρούν πάνω στην εξατμισοδιαπνοή, όπως η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία, ο άνεμος και η εποχή.

Εξάλλου τα φυσικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την ποσότητα του παραγόμενου νερού που απορρέει επιφανειακά σε μια λεκάνη απορροής είναι τα ακόλουθα:

- > Η χρήση της γης
- > Η βλάστηση
- > Ο τύπος του εδάφους
- > Η επιφάνεια της λεκάνης απορροής
- > Το σχήμα της λεκάνης απορροής
- > Οι τοπογραφικές συνθήκες όπως το υψόμετρο και ειδικότερα η κλίση του εδάφους

4 Σχέση τοπογραφίας και εδάφους

Η πρωταρχική πηγή από όπου ο άνθρωπος και τα ζώα παίρνουν τα μέσα της ανάπτυξης και συντήρησής τους, είναι τα φυτά τα οποία βρίσκουν νέα θρεπτικά υλικά μόνο στις ανόργανες ουσίες. Τα φυτά προέρχονται, σχεδόν εξ ολοκλήρου, από ανόργανη ύλη. Τα απαραίτητα στοιχεία, για την αύξηση τους, τα παίρνουν από το έδαφος, τον αέρα και το νερό, τα οποία και πάλι γίνονται έδαφος, αέρας και νερό στο τέλος του κάθε κύκλου της χρήσης τους. Η αέναη αυτή ανακύκλωση των θρεπτικών στοιχείων στη φύση αποτελεί την ανόργανη πλευρά της ζωής, το βασικό θεμέλιό της (Α. Δ. Σιμώνης 1998).

Το έδαφος είναι ο πρωταρχικός προμηθευτής θρεπτικών στοιχείων και νερού για τα φυτά, που στη συνέχεια παρέχουν θρεπτικά στα ζώα και στον άνθρωπο.(Α. Δ. Σιμώνης 1998). Έτσι λοιπόν η επιβίωση των ανθρώπων και ζώων εξαρτάται άμεσα από το έδαφος. Η ραγδαία αύξηση του πληθυσμού της γης απαιτεί την καλύτερη δυνατή χρησιμοποίηση των γεωργικών εδαφών για την παραγωγή τροφών και άλλων αγαθών για την συντήρηση του πληθυσμού. Η αλόγιστη χρήση του εδάφους συνεπάγεται χειροτέρευση της ποιότητας του.

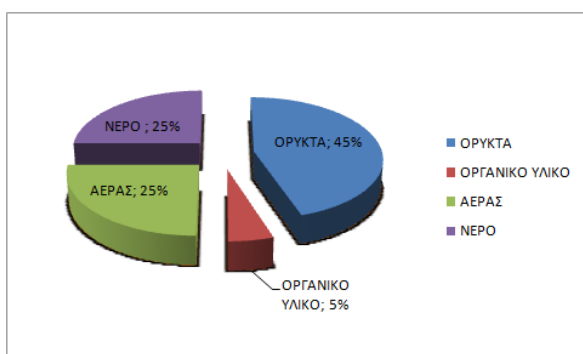
Έδαφος είναι το χαλαρό επιφανειακό στρώμα του στερεού φλοιού της γης, το οποίο προέκυψε από την αποσάθρωση ορυκτών και πετρωμάτων (μητρικό υλικό) με συνδυασμένη δράση φυσικών, χημικών και βιολογικών παραγόντων(Σινάνης 1997). Οι παράγοντες αυτοί χαρακτηρίζονται σαν ‘εδαφογενετικοί’ και η δράση τους είναι μακροχρόνια και συνεχής. Αποτέλεσμα της δράσης των εδαφογενετικών παραγόντων στο μητρικό υλικό είναι η δημιουργία, αρχικά, ενός χαλαρού υλικού του ρεγόλιθου από τον οποίο στη συνέχεια προκύπτει το έδαφος.

Οι σημαντικότεροι παράγοντες ανάπτυξης του εδάφους είναι: α) το μητρικό πέτρωμα που ελέγχει το ρυθμό αποσάθρωσης καθώς επίσης και τη γονιμότητα του εδάφους. β) Το κλίμα, επειδή η βροχόπτωση και η θερμοκρασία ελέγχουν την χημική αποσάθρωση των πετρωμάτων καθώς επίσης και την ανάπτυξη της φυτοκάλυψης και των μικροοργανισμών. Θεωρείται σήμερα ως ο πιο σημαντικός παράγων για το σχηματισμό των εδαφών. γ) Η τοπογραφία, το έδαφος συσσωρεύεται συνήθως σε πρανή με ήπιες κλίσεις ενώ στα απόκρημνα πρανή σχηματίζεται ένα λεπτό επικάλυμμα εδάφους ή αποκαλύπτεται το υγιές πέτρωμα. δ) Ο χρόνος. Όσο μεγαλύτερο

είναι το χρονικό διάστημα του σχηματισμού ενός εδάφους (διατηρουμένων των υπολοίπων παραγόντων σταθερών) τόσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του. (Λούτσος Θ., 2000).

Ένα αντιπροσωπευτικό έδαφος αποτελείται από στερεά συστατικά ανόργανης και οργανικής προέλευσης καθώς, επίσης και από χώρους οι οποίοι καταλαμβάνονται από νερό και αέρα Σε ορισμένο όγκο εδάφους τα ποσοστά συμμετοχής των παραπάνω συστατικών είναι κατά προσέγγιση τα εξής :

Ανόργανα στερεά συστατικά (ορυκτά)	45%
Οργανικά στερεά συστατικά	5%
Αέρας	25%
Νερό	25%



Γράφημα 1 Η περιεκτικότητα ενός τυπικού εδάφους σε νερό, αέρα, ορυκτά και οργανικό υλικό (από Δούτσο, 2000).

Η τοπογραφία επηρεάζει τα εδάφη και τις διεργασίες που γίνονται στο έδαφος με διάφορους τρόπους. Καθώς οι κλιματικές ζώνες γεωγραφικού πλάτους έχουν την τάση να παράγουν διζωνικά εδάφη και γεωγραφικού πλάτους (και γεωγραφικού μήκους) κλιματικές αλληλουχίες, έτσι οι υψομετρικές ζώνες προσφέρονται για να παράγουν διαφορετικούς τύπους εδάφους και υψομετρικές κλιματικές αλληλουχίες. Οι τοπικοί παράγοντες, όπως η έκθεση της πλαγιάς και το υπόστρωμα, τροποποιούν συχνά υψομετρικά τα εδάφη και τις ιδιότητες τους εδάφους, όπως ακριβώς κάνουν τα διζωνικά εδάφη. Ομοίως, όπως οι κλιματικές ζώνες διαμορφώνουν διαφορετικές γεωμορφολογικές ζώνες (π.χ. παγετώνες, υγρασία, ξηρασία), έτσι οι υψομετρικές κλιματικές ζώνες κανονικά διαμορφώνουν υψομετρικές γεωμορφολογικές ζώνες. Το έδαφος, τα ιζήματα, και οι πλαγιές είναι κάτω από πολλές περιστάσεις ευαίσθητα στην

έκθεση της πλαγιάς. Εδάφη με βόρειο προσανατολισμό και πλαγιές με νότιο προσανατολισμό μπορεί να διαφέρουν σημαντικά, ενώ τα ιζήματα στις ίδιες πλαγιές συνήθως αντανακλούν τις διαφορετικές διαδικασίες γεωμορφολογίας, και οι ίδιες οι πλαγιές των λόφων, λόγω των διαφορετικών καθεστώτων διαδικασίας, είναι συχνά ασύμμετρες.

Τα εδάφη και τα ιζήματα επηρεάζονται από την διαβάθμιση της κλίσης και συχνά ποικίλουν σε μια σταθερή κατά μήκος αλληλουχία πλαγιών (Catenas ή toposequences). Οι αλληπάλληλες διεργασίες του εδάφους και των ιζημάτων συνδέονται στενά με την υδρολογία και την κλίση της πλαγιάς. Τα εδάφη και τα ιζήματα αποτελούν μέρος των τρισδιάστατων τοπίων. Μελέτες του εδάφους ενός τοπίου ενσωματώνουν την τρίτη διάσταση κατά την εξέταση της κατανομής του εδάφους και τη χωρική μεταβλητότητα των ιδιοτήτων του εδάφους και των διαδικασιών. Ορισμένες μελέτες εξετάζουν τις γενικές σχέσεις μεταξύ των διαφόρων τύπων εδάφους και των στοιχείων του τοπίου, ενώ άλλες μελέτες εξερευνούν πιο εκλεπτυσμένες συνδέσεις μεταξύ των εδαφών και του τοπίου χρησιμοποιώντας τεχνολογία DEMs και GIS (τεχνολογία Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών). ακόμη, άλλες εργασίες επικεντρώνεται σε εδάφη και ιζήματα, στο πλαίσιο όλου του εύρους του τοπίου, συμπεριλαμβανομένων των ποτάμιων δικτύων.

Υπάρχει γενικός κανόνας σύμφωνα με τον οποίο, η θερμοκρασία μειώνεται και η βροχόπτωση αυξάνεται με την αύξηση υψομέτρου, αυτό συμβαίνει συχνά και σε διαστήματα μικρών αποστάσεων. Οι υψομετρικές κλιματικές διαβαθμίσεις συνήθως συμπίεζονται περισσότερο από ό, τι συμπίεζονται οι διαβαθμίσεις του γεωγραφικού πλάτους και μήκους. Αυτή η κλιματική συμπίεση μερικές φορές κάνει ευκολότερη την εξέταση της «κάθετης» κλιματικής αλληλουχίας εδάφους από την πιο εκτεταμένη «οριζόντια». Μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε μια σειρά από ορεινές περιοχές του κόσμου αναφέρουν τις επιδράσεις των υψομετρικών αλλαγών της θερμοκρασίας και της υγρασίας στα εδάφη και τις ιδιότητες του εδάφους. Γενικεύσεις από αυτές τις μελέτες καταγράφουν τις βασικές σχέσεις μεταξύ των εδαφών και του υψομέτρου, αν και, όπως συμβαίνει με όλες τις γενικεύσεις, υπάρχουν αξιοσημείωτες εξαιρέσεις. Κανονικά, η αύξηση του υψομέτρου συνδέεται με μια αυξανόμενη περιεκτικότητα οργανικής ύλης και αζώτου, μια αυξανόμενη αναλογία άνθρακα προς άζωτο (αναλογία C / N), καθώς και με την αύξηση της οξύτητας (pH), και συνήθως με μειούμενη περιεκτικότητα σε ασβέστιο, μαγνήσιο, και κάλιο. Όμως, το γεωγραφικό πλάτος, ο προσανατολισμός, και το υπόστρωμα στρεβλώνουν σε μεγάλο βαθμό τις υψομετρικές τάσεις.

Για παράδειγμα, δασώδη εδάφη αποκτούν χούμο με αυξανόμενο υψόμετρο, κυρίως επειδή η πτώση της θερμοκρασίας επιβραδύνει το ρυθμό της αποσύνθεσης του χούμου. Όσο πιο κοντά στον ισημερινό είναι ένα βουνό τόσο πιο γρήγορο είναι το ποσοστό αύξησης του χούμου.



Εικόνα 10 Ο Χούμος φθάνει σε βάθος συνήθως μέχρι 50 cm

Ο διπλασιασμός του αζώτου στο έδαφος της Σιέρα Νεβάδα, στις ΗΠΑ, απαιτεί μια ανάβαση από τα 2760 μ., στην Ινδία 1350 μ., και στην Κολομβία 890 m (Jenny 1980, 320). Αυτές οι αυξήσεις στο υψόμετρο είναι ισοδύναμες με μέσες ετήσιες μειώσεις θερμοκρασίας 14,6, - 7,6, και 5,0 ° C, αντίστοιχα. Επιπλέον, ο τύπος του χούμου που σχηματίζεται στα βουνά εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος, τον προσανατολισμό, και το μητρικό υλικό, καθώς και το υψόμετρο (Duchaufour 1982). Στις εύκρατες περιοχές, οι μεσαίες και χαμηλότερες ορεινές ζώνες ευνοούν την ύπαρξη μαλακού χούμου και όξινου καφέ εδάφους. Στην ανώτερη ορεινή ζώνη, η βιολογική δραστηριότητα εξακολουθεί να είναι επαρκής για να δημιουργήσει μαλακό ή παχύ και μαλακό χούμο, αποδεικνύοντας ότι ορισμένα φυλλοβόλα δέντρα αναμιγνύονται με κωνοφόρα. Η ζώνη αυτή ενθαρρύνει τη γένεση χουμικών εδαφών χρώματος καφέ ochric. Πάνω από την ορεινή ζώνη (montane), στην υποαλπική ζώνη, η βλάστηση κυριαρχείται από είδη, όπως τα κωνοφόρα, που προωθούν την οξύτητα. Τα εδάφη περιέχονται σε αυτό το πιο όξινο περιβάλλον είναι χρώματος καφέ podzolics και podzols. Στα αλπικά λιβάδια, τα οποία βρίσκονται πάνω από τη δέντρο-γραμμή, ο χούμος είναι μετρίως δραστήριος ή μαλακός, αλλά το υπέδαφος δεν έχει επαρκώς αναπτυχθεί. Εδάφη σε όξινο υπόστρωμα σχηματίζονται πάνω σε πυριτικά πετρώματα

και χουμικά ασβεστολιθικά χρώματα πάνω σε μαγνησιούχους ασβεστόλιθους. Αυτή η υψομετρική κλιματική αλληλουχία εκφράζεται καλύτερα στις πλαγιές με βόρειο προσανατολισμό. Στις πλαγιές με νότιο προσανατολισμό, η επιπλέον ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας αντισταθμίζεται από τα οφέλη του υψόμετρου, με τη μείωση της θερμοκρασίας. Το αποτέλεσμα είναι ότι η ταχύτητα της αποσύνθεσης της οργανικής ύλης αυξάνεται και οι κλιματικές ζώνες γίνονται ασαφείς. Πολλές υψομετρικές κλιματικές αλληλουχίες εδάφους επιβεβαιώνουν αυτές τις τάσεις στις ιδιότητες του εδάφους, αλλά επίσης αναδεικνύουν τις εξαιρέσεις και τις τοπικές επιπτώσεις λόγω του προσανατολισμού, του μητρικού υλικού, και άλλων παραγόντων. Περιπτωσιολογικές μελέτες στα βουνά της Χαβάη, των ισπανικών Πυρηναίων, και του Βόρνεο παρουσίασαν τις γενικές σχέσεις, τις εξαιρέσεις, και τη σημασία των τοπικών παραγόντων.

Διαφορετικοί σχηματισμοί και διαδικασίες στην επιφάνεια της γης είναι, σε ποικίλους βαθμούς, συνδεδεμένοι με τις διαφορετικές κλιματικές ζώνες. Συνδέονται επίσης με διαφορετικές υψομετρικές κλιματικές ζώνες οι οποίες, όπως και οι υψομετρικές ζώνες βλάστησης, είναι πολύ συμπιεσμένες σε σύγκριση με τις αντίστοιχες τους του γεωγραφικού πλάτους. Αυτή η συμπίεση οδηγεί στην πεμπτουσία των ιδιοτήτων του ορεινού περιβάλλοντος - την κατοχή των απότομων οικολογικών διαβαθμίσεων που οδηγεί μια αυξημένη ροή του νερού, των ιζημάτων, και της ενέργειας. Έτσι, τα περισσότερα περιβάλλοντα των βουνών διαθέτουν εξαιρετικά δυναμικά γεωμορφολογικά συστήματα που είναι εγγενώς ασταθή και επιρρεπή σε μεγάλης έκτασης γεγονότα, όπως συντρίμια πλακών και χιονοστιβάδες από πέτρες. Η σταθερότητα του είδους προκύπτει σε μικρά ορεινά τοπία, όπου η ταχεία ροή των ιζημάτων επεισοδιακά αντισταθμίζεται από τεκτονικές αναζωογονήσεις - τα γεωμορφολογικά συστήματα έχουν μια γρήγορη αναστροφή των υλικών και μια αρκετά σταθερή μορφή (βλ. O'Connor, 1984).

Κατασκευάστηκε ένα μοντέλο για τις αλπικές πλαγιές προκειμένου να διασαφηνιστεί η κατανομή και η εξέλιξη του εδάφους σε περιοχές με αλπική γεωμορφολογία (Burns και Tonkin 1982). Αυτό το μοντέλο είχε μια ιστορική, αλλά και γεωγραφική, διάσταση και αναγνώρισε περιόδους σταθερότητας που εναλλάσσονται με περιόδους αστάθειας σε διάφορα μέρη του αλπικού τοπίου. Παρά το γεγονός ότι το μοντέλο κατασκευάστηκε για τα νότια Βραχώδη Όρη στις ΗΠΑ, έχει καθολική εφαρμογή σε παρόμοια περιβάλλοντα. Χρησιμοποιώντας ως κριτήριο

τις σχέσεις μεταξύ των εδαφών, της τοπογραφίας, και της χιονοκάλυψης, η κορυφογραμμή στην περιοχή της κορυφής διαιρείται σε επτά περιοχές μικροπεριβάλλοντος.

Η έκθεση της κλίσης επηρεάζει την εξέλιξη των εδαφών. Μια σειρά από παραδείγματα πιστοποιούν το γεγονός αυτό (βλ. Carter και Ciolkosz 1991, Huggett 1995, 159-62). Τα ζεστά και ξηρά μεταλλικά εδάφη τείνουν να εμφανιστούν σε αδρά δομημένα υλικά, κυρτές πλαγιές, απόκρημνες πλαγιές, και με νότιο προσανατολισμό πλαγιές, ενώ τα ψυχρά και υγρά οργανικά εδάφη τείνουν να εμφανίζονται σε υλικά με λεπτή υφή, κοίλες πλαγιές, πλαγιές με ήπιες κλίσεις, και βορινό προσανατολισμό.

Η διάβρωση είναι μια φυσική διεργασία απόσπασης και απομάκρυνσης επιφανειακού εδάφους και η απόθεσή του σε άλλα σημεία της επιφάνειας της Γής ή στη θάλασσα. (Συλλαίος, 1990). Οι κυριότεροι φυσικοί παράγοντες που συμβάλουν σ' αυτό το φαινόμενο, είναι το νερό (υδατογενής διάβρωση) και ο άνεμος (αιολική διάβρωση). Η εδαφική διάβρωση είναι μια διαδικασία δύο φάσεων, αρχικά γίνεται απόσπαση μεμονωμένων εδαφικών σωματιδίων από την μάζα του εδάφους και έπειτα ακολουθεί η μεταφορά τους από παράγοντες όπως το νερό και ο άνεμος. Όταν δεν παρέχεται ικανή ποσότητα ενέργειας για τη μεταφορά τότε λαμβάνει μέρος μια τρίτη φάση, η απόθεση. (Morgan, 1986).

Αποτέλεσμα της διάβρωσης είναι η απογύμνωση της επιφάνειας του εδάφους που φτάνει πολλές φορές μέχρι την αποκάλυψη του μητρικού πετρώματος. Εκτός από τον καταστρεπτικό ρόλο της διάβρωσης θα πρέπει να αναφερθεί και ο δημιουργικός, όσο οξύμωρο και αν φαίνεται αυτό. Πράγματι, η απομάκρυνση του επιφανειακού εδάφους είναι αποτέλεσμα του καταστρεπτικού της ρόλου, η απόθεσή του όμως σε κάποια άλλη θέση "δημιουργεί" επιφανειακό έδαφος και τεκμηριώνει το δημιουργικό της ρόλο. Τα εδάφη που σχηματίζονται από αυτές τις αποθέσεις σε προσχωματικές κοιλάδες ή αλλουβιακές πεδιάδες, κατά κανόνα είναι πολύ γόνιμα. (Σινάνης, 1997). Δύο είναι οι κύριες μορφές διάβρωσης η διάβρωση από το νερό και η διάβρωση από τον άνεμο η οποία στην Ελλάδα δεν έχει μεγάλη σημασία. Η υδατική διάβρωση που οφείλεται στη διασπορική δράση και στη μεταφορική ικανότητα του νερού, είναι περισσότερο εμφανής στα υγρά ενώ η αιολική στα ξηρά εδάφη (N. Χουλιάρης, 1986).



Εικόνα 11 Υδατική διάβρωση του εδάφους

Σε όλες τις κλιματικές ζώνες η υδατική διάβρωση παίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του ανάγλυφου της γήινης επιφάνειας. (Μαργαρόπουλος, 1963) . Η διάβρωση του εδάφους με το νερό παρουσιάζεται με τρεις μορφές: α) την επιφανειακή διάβρωση, β) την αυλακωειδή διάβρωση και γ) την χαραδρωτική διάβρωση.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διάβρωση των εδαφών είναι το κλίμα, η τοπογραφία της περιοχής, η γεωλογική κατάσταση του εδάφους, η βλάστηση και η ανθρώπινη δραστηριότητα. Οι ίδιοι παράγοντες είναι υπεύθυνοι και για τη δημιουργία εδάφους (εδαφογενετικοί παράγοντες), εφόσον τη θέση του εδάφους πάρει το μητρικό υλικό. Στη φύση επομένως συμβαίνουν ταυτόχρονα δύο διεργασίες ανταγωνιστικές, η διάβρωση και η εδαφογένεση που η δράση της μιας αντιστρατεύεται το αποτέλεσμα της άλλης. Το αποτέλεσμα της διάβρωσης ή της εδαφογένεσης αντανakλά τη συνισταμένη της δράσης των προαναφερόμενων παραγόντων, επομένως, η διεργασία που θα υπερισχύσει εξαρτάται από το βαθμό συμμετοχής αυτών των παραγόντων αλλά κυρίως από την αλληλεπίδραση τους.



Εικόνα 12 Οι «γαλάζιες λίμνες» του Αφγανιστάν : Περιτριγυρισμένες από πανύψηλους βράχους ροζ ασβεστόλιθου, η εμφάνισή τους στο συγκεκριμένο σημείο οφείλεται στις ρωγμές των βράχων και στις διεξόδους που βρήκαν τα υπόγεια νερά να βγουν προς τα έξω. Το έντονο γαλάζιο χρώμα οφείλεται στο διοξείδιο του άνθρακα που εμφανίζεται σε μεγάλες ποσότητες στο νερό, με αποτέλεσμα το βαθύ μπλε χρώμα των λιμνών

Τα κύριο χαρακτηριστικό της τοπογραφίας μιας περιοχής που επηρεάζει τη διάβρωση είναι ο βαθμός κλίσης, το μήκος και η καμπυλότητα της. Έχει βρεθεί πειραματικά ότι, για κλίσεις μικρότερες του 10%, ο διπλασιασμός τους (π.χ. από 4% σε 8%) συνεπάγεται σχεδόν τον διπλασιασμό της απώλειας του εδάφους, ενώ κλίσεις μεγαλύτερες από 10% αποτελούν το κυριότερο εμπόδιο για την καλλιέργεια της γης.(Ν. Συλλαίος 1990). Όλοι οι τύποι των εδαφών είναι εκτεθειμένοι στον κίνδυνο της διάβρωσης από τη δράση των σταγόνων της βροχής, όταν βρίσκονται σε μεγάλες κλίσεις. Ακόμα και τα αμμώδη εδάφη που στις ελαφρά κεκλιμένες επιφάνειες κινδυνεύουν ελάχιστα από τη διάβρωση, στις μεγάλες κλίσεις διαβρώνονται έντονα. (Κ. Σινάνης, 1997).

Το άλλο χαρακτηριστικό της κλίσης που επηρεάζει τη διάβρωση είναι το μήκος της. Από έρευνες που έχουν γίνει στις ΗΠΑ έχει βρεθεί ότι η απώλεια του εδάφους με διάβρωση, είναι κατά προσέγγιση ίση με την τετραγωνική ρίζα του μήκους της κλίσης, σε εδάφη στα οποία η ταχύτητα της επιφανειακής απορροής δεν μεταβάλλεται κατά μήκος της διαδρομής ($L^{0,5}$). (Κ. Σινάνης, 1997). Σε εδάφη μάλιστα που σχίζονται όταν είναι ξηρά και η ταχύτητα της επιφανειακής απορροής μπορεί να μειώνεται κατά μήκος της κλίσης, ο εκθέτης είναι μικρότερος

από 0,5 και προσεγγίζει το μηδέν. Αντίθετα σε εδάφη στα οποία η ταχύτητα της επιφανειακής απορροής αυξάνει κατά μήκος της διαδρομής ο εκθέτης του μήκους της διαδρομής είναι μεγαλύτερος από 0,5. Όταν το νερό κινείται κατά μήκος μιας κεκλιμένης επιφάνειας παρασύρει περισσότερο έδαφος από το κατώτερο μέρος της επιφάνειας και λιγότερο από το ανώτερο όπως φαίνεται και από τα στοιχεία του πίνακα. Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτό είναι ότι με την αύξηση του μήκους της διαδρομής αυξάνει η ποσότητα και η ταχύτητα του κινούμενου νερού, επομένως και η διαβρωτική του ικανότητα.

Απώλεια εδάφους από διάφορα τμήματα μιας κλίσης	
Τιμή Κλίσης (m)	Απώλεια Εδάφους (tn)
0-23	0,91
23-46	1,65
46-69	2,13
69-92	2,52
Πηγή FAQ, 1965	

Πίνακας 1 Απώλεια εδάφους από διάφορα τμήματα μιας κλίσης

Από τα στοιχεία του προηγούμενου πίνακα βγαίνει εύκολα το συμπέρασμα ότι, ένας τρόπος για να αποτραπούν οι απώλειες εδάφους κατά μήκος μιας κεκλιμένης επιφάνειας, εξαιτίας της διάβρωσης της με νερό, είναι η δημιουργία αναβαθμίδων οι οποίες συμβάλλουν στη μείωση του μήκους της διαδρομής.

Το τρίτο χαρακτηριστικό της κλίσης, η καμπυλότητα, επηρεάζει τη διάβρωση των εδαφών ανάλογα με τη μορφή της. Έτσι, εδάφη που βρίσκονται σε πλαγιές με κυρτή επιφάνεια επειδή η ταχύτητα απορροής στα κατώτερα τμήματα είναι πολύ μεγάλη, διαβρώνονται έντονα. Αντίθετα, σε εδάφη που βρίσκονται σε πλαγιές με κοίλη επιφάνεια, μπορούν να συμβούν δυο πράγματα. Αν η βροχή είναι ραγδαία και το νερό συγκεντρωθεί στα κατώτερα σημεία της κοίλης πλαγιάς, υπάρχει σοβαρός κίνδυνος να ξεχειλίσκει και να δημιουργήσει φαινόμενα χαραδρωτής διάβρωσης. Αν δεν συμβεί υπερχείλιση, μετά την αποχώρηση των νερών, παραμένουν στην

περιοχή αυτή τα φερτά υλικά από τα ανώτερα τμήματα της πλαγιάς, μεταξύ των οποίων και η οργανική ουσία, τα οποία επηρεάζουν θετικά τη γονιμότητα των εδαφών.(Μισοπολινός Ν., 1991).

Ο υπολογισμός των απωλειών του εδάφους λόγω της διάβρωσης στηρίζεται σε εμπειρικές μεθόδους οι οποίες θεωρούνται χρήσιμα εργαλεία για την αποτίμηση του μεγέθους και της έκτασης της διάβρωσης καθώς και της πρόβλεψης της υποβάθμισης της παραγωγικότητας των εδαφών.

Η παγκόσμια εξίσωση της απώλειας του εδάφους λόγω διάβρωσης USALE (Universal Soil Loss Equation) προτάθηκε από τους Wischmeier and Smith, 1978 και είναι :

$$E = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

Όπου

E = Η απώλεια του εδάφους σε τόνους /εκτάριο.

R = Οι επιδράσεις του κλιματικού παράγοντα. Υπολογίζεται με τη βοήθεια του τύπου του Fournier $R = \Sigma p^2/P$, όπου p η μηνιαία βροχόπτωση και P η μέση ετήσια βροχόπτωση.

K = Η διαβρωσιμότητα του εδάφους ενός συγκεκριμένου εδαφικού ορίζοντα που εκφράζεται ως απώλεια εδάφους, ανά μονάδα βροχόπτωσης – απορροής και κατά πειραματικό τεμάχιο, όπως αυτό καθορίστηκε στα 72,6 πόδια (22,1 m) με ομοιόμορφη κλίση 9%.

L = Το μήκος του κεκλιμένου εδάφους.

S = Η κλίση (%) του κεκλιμένου εδάφους.

C = Ο παράγοντας της φυτικής κάλυψης. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει φυτική κάλυψη, κατά τη διάρκεια της βροχόπτωσης παίρνει την τιμή 1.

P = Παράγοντας μεθόδου αντιδιαβρωτικής προστασίας εδάφους.

Η παραπάνω εξίσωση προέκυψε από τη στατιστική επεξεργασία στοιχείων από παρατηρήσεις σε καλλιεργούμενα εδάφη και αφορά την αυλακωτή διάβρωση. Με την εξίσωση αυτή υπολογίζονται οι μέσες ετήσιες απώλειες εδάφους, για ειδικούς συνδυασμούς φυσικών και τεχνητών συνθηκών. Θα πρέπει να περιλαμβάνει παράγοντες που οι τιμές τους για μια ορισμένη τοποθεσία να είναι δυνατόν να εκτιμηθούν από τα διαθέσιμα στοιχεία. (Η. Παρούσης, Σ. Αλεξανδρίδης, Α. Σιμώνης, 1990). Η μεγαλύτερη δυσκολία εφαρμογής της εξίσωσης USALE αφορά τον υπολογισμό του συντελεστή διαβρωσιμότητας (K) του εδάφους. Για την αποφυγή αυτής της δυσκολίας έχουν προταθεί κατά καιρούς διάφορες τροποποιήσεις στον υπολογισμό αυτό του συντελεστή.(N. Συλλαίος, 1990).

Η USALE παρουσιάζει συχνά ορισμένες σοβαρές αδυναμίες που οφείλονται κατά βάση σε λανθασμένες εκτιμήσεις των παραγόντων που την ορίζουν.

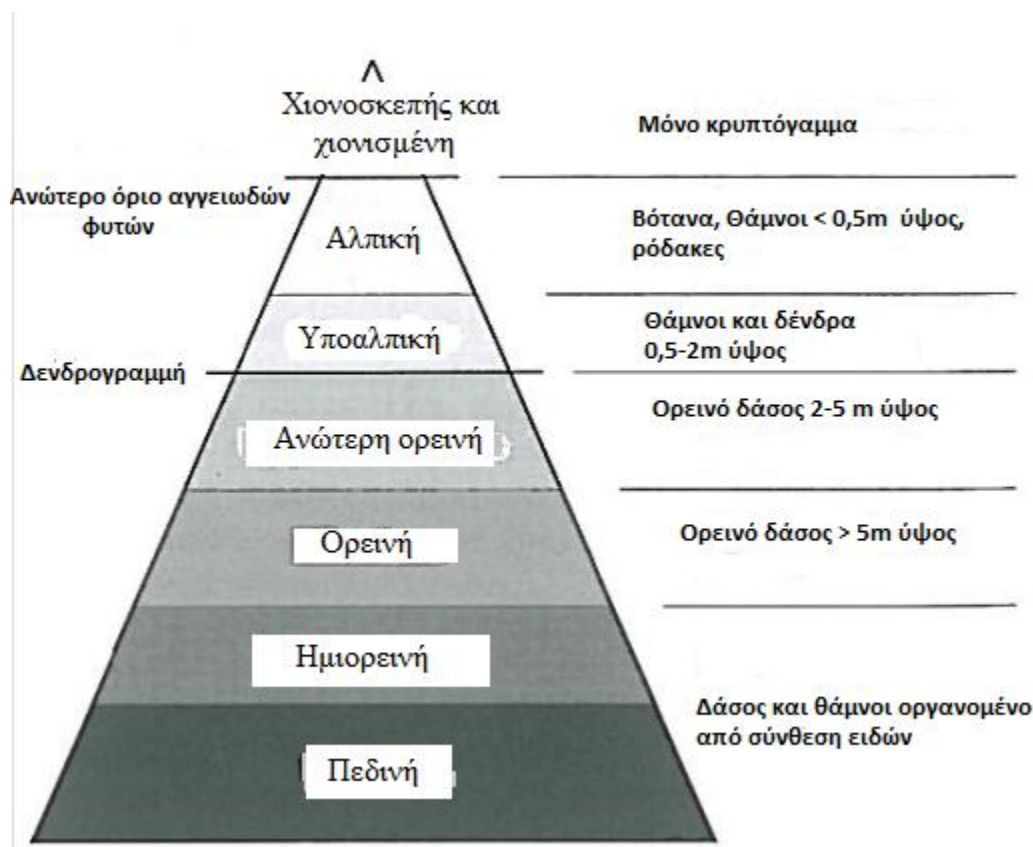
5 Σχέση τοπογραφίας με βλάστηση και ζώα

Η τοπογραφία επηρεάζει τα ζώα και τα φυτά με μερικούς θεμελιώδεις και πάρα πολλούς έμμεσους τρόπους. Το υψόμετρο, όπως και το γεωγραφικό πλάτος, ενεργεί μέσω κλιματικών συνθηκών και ασκεί σημαντική επιρροή στην κατανομή και την αφθονία των έμβιων όντων. Οι υψομετρικές ζώνες βλάστησης αντικατοπτρίζουν υψομετρικές κλιματικές ζώνες. Επιπλέον, τα ζωικά και φυτικά είδη που κατοικούν σε ορεινά περιβάλλοντα είναι εν μέρει κάτω από ισχυρές κλιματικές επιρροές. Η υψομετρική δέντροστοιχία είναι ένα εντυπωσιακό χαρακτηριστικό, που σηματοδοτεί την μετάβαση από το δάσος προς την αλπική βλάστηση. Είδη ζώων μπορεί επίσης να δηλώνουν υψομετρικές ζώνες. Η διαμόρφωση του εδάφους, που συμπεριλαμβάνει τέτοιες ιδιότητες, όπως η κλίση, ο προσανατολισμός, και οι ακολουθίες πλαγιών, επηρεάζει τα έμβια όντα. Η έκθεση της κλίσης οδηγεί σε διαφορές των φυτών και, μερικές φορές, των ζώων μεταξύ των ηλιόλουστων και σκιερών πλευρών των βουνών και των λόφων, όπως και σε μικρότερης κλίμακας, διαφορές σ' αυτά τα χαρακτηριστικά σε αμμόλοφους. Η κλίση πλαγιών επηρεάζει τη ζωή ανάλογα με το βαθμό της αλλά και ανάλογα με τα αντιπροσωπευτικά στοιχεία που συνδέονται με την πλαγιά σε μια αλληλουχία τόπων. Η μικροτοπογραφία έχει μεγάλη επιρροή στον καθορισμό ορισμένων βασικών διαδικασιών βλάστησης, όπως βλαστική ικανότητα, και μπορεί να επηρεάσει την ιστορία της κατανομής της ζωής και ορισμένων ζωικών ειδών. Η τρισδιάστατη εδαφική διαμόρφωση επηρεάζει τα ζώα και τα φυτά. Η βλάστηση, για παράδειγμα, συνήθως ποικίλει σε όρμους, πλαγιές, και κορυφές. Στοιχεία διαμόρφωσης τοπίου - μονοπάτια, διάδρομοι, μωσαϊκά και διασυνδέσεις - ασκούν σημαντικούς περιορισμούς σχετικά με την κατανομή των φυτών και των ζώων, την αφθονία, την ποικιλία, την κίνηση και τη δυναμική των πληθυσμών.

Από πολύ παλιά οι ερευνητές γνώριζαν ότι με την προοδευτική άνοδο σε βουνοπλαγιές συναντάμε διαφορετικές ζώνες ζωής και βλάστησης.

Οι ορεινοί όγκοι, όπως τα μεμονωμένα βουνά, εμφανίζουν υψομετρικές ζώνες ζωής. Επιπλέον, ειδικά αν διατρέχονται από βορρά προς νότο, παρουσιάζουν τοπικές επιπτώσεις από το γεωγραφικό πλάτος και μήκος.

Σήμερα, έχουν καθιερωθεί οι βασικές υψομετρικές ζώνες βλάστησης όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα που με αύξουσα σειρά είναι : lowland (πεδινή) submontane (ημιορεινή), montane (ορεινή), Upper montane (πάνω ορεινή), subalpine (υποαλπική), alpine (αλπική), subnival (χιονισμένη) , και nival (χιονοσκεπής). Ωστόσο, οι λόγοι για τους οποίους έγινε αυτός ο διαχωρισμός στις ζώνες βλάστησης δεν έχουν αιτιολογηθεί πλήρως, γι' αυτό ο διαχωρισμός στις ζώνες βλάστησης αποτελεί ακόμη αντικείμενο συνεχούς έρευνας.



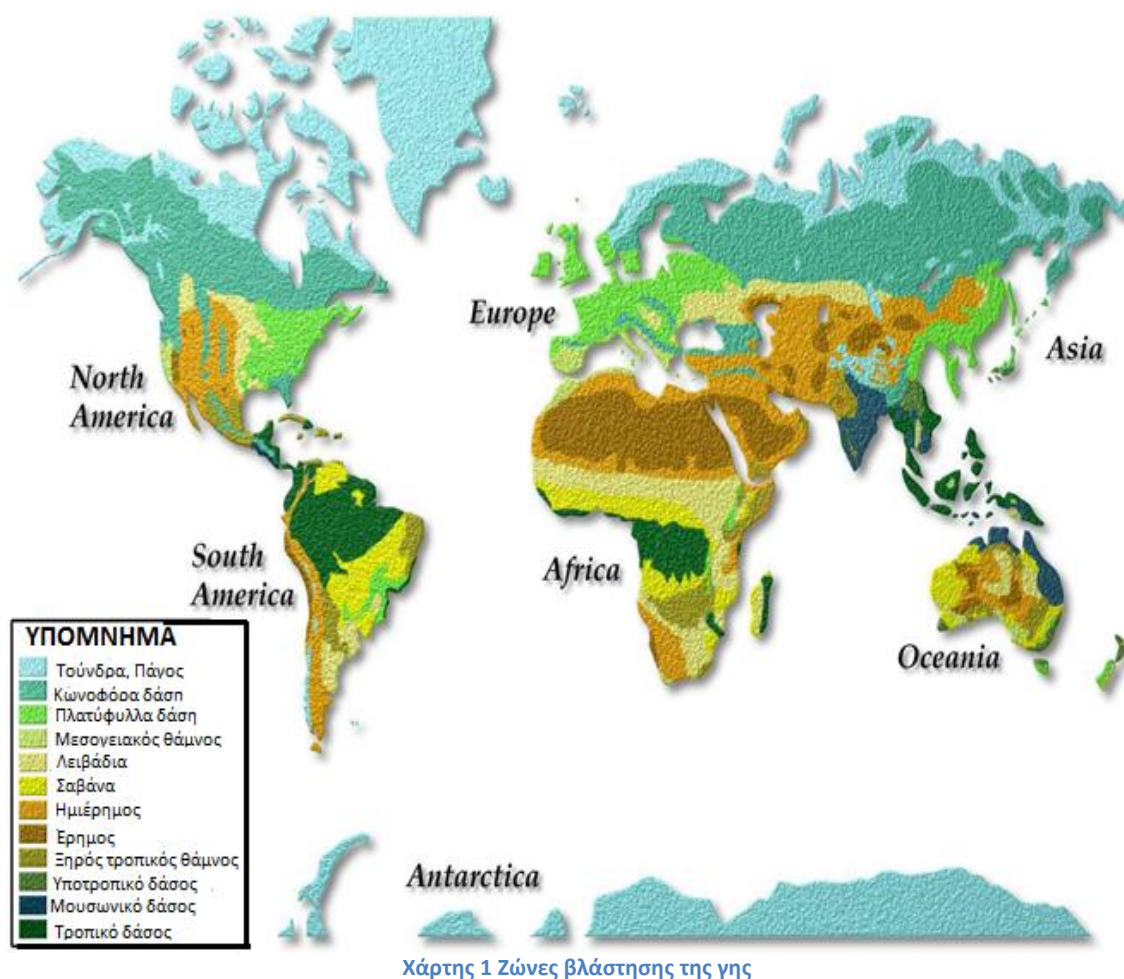
Σχήμα 6 Υψομετρικές ζώνες βλάστησης. Τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά της βλάστησης αναφέρονται σε τροπικά και εύκρατα θερμο-ωκεάνια νησιά, αλλά θα είναι παρόμοιες σε πολλά άλλα βουνά. (Προσαρμογή από Leuschner, 1998.)

Μελέτες στο όρος Kinabalu στο Β. Βόρνεο και στις Άνδεις κατέδειξαν πως το υψόμετρο και το γεωγραφικό πλάτος δρουν από κοινού για να συμβάλουν στη διαμόρφωση των ορεινών ζωνών βλάστησης.

Οι ομάδες των φυτών στο όρος Kinabalu αλλάζουν με την αύξηση του υψομέτρου ,και σε μικρότερο βαθμό με την αλλαγή του προσανατολισμού (Kitayama 1992).

Οι ορεινοί όγκοι, όπως τα μεμονωμένα βουνά, εμφανίζουν υψομετρικές ζώνες ζωής. Επιπλέον, ειδικά αν εξεταστούν από βορρά προς νότο, παρουσιάζουν τοπικές επιπτώσεις από το γεωγραφικό πλάτος και μήκος. Η βλάστηση των Άνδεων παρουσιάζει, αυτό το μείγμα των διαβαθμίσεων υψομέτρου και γεωγραφικού πλάτους και διαμήκεις επιδράσεις .

Γενικότερα η κατανομή της χλωρίδας και της πανίδας εξαρτάται κυρίως από τη θερμοκρασία αλλά επηρεάζεται σημαντικά και από το γεωγραφικό πλάτος και μήκος ενός τόπου και τις τοπικές συνθήκες της περιοχής. Στον παρακάτω χάρτη απεικονίζονται οι ζώνες βλάστησης της γης όπου διαπιστώνονται οι ομοιότητες και οι διαφορές ανάλογα με το γεωγραφικό μήκος και πλάτος .



Στο χάρτη φαίνεται το είδος της βλάστησης που συναντάμε στις κλιματικές ζώνες της Γης η οποία φυσικά επηρεάζει και την πανίδα.

- Στην πολική ζώνη, συναντάμε τη φυτική διάπλαση της τούνδρας (μόνο το καλοκαίρι - στη βόρεια πολική ζώνη) που λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας επικρατεί μόνο η ανθεκτική στο κρύο βλάστηση δηλαδή βρύα και λειχήνες. Τα ζώα που μπορούν να ζήσουν σε αυτή τη βλάστηση είναι ο τάρανδος, ο λύκος, η πολική αλεπού και αρκούδα, ο λαγός κλπ
- Στην εύκρατη ζώνη και νότια της τούνδρας συναντάμε την тайγκα, δηλαδή δάση από κωνοφόρα δέντρα(πεύκα, έλατα κ.ά.) Την тайγκα τη συναντάμε σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο. Μετά την тайγκα κυριαρχούν τα φυλλοβόλα δάση και οι στέπες, δηλαδή λιβάδια με ξηρό κλίμα.
- Στην εύκρατη ζώνη αναπτύσσεται και η μεσογειακή βλάστηση, που χαρακτηρίζεται από μεικτά δάση, θάμνους, ελιές κλπ. Στη ζώνη αυτή συναντάμε κυρίως κατοικίδια και ζώα που ζουν ελεύθερα στη φύση.
- Τέλος στην τροπική ζώνη, συναντάμε το τροπικό δάσος που είναι γνωστό και σαν ζούγκλα και χαρακτηρίζεται από ψηλή βλάστηση εξαιτίας των πολλών βροχών. Επίσης αναπτύσσεται η σαβάνα σε ημιλιβαδικές εκτάσεις από φυλλοβόλα αγκαθωτά δέντρα με μικρά φύλλα, θάμνους και πόες. Στη σαβάνα ζουν ελέφαντες, ζέβρες, τίγρεις, λιοντάρια γεράκια, γύπες κ. α. Στις ξηρές περιοχές αναπτύσσεται και εδώ, όπως και στην εύκρατη ζώνη, η φυτική διάπλαση της στέπας, ιδίως κατά την εποχή των βροχών. Αυτή αποτελείται από μικρούς θάμνους και μικρά δέντρα και φιλοξενεί χορτοφάγα ζώα(άλογα, καμήλες κ. ά.), τρωκτικά, σαύρες και φίδια.



Εικόνα 14 Γορίλλας του βουνού στον Εθνικό Δρυμό Virunga.

Δέντρο-γραμμές είναι τα όρια απότομης διαβάθμισης μεταξύ οικολογικών κοινοτήτων, που φαίνονται με μια ματιά και σηματοδοτούν αλλαγές στις κυρίαρχες μορφές ζωής, συνιστούν δε ένα είδος διακόπτη ανάμεσα σε μέτριες έως σκληρές περιβαλλοντικές συνθήκες. Φαίνονται στο πολικό όριο μεταξύ των ζωνών βλάστησης τάιγκα και τούνδρα στο βόρειο ημισφαίριο (δενδρογραμμές γεωγραφικού πλάτους) και στο όριο μεταξύ υποαλπικής βλάστησης και χαμηλής ανάπτυξης αλπικής βλάστησης στα βουνά (ανώτερες υψομετρικές δέντρο-γραμμές). Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως όταν ένα δασώδες βουνό βρίσκεται σε μια έρημο, εμφανίζονται ανεστραμμένες ή χαμηλότερες οι υψομετρικές δέντρο γραμμές. Μερικές δέντρο-γραμμές είναι απότομες, με όχι περισσότερο από μερικά μέτρα χωρίζουν δασώδεις και άδενδρες περιοχές. Μερικές είναι κλιμακωτές παραμένοντας ίδιες για εκατοντάδες χιλιόμετρα μέχρι να αλλάξουν από συνεχές δάσος σε άδενδρο έδαφος. Είναι εξίσου δύσκολο να εξηγηθούν, αν και δεν υπάρχει καμία έλλειψη των πιθανών μηχανισμών.

Οι επιδράσεις του υψόμετρου στα φυτά είναι πολύπλοκες, επειδή πολλοί περιβαλλοντικοί παράγοντες αλλάζουν μαζί με την αύξηση του υψόμετρου. Παρ' όλα αυτά, υπάρχει, συνήθως, καλός συσχετισμός μεταξύ του υψόμετρου και της αφθονίας και του εύρους των φυτικών ειδών. Μια σημαντική κατεύθυνση έρευνας αφορά τη διάταξη της βλάστησης κατά μήκος των υψομετρικών κλίσεων. Ένα βασικό ζήτημα είναι αν το εύρος των φυτικών ειδών έχει τυχαίες

επικαλυπτόμενες διανομές που σχηματίζουν μια συνέχεια, ή αν αποτελούν έντονα οικοτονικές διακριτές κοινότητες.

Τα υψομετρικά όρια βλάστησης, με βάση τα όρια των ειδών, ποικίλλουν ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος. Το ύψος και ο βαθμός της απομόνωσης ενός βουνού μπορεί επίσης να επηρεάσουν (Grubb 1971), όπως επίσης ο προσανατολισμός και η γωνία κλίσης.

Οι επιδράσεις του υψομέτρου στα ζώα, όπως και στα φυτά, είναι πολύπλοκες. Οι παράγοντες που επηρεάζουν το υψομετρικό εύρος των ζωικών ειδών περιλαμβάνουν το κλίμα, τη βλάστηση, το υπέδαφος, και την ιστορία. Η βλάστηση από μόνη της επηρεάζεται έντονα από το κλίμα, έτσι κάποια υψομετρική οριοθέτηση των ζώων μπορεί να προκύψει από τη μεσολάβηση της βλάστησης. Το κλίμα έχει επίσης άμεσο αντίκτυπο στο εύρος πολλών ειδών ζώων υψομετρικά. Το εύρος ανοχής των περισσότερων ειδών εκτείνεται μέχρι ένα περιορισμένο υψομετρικό όριο, και μόνο λίγα είδη είναι ικανά να ευδοκιμήσουν σε όλη την έκταση των βουνών. Έτσι, παρόλο που δυσχεραίνονται, από τις επιδράσεις της βλάστησης, οι υψομετρικές κλιματολογικές επιρροές πάνω στα ζώα είναι συχνά ισχυρές και έκδηλες στο εύρος και την αφθονία συγκεκριμένων ειδών. Για να αποδειχθεί αυτό ελήφθησαν υπόψη, τα παραδείγματα των μελετών της υψομετρικής κατανομής, των αρουραίων στη Mauna Loa στα νησιά της Χαβάης, και των ζώων σε ανεπτυγμένα από παλιά δάση στο Όρεγκον.

Η έκθεση της πλαγιάς επηρεάζει το τοπικό κλίμα και το μικροκλίμα, το φως, τους ανέμους, και τις συνθήκες του εδάφους. Αυτοί οι περιβαλλοντικοί παράγοντες με τη σειρά τους επηρεάζουν τη βλάστηση. Πλαγιές με βόρειο και νότιο προσανατολισμό σε τροπικές περιοχές εμφανίζουν συνήθως τις χαρακτηριστικότερες αντιθέσεις.

Η έκθεση της πλαγιάς τείνει να παράγει διακριτά σχέδια στη κατανομή των ειδών φυτών. Στο βόρειο ημισφαίριο, φυτά με νότια κατανομή έχουν την τάση να αυξάνονται σε πλαγιές με νότιο προσανατολισμό στο βόρειο άκρο του εύρους τους, ενώ τα φυτά με βόρεια κατανομή έχουν την τάση να αυξάνονται σε βορινές πλαγιές προς το νότιο άκρο του εύρους τους. Ως γενικός κανόνας, ένα φυτό κοντά στην άκρη της κλίμακας κατανομής του τείνει να βρεθεί σε μια πλαγιά που κοιτάζει προς το κέντρο της περιοχής.

Ο προσανατολισμός μιας πλαγιάς καθορίζει τους ανέμους που επικρατούν. Οι Υπήνεμες πλαγιές, ιδιαίτερα στους μεγάλους λόφους και βουνά, συνήθως δεν δέχονται απευθείας βροχές

(βρίσκονται στη σκιά της βροχής). Οι επιπτώσεις της σκιώδους βροχής στη βλάστηση είναι έντονες στο Basin και το Range Province των Ηνωμένων Πολιτειών: τα κλίματα της Great Basin και των βουνών επηρεάζονται από την Σιέρα Νεβάδα, και τα κλίματα στα λιβάδια και τις πεδιάδες είναι ημίξηρα , λόγω της παρουσίας των Βραχωδών Ορέων. Στο Cascades, οι ανατολικές, απάνεμες πλαγιές είναι πιο ξηρές από τις δυτικές, προσήνεμες πλαγιές, κατά συνέπεια, η βλάστηση αλλάζει.

Ο προσανατολισμός λειτουργεί συχνά σε συνεργασία με άλλους τοπογραφικούς παράγοντες, και ιδιαίτερα με το υψόμετρο και την κλίση των πλαγιών, για να επηρεάσει την κατανομή των φυτών (Holland και Steyn 1975). Η έκθεση της πλαγιάς τροποποιεί το υψομετρικό εύρος των δασών κέδρου (*Juniperus excelsa polycarpus*) στα όρη Hajar, στο βόρειο Ομάν (Gardner και Fisher 1996). Ο Κέδρος περιορίζεται στις υψηλότερες περιοχές (το κεντρικό ορεινό όγκο του Jebel Akhdar και τα απομακρυσμένα βουνά του Jebel Qubal και Jebel Kawi), όπου σχηματίζει κυρίως ανοικτές δασώδεις περιοχές. Αναπτύσσεται σε εκτεθειμένες πλαγιές από το 2100 m στην ψηλότερη κορυφή στα 3009 μ., και δεν υπάρχει ανώτερη δέντρο-γραμμή. Στις σκιερές, βορινές πλαγιές, ο κέδρος μεγαλώνει κάτω από τα 1375μ. Τα αειθαλή πλατύφυλλα δάση στο όρος Lopei, στο Ταϊβάν, εμφανίζουν μια μόνο κυρίαρχη υψομετρική διαβάθμιση μεταξύ των 540 m και 1320 m. Ωστόσο, η έκθεση στον άνεμο που σχετίζεται με την τοπογραφία αντιπροσωπεύει επιπλέον παραλλαγή ειδών εντός των υψομετρικών ζωνών, με τις επιπτώσεις της έκθεσης να είναι πιο έντονες σε μεγάλα υψόμετρα (Hsieh et al 1998).

Το γεωγραφικό εύρος ορισμένων ειδών ζώων επηρεάζεται από την έκθεση της πλαγιάς. Στις ορεινές περιοχές των δυτικών ΗΠΑ, οι κοιλάδες τείνουν να βρίσκονται σε ένα άξονα Ανατολής-Δύσης , με συνέπεια, οι με νότιο προσανατολισμό πλαγιές να είναι ξηρότερες και θερμότερες από τις γειτονικές βορινές πλαγιές. Αυτές οι μικροκλιματικές διαφορές επηρεάζουν έντονα τη διανομή των ζώων και των φυτών.

Οι πλαγιές όλων των κλίσεων επηρεάζουν τα μικροκλίματα σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό. Συχνά εξηγούνται ορισμένα χαρακτηριστικά στην κατανομή των ζώων και των φυτών όταν συνδυάζεται η έκθεση μιας πλαγιάς με τη διαβάθμισή της κλίσης της. Δύο περιπτώσεις στις πλαγιές αξίζουν περισσότερη προσοχή , οι απότομες και οι αλληλοδιάδοχες πλαγιές.

Οι απότομες πλαγιές επηρεάζουν άμεσα τα ζώα, προσφέροντας ένα ξεχωριστό οικότοπο και έμμεσα μέσω των τοπικών κλιματικών επιπτώσεων. Υπό τις κατάλληλες συνθήκες, οι απότομες πλαγιές σχετίζονται με την ανάπτυξη των θερμικών, στήλες ανύψωσης του αέρα, που μπορεί να βοηθήσουν τα ζώα που πετούν. Τα θερμικά βοηθούν στα ύψη τα πουλιά, όπως γύπες, γλάροι, και αετοί (Pennycuick 1973). Στην Ινδία, οι κάθετοι τοίχοι στις πόλεις απορροφούν νωρίς το πρωί ηλιακή ακτινοβολία, ζεσταίνονται, και παράγουν θερμό αέρα που αρχίζει να ανυψώνεται. Οι Γύπες αρχίζουν να ανυψώνονται στις πόλεις μια ώρα νωρίτερα από ό, τι στην ύπαιθρο (Cone 1962).

Οι απότομες πλαγιές επηρεάζουν τα ζώα με τη φυσική τους παρουσία και τη συμβολή τους στην τοπογραφική ανομοιογένεια σε μια περιοχή. Πολλά θηλαστικά είναι προσαρμοσμένα να ζουν σε απότομες πλαγιές σε ορεινό έδαφος. Στην Ευρώπη, το αγριόγιδο (*Rupicapra rupicapra*), και το αλπικό αγριοκάτσικο (*Capra ibex ibex*) είναι απόλυτα προσαρμοσμένα να ζουν σε απόκρημνα και βραχώδη εδάφη. Μερικά ζώα και τα φυτά ανταποκρίνονται σε μικρής κλίμακας διαφοροποιήσεις σε τοπογραφικούς παράγοντες. Τέτοια είδη είναι σε θέση να εκμεταλλευτούν μικρής κλίμακας μεταβολές στις συνθήκες του περιβάλλοντος που συνδέονται με την μικροτοπογραφική παραλλαγή. Για τα φυτά, η υγρασία του εδάφους και τα επίπεδα pH, τα οποία αντικατοπτρίζουν άλλες ιδιότητες του εδάφους, είναι συχνά βασικοί παράγοντες. Για τα ζώα, μικρής κλίμακας διαφορές στο ανάγλυφο μπορεί να είναι σημαντικές – μικρές ράχες, για παράδειγμα, μπορεί να προσφερθούν ως καταφύγιο κατά τη διάρκεια μιας καταιγίδας που πέφτει σε μικρές κοιλάδες. Μικρής κλίμακας διαφορές στον προσανατολισμό, με ταυτόχρονες διαφορές στα μικροκλίματα, χρησιμοποιούνται από ορισμένα είδη ζώων.

Η κατανομή της βλάστησης ίσως επηρεάζεται από τη μορφή του περιγράμματος της κοιλότητας του εδάφους, η οποία (μορφή) ποικίλει ανάλογα με το μέγεθος της λωρίδας ανάμεσα στις γραμμές ροής της πλαγιάς. Οι γραμμές ροής της πλαγιάς συγκλίνουν στα βαθουλώματα (κοιλότητες), αποκλίνουν στις προεξοχές (λοφίσκους) και ευθυγραμμίζονται ή κινούνται παράλληλα με τις πλευρές των πρανών. Οι διαφορετικές διαστάσεις των λωρίδων ανάμεσα στις γραμμές ροής, επηρεάζουν την υγρασία του εδάφους ανεξάρτητα από τον προσανατολισμό της πλαγιάς. Οι κοιλότητες τείνουν να είναι υγρές, οι προεξοχές στεγνές και οι πλευρές των πρανών σε ενδιάμεση κατάσταση. Η κατανομή της βλάστησης καταγράφει αυτές τις διαφορές στην υγρασία του εδάφους. Οι επιδράσεις της μορφής του περιγράμματος καμπυλότητας του εδάφους

στην κατανομή της βλάστησης δεν έχουν ερευνηθεί πλήρως, αλλά η κλασική μελέτη του Hack και Goodlett (1960) και μεταγενέστερα χαρτογραφικά δεδομένα που αναρτήθηκαν στον ιστότοπο τους (Osterkamp et al 1995) δείχνουν τη σπουδαιότητα αυτού του τοπογραφικού παράγοντα. Ο αυξανόμενος αριθμός των εργασιών που χρησιμοποιούν ψηφιακά υψομετρικά μοντέλα, για να βοηθήσουν στην κατανόηση της κατανομής της βλάστησης, κανονικά περιλαμβάνουν ως παράμετρο τη μορφή του περιγράμματος καμπυλότητας του εδάφους.

Μέχρι τώρα αναφερθήκαμε γενικά στη σχέση της ζωής με τις τοπογραφικές μεταβλητές (κλίμα, υψόμετρο, γεωγραφικό πλάτος) όπως θα πρέπει να επισημανθεί ότι η κατανομή των ζώων και των φυτών επηρεάζεται και από άλλες γεωγραφικές ιδιομορφίες, τέτοιες είναι τα μπαλώματα τοπίου, οι διάδρομοι, τα μωσαϊκά και οι διασυνδέσεις τοπίων. Η βλάστηση όπως προαναφέρουμε επηρεάζεται από της ιδιότητες και το σχήμα του τοπίου. Πάνω σε αυτή τη λογική μπορούμε να πούμε ότι οι ιδιότητες του τοπίου μας βοηθούν να προβλέψουμε και τη βλάστησή του. Έχουν γίνει έρευνες προς αυτή την κατεύθυνση με πολύ καλά αποτελέσματα.

6 Σχέση τοπογραφίας με τον άνθρωπο

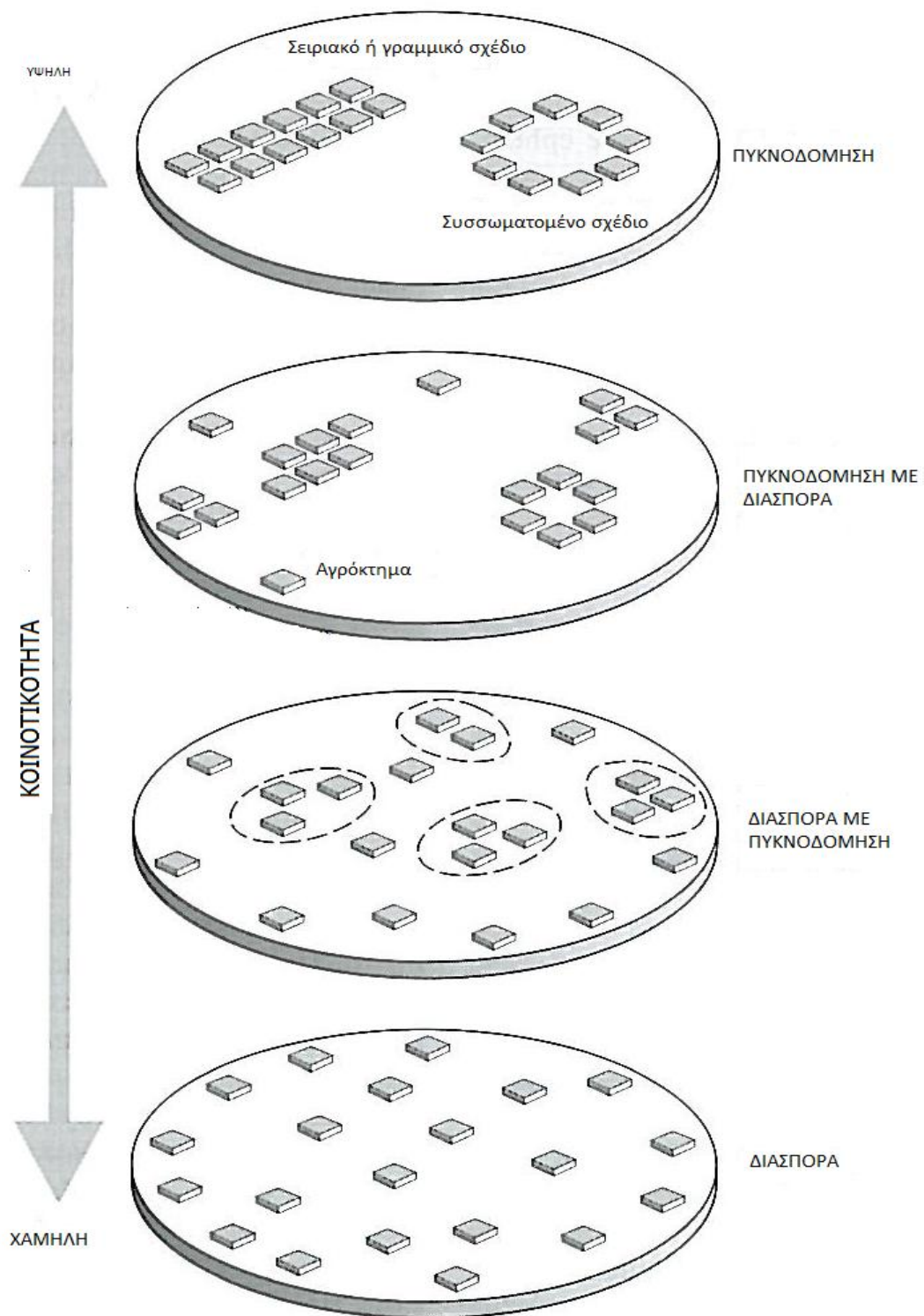
Παρόλο που η κάλυψη της γης από ανθρώπους είναι μετακινούμενη μεγάλα τμήματα ανθρώπινης ζωής εμφανίζονται στο ίδιο μέρος για μεγάλο χρονικό διάστημα

Όπου έζησαν ή ζουν άνθρωποι παρατηρούνται έξι βασικά στοιχεία της ανθρώπινης παρουσίας. Κατ' αρχάς, μπορεί να βρεθούν ανθρώπινες κατοικίες ή κατασκευές σε οποιαδήποτε μορφή. Δεύτερον μπορεί να διακριθούν δρόμοι που συνδέουν τις κατοικίες. Τρίτο και τέταρτο, θα μπορούσε να παρατηρηθούν καλλιεργημένα χωράφια και οικόσιτα ζώα καθώς και η παραγωγική χρήση της γης. Πέμπτον, θα μπορούσαν να βρεθούν φυσικές αποδείξεις της «οικονομικής λεηλασίας» - λατομεία, άκρες-σωρών, καμινάδες, και ούτω καθεξής. Και έκτο, θα μπορούσαν να βρεθούν τα «πραγματικά περιστατικά μιας καταστροφικής οικονομίας» - κατεστραμμένα δάση, πεδία μαχών, και, αν και δεν είναι ίσως εμφανές από μια εναέρια έρευνα, την αλιεία και την εξάντληση πρόσφατα εξαφανισμένων ζώων και πτηνών. Στο ερώτημα πως η ανθρώπινη παρουσία επηρεάζεται από την τοπογραφία απαντήθηκε ήδη παλαιότερα από γεωγράφους οι οποίοι έχουν αναγνωρίσει ότι τα τοπογραφικά στοιχεία ασκούν μεγάλη επιρροή στην τοποθέτηση των οικισμών, των δρόμων, στη γεωργία, στη βιομηχανία, κοκ.

Η φυσική γεωγραφία και η ανθρώπινη γεωγραφία έχουν μια δύσκολη σχέση παρά τις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στους ανθρώπους και το περιβάλλον τους. Η μελέτη του ανθρώπου σε σχέση με την τοπογραφία θα πρέπει να διερευνήσει τις τοπογραφικές επιρροές όσον αφορά τους εποικισμούς και τις διαδρομές, τη γεωργία, την καταστροφή και τη διατήρηση του περιβάλλοντος, και, τέλος, τους ίδιους τους ανθρώπους.

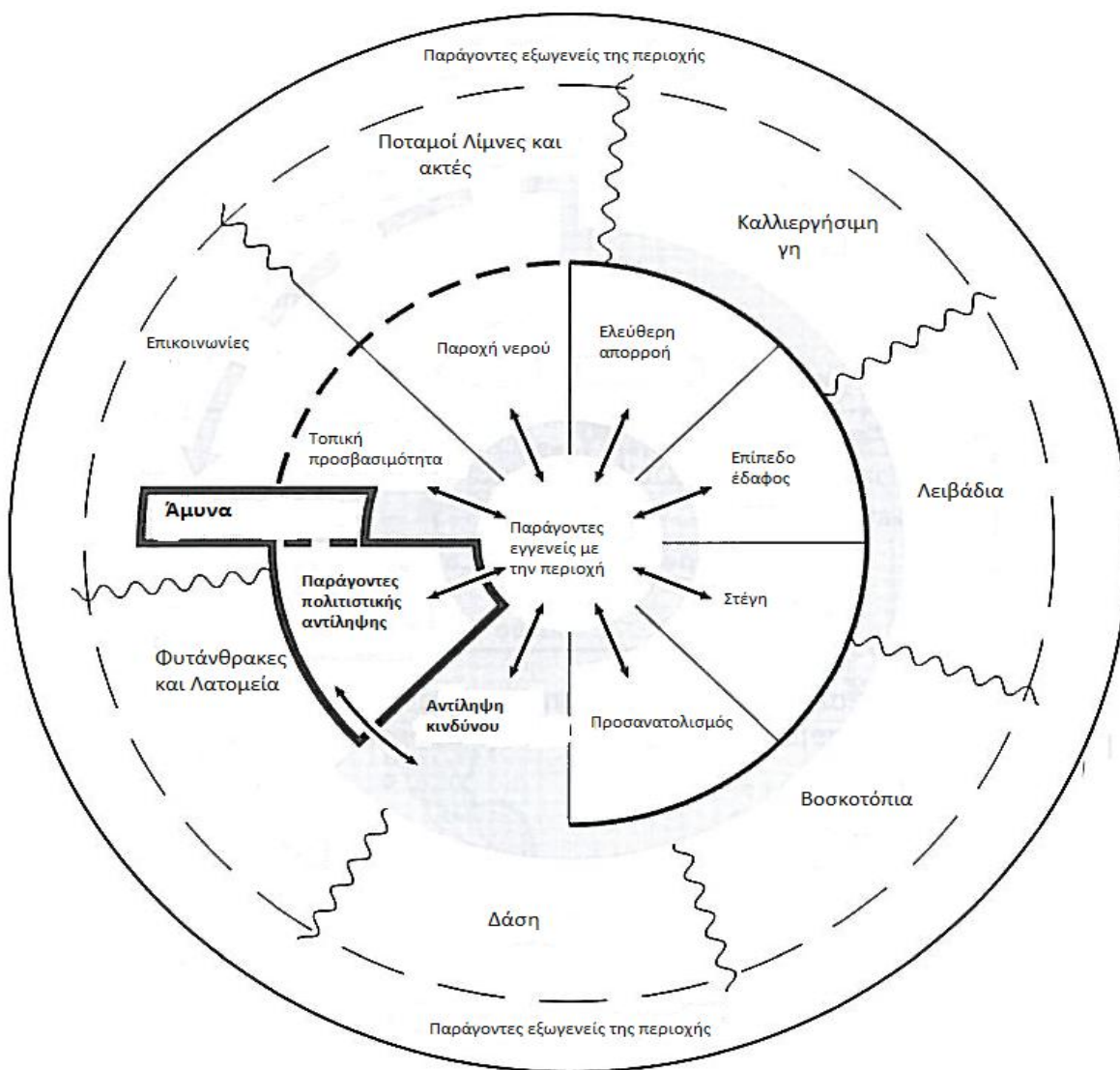
Ανθρώπινοι οικισμοί είναι τα μέρη όπου οι άνθρωποι ζουν - μεμονωμένες κατοικίες, αγροικίες, τα κτίρια, οικισμοί, χωριά, κωμοπόλεις, πόλεις, και μητροπόλεις. Είναι η φυσική εκδήλωση της κοινωνικής οργάνωσης του χώρου (Roberts 1996). Πριν από την έλευση της γεωργίας, το κυνήγι και οικονομίες συλλογής ανάγκαζαν τους ανθρώπους να κινούνται ανάλογα με τις εποχές. Οι οικισμοί ήταν εφήμεροι και προσωρινοί, εκτός εάν η αλιεία ήταν η κύρια πηγή της τροφής. Η Γεωργία άνοιξε το δρόμο για μόνιμους οικισμούς. Λίγοι οικισμοί, όπως τα στρατόπεδα και οι χώροι στάθμευσης τροχόσπιτων, εξακολουθούν να είναι προσωρινοί, αλλά στη μεγάλη πλειοψηφία τους είναι μόνιμοι και έχουν υπάρξει στον ίδιο τόπο για αιώνες ή ακόμα

και χιλιετίες. Τα μεγάλα πληθυσμιακά κέντρα στην Ελλάδα έχουν παραμείνει στην ίδια θέση σε πολλές περιοχές της χώρας. Η εγκατάλειψη ενός οικισμού είναι κοινή. Μπορεί να προκύψει σε περιόδους κρίσης, όπως δείχνουν τα ερειπωμένα μεσαιωνικά χωριά στην Αγγλία, ή μέσα από μια πιο σταδιακή αλλαγή στο περιβάλλον. Όλοι οι οικισμοί, προσωρινοί και μόνιμοι, έχουν μια μορφή και μια τοποθεσία. Μορφή του οικισμού είναι η διάταξη και η δομή των κτιρίων μέσα σε μια μεγάλη ή μικρή περιοχή (σε ένα αγρόκτημα, ένα χωριουδάκι, ένα χωριό, μια μικρή ή μια μεγάλη πόλη). Τοποθεσία οικισμού είναι ο τόπος όπου ιδρύθηκε και καθορίζεται με συντεταγμένες. Οι μορφές οικισμών που σημειώνονται πάνω στο έδαφος και η χωρική κατανομή τους ονομάζεται σχέδιο οικισμού. Τα σχέδια των οικισμών διακρίνονται από τη σύγκριση των σχετικών θέσεων των διαφόρων οικισμών σε σχέση με τους άλλους όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 7 Σχέδια οικισμών πυκνοδομημένα (με πυρήνα) ή αραιοδομημένα (διάσπαρτα) αλλά και με συνδυασμούς πυκνής και αραιής δόμησης. Η πυκνωση και η διασπορά τείνει να αλλάζει με το χρόνο. Τα μεμονωμένα τμήματα αφορούν αγροικίες. (After, Roberts 1987).

Βασικά ερωτήματα που προκύπτουν είναι : γιατί οικισμοί βρέθηκαν σε συγκεκριμένα μέρη, γιατί ορισμένοι οικισμοί έχουν πυκνό πυρήνα σε μια περιοχή ενώ άλλοι είναι πιο διάσπαρτοι, και γιατί εγκαταστάθηκαν σε ορισμένες περιοχές και όχι σε άλλες. Τρεις βασικοί παράγοντες βοηθούν στην απάντηση αυτών των ερωτημάτων: το φυσικό περιβάλλον, και ειδικά η τοπογραφία. Κοινωνικοί και πολιτιστικοί παράγοντες. Γεωργικοί και οικονομικοί παράγοντες. Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει τους παράγοντες που έχουν τη δυνατότητα να επηρεάσουν τη χωροθέτηση των παραδοσιακών αγροτικών οικισμών.



Σχήμα 8 Ξεχωριστοί αλλά αλληλένδετοι παράγοντες οι οποίοι επιδρούν στους παραδοσιακούς αγροτικούς οικισμούς. (Roberts 1996)

Εγγενείς παράγοντες για την επιλογή της τοποθεσίας περιλαμβάνουν την ύδρευση, την δωρεάν αποχέτευση, την επίπεδη γη ,στέγη, τον προσανατολισμό ,την τοπική προσβασιμότητα, και εμφανή πολιτισμικά χαρακτηριστικά. Παράγοντες εξωγενείς από την τοπική κατάσταση περιλαμβάνουν επικοινωνίες, φορείς νερού, τη γεωργία, τα δάση, τα λατομεία, ορυχεία κ.α.

Οι φυσικές συνθήκες επηρεάζουν αναμφισβήτητα τη χωροθέτηση των οικισμών. Η αλληλεπίδραση μεταξύ των ανθρώπων και του φυσικού περιβάλλοντος είναι αμφίδρομη: το περιβάλλον περιορίζει τις ανθρώπινες ενέργειες, αλλά και οι άνθρωποι μπορούν να αλλάξουν το τοπικό τους περιβάλλον και συχνά να τροποποιήσουν το τοπίο όπου εγκαθίστανται. Κόψιμο-και-κάψιμο καλλιεργειών δημιουργεί προσωρινά κενά δάσους. Στο σύγχρονο κόσμο, η μετατροπή των λιβαδιών σε γεωργικές εκτάσεις έχει δημιουργήσει ένα χαρακτηριστικό πλέγμα δρόμων, αγροικιών, και πόλεων. Στις πόλεις, οι άνθρωποι έχουν αλλάξει σχεδόν όλο το φυσικό περιβάλλον, δημιουργώντας χαρακτηριστική αστική τοπογραφία. Παρ' όλα αυτά, οι περιβαλλοντικές συνθήκες ασκούν σημαντική επιρροή στα χαρακτηριστικά των οικισμών.

Η τοποθέτηση των οικισμών είναι ευαίσθητη σε παράγοντες του φυσικού τοπίου. Οι θέσεις των οικισμών συνήθως βρίσκονται κοντά σε πόρους (πλουτοπαραγωγικές πηγές), και ιδιαίτερα, πρώτης ανάγκης, κοντά σε παροχή πόσιμου νερού και τροφής.

Κάθε πόλη είναι κατά κάποιο τρόπο , μοναδική και είναι δύσκολο να γενικεύσουμε τις επιδράσεις του ανάγλυφου στις θέσεις των πόλεων. Για να είμαστε σίγουροι, το ανάγλυφο μπορεί να επηρέασε την αρχική τοποθέτηση και το σχέδιο μιας πόλης όπως επίσης και τη μεταγενέστερή της ανάπτυξη. Οι πόλεις δημιουργήθηκαν αρχικά από ένα πλήθος αιτιών. Συχνά επιλέγονταν τοποθεσίες με φυσικά κριτήρια – κάστρα, περάσματα, γεφύρωση σημείων, συμβολές ποταμών, κόμβοι δρόμων και ούτω καθεξής. Πολλές μεσογειακές πόλεις τοποθετήθηκαν κοντά σε οχυρωμένους λόφους οι οποίοι δεν ήταν ούτε πολύ ψηλοί ούτε απρόσιτοι. Η Αθήνα ξεκίνησε από την θέση της Ακρόπολης και απλώθηκε παντού γύρω. Πολλές άλλες πόλεις αναπτύχθηκαν γύρω από οχυρωμένους λόφους και επιβιώνουν ακόμα στον πυρήνα τους. Το Εδιμβούργο είναι μια τέτοια περίπτωση.

Άλλες πόλεις είναι κτισμένες μεταξύ ενός οχυρωμένου λόφου και ενός γειτονικού παράκτιου οικισμού. Στο Hawagir, η μεγαλύτερη τοποθεσία, αποτελεί εξαίρεση στα παραπάνω κριτήρια χωροθέτησης,, γιατί είναι τοποθετημένο σε θέση που στερείται εξωτερικό τείχος και αμυντική

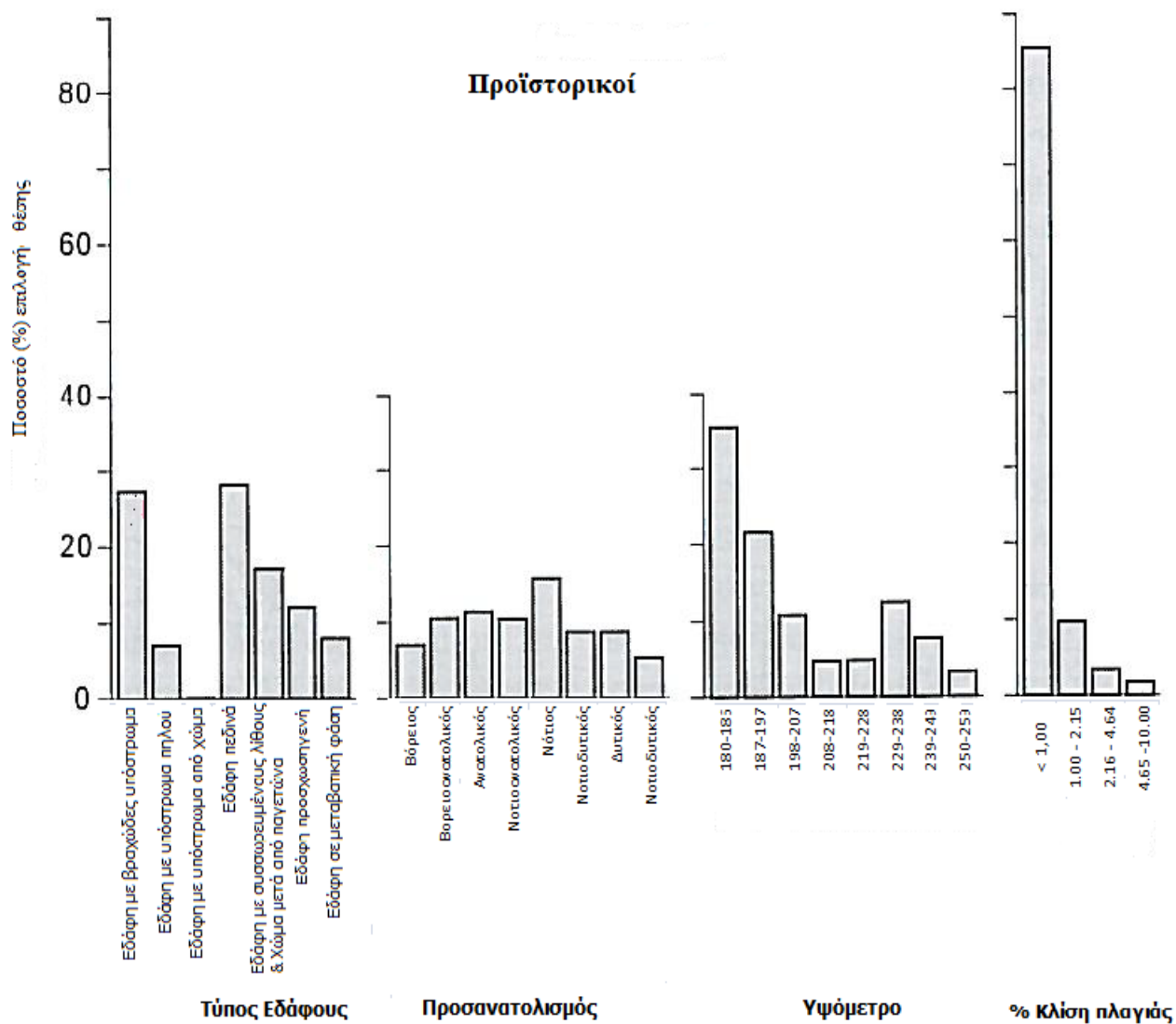
προστασία. Η ανάπτυξή της φαίνεται να αντιστοιχεί με μια μεγάλη καλλιεργημένη πεδιάδα και η θέση της στη σημαντικότερη διαδρομή βορά –νότου. Αυτό το παράδειγμα δείχνει γιατί η κατάσταση – σε αυτή την περίπτωση η δυνητική ύπαρξη γύρω περιοχής για γεωργία και η επικοινωνία- ίσως είναι τόσο σπουδαίο όσο η θέση όταν εξετάζουμε γιατί ένα οικισμός βρέθηκε εκεί..

Πολλές πόλεις είναι τοποθετημένες σε σημεία γεφύρωσης ή διασταύρωσης περασμάτων, άλλες πόλεις είναι τοποθετημένες σε συμβολές ποταμών. Θέσεις δρόμων και διασταυρώσεις τείνουν να προσελκύσουν τη δημιουργία πόλεων .Οι ηλιόλουστες πλαγιές και τα υπήνεμα των κοιλάδων (με νότιο προσανατολισμό και βορινά) επηρεάζουν την τοποθέτηση οικισμών . Σε κοιλάδες των Άλπεων, η διάρκεια της ηλιοφάνειας επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τη χωροθέτηση και την κατανομή των οικισμών (Garnett 1937).

Ίσως τα πιο ενδιαφέροντα ερωτήματα γύρω από τα σχέδια και τα χαρακτηριστικά των οικισμών στρέφονται γύρω από την εξέλιξή τους. Μελέτες σε περιοχές των ΗΠΑ έδειξαν ότι τα σχέδια και τα χαρακτηριστικά προϊστορικών , ιστορικών και σημερινών οικισμών σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά του ανάγλυφου.

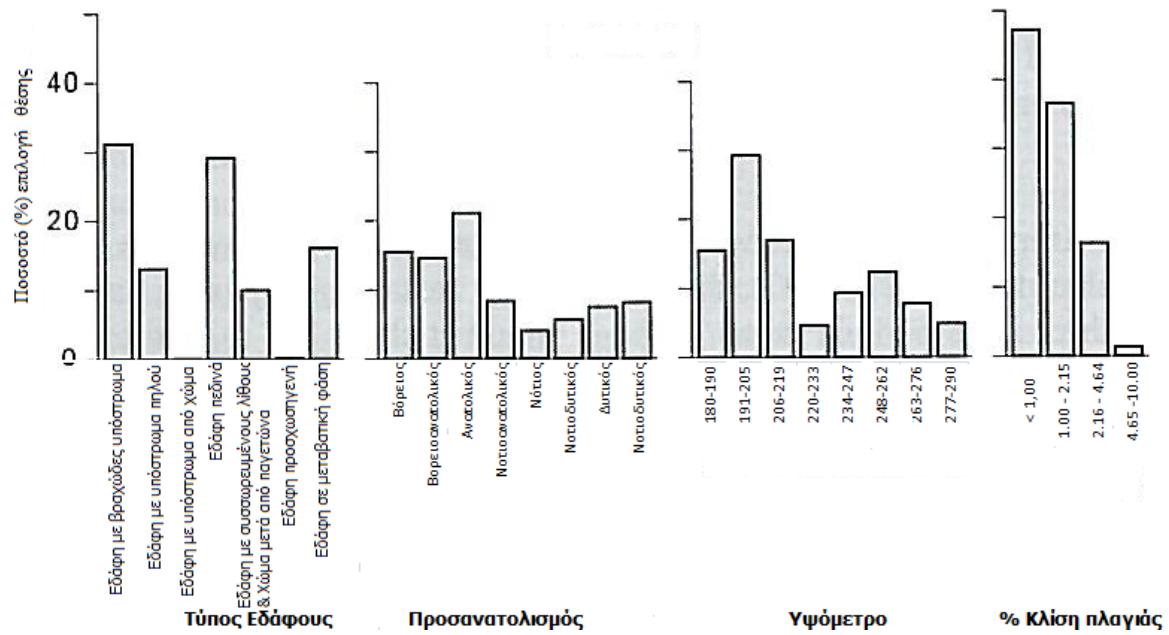
Στα παρακάτω γραφήματα απεικονίζεται η ποσοστιαία τοποθέτηση προϊστορικών, ιστορικών και σημερινών οικισμών, που σχετίζεται:

- με την ένωση διαφορετικού τύπου εδαφών ,
- τον προσανατολισμό,
- το υψόμετρο
- και την κλίση (σχεδιάστηκε από τον Silbernagel et al, το 1997)

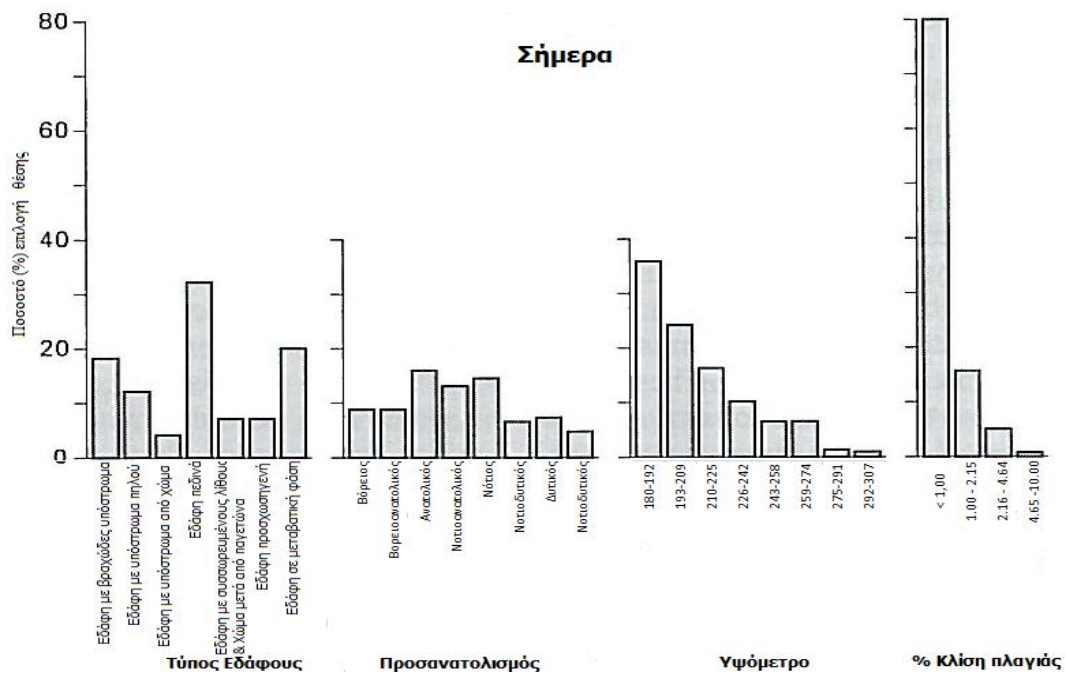


Γράφημα 2 Ποσοστιαία τοποθέτηση προϊστορικών οικισμών

Ιστορικοί



Γράφημα 3 Ποσοστιαία τοποθέτηση ιστορικών οικισμών



Γράφημα 4 Ποσοστιαία τοποθέτηση σημερινών οικισμών

Τα σχέδια αγροτικών οικισμών έχουν επηρεασθεί από το ανάγλυφο. Έχει παρατηρηθεί από καιρό ότι διάσπαρτα χαρακτηριστικά, συνήθως, συνδέονται με ορεινό έδαφος και με άλλες περιοχές με τεμαχισμένο ανάγλυφο, ενώ οικισμοί συχνά επικεντρώνονται σε περιοχές όπου το χαμηλό ανάγλυφο επιτρέπει μια εκτεταμένη και ενιαία γεωργική πρακτική (Vidal de la Blache 1926, 271-318) .

Η ποιότητα και το είδος των εδαφών επίσης επηρεάζουν την κατανομή των οικισμών.

Μια άλλη όψη των οικισμών αφορά τη υποδιαίρεση και διοίκηση των περιοχών μεταξύ τους. Αυτές οι υποδιαιρέσεις διαμορφώνονται εν μέρει από φυσικούς περιορισμούς που υπαγορεύονται από την τοπογραφία.

Παρά το γεγονός ότι τοπογραφία και άλλοι περιβαλλοντικοί παράγοντες επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά των οικισμών, πολιτιστικοί, κοινωνικοί, και οικονομικοί παράγοντες μπορεί να είναι εξίσου ή και περισσότερο σημαντικοί, και σε ορισμένες περιπτώσεις από τους πρωταρχικής σημασίας.

Η παρουσία ενός δρόμου καθορίζεται από ανθρώπινες ανάγκες. Η τοποθέτησή του κατευθύνεται από την τοπογραφία.

Τοπογραφικά εμπόδια είναι δύσκολο να ξεπεραστούν και αναγκάζουν τους δρόμους να ακολουθήσουν συγκεκριμένη κατεύθυνση. Ποταμοί, λίμνες και βουνά μπορεί να χρειάζονται κατασκευαστικές εργασίες ή βοήθεια για να διασχιστούν. Βουνά διαπερνώνται με περάσματα ή σήραγγες



Εικόνα 15 Σήραγγες Πάτρα

Όλοι οι δρόμοι είναι τόσο ευάλωτοι στα στοιχεία της φύσης όσο και οποιοδήποτε άλλο μέρος του ανάγλυφου. Αυτοί ίσως διακοπούν από πλημμύρες, χιόνι, κατολισθήσεις και πεσμένα δένδρα ή να διασπαστούν από μετακινήσεις της γης που σχετίζονται με σεισμούς.



Εικόνα 16 Κατολίσθηση δρόμου στα Ιωάννινα

Τα ποδοπατήματα των ανθρώπων (περπατώντας ή ιππεύοντας) και άλλων ζώων κατά μήκος των μονοπατιών οδηγούν σε διάβρωση του εδάφους. Οποιοσδήποτε έχει περπατήσει κατά μήκος μονοπατιών , ειδικά εκείνων που βρίσκονται σε λόφους, έχουν μια πρώτη εμπειρία του προβλήματος. Το πρόβλημα έχει γίνει οξύ τα τελευταία 20-30 χρόνια καθώς οι άνθρωποι που χρησιμοποιούν ορεινά μονοπάτια είτε περπατώντας είτε ιππεύοντας έχουν αυξηθεί σημαντικά

Ο όρος γεωργία καλύπτει ένα φάσμα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων που αφορούν προμήθεια και παραγωγή τροφίμων .Από τις πολυσχιδείς δραστηριότητες, η παραγωγή των καλλιεργειών είναι ίσως η πιο ευαίσθητη στους τοπογραφικούς παράγοντες, αλλά και η κτηνοτροφία επίσης υπόκειται σε τοπογραφικό επιρροές.

Γνωρίζοντας ότι πολλά φυτά είναι ευαίσθητα στην έκθεση της πλαγιάς, δεν προξενεί εντύπωση το γεγονός ότι αγροτικές καλλιέργειες αντιστοιχούν σε διαφορετικούς προσανατολισμούς. Η έκθεση της πλαγιάς τροποποιεί τα υδρολογικά και ενεργειακά ισοζύγια. τα οποία με τη σειρά τους αλλάζουν την παραγωγικότητα των καλλιεργειών.

Οι ανεμοφράκτες προδίδουν μια ποικιλία από οφέλη , συμπεριλαμβανομένης της αύξησης της παραγωγικότητας. Η παραγωγικότητα σε μια περιοχή ποικίλει, μεταξύ των άλλων, ανάλογα, , με

την απόσταση από ένα φράχτη , με τα πιο παραγωγικά μέρη να βρίσκονται μέσα στην απάνεμη ζώνη του ανεμοφράκτη.

Μερικά συστήματα χρήσεων γης σχηματίζουν γεωργικές αλληλουχίες τόπων οι οποίοι συχνά φανερώνουν λεπτές προσαρμογές στις κλίσεις πλαγιάς, το κλίμα και τα εδάφη.

Στο Leyte των Φιλιππίνων αρκετά οικοσυστήματα χρησιμοποιήθηκαν παραδοσιακά εξ ολοκλήρου από νοικοκυριά για να εξασφαλίσουν την επιβίωσή τους. Αυτά τα οικοσυστήματα εκτείνονται από τη θάλασσα, μέσω της ακτής, προς τις βουνοπλαγιές.. Παραδοσιακά αυτοί εκμεταλλεύτηκαν το γεωργικό σύστημα Kaingin (σύστημα που αναφέρεται στην καύση των δέντρων για σκοπούς καλλιέργειας) το οποίο εναλλάσσει την καλλιέργεια και συνδυάζεται με δραστηριότητες συλλογής προϊόντων δάσους. Τα υδάτινα οικοσυστήματα απέδιδαν πρωτεΐνη, τα παράκτια και τα ημιορεινά αγροτο-οικοσυστήματα παρείχαν άμυλο και τα δασικά οικοσυστήματα προμήθευαν τα νοικοκυριά με καυσόξυλα και κάρβουνα. Αυτό το παραδοσιακό σύστημα ήταν προσαρμοσμένο στους δεδομένους φυσικούς πόρους , με μεγάλες περιόδους αγρανάπαυσης (15 χρόνια) επιτρέποντας την αποκατάσταση της παραγωγικότητας του εδάφους.

Η αλληλουχία θέσεων επηρεάζει τις αποδόσεις ορισμένων ειδών καλλιέργειας. Οι αποδόσεις ποικίλουν από την κορυφή μέχρι τους πρόποδες της πλαγιάς ανάλογα με αλλαγές του τύπου και των ιδιοτήτων του χώματος , οι αγρότες γνωρίζουν αυτές τις διαφορές και φυτεύουν διαφορετικά είδη καλλιεργειών κατά μήκος διασυνδεδεμένων τόπων.

Οι περισσότεροι γεωργικοί γεωσχηματισμοί περιλαμβάνουν γεωργικά μωσαϊκά και «φυσικά» μονοπάτια, διαδρόμους και πλέγματα. Η αγροτική παραγωγή μερικώς εξαρτάται από τη χωρική δομή των γεωργικών μωσαϊκών. Αυτή η σημαντική συσχέτιση εξηγείται από μερικές εφαρμογές γεωργοοικονομικών, και γεωργικών συστημάτων τα οποία σχεδιάστηκαν για να υποβαθμίσουν ή να αντιστρέψουν , επιβλαβείς επιδράσεις από εντατικές γεωργικές πρακτικές και συνακόλουθη υποβάθμιση της γης.

Η πρακτική διατήρησης του περιβάλλοντος απαιτεί να ληφθεί υπόψη ο ρόλος της τοπογραφίας ως περιβαλλοντικός παράγοντας. Λαμβάνοντας υπόψη την τοπογραφική μελέτη με την ευρεία της έννοια για να περιλάβουμε όλα τα χαρακτηριστικά του ανάγλυφου , είναι ισοδύναμο με την οικολογία τοπίου , η οποία θεωρεί ότι η χωρική ετερογένεια και οι χωροταξικές διαδικασίες επηρεάζουν τις οικολογικές διεργασίες.

Έξι μείζονα θέματα οικολογίας τοπίου έχουν συνάφεια με τη διατήρηση των φυτών και είναι : η κατανομή αποθεμάτων, η μορφή των αποθεμάτων ,οι διάδρομοι διατήρησης, τα οριακά αποθέματα, η λειτουργία αποθεμάτων, και περιφερειακές ρυθμίσεις. Αυτά δεν είναι βέβαια τα μόνα θέματα που πρέπει να ληφθούν υπόψη για τη διατήρηση του περιβάλλοντος . Για παράδειγμα η διατήρηση των διασυνδέσεων εδάφους έχει προταθεί ως σημαντικός παράγοντας στο σχεδιασμό κτιρίων.

Οι άνθρωποι σαν άτομα και σαν πληθυσμοί επηρεάζονται από την τοπογραφία. Σαν άτομα οι άνθρωποι προσαρμόζονται για να ζήσουν σε διαφορετικά υψόμετρα και διαφορετικά περιβάλλοντα. Παρ' όλα αυτά οι φυσιολογικές αλλαγές κατά την προσαρμογή σε μεγάλο υψόμετρο δεν μπορεί να αμφισβητηθούν. Ούτε μπορεί οι προσαρμογές του χρώματος του δέρματος και του αναστήματος να προσαρμοστούν στις διάφορες κλιματικές ζώνες.

Βλέποντας το θέμα από την σκοπιά των πληθυσμών κάποιες ανθρώπινες δραστηριότητες σχετίζονται άμεσα ή έμμεσα με την τοπογραφία. Το έδαφος μπορεί να επηρεάσει άμεσα στρατιωτικές εκστρατείες .Μπορεί να επηρεάσει έμμεσα μια σειρά από ανθρώπινες δραστηριότητες , μέσω ενός ενδιάμεσου παράγοντα όπως είναι οι κλιματικές αλλαγές.

Οι τοπογραφικές ιδιότητες μπορεί να μεταβάλλουν τις τοπικές κλιματολογικές εξελίξεις διότι παράγονται χωρικές διαφορές που αποτυπώνονται στην γεωργία τον τουρισμό και σε πολλές άλλες πτυχές του κοινωνικοοικονομικού συστήματος.

Οι άνθρωποι πάντα είναι ικανοί να αναγνωρίσουν περιοχές κατάλληλες για τα οχυρά, τα κάστρα και τις πόλεις τους. Εάν κληθούν να συμμετάσχουν σε μια επίθεση έχουν συνήθως την κοινή λογική να χρησιμοποιήσουν τα πλεονεκτήματα του εδάφους , αν και μερικοί τα χρησιμοποιούν καλύτερα από άλλους.

Η τοπογραφία επιδρά και στην τουριστική κίνηση ενός τόπου άμεσα (ορειβάσια , θαλάσσια μπάνια) και έμμεσα από τις επιδράσεις της πάνω στα καιρικά φαινόμενα (χιόνι και σκι).



Εικόνα 17 Η πίστα σκι «Les couloirs de La Saulire – Courchevel» στη Γαλλία με βόρειο προσανατολισμό

Από την παραπάνω ανάλυση διαπιστώνεται ότι αν και η ακατέργαστη αιτιοκρατία του περιβάλλοντος μπορεί να μην υπάρχει πλέον (έχει πεθάνει), ένας περιβαλλοντικός αναδιαμορφωτής υπάρχει και είναι ακμαίος.

ΜΕΡΟΣ Β

ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ

7 Τοπογραφικά Στοιχεία

Το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος προσδιορίζουν ένα γεωγραφικό πλέγμα για τον εντοπισμό σημείων πάνω στην επιφάνεια της γης. Οι παράλληλοι του γεωγραφικού πλάτους, μερικές φορές απλά ονομάζονται παράλληλοι, εκτείνονται και μετρώνται από ανατολάς προς δυσμάς. Οι μεσημβρινοί είναι γραμμές από βορά προς νότο και προσδιορίζουν το γεωγραφικό μήκος.

Το γεωγραφικό πλάτος καθορίζεται από την γωνιακή απόσταση ενός σημείου από τον ισημερινό – αυτό δείχνει πόσο μακριά βρίσκεται ένα σημείο βόρεια ή νότια του ισημερινού. Μετράται σε μοίρες τόξου από τον ισημερινό (0^0) είτε προς τον βόρειο είτε προς τον νότιο πόλο (90^0). Το αεροδρόμιο του Μαντσεστερ της Αγγλίας βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος $53^0 21' N$. Το διεθνές αεροδρόμιο του Χόμπαρτ της Αυστραλίας βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος $42^0 84' S$.

Το γεωγραφικό μήκος μετράει τη θέση ενός σημείου προς τα ανατολικά ή προς τα δυτικά από τον πρώτο μεσημβρινό αναφοράς (τη γραμμή που ενώνει το βόρειο με το νότιο πόλο και περνά από την παλιά θέση του Βασιλικού Αστεροσκοπείου του Γκρίνουιτς, κοντά στο Λονδίνο). Αυτό εκφράζεται ως η γωνία του τόξου μεταξύ του μεσημβρινού του σημείου αναφοράς και του πρώτου μεσημβρινού. Το αεροδρόμιο του Μάντσεστερ βρίσκεται σε γεωγραφικό μήκος $2^0 17' W$. Το Διεθνές αεροδρόμιο του Χόμπαρτ βρίσκεται σε γεωγραφικό μήκος $147^0 50' E$.

Υψόμετρο, καλείται επίσης και ανύψωση, είναι το ύψος (απόσταση σε ύψος) ενός σημείου προς τα πάνω ή προς τα κάτω από ένα επίπεδο αναφοράς, όπως είναι το επίπεδο της θάλασσας. Το αεροδρόμιο του Μάντσεστερ βρίσκεται σε υψόμετρο 69 μ επάνω, εννοείται από

το επίπεδο της θάλασσας. Το διεθνές αεροδρόμιο του Χόμπαρτ έχει υψόμετρο 4 μ. Η κοιλάδα του θανάτου (Death valley), στην νοτιοανατολική Καλιφόρνια και η νοτιοδυτική Νεβάδα, έχουν υψόμετρο -86μ. Στις θάλασσες και τους ωκεανούς αρνητική τιμή υψομέτρου αναφέρονται συχνά ως το βάθος τους. Η τάφος του Πουέρτο Ρίκο έχει βάθος 9200 μ. Διαφορές στο υψόμετρο χρησιμοποιούνται για να προσδιορίσουν πολλά άλλα τοπογραφικά χαρακτηριστικά όπως η διαβάθμιση και η καμπυλότητα της κλίσης.

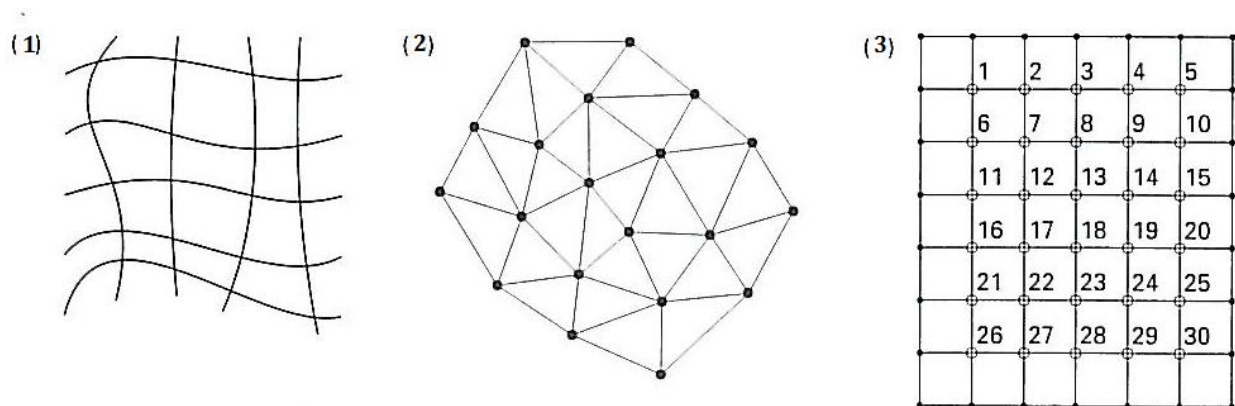
Το 1945, ο Άρθουρ Κ. Κλάρκ, συγγραφέας επιστημονικής φαντασίας, προέβλεψε την εφεύρεση δορυφόρων προσδιορισμού γεωγραφική θέσης. Ο πρόδρομος ενός σύγχρονου διεθνούς συστήματος εντοπισμού θέσης (GPS) αναπτύχθηκε αυθεντικά το 1964 από το ναυτικό των ΗΠΑ για την παρακολούθηση των υποβρυχίων των ΗΠΑ, χρησιμοποιώντας έναν απλό δορυφόρο. Το GPS των ΗΠΑ το οποίο διατηρήθηκε από το τμήμα της άμυνας, τώρα χρησιμοποιεί ένα σχηματισμό από 24 δορυφόρους και ένα διασυνδεδεμένο σύστημα ελέγχου το οποίο επιτρέπει σε ένα κατάλληλο δέκτη ραδιοφώνου να εντοπίσει τη θέση του οπουδήποτε στη γη, και τη μέρα και τη νύκτα. Το ρωσικό παγκόσμιο σύστημα δορυφορικής πλοήγησης (GLONASS) και εντοπισμού θέσης, που δημιουργήθηκε το 1982, θεωρητικά κάνει το ίδιο πράγμα, αλλά αντιμετωπίζει λειτουργικά προβλήματα.

Αρχικά, το GPS των ΗΠΑ εφαρμόστηκε σε στρατιωτικούς σκοπούς, αλλά ένας αυξανόμενος αριθμός μη στρατιωτικών απαιτήσεων είχε εμφανιστεί. Για παράδειγμα το GPS αποδεικνύεται ότι είναι ένα πολύτιμο εργαλείο στη γεωμορφολογία, ειδικότερα όταν αυτή σχετίζεται με γεωμορφολογικά πληροφοριακά συστήματα. (π.χ. Cornelius et al, 1994 ; Twigg 1998). Αυτό επιτρέπει τον προσδιορισμό του γεωγραφικού πλάτους, του γεωγραφικού μήκους και του υψομέτρου, αν και η ακρίβεια του προσδιορισμού με αυτό εξαρτάται από τη μέθοδο που χρησιμοποιείται στην αποτύπωση (απόλυτη, διαφορική ή στατική).

Η περισσότερη κοινή μέθοδος τοπογραφικού χαρακτηρισμού στο παρελθόν χρησιμοποιούσε περιγράμματα και ύψη σημείου σε αναλογικούς χάρτες. Η πηγή πληροφοριών γι' αυτά τα δεδομένα ήταν είτε με βάση τοπογραφικά πεδία ή εξαγωγή από επικαλυπτόμενες στερεοσκοπικές αεροφωτογραφίες. Εν τούτοις τα τελευταία 25 χρόνια έχει αυξηθεί η ανάπτυξη και η χρήση του Γεωγραφικού Συστήματος πληροφοριών (GIS) το οποίο επιτρέπει την εισαγωγή, αποθήκευση και το χειρισμό ψηφιακών δεδομένων τα οποία αντιπροσωπεύουν χωρικά και μη χωρικά στοιχεία της επιφάνειας της γης. Η ψηφιακή απεικόνιση της τοπογραφίας

έχει πιθανώς ελκύσει περισσότερο την προσοχή από οποιοδήποτε άλλο στοιχείο της επιφάνειας της γης. Υπάρχουν πολυάριθμοι τρόποι μοντελοποίησης της χωρικής μορφής της επιφάνειας στην τοπογραφία. Η ψηφιακή αντιπροσώπευση αναφέρεται σε μας είτε σαν ψηφιακά υψομετρικά μοντέλα (DEMs) ή ψηφιακά εδαφικά μοντέλα (DTMs). Ένα DEM είναι μια διατεταγμένη σειρά αριθμών η οποία αντιπροσωπεύει την χωρική κατανομή των προβολών (ανυψώσεων) πάνω από μερικά τυχαία επιλεγμένα σημεία αναφοράς σε ένα τοπίο. (Moore et al. 1993, 8).

Η δομή της οργάνωσης των δεδομένων ενός DEM μπορεί να υποδιαιρεθεί σε: **(1)** περιγράμματα, **(2)** τριγωνικά ακανόνιστα δίκτυα (TINs) και **(3)** κανονικά πλέγματα όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 9 Απεικόνιση της υποδιαίρεσης των δεδομένων ενός DEM

Η διάρθρωση που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από τις πηγές των αρχικών δεδομένων και τις απαιτήσεις της εφαρμογής. Οι μέθοδοι που βασίζονται σε περιγράμματα χρησιμοποιούν γραμμές περιγραμμάτων που αποθηκεύονται σαν ψηφιακά γραμμικά γραφήματα (DLGs) φτιαγμένα σε ζευγάρια στην διάταξη των αξόνων χ και ψ σε συγκεκριμένα ύψη. Στα TINs το δείγμα επιφάνειας συγκεκριμένων σημείων, όπως οι κορυφογραμμές οι κορυφές και οι απότομες αλλαγές κλίσεων, το απλό δίκτυο των σημείων αποθηκεύεται σαν σέτ με διάταξη χ, ψ , ζ το καθένα με δείκτες προς τις γειτονικές του συνδέσεις. (Peucker et al 1978; Mark 1975). Τα TINs είναι φτιαγμένα με όψεις και είναι τρισδιάστατα σχέδια δημιουργημένα από την ένωση τριών παρακείμενων σημείων. Το τρισδιάστατο δημιουργεί μια συνεχή συνδεδεμένη επιφάνεια βασισμένη πάνω σε μια Delauney τριγωνοποίηση. (Weibel and Heller 1991). Απλές μέθοδοι πλεγμάτων (μερικές φορές αναφέρονται σαν πλέγματα DEMs ή υψομετρικοί πίνακες) μπορεί να

χρησιμοποιήσουν τακτικά κατανεμημένα τετράγωνα, ή τριγωνικά ή ορθογώνια πλέγματα. Η επιλογή του μεγέθους του κελιού ή η ανάλυση των δεδομένων εξαρτάται από την εφαρμογή και τον απαιτούμενο τύπο ανάλυσης δεδομένων.

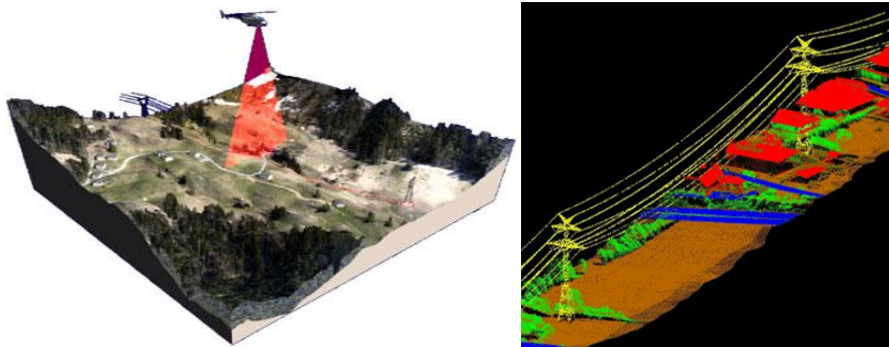
Ένα γεωγραφικό πληροφοριακό σύστημα θα αποθηκεύσει και τις τρεις μορφές των ψηφιακών υψομετρικών μοντέλων και επιτρέπει τον μετασχηματισμό μεταξύ τους. Το να αποφασίσεις ποια μορφή να χρησιμοποιήσεις εξαρτάται από την εφαρμογή και τον απαιτούμενο τύπο ανάλυσης δεδομένων. Τα πλέγματα DEMs είναι συνήθως τα περισσότερο χρησιμοποιούμενα, από τότε που αυτά επιτρέπουν προσθήκες, για υπολογισμό πρόσθετων τοπογραφικών παραμέτρων, και έχουν μια σχετικά απλή δομή η οποία είναι εύκολο να ενσωματωθεί σε άλλα δεδομένα κατά τη διεξαγωγή της διαδικασίας μοντελοποίησης.

Με τα TINs η ανωμαλία της δομής κάνει τους υπολογισμούς τοπογραφικών χαρακτηριστικών περισσότερο σύνθετους. Για παράδειγμα είναι δύσκολο να προσδιορίσεις τη σύνδεση της ανωφέρειας μιας όψης (Moor et al. 1993). Ο υπολογισμός των τοπογραφικών παραμέτρων με DLGs είναι πολύ δύσκολος και ως εκ τούτου λιγότερο δημοφιλής. Όλα τα παρόμοια με το DLGs έχουν συχνά δημιουργηθεί σαν αρχικό βήμα για την δημιουργία περισσότερο δημοφιλών μοντέλων.

Μη επεξεργασμένα υψομετρικά δεδομένα μπορεί να εξαχθούν με φωτογραφομετρικές μεθόδους, συμπεριλαμβανομένων στέρεο αεροφωτογραφιών, δορυφορικών εικόνων, και αερομεταφερόμενων λέιζερ συμβολομετρίας, ή από έρευνες πεδίου με χρήση GPS, ή από όλους τους σταθμούς. Εάν οι στέρεο αεροφωτογραφίες και οι δορυφορικές εικόνες είναι η πηγή των υψομετρικών δεδομένων θα υπάρχει πλήρης κάλυψη του τοπίου στην ανάλυση των φωτογραφιών ή των εικόνων. Η προεπεξεργασία των αεροφωτογραφιών ή των δορυφορικών εικόνων είναι ουσιαστική. Αυτή περιλαμβάνει γεωμετρικές διορθώσεις και απαλοιφή της παραμόρφωσης σε σχέση με την επιλεγείσα σφαιροειδή προβολή και τον προσανατολισμό. Άλλες στρεβλώσεις, όπως η κλίση και η ταλάντευση της πλατφόρμας προβολής (π.χ. αεροπλάνο ή δορυφόρος) και οι ατμοσφαιρικές επιδράσεις επίσης πρέπει να απαλειφτούν για να παραχθεί ένα ποιοτικό προϊόν. Όταν χρησιμοποιούνται αεροφωτογραφίες, σημεία συντεταγμένων μετρώνται και η τοποθεσία τους και τα υψόμετρα προσδιορίζονται, η ανάλυση των ελάχιστων τετραγώνων κατόπιν χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή ενός στέρεο μοντέλου που επιδέχεται επεξεργασία για την δημιουργία ενός DEM. (Dixon et al, 1998, Gilvear et al

1998) Τα DEM δημιουργήθηκαν από την ανάπτυξη δεδομένων για την δημιουργία μιας κατάλληλης υψομετρικής επιφάνειας (μέτρηση του υψομέτρου στην επιφάνεια της γης σε σχέση με το επίπεδο της θάλασσας) σε μια ανάλυση προσαρμοσμένη στις ανάγκες της μελέτης. Εικόνες στέρεο από SPOT , μπόρεσε να χρησιμοποιήσει ο Γαλλικός δορυφόρος παρατήρησης της γης (Le Systeme pour l' Observation de la Terre) για να παράγει ορθοφωτογραφίες και DEMs με τρόπο παρόμοιο με τις αεροφωτογραφίες. Ένα πλεονέκτημα της χρήσης των δορυφορικών εικόνων είναι ότι αυτές είναι ήδη σε ψηφιακή μορφή.

Αερομεταφερόμενα λέιζερ συμβολομετρίας προϋποθέτουν την χρήση σαρωτών για να αποδοθούν υψηλής ανάλυσης μετρήσεις της επιφάνειας. Ένα παράδειγμα είναι οι φωτεινοί ανιχνευτές σκόπευσης (Light Detection and Ranging (LIDAR)) .Αν και τα LIDAR είναι μια σχετικά νέα και σύνθετη τεχνολογία , αποδίδουν μια τεχνική η οποία είναι ακριβής , κατάλληλη για περιοχές με τραχύ και δύσκολο ανάγλυφο και περισσότερο προσιτές (Flood and Gutelius 1997). Τα LIDAR εργάζονται μετρώντας τον χρόνο της διαδρομής του παλμού των λέιζερ από ένα πομπό σε ένα στόχο και πίσω στο δέκτη. Ο παλμός του λέιζερ ταξιδεύει με την ταχύτητα του φωτός, τόσο πολύ ακριβής χρόνος απαιτείται για να αποκτήσει υψηλή κάθετη ανάλυση. Καθώς το αεροσκάφος πετά πάνω από μια περιοχή , ένας σαρωτής καθρέπτης κατευθύνει τους παλμούς του λέιζερ πίσω και εμπρός σε όλη την επιφάνεια. Τα συγκεντρωθέντα δεδομένα είναι μια σειρά σημείων τακτοποιημένων κατά μήκος της γραμμής πτήσης. Ο συνδυασμός των πολλαπλών δεδομένων της γραμμής πτήσης παρέχει κάλυψη για μια περιοχή. Τα δεδομένα του LIDAR δεν απαιτούν ορθοαναγωγή γιατί κάθε μέτρηση του LIDAR είναι γεωαναφορά η οποία επιτεύχθηκε από τη συλλογή αρκετών μετρήσεων, περιλαμβάνοντας τις θέσεις του αεροσκάφους, χρησιμοποιώντας GPS(Jensen 2000). Αρκετές μελέτες έχουν διενεργηθεί για να προσδιορίσουν την ακρίβεια των μετρήσεων του LIDAR (Vaughn et al 1996; Ridgway et al 1997; Krabill et al 1995). Οι εκθέσεις αυτές αναφέρουν ότι οι μετρήσεις που γίνονται από τα LIDAR έχουν ακρίβεια κάθετη περίπου ± 10 εκατοστά, αν και αυτό μπορεί να βελτιωθεί σε ακρίβεια ± 5 εκατοστά εάν ληφθεί μέριμνα στις διάφορες διακριβώσεις και τις διορθώσεις.



Εικόνα 18 Εναέριο σύστημα αποτύπωσης με την τεχνολογία LIDAR

Ένα εξαιρετικά χρήσιμο χαρακτηριστικό των LIDAR είναι η ικανότητά τους να διεισδύουν στη δασοκάλυψη και να χαρτογραφούν το έδαφος κάτω από αυτή. Μερικοί από τους παλμούς λέιζερ στην πραγματικότητα γυρίζουν πίσω από τη βλάστηση, όμως μόνο ένα τμήμα από τα λέιζερ χρειάζεται να φθάσει στο έδαφος και να κάνει τις μετρήσεις. Τα LIDAR θα καταγράψουν τις αποδόσεις και των δύο μετρήσεων και της δασοκάλυψης και του εδάφους, έτσι ώστε το ύψος και της δασοκάλυψης και του εδάφους να μπορούν να μετρηθούν. Αυτό το χαρακτηριστικό έχει αξιοποιηθεί σε ένα αριθμό μελετών για τον υπολογισμό του όγκου ξυλείας και τη βιομάζα του δάσους (Nilsson 1996; Nelson et al 1998) και το ύψος της βλάστησης (Weltz et al 1994). Παρόλα αυτά εάν η δασοκάλυψη είναι πολύ πυκνή, ώστε μόνο λίγοι παλμοί να φθάνουν στο έδαφος τα δεδομένα δεν μπορεί να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία ακριβών DEM, γεγονός που αποτελεί μειονέκτημα και δεν είναι ο αντικειμενικός στόχος της δημιουργίας των DEM. Επί πλέον τα κτίρια ενδέχεται να υποκλέψουν τελείως τους παλμούς των λέιζερ. Διεξάγεται έρευνα για τον διαχωρισμό των μετρήσεων του εδάφους από τις μετρήσεις των κτιρίων, της βλάστησης και άλλων δομών. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, η Environment Agency προς το παρόν διενεργεί ένα πρόγραμμα λήψης δεδομένων LIDAR σε ευπαθείς περιφέρειες όσον αφορά τη διάβρωση των ακτών και τις πλημμύρες των ποταμών.

Πολλοί χρήστες των DEMs ίσως δεν έχουν τον απαραίτητο εξελιγμένο εξοπλισμό για να καταγράψουν μη επεξεργασμένα υψομετρικά δεδομένα χρησιμοποιώντας τις παραπάνω αναφερόμενες φωτογραφομετρικές μεθόδους. Μια κοινή εναλλακτική είναι η ανάπτυξη υψομετρικών πληροφοριών από αναλογικούς τοπογραφικούς χάρτες χρησιμοποιώντας ψηφιακές τεχνικές. Η ψηφιοποίηση μπορεί να γίνει χειροκίνητα και αυτοματοποιημένα ή ημιαυτόματα με τη χρήση ενός ψηφιακού πίνακα, αλλά αυτή είναι μια μονότονη και κοπιώδης εργασία, τα αποτελέσματα της οποίας ενδέχεται να περιέχουν πολλά ανθρώπινα λάθη.

8 Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS)

8.1 Γενικά

Οι καθημερινές δραστηριότητες του ανθρώπου, από τις πιο απλές μέχρι τις πλέον σύνθετες, είναι τις περισσότερες φορές συνυφασμένες με την έννοια του χώρου. Σχεδόν όλες οι αποφάσεις που λαμβάνονται σε κυβερνητικό ή επιστημονικό επίπεδο επηρεάζονται, περιορίζονται ή ακόμη και υπαγορεύονται από κάποιο γεωγραφικό χαρακτηριστικό. Οι αποφάσεις λαμβάνονται μετά από εκτίμηση διαφόρων δεδομένων που χαρακτηρίζονται ως πληροφορίες και είναι συνδεδεμένες με το χώρο. Γενικά, η έννοια της πληροφορίας μπορεί να οριστεί ως «οποιοδήποτε είδος γνώσης ή μηνύματος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ολοκληρώσει ή να βελτιώσει τη διαδικασία λήψης μιας απόφασης».

Η έννοια της πληροφορίας δεν πρέπει να συγχέεται με την έννοια του «στοιχείου» τα στοιχεία είναι τα κύρια συστατικά από τα οποία αντλούνται ή αποτελούνται οι πληροφορίες. Οι αναλογίες και οι σχέσεις ανάμεσα σε αυτές τις δύο έννοιες είναι αλληλοσυνδεδεμένες. Πολλές φορές οι πληροφορίες που εξάγονται από την επεξεργασία κάποιων αρχικών στοιχείων, αποτελούν οι ίδιες στοιχεία για την εξαγωγή κάποιων άλλων πληροφοριών. Έτσι π.χ. από τα υψόμετρα και τις συντεταγμένες των σημείων μια ταχυμετρικής αποτύπωσης προκύπτουν οι ισοϋψείς καμπύλες που περιγράφουν το ανάγλυφο του εδάφους. Οι ισοϋψείς καμπύλες μπορούν με τη σειρά τους να αποτελέσουν στοιχείο για μια υδρολογική μελέτη.

Η αντιστοίχιση χώρου και πληροφοριών οδηγεί στην έννοια της γεωγραφικής πληροφορίας. Έτσι, γεωγραφική πληροφορία θεωρείται κάθε γνώση ή μήνυμα που σχετίζεται με την κατανομή ενός φαινομένου ή μιας διαδικασίας στο χώρο.

Γενικά υπάρχουν τρεις γενικές αρχές που διέπουν τις πληροφορίες κάθε μορφής:

- Η ακρίβεια των πληροφοριών εξαρτάται από τη χρονική στιγμή ή περίοδο κατά την οποία αυτές περιγράφηκαν.
- Οι ίδιες πληροφορίες σπανίως εξυπηρετούν περισσότερους από έναν σκοπούς με την ίδια αποτελεσματικότητα.
- Οι πολύ λεπτομερείς πληροφορίες συχνά δεν είναι εύκολα κατανοητές

Σύμφωνα με τα παραπάνω, οι γεωγραφικές πληροφορίες , για να βοηθήσουν στην ανάλυση χωρικών φαινομένων θα πρέπει να είναι ακριβείς, αντικειμενικές, ενιαίες και προσιτές.

Η επεξεργασία των πληροφοριών μπορεί να γίνει με τη βοήθεια ενός συστήματος που διαθέτει τα κατάλληλα εργαλεία για την αποδοτική συλλογή και διαχείριση των πληροφοριών αυτών. Ένα τέτοιο σύστημα ονομάζεται σύστημα πληροφοριών.

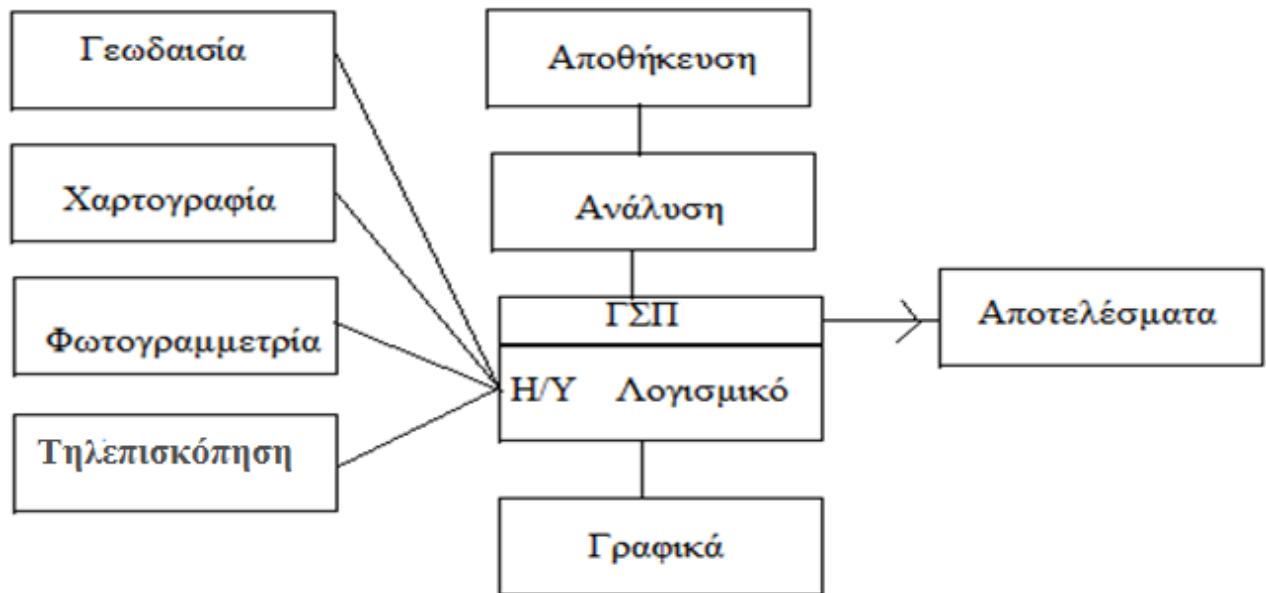
Ένα σύστημα πληροφοριών που βασίζεται στη διαχείριση γεωγραφικών πληροφοριών (χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν μπορεί να περιέχει και μη χωρικές πληροφορίες) ονομάζεται Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών(ΓΣΠ, Geographical Information System, GIS).

Ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα συλλογής, αποθήκευσης, διαχείρισης , ανάλυσης και παρουσίασης πληροφοριών σχετικών με φαινόμενα που εξελίσσονται στο γεωγραφικό χώρο. Η διαφοροποίηση των ΓΣΠ από υπόλοιπα συστήματα πληροφοριών βρίσκεται ακριβώς στο γεγονός ότι τα ΓΣΠ αποδίδουν γεωγραφική ταυτότητα στις κάθε είδους ιδιότητες και θεματικές πληροφορίες που ενσωματώνονται σε αυτά. Η γεωγραφική διάσταση των πληροφοριών υλοποιείται με τα διάφορα συστήματα συντεταγμένων και τους ψηφιακούς χάρτες (διανυσματικούς ή ψηφιδωτούς). Το ΓΣΠ περιλαμβάνει συνεπώς μηχανισμούς και διαδικασίες τόσο για τη διαχείριση των χωρικών πληροφοριών, όσο και των περιγραφικών. Σε κάθε στοιχείο του χώρου αντιστοιχίζονται :

- Χωρικά δεδομένα (spatial data) , που προσδιορίζουν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του στοιχείου (θέση, διαστάσεις, σχήμα κ.λ.π)
- Περιγραφικά δεδομένα ή μη χωρικά δεδομένα (aspatial data ή attributes) ,που αναφέρονται σε χαρακτηριστικά ή ιδιότητες που αποδίδονται στο συγκεκριμένο στοιχείο του χώρου.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η συνεργασία ενός ΓΣΠ με διάφορες γεωδαιτικές και άλλες επιστήμες για την εισαγωγή πληροφοριών. Προφανώς οι γεωδαιτικές επιστήμες παρέχουν στο ΓΣΠ χωρικά δεδομένα. Η συγκέντρωση περιγραφικών δεδομένων μπορεί να γίνει με οποιοδήποτε τρόπο με τη βοήθεια ειδικών διαδικασιών τυποποίησης για την ευχερέστερη εισαγωγή στο σύστημα. Θα πρέπει να τονιστεί ότι τα ΓΣΠ βασίζονται για τη

λειτουργία τους στην ανάπτυξη της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών υπολογιστών, των περιφερειακών τους μονάδων και στη σύνταξη ειδικών προγραμμάτων.



Σχήμα 10 Εισαγωγή χωρικών πληροφοριών σε ένα ΓΣΠ

8.2 Η δομή ενός ΓΣΠ

Η αξιόπιστη λειτουργία ενός ΓΣΠ εξαρτάται από τρία σημαντικά τμήματα που μπορεί να θεωρηθεί ότι το απαρτίζουν:

- Τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό
- Το κατάλληλο λογισμικό
- Την κατάλληλη οργάνωση του περιβάλλοντος εργασίας

Τα τρία τμήματα του ΓΣΠ πρέπει να βρίσκονται σε βέλτιστη σχέση μεταξύ τους για την αποδοτική λειτουργία του συστήματος. Ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός ενός ΓΣΠ αποτελείται από :

1. Τον ηλεκτρονικό υπολογιστή που μπορεί να είναι σταθμός εργασίας ή απλό PC
2. Τις συσκευές εισόδου πληροφοριών και δεδομένων, που μπορεί να είναι ψηφιοποιητές, σαρωτές, αλλά και οποιαδήποτε συσκευή παρέχει ψηφιακά αποτελέσματα κάποιων μετρήσεων ή και κάμερα video.

3. Τις συσκευές εξόδου, που είναι συνήθως εκτυπωτές διαφόρων ειδών και σχεδιογράφοι διαφόρων ειδών.
4. Τις συσκευές αποθήκευσης των δεδομένων που μπορούν να χωριστούν σε συσκευές που χρησιμοποιούνται για να δημιουργούνται αντίγραφα ασφαλείας των δεδομένων και σε αυτές που περιέχουν τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία του ΓΣΠ.

Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες μοντέλων χωρικών δεδομένων:

- Τα διανυσματικά μοντέλα (vector model), στα οποία ο πραγματικός κόσμος απεικονίζεται υπό μορφή σημείων, γραμμών και επιφανειών (ή όγκων).
- Τα ψηφιδωτά μοντέλα (tessellation model), στα οποία ο πραγματικός κόσμος απεικονίζεται ως ένα σύνολο από ομοειδής ψηφίδες.

Υπάρχει περίπτωση να χρησιμοποιούνται και μοντέλα στα οποία συνδυάζονται οι ιδιότητες των δύο προηγούμενων , οπότε έχουμε τα μικτά ή υβριδικά μοντέλα (Hybrid model).

Στα διανυσματικά μοντέλα τα σημεία και οι γραμμές αποτελούν τις βασικές μονάδες που κωδικοποιούν την απεικόνιση του πραγματικού κόσμου. Υπάρχουν τέσσερις τύποι διανυσματικών μοντέλων :

- Το μοντέλο spaghetti
- Το μοντέλο κωδικών αλυσίδας
- Το τοπολογικό μοντέλο
- Το ιεραρχικό μοντέλο.

Στα ψηφιδωτά μοντέλα , η βασική μονάδα που κωδικοποιεί την απεικόνιση του πραγματικού κόσμου είναι η ψηφίδα. Με τον όρο ψηφίδα εννοούμε το τμήμα του χώρου που καταλαμβάνεται από ορισμένο αριθμό στοιχείων , ορισμένου σχήματος και διατεταγμένων με ορισμένο τρόπο. Οι βασικές μορφές ψηφίδων που χρησιμοποιούνται είναι οι τριγωνικές, οι τετραγωνικές, και οι εξαγωνικές. Υπάρχουν δύο τύποι ψηφιδωτών μοντέλων:

- Το ιεραρχικό μοντέλο
- Το μοντέλο συσχέτισης που χρησιμοποιείται για εμπορικές εφαρμογές.

8.3 Εφαρμογές και προοπτικές των ΓΣΠ

Η τεχνολογία των ΓΣΠ θεωρείται σήμερα απαραίτητο εργαλείο για τη μελέτη και την ανάλυση οποιουδήποτε χαρακτηριστικού ή φαινομένου που συμβαίνει στη γη. Ενδεικτικά μπορούν να αναφερθούν ορισμένες εφαρμογές των ΓΣΠ .

α) Σε κρατικό και κυβερνητικό επίπεδο:

1. Καταγραφή και διαχείριση της δημόσιας και ιδιωτικής ακίνητης περιουσίας (κτηματολόγιο).
2. Πολεοδομικός και χωροταξικός σχεδιασμός.
3. Διαχείριση οδικών δικτύων.
4. Εθνική Άμυνα και κατανομή στρατιωτικών εγκαταστάσεων.

β) Αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών και προστασία του περιβάλλοντος με τη δυνατότητα δημιουργίας σεναρίων καταστάσεων έκτακτης ανάγκης και άσκηση των υπηρεσιών στην αντιμετώπισή τους.

γ) Διαχείριση των φυσικών διαθέσιμων και των καλλιεργειών.

δ) Διαχείριση των δικτύων των Οργανισμών Κοινής Ωφέλειας (ηλεκτρικό, τηλέφωνο, νερό, αποχέτευση, φυσικό αέριο, καλωδιακή τηλεόραση).

ε) Παρακολούθηση της υγείας του πληθυσμού, εντοπισμό επιδημιών στη γένεσή τους, σχεδιασμό νοσηλευτικών κέντρων σε σχέση με την κατανομή του πληθυσμού.

στ) Παρακολούθηση των οικονομικών, εμπορικών, βιομηχανικών και βιοτεχνικών δραστηριοτήτων για τον καλύτερο σχεδιασμό της ανάπτυξης της εθνικής οικονομίας.

ζ) Καταγραφή, τεκμηρίωση και προβολή των αρχαιολογικών ευρημάτων και μνημείων της χώρας.

η) Παρακολούθηση της εκπαίδευσης του πληθυσμού, συσχέτιση πληθυσμιακών δεδομένων και σχεδιασμού νέων εγκαταστάσεων εκπαίδευσης.

θ) Διαχείριση δημογραφικών στοιχείων για τη μακροπρόθεσμη πολιτική ανάπτυξης

ι) Εθνική ασφάλεια και καταπολέμηση του εγκλήματος.

9 Ψηφιακά μοντέλα εδάφους (ΨΜΕ ή DTM)

Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους ορίζεται σαν: ένα σύνολο διακεκριμένων σημείων με γνωστή οριζοντιογραφική θέση και γνωστό υψόμετρο (υψομετρικά σημεία) τα οποία με τη χρήση μαθηματικής συνάρτησης (μαθηματικό μοντέλο) συνθέτουν αξιόπιστα το ανάγλυφο της επιφάνειας του εδάφους.

Τα διακεκριμένα σημεία στο ΨΜΕ μπορεί να έχουν ακανόνιστη κατανομή πάνω στην επιφάνεια του εδάφους οπότε ονομάζονται Δίκτυο Ακανόνιστων Τριγώνων (ΔΑΤ) ή TIN (Triangulated Irregular Network) ή μπορεί να έχουν κατανομή σε κορυφές κανάβου οπότε ονομάζονται GRID (πλέγμα, καρέ ή κανάβος).

Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους είναι μια γενική περίπτωση αντιπροσώπευσης της γήινης επιφάνειας με τις συνέχειες και ασυνέχειες (brake lines) που τη διέπουν.

Συνηθίζεται να υπάρχει ξεχωριστός ορισμός για τα ψηφιακά υψομετρικά μοντέλα (ΨΥΜ) ή DEM (digital Elevation Models) τα οποία συνήθως αντιπροσωπεύουν μια συνεχή γήινη επιφάνεια χωρίς ασυνέχειες. Εδώ οι όροι ΨΜΕ, DTM και ΨΥΜ, DEM θα έχουν την ίδια έννοια.

Τα ΔΑΤ (TIN) καλύπτουν το έδαφος με πολύ μεγάλη λεπτομέρεια και βασίζονται σε τριγωνικής μορφής στοιχεία που προκύπτουν από τρία γειτονικά υψομετρικά σημεία τα οποία επιλέγονται βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων. Τα GRID περιέχουν υψομετρικά σημεία σε κορυφές κανάβου με διάταξη σε γραμμές και στήλες, αποτελούν δηλαδή κυψελιδωτή μορφή (raster). Τα υψόμετρα στα GRID προκύπτουν είτε απ' ευθείας (π. χ. από Φωτογραμμετρική

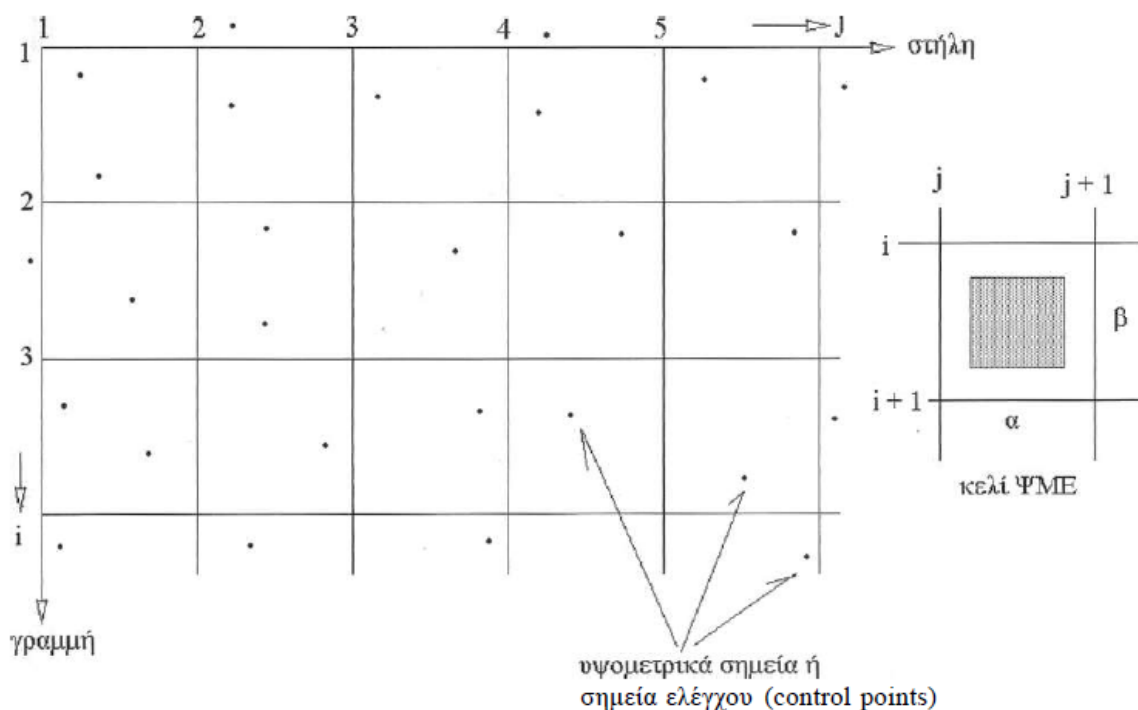
απόδοση) είτε με παρεμβολή από ακανόνιστα κατανεμημένα υψομετρικά σημεία (TIN, ψηφιοποιημένες ισοϋψείς καμπύλες χάρτη κλπ.). Τα TIN αποθηκεύουν σε ηλεκτρονική μορφή και τις τρεις συντεταγμένες (X, Y, Z), ενώ τα GRID αποθηκεύουν μόνο το υψόμετρο αφού τα X, Y ορίζονται έμμεσα και υπολογίζονται με βάση το πλέγμα του κανάβου.

Τα υψομετρικά σημεία του ΨΜΕ, τα οποία ονομάζονται και σημεία ελέγχου (control points) θα πρέπει να επιλέγονται σε κατάλληλες θέσεις ή να έχουν κατάλληλη διάταξη ώστε να είναι αντιπροσωπευτικά και να εκφράζουν βάσει προδιαγραφών ακρίβειας την επιφάνεια του εδάφους, το ίδιο ισχύει και για τη μαθηματική συνάρτηση (G.H. Schut 1976) η οποία θα πρέπει να δημιουργεί μια συνεχή επιφάνεια όσο γίνεται εγγύτερα της πραγματικής επιφάνειας του εδάφους.

Η μαθηματική συνάρτηση που δημιουργεί τη συνεχή επιφάνεια του εδάφους, μπορεί να είναι γραμμική (εξίσωση επιπέδου), διγραμμική, πολυωνυμική με περισσότερους όρους κτλ. και ορίζεται από ομάδα γειτονικών σημείων και ισχύει σε περιορισμένη έκταση η οποία δεν ξεπερνά τα όρια των σημείων αυτών. Ο ελάχιστος αριθμός σημείων που απαιτείται για τον ορισμό γραμμικής συνάρτησης είναι τρία ενώ για τον ορισμό διπλοκυβικής καμπυλόγραμμου συνάρτησης (bicubic spine) απαιτούνται 16 σημεία .

Τα ΨΜΕ διαμορφώνουν μια συνεχή μαθηματική επιφάνεια η οποία προσεγγίζει την πραγματική επιφάνεια του εδάφους με ακρίβεια που ορίζεται με προδιαγραφές. Ο τρόπος που σχηματίζεται το ΨΜΕ έχει ως εξής: Η συνολική επιφάνεια του εδάφους καλύπτεται από επιμέρους κυψελίδες ή «μπαλώματα» τα οποία συρράπτονται μεταξύ τους ώστε να καλύπτουν όλη την επιφάνεια χωρίς να υπάρχουν κενά ή επικαλύψεις. Εντός κάθε «μπαλώματος» ισχύει μια κατάλληλα προσαρμοσμένη συνάρτηση - μοντέλο. Η μαθηματική συνάρτηση είναι μεν η ίδια σε όλο το ΨΜΕ, αλλά οι συντελεστές της αλλάζουν από μπάλωμα σε μπάλωμα. Η μαθηματική συνάρτηση δεν αποθηκεύεται μόνιμα στον Η/Υ αλλά οι συντελεστές της προσδιορίζονται στιγμιαία για το συγκεκριμένο «μπάλωμα» του ΨΜΕ που θέλουμε να εργασθούμε. Οι συντελεστές της μαθηματικής συνάρτησης υπολογίζονται από τα τοπικά σημεία ελέγχου τα οποία έχουν πάντοτε γνωστές X , Y , Z συντεταγμένες και τα οποία μπορεί να βρίσκονται όχι μόνο εντός του μπαλώματος αλλά και στη γειτονική περιοχή. Η συνάρτηση όμως που δημιουργείται ισχύει μόνο για ένα συγκεκριμένο «μπάλωμα». Βασικό χαρακτηριστικό της μαθηματικής συνάρτησης είναι ότι πρέπει να δίνει ακριβώς την ίδια τιμή υψομέτρου όταν αυτό υπολογίζεται στο κοινό όριο που έχουν δύο γειτονικά «μπαλώματα» είτε η συνάρτηση προέρχεται από το ένα «μπάλωμα» είτε αυτή προέρχεται από το άλλο «μπάλωμα». Ενίοτε επιβάλλεται η συνάρτηση αυτή να δίνει την ίδια τιμή και για την πρώτη ή ανωτέρας τάξεως παράγωγο στο κοινό αυτό σημείο ώστε να εξασφαλίζεται η ομαλή μετάβαση από το ένα «μπάλωμα» στο άλλο.

Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους μπορεί να δημιουργηθεί απευθείας από τα τοπογραφικά δεδομένα που συλλέγονται στο έδαφος, μπορεί επίσης να δημιουργηθεί από φωτογραμμετρική απόδοση στερεό μοντέλου, από τη χρήση νέων τεχνολογιών (LIDAR, IFSAR καθώς και από ψηφιοποίηση ισοϋψών καμπύλων από υπάρχοντες χάρτες. Συνήθως τα σημεία ελέγχου βρίσκονται σε ακανόνιστες θέσεις και αποστάσεις και η δημιουργία του GRID γίνεται στη συνέχεια με μεθόδους παρεμβολής όπου προσδιορίζονται νέα σημεία σε κανονικές θέσεις και αποστάσεις όπως π.χ. είναι η διάταξη κανάβου στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 11 Διάταξη κανάβου

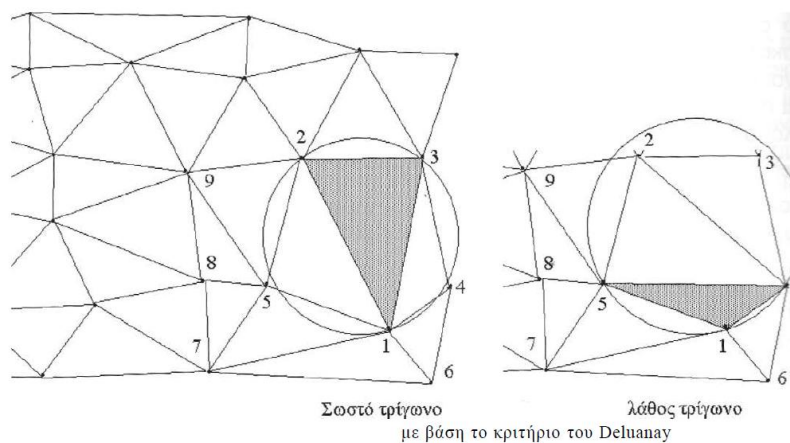
Στο σχήμα αυτό τα σημεία με κουκίδες είναι εκείνα που μετρήθηκαν απευθείας στο έδαφος ενώ οι κορυφές του κανάβου αποτελούν τα σημεία που έχουν υπολογισθεί με παρεμβολή από τα αρχικά σημεία θεωρώντας μια μαθηματική επιφάνεια (μοντέλο) η οποία προσαρμόζεται κατά τον βέλτιστο τρόπο στα αρχικά σημεία. Πολλά πακέτα ΣΓΠ ονομάζουν τη διαδικασία αυτή GRID (πλέγμα).

Το πιο ακριβές μοντέλο εδάφους είναι αυτό που αποτελείται από τα αρχικά δεδομένα όπου τα σημεία ελέγχου συνδυάζονται ανά τρία να αποτελούν μη επικαλυπτόμενα τρίγωνα. Υπάρχουν πάρα πολλοί συνδυασμοί για το σχηματισμό των τριγώνων και για το λόγο αυτό

θέτονται κριτήρια για τη βέλτιστη επιλογή. Τα κριτήρια απαιτούν να μην υπάρχει επικάλυψη ανάμεσα στα τρίγωνα, το άθροισμα των πλευρών ενός τριγώνου να είναι ελάχιστο και το σχήμα του να έχει την τάση να ομοιάζει κατά το δυνατόν προς το ισόπλευρο τρίγωνο. Αυτά τα κριτήρια ικανοποιούνται από το κριτήριο του Deluanay το οποίο χρησιμοποιείται στα εξελεγμένα λογισμικά πακέτα ΨΜΕ και έχει ως εξής:

Ο περιγεγραμμένος στο επιλεγμένο τρίγωνο κύκλος δεν πρέπει να περιέχει κανένα άλλο γειτονικό σημείο.

Ο αλγόριθμος για την εφαρμογή του κριτηρίου Deluanay ξεκινά από ένα τρίγωνο που πληροί τη συνθήκη αυτή. Χρησιμοποιεί τη μία πλευρά του τριγώνου (δύο σημεία) και επιλέγει ένα τρίτο σημείο από τα γειτονικά υψομετρικά σημεία σχηματίζοντας ένα προσωρινό τρίγωνο. Μετά οριοθετεί την περιοχή που ορίζεται από τον περιγεγραμμένο κύκλο στο τρίγωνο που ορίζουν τα τρία αυτά σημεία. Στη συνέχεια εξετάζει αν κάποιο άλλο σημείο βρίσκεται μέσα στον κύκλο, αν ναι τότε επιλέγει ένα άλλο σημείο και επαναλαμβάνει τη διαδικασία, αν όχι τότε αρχειοθετεί το τρίγωνο που σχηματίστηκε και προχωρεί στο σχηματισμό του επόμενου τριγώνου. Έτσι σχηματίζεται ένα συνεχές πλέγμα τριγώνων - κυψελίδες που καλύπτουν ολόκληρη την επιφάνεια του ΨΜΕ. Στο παρακάτω σχήμα δίνεται ένα παράδειγμα με σωστή και λάθος διάταξη τριγώνων.



Σχήμα 12 Ψηφιακό μοντέλο εδάφους με τριγωνικά στοιχεία

9.1 Χρήσεις των ψηφιακών μοντέλων εδάφους

Οι χρήσεις των ΨΜΕ είναι πολλές και ποικίλες και θα αναφερθούνε εδώ στις πιο σημαντικές που είναι οι εξής:

- (α) Υπολογισμός του υψομέτρου αναλυτικά σε οποιοδήποτε σημείο του χάρτη.
- (β) Υπολογισμός της κλίσης αναλυτικά σε οποιοδήποτε σημείο του χάρτη.
- (γ) Αναλυτικός υπολογισμός του προσανατολισμού της επιφάνειας του κελιού (aspect) σε οποιοδήποτε σημείο του χάρτη.
- (δ) Αναλυτική κατασκευή μηκοτομών σε οποιαδήποτε κατεύθυνση που συνήθως είναι χρήσιμες σε έργα διαμόρφωσης χώρων, έργα οδοποιίας κλπ.
- (ε) Αναλυτική κατασκευή κατά πλάτος τομών που χρησιμεύουν στην αντιπροσώπευση του εδάφους και βοηθούν στον υπολογισμό όγκου εκσκαφών από έργα εκχωματώσεων / επιχωματώσεων.
- (στ) Αναλυτική κατασκευή ισοϋψών καμπυλών.
- (ζ) Αναλυτική κατασκευή προοπτικού περιοχής.
- (η) Αναλυτική κατασκευή σκιάς σε προοπτικό ή τοπογραφικό περιοχής.
- (θ) Καθοδήγηση πυραύλων Κρούζ.
- (ι) Προσδιορισμός των χαρακτηριστικών λεκάνης απορροής όμβριων υδάτων και μελέτη και προσδιορισμός: (α) της ταχύτητας και παροχής του νερού από τη βροχόπτωση, (β) της διάβρωσης, (γ) των τοποθεσιών εναπόθεσης φερτών υλών, (δ) της πλημμύρας, κλπ.
- (ια) Αναλυτικός προσδιορισμός επεμβάσεων του ανθρώπου στο τοπίο όπως είναι οι εκσκαφές για τη διαμόρφωση έργων οδοποιίας, παρακολούθηση της εξέλιξης των χωματερών, πλήρης αποκατάσταση του τοπίου. Το ΨΜΕ μπορεί να παρουσιάσει σε τρισδιάστατη όψη (οπτικοποίηση) όλες τις παραπάνω επεμβάσεις και να απεικονίσει την εξέλιξη τους στο χρόνο μέχρι αποκατάστασης του τοπίου πριν οι εργασίες αυτές ξεκινήσουν.

(ιβ) Ανάλυση ορατότητας σε περιπτώσεις τηλεπικοινωνιακών κεραιών.

(ιγ) Αυτοκαθοδήγηση μη επανδρωμένων επίγειων, ιπτάμενων και υποβρύχιων οχημάτων.

10 Τοπογραφία με μεθόδους φωτογραμμετρίας

10.1 Γενικά

Η φωτογραμμετρία είναι η Τέχνη, η Επιστήμη και η Τεχνική που σκοπό έχει την εξαγωγή αξιόπιστης μετρικής πληροφορίας φυσικών αντικειμένων και του περιβάλλοντος μέσω των διαδικασιών της καταγραφής, μέτρησης και ερμηνείας φωτογραφικών εικόνων και άλλων πρότυπων ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και φαινομένων. Η ιστορία της Φωτογραμμετρίας ξεκινάει από πολύ παλιά. Εμπνευστής της χρήσης της φωτογραφίας για την τεκμηρίωση των αρχιτεκτονικών κατασκευών σημαντικής πολιτιστικής αξίας, ήταν ο Albrecht Meydenbauer, γερμανός αρχιτέκτων που στα 1858 μετά από ένα ατύχημα κατά τη διάρκεια των μετρήσεων που έκανε στον καθεδρικό ναό της πόλης Wetzlar και μπορούσε να στοιχίσει τη ζωή του, σκέφτηκε ότι θα μπορούσαν οι μετρήσεις στην όψη ενός κτηρίου να πραγματοποιηθούν με έμμεσο τρόπο και όχι απ' ευθείας. Ο καλύτερος τρόπος για την εξαγωγή των μετρήσεων έμμεσα ήταν με χρήση φωτογραφικής εικόνας. Από τότε η Φωτογραμμετρία έχει εξελιχθεί παράλληλα με την τεχνική της φωτογραφίας και σε συνεργασία με τις επιστήμες των μετρήσεων όπως π.χ. της τοπογραφίας, της γεωδαισίας και της χαρτογραφίας για τη δημιουργία χαρτών της γήινης επιφάνειας αλλά και της αρχιτεκτονικής για τη δημιουργία των σχεδιαγραμμάτων των όψεων των κτιρίων και των αρχαιολογικών ανασκαφών.

10.1.1 Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα και Χαρακτηριστικά

Τα κύρια χαρακτηριστικά της Φωτογραμμετρικής Μεθοδολογίας αποτύπωσης είναι:

- Η αποτύπωση είναι αντικειμενική.
- Ορίζεται σύστημα αναφοράς.
- Η ανακατασκευή των γεωμετριών του αντικειμένου, στο χώρο, γίνεται μέσω συνεχούς απόδοσης ή/και σημειακής.

- Υπάρχει δυνατότητα επιστημονικού ελέγχου του αποτελέσματος ως προς την ακρίβεια και αξιοπιστία.
- Δεν υπάρχει ανάγκη σχεδίων πεδίου (σκαριφήματα-κροκί).
- Υπάρχει δυνατότητα έμμεσων μετρήσεων.
- Μπορεί να αξιοποιηθούν πλήρως οι δυνατότητες της νέας σχεδιαστικής τεχνολογίας (π.χ., CAD), αλλά και της ψηφιακής τεχνολογίας ανάλυσης εικόνας (image processing). Επιπλέον είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν εύκολα οι νέες ολοκληρωμένες τεχνικές ψηφιακής τεκμηρίωσης (αλφαριθμητικά, γραφικά και εικόνες). Αντιμετωπίζονται άμεσα λεπτομέρειες και πολύπλοκα αρχιτεκτονικά ή δύσκολα προσπελάσιμα στοιχεία.
- Στη διαδικασία των φωτογραμμετρικών αποτυπώσεων, ενσωματώνεται εύκολα η λογική της διαχρονικής παρακολούθησης της δυναμικής συμπεριφοράς του αντικειμένου, εφόσον είναι εύκολη, φθηνή και "πληθωρική" η συλλογή δεδομένων.
- Γίνεται άμεση ανακατασκευή της στερεομετρίας του αντικειμένου.
- Αξιοποιούνται γεωμετρικές ιδιότητες (π.χ., σημεία φυγής, προοπτικό-τητας, κλπ.) τα οποία διευκολύνουν ή/και πλουτίζουν τις επεξεργασίες.
- Η αλγοριθμική επεξεργασία των δεδομένων είναι δύσκολη.
- Υπάρχει ανάγκη για πρόσθετες εργασίες της τοπογραφικής μεθόδου (στις περιπτώσεις χρήσης φωτοσταθερών, ή τοποθέτησης του αντικειμένου σε αμοιβαία σχέση με άλλα αντικείμενα)
- Ο εξοπλισμός πεδίου είναι από χαμηλού κόστους μέχρι μέτριου.
- Ο απαραίτητος εξοπλισμός για τις επεξεργασίες γραφείου είναι εξειδικευμένος είτε μέτριου είτε υψηλού κόστους. Η φωτογραμμετρία ανάλογα με τον τρόπο του υπολογισμού και τον αριθμό των συντεταγμένων των σημείων των λεπτομερειών διακρίνεται σε μονοσκοπική και σε στερεοσκοπική φωτογραμμετρία και ανάλογα με τη θέση της φωτομηχανής, σχετικά με το αντικείμενο, σε επίγεια και από αέρα.

10.1.2 Στάδια εξέλιξης της φωτογραμμετρίας

Σημαντικότερα στάδια εξέλιξής της φωτογραμμετρίας ήταν:

- Αναλογική φωτογραμμετρία, όπου με χρήση των οπτικομηχανικών μέσων κατέστη δυνατή η εξαγωγή της θέσης στις τρεις διαστάσεις λεπτομερειών ενός εικονιζόμενου

αντικειμένου που εικονίζεται σε ένα στερεοζεύγος φωτογραφιών που έχουν ληφθεί από διαφορετικές θέσεις με σημαντική επικάλυψη.

- Αναλυτική φωτογραμμετρία, όπου οι φωτογραμμετρικές διαδικασίες γίνονται με υπολογιστικά μέσα και για πρώτη φορά χρησιμοποιούνται Η/Υ για τον υπολογισμό των παραμέτρων των φωτογραφικών εικόνων και των προσανατολισμών τους καθώς και ο προσδιορισμός στον τρισδιάστατο χώρο της θέσης των λεπτομερειών των αντικειμένων.
- Ψηφιακή φωτογραμμετρία, όπου σταματά η επεξεργασία των αναλογικών φωτογραφιών και η επεξεργασία γίνεται με υπολογιστικά μέσα σε ψηφιακές απεικονίσεις (σκαναρισμένες εικόνες ή πρωτογενείς ψηφιακές εικόνες) όχι μόνο του ορατού φάσματος της Η/Μ ακτινοβολίας αλλά και άλλων προτύπων της όπως πχ. στο μήκος κύματος των μικροκυμάτων, υπέρυθρων ακτινών κλπ.

11 Τοπογραφία με μεθόδους τηλεπισκόπησης

Η Τηλεπισκόπηση ορίζεται σαν: Η τέχνη, η επιστήμη και η τεχνολογία που χρησιμοποιεί εικόνες για να πάρει από αυτές αξιόπιστη ποιοτική πληροφορία. Πιο λεπτομερής ορισμός διατυπώνεται στο Manual of Photogrammetry της American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) (4η έκδοση 1980) : "Η τέχνη, η επιστήμη και η τεχνολογία που παίρνουμε αξιόπιστη πληροφορία για φυσικά αντικείμενα και το περιβάλλον μέσω μιας διαδικασίας που καταγράφει μετρά και ερμηνεύει εικόνες και πρότυπα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και άλλα φαινόμενα". Η Διεθνής Φωτογραμμετρική Εταιρία (ISPRS) διατυπώνει επίσης ανάλογο ορισμό: "Η τέχνη, επιστήμη και τεχνολογία για τη συλλογή αξιόπιστης πληροφορίας (χάρτες διαγράμματα) για φυσικά αντικείμενα (έδαφος, κτίρια, αρχαιολογικούς χώρους, φυσικά διαθέσιμα κ.λ.π.) με χρήση φωτογραφίας ή με άλλους δέκτες, ειδικότερα δε εκείνους που λειτουργούν από αεροπλάνα και διαστημόπλοια.

Η τηλεπισκόπηση ασχολείται με την ποιοτική πληροφορία (φωτοερμηνεία) και εκτός της συμβατικής φωτογραφίας χρησιμοποιεί και άλλες εικόνες όπως είναι οι δορυφορικές ψηφιακές εικόνες οι εικόνες τηλεόρασης, εικόνες ραντάρ, κλπ. Μια εικόνα όπως η φωτογραφία περιέχει ένα μεγάλο αριθμό σημείων από ένα ορισμένο αντικείμενο σχεδόν όσα σημεία μπορεί να δει το ανθρώπινο μάτι. Τα σημεία αυτά του αντικειμένου καταγράφονται μόνιμα πάνω σε υλικό μέσο

σε ένα κλάσμα του δευτερολέπτου κατά τη διάρκεια της έκθεσης. Η τηλεπισκόπηση είναι σε θέση να παραλάβει την παραγόμενη εικόνα από το μέσο που έχει καταγραφεί και χρησιμοποιώντας επιστημονικές μεθόδους, κατάλληλα όργανα και έμπειρους χειριστές να πάρει την επιθυμητή ποιοτική πληροφορία.

Ποιοτική πληροφορία είναι η αναγνώριση αντικειμένων και των ιδιοτήτων τους. Η μετρική πληροφορία που αποσπάται από εικόνες μέσω της φωτογραμμετρίας εμπεριέχει και την αναγνώριση του αντικειμένου αλλά προπαντός έχει σαν περιεχόμενο τον ακριβή προσδιορισμό τη θέσης του αντικειμένου στον τρισδιάστατο χώρο σε σχέση με άλλα αντικείμενα ή σε σχέση με ένα σύστημα αναφοράς και τον ακριβή προσδιορισμό γεωμετρικών στοιχείων όπως μήκη, πλάτη, ύψη, γωνίες κ.λ.π. Η ποιοτική πληροφορία εμπεριέχει επίσης μετρικά στοιχεία όπως τοποθεσία έκταση και προσανατολισμό.

Ο τρόπος που εργάζεται η τηλεπισκόπηση μοιάζει σαν να μεταφέρεται το ίδιο το αντικείμενο ή τμήμα του περιβάλλοντος χώρου που έχει καταγραφεί με κατάλληλη κλίμακα στην εικόνα, επάνω στο γραφείο του χειριστή και από εκεί με πλήρη άνεση και χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες μεθόδους αποσπάται η επιθυμητή πληροφορία. Η τηλεπισκόπηση π.χ. για το περιβάλλον αναγνωρίζει και οριοθετεί τις περιοχές της εικόνας που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για την συγκεκριμένη περιβαλλοντική μελέτη (κάλυψη γης, χρώμα της θάλασσας, ρύπανση περιοχής κλπ.) και στη συνέχεια η πληροφορία μεταφέρεται σε θεματικό χάρτη. Μέρος από τις εφαρμογές της τηλεπισκόπησης δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Γεωργία Δασοπονία Κτηνοτροφία	Χρήσεις γης Τοπογραφία	Γεωλογία	Υδατικοί πόροι	Ωκεανογραφία Θαλάσσιοι Πόροι	Περιβάλλον
Διαχωρισμός ειδών βλάστησης	Ταξινόμηση χρήσεων γης	Αναγνώριση ειδών πετρωμάτων	Προσδιορισμός ορίων νερού	Ανίχνευση ζώντων θαλάσσιων οργανισμών	Παρακολούθηση επιφανειακής εξόρυξης & κατοχύρωσης
Είδη καρπών Είδη ξυλείας Είδη βοσκής	Τοπογράφιση	Τοπογράφιση γεωλογικών μονάδων	Προσδιορισμός επιφάνειας και όγκου νερού	Προσδιορισμός προτύπων θολερότητας & κυκλοφορίας	Τοπογράφιση & Παρακολούθηση μόλυνσης υδάτων
Μέτρηση εκτάσεων ανά είδος καρπού	Αναθεώρηση χαρτών	Αναθεώρηση γεωλογικών χαρτών	Τοπογράφιση πλημμύρων και στάθμης νερού	Τοπογράφιση καναλιών ακτογραμμής	Ανίχνευση ατμοσφαιρικής ρύπανσης και επιπτώσεων
Μέτρηση εκτάσεων ανά είδος ξυλείας	Κατηγοριοποίηση ικανότητας γης	Αλεκόνιση πετρωμάτων εδάφους	Προσδιορισμός έκτασης χιονιού & ορίων χιονιού	Τοπογράφιση ρηχών και αβαθών περιοχών	Προσδιορισμός επιρροής φυσικών καταστροφών
Προσδιορισμός κατάστασης βοσκοτόπων και βιομάζας	Διαχωρισμός οικαστικών και αγροτικών	Τοπογράφιση πυριγενών παραισθύσεων	Μετρήσεις χαρακτηριστικών παγετώνων	Τοπογράφιση πάγων για τη ναυτία	Παρακολούθηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων ανθρώπινης δραστηριότητας
Προσδιορισμός υγείας βλάστησης	Τοπογράφιση τοπικών εκτάσεων	Τοπογράφιση πρόσφατων ηφαιστειακών αποθέσεων	Μετρήσεις προτύπων ιζημάτων και θολερότητας	Μελέτη δυνάμεων και κυμάτων	Ευτροφισμός υδάτων αποψίλωση δασών
Προσδιορισμός μαρasmus βλάστησης	Τοπογράφιση δικτύων μεταφορών	Τοπογράφιση εδαφικών σχηματισμών	Προσδιορισμός βάθους νερού	Τοπογράφιση επιφανειακής θερμοκρασίας θάλασσας	
Προσδιορισμός κατάστασης εδάφους	Τοπογράφιση ορίων ξηράς και υδατικών μαζών	Έρευνα επιφανειακών ευρημάτων για ορυκτά	Αλεκόνιση αρδευόμενων περιοχών		
Προσδιορισμός σχέσεων εδάφους	Τοπογράφιση υποδιαφρέσεων γης	Προσδιορισμός τοπικών δομών	Απογραφή λιμνών		
Εκτίμηση χορτονομής και ξημιάς από πυρκαγιές δασών		Τοπογράφιση γραμμικών σχηματισμών			

Πίνακας 2 Μέρος εφαρμογών τηλεπισκόπησης

Τα πλεονεκτήματα της τηλεπισκόπησης συνοψίζονται ως εξής:

1. Ελαχιστοποίηση εργασιών υπαίθρου
2. Απόσπαση πληροφορίας χωρίς την άμεση επαφή με το αντικείμενο.
3. Ελεγχόμενη επιθυμητή ακρίβεια και άρα μεγάλη αξιοπιστία
4. Ομοιογένεια στον προσδιορισμό ή ερμηνεία μεγάλου αριθμού αντικειμένων
5. Επιδέχεται σε μεγάλο βαθμό αυτοματοποίηση με κατάλληλο λογισμικό.
6. Μεγάλη ταχύτητα.
7. Σχετικά ελάχιστο κόστος.
8. Δημιουργία μόνιμου αρχείου καταγραφής του περιβάλλοντος κατά τη στιγμή λήψης της εικόνας.

11.1 Μέθοδοι τηλεπισκόπησης

Ο όρος μέθοδοι τηλεπισκόπησης περιλαμβάνει τη μεθοδολογία απόσπασης αξιόπιστης πληροφορίας από εικόνες. Θα πρέπει να αποσαφηνισθεί από την αρχή ότι η τηλεπισκόπηση ενδιαφέρεται εξίσου με την ποιοτική αναγνώριση αντικειμένων σε εικόνες και για την ακρίβεια με την οποία γίνεται η αναγνώριση αυτή. Αν σε μια αγροτική έκταση π. χ., κάποιος ενδιαφέρεται να εκτιμήσει με τηλεπισκοπικές μεθόδους την συγκομιδή της καλλιέργειας θα πρέπει να ενδιαφέρεται εξίσου και με την ακρίβεια με την οποία θα γίνει η εκτίμηση αυτή. Αυτό νοείται και από τον ορισμό της τηλεπισκόπησης «αξιόπιστη» πληροφορία. Υπάρχουν πάρα πολλές μέθοδοι τηλεπισκόπησης οι πιο βασικές από τις οποίες είναι οι εξής:

- (α) Ερμηνεία εικόνας ή φωτοερμηνεία
- (β) Ταξινόμηση εικόνας
- (γ) Παλινδρόμηση

(δ) Έμπειρα συστήματα

(ε) άλλες μέθοδοι

Ο πιο αξιόπιστος τρόπος απόσπασης πληροφορίας από εικόνες είναι η φωτοερμηνεία και ιδιαίτερα αν αυτή γίνεται από έμπειρους ερμηνευτές. Όταν οι εικόνες είναι σε φιλμ σαρώνονται ώστε να γίνουν ψηφιακές και στη συνέχεια επεξεργάζονται με τη χρήση λογισμικού ώστε να δημιουργηθούν καλής ποιότητας εικόνες στην οθόνη του Η/Υ, για μια συγκεκριμένη ερμηνεία που επιχειρείται. Η αύξηση της ερμηνευτικότητας συμβαίνει όταν δημιουργηθεί ικανή αντίθεση ανάμεσα στην προς απόσπαση πληροφορία και του φόντου της. Επεξεργασίες για την αύξηση της ερμηνευτικότητας περιλαμβάνουν:

(α) Γεωμετρικές διορθώσεις ή γεωαναφορά ώστε να ταυτιστεί η εικόνα με το σύστημα της χαρτογραφικής προβολής.

(β) Ραδιομετρική ενίσχυση (εξίσωση ιστογράμματος, τέντωμα ιστογράμματος).

(γ) Φιλτράρισμα για την απομάκρυνση του θορύβου, ή την ενδυνάμωση χαρακτηριστικών όπως είναι η ενίσχυση ορίων.

(δ) Σύνθεση της εικόνας με ψευτοχρώματα τα οποία επιλέγονται από κατάλληλη παλέτα ώστε να αυξηθεί η αντίθεση ανάμεσα στην πληροφορία που πρόκειται να αποσπασθεί και το φόντο της.

Η ερμηνεία της εικόνας βασίζεται στη δημιουργία μιας ενισχυμένης εικόνας καλής ποιότητας και η απόσπαση της πληροφορίας γίνεται άμεσα από το ανθρώπινο μάτι ή καλύτερα το μηχανισμό μάτι - μυαλό που είναι ο πιο αξιόπιστος μηχανισμός του είδους αυτού. Ο ερμηνευτής της εικόνας παρατηρεί μια απλή εικόνα ή μια στέρεο εικόνα και ανάλογα με την εμπειρία και εκπαίδευση που έχει αναγνωρίζει τα διάφορα χαρακτηριστικά της εικόνας χαράζοντας πολύγωνα που οριοθετούν εκτατικά χαρακτηριστικά π.χ., κάλυψη γης, αγροτεμάχια, ή χαράζοντας γραμμές που ακολουθούν γραμμικά χαρακτηριστικά π.χ., δρόμους, ποτάμια, κλπ. Η αποσπασθείσα πληροφορία μεταφέρεται στη συνέχεια σε ένα σύστημα ΣΓΠ (Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών). Η φωτοερμηνεία μπορεί να χρησιμοποιήσει αεροφωτογραφίες, εκτυπώσεις ψηφιακών εικόνων κλπ., αλλά εξυπηρετεί καλύτερα να έχει ψηφιακές εικόνες σε οθόνη Η/Υ, διότι μπορεί άμεσα να έχει τη μεγέθυνση που επιθυμεί, μπορεί να έχει στέρεο

όραση, μπορεί να κάνει τοπικές επεξεργασίες και τα αποτελέσματα διαβιβάζονται άμεσα σε σύστημα διαχείρισης ΣΓΠ. (Ιωάννης Ν. Χατζόπουλος , 2009).

12 Σχεδιαστικά πακέτα

Για μεγάλο μέρος της ανθρώπινης ιστορίας η σχεδιαστική διαδικασία είχε παραμείνει αναλλοίωτη έχοντας ως κύρια εργαλεία το μολύβι, τον χάρακα και το ταυ με το τρίγωνο. Πριν την εμφάνιση των σχεδιαστικών προγραμμάτων στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, η σχεδίαση απαιτούσε ατελείωτες ώρες ενώ για την παραμικρή αλλαγή στα σχέδια ήταν υποχρεωτική η επανάληψη τους από την αρχή.

Η σχεδίαση με βάση τον ηλεκτρονικό υπολογιστή άρχισε να εφαρμόζεται από τις αρχές της δεκαετίας του '70. Η χρήση τους άλλαξε δραματικά τον τρόπο σχεδίασης ενώ με το χρόνο το κόστος της σχεδίασης μειώνονταν και οι δυνατότητες αυξάνονταν εντυπωσιακά.

Η περιγραφή ενός εξαρτήματος μέσω ηλεκτρονικών υπολογιστών είναι δυνατόν να γίνει σε σχέδια δύο διαστάσεων(2D) όπου γίνεται χρήση ανάλογων όψεων και τομών έτσι ώστε οποιοδήποτε τμήμα κατασκευής να μπορέσει να κατασκευάσει το εξάρτημα. Επίσης μπορεί να περιγραφεί και σε σχέδια τριών διαστάσεων (3D) (προοπτικά σχέδια) τα οποία περιγράφουν πιο παραστατικά ένα εξάρτημα και πιθανόν και τη λειτουργία του ή τη συνεργασία του με άλλα εξαρτήματα. Τα τελευταία είναι πολύ λεπτομερή καθώς και χρονοβόρα για αυτό και έχουν υψηλό κόστος κατασκευής. Σήμερα έχουν αναπτυχθεί ειδικά συστήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών μαζί με προγράμματα τόσο για την εκπόνηση των σχεδιομελετών καθώς και για την μετέπειτα παραγωγή των εξαρτημάτων τα οποία χαρακτηρίζονται ως συστήματα CAD-CAM (Computer Aided Design-Computer Aided Manufacturing) ή συστήματα CAE (Computer Aided Engineering). Είναι απαραίτητο να αναφέρουμε ότι η χρήση του υπολογιστή δεν λύνει το πρόβλημα της σχεδίασης, τα σχέδια δεν δημιουργούνται αυτόματα και απαιτούν από το χειριστή άριστες γνώσεις του θεωρητικού μέρους της σχεδίασης. Με λίγα λόγια ο υπολογιστής δεν αντικαθιστά τη δημιουργικότητα του μηχανικού αλλά το χέρι του εκτελώντας τις εργασίες που θα έκανε αυτό σε μικρότερο χρόνο.

Παρακάτω αναφέρονται τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η χρήση ενός σχεδιαστικού πακέτου στον ηλεκτρονικό υπολογιστή:

1. Εξοικονόμηση χρόνου: Η ευκολία σχεδίασης ενός αντικειμένου σε σχέση με το χέρι είναι εντυπωσιακή ενώ η κάθε τροποποίηση του σχεδίου γίνεται άμεσα στο συγκεκριμένο μέρος του σχεδίου που θέλουμε να αλλάξουμε.
2. Εξοικονόμηση κόστους: λόγω της ολοκλήρωσης των σχεδίων σε πολύ λιγότερο χρόνο το οικονομικό όφελος είναι μεγάλο, δίνοντάς μας την δυνατότητα να αναλάβουμε ταυτόχρονα και άλλα έργα. Η απόσβεση της αρχικής επένδυσης για την αγορά του ηλεκτρονικού υπολογιστή (που πιθανώς ήδη να υπάρχει για άλλη χρήση) και του σχεδιαστικού προγράμματος γίνεται μέσα σε ιδιαίτερα σύντομο χρονικό διάστημα, αντιστρόφως ανάλογο του όγκου της σχεδίασης.
3. Ακρίβεια και λεπτομέρεια σχεδίασης: Ιδιαίτερο πλεονέκτημα της σχεδίασης με ηλεκτρονικό υπολογιστή είναι η ακρίβεια στα σχέδια μας με αποτέλεσμα να αποφεύγονται πιθανά λάθη ή αβλεψίες με μεγάλο τίμημα σε μεταγενέστερο στάδιο. Η σχεδίαση μπορεί να γίνει σε οποιοδήποτε επίπεδο λεπτομέρειας θέλουμε, ακόμα και σταδιακά.
4. Άντληση πληροφοριών: Η σχεδίαση με ηλεκτρονικό υπολογιστή δίνει την δυνατότητα να αντλούμε ακριβείς πληροφορίες από το σχέδιο για επιμετρήσεις, εμβαδομετρήσεις κλπ.
5. Ευελιξία και συνεργασία: Με τη χρήση ενός σχεδιαστικού προγράμματος και ειδικότερα κάποιου από τα πιο διαδεδομένα στην αγορά δίνεται η δυνατότητα το σχέδιο να μοιραστεί μεταξύ πολλών συνεργατών με σκοπό την συμπλήρωση του και τον έλεγχο του.
6. Τελικό προϊόν: Μια κατασκευή σχεδιασμένη σε ηλεκτρονικό υπολογιστή μπορεί να απεικονίσει σε πλήρη λεπτομέρεια την τελική του μορφή, πολύ πριν κατασκευαστεί στην πραγματικότητα. Μπορούμε εύκολα να έχουμε πολλές παραλλαγές του τελικού αποτελέσματος, για να αποφασίσουμε ποια ικανοποιεί καλύτερα τις ανάγκες μας.

12.1 AutoCAD

Το AutoCAD είναι ένα εξελιγμένο σχεδιαστικό πρόγραμμα για Αρχιτέκτονες και Μηχανικούς. Το AutoCAD βασίζεται στη σειρά προγραμμάτων σχεδίασης με βάση τον υπολογιστή. Δηλαδή είναι ενταγμένο στην ομάδα προγραμμάτων CAD (Computer-Aided Design). Χρησιμοποιείται για την δημιουργία, προβολή, διαχείριση και εκτύπωση πολύπλοκων σχεδίων. Διαθέτει δυναμικό περιβάλλον, βάση δεδομένων και μια ομάδα από εργαλεία για την μοντελοποίηση, ανάλυση και αναπαράσταση 2D και 3D συστημάτων με εύχρηστο τρόπο.

Το AutoCAD είναι το πιο διαδεδομένο πρόγραμμα CAD σε παγκόσμιο επίπεδο. Με νέα εργαλεία και δυνατότητες για σχεδίαση σε δύο ή τρεις διαστάσεις και ακόμα πιο εύκολο φωτορεαλισμό αλλά πάντα συμβατό με παλαιότερες εκδόσεις βοηθάει ακόμη περισσότερο τον χρήστη στην διεκπεραίωση της σχεδίασης του. Με το AutoCAD η αξία των παραγόμενων σχεδίων μεγιστοποιείται. Η επεξεργασία, η διαμόρφωση, η κοινοποίηση των σχεδίων γίνεται πλέον σε πραγματικό χρόνο εύκολα, γρήγορα και πάντα με τη γνωστή ακρίβεια του AutoCAD. Μέσα από το Internet ή κάποιο τοπικό δίκτυο ολόκληρη η ομάδα μελέτης μοιράζεται τις εργασίες, επιταχύνοντας έτσι την ολοκλήρωση του έργου.

Το AutoCAD έκανε την εμφάνιση του ως σχεδιαστικό πακέτο τον Δεκέμβριο του 1982 από την εταιρία Autodesk όπου κυκλοφορούσε στην πρώτη του έκδοση. Από τότε έχουν κυκλοφορήσει σχεδόν κάθε χρόνο και νέες εκδόσεις. Χρόνο με τον χρόνο το πρόγραμμα αυτό εξελίσσεται και κάθε του νέα έκδοση περιέχει καινούργια εργαλεία που εξυπηρετούν τον σύγχρονο τεχνικό κλάδο, (μηχανικούς, τεχνικούς, σχεδιαστές κ.α.).

Το AutoCAD είναι το πιο διαδεδομένο σχεδιαστικό πρόγραμμα τόσο παγκοσμίως όσο και στην ελληνική αγορά. Σχεδόν όλοι οι σχεδιαστές και οι μηχανικοί έχουν χρησιμοποιήσει το AutoCAD είτε ως φοιτητές είτε στην επαγγελματική τους πορεία, αξιοποιώντας ο καθένας τις αναρίθμητες λειτουργίες του και προσαρμόζοντάς το στις ανάγκες του, προκειμένου να φέρει εις πέρας κάποιο σχέδιο. Για τους εξειδικευμένους επαγγελματίες υπάρχουν και τα αντίστοιχα προγράμματα, οι κάθετες εφαρμογές όπως λέγονται, που προσφέρουν επιπλέον συγκεκριμένα εργαλεία που εξυπηρετούν τις απαιτήσεις του κάθε επαγγέλματος. Οι μηχανολόγοι

χρησιμοποιούν το AutoCAD Mechanical και το Autodesk Inventor, οι αρχιτέκτονες το AutoCAD Architecture και το Autodesk Revit, οι τοπογράφοι το AutoCAD Map 3D και το AutoCAD Civil 3D, οι χαρτογράφοι και οι επαγγελματίες των G.I.S. το AutoCAD Map 3D και το MapGuide Enterprise. Επίσης υπάρχει και AutoCAD Electrical το οποίο χρησιμοποιούν όσοι ασχολούνται με ηλεκτρολογικά μέσω του οποίου μπορούν να σχεδιάσουν και να δουν την λειτουργία εξειδικευμένων σχεδίων.

13 Τοπογραφικά όργανα

Τοπογραφικά όργανα υπάρχουν πολλών ειδών και μπορούν να χωρισθούν στις πιο κάτω κατηγορίες:

- (α) Όργανα μέτρησης γωνιών
- (β) Όργανα μέτρησης μηκών
- (γ) Όργανα μέτρησης υψομέτρων
- (δ) Όργανα μέτρησης γωνιών, μηκών και υψομέτρων (ολικοί σταθμοί)
- (ε) Όργανα μέτρησης οριζόντιων συντεταγμένων
- (στ) Όργανα μέτρησης ολικών συντεταγμένων (GPS)

Ανάμεσα στις κατηγορίες των οργάνων αυτών διακρίνουμε όργανα χαμηλής, μέτριας και υψηλής ακρίβειας. Ανάλογα με την ακρίβεια είναι και το κόστος του οργάνου καθώς και το συνολικό κόστος της τοπογράφησης. Για το σκοπό αυτό θα πρέπει να γίνεται σωστή επιλογή μεθόδου τοπογράφησης και ακρίβειας οργάνου βασισμένης σε οικονομικοτεχνική μελέτη και ανάλυση ώστε να ικανοποιούνται οι προδιαγραφές ακρίβειας μιας τοπογράφησης με το ελάχιστο κόστος.

Μερικά τοπογραφικά όργανα όπως είναι το θεοδόλιχο, ο χωροβάτης, η μετροταινία, η πυξίδα και το κλισίμετρο φαίνονται στις παρακάτω εικόνες.



Εικόνα 19 Τοπογραφικά όργανα

Θεοδόλιχα ή ταχύμετρα είναι όργανα μέτρησης οριζοντίων και κατακόρυφων γωνιών καθώς και αποστάσεων.

Η μέτρηση μηκών γίνεται με διάφορα μέσα ανάλογα με την εκάστοτε ακρίβεια ξεκινώντας με χαμηλή ακρίβεια χρησιμοποιώντας βήματα, με μεγαλύτερη ακρίβεια χρησιμοποιείται το απόκομμα της σταδίας από το θεοδόλιχο ή ταχύμετρο, με μεγαλύτερη ακόμα ακρίβεια χρησιμοποιείται η μετροταινία, με πολύ μεγάλη ακρίβεια χρησιμοποιείται το ηλεκτρονικό όργανο μέτρησης αποστάσεων (Electromagnetic Distance Measuring system EDM, και τέλος με εξαιρετικά μεγάλη ακρίβεια ιδιαίτερα για πολύ μεγάλες αποστάσεις χρησιμοποιείται το διαφορικό παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης - GPS



Εικόνα 20 GPS

Οι ολικοί σταθμοί είναι ηλεκτρονικά θεοδόλιχα με ενσωματωμένο σύστημα μέτρησης αποστάσεων με ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μέσα από το τηλεσκόπιο τους. Τα όργανα αυτά

έχουν και σύστημα ηλεκτρονικής καταγραφής των στοιχείων που συλλέγουν καθώς και προγραμματισμένο H/Y που προεπεξεργάζεται τα δεδομένα και υπολογίζει κατ' ευθείαν συντεταγμένες.

Παλιότερα επίσης χρησιμοποιούντο όργανα για τη μέτρηση ορθογωνίων συντεταγμένων και ονομάζονταν ορθόγωνα. Τα όργανα αυτά είναι πολύ απλά και χρησιμοποιούν διπλά πενταπρίσματα για να μπαίνουν στην ευθυγραμμία και να σημαδεύουν από μια εγκοπή προς την κάθετη προς την ευθυγραμμία κατεύθυνση. Η χρήση τους γίνεται πάντοτε σε συνδυασμό με τη μετροταινία.

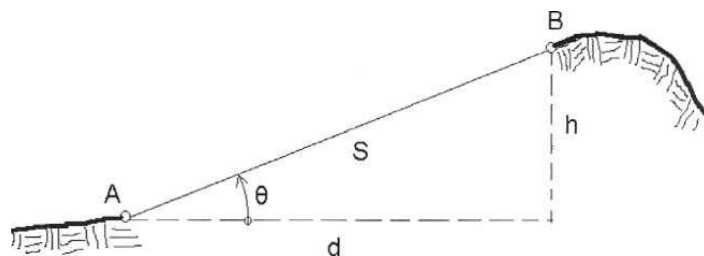
Τα πιο σύγχρονα όργανα που αναπτύχθηκαν με την εξέλιξη της τεχνολογίας, της πληροφορικής και της δορυφορικής γεωδαισίας είναι αυτά του παγκόσμιου συστήματος εντοπισμού θέσης - GPS (Global Positioning System) τα οποία είναι όργανα που δίνουν αναγνώσεις των τριών (X, Y, Z) συντεταγμένων του σημείου στο χώρο με μεγάλη ακρίβεια.

Η πυξίδα είναι όργανο μέτρησης αζιμουθίων από το μαγνητικό βορρά. Η πυξίδα αποτελείται από οριζόντιο δίσκο υποδιαιρεμένο σε βαθμούς ή μοίρες (400 βαθμοί = 360 μοίρες) ο οποίος μπορεί να περιστραφεί ώστε το μηδέν σημείο του δίσκου να ευθυγραμμισθεί με το μαγνητικό βορρά. Παράλληλα υπάρχει το σύστημα σκόπευσης για να σημαδεύεται ο στόχος και το σύστημα ανάγνωσης για να διαβάζεται άμεσα από τον οριζόντιο δίσκο το αζιμούθιο. Η διαφορά ανάμεσα στο γεωγραφικό και το μαγνητικό βορρά λέγεται μαγνητική απόκλιση και υπάρχουν διαγράμματα που δίνουν την τιμή της η οποία μεταβάλλεται από περιοχή σε περιοχή.

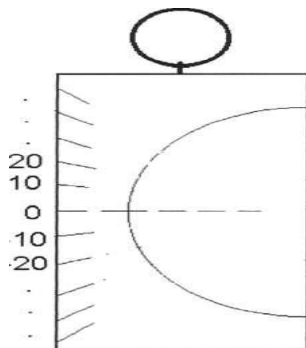
Ο μαγνητικός βορράς καθορίζεται από το γήινο μαγνητικό πεδίο κατά συνέπεια θα πρέπει να αποφεύγεται η χρήση πυξίδας εκεί που υπάρχουν διάφορα άλλα μαγνητικά πεδία όπως είναι οι περιοχές με σιδηρομεταλλεύματα και άλλα μέταλλα.

Η ακρίβεια που δίνεται από την πυξίδα φθάνει το 1/2 του βαθμού και αντιστοιχεί σε γραμμικό σφάλμα 0.80 m στα 100 m.

Η κλίση επί τοις εκατόν μεταξύ δύο σημείων στο έδαφος ορίζεται σαν ο λόγος της υψομετρικής διαφοράς ανάμεσα στα δύο σημεία προς την οριζόντια απόσταση μεταξύ των σημείων πολλαπλασιασμένος επί 100.



Σχήμα 13 s, η επί % κλίση εδάφους. S, η κεκλιμένη απόσταση



Εικόνα 21 Το κλισίμετρο

Το κλισίμετρο όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα μετρά άμεσα την κλίση εδάφους. Αποτελείται από σύστημα ανάρτησης και ο χειριστής προσπαθεί να ευθυγραμμίσει το στόχο με τις υποδιαίρεσεις στο σύστημα ανάγνωσης. Η υποδιαίρεση που ευθυγραμμίζεται δίνει την κλίση. Πολλές φορές το κλισίμετρο εμπεριέχεται πάνω σε πυξίδα που έχει ειδικό σύστημα ανάρτησης.

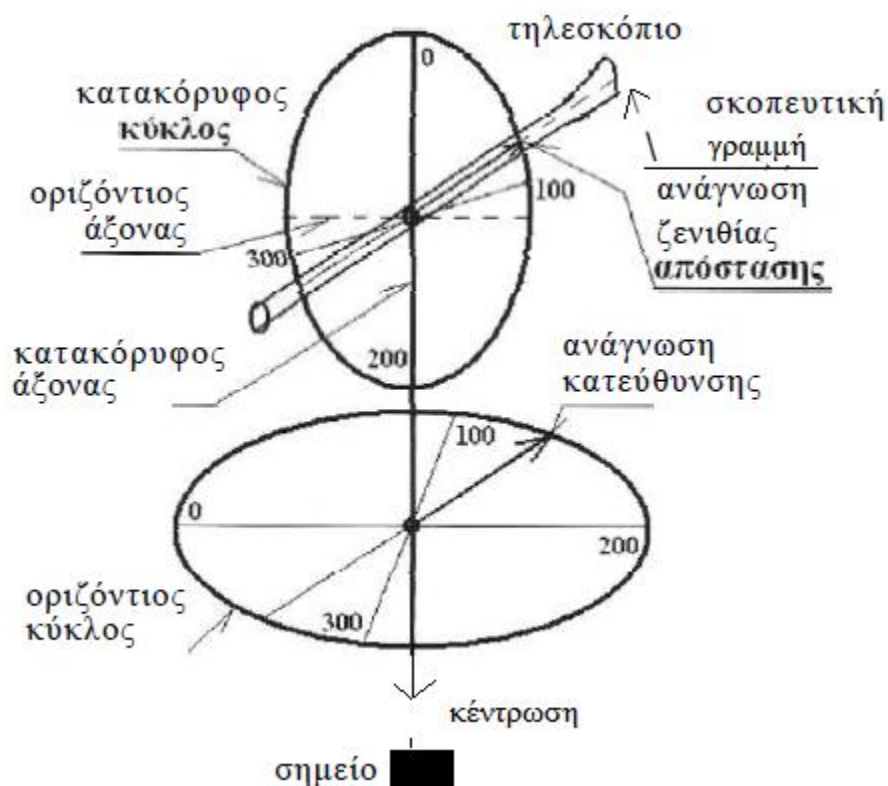
Η μετροταινία χρησιμοποιείται για τη μέτρηση οριζοντίων και κεκλιμένων αποστάσεων. Η μέτρηση οριζοντίων αποστάσεων παρουσιάζει δυσκολίες ειδικά σε έδαφος με μεγάλη κλίση γι' αυτό είναι προτιμότερο να μετράται η κεκλιμένη απόσταση. Από το παραπάνω σχήμα είναι δυνατός ο υπολογισμός της οριζόντιας απόστασης d όταν είναι γνωστή η κεκλιμένη απόσταση S και η κλίση s.

Οι μετρήσεις αποστάσεων με βήματα είναι χαμηλής σχετικά ακρίβειας αλλά γίνονται με εύκολο και γρήγορο τρόπο και είναι πολύ χρήσιμες ειδικά σε περιπτώσεις που δεν υπάρχουν περιθώρια για τη χρήση άλλων μεθόδων.

Απαραίτητη προϋπόθεση για τη μέτρηση αποστάσεων με βήματα είναι η βαθμονόμηση του βήματος του παρατηρητή. Η βαθμονόμηση γίνεται με τη μέτρηση κεκλιμένης απόστασης 50 - 100 μέτρων με μετροταινία. Στη συνέχεια η ίδια απόσταση μετράται πολλές φορές με βήματα και υπολογίζεται ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση του κάθε βήματος. Αυτό βοηθά στη

συνέχεια να μετατραπούν τα βήματα της μετρούμενης απόστασης σε μέτρα και να προσδιορισθεί το πιθανό σφάλμα. Είναι σημαντικό για τον παρατηρητή να έχει σταθερό βήμα και να βαθμονομεί το βήμα του σε συχνά διαστήματα και σε συνθήκες παρόμοιες με το έδαφος που πρόκειται να μετρήσει. Για το μέτρημα του αριθμού των βημάτων υπάρχουν μικρές συσκευές που τοποθετούνται κοντά στο μηρό του παρατηρητή.

Το θεοδόλιχο πρέπει να έχει το ξεκίνημά του στον Ίππαρχο (190 - 125 π. Χ.) ο οποίος χρησιμοποίησε κύκλο με υποδιαίρέσεις για να κάνει τοπογραφικές μετρήσεις, και ετυμολογικά αποτελείται από τις Ελληνικές λέξεις θεώμαι ή θέω και δολικός οι οποίες έχουν την έννοια του βλέπω ή τρέχω και της απόστασης αντίστοιχα.



Εικόνα 22 Τα βασικά μέρη του Θεοδόλιχου

Το θεοδόλιχο όταν χρησιμοποιείται για τη μέτρηση αποστάσεων με το απόκομμα της σταδίας ονομάζεται και ταχύμετρο το οποίο μέχρι πρότινος αποτελούσε το κατεξοχήν επίγειο όργανο για τοπογράφηση.

Σήμερα το θεοδόλιχο έχει εξελιχθεί σε ολικό σταθμό με την προσθήκη του συστήματος μέτρησης αποστάσεων μέσω του τηλεσκοπίου με ηλεκτρονική ακτινοβολία και τη χρήση ηλεκτρονικού τρόπου ανάγνωσης επεξεργασίας και καταγραφής από το ίδιο το όργανο.

Στο παραπάνω σχήμα δίνονται τα βασικά μέρη του θεοδόλιχου το οποίο αποτελείται από ένα κατακόρυφο άξονα ο οποίος έχει τη δυνατότητα να κεντρώνεται πάνω στη σήμανση ενός σημείου στο έδαφος. Κεντρωμένος πάνω στον κατακόρυφο άξονα είναι ένας οριζόντιος κυκλικός δίσκος ο οποίος είναι υποδιαιρεμένος από 0 μέχρι 360°, ή από 0 μέχρι 400 βαθμούς που είναι και το πιο σύνηθες. Ο οριζόντιος δίσκος σταθεροποιείται καθόλη τη διάρκεια που το όργανο κάνει μετρήσεις.

Ο οριζόντιος δίσκος στηρίζεται σε ένα σύστημα τριχοχλίου (τρεις κοχλίες) οι οποίοι ρυθμίζονται κατάλληλα με τη βοήθεια αεροστάθμης ώστε να οριζοντιώνουν το δίσκο με μεγάλη ακρίβεια. Το μέρος του οργάνου που βρίσκεται πάνω από τον οριζόντιο δίσκο έχει τη δυνατότητα να περιστρέφεται συμπαρασύροντας ένα δείκτη στον οριζόντιο δίσκο ο οποίος σημαδεύει την εκάστοτε κατεύθυνση επί του δίσκου όπου γίνεται η ανάγνωση για τη μέτρηση των οριζόντιων γωνιών. Το περιστρεφόμενο μέρος του οργάνου που βρίσκεται πάνω από τον οριζόντιο δίσκο αποτελείται από τον κατακόρυφο κυκλικό δίσκο οποίος επίσης είναι υποδιαιρεμένος από 0 μέχρι 360°, ή από 0 μέχρι 400 βαθμούς που είναι και το πιο σύνηθες. Ο κατακόρυφος δίσκος είναι σταθεροποιημένος ώστε η ανάγνωση 0 να σημαδεύει το Ζενίθ (πολλές φορές σημαδεύει τον ορίζοντα) και η ένδειξη 100 βαθμοί σημαδεύει τον ορίζοντα. Κάθετα στο κέντρο του κατακόρυφου δίσκου υπάρχει ένας οριζόντιος άξονας γύρω από τον οποίο περιστρέφεται το τηλεσκόπιο το οποίο κατά τα την περιστροφή του συμπαρασύρει έναν δείκτη στον κατακόρυφο δίσκο ο οποίος σημαδεύει την εκάστοτε κατεύθυνση επί του δίσκου όπου γίνεται η ανάγνωση για τη μέτρηση των κατακόρυφων γωνιών. Το τηλεσκόπιο περιέχει το σύστημα σκόπευσης που αποτελείται από τον αντικειμενικό φακό που συγκεντρώνει πολλές ακτίνες από ένα σημείο του στόχου, το προσοφθάλμιο που εστιάζει τις ακτίνες αυτές σε αντίστοιχο σημείο στο μάτι του παρατηρητή και το σύστημα κέντρωσης που είναι ένα σταυρόνημα με απόκομμα για τη μέτρηση αποστάσεων.

Η διαδικασία μετρήσεων με το θεοδόλιχο είναι η εξής:

(α) Κέντρωση του οργάνου πάνω από το σημείο που θα γίνουν οι μετρήσεις

(β) Οριζοντίωση με τη χρήση του τρικόχλιου.

(γ) Σταθεροποίηση οριζόντιου και κατακόρυφου δίσκου,

(δ) Σκόπευση του στόχου, καταγραφή ύψους στόχου

(ε) Ανάγνωση αποκόμματος σταδίας

(στ) Ανάγνωση οριζόντιου κύκλου

(ζ) Ανάγνωση κατακόρυφου κύκλου

Για τον ολικό σταθμό αντί σταδίας χρησιμοποιείται αυτοανακλαστικό κάτοπτρο το οποίο ανακλά την προσπίπτουσα ακτινοβολία σε ακριβώς αντίθετη κατεύθυνση. Τα βήματα (ε), (στ) και (ζ) για τον ολικό σταθμό είναι:

(ε) Ανάγνωση οριζόντιας ή / και κεκλιμένης απόστασης ή / και υψομετρικής διαφοράς

(στ) Ανάγνωση οριζόντιου κύκλου

(ζ) Ανάγνωση κατακόρυφου κύκλου

Αν υπάρχουν περισσότεροι του ενός στόχοι τα βήματα (δ, ε, στ, ζ) επαναλαμβάνονται για κάθε στόχο. Πολλές φορές επίσης οι μετρήσεις περιορίζονται ανάλογα σε μία ή περισσότερες ποσότητες από τις (ε, στ, ζ).

Υπόψη ότι το θεοδόλιχο δεν μετρά απευθείας οριζόντιες γωνίες αλλά παίρνει ανάγνωση επί του οριζόντιου κύκλου σε μια κατεύθυνση σκόπευσης. Μια οριζόντια γωνία συνεπώς αποτελείται από την κορυφή της και από δύο κατευθύνσεις. Το όργανο κεντρώνεται στην κορυφή της γωνίας και η γωνία προκύπτει από την αφαίρεση της ανάγνωσης του οριζόντιου κύκλου της πρώτης κατεύθυνσης από την ανάγνωση του οριζόντιου κύκλου στη δεύτερη κατεύθυνση .

Ο χωροβάτης είναι όργανο μέτρησης υψομετρικών διαφορών ανάμεσα σε δύο σημεία πάνω στα οποία τοποθετείται υποδιαιρεμένος κανόνας που ονομάζεται σταδία. Ο χωροβάτης ουσιαστικά διαθέτει ένα σύστημα ακριβούς οριζοντίωσης της σκοπευτικής γραμμής οπότε η διαφορά των δύο αναγνώσεων της σταδίας όταν αυτή τοποθετείται σε δύο διαφορετικά σημεία μας δίνει την υψομετρική διαφορά ανάμεσα στα δύο αυτά σημεία. Οι μετρήσεις υψομετρικών

διαφορών με χωροβάτη θεωρούνται μετρήσεις μεγάλης ακρίβειας οι οποίες περιορίζονται σε μέγεθος μερικών χιλιοστών του μέτρου ανάλογα με το μήκος της διαδρομής. Σήμερα η χρήση του ολικού σταθμού ο οποίος μετρά τα μήκη με μεγάλη ακρίβεια έχει σχεδόν εκτοπίσει τη χρήση του χωροβάτη. Η εξέλιξη του διαφορικού GPS έχει επίσης πετύχει υψίστης ακρίβειας μετρήσεις στις τρεις διαστάσεις.

Ο ολικός σταθμός είναι όπως και το θεοδόλιχο με επιπλέον ικανότητα μέτρησης αποστάσεων με πολύ μεγάλη ακρίβεια με τη χρήση ηλεκτρονικής ακτινοβολίας. Ο ολικός σταθμός επιπλέον διαθέτει δυνατότητα ηλεκτρονικής ανάγνωσης και καταγραφής όλων των ποσοτήτων που μετρούνται καθώς και επεξεργασία των μετρήσεων από τον ενσωματωμένο στο όργανο H/Y. Οι μετρήσεις στη συνέχεια αποθηκεύονται και μπορούν να μεταβιβασθούν σε άλλο H/Y για περαιτέρω επεξεργασία. Ο ολικός σταθμός μπορεί να δώσει αναγνώσεις μετρήσεων και μάλιστα σε ότι μονάδες μέτρησης επιθυμούμε για τις εξής ποσότητες:

- (α) οριζόντιες γωνίες
- (β) κατακόρυφες γωνίες
- (γ) κεκλιμένες αποστάσεις
- (δ) οριζόντιες αποστάσεις
- (ε) υψομετρικές διαφορές
- (στ) συντεταγμένες
- (ζ) αζιμούθια

Η μέτρηση των αποστάσεων γίνεται όταν μέσα από το τηλεσκόπιο του οργάνου στέλνεται μια σύγχρονη ακτίνα μονοχρωματικού λέιζερ στο μήκος κύματος του κοντινού υπέρυθρου για να μην είναι ορατή, η οποία επανέρχεται ύστερα από ανάκλαση σε ειδικό αυτοανακλαστικό κάτοπτρο και καταγράφεται ο χρόνος της διαδρομής οπότε γνωρίζοντας την ταχύτητα του φωτός στο μέσο (ατμόσφαιρα) και κάτω από τις συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία) που γίνεται η μέτρηση, υπολογίζεται η απόσταση της διαδρομής.

Το σύστημα Παγκόσμιου Εντοπισμού Θέσης (GPS) βασίζεται στην επεξεργασία σημάτων που ένας δέκτης στο έδαφος δέχεται ταυτόχρονα από τέσσερις ή περισσότερους δορυφόρους που βρίσκονται σε τροχιά για αυτόν ακριβώς τον σκοπό. Το GPS έχει τη δυνατότητα ταχύτατης μέτρησης των τριών συντεταγμένων σημείου στο χώρο X, Y, Z με πολύ μεγάλη ακρίβεια.

ΜΕΡΟΣ Γ

Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ

Ρόλος του Μηχανικού Περιβάλλοντος είναι η αποκατάσταση, η προστασία και η διαχείριση του περιβάλλοντος με στόχο την αειφόρο ανάπτυξη (και όχι μόνο).

Ένας Μηχανικός Περιβάλλοντος ασχολείται με:

- ❖ Τον σχεδιασμό και εφαρμογή προγραμμάτων για την προστασία, ανάπτυξη και εν γένει διαχείριση του Περιβάλλοντος,
- ❖ Την εκπόνηση ή τον έλεγχο προγραμμάτων διαχείρισης φυσικών ή ανθρωπογενών περιβαλλοντικών συστημάτων, και
- ❖ Την μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων τεχνικών έργων ή άλλων δραστηριοτήτων με βάση την ισχύουσα νομοθεσία.

Επαγγελματικά ένας Μηχανικός περιβάλλοντος ασχολείται με:

- ✚ Μελέτες-Έρευνες Ρύπανσης (που αφορούν στον αέρα, το νερό ή το έδαφος)
- ✚ Μελέτες Αποκατάστασης περιοχών που έχουν ρυπανθεί ή χρειάζονται αλλαγή χρήσης (π.χ. εγκαταλειμμένα λατομεία, βιομηχανικές εγκαταστάσεις)
- ✚ Μελέτες Συστημάτων Αντιρρυπαντικής Τεχνολογίας
- ✚ Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Αποβλήτων (βιομηχανιών, βιοτεχνιών, κτιριακών συγκροτημάτων, πόλεων)
- ✚ Μελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων έργων και δραστηριοτήτων (δημόσια έργα, απόβλητα, απορρίμματα, κτίρια, βιομηχανικές μονάδες κ.λ.π.)
- ✚ Σύμβουλοι Περιβαλλοντικής Πολιτικής (ΟΤΑ, Δημόσιος Τομέας, Ένοπλες Δυνάμεις, Εκκλησία, κλπ)
- ✚ Περιβαλλοντικοί Έλεγχοι Βιομηχανικών Προϊόντων
- ✚ Μελέτες Διαχείρισης Στερεών Απορριμμάτων (συλλογή, ανακύκλωση, μεταφορά, υγειονομική ταφή)

- ✚ Εποπτεία Εφαρμογής Διατάξεων Περιβαλλοντικής Νομοθεσίας και Προδιαγραφών Περιβαλλοντικής Συμβατότητας Έργων και Εγκαταστάσεων
- ✚ Μελέτες-Έρευνες Διαχείρισης και Προστασίας περιβαλλοντικά ευαίσθητων ή ιδιαίτερου οικολογικού ενδιαφέροντος και αισθητικού κάλλους περιοχών
- ✚ Στελέχη εργοληπτικών εταιριών Η' τάξεως, όπου από τη νομοθεσία υποχρεούνται να χρησιμοποιούν «Μηχανικούς εξειδικευμένους σε θέματα περιβάλλοντος»

Η Επιστήμη του Μηχανικού Περιβάλλοντος είναι συνδυασμός των εξής επιστημονικών πεδίων:

- ✓ Πολιτικών Μηχανικών (Τομέας Υδραυλικής)
- ✓ Χημικών Μηχανικών (Φαινόμενα Μεταφοράς, Χημ. Θερμοδυναμική, Χημικές & Βιοχημικές διεργασίες)
- ✓ Τοπογράφων
- ✓ Βιολογικών Επιστημών (Μικροβιολογία, Οικολογία)
- ✓ Φυσικών Επιστημών (Χημεία, Φυσική & Μαθηματικά)

Σε αυτό το μέρος θα εξετάσουμε μερικές από τις οι εφαρμογές του Μηχανικού Περιβάλλοντος, όπως, ΧΥΤΑ , Αιολικά Πάρκα και πως αυτές εμπλέκονται με την τοπογραφία .

14 Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ)

14.1 Ορισμός

Η υγειονομική ταφή είναι η διαδικασία κατά την οποία τα απορρίμματα που πρόκειται να διατεθούν διαστρώνονται, σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους, σε στρώσεις ύψους 2-3 μέτρων , συμπιέζονται και καλύπτονται με κατάλληλο αδρανές υλικό στο τέλος της καθημερινής λειτουργίας. Όταν ο χώρος διάθεσης φθάσει στην τελική του χωρητικότητα, τοποθετείται μια τελική στρώση αδρανούς υλικού, πάχους 0,60 m περίπου και μετά στρώμα χώματος κατάλληλο για δενδροφύτευση, ώστε να αποκατασταθεί τελικά το τοπίο. Ο σχεδιασμός και η λειτουργία ενός χώρου υγειονομικής ταφής προϋποθέτει την εφαρμογή μιας σειράς επιστημονικών, τεχνικών και οικονομικών αρχών.

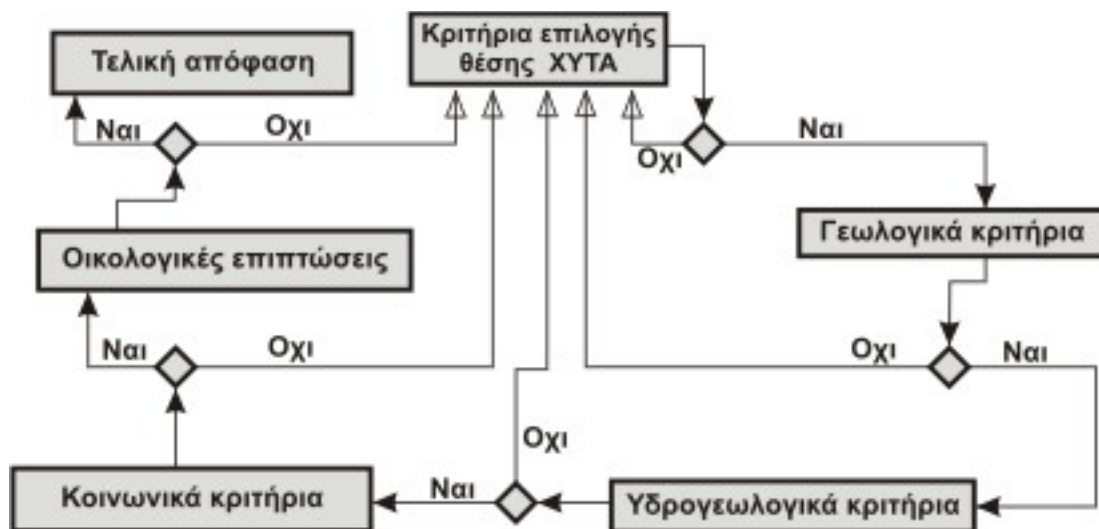


Εικόνα 23 ΧΥΤΑ Πέρα Γαληνών Ηρακλείου Κρήτης

14.2 Κριτήρια επιλογής θέσης

Ένας σωστά σχεδιασμένος ΧΥΤΑ πρέπει να εξασφαλίζει στεγανότητα, σταθερότητα των γεωλογικών σχηματισμών, να μην επηρεάζει τους υδροφόρους ορίζοντες της περιοχής, να είναι μακριά από αρχαιολογικούς χώρους, βιότοπους, αεροδρόμια κ.λπ.

Για την επιλογή της θέσης υπεισέρχονται και άλλοι παράγοντες όπως, το κλίμα, μορφολογία, η απόσταση από την πηγή γένεσης των απορριμμάτων, οι υδρογεωλογικές συνθήκες, η σεισμικότητα της περιοχής και η κοινωνική αποδοχή. Σχηματικά τα κριτήρια επιλογής θέσης ΧΥΤΑ φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα ροής (Καλλέργης 2000).



Διάγραμμα 2 Κριτήρια επιλογής θέσης ΧΥΤΑ

Η επιλογή της κατάλληλης θέσης για τη δημιουργία ΧΥΤΑ πρέπει να λαμβάνει υπόψη τα κάτωθι κριτήρια :

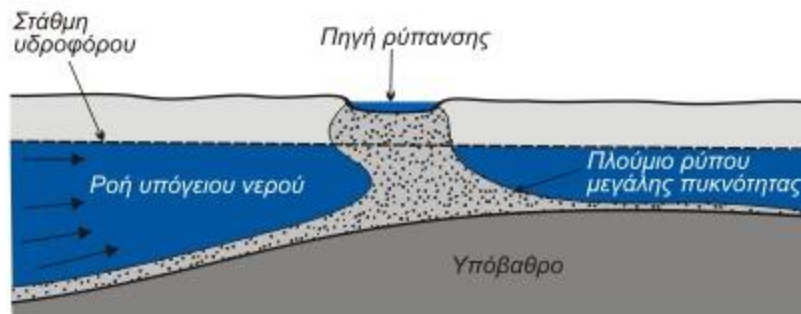
➤ *Γεωλογικά κριτήρια*

Εξετάζεται η λιθολογία και στρωματογραφία (σύνθεση και ποιότητα εδάφους, φύση υποβάθρου, βάθος από τον πυθμένα του αποδέκτη, πάχος αποσαθρωμένου μανδύα, ύπαρξη καρστικών εγκοίλων), καθώς και η τεκτονική (ρήγματα, σεισμικότητα).

Απαγορευτικές συνθήκες από γεωλογική άποψη είναι: η παρουσία ασβεστολίθων και διαρρηγμένων πετρωμάτων σε μικρό βάθος από τον πυθμένα και η ύπαρξη ενεργών ρηξιγενών ζωνών (λόγω αυξημένης διαπερατότητας και πιθανών μετακινήσεων).

➤ *Υδρογεωλογικά κριτήρια*

Το γεωλογικό υπόβαθρο θεωρείται κατάλληλο για ΧΥΤΑ, όταν ο συντελεστής υδροπερατότητας του είναι $k \leq 10^{-7}$ m/s, ώστε μετά την επεξεργασία να πάρει την επιθυμητή τιμή $k \leq 10^{-9}$ m/s. Το πάχος της ακόρεστης ζώνης πρέπει να έχει ένα ελάχιστο πάχος 5 m για τη δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών αυτοκαθαρισμού και αποτροπή πιθανής ρύπανσης. Το βάθος και οι διακυμάνσεις της στάθμης του υπόγειου νερού από τον πυθμένα του ΧΥΤΑ πρέπει να εξετάζονται πριν τη χωροθέτησή του.

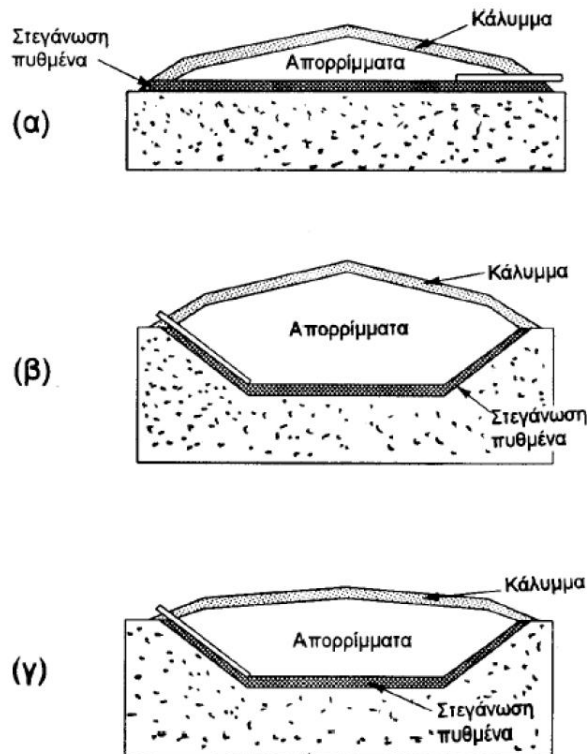


Εικόνα 24 Διαδικασία ρύπανσης υπόγειων νερών

Ελέγχονται επίσης οι υδραυλικές παράμετροι των υδροφόρων, η γεωμετρία τους, οι πιθανές εισροές από γειτονικές λεκάνες, οι ζώνες προστασίας υδροληπτικών έργων και ιαματικών νερών, η ποιότητα των υπόγειων νερών και το υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης απορροής. Η παρουσία υδροφορέων σε μικρό βάθος, ειδικά στην περίπτωση που εκμεταλλεύονται για την κάλυψη υδρευτικών αναγκών αποτελεί απαγορευτικό παράγοντα για την εγκατάσταση ΧΥΤΑ. Προτιμούνται κύρια περιοχές στις οποίες η στάθμη του υπόγειου νερού είναι σε μεγάλο βάθος, με μικρή διακύμανση της στάθμης και ποιοτικά υποβαθμισμένες (π.χ. λόγω υφαλμύρινσης). Επιπλέον προτιμούνται σχηματισμοί με μικρή υδροπερατότητα (στεγανοί), με υψηλό pH (μεγαλύτερη ικανότητα προσρόφησης βαρέων μετάλλων) και μεγάλη ικανότητα κατιοανταλλαγής (εξασθενεί τους ρύπους μέσω προσρόφησης και ανταλλαγής κατιόντων).

➤ *Γεωτεχνικά κριτήρια*

Ελέγχονται: η ευστάθεια, η διαβρωσιμότητα του εδάφους, η πιθανότητα εκδήλωσης καθιζήσεων και φαινομένων ερπυσμού (creep), καθώς και τα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά των εδαφών. Ο έλεγχος της ευστάθειας γίνεται με την εκτίμηση των εξής παραμέτρων: τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά του υποστρώματος έδρασης, τις κλίσεις των πρανών, το βάρος των απορριμμάτων, το είδος της επιφανειακής κάλυψης.



Εικόνα 25 Τυπική διάταξη αποδέκτη στερεών αποβλήτων : α) Υπέργειος, β) Ημιυπόγειος και γ) Υπόγειος

Γενικά προτιμούνται περιοχές οριζόντιες ή με μικρές κλίσεις (<15%) και γενικά αποφεύγονται ασταθείς περιοχές, που είναι επιρρεπείς σε κατολισθήσεις, με φτωχές συνθήκες θεμελίωσης, καθώς και σεισμικά ευάλωτες περιοχές.

➤ **Κριτήρια χωροταξίας**

Αποστάσεις από οικισμούς και απόκρυψη. Απόσταση από πηγές, οδούς, μνημεία, χώρους αναψυχής, αρχαιολογικούς χώρους, πολιτιστικούς χώρους και δραστηριότητες κ.λπ. Γενικά απαγορεύεται η εγκατάσταση ΧΥΤΑ σε περιοχές:

- αρχαιολογικού και πολιτιστικού ενδιαφέροντος, δηλ. κηρυγμένοι αρχαιολογικοί χώροι.
- παραδοσιακούς οικισμούς
- οικιστικές περιοχές, που περιλαμβάνει περιοχές εντός ορίων σχεδίου πόλης και εντός ορίων οικισμών με πληθυσμό κάτω των 2.000 κατοίκων, περιοχές εντός ορίων οικοδομικών συνεταιρισμών Α ή και Β κατοικίας, περιοχές ιδιωτικής πολεοδόμησης του Ν. 1947/91 για οικιστική χρήση.

Η ελάχιστη απαιτούμενη απόσταση από ποταμούς είναι 100 m, από λίμνες 300 m, από εθνικές οδούς 300 m, από αεροδρόμια 3.000 m και από υδρευτικές γεωτρήσεις 400 m.

➤ **Περιβαλλοντικά κριτήρια**

Αξιολογούνται οι επιδράσεις στην πανίδα και χλωρίδα και η αισθητική κατάσταση του κυρίως χώρου του ΧΥΤΑ, σε σχέση με τη δυνατότητα αναβάθμισής του. Τηρούνται οι αποστάσεις από υπάρχοντες βιότοπους ή υγροβιότοπους. Δεν είναι επιλέξιμες θέσεις για την κατασκευή ΧΥΤΑ οι υγροβιότοποι. Σε νησιά, σύμφωνα με κοινή απόφαση των Υπουργείων ΠΕΧΩΔΕ και Οικονομίας (2006), θα μπορούν να δημιουργηθούν μικροί ΧΥΤΑ και σε προστατευόμενες περιοχές (δίκτυο NATURA, Ramsar) με αυστηρούς περιβαλλοντικούς όρους.

➤ **Κλιματικά-υδρολογικά κριτήρια**

Εξετάζονται και αξιολογούνται τα παρακάτω:

- Η ένταση και διεύθυνση του ανέμου γιατί ρυθμίζουν τη μεταφορά των οσμών
- Μέγεθος λεκάνης απορροής, επιφανειακή απορροή
- Η ένταση και κατανομή των βροχοπτώσεων (πιθανότητα εμφάνισης πλημμύρας και ανάγκη αποστράγγισης).
- Η εξατμισοδιαπνοή. Περιοχές με έντονη εξάτμιση ξηραίνουν και ρηγματώνουν τις αργιλικές μεμβράνες.
- Στοιχεία μικροκλίματος της περιοχής (π.χ. συχνότητα και διάρκεια θερμοκρασιακών αναστροφών, συχνότητα και διεύθυνση μεταβατικών ρευμάτων).

➤ **Οικονομικά κριτήρια**

Από οικονομική άποψη πρέπει να προσμετρηθούν και συνεκτιμηθούν τα εξής κόστη:

- Κόστος μεταφοράς των απορριμμάτων
- Αγορά (αξία γης) και διαμόρφωση του χώρου
- Έργα για τη στεγανοποίηση του πυθμένα και των πρανών και συλλογής στραγγισμάτων
- Διαθεσιμότητα δικτύων (ύδρευση, ηλεκτρική ενέργεια κ.ά).
- Ευχέρεια εκτέλεσης έργων υποδομής (τάφρος ομβρίων υδάτων, οδοποιία κ.ά).

Ο απαιτούμενος χώρος ταφής των απορριμμάτων σχετίζεται με τον πληθυσμό, την παραγόμενη ποσότητα ανά κάτοικο, την πυκνότητα, τον αριθμό των στρωμάτων (ταμπάνια) και το λόγο συμπίεσης.

➤ **Λειτουργικά κριτήρια**

Λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω δεδομένα:

- Χωρητικότητα (δηλ. διάρκεια ζωής) του ΧΥΤΑ
- Ευχέρεια απόκτησης του χώρου, σε σχέση με τον χαρακτήρα της περιοχής και το ιδιοκτησιακό του καθεστώς
- Διαθεσιμότητα υλικού επικάλυψης.

Σύμφωνα με τον Καλλέργη (2000) η διερεύνηση για την επιλογή της κατάλληλης θέσης για ΧΥΤΑ περιλαμβάνει τρία στάδια:

Το πρώτο στάδιο διερεύνησης περιλαμβάνει τον ακριβή καθορισμό:

- της απαιτούμενης επιφάνειας, για τη διάθεση των απορριμμάτων και της επάρκειας του διαθέσιμου χώρου
- της μέγιστης, οικονομικά και τεχνικά, επιτρεπόμενης απόστασης από την πηγή παραγωγής των απορριμμάτων
- χωρικοί περιορισμοί (αρχαιολογικοί, δασολογικοί, οικιστικοί κ.λπ.) και συμβατότητα με τα υφιστάμενα τοπικά σχέδια χρήσης γης.

Το δεύτερο στάδιο διερεύνησης συνίσταται στην εξέταση των υποψήφιων θέσεων που προκρίθηκαν από γεωλογική και κοινωνική άποψη, λαμβάνοντας υπόψη τα εξής κριτήρια:

- Χωροταξικά. Ευκολία πρόσβασης, γειτνίαση με επιφανειακά σώματα νερού (ποτάμια, χείμαρροι, λίμνες), καθώς και εγκαταστάσεις και μέσα υποστήριξης για την ανάπτυξη ΧΥΤΑ 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 των απορριμμάτων, 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 υδροφόρων και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους, το υδραυλικό καθεστώς, οι περιοχές τροφοδοσίας και εκφόρτισης των υδροφόρων, τα υφιστάμενα έργα υδροληψίας, η ποιότητα του υπόγειου νερού και οι χρήσεις του.
- Κοινωνικά. Η προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος.

Το τρίτο στάδιο διερεύνησης περιλαμβάνει λεπτομερείς έρευνες πεδίου, όπως γεωτεχνική επάρκεια του πυθμένα του ΧΥΤΑ για τον περιορισμό των ρυπογόνων στραγγισμάτων, η ικανότητα αυτοκαθαρισμού του κ.λπ. Επιπλέον ποσοτικοποίηση των πληροφοριών που αναφέρονται στα εξής χαρακτηριστικά:

- λιθοφασική σύσταση, εκσκαψιμότητα, υδροπερατότητα, αντοχή, συμπίεστότητα
- ικανότητα συγκράτησης ή παραπέρα διοχέτευσης των ρύπων
- πάχος και φύση της ακόρεστης ζώνης
- τυχόν παρουσία του υποβάθρου και το βάθος του
- πιθανότητα υποβάθμισης της ποιότητας των υπόγειων νερών
- τρωτότητα της θέσης απέναντι σε εξωτερική ρύπανση, που είναι ενδεχόμενο να δημιουργηθεί από την εγκατάσταση του ΧΥΤΑ.

Στο επίπεδο αυτό ποσοτικοποιούνται επίσης, όσες από τις πληροφορίες του δεύτερου σταδίου παρουσιάζουν υψηλό βαθμό αβεβαιότητας.

Συνοπτικά τα κριτήρια επιλογής θέσης ΧΥΤΑ απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα (Καλλέργης 2000)

<i>Περιοριστικοί παράγοντες</i>	<i>Αποκλεισμός ή σοβαρός περιορισμός</i>	<i>Μέτριος περιορισμός</i>	<i>Καθόλου ή μικρός περιορισμός</i>
Κλίση πρανών	>15%	3-15%	< 3%
Επιφανειακές αποθέσεις	Καθαρό αμμοχάλικο οργανική άργιλος	Αμμοχάλικο αναμεγμένο με ιλύ, πάχους <15 m	Ιλύες, άργιλοι
Βάθος υποβάθρου	< 3,5 m	3,5-15 m	> 15 m
Πέτρωμα υποβάθρου	Καρστικά ανθρακικά πετρώματα	Ψαμμίτες ασβεστιτικοί χονδρόκοκκοι	
Πάχος ακόρεστης ζώνης	< 3,5 m	3,5- 7,5 m	> 7,5 m
Απόσταση από:			
-Περιοχή υδροληψίας	< 15m	15-350 m	> 350 m
-Όριο πλημμύρας κοιλάδας	100 m	100-350 m	>350 m
-Υδρόρευμα	100 m	100-350 m	>350 m
-Λίμνη	<350 m	-	>350 m
-Οδικό δίκτυο	<350 m	-	>350 m
-Υγροβιότοπος	<15 m	-	-
-Αεροδρόμιο	≤3.000 m ή 1500 m	-	-

Πίνακας 3 Συνοπτικά τα κριτήρια επιλογής θέσης

Για την επιλογή του βέλτιστου σεναρίου διαχείρισης των απορριμμάτων σε επίπεδο Νομού ή περιφέρειας και τη χωροθέτηση ΧΥΤΑ εφαρμόζονται επιπλέον μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης επί των κριτηρίων αξιολόγησης (Karagiannidis et al., 2003, Κοντός κ.ά., 2004). Στον παραπάνω πίνακα παρουσιάζονται τα κριτήρια για την επιλογή θέσεων ΧΥΤΑ.

Τα κριτήρια επιλεξιμότητας ενός χώρου ΧΥΤΑ ταξινομούνται σε τέσσερις κατηγορίες (Δημόπουλος, 2001):

- κριτήρια λειτουργικότητας
- κριτήρια χωροταξίας
- κριτήρια περιβαλλοντικής προστασίας
- κριτήρια κόστους

Τα κριτήρια βαθμονομούνται με βάση το ειδικό βάρος, τόσο της ενότητας που ανήκει, όσο και αυτού του κριτηρίου μεμονωμένα. Η αξιολόγηση συνήθως γίνεται από τους ΟΤΑ και το Υπουργείο Περιβάλλοντος.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται ένα παράδειγμα βαθμονόμησης κριτηρίων επιλεξιμότητας ΧΥΤΑ.

a/a	Ειδικό βάρος ομάδας κριτηρίων (%)	Κριτήρια επιλεξιμότητας ΧΥΤΑ		Ειδικό βάρος κριτηρίου στην ομάδα (%)		Ειδικό βάρος κριτηρίου στο σύνολο (%)	
1		Κριτήρια Λειτουργικότητας	Κλιματικές συνθήκες	10		3,0	
2			Χωρητικότητα	25		7,5	
3	30		Απορροή-Συλλογή ομβρίων υδάτων	10		3,0	
4			Πρόσληψη υλικού επικάλυψης	10		3,0	
5			Ευχέρεια απόκτησης του χώρου	25		7,5	
6		Κριτήρια Χωροταξίας	Κεντροβαρικότητα	20	100	6,0	30
7			Απόσταση από οικισμούς και απόκρυψη	40		10,0	
8			Επιδράσεις σε τουριστικές περιοχές χώρους αναψυχής, πολιτιστικές δραστηριότητες	30		7,5	
9	25		Επιδράσεις στην οικονομική δραστηριότητα				
10			(γεωργία, κτηνοτροφία, βιομηχανία)	25		6,25	
11		Κριτήρια Περιβαλλοντικής Προστασίας	Παρακαμπτήρια προσπέλαση	5	100	1,25	25
12			Μορφολογία χώρου	20		6,0	
13	30		Επίδραση στο φυσικό «μικρό» τοπίο	10		3,0	
14			Επιπτώσεις στα ζώα και τα φυτά	5		1,5	
15			Φυσική προστασία υπόγειων νερών	40		12,0	
16		Κριτήρια Κόστους	Άνεμοι-Οσμές-Αέριοι Ρύποι	10		3,0	
17			Υφιστάμενη κατάσταση στην ευρύτερη περιοχή	15	100	4,5	30
18	15		Έργα υποδομής	60		9,0	
			Κόστος μεταφοράς	40	100	6,0	15

Πίνακας 4 Βαθμονόμηση κριτηρίων επιλεξιμότητας ΧΥΤΑ

Στα κριτήρια επιλεξιμότητας που αναφέρονται στον παραπάνω πίνακα γίνεται αναλυτική βαθμονόμηση ώστε να επιλεγεί ο καλύτερος δυνατός χώρος.

14.3 Η σημαντικότητα της τοπογραφίας στο σχεδιασμό ΧΥΤΑ

Ο πρώτος και κυριότερος παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη για την επιλογή ενός χώρου για υγειονομική ταφή των απορριμμάτων είναι η τοπογραφία της υπό εξέταση περιοχής και αυτό γιατί η διαμόρφωση του αναγλύφου είναι αυτή που θα συμβάλει μερικά ή και αποκλειστικά στην πλήρωση και όλων των άλλων προϋποθέσεων για την τελική επιλογή ενός χώρου ως ΧΥΤΑ.

Εφόσον η τοπογραφία επιτρέπει τη δημιουργία ενός ΧΥΤΑ εξετάζονται και όλα τα άλλα κριτήρια που πρέπει να πληρούνται όπως Γεωλογικά, υδρολογικά, γεωτεχνικά, χωροταξίας, περιβαλλοντικά, κλιματικά- υδρολογικά, οικονομικά και λειτουργικά γι' αυτό πολλές φορές η επιλογή της κατάλληλης θέσης για λειτουργία ΧΥΤΑ γίνεται με την αλληλεπίθεση χαρτών που απεικονίζουν περιοχές αποκλεισμού ή περιοχές επιλογής πάνω στον τοπογραφικό χάρτη της περιοχής όπως απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 14 Δημιουργία σύνθετου χάρτη επιλογής θέσεων ΧΥΤΑ, από την αλληλεπίθεση διαφανών χαρτών πάνω στο τοπογραφικό διάγραμμα της περιοχής, ίδιας κλίμακας (Καλλέργης, 2001).

Η τοπογραφία της περιοχής μπορεί να επηρεάσει τα γεωλογικά και τα γεωτεχνικά κριτήρια και αυτό επειδή η τοπογραφία επηρεάζει τα εδάφη και τις διεργασίες που γίνονται σε αυτά με διάφορους τρόπους. Έχουμε ήδη αναφέρει στο πρώτο μέρος (σχέση τοπογραφίας και εδάφους) ότι οι υψομετρικές ζώνες προσφέρονται για να παράγουν διαφορετικούς τύπους εδάφους και ότι το έδαφος συσσωρεύεται συνήθως σε πρανή με ήπιες κλίσεις ενώ στα

απόκρημνα πρανή σχηματίζεται ένα λεπτό επικάλυμμα εδάφους ή αποκαλύπτεται το υγιές πέτρωμα.

Η τοπογραφία της περιοχής μπορεί να επηρεάσει θετικά ή αρνητικά τα υδρογεωλογικά κριτήρια επιλογής θέσης ΧΥΤΑ δεδομένου ότι η μορφολογία του εδάφους επηρεάζει το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα όπως αναφέρεται στο πρώτο μέρος (σχέση τοπογραφίας και νερού).

Η τοπογραφία της περιοχής επηρεάζει και τα χωροταξικά κριτήρια επιλογής θέσης ΧΥΤΑ δεδομένου ότι απαιτείται ελάχιστη απόσταση από λίμνες και ποτάμια.

Η τοπογραφία επηρεάζει τα περιβαλλοντικά κριτήρια δεδομένης της σχέσης της με τα ζώα και τη βλάστηση μιας περιοχής, (γίνεται αναφορά στο πρώτο μέρος στη σχέση της τοπογραφίας με τα ζώα και τα φυτά).

Η Τοπογραφία της περιοχής επηρεάζει τα κλιματικά-υδρολογικά κριτήρια δεδομένου ότι από την τοπογραφία της περιοχής επηρεάζεται η ένταση και η διεύθυνση του ανέμου, το μέγεθος της λεκάνης απορροής και η επιφανειακή απορροή, η ένταση και η κατανομή των βροχοπτώσεων και το μικροκλίμα της περιοχής. Λεπτομερέστερη αναφορά γι' αυτές τις επιδράσεις γίνεται στο πρώτο μέρος (σχέση τοπογραφίας και κλίματος).

Η τοπογραφία της περιοχής επηρεάζει τα οικονομικά κριτήρια επιλογής θέσης ΧΥΤΑ δεδομένου ότι ανάλογα με τη μορφολογία της περιοχής απαιτούνται περισσότερες ή λιγότερες εργασίες για τη διαμόρφωση του χώρου με ανάλογες επιδράσεις στο κόστος.

Η τοπογραφία της περιοχής επηρεάζει και τα κριτήρια λειτουργικότητας δεδομένου ότι από την τοπογραφία επηρεάζεται η χωρητικότητα, η προσβασιμότητα αλλά και η διαθεσιμότητα του υλικού επικάλυψης.

14.4 Διαδικασίες έγκρισης και έκδοσης άδειας λειτουργίας ΧΥΤΑ

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων σχετίζονται με:

- Παραγωγή διασταλαζόντων υγρών και πιθανή ρύπανση των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων και του εδάφους

- Ρύπανση επιφανειακών νερών
- Εκπομπή αερίων (CH₄, CO₂, SO₂, NH₃, H₂S κ.ά)
- Εμφάνιση διαφόρων ζωικών ειδών (ποντίκια, έντομα, πτηνά)
- Επιπτώσεις στην πανίδα και ειδικά σε ευαίσθητα φυτά και δένδρα
- Αλλοίωση του φυσικού περιβάλλοντος και αισθητική όχληση
- Δυσοσμία, Σκόνη, Διασπορά μικρών αντικειμένων με τον άνεμο
- Θόρυβοι από τη λειτουργία μηχανημάτων μεταφοράς και συμπίεσης
- Κίνδυνοι ανάφλεξης
- Κίνδυνος κατολίσθησης
- Κίνδυνος καθίζησης και διάβρωσης του υλικού επικάλυψης.

Για να κατανοηθούν οι μεγάλες επιπτώσεις στο περιβάλλον αναφέρουμε ότι, η αυτανάφλεξη της χωματερής στην περιοχή Ταγαράδων Θεσσαλονίκης τον Ιούλιο του 2006, είχε ως αποτέλεσμα την εκπομπή διοξινών στο περιβάλλον, που ανιχνεύθηκαν στο έδαφος και τα ζώα σε απόσταση 3-5 km για χρονικό διάστημα 10-15 ημερών.

Η διαδικασία έγκρισης και έκδοσης άδειας λειτουργίας ΧΥΤΑ Απορριμμάτων καθορίζεται από την υφιστάμενη νομοθεσία και είναι η κάτωθι:

- Καταγραφή των υποψήφιων χώρων
- Συγκρότηση από τον Νομάρχη γνωμοδοτικής επιτροπής
- Σύνταξη μελέτης προέγκρισης χωροθέτησης
- Εκπόνηση Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.)
- Απόφαση έγκρισης μελέτης περιβαλλοντικών όρων
- Εκπόνηση τεχνικής μελέτης κατασκευής
- Κατασκευή του ΧΥΤΑ και άδεια λειτουργίας

Η κοινοτική οδηγία 1991/156/EU θέτει τις βάσεις για την αποτελεσματική και βιώσιμη διαχείριση των απορριμμάτων, δίνοντας έμφαση στη μείωση αυτών στην πηγή παραγωγής και στην υγειονομική ταφή. Η οδηγία 99/31/EU θέτει τα «τεχνικά πρότυπα υγειονομικής ταφής» για όλη τη διάρκεια ζωής ενός ΧΥΤΑ.

Η ελληνική νομοθεσία που διέπει τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, καθώς και τα κριτήρια επιλογής θέσεων εγκατάστασης διαχείρισης αποβλήτων καθορίζεται από τις:

1. ΚΥΑ 50910/2727 (ΦΕΚ 1909/22-12-2003) «Μέτρα και όροι για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων. Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης». Περιλαμβάνει τις κατηγορίες αποβλήτων και τις τεχνικές προδιαγραφές σύνταξης των περιφερειακών σχεδίων διαχείρισης στερεών αποβλήτων.
2. ΚΥΑ 29407/3508/2002 (ΦΕΚ 1572B/16-12-2002) «Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή αποβλήτων».
3. ΚΥΑ 114218/97 (ΦΕΚ 1016 B/17-11-97) «Κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων». Περιλαμβάνει το πλαίσιο τεχνικών προδιαγραφών διαχείρισης στερεών αποβλήτων, τους όρους και τα κριτήρια καταλληλότητας και επιλογής θέσεων εγκατάστασης διαχείρισης αποβλήτων.
4. ΚΥΑ 49541/1424/86 (ΦΕΚ 358B'/17-5-1996) «Στερεά απόβλητα σε συμμόρφωση με την οδηγία 75/422/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 15ης Ιουλίου 1975». Ορίζει τις διαδικασίες για την έγκριση της λειτουργίας ενός χώρου διάθεσης απορριμμάτων.
5. ΚΥΑ 69269/5387/90 (ΦΕΚ 678B'/25-10-1990) «Κατάταξη έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες, περιεχόμενο Μ.Π.Ε. και λοιπές συναφείς διατάξεις σύμφωνα με τον Ν. 1650/1986». Αναφέρεται στις Μελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων σε ΧΥΤΑ.
6. Νόμος 1650/1986 (ΦΕΚ 160 Α'/18-10-86) «Για την προστασία του περιβάλλοντος». Σε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων δεν γίνονται δεκτά τα ακόλουθα απόβλητα:
 - Υγρά απόβλητα
 - Απόβλητα που είναι διαβρωτικά, εκρηκτικά, οξειδωτικά ή εύφλεκτα
 - Απόβλητα νοσοκομείων και συναφή που είναι μολυσματικά
 - Ολόκληρα ή τεμαχισμένα μεταχειρισμένα ελαστικά αυτοκινήτων
 - Απόβλητα που εκπέμπουν ενοχλητικές οσμές
 - Χημικά απόβλητα που έχουν χαρακτηριστεί ως επικίνδυνα

Πρέπει να τονισθεί ότι επιβάλλεται ο περιορισμός τόσο της ποσότητας όσο και του επικίνδυνου χαρακτήρα των απορριμμάτων που προορίζονται για υγειονομική ταφή. Οι πρόσφατες προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής Ένωσης επιτάσσουν τον διαχωρισμό και την ειδική επεξεργασία των επικίνδυνων απορριμμάτων όπως, τα ραδιενεργά, τα νοσοκομειακά, τα ελαστικά αυτοκινήτων, οι μπαταρίες, τοξικά στερεά απόβλητα, κ.ά. Επίσης η οδηγία 199/31/EK της Ε.Ε. επιτάσσει ότι στους ΧΥΤΑ θα πραγματοποιείται διάθεση μόνο των αποβλήτων που έχουν υποστεί επεξεργασία. Τα επικίνδυνα απόβλητα και τα αδρανή διατίθενται σε ειδικούς χώρους. Κάθε χώρος υγειονομικής ταφής αποβλήτων κατατάσσεται σε: ΧΥΤΑ μη επικίνδυνων αποβλήτων, ΧΥΤΑ επικίνδυνων αποβλήτων και ΧΥΤΑ αδρανών.

14.5 Η υφιστάμενη κατάσταση των χώρων υγειονομικής ταφής στην Ελλάδα

Η κατάσταση των χώρων ταφής στην Ελλάδα αποτελεί ίσως τον σημαντικότερο αν όχι το μοναδικό δείκτη για την αξιοπιστία και την αποτελεσματικότητα των συστημάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων στη χώρα μας, δεδομένου ότι ακόμα και σήμερα αποτελούν, με ελάχιστες εξαιρέσεις, τα αποκλειστικά έργα διαχείρισης στερεών αποβλήτων στο μεγαλύτερο μέρος της χώρας. Κατά συνέπεια, μέσω της ανάλυσης της κατάστασης των ΧΥΤΑ μπορούν να προκύψουν σημαντικά συμπεράσματα που αφορούν στο σύνολο των δραστηριοτήτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων.

Οι σημαντικότεροι ΧΥΤΑ εξυπηρετούν ανάγκες μεγάλων αστικών κέντρων (Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Πάτρα, Λάρισα, Βόλος κ.α.), παράλληλα όμως λειτουργούν και ΧΥΤΑ με πολύ μικρή δυναμικότητα. Σε ορισμένους ΧΥΤΑ ικανοποιούνται – σε βασικές γραμμές τα απαιτούμενα από τη νομοθεσία χαρακτηριστικά και το επίπεδο λειτουργίας είναι ικανοποιητικό, ωστόσο υπάρχουν και εγκαταστάσεις που παρουσιάζουν σημαντικά προβλήματα είτε λόγω κατασκευαστικών ατελειών είτε, συνηθέστερα, λόγω κακής λειτουργίας. Οι δυσχέρειες που προκύπτουν από τους ΧΥΤΑ της επικράτειας αφορούν τόσο γενικά ζητήματα όσο κατασκευής, λειτουργίας και σχεδιασμού.

Τα κύρια προβλήματα που παρουσιάζονται γενικά είναι:

- Συμμόρφωση με το θεσμικό πλαίσιο: Παρόλο τις τεχνικές προδιαγραφές που προτείνονται στην κείμενη νομοθεσία (ΚΥΑ 114218/97), αρκετές περιπτώσεις δεν τηρούν τις προϋποθέσεις που αυτή θέτει. Το πρόβλημα γίνεται εντονότερο σε μικρούς απομακρυσμένους ΧΥΤΑ. Ο έλεγχος και η παρακολούθηση των έργων συχνά είναι ελλιπής. Στην πλειονότητά τους οι φορείς διαχείρισης των ΧΥΤΑ δεν παραδίδουν ετήσιες εκθέσεις παρακολούθησης στο ΥΠΕΧΩΔΕ, ενώ κατά κανόνα δε γίνεται έλεγχος των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων ούτε και ποιοτικός πολλές φορές και ποσοτικός έλεγχος των απορριμμάτων που αποτίθενται
- Φορείς διαχείρισης: Η κατάσταση και ο ρόλος των φορέων διαχείρισης αποτελεί ίσως το σημαντικότερο πρόβλημα των Ελληνικών ΧΥΤΑ. Απαιτείται η θεσμική, λειτουργική και οικονομική μεταμόρφωση των φορέων για να γίνουν βιώσιμοι και να διαδραματίσουν ενεργότερο ρόλο
- Χρόνος – κόστος κατασκευής / προετοιμασίας: Η καθυστέρηση υλοποίησης των έργων είναι σε ορισμένες περιπτώσεις πολύ μεγάλη (μέχρι και πάνω από 6 χρόνια). Σημαντικές διαφοροποιήσεις διαπιστώνονται στο κόστος κατασκευής των ΧΥΤΑ, ακόμα και για παρεμφερούς δυναμικότητας έργα
- Κόστος λειτουργίας: Τα στοιχεία κόστους που δίνουν οι ΧΥΤΑ δεν είναι συγκρίσιμα, ενώ δεν μπορούν να θεωρηθούν και αξιόπιστα

Τα προβλήματα κατασκευής συνοψίζονται σε:

- Προβλήματα στις συμβάσεις των έργων: Παρατηρούνται σημαντικές δυσλειτουργίες στις συμβάσεις των έργων ΧΥΤΑ, με βασικότερες αιτίες, από μόνες τους ή σε συνδυασμό: α) την ελλιπή προετοιμασία και εσφαλμένη κοστολόγηση των έργων, κυρίως λόγω έλλειψης των απαιτούμενων πόρων προετοιμασίας, β) τις λανθασμένες τεχνικές επιλογές που δεν λαμβάνουν υπόψη τοπικές ιδιαιτερότητες ή/ και προβληματικούς εγκεκριμένους περιβαλλοντικούς όρους, γ) έλλειψη σαφήνειας στο συμβατικό αντικείμενο και δ) την συχνή αδυναμία των φορέων κατασκευής να χειριστούν και να παρακολουθήσουν τη σύμβαση
- Επίβλεψη της κατασκευής: Ειδικά σε περιπτώσεις σχετικά μικρότερων ΟΤΑ, οι επιβλέπουσες υπηρεσίες δεν είναι επαρκώς στελεχωμένες με τεχνικούς εξοικειωμένους με τέτοια έργα. Σοβαρότατο επίσης θέμα είναι ο έλεγχος και η διασφάλιση της ποιότητας του έργου. Είναι

σαφές ότι ουσιαστικοί και συστηματικοί έλεγχοι της ποιότητας των υλικών και εργασιών κατασκευής των ΧΥΤΑ δεν αποτελούν πάγια τακτική

- Κατασκευαστικά προβλήματα: Συνήθως προκύπτουν λόγω αστοχίας του σχεδιασμού ή των τεχνικών επιλογών, ενώ υπάρχουν κάποια νευραλγικά στοιχεία των ΧΥΤΑ που απαιτούν εξορισμού ιδιαίτερη προσοχή κατά τη φάση λειτουργίας προκύπτουν προβλήματα όπως: Προβλήματα πληρότητας, υλικού επικάλυψης, διαχείρισης στραγγισμάτων και βιοαερίου, απουσίας σχεδίου λειτουργίας, περιβαλλοντικής παρακολούθησης του έργου, πρόβλεψης για τη μετέπειτα φροντίδα, διάθεσης λάσπης, φύλαξης ή βανδαλισμών.

Ζητήματα που ανακύπτουν κατά το σχεδιασμό των ΧΥΤΑ της επικράτειας αφορούν:

- Τη φιλοσοφία του σχεδιασμού: Το πρόβλημα που αναδεικνύεται αφορά στην ανάγκη διαμόρφωσης μίας ενιαίας κουλτούρας σχεδιασμού που να διέπει όσους ασχολούνται με το θέμα ώστε να προλαμβάνονται σχεδιαστικές αστοχίες (αρχή της πρόληψης)
- Η αξιοπιστία των δεδομένων σχεδιασμού: Πρέπει να σημειωθεί ότι η ύπαρξη επαρκούς χρόνου προετοιμασίας έργων αλλά και επαρκών οικονομικών πόρων για τις απαιτούμενες έρευνες πεδίου αποτελεί εκ των ων ουκ άνευ προϋπόθεση για έναν επιτυχή σχεδιασμό
- Τεχνικός σχεδιασμός του έργου: Παράμετροι όπως διάρκεια ζωής, σχεδιασμός του πυθμένα, των δικτύων συλλογής και επεξεργασίας στραγγισμάτων, αποτελούν κομβικά σημεία για τη σωστή και αποδοτική λειτουργία ενός ΧΥΤΑ. Συχνά σε διάφορες περιπτώσεις προκύπτουν λάθη κατά το σχεδιασμό των επιμέρους παραμέτρων κάτι που οδηγεί σε κακή λειτουργία ή ακόμα και σε αστοχία έναν ΧΥΤΑ (Πηγή: Α. Μαυρόπουλος, Β. Στοϊλόπουλος, Κ. Κολοκοτρώνη, Ε. Φαγογένη, 2002, Οι χώροι υγειονομικής ταφής στην Ελλάδα: υφιστάμενη κατάσταση και εμπειρίες)

15 Αιολικά Πάρκα

15.1 Ορισμός

Αιολικό πάρκο είναι μία συστοιχία πολλών ανεμογεννητριών, οι οποίες εγκαθίστανται και λειτουργούν σε μία περιοχή με υψηλό αιολικό δυναμικό και διοχετεύουν το σύνολο της παραγωγής του στο ηλεκτρικό σύστημα.



Εικόνα 26 Αιολικό πάρκο Μονής Τοπλού, Σητεία, Κρήτη

Υπάρχει βέβαια και η δυνατότητα οι ανεμογεννήτριες να λειτουργούν αυτόνομα, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε περιοχές που δεν ηλεκτροδοτούνται ή για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας για χρήση σε αντλιοστάσια.

Ανάλογα με τον τόπο, όπου εγκαθίστανται οι συστοιχίες των ανεμογεννητριών, τα αιολικά πάρκα διακρίνονται σε χερσαία και υπεράκτια. Χερσαία είναι αυτά, τα οποία εγκαθίστανται στη στεριά ενώ υπεράκτια αυτά τα οποία εγκαθίστανται στις θάλασσες.



Εικόνα 27 Υπεράκτιο αιολικό πάρκο στην Κοπεγχάγη (Δανία)

Σε σχέση με τα χερσαία έργα αιολικής ενέργειας, η κατασκευή υπεράκτιων ανεμογεννητριών απαιτεί σημαντική εφαρμοσμένη μηχανική όσον αφορά την υποδομή, τοποθέτηση, ηλεκτρική σύνδεση και την χρήση υλικών, τα οποία αντέχουν στο διαβρωτικό θαλάσσιο περιβάλλον. Μολονότι η ταχύτητα των υπεράκτιων ανέμων είναι γενικά μεγαλύτερη αυτής των ανέμων της στεριάς, οι προαναφερθέντες παράγοντες δεν επέτρεψαν την υπεράκτια χρήση των ανεμογεννητριών κατά το παρελθόν.

Πάντως, στις μέρες μας είναι πιο εφικτή η χρήση ανεμογεννητριών μεγάλης κλίμακας υπεράκτια και, με την αύξηση του μεγέθους και της αποδοτικότητας των ανεμογεννητριών καθώς και της πείρας στον τομέα αυτό, η υπεράκτια αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας αποκτά μεγάλο δυναμικό.

15.2 Χωροθέτηση Αιολικού Πάρκου

15.2.1 Γενικά Κριτήρια

Η σωστή επιλογή της κατάλληλης τοποθεσίας, αποτελεί το πρώτο στάδιο χωροθέτησης ενός αιολικού πάρκου. Για να μπορέσει το αιολικό πάρκο να αποδώσει το αναμενόμενο, εξυπηρετώντας τις ανάγκες για τις οποίες έχει σχεδιαστεί να καλύψει, πρέπει να ληφθούν υπόψη διάφορα κριτήρια :

- Πολεοδομικά–Χωροταξικά : τα κριτήρια αυτά εξετάζουν τις επιπτώσεις που θα έχει η χωροθέτηση ενός αιολικού πάρκου στις χρήσεις γης και τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες της επιλεγόμενης περιοχής.
- Περιβαλλοντικά: τα κριτήρια αυτά λαμβάνουν υπόψη τις διάφορες περιβαλλοντικές επιπτώσεις που θα έχει η εγκατάσταση ενός τέτοιου έργου στο φυσικό περιβάλλον της ευρύτερης περιοχής.
- Τεχνικά λειτουργικά: κριτήρια που εξετάζουν την καταλληλότητα του χώρου από λειτουργική άποψη, πρόσβαση, δίκτυο ΔΕΗ.
- Οικονομικά: κριτήρια, τα οποία εξετάζουν την καταλληλότητα του χώρου από οικονομική άποψη.
- Κοινωνικά: κριτήρια που αφορούν την κοινωνική αποδοχή του έργου.

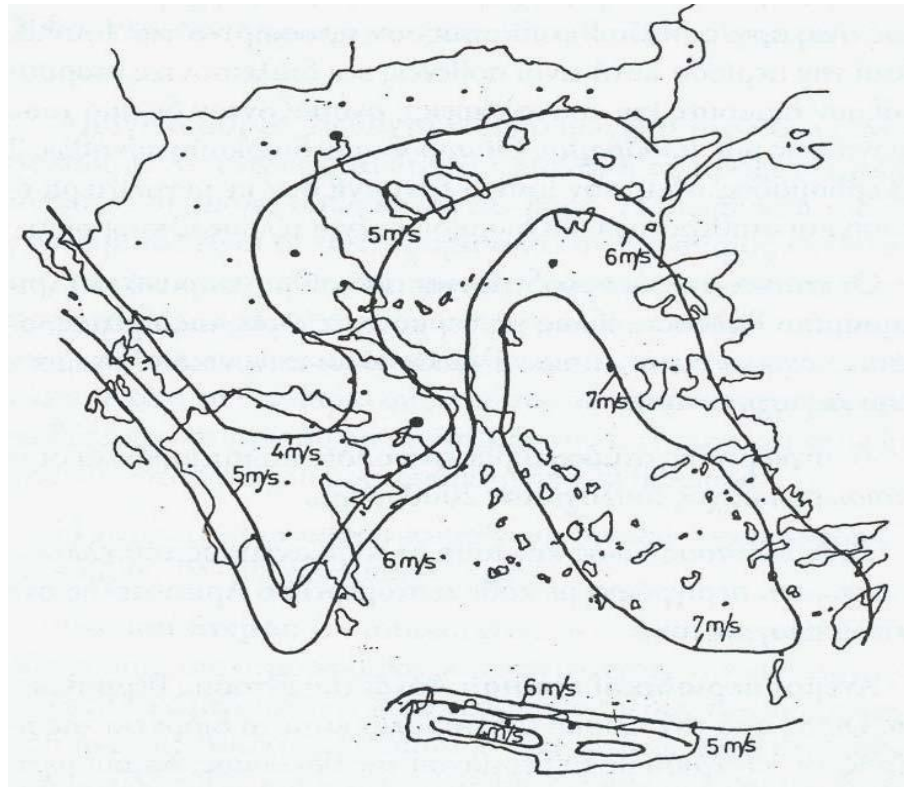
Αξίζει να σημειωθεί ότι τα παραπάνω κριτήρια είναι τα πιο βασικά και ένα μέρος από αυτά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επιλογή της τελικής περιοχής χωροθέτησης.

15.2.2 Ποσοτικός Καθορισμός Κριτηρίων

Τα κριτήρια που ακολουθούν είναι αποτέλεσμα της μελέτης του νόμου Περί Πολεοδομίας και Χωροταξίας του 2006. Τα κριτήρια αυτά θα συμβάλουν στον καθορισμό των ζωνών αποκλεισμού (όπου δεν επιτρέπεται η χωροθέτηση του αιολικού πάρκου) και των ζωνών επιρροής (όπου επιτρέπεται η χωροθέτηση του).

- Η περιοχή χωροθέτησης πρέπει να βρίσκεται εκτός ορίου αστικής περιοχής, συνολικής απόστασης 850 μέτρων.
- Η προτεινόμενη περιοχή πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση 300 μέτρων από προστατευόμενες περιοχές Natura, περιοχές-πέρασμα πουλιών, κρατικά δάση και άλλα προστατευόμενα τοπία.
- Θα πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση 150 μέτρων από όριο ποταμών και φραγμάτων.
- Θεωρώντας το ύψος των ανεμογεννητριών 80 μέτρα και την απόσταση από δρόμους να ορίζεται ως το 100%-150% του ύψους αυτού, προκύπτει ότι η περιοχή πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση 100 μέτρων από όριο αυτοκινητοδρόμου ή άλλου δημόσιου δρόμου.

- 100%-150% του ύψους από εναέριες γραμμές υψηλής τάσης του δικτύου της ΔΕΗ, 100 μέτρα.
- Απόσταση 1000 μέτρων από οποιοδήποτε σημείο αεροδιαδρόμου ή κώνου πτήσεων και διακίνησης πτητικών μέσων, ή άλλη απόσταση που έχει καθοριστεί από το Τμήμα Πολιτικής Αεροπορίας ή το Υπουργείο Άμυνας.
- Δεν πρέπει να βρίσκεται εντός των ορίων άλλου αιολικού πάρκου. Όπως καθορίζεται από την νομοθεσία, θεωρήθηκε ζώνη αποκλεισμού 1500 μέτρα από τα όρια άλλου αιολικού πάρκου.
- Απόσταση 500 μέτρων από αρχαιολογικούς χώρους.
- Οι ταχύτητες του ανέμου διαφέρουν με το ανάγλυφο μιας περιοχής και ποικίλλουν σημαντικά με την εποχή και την ημέρα. Για να θεωρηθεί μια περιοχή κατάλληλη για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας θα πρέπει η μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου (μετρούμενη 10 m από το έδαφος της γης) να είναι μεγαλύτερη από 4 m/s. Τέτοιες περιοχές στην Ελλάδα είναι τα νησιά του Αιγαίου και η Κρήτη.



Χάρτης 2 Το αιολικό δυναμικό της χώρας μας

15.3 Η σημαντικότητα της τοπογραφίας στον σχεδιασμό αιολικού πάρκου

Η ροή του ανέμου κοντά στην επιφάνεια της γης, δηλαδή στο οριακό ατμοσφαιρικό επίπεδο, επηρεάζεται σημαντικά από τα χαρακτηριστικά του εδάφους. Γι' αυτό, η μελέτη του εδάφους της περιοχής ενός αιολικού πάρκου, είναι απαραίτητη για την εκτίμηση της παραγωγής του. Η τοπογραφία της εκάστοτε περιοχής επηρεάζει την τραχύτητα του εδάφους που αυτό έχει ως αποτέλεσμα μια γενική επιβράδυνση της ταχύτητας του ανέμου. Το δεύτερο στοιχείο που πρέπει να περιγραφεί κατά τη μελέτη της τοπογραφίας μιας περιοχής και για το χαρακτηρισμό της ανάλογα με τη πολυπλοκότητα του εδάφους, είναι τα εμπόδια που συναντάει ο άνεμος, με αποτέλεσμα να μειώνεται η ταχύτητά του. Πρέπει λοιπόν, να εξετασθεί τι εμπόδια υπάρχουν στην περιοχή, είτε με αεροφωτογραφίες είτε με επίσκεψη της περιοχής, ώστε να καθοριστούν η θέση, οι διαστάσεις και το πώς επηρεάζεται ο άνεμος κοντά σε κάθε εμπόδιο. Το τελευταίο γίνεται με τη βοήθεια ανεμομέτρου, που τοποθετείται κοντά στο εμπόδιο.

Απαραίτητη για την εκτίμηση της μελλοντικής ταχύτητας του ανέμου είναι η ορεογραφία. Η ορεογραφία περιγράφεται με χάρτες, οι οποίοι παρουσιάζουν τις υψομετρικές καμπύλες του εδάφους μιας περιοχής. Οι υψομετρικές μεταβολές του εδάφους (με σημείο αναφοράς των μετρήσεων την επιφάνεια της θάλασσας) μπορούν να αποτυπωθούν ψηφιακά στους «διανυσματικούς χάρτες», που περιέχουν τις (x,y)-συντεταγμένες και το υψόμετρο των υψομετρικών καμπύλων. Με σκοπό την περιγραφή των επιδράσεων της ορεογραφίας στην πρόβλεψη της αιολικής ενέργειας, διακρίνουμε τις περιοχές, ανάλογα με τη μορφολογία του εδάφους, σε τρεις κατηγορίες: επίπεδες, με λόφους και περιοχές με βουνά.

15.4 Διαδικασία Αδειοδότησης Αιολικών Πάρκων

Η διαδικασία αδειοδότησης ποικίλλει ανάλογα με την ισχύ των αιολικών πάρκων. Σε χαμηλές και μεσαίες τιμές ισχύος είναι λιγότερο γραφειοκρατική και πιο γρήγορη σε σχέση με την εγκατάσταση μεγάλης ισχύος αιολικών πάρκων όπου εμφοιλοχωρούν και άλλοι παράγοντες (όπως περιβαλλοντικοί) οι οποίοι απαιτούν περισσότερες γραφειοκρατικές διαδικασίες και περισσότερο χρόνο για να υλοποιηθούν. Συγκεκριμένα θα εξετάσουμε την αδειοδοτική διαδικασία αιολικών πάρκων διακρίνοντας τις εξής κατηγορίες με βάση την ισχύ τους:

- ✓ Αιολικά πάρκα ισχύος έως 20KW
- ✓ Αιολικά πάρκα ισχύος από 20-100KW
- ✓ Αιολικά πάρκα ισχύος από 100KW-2MW
- ✓ Αιολικά πάρκα ισχύος άνω των 2MW

1.Αιολικά πάρκα ισχύος έως 20KW

Επειδή η ισχύς βρίσκεται κάτω από 100KW το αιολικό πάρκο με ισχύ έως 20KW εξαιρείται από την έκδοση αδείας παραγωγής, άδειας εγκαταστάσεως και άδειας λειτουργίας. Η εξαίρεση από την άδεια παραγωγής γίνεται ύστερα από αίτηση προς τη ΡΑΕ, η οποία αποφασίζει μετά από γνωμοδότησή της περί μη κορεσμού του δικτύου. Εφόσον, υπάρχει η εξαίρεση από την άδεια παραγωγής δεν απαιτείται ούτε η έκδοση άδειας λειτουργίας ούτε η έκδοση άδειας εγκατάστασης. Ακόμη, λόγω της ισχύος κάτω από 20KW δεν απαιτείται ούτε έκδοση αδείας εγκρίσεως περιβαλλοντικών όρων παρά μόνο βεβαίωση εξαιρέσεως αυτής, η οποία εκδίδεται μέσα σε 20 ημέρες από την περιβαλλοντική υπηρεσία της αρμόδιας Περιφέρειας. Ο επενδυτής ζητά ταυτόχρονα την έκδοση προσφοράς σύνδεσης από τον Αρμόδιο Διαχειριστή (ΔΕΣΜΗΕ στο διασυνδεδεμένο, ΔΕΗ στο μη διασυνδεδεμένο). Ο διαχειριστής εκδίδει την προσφορά σύνδεσης σε 4 μήνες, η οποία καθίσταται δεσμευτική όταν εκδοθεί η βεβαίωση εξαίρεσης από την ΕΠΟ (Εγκριση Περιβαλλοντικών Όρων). Αφού, καταστεί δεσμευτική η προσφορά σύνδεσης ο δικαιούχος ενεργεί για τη σύναψη της Σύμβασης Σύνδεσης και της Σύμβασης Πώλησης σύμφωνα με τα άρθρα 9,10 και 12 και τους κώδικες διαχείρισης του συστήματος και του δικτύου.

2.Αιολικά πάρκα ισχύος από 20-100KW

Επειδή η ισχύς βρίσκεται κάτω από 100 KW το αιολικό πάρκο εξαιρείται από την έκδοση αδείας παραγωγής, εγκαταστάσεως και λειτουργίας. Η διαδικασία που ακολουθείται από τον δικαιούχο είναι αυτή που περιγράφηκε παραπάνω. Όμως, επειδή η ισχύς υπερβαίνει τα 20KW πρέπει να εκδοθεί άδεια ΕΠΟ. Η ΕΠΟ εκδίδεται από τον Γενικό Γραμματέα της αρμόδιας Περιφέρειας μέσα σε 4 μήνες από την κατάθεση της αίτησης. Για την προσφορά σύνδεσης και την υπογραφή της συμβάσεως σύνδεσης και πώλησης ακολουθείται η διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω.

3.Αιολικά πάρκα ισχύος άνω των 100KW και έως 2MW

Επειδή, το αιολικό πάρκο έχει ισχύ ανωτέρα των 100KW πρέπει να εκδοθεί άδεια παραγωγής. Γι αυτό απαιτείται αίτηση προς τη ΡΑΕ η οποία αποφασίζει μέσα σε 2 μήνες και ο Υπουργός Αναπτύξης ελέγχει τη νομιμότητά της μέσα σε 20 ημέρες από τότε που θα την παραλάβει. Στη συνέχεια πρέπει να εκδοθεί άδεια ΕΠΟ. Στην αρμόδια αρχή πρέπει να κατατεθεί πλήρης φάκελος του έργου και μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η άδεια ΕΠΟ εκδίδεται από το Νομάρχη σε 2 μήνες όταν το έργο εντάσσεται από τον αρμόδιο Γενικό Γραμματέα της Περιφέρειας στη Δεύτερη κατηγορία και στην υποκατηγορία τρία ή τέσσερα. Στη συνέχεια πρέπει να εκδοθεί η άδεια εγκατάστασης. Όταν υπεύθυνος για ΕΠΟ είναι ο Γενικός Γραμματέας της οικείας Περιφέρειας ή ο Νομάρχης τότε τα δικαιολογητικά εφόσον είναι πλήρη ελέγχονται μέσα σε 30 ημέρες και εκδίδεται η άδεια εγκατάστασης μέσα σε 15 ημέρες από τον έλεγχο. Όταν είναι υπεύθυνος για την έκδοση ΕΠΟ ο Υπουργός Ανάπτυξης τότε τα δικαιολογητικά ελέγχονται μέσα σε 30 ημέρες και η άδεια εκδίδεται μέσα σε 15 ημέρες από τον έλεγχο. Ακόμη, ο δικαιούχος πρέπει να έχει ήδη κάνει αίτηση για προσφορά σύνδεσης στο Διαχειριστή του συστήματος, ο οποίος εκδίδει την προσφορά σύνδεσης μέσα σε 4 μήνες και η οποία καθίσταται δεσμευτική αφού εκδοθεί η ΕΠΟ. Στη συνέχεια ο δικαιούχος υπογράφει την Σύμβαση σύνδεσης και πώλησης και προβαίνει σε αίτηση για την έκδοση αδείας λειτουργίας στο Νομάρχη ο οποίος είναι υπεύθυνος για την έκδοση της άδειας εγκατάστασης. Με την αίτηση του δικαιούχου κλιμάκιο της υπηρεσίας ή του ΚΑΠΕ (Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας) ελέγχει την εγκατάσταση και εκδίδει την άδεια λειτουργίας μέσα σε 20 ημέρες από τον έλεγχο.

4.Αιολικά πάρκα ισχύος άνω των 2MW

Η διαδικασία που ακολουθείται για την έκδοση των αδειών παραγωγής, εγκατάστασης και λειτουργίας και για την ΕΠΟ είναι η ίδια μόνο που επειδή τα αιολικά έργα με ισχύ άνω των 2MW ανήκουν σε ανώτερη κατηγορία υπεύθυνος για την έκδοση άδειας εγκατάστασης είναι ο Υπουργός Ανάπτυξης την οποία εκδίδει μέσα σε 15 ημέρες μετά από έλεγχο των δικαιολογητικών που διαρκεί το πολύ σε 30 ημέρες. Τέλος και η άδεια λειτουργίας εκδίδεται από τον Υπουργό Ανάπτυξης μετά από έλεγχο κλιμακίου του Υπουργείου ή του ΚΑΠΕ.

15.5 Το Αιολικό Δυναμικό Στην Ελλάδα

Η Ελλάδα ως χώρα είναι ευλογημένη από άποψη ενεργειακών πηγών λόγω της αφθονίας του ήλιου ενώ ο αέρας είναι δυνατός, ειδικά στα νησιά, στα οποία είναι αρκετός ώστε να αναπτυχθούν αιολικά πάρκα, οικονομικώς βιώσιμα. Στα νησιά του Αιγαίου υφίστανται δυνατοί άνεμοι, των οποίων η ταχύτητά τους κυμαίνεται από 7-11 m/s κατά μέσο όρο. Ακόμη, μετρήσεις έχουν δείξει, πως στα νησιά του Κεντρικού Αιγαίου η μέση ταχύτητα του ανέμου είναι μεγαλύτερη από τα 7 m/s και σε τυπικά μέρη κυμαίνεται μεταξύ 8-10 m/s και σε εξαιρετικές (υπερβολικές) περιπτώσεις φθάνει τα 12 m/s. Στα βόρεια και νότια νησιά του Αιγαίου η ταχύτητα του ανέμου κυμαίνεται στα 6 m/s. Το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο συνολικό αιολικό δυναμικό στην Ελλάδα, όπως προκύπτει με βάση τις σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες και τους βασικούς περιορισμούς χωροθέτησης αιολικών πάρκων εκτιμάται σε 11000 MW για ταχύτητες ανέμου πάνω από 6 m/s [Ζερβός 2009].

Μέχρι το 2003 έχουν εγκατασταθεί στην Ελλάδα 37 MW από τη ΔΕΗ και 338 MW από άλλους φορείς. Στα Ελληνικά νησιά του Αιγαίου, στην Κρήτη και στην Ανατολική Στερεά Ελλάδα (με επίκεντρο την Εύβοια) μέσες ταχύτητες ανέμου 6-7 μέτρων το δευτερόλεπτο, δεν είναι σπάνιο φαινόμενο. Αυτό σημαίνει ότι, σε περιοχές σαν αυτές, το κόστος της παραγομένης ενέργειας είναι ιδιαίτερα ικανοποιητικό και υπάρχει έντονο ενδιαφέρον για τις εφαρμογές της αιολικής ενέργειας. Έχουν επίσης σχεδιαστεί και κατασκευαστεί Ελληνικές ανεμογεννήτριες από το ΕΜΠ, Εργαστήριο Αεροδυναμικής, για παράδειγμα, οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου και κάθετου άξονα, που έχουν εγκατασταθεί ή πρόκειται να εγκατασταθούν στην Σκύρο. Η συνολική ισχύς των ανεμογεννητριών των έργων που έχουν προταθεί και κάποια από αυτά έχουν ήδη εγκριθεί, στα πλαίσια εθνικών αναπτυξιακών προγραμμάτων (π.χ. ΕΠΕ-Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ενέργειας, Υπουργείο Ανάπτυξης) και τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) είναι της τάξεως των 100 MW. Από αυτά υπάρχει θετική γνωμοδότηση από τη ΡΑΕ για 10 έργα αιολικών πάρκων στο Νομό Αττικής συνολικής ισχύος 109 MW, 27 έργων για τη Ν. Εύβοια (387 MW), 8 έργων για την Άνδρο και 15 έργων στην Ηπειρωτική Ελλάδα (407 MW), στην Κρήτη περίπου 45 MW κ.λ.π.

Η πρώτη εγκατάσταση ανεμογεννήτριας στην Ελλάδα έγινε από τη ΔΕΗ το 1982 στη Κύθνο με ισχύ 100 kw. Ήταν αποτέλεσμα της συνεργασίας Ελλάδος με τη Δυτική Γερμανία. Η

εγκατάσταση αυτή ήταν πειραματική και λειτουργούσε παράλληλα με τον ηλεκτροπαραγωγικό σταθμό, ο οποίος λειτουργούσε με πετρέλαιο. Στη συνέχεια η ΔΕΗ δημιούργησε δύο άλλες αιολικά πάρκα, ένα στη Μύκονο(108kw, τεχνολογία της MICON) και ένα στην Κάρπαθο(175kw, τεχνολογία της HMZ). Χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικές τεχνολογίες, επειδή η ΔΕΗ είχε την πρόθεση να μελετήσει ποια ήταν καταλληλότερη για μελλοντικά προγράμματα. Επίσης, εγκατέστησε ακόμη δύο αιολικές μονάδες. Η πρώτη αφορούσε την εγκατάσταση αιολικών μηχανών James Howden ισχύος 400kw στην Μύκονο(η οποία είναι αποδεδειγμένα ένα εξαιρετικό σημείο για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων) μιας και η μέση ταχύτητα του ανέμου ανέρχεται στα 11m/s. Η δεύτερη αφορούσε την εγκατάσταση ανεμογεννητριών ισχύος 350kw κάθετου τύπου της εταιρείας SIEMENS στη νήσο Άνδρο, όπου η μέση ταχύτητα του ανέμου ανέρχεται στα 9m/s.

Ωστόσο η μεγάλη ευκαιρία για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας δόθηκε με τη χρηματοδότηση HORS QUOTA από την ΕΟΚ, το οποίο αφορούσε την εγκατάσταση ανεμογεννητριών των 25,100 και των 24 και 55kw στο Αιγαίο. Το πρώτο ιδιωτικό αιολικό πάρκο λειτουργεί από το 1988 στην Κρήτη, ισχύος 10,2 MW (Κοινότητα Μετόχι Σητείας) καλύπτοντας τις ενεργειακές ανάγκες 10.000 νοικοκυριών. Ένα άλλο πάρκο 27,5 MW λειτουργεί από το 2000, με ετήσια παραγωγή 90 GWh, καλύπτοντας 5% των ετήσιων ηλεκτρικών αναγκών της Κρήτης.

Σύμφωνα με τη ΡΑΕ, σε κάθε μη διασυνδεδεμένο νησί υπάρχει αυστηρός περιορισμός (περίπου 30% της μέγιστης ζήτησης του έτους) ως προς το συνολικό μέγεθος ισχύος των αιολικών που μπορούν να εγκατασταθούν. Το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) ανέθεσε στην ΠΥΡΚΑΑ την κατασκευή δύο ανεμογεννητριών μεταβλητών στροφών με ονομαστική ισχύ 500kw η κάθε μία. Τόσο οι μηχανές όσο και τα περύγια είναι Ελληνικού σχεδιασμού και κατασκευής. Η έρευνα στον τομέα αυτό έγινε στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος του Υπουργείου Ανάπτυξης (ΕΠΕΤ Νο 573, πρόγραμμα ΕΚΒΑΝ). Οι μηχανές εγκαταστάθηκαν στην Αγία Μαρίνα Λαυρίου σε αιολικό πάρκο του ΚΑΠΕ, ισχύος 3 MW που κατασκευάστηκε στα πλαίσια του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ενέργειας. Η προοπτική διείσδυσης των ανεμογεννητριών στο Ελληνικό σύστημα ηλεκτροπαραγωγής είναι πολύ θετικές [Ζερβός 2009]. Προβλέπεται ότι είναι δυνατή η εγκατάσταση:

- 800-1000 MW για το 2005

- 1500-2000 MW για το 2010.

Το αιολικό δυναμικό όπως αναφέραμε παραπάνω είναι: στα νησιά του Αιγαίου(ταχύτητες ανέμου 8-11m/sec) και Ανατολικής Πελοποννήσου (π.χ. στη Λακωνία 9m/sec), Εύβοιας (8-9 m/sec) και Ανατολικής Αττικής (6m/sec) είναι αρκετά ικανό για να επιτρέψει τη μεγαλύτερη διείσδυση των αιολικών για την παραγωγή ενέργειας. Το τεχνικά και οικονομικά εκμεταλλεύσιμο δυναμικό της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα είναι διαθέσιμο στον ηλεκτρονικό Άτλαντα του ΚΑΠΕ στο διαδίκτυο (www.Cres.gr). Τα οφέλη από την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην περίοδο 1999-2005 εκτιμώνται σε :

- Μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατά 2,2 – 2,8 εκατ τόννους ετησίως,
- 2.500-3.000 νέες θέσεις εργασίας.

Τα οφέλη από την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην περίοδο 2005-2010 εκτιμώνται σε:

- Μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατά 4,2 – 5,6 εκατ τόννους ετησίως
- 4.500-6.000 νέες θέσεις εργασίας.

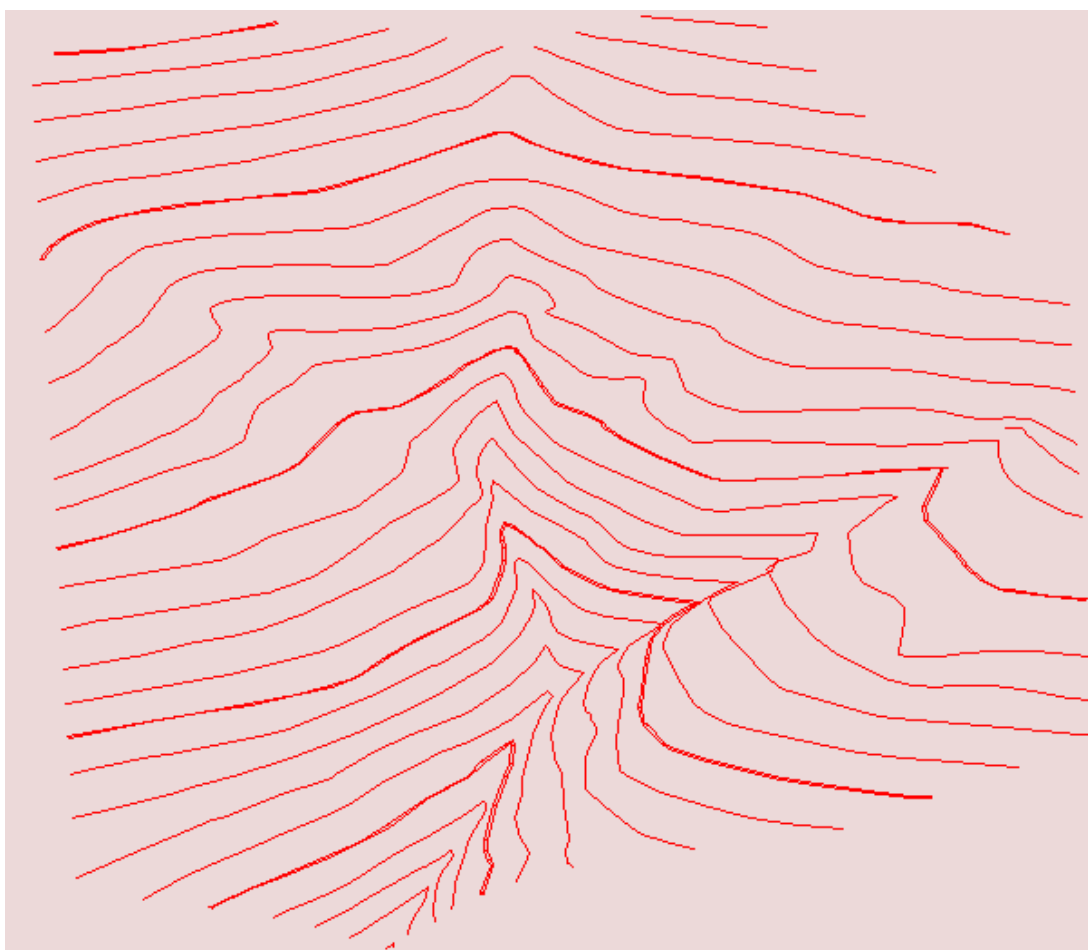
Μέχρι το τέλος του 2009 στην Ελλάδα είχαν εγκατασταθεί αιολικά πάρκα ισχύος 1087 MW καταλαμβάνοντας την 17η θέση παγκοσμίως.

ΜΕΡΟΣ Δ

ΜΕΛΕΤΕΣ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ

16 Μελέτη χωροθέτησης ΧΥΤΑ

Όπως είδαμε και στο προηγούμενο μέρος μια από τις εφαρμογές του Μηχανικού Περιβάλλοντος είναι η κατασκευή χώρου υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ). Το αντικείμενο της μελέτης αυτής είναι η χωροθέτηση ενός ΧΥΤΑ, η οποία έγινε σε μη πραγματική τοποθεσία που υποτίθεται ότι έχει μορφή χαράδρας, και οι ισοϋψείς του εδάφους της περιοχής απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα που σχεδιάστηκε με τη χρήση του προγράμματος Autocad



Σχήμα 15 Περιοχή μελέτης χωροθέτησης ΧΥΤΑ

Επειδή η περιοχή μελέτης μας είναι φανταστική θεωρούμε ότι πληρούνται όλα τα κριτήρια για την επιλογή της τοποθεσίας χωροθέτησης του ΧΥΤΑ μας, δηλαδή η περιοχή πληροί τα γεωλογικά, υδρογεωλογικά, γεωτεχνικά, χωροταξικά, περιβαλλοντικά, κλιματικά - υδρολογικά, οικονομικά και λειτουργικά κριτήρια

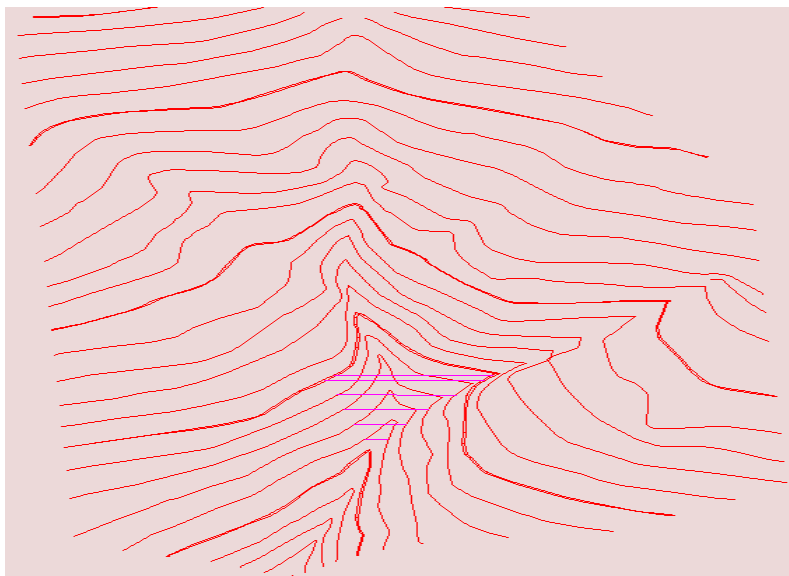
Μελετήσαμε πέντε σενάρια, έχοντας πάντοτε υπόψη ότι σε κάθε περίπτωση πληρούνται όλα τα γενικότερα κριτήρια χωροθέτησης, τα οποία αναφέρονται παραπάνω και αναλύονται στην προηγούμενη ενότητα. Σε καθένα από τα σενάρια που μελετάμε αλλάζουμε μία από τις παραμέτρους κατασκευής (όπως το ύψος του αναχώματος, το μήκος της βάσης, την κλίση των πρανών) κρατώντας σταθερές τις υπόλοιπες όπως φαίνεται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα

ΣΕΝΑΡΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΧΥΤΑ					
ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	ΣΕΝΑΡΙΟ 3	ΣΕΝΑΡΙΟ 4	ΣΕΝΑΡΙΟ 5
ΥΨΟΣ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ (m)	3	3	5	3	5
ΜΗΚΟΣ ΒΑΣΗΣ (m)	60	35	35	35	35
ΚΛΙΣΗ ΠΡΑΝΩΝ (%)	33,3	33,3	33,3	40	40
ΚΛΙΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ (%)	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3
ΚΛΙΣΗ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ (%)	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3

Πίνακας 5 Σενάρια κατασκευής ΧΥΤΑ

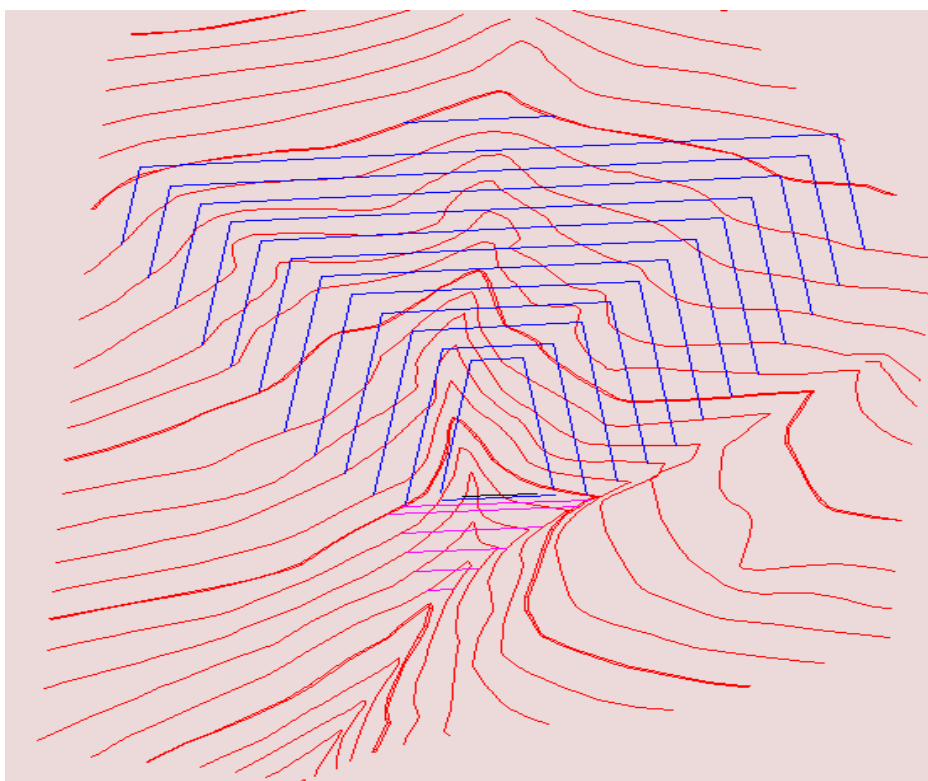
και εξετάζουμε τις αλλαγές παρατηρούνται στον όγκο των προς απόθεση απορριμμάτων, στο εμβαδόν της λεκάνης μας, στις εκσκαφές και τις επιχώσεις που θα πρέπει να γίνουν, και σε συνάρτηση με όλες αυτές τις μεταβολές εξετάζουμε τις αυξομειώσεις στο κόστος κατασκευής αλλά και τις μεταβολές στη γεωμετρία και την εν γένει μορφή του ανάγλυφου.

Στο **Πρώτο σενάριο** κατασκευής του ΧΥΤΑ σχεδιάσαμε με Autocad (χρησιμοποιώντας τις εντολές Offset, Line, Extend, Trim, Fillet, Chamfer) το ανάχωμα μας (μώβ γραμμές) με ύψος 3m και κλίση 1/3 (33,3%) όπως φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα.



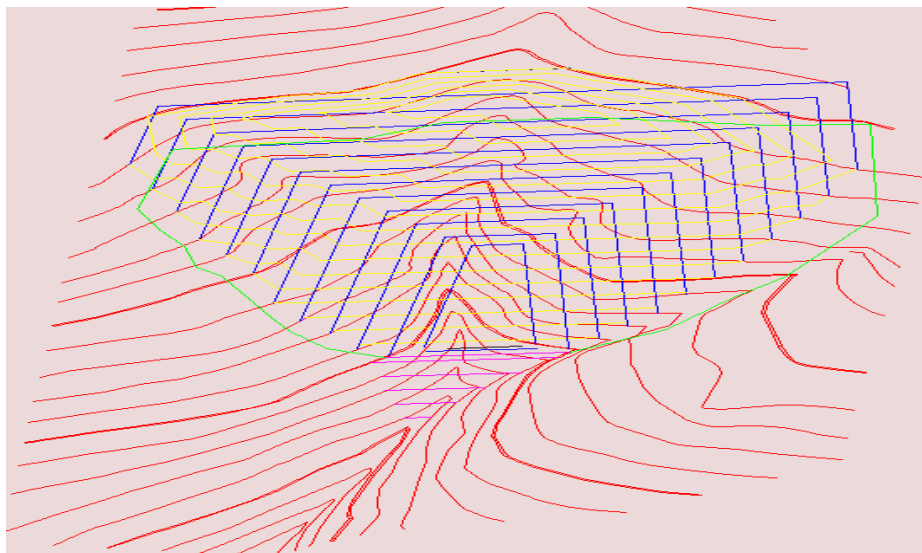
Σχήμα 16 Αναχώμα ΧΥΤΑ

Στην συνέχεια σχεδιάσαμε τη βάση της λεκάνης του ΧΥΤΑ με μήκος 60m και των πρανών της με κλίση 1/3 (33,3%) (μπλε γραμμή) πάλι με Autocad, και με τη χρήση των ίδιων εντολών όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα,



Σχήμα 17 Ανάχωμα και λεκάνη ΧΥΤΑ

και τέλος σχεδιάσαμε τα απορρίμματα μέσα στη λεκάνη (κίτρινη γραμμή) με κλίση 1/3 (33,3%) και υπολογίσαμε το εμβαδόν της λεκάνης (πράσινη γραμμή) στο ίδιο πρόγραμμα και με τις ίδιες εντολές όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



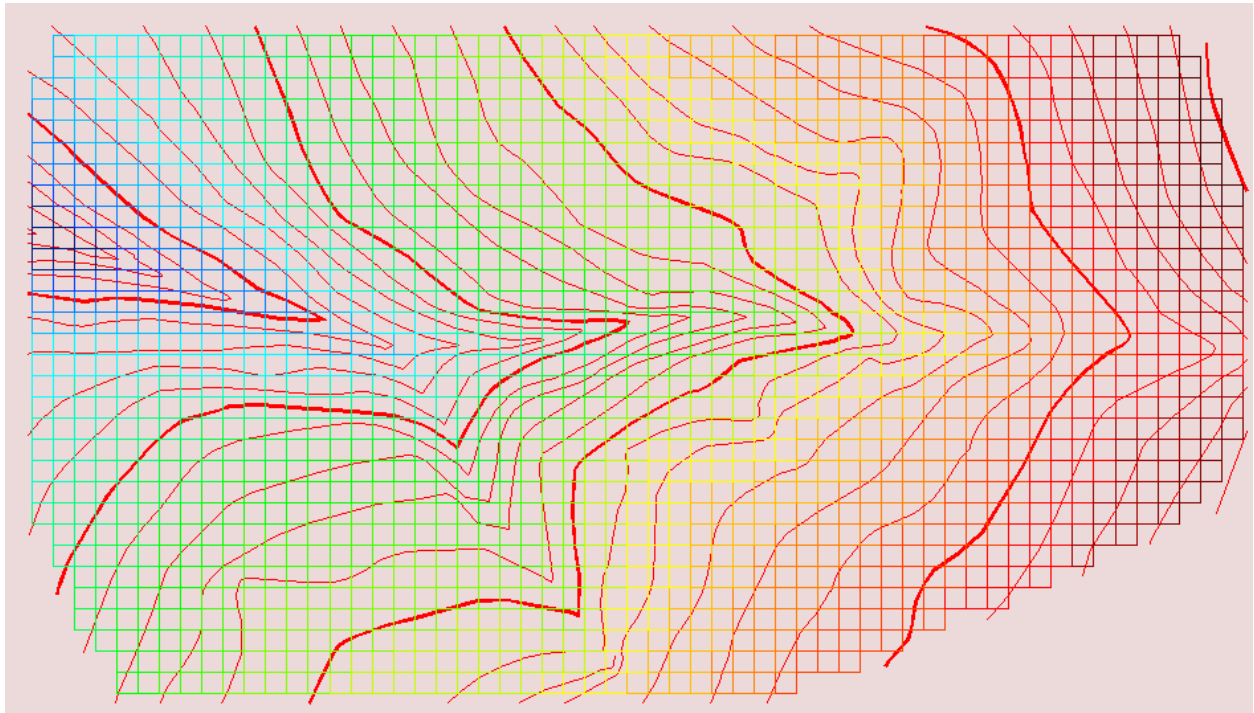
Σχήμα 18 Τελική μορφή ΧΥΤΑ πρώτου σεναρίου

Τα αποτελέσματα της εφαρμογής του πρώτου σεναρίου απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα:

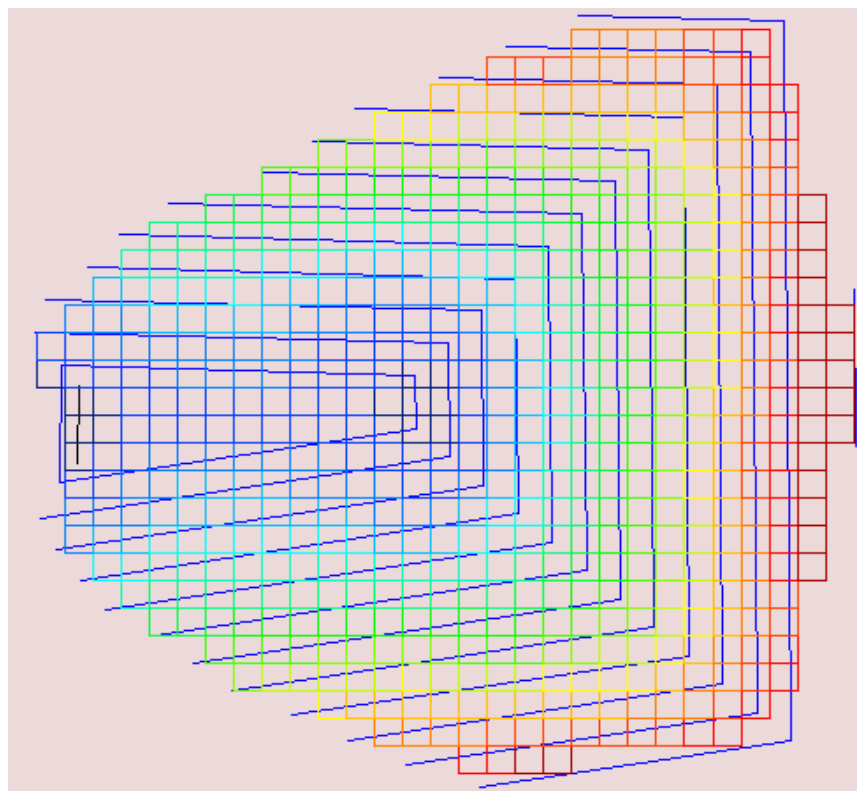
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΠΡΩΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ		
ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ	ΣΕΝΑΡΙΟ 1
ΥΨΟΣ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ (m)		3,00
ΜΗΚΟΣ ΒΑΣΗΣ (m)		60,00
ΚΛΙΣΗ ΠΡΑΝΩΝ (%)		33,30
ΚΛΙΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ (%)		33,30
ΚΛΙΣΗ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ (%)		33,30
ΕΣΚΑΦΕΣ (m ³)		66.599,40
ΕΠΙΧΩΣΕΙΣ (m ³)		1.066,20
ΟΓΚΟΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ (m ³)		160.718,25
ΕΜΒΑΔΟΝ ΛΕΚΑΝΗΣ (m ²)		16.041,96
ΚΟΣΤΟΣ ΕΣΚΑΦΩΝ /m ³ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΓΑΙΩΔΕΣ-ΗΜΙΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)		
	0,61	
ΚΟΣΤΟΣ ΕΣΚΑΦΩΝ /m ³ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)	6,6	
ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΩΝ /m ³ (€)	0,94	
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΣΚΑΦΩΝ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΓΑΙΩΔΕΣ-ΗΜΙΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)		40.625,63
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΣΚΑΦΩΝ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)		439.556,03
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΩΝ (€)		1.002,23
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΓΑΙΩΔΕΣ-ΗΜΙΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)		41.627,86
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)		440.558,26

Πίνακας 6 Αποτελέσματα εφαρμογής πρώτου σεναρίου

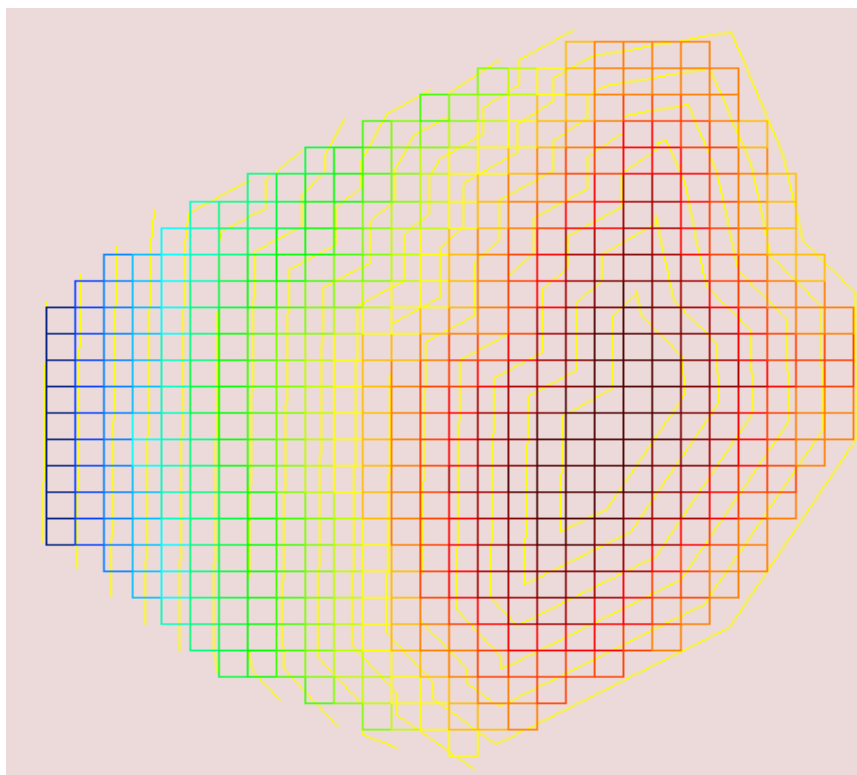
Οι χωματισμοί (εκσκαφές- επιχώσεις) καθώς και ο όγκος απορριμμάτων υπολογίστηκαν στο Autocad σε συνδυασμό με το πρόγραμμα Quicksurf με τη βοήθεια του οποίου διαιρέσαμε τις υπό μελέτη επιφάνειες (έδαφος, λεκάνη, απορρίμματα) σε πλέγματα αποτελούμενα από μικρά τετράγωνα (5X5) προκειμένου να είναι δυνατές οι μετρήσεις και η εξαγωγή αποτελεσμάτων. Σχηματικά η λειτουργία και χρήση του συνδυασμού των δύο προγραμμάτων (Autocad- Quicksurf) απεικονίζεται στα επόμενα σχήματα:



Σχήμα 19 Πλέγμα εδάφους



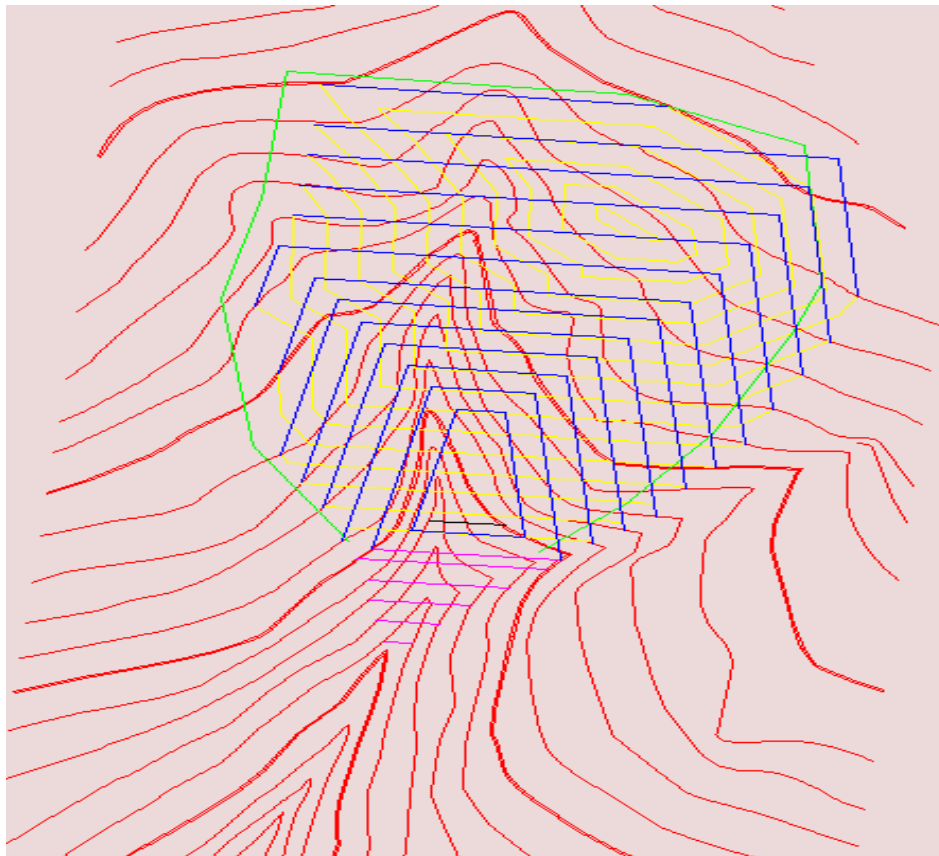
Σχήμα 20 Πλέγμα Λεκάνης σεναρίου 1



Σχήμα 21 Πλέγμα απορριμμάτων σεναρίου 1

Οι χωματισμοί υπολογίζονται από τα προγράμματα και προκύπτουν με την αφαίρεση της λεκάνης από το φυσικό έδαφος. Το πρόγραμμα υπολογίζει τις εκσκαφές και επιχώσεις σε δύο στήλες. Οι θετικοί αριθμοί αφορούν εκσκαφές και οι αρνητικοί αφορούν επιχώσεις. Ο όγκος των απορριμμάτων υπολογίζεται από το πρόγραμμά και προκύπτει με την αφαίρεση της λεκάνης από τα απορρίμματα.

Για το **Δεύτερο σενάριο** ακολουθήσαμε ακριβώς τα ίδια βήματα με το πρώτο σενάριο μεταβάλλοντας μόνο το μήκος της βάσης της λεκάνης από 60m που είχαμε στο πρώτο σενάριο σε 35m. Δηλαδή σχεδιάσαμε και πάλι το ανάχωμα μας με ύψος 3m και κλίση 1/3 (33,3%) και στη συνέχεια προχωρήσαμε στον σχεδιασμό της βάσης του ΧΥΤΑ με μήκος 35m και των πρανών της λεκάνης με την ίδια κλίση (1/3 (33,3%)). Τέλος από πάνω τοποθετήσαμε τα απορρίμματα με κλίση 1/3 (33,3%). Η τελική μορφή του σχεδίου μας με βάση αυτό το σενάριο φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



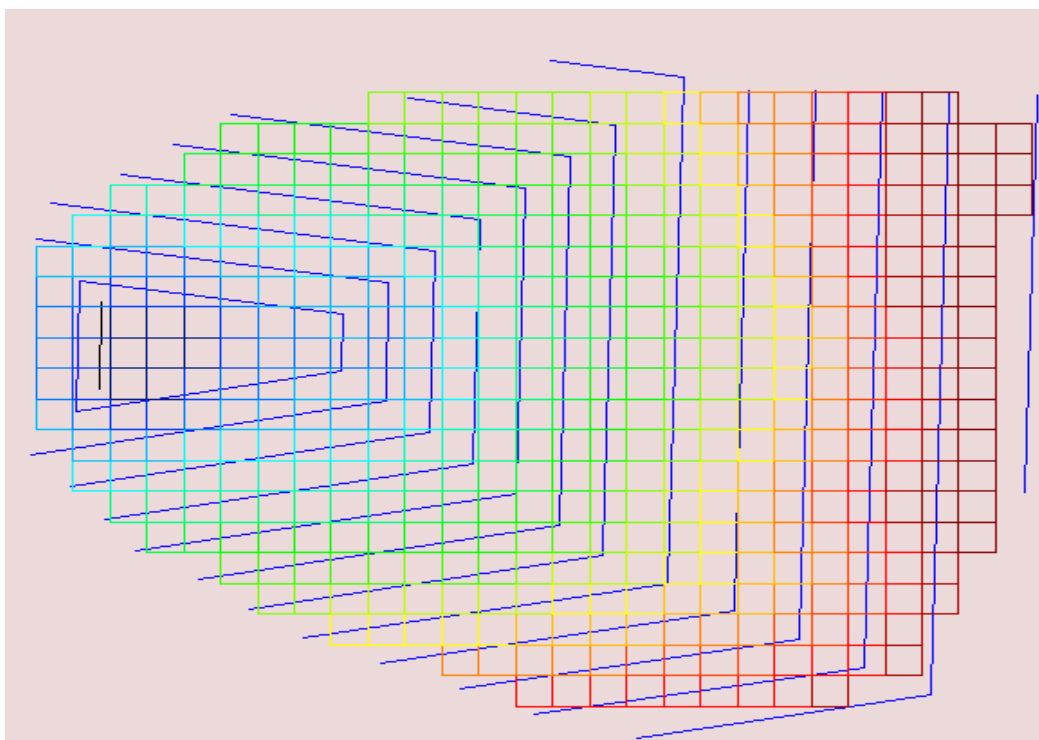
Σχήμα 22 Τελική μορφή ΧΥΤΑ δεύτερου σεναρίου

Τα αποτελέσματα της εφαρμογής του δεύτερου σεναρίου που περιγράφουμε πιο πάνω απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα:

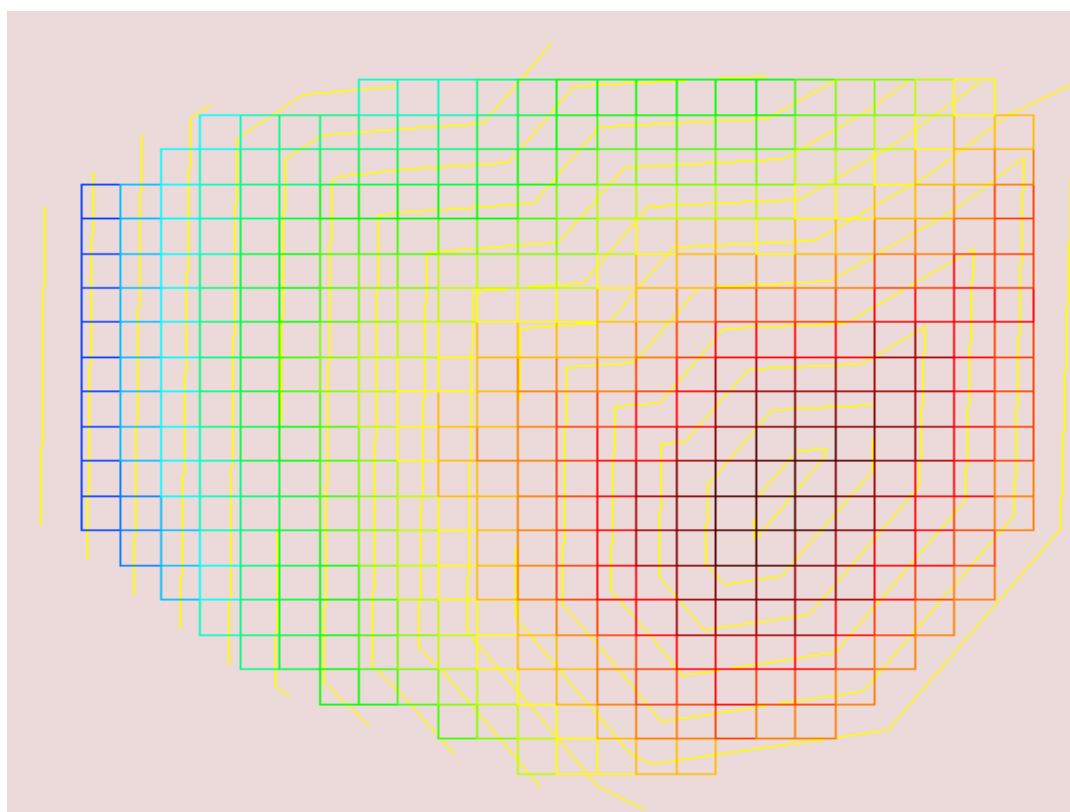
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΔΕΥΤΕΡΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ		
ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ	ΣΕΝΑΡΙΟ 2
ΥΨΟΣ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ (m)		3,00
ΜΗΚΟΣ ΒΑΣΗΣ (m)		35,00
ΚΛΙΣΗ ΠΡΑΝΩΝ (%)		33,30
ΚΛΙΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ (%)		33,30
ΚΛΙΣΗ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ (%)		33,30
ΕΣΚΑΦΕΣ (m ³)		29.375,28
ΕΠΙΧΩΣΕΙΣ (m ³)		4.347,82
ΟΓΚΟΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ (m ³)		97.014,31
ΕΜΒΑΔΟΝ ΛΕΚΑΝΗΣ (m ²)		12.057,89
ΚΟΣΤΟΣ ΕΣΚΑΦΩΝ /m ³ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΓΑΙΩΔΕΣ-ΗΜΙΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)	0,61	
ΚΟΣΤΟΣ ΕΣΚΑΦΩΝ /m ³ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)	6,6	
ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΩΝ /m ³ (€)	0,94	
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΣΚΑΦΩΝ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΓΑΙΩΔΕΣ-ΗΜΙΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)		17.918,92
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΣΚΑΦΩΝ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)		193.876,86
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΩΝ (€)		4.086,95
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΓΑΙΩΔΕΣ-ΗΜΙΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)		22.005,88
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)		197.963,81

Πίνακας 7 Αποτελέσματα εφαρμογής δευτέρου σεναρίου

Στα παρακάτω σχήματα απεικονίζονται τα νέα πλέγματα που χρησιμοποιήθηκαν για να γίνουν οι υπολογισμοί των χωματισμών και του όγκου των απορριμμάτων .

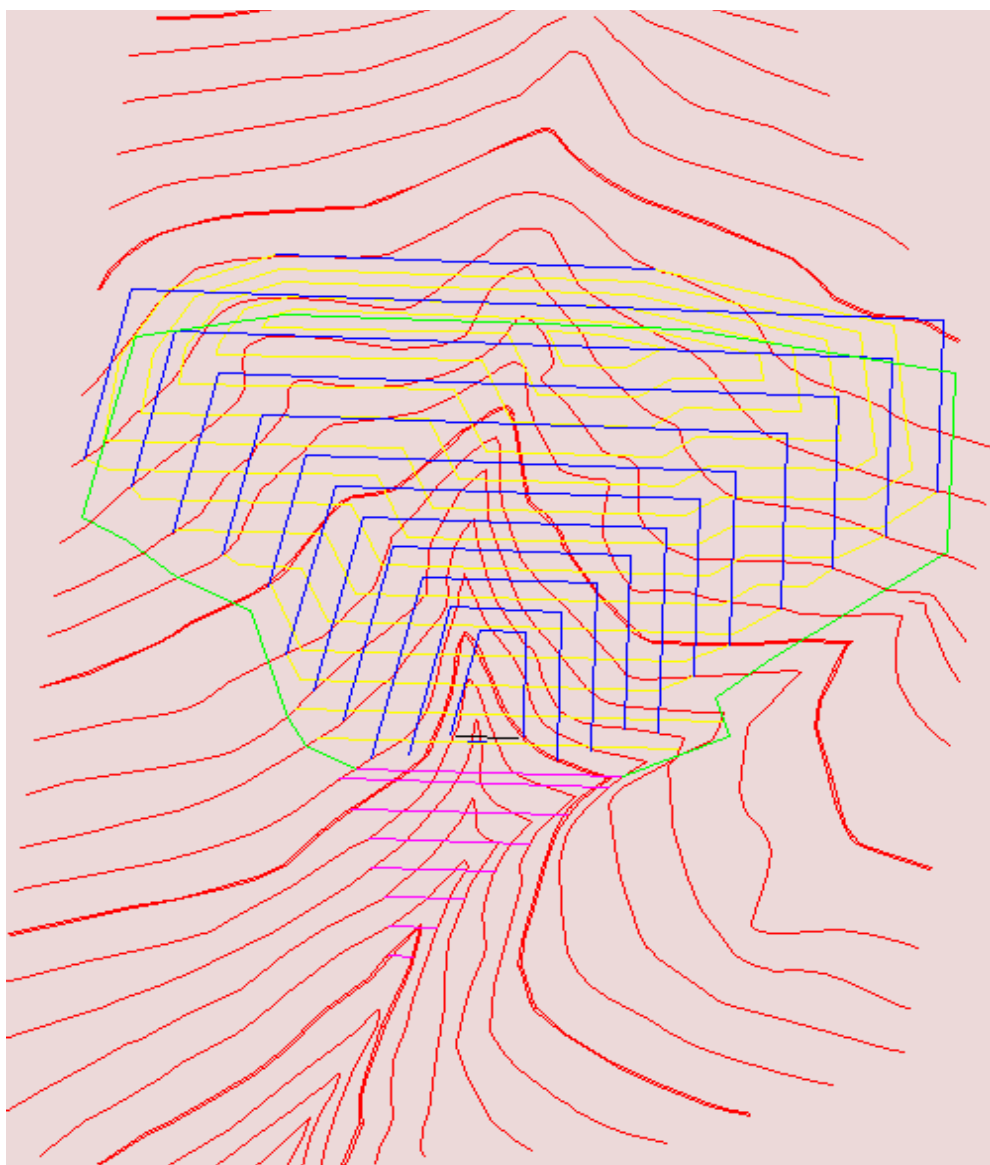


Σχήμα 23 Πλέγμα λεκάνης σεναρίου 2



Σχήμα 24 Πλέγμα απορριμμάτων σεναρίου 2

Για το **Τρίτο σενάριο** ακολουθήσαμε ακριβώς τα ίδια βήματα με τα προηγούμενα δύο σενάρια μεταβάλλοντας αυτή τη φορά το ύψος του αναχώματος από 3m σε 5m με τη βάση της λεκάνης στα 35m. Ακολουθώντας σχεδιάσαμε και πάλι το ανάχωμα μας αλλά με ύψος 5m και κλίση 1/3 (33,3%) και στη συνέχεια προχωρήσαμε στον σχεδιασμό της βάσης του ΧΥΤΑ με μήκος 35m και των πρανών της λεκάνης με την ίδια κλίση (1/3 (33,3%)). Τέλος από πάνω τοποθετήσαμε τα απορρίμματα με κλίση 1/3 (33,3%). Η τελική μορφή του σχεδίου μας με βάση αυτό το σενάριο φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



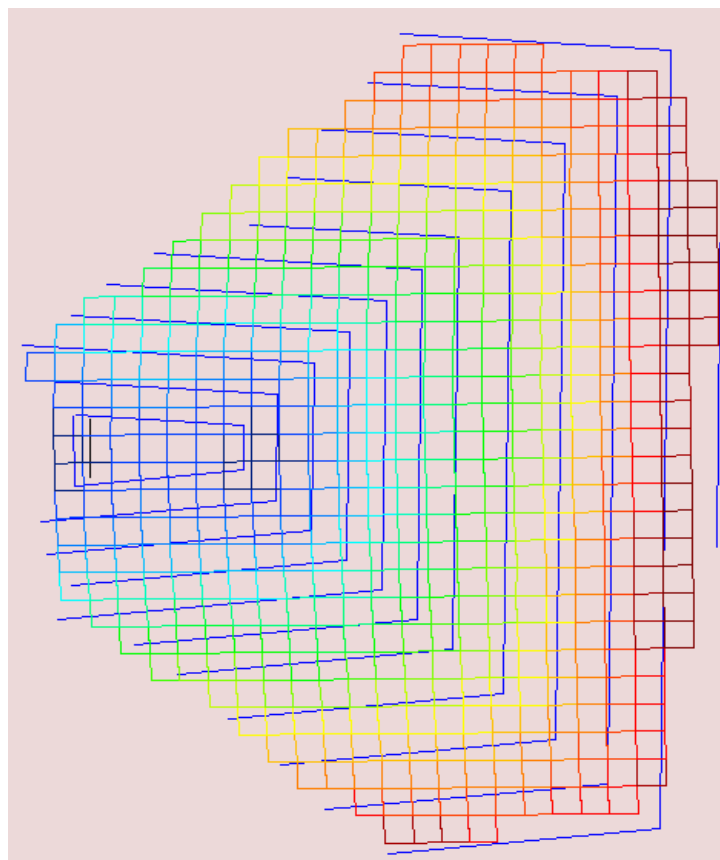
Σχήμα 25 Τελική μορφή ΧΥΤΑ τρίτου σεναρίου

Τα αποτελέσματα της εφαρμογής του τρίτου σεναρίου που περιγράφουμε πιο πάνω απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα:

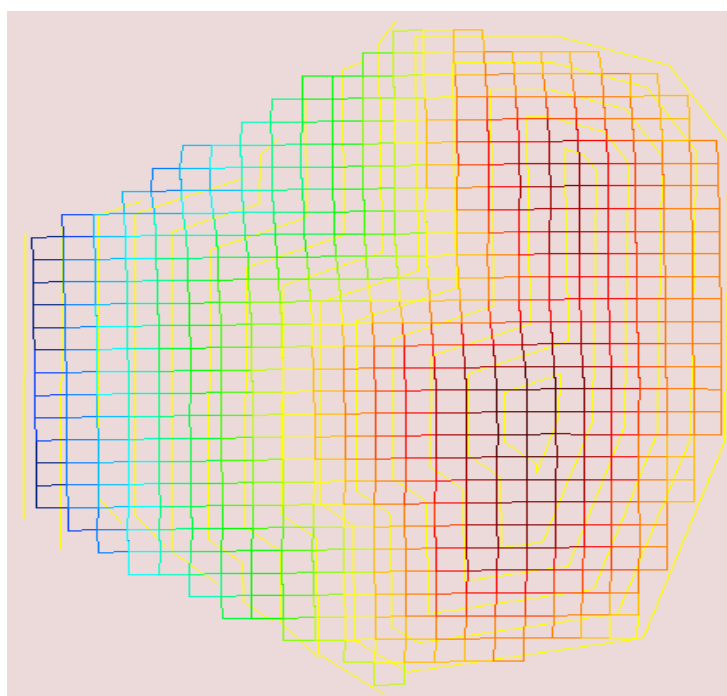
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΡΙΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ		
ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ	ΣΕΝΑΡΙΟ 3
ΥΨΟΣ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ (m)		5,00
ΜΗΚΟΣ ΒΑΣΗΣ (m)		35,00
ΚΛΙΣΗ ΠΡΑΝΩΝ (%)		33,30
ΚΛΙΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ (%)		33,30
ΚΛΙΣΗ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ (%)		33,30
ΕΣΚΑΦΕΣ (m ³)		34.050,33
ΕΠΙΧΩΣΕΙΣ (m ³)		3.049,99
ΟΓΚΟΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ (m ³)		125.958,05
ΕΜΒΑΔΟΝ ΛΕΚΑΝΗΣ (m ²)		14.824,78
ΚΟΣΤΟΣ ΕΣΚΑΦΩΝ /m ³ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΓΑΙΩΔΕΣ-ΗΜΙΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)	0,61	
ΚΟΣΤΟΣ ΕΣΚΑΦΩΝ /m ³ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)	6,6	
ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΩΝ /m ³ (€)	0,94	
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΣΚΑΦΩΝ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΓΑΙΩΔΕΣ-ΗΜΙΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)		20.770,70
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΣΚΑΦΩΝ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)		224.732,16
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΩΝ (€)		2.866,99
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΓΑΙΩΔΕΣ-ΗΜΙΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)		23.637,69
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)		227.599,15

Πίνακας 8 Αποτελέσματα εφαρμογής τρίτου σεναρίου

Στα παρακάτω σχήματα απεικονίζονται τα νέα πλέγματα που χρησιμοποιήθηκαν για να γίνουν οι υπολογισμοί των χωματισμών και του όγκου των απορριμμάτων .

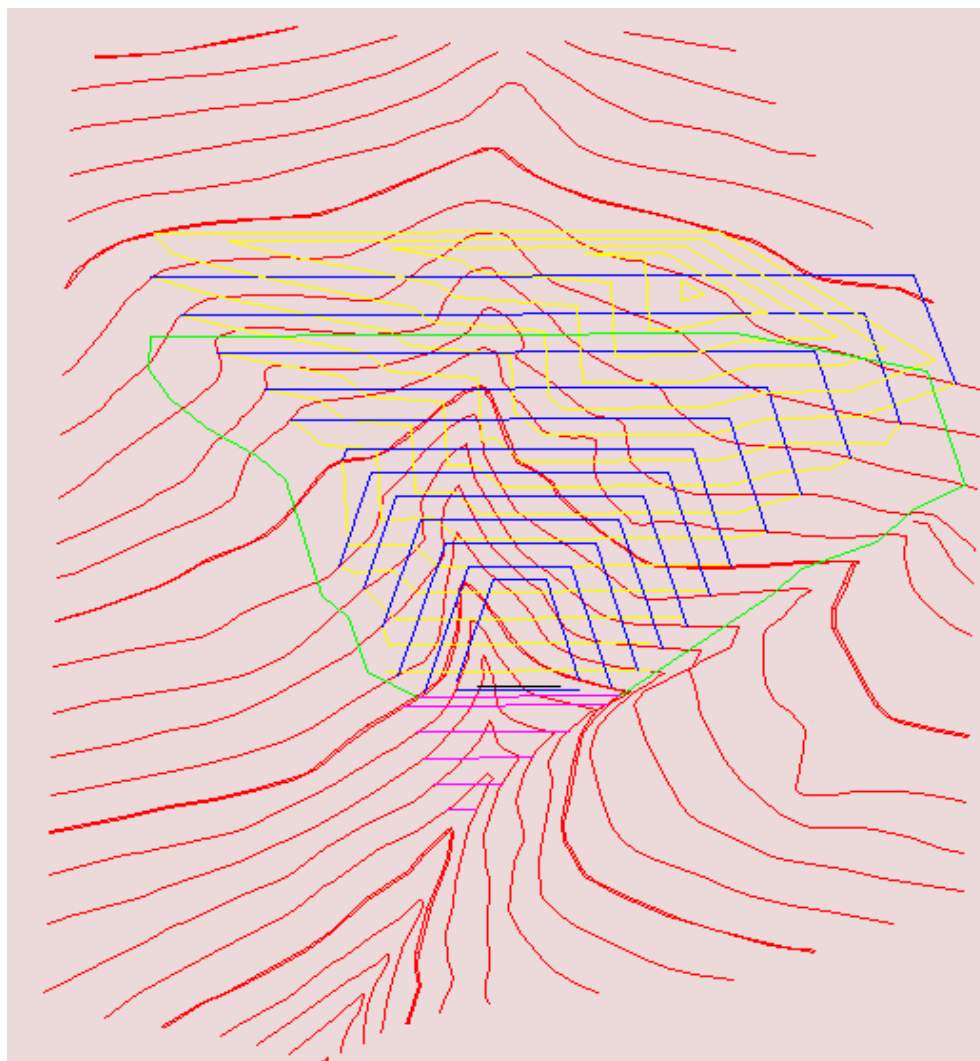


Σχήμα 26 Πλέγμα λεκάνης σεναρίου 3



Σχήμα 27 Πλέγμα απορριμμάτων σεναρίου 3

Για το **Τέταρτο σενάριο** ακολουθήσαμε ακριβώς τα ίδια βήματα με τα προηγούμενα τρία σενάρια μεταβάλλοντας αυτή τη φορά την κλίση των πρανών της λεκάνης από 1/3 ή 33% σε 1/2,5 ή 40%. Ακολούθως σχεδιάσαμε και πάλι το ανάχωμα μας με ύψος 3m και κλίση 1/3 (33,3%) και στη συνέχεια προχωρήσαμε στον σχεδιασμό της βάσης του ΧΥΤΑ με μήκος 35m και των πρανών της λεκάνης με κλίση 1/2,5 (40%). Τέλος από πάνω τοποθετήσαμε τα απορρίμματα με κλίση 1/3 (33,3%). Η τελική μορφή του σχεδίου μας με βάση αυτό το σενάριο φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 28 Τελική μορφή ΧΥΤΑ τέταρτου σεναρίου

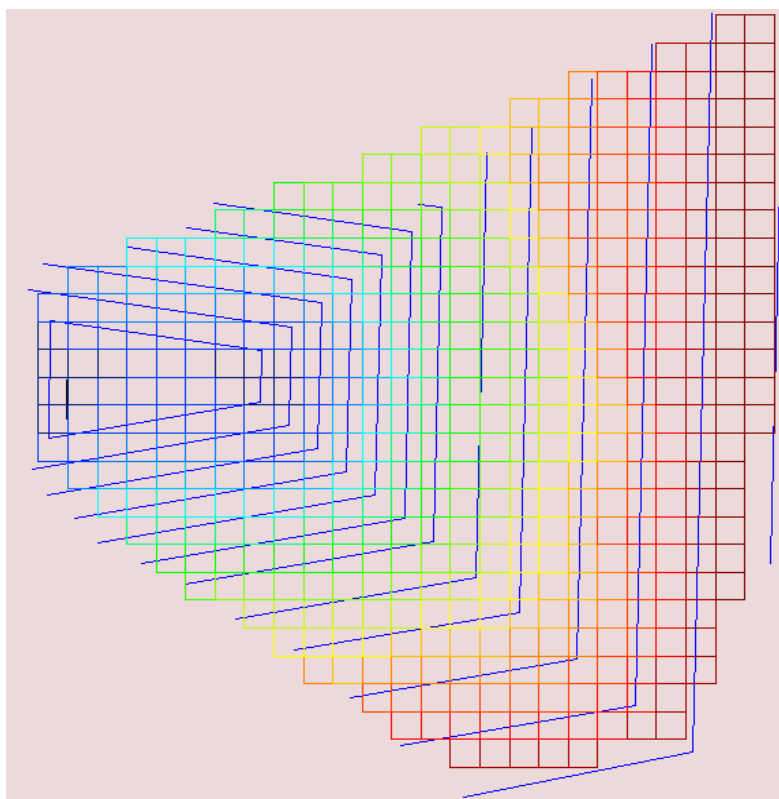
Τα αποτελέσματα της εφαρμογής του τέταρτου σεναρίου που περιγράφουμε πιο πάνω απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα:

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΕΤΑΡΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ

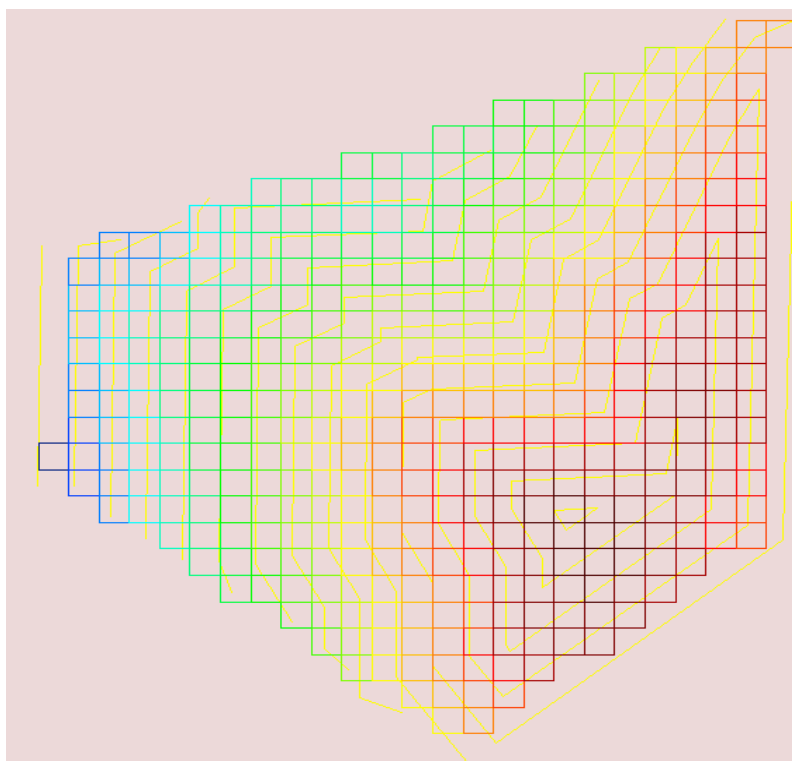
ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ	ΣΕΝΑΡΙΟ 4
ΥΨΟΣ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ (m)		3,00
ΜΗΚΟΣ ΒΑΣΗΣ (m)		35,00
ΚΛΙΣΗ ΠΡΑΝΩΝ (%)		40,00
ΚΛΙΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ (%)		33,30
ΚΛΙΣΗ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ (%)		33,30
ΕΣΚΑΦΕΣ (m ³)		21.730,42
ΕΠΙΧΩΣΕΙΣ (m ³)		8.223,10
ΟΓΚΟΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ (m ³)		74.549,72
ΕΜΒΑΔΟΝ ΛΕΚΑΝΗΣ (m ²)		12.754,41
ΚΟΣΤΟΣ ΕΣΚΑΦΩΝ /m ³ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΓΑΙΩΔΕΣ-ΗΜΙΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)	0,61	
ΚΟΣΤΟΣ ΕΣΚΑΦΩΝ /m ³ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)	6,6	
ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΩΝ /m ³ (€)	0,94	
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΣΚΑΦΩΝ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΓΑΙΩΔΕΣ-ΗΜΙΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)		13.255,55
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΣΚΑΦΩΝ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)		143.420,74
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΩΝ (€)		7.729,72
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΓΑΙΩΔΕΣ-ΗΜΙΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)		20.985,27
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)		151.150,46

Πίνακας 9 Αποτελέσματα εφαρμογής τετάρτου σεναρίου

Στα παρακάτω σχήματα απεικονίζονται τα νέα πλέγματα που χρησιμοποιήθηκαν για να γίνουν οι υπολογισμοί των χωματισμών και του όγκου των απορριμμάτων .

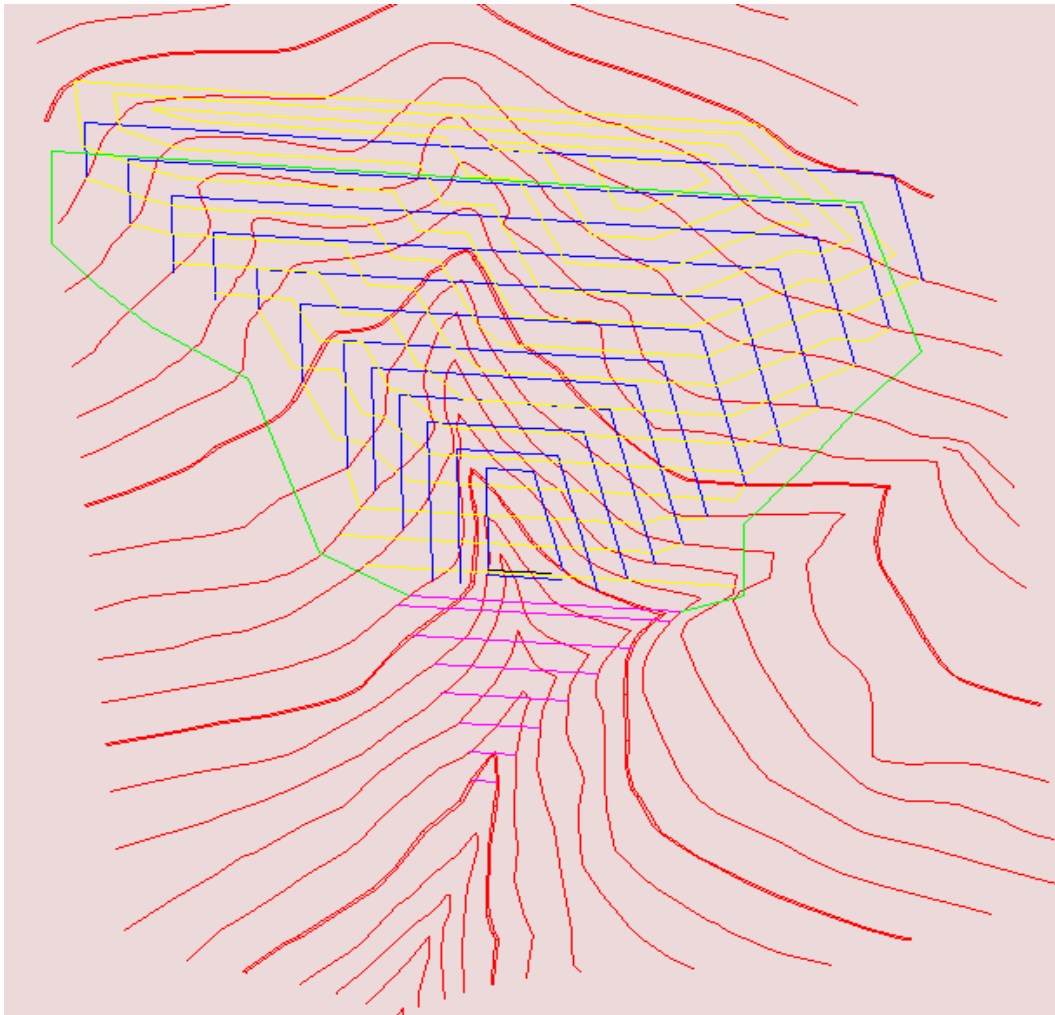


Σχήμα 29 Πλέγμα λεκάνης σεναρίου 4



Σχήμα 30 Πλέγμα απορριμμάτων σεναρίου 4

Για το **Πέμπτο και τελευταίο σενάριο** ακολουθήσαμε ακριβώς τα ίδια βήματα με τα προηγούμενα τέσσερα σενάρια μεταβάλλοντας αυτή τη φορά το ύψος του αναχώματος από 3m σε 5 m . Ακολούθως σχεδιάσαμε και πάλι το ανάχωμα μας με ύψος 5m και κλίση 1/3 (33,3%) και στη συνέχεια προχωρήσαμε στον σχεδιασμό της βάσης του ΧΥΤΑ με μήκος 35m και των πρανών της λεκάνης με κλίση 1/2,5 (40%). Τέλος από πάνω τοποθετήσαμε τα απορρίμματα με κλίση 1/3 (33,3%). Η τελική μορφή του σχεδίου μας με βάση αυτό το σενάριο φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 31 Τελική μορφή ΧΥΤΑ πέμπτου σεναρίου

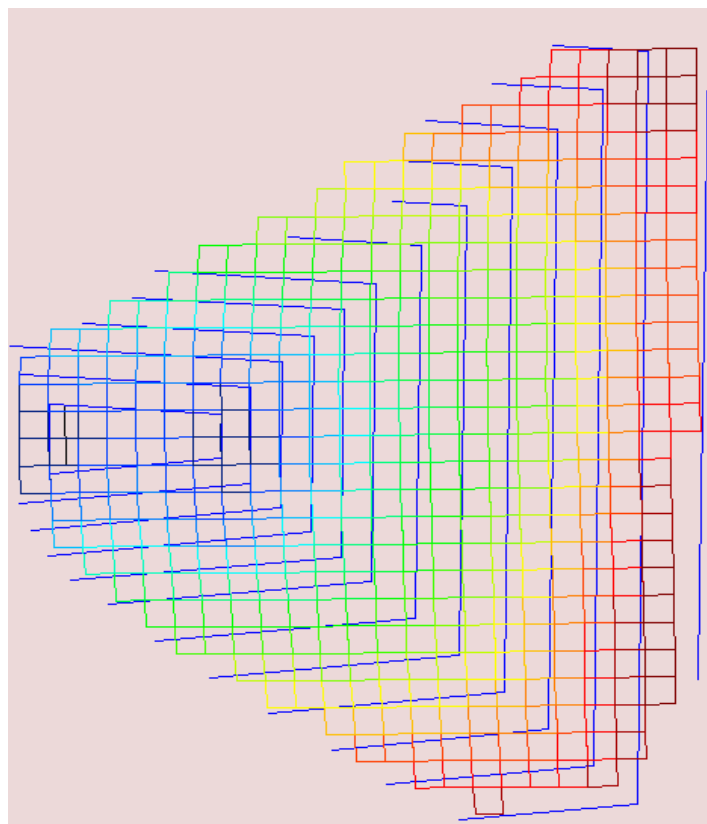
Τα αποτελέσματα της εφαρμογής του πέμπτου σεναρίου που περιγράφουμε πιο πάνω απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα:

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΠΕΜΠΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ

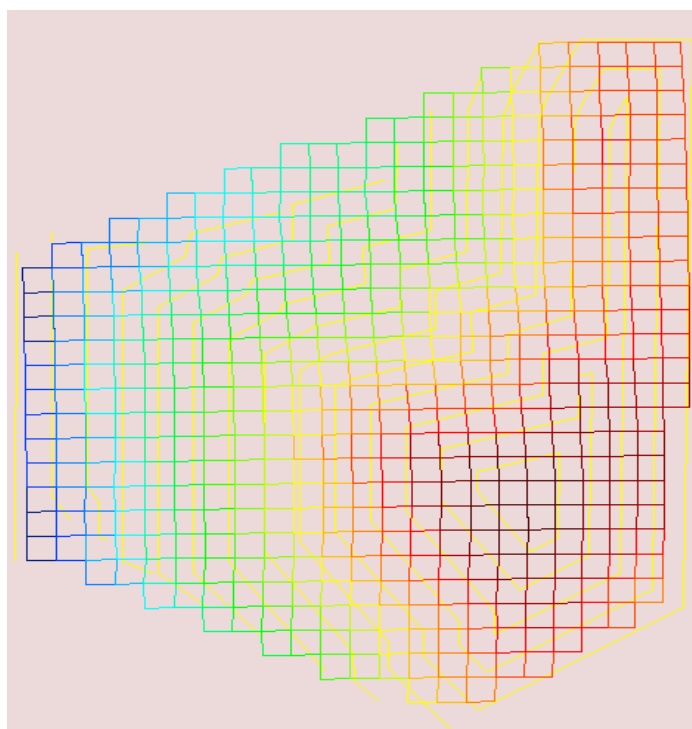
ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ	ΣΕΝΑΡΙΟ 5
ΥΨΟΣ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ (m)		5,00
ΜΗΚΟΣ ΒΑΣΗΣ (m)		35,00
ΚΛΙΣΗ ΠΡΑΝΩΝ (%)		40,00
ΚΛΙΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ (%)		33,30
ΚΛΙΣΗ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ (%)		33,30
ΕΣΚΑΦΕΣ (m ³)		21.029,39
ΕΠΙΧΩΣΕΙΣ (m ³)		7.547,57
ΟΓΚΟΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ (m ³)		94.661,55
ΕΜΒΑΔΟΝ ΛΕΚΑΝΗΣ (m ²)		13.749,77
ΚΟΣΤΟΣ ΕΣΚΑΦΩΝ /m ³ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΓΑΙΩΔΕΣ-ΗΜΙΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)	0,61	
ΚΟΣΤΟΣ ΕΣΚΑΦΩΝ /m ³ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)	6,6	
ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΩΝ /m ³ (€)	0,94	
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΣΚΑΦΩΝ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΓΑΙΩΔΕΣ-ΗΜΙΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)		12.827,93
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΣΚΑΦΩΝ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)		138.793,98
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΩΝ (€)		7.094,71
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΓΑΙΩΔΕΣ-ΗΜΙΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)		19.922,64
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)		145.888,70

Πίνακας 10 Αποτελέσματα εφαρμογής πέμπτου σεναρίου

Στα παρακάτω σχήματα απεικονίζονται τα νέα πλέγματα που χρησιμοποιήθηκαν για να γίνουν οι υπολογισμοί των χωματισμών και του όγκου των απορριμμάτων .



Σχήμα 32 Πλέγμα λεκάνης σεναρίου 5



Σχήμα 33 Πλέγμα απορριμμάτων σεναρίου 5

Τα αποτελέσματα της εφαρμογής και των πέντε σεναρίων απεικονίζονται συγκεντρωτικά στον παρακάτω πίνακα.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ						
ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	ΣΕΝΑΡΙΟ 3	ΣΕΝΑΡΙΟ 4	ΣΕΝΑΡΙΟ 5
ΥΨΟΣ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ (m)		3,00	3,00	5,00	3,00	5,00
ΜΗΚΟΣ ΒΑΣΗΣ (m)		60,00	35,00	35,00	35,00	35,00
ΚΛΙΣΗ ΠΡΑΝΩΝ (%)		33,30	33,30	33,30	40,00	40,00
ΚΛΙΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ (%)		33,30	33,30	33,30	33,30	33,30
ΚΛΙΣΗ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ (%)		33,30	33,30	33,30	33,30	33,30
ΕΣΚΑΦΕΣ (m ³)		66.599,40	29.375,28	34.050,33	21.730,42	21.029,39
ΕΠΙΧΩΣΕΙΣ (m ³)		1.066,20	4.347,82	3.049,99	8.223,10	7.547,57
ΟΓΚΟΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ (m ³)		160.718,25	97.014,31	125.958,05	74.549,72	94.661,55
ΕΜΒΑΔΟΝ ΛΕΚΑΝΗΣ (m ²)		16.041,96	12.057,89	14.824,78	12.754,41	13.749,77
ΚΟΣΤΟΣ ΕΣΚΑΦΩΝ /m ³ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΓΑΙΩΔΕΣ-ΗΜΙΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)	0,61					
ΚΟΣΤΟΣ ΕΣΚΑΦΩΝ /m ³ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)	6,6					
ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΩΝ /m ³ (€)	0,94					
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΣΚΑΦΩΝ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΓΑΙΩΔΕΣ-ΗΜΙΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)		40.625,63	17.918,92	20.770,70	13.255,55	12.827,93
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΣΚΑΦΩΝ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)		439.556,03	193.876,86	224.732,16	143.420,74	138.793,98
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΩΝ (€)		1.002,23	4.086,95	2.866,99	7.729,72	7.094,71
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΓΑΙΩΔΕΣ-ΗΜΙΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)		41.627,86	22.005,88	23.637,69	20.985,27	19.922,64
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΒΡΑΧΩΔΕΣ (€)		440.558,26	197.963,81	227.599,15	151.150,46	145.888,70

Πίνακας 11 Αποτελέσματα όλων των σεναρίων

Από τη μελέτη του πίνακα αυτού μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα σχετικά με το σενάριο που θα επιλέξουμε. Όπως αναφέρουμε και στην αρχή αυτής της μελέτης η περιοχή μας είναι φανταστική γι' αυτό εξετάζουμε τα αποτελέσματα εφαρμογής κάθε σεναρίου τόσο σε έδαφος γαιώδες – ημιβραχώδες όσο και σε έδαφος βραχώδες.

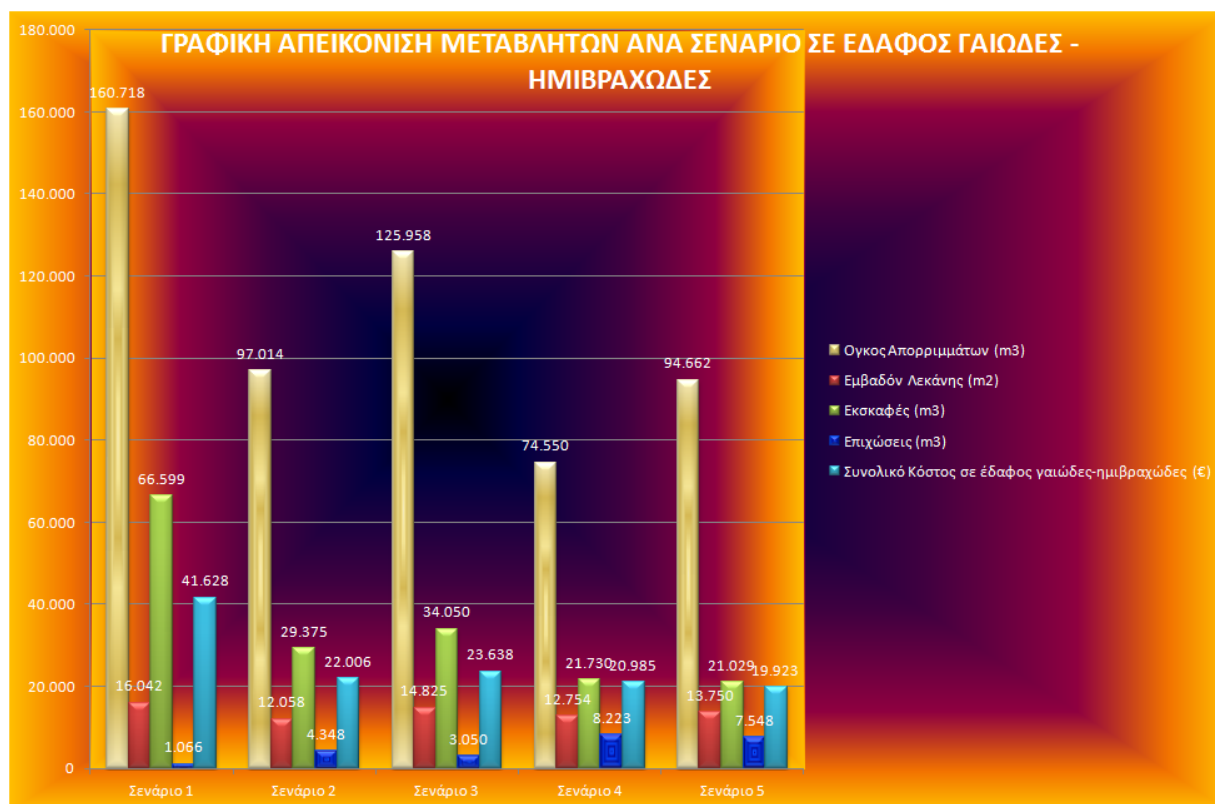
Σύμφωνα με το πρώτο σενάριο ο ΧΥΤΑ μας θα έχει μεγαλύτερο εμβαδόν λεκάνης και θα μπορεί να δεχθεί μεγαλύτερο όγκο απορριμμάτων συγκριτικά με τα υπόλοιπα τέσσερα σενάρια, όμως το κόστος κατασκευής του είναι υπερβολικά μεγάλο και η αλλοίωση του αναγλύφου πιο εμφανής, αφού θα έχουμε περισσότερους χωματισμούς, και στους δύο τύπους εδαφών.

Εάν το έδαφός μας είναι γαιώδες – ημιβραχώδες θα μπορούσαμε να επιλέξουμε κατά σειρά τόσο το τρίτο όσο και το δεύτερο σενάριο με δεδομένο ότι το κόστος είναι σημαντικά μικρότερο από το πρώτο σενάριο και ελάχιστα μεγαλύτερο από αυτό του τέταρτου και του

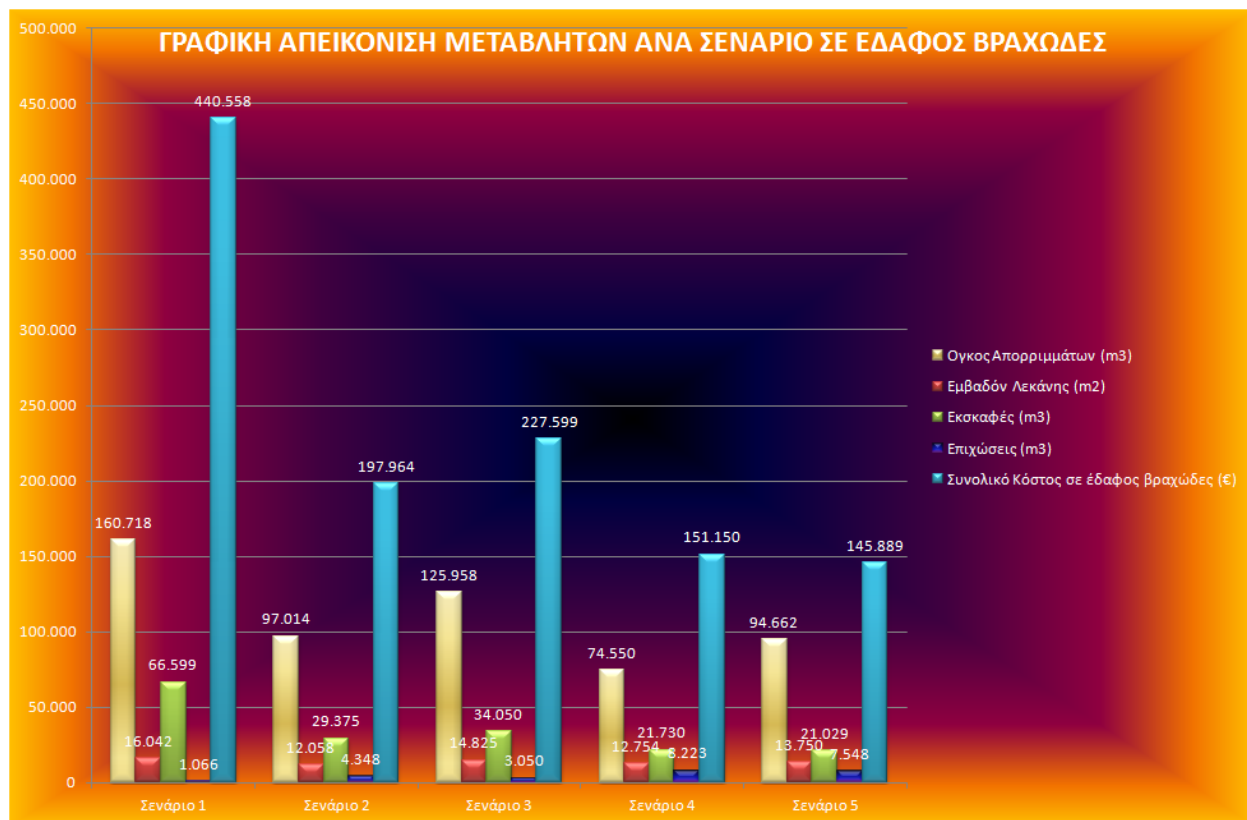
πέμπτου σεναρίου , ενώ ο όγκος των απορριμμάτων που μπορεί να δεχθεί ο ΧΥΤΑ μας με βάση τα δύο αυτά σενάρια είναι μεν μικρότερος από αυτόν του πρώτου σεναρίου αλλά ικανοποιητικά μεγαλύτερος από αυτόν του τέταρτου και του πέμπτου σεναρίου.

Όμως όπως προαναφέραμε η περιοχή μας είναι φανταστική και δεν έχουμε στοιχεία ούτε για τον τύπο του εδάφους ούτε για την πόλη και τον πληθυσμό που πρόκειται να εξυπηρετήσει ο ΧΥΤΑ μας. Επομένως εξετάζουμε γενικά τα αποτελέσματα της εφαρμογής των σεναρίων μας και προτείνουμε την επιλογή του πέμπτου σεναρίου σύμφωνα με το οποίο ο ΧΥΤΑ μας θα έχει το μικρότερο κόστος κατασκευής και στους δύο τύπους εδαφών και ο όγκος των απορριμμάτων που μπορεί να δεχθεί είναι ικανοποιητικός συγκριτικά τόσο με το κόστος όσο και με την αλλοίωση του φυσικού περιβάλλοντος από χωματισμούς.

Με χρήση του παραπάνω πίνακα σχεδιάσαμε και τα δύο παρακάτω γραφήματα στα οποία απεικονίζονται και γραφικά τα αποτελέσματα από την μελέτη εφαρμογής των πέντε σεναρίων για έδαφος γαιώδες- ημιβραχώδες και βραχώδες.



Γράφημα 5 Απεικόνιση μεταβλητών σε έδαφος γαιώδες-ημιβραχώδες



Γράφημα 6 Απεικόνιση μεταβλητών σε έδαφος βραχώδες

Στα δύο παραπάνω γραφήματα παρατηρούμε επίσης ότι το βέλτιστο σενάριο είναι το πέμπτο, καθώς έχουμε το μικρότερο κόστος σε σχέση με τα υπόλοιπα. Επίσης έχουμε τις λιγότερες δυνατές εκσκαφές πράγμα το οποίο σημαίνει ότι δεν μεταβάλλεται ιδιαίτερα η τοπογραφία της περιοχής και γενικότερα η γεωμετρία του ανάγλυφου. Στην περίπτωση δε που το έδαφος μας είναι βραχώδες το κόστος κατασκευής εκτινάσσεται σε δυσθεώρητα ύψη.

Συμπερασματικά από όλα τα παραπάνω μπορούμε εύκολα να καταλάβουμε ότι η τοπογραφία της εκάστοτε περιοχής παίζει καταλυτικό ρόλο στην χωροθέτηση ενός ΧΥΤΑ, γιατί το κόστος κατασκευής επηρεάζεται άμεσα από αυτή.

17 Μελέτη χωροθέτησης Αιολικού Πάρκου στην περιοχή Ακρωτήρι Χανίων

17.1 Περιγραφή περιοχής μελέτης

17.1.1 Γενικές πληροφορίες περιοχής Ακρωτηρίου

Η Δημοτική Ενότητα (Δ.Ε.) Ακρωτηρίου βρίσκεται στο βορειοανατολικό τμήμα του νομού και αποτελεί το ανατολικότερο μεγάλο ακρωτήριο του νομού Χανίων. Εκτείνεται στα βορειοανατολικά της πόλης των Χανίων και συνιστά κατεξοχήν παραθαλάσσια περιοχή - σχεδόν ολόκληρη η οριογραμμή του βρέχεται από το Κρητικό Πέλαγος – ενώ γειτνιάζει στα νοτιοδυτικά με την Δημοτική Ενότητα Σούδας όπως φαίνεται και στον παρακάτω χάρτη:



Χάρτης 3 Δημοτική ενότητα Ακρωτηρίου Χανίων

Μετά την εφαρμογή του Προγράμματος "Καλλικράτης", η Δ.Ε. Ακρωτηρίου αποτελείται από δύο Δημοτικές Κοινότητες και τρεις Τοπικές Κοινότητες οι οποίες είναι:

- ✓ η Δημοτική Κοινότητα Αρωνίου, (Πληθ. 3003 κατ., απογραφή 2011)
- ✓ η Δημοτική Κοινότητα Κουνουπιδιανών, (Πληθ. 8620 κατ., απογραφή 2011)
- ✓ η Τοπική Κοινότητα Μουζουρά, (Πληθ. 268 κατ., απογραφή 2011)
- ✓ η Τοπική Κοινότητα Στερνών (Πληθ. 943 κατ., απογραφή 2011)
- ✓ η Τοπική Κοινότητα Χορδακίου. (Πληθ. 266 κατ., απογραφή 2011)

(πηγή <http://www.chania.gr/municipality/>)

17.1.2 Γεωλογία και τοπογραφία

Στην έκτασή της Δ.Ε. Ακρωτηρίου, στην οποία διαμένουν μόνιμα 13.100 κάτοικοι (απογραφή 2011), αναπτύσσεται τόσο περιοχή με έντονο ανάγλυφο όσο και πεδινή ζώνη. Η περιοχή με το έντονο ανάγλυφο χαρακτηρίζεται από μια εκτεταμένη ζώνη με λόφους που αναπτύσσεται με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, καταλαμβάνοντας το βορειοανατολικό τμήμα του Ακρωτηρίου. Αποτελείται εξ ολοκλήρου από ανθρακικά πετρώματα, και παρουσιάζεται με πολυάριθμες κορυφές υψομέτρων συνήθως 350 - 420 μέτρα με υψηλότερη τη «Σκλόκα» που με υψόμετρο 529 μέτρα και δεσπόζει στο ανατολικό του τμήμα. Στο δυτικό και νοτιοδυτικό τμήμα του Ακρωτηρίου ο ορεινός όγκος μεταβαίνει στη χαμηλή ζώνη υψομέτρων, 0 – 220m περίπου, και αποτελείται κυρίως από μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, μάργες, και αλλουβιακούς σχηματισμούς. Στο κεντρικό τμήμα βρίσκεται το τεκτονικό βύθισμα του Ακρωτηρίου με υψόμετρα 110 – 150m περίπου. Η μορφολογία και το ανάγλυφο της χαμηλής ζώνης είναι γενικά ήπιο και ομαλό δημιουργώντας ισχυρή αντίθεση με αυτό της ορεινής ζώνης.

Η παραθαλάσσια ζώνη αναπτύσσεται περιμετρικά του Ακρωτηρίου και παρουσιάζεται με εξαιρετικές ποικιλομορφίες. Στο βόρειο - βορειοανατολικό τμήμα του η λοφώδης περιοχή βυθίζεται κυριολεκτικά στη θάλασσα του Κρητικού πελάγους διαμορφώνοντας έτσι ισχυρών κλίσεων απότομες βραχώδεις ακτές. Αντίθετα στο βορειοδυτικό και νοτιοανατολικό τμήμα του Ακρωτηρίου, δημιουργούνται μικροί κόλποι και παραλίες κατάλληλες για χρήσεις αναψυχής - τουρισμού όπως είναι οι περιοχές Σταυρού, Καλαθά, Μαράθι, κ.α.

Η σημαντικότερη περιοχή όσον αφορά το φυσικό περιβάλλον είναι η λοφώδης περιοχή στα βόρεια της περιοχής της Δ.Ε. καθώς είναι σχετικά αδιατάρακτη από τις ανθρώπινες δραστηριότητες οι οποίες έχουν επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό τις υπόλοιπες περιοχές του Δήμου Ακρωτηρίου. Η περιοχή αυτή είναι πλούσια σε χλωρίδα, πολλά είδη της οποίας είναι ενδημικά, ενώ υπάρχουν πολλά χερσαία και θαλάσσια σπήλαια με ενδημικά είδη ασπόνδυλων. Η περιοχή της Δ.Ε. Ακρωτηρίου διαθέτει παράλια ζώνη μήκους 59,55 χιλιομέτρων. Από αυτό κύρια στο δυτικό κομμάτι της παράλιας ζώνης προσφέρονται δυνατότητες κολύμβησης και παράλιας θερινής αναψυχής. Ειδικότερα κατά μήκος της δυτικής ακτογραμμής μπορούν να διακριθούν παραλίες όπως, η παραλία του Αγίου Ονούφριου, του Καλαθά, του Τερσανά, και του Σταυρού, ενώ στην νοτιοανατολική πλευρά διακρίνονται οι παραλίες Μαράθι και Λουτράκι.

Στα όρια της Δ.Ε. Ακρωτηρίου εντοπίζεται η ύπαρξη σημαντικών υποδομών μεταφορών, εκπαιδευτικών, κοινωνικών, κ.α. που αφορούν το σύνολο του νομού Χανίων όπως π.χ. το αεροδρόμιο Χανίων και το Πολυτεχνείο Κρήτης. Επίσης σε αυτή υπάρχουν οικισμοί που παρουσιάζουν ιδιαίτερο αρχιτεκτονικό ενδιαφέρον, όπου εκτός από τα μνημεία που διαθέτουν έχουν κτίσματα χαρακτηριστικά της νεότερης αρχιτεκτονικής, όπως ο Παζινός, τα Κουνουπιδιανά, οι Κορακίες, ο Μουζουράς, το Αρώνι, οι Στέρνες, όπου διασώζεται ο πυρήνας του παλαιού οικισμού.

Η έντονη ρηξιγενής τεκτονική της περιοχής του Ακρωτηρίου σε συνδυασμό με την ύπαρξη ανθρακικών και ασβεστολιθικών πετρωμάτων, έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση έντονων φαινομένων καρστικής διάβρωσης. Κατά την κίνηση του νερού γίνεται διάλυση των ανθρακικών πετρωμάτων με αποτέλεσμα τη δημιουργία ρηγμάτων, διακλάσεων, σχιστότητας και τεκτονικών ασυνεχειών, που υποβοηθούν την ταχύτερη ανάπτυξη της καρστικής διαβρώσεως.

17.1.3 Σεισμικά χαρακτηριστικά

Στη περιοχή της Κρήτης και στο ευρύτερο θαλάσσιο χώρο δύο κατηγορίες σεισμών λαμβάνουν χώρα. Οι σεισμοί ενδιάμεσου βάθους ($60\text{km} < \text{βάθος εστίας} < 180\text{km}$) συντελούνται στη θαλάσσια περιοχή βόρεια του νησιού, και οι επιφανειακοί σεισμοί (βάθος εστίας $< 60\text{km}$) που τα επίκεντρα τους τοποθετούνται πάνω στο νησί και στη νότια γειτονική θαλάσσια περιοχή.

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι η περιοχή του έργου όπως και η ευρύτερη περιοχή της Κρήτης ανήκει σε μία ιδιαίτερα ευπαθή σεισμική ζώνη με υψηλό σεισμικό κίνδυνο.

17.1.4 Υδάτινοι πόροι

Η περιοχή του Ακρωτηρίου δε χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη σημαντικών υδατικών πόρων. Το υδρογραφικό δίκτυο είναι σημαντικότερο στο βορειοδυτικό τμήμα του δήμου, ενώ είναι περιορισμένο στο πεδινό. Εξαιτίας της θέσης του Ακρωτηρίου το υδρογραφικό δίκτυο είναι χειμαρρώδους χαρακτήρα παρουσιάζοντας σημαντικές διακυμάνσεις στις παροχές του. Οι υπόγειοι υδροφορείς εξαιτίας της γεωλογίας της περιοχής είναι μικροί και χαρακτηρίζονται ως υφάλμυροι, καθώς έχουν επηρεαστεί από τη θάλασσα που περικλείει την περιοχή του Ακρωτηρίου. Η σημαντικότερη πηγή του Δήμου Ακρωτηρίου είναι στην περιοχή Περιβολίτσα, που βρίσκεται στην ανατολική περιοχή του Ακρωτηρίου. Μια άλλη πηγή εντοπίζεται στην περιοχή Φαρμάκελο κοντά στον χώρο εγκαταστάσεων του Ναυτικού.

17.1.5 Χλωρίδα -Πανίδα

Στην περιοχή του Ακρωτηρίου υπάρχει το Πάρκο Διάσωσης Χλωρίδας και Πανίδας, το οποίο βρίσκεται 5 km βορειοανατολικά της πόλης των Χανίων στην περιοχή Προφήτη Ηλία και γειτνιάζει με το Πολυτεχνείο Κρήτης. Ένας από τους βασικούς σκοπούς του πάρκου είναι η διατήρηση αυτοφυών φυτών της Κρήτης με έμφαση σε είδη προτεραιότητας όπως τα απειλούμενα και τα ενδημικά και σε είδη που έχουν οικονομική και πολιτισμική αξία όπως φαρμακευτικά, αρωματικά, βαφικά, φυτά που χρησιμοποιούνται σε κατασκευές, για περιβαλλοντική προστασία, κ.ά. (πηγή: www.agrotravel.gr). Εκτείνεται σε 300 στρέμματα και αποτελεί έναν μικρό χώρο όπου η χλωρίδα και η πανίδα του προστατεύονται και μπορούν να αναπτύσσονται χωρίς ανθρώπινες παρεμβάσεις. Στο παρελθόν ολόκληρη η περιοχή, προσφερόταν τόσο για βόσκηση όσο και για καλλιέργεια, δραστηριότητες που συνεχίστηκαν ακόμα και μετά την αγορά της έκτασης από το Πολυτεχνείο Κρήτης. Το 1994, σε μια προσπάθεια δημιουργίας μιας προστατευόμενης περιοχής, η έκταση περιφράχτηκε και απομακρύνθηκαν οι κνηγοί, οι βοσκοί και οι καλλιεργητές.

17.1.6 Χρήσεις γης

Από τον παρακάτω πίνακα φαίνεται ότι η μεγαλύτερη επιφάνεια του εδάφους του Δήμου καλύπτεται από φυσική βλάστηση που περιλαμβάνει δάση, βοσκότοπους, καλλιεργούμενες εκτάσεις κ.α. σε ποσοστό 40,59%. Από το σύνολο της φυσικής βλάστησης το 34,43% κυριαρχεί στο Δ.Δ. Μουζουρά. Η έκταση των νερών καλύπτει το 0,06% της συνολικής έκτασης του Δήμου, ενώ στο Δ.Δ. Μουζουρά δεν υπάρχουν καθόλου υδατικοί πόροι. Το ποσοστό της γης με οικιστική χρήση κυμαίνεται στο 5,41% της συνολικής, με το Δ.Δ. Μουζουρά να κατέχει το 1,61% αυτού. Όσον αφορά στις προστατευόμενες περιοχές, στην περιοχή του Δήμου Ακρωτηρίου δεν υπάρχουν περιοχές ενταγμένες σε κάποιο θεσμικό πλαίσιο προστασίας χλωρίδας και πανίδας. Η σημαντικότερη περιοχή για τη χλωρίδα και πανίδα είναι η λοφώδης βόρεια περιοχή που δεν έχει επηρεαστεί σημαντικά από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Η περιοχή αυτή στο παρελθόν αποτελούσε μια από τις προτεινόμενες για ένταξη στο ευρωπαϊκό δίκτυο προστασίας «Natura 2000» με κωδικό GR 4340009 αλλά τελικά δεν εντάχθηκε.

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ/ΝΟΜΟΣ/ ΔΗΜΟΣ/Δ.Δ.	ΣΥΝΟΛΟ ΕΚΤΑΣΕΩΝ (σε χιλ. στρέμματα)	ΕΛΑΙΩΝΕΣ (σε χιλ. στρέμματα)	ΑΛΛΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ (σε χιλ. στρέμματα)	ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΜΕ ΦΥΣΙΚΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ (σε χιλ. στρέμματα)	ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΟΙΚΙΣΜΩΝ (σε χιλ. στρέμματα)	ΝΕΡΑ (σε χιλ. στρέμματα)	ΑΛΛΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ (σε χιλ. στρέμματα)	ΕΛΑΙΩΝΕΣ (%)	ΑΛΛΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ (%)	ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΜΕ ΦΥΣΙΚΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ (%)	ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΟΙΚΙΣΜΩΝ (%)	ΝΕΡΑ (%)	ΑΛΛΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ (%)
ΔΗΜΟΣ ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ	112,65	21,38	14,58	45,75	6,1	0,07	24,84	18,96%	12,94%	40,59%	5,41%	0,06%	22,04%
Δ.Δ. Αρωνίου	17,2	4,52	2,67	4,36	1,58	0	4,07	26,28%	15,52%	25,35%	9,19%	0,00%	23,66%
Δ.Δ. Κουνουπιδιανών	29,4	5,84	5,31	7,83	2,97	0,07	7,39	19,86%	18,06%	26,63%	10,07%	0,24%	25,14%
Δ.Δ. Μουζουρά	19,2	5,4	3,15	6,61	0,31	0	3,73	28,13%	16,41%	34,43%	1,61%	0,00%	19,43%
Δ.Δ. Στερνών	12,9	3,48	2,14	2,44	0,53	0	4,3	26,98%	16,59%	18,91%	4,19%	0,00%	33,33%
Δ.Δ. Χωρδακίου	34	2,14	1,31	24,51	0,71	0	5,33	6,29%	3,85%	72,09%	2,09%	0,00%	15,68%

Πίνακας 12 Χρήσεις γης ΔΕ Ακρωτηρίου ανά ΔΔ κατά το έτος 2007 (Καλλέργης Ι. 2008)

17.1.7 Υφιστάμενη υποδομή περιοχής

17.1.7.1 Δίκτυα μεταφορών

Η ιεράρχηση το είδος και το μήκος σε χιλιόμετρα του οδικού δικτύου της περιοχής απεικονίζεται στον παρακάτω πίνακα:

ΙΕΡΑΡΧΗΣΗ/ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΟΔΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ								
	ΤΡΙΤΕΥΟΝ ΕΘΝΙΚΟ	ΠΡΩΤΕΥΟΝ ΕΠΑΡΧΙΑΚΟ ΔΙΚΤΥΟ		ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝ ΕΠΑΡΧΙΑΚΟ ΔΙΚΤΥΟ			ΔΗΜΟΤΙΚΕΣ ΟΔΟΙ	ΑΓΡΟΤΙΚΟΙ ΔΡΟΜΟΙ
ΕΙΔΟΣ	ΤΜΗΜΑΤΑ Ε.Ο. "Χανιά Αεροδρόμιο"	ΕΠΑΡΧΙΑΚΟΣ ΔΡΟΜΟΣ "Προφήτης Ηλίας - Κουνουπιδιανά -Διακλάδωση Αεροδρομίου"	ΕΠΑΡΧΙΑΚΟΣ ΔΡΟΜΟΣ "Σούδα (από Εθν. Οδό Χανίων - Ρεθύμνου) - Κορακιάς(σύνδεση με τριτεύον Εθνικό δίκτυο)"	Ε.Ο. 38 του Β.Δ. 49/62/1956 "Προφήτης Ηλίας- Κουνουπιδιανά-Μονή Γουβερνέτου διά Μονής Αγίας Τριάδος" στο τμήμα από διακλάδωση αεροδρομίου έως Μονή Γουβερνέτου δια Μονής Αγίας Τριάδος	Ε.Ο. 39 του Β.Δ. 49/62/1956 με την επωνυμία "Στέρνες - Περβολίτσα"	Ε.Ο. 40 του Β.Δ. 49/62/1956 με την επωνυμία "Μονή Αγίας Τριάδος -Μουζουράς- Περβολίτσα από Ε.Ο. 38 σε Ε.Ο. 39"	Σύνολο δρόμων που ενώνουν τους οικισμούς εκτός από τους ήδη χαρακτηριζόμενους	Σύνολο δρόμων που δεν ανήκουν στις παραπάνω κατηγορίες
ΜΗΚΟΣ (σε χλμ.)	9,500	8,350	2,300	6,300	5,300	6,900	Περίπου 380	Απροσδιόριστο

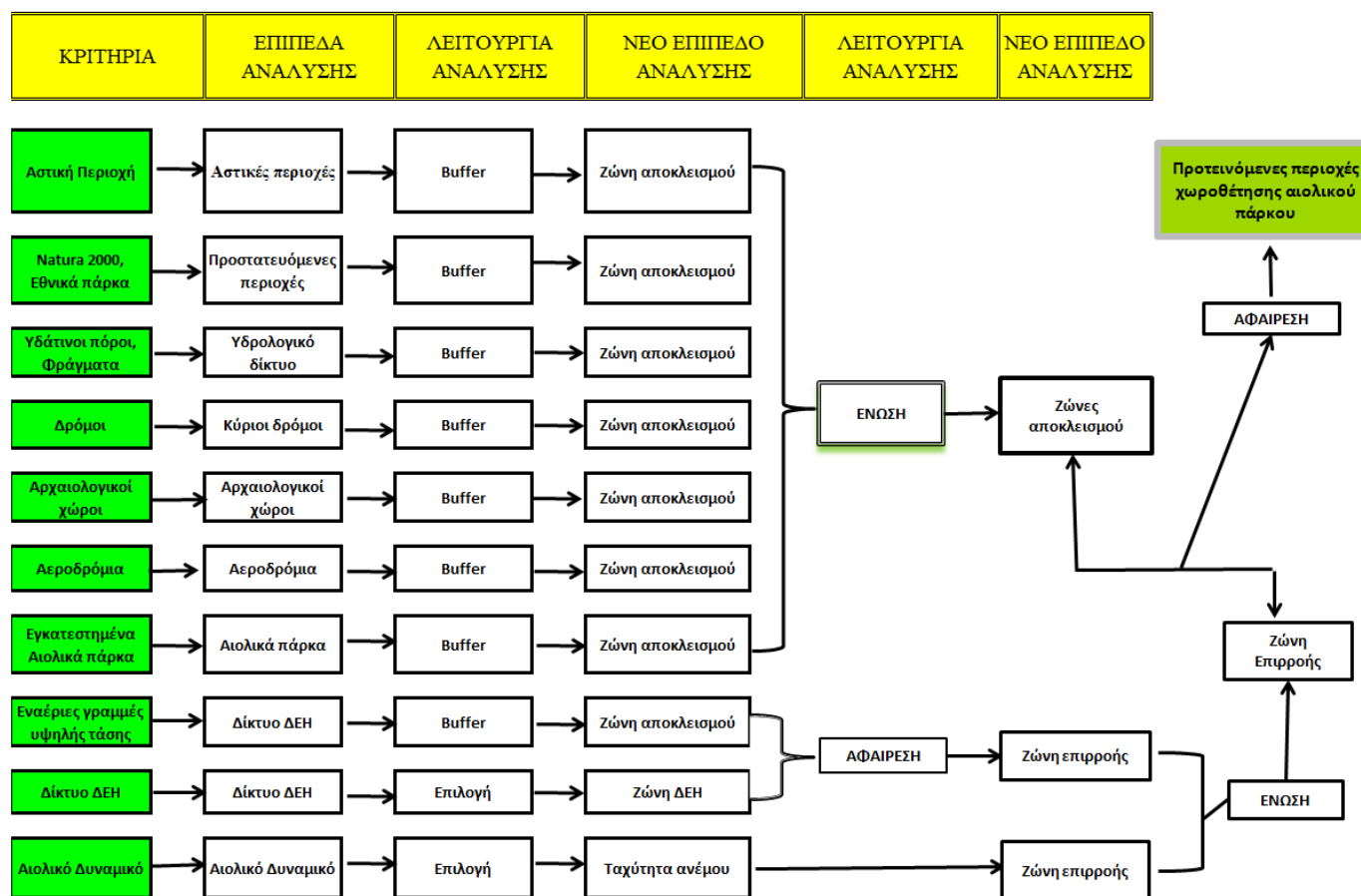
Πίνακας 13 Οδικό δίκτυο ΔΕ Ακρωτηρίου (Καλλέργης Ι. 2008)

Στο Ακρωτήρι βρίσκεται το αεροδρόμιο Χανίων στο οποίο πραγματοποιούνται πτήσεις εσωτερικού από και προς το αεροδρόμιο Αθηνών, το αεροδρόμιο Θεσσαλονίκης και άλλα αεροδρόμια στην Ελλάδα. (πηγή: www.explorecrete.com). Επίσης, περιλαμβάνει και πολεμική αεροπορία, η οποία υποστηρίζει τις Ναυτικές Δυνάμεις του κόλπου της Σούδας και τις Αμερικάνικες Βάσεις (πηγή: google Earth).

Στον Δήμο Ακρωτηρίου δεν υπάρχουν λιμάνια, μόνο κάποιοι λιμενίσκοι με χαμηλή κίνηση. Το πιο κοντινό λιμάνι είναι αυτό της Σούδας και βρίσκεται σε απόσταση περίπου 10 km.

17.2 Εντοπισμός θέσεων για χωροθέτηση του Αιολικού Πάρκου με GIS

Στην προηγούμενη ενότητα έχει γίνει ο καθορισμός των κριτηρίων χωροθέτησης αιολικού πάρκου, για καθένα από τα οποία, στη συνέχεια, με τη χρήση του προγράμματος Arc Gis 9.3 δημιουργούμε χάρτες στους οποίους απεικονίζονται οι ζώνες αποκλεισμού. Η όλη διαδικασία που πρέπει να ακολουθήσουμε περιγράφεται συνοπτικά στο παρακάτω διάγραμμα ροής.



Διάγραμμα 3 Διαδικασία χωροθέτησης αιολικού πάρκου με χρήση Arc Gis

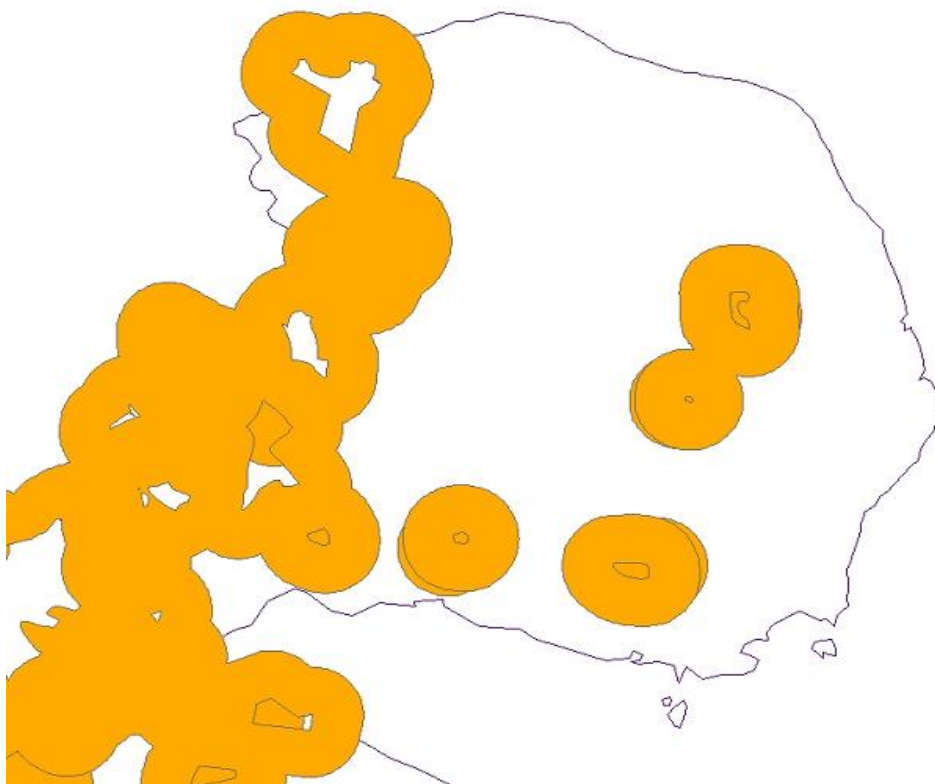
Επειδή για την περιοχή που θέλουμε να χωροθετήσουμε το πάρκο μας, δεν έχουμε ψηφιοποιημένα στοιχεία για όλα τα κριτήρια που περιγράφονται στο πιο πάνω διάγραμμα ροής, θα εργαστούμε με όσα από αυτά έχουμε διαθέσιμα. Άλλωστε σκοπός της εργασίας αυτής δεν είναι η πραγματική χωροθέτηση ενός αιολικού πάρκου με μια πλήρη μελέτη αλλά η ανάδειξη της τεχνικής χωροθέτησης με τις σύγχρονες μεθόδους αποτύπωσης και ανάλυσης αναγλύφου και

στην προκειμένη περίπτωση με τη χρήση του Arc Gis 9.3. Όσον αφορά τα κριτήρια για τα οποία δεν έχουμε ψηφιοποιημένα στοιχεία διαθέσιμα και προκειμένου να μην τα παραβλέψουμε τελείως, θα κάνουμε μια οπτική έρευνα της περιοχής μέσα στους χάρτες του google ώστε να προσδιορίζουμε τελικά μια περιοχή χωροθέτησης που να μην αποκλείεται από τα κριτήρια αυτά.

Το πρόγραμμα Arc Gis 9.3 έχει δυνατότητες δημιουργίας και επεξεργασίας χαρτών, εμφάνισης και ανάλυσης γεωγραφικών δεδομένων, αναζήτησης και επιλογής χωρικών δεδομένων, δημιουργίας γραφημάτων και διαμόρφωσης χαρτών για εκτύπωση. Μερικά εργαλεία – εφαρμογές του ArcMap που χρησιμοποιούμε στη συγκεκριμένη εργασία είναι τα εξής:

- **Tools – (Εργαλειοθήκη):** Η εργαλειοθήκη δίνει τη δυνατότητα της περιήγησης στα δεδομένα που έχουν εισαχθεί στο ArcMap. Δηλαδή, δίνει τη δυνατότητα της σμίκρυνσης/μεγέθυνσης, προσαρμογής στην οθόνη, μετακίνηση προς όλες τις κατευθύνσεις, αναζήτησης πληροφοριών κ.α.
- **3D Analyst – (Ανάλυση σε τρεις διαστάσεις):** Το εργαλείο αυτό δίνει τη δυνατότητα ανάλυσης και οπτικοποίησης δεδομένων σε τρεις διαστάσεις. Περιέχει κάποιες εφαρμογές, οι οποίες επιτρέπουν την ανάλυση επιφανειών, όπως για παράδειγμα την κατασκευή τρισδιάστατων μοντέλων εδάφους (Create TIN), τη δημιουργία χαρτών κλίσεων εδάφους (Surface Analysis / Slope, Viewshed).
- **Buffer wizard – (Ζώνες επιρροής):** Με το εργαλείο αυτό μπορούν να δημιουργηθούν ζώνες επιρροής - αποστάσεων γύρω από αντικείμενα και χρησιμοποιούνται για να ορίζουν περιοχές που πρέπει να πληρούν μια συνθήκη.
- **ArcToolbox -Analysis Tools -Overlay -Union (Ενωση ζωνών) :** Με την χρήση της εντολής Union ενοποιούμε τις ζώνες .
- **ArcToolbox -Analysis Tools -Overlay -Erase (Αφαίρεση ζωνών) :** Με την χρήση της εντολής Erase αφαιρούμε ζώνες .
- **Επιλογή δεδομένων – Selection:** Αυτό το εργαλείο δίνει τη δυνατότητα επιλογής κάποιων δεδομένων από ένα αρχείο, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά που ενδιαφέρουν τον χρήστη (select by attributes) ή την τοποθεσία τους (select by location).

Λαμβάνοντας υπόψη το **κριτήριο** που έχει ως περιορισμό τη χωροθέτηση αιολικού πάρκου **σε απόσταση 850 μέτρων από οικισμούς - οικιστικές περιοχές**, δημιουργήσαμε με τη βοήθεια του Arc Gis 9.3 και με την εντολή Buffer wizard τον παρακάτω χάρτη με τις ζώνες αποκλεισμού.



Χάρτης 4 Χάρτης οικισμών- οικιστικών περιοχών και ζώνης 850 μέτρων γύρω από αυτούς

Λαμβάνοντας υπόψη το **κριτήριο** που έχει ως περιορισμό τη χωροθέτηση αιολικού πάρκου **σε απόσταση 100 μέτρων από τα όρια αυτοκινητόδρομου ή άλλου δημόσιου δρόμου** δημιουργήσαμε με τη βοήθεια του Arc Gis 9.3 και με την εντολή Buffer wizard τον παρακάτω χάρτη με τις ζώνες αποκλεισμού.



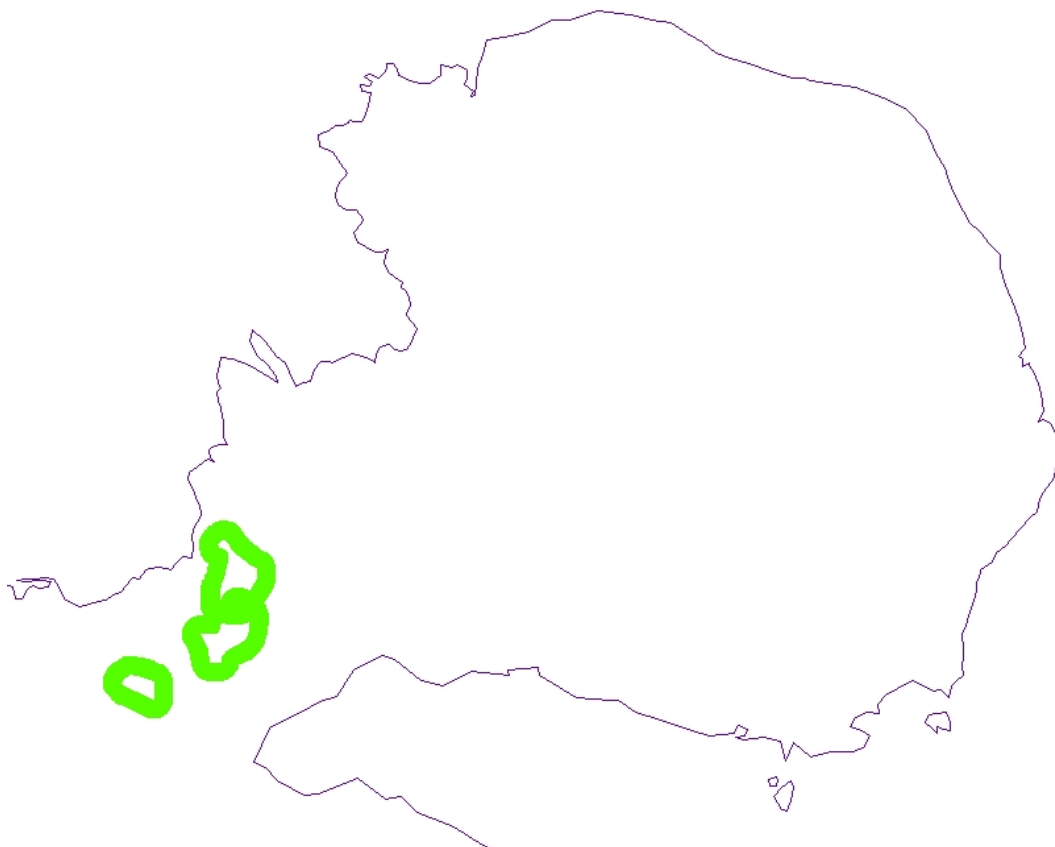
Χάρτης 5 Χάρτης οδικού δικτύου και ζώνης 100 μέτρων γύρω από αυτούς

Λαμβάνοντας υπόψη το **κριτήριο** που έχει ως περιορισμό τη χωροθέτηση αιολικού πάρκου **σε απόσταση 150 μέτρων από τα όρια ποταμών και φραγμάτων** δημιουργήσαμε με τη βοήθεια του Arc Gis 9.3 και με την εντολή Buffer wizard τον παρακάτω χάρτη με τις ζώνες αποκλεισμού.



Χάρτης 6 Χάρτης υδρολογικού δικτύου και ζώνης 150 μέτρων γύρω από αυτό

Λαμβάνοντας υπόψη το **κριτήριο** που έχει ως περιορισμό τη χωροθέτηση αιολικού πάρκου **σε απόσταση 300 μέτρων από τα όρια δασών** δημιουργήσαμε με τη βοήθεια του Arc Gis 9.3 και με την εντολή Buffer wizard τον παρακάτω χάρτη με τις ζώνες αποκλεισμού.



Χάρτης 7 Χάρτης δασών και ζώνης 300 μέτρων γύρω από αυτό

Λαμβάνοντας υπόψη το **κριτήριο** που έχει ως περιορισμό τη χωροθέτηση αιολικού πάρκου **σε απόσταση 1000 μέτρων από τα όρια αεροδρομίων** δημιουργήσαμε με τη βοήθεια του Arc Gis 9.3 και με την εντολή Buffer wizard τον παρακάτω χάρτη με τις ζώνες αποκλεισμού.



Χάρτης 8 Χάρτης αεροδρομίων και ζώνης 1000 μέτρων γύρω από αυτό

Για το **κριτήριο** σύμφωνα με το οποίο το πάρκο χωροθετείται σε απόσταση **100 μέτρων από τα δίκτυα εναερίων γραμμών υψηλής τάσης** δεν έχουμε δεδομένα αλλά σύμφωνα με πληροφορίες δεν υπάρχουν τέτοια δίκτυα στην περιοχή του Ακρωτηρίου.

Για το **κριτήριο** σύμφωνα με το οποίο το πάρκο χωροθετείται σε απόσταση **500 μέτρων από αρχαιολογικούς χώρους** δεν έχουμε ψηφιοποιημένα δεδομένα αλλά με τη βοήθεια των χαρτών του google θα εντοπίσουμε τέτοιες περιοχές και θα τις αποκλείσουμε σε ακτίνα 500 περίπου μέτρων γύρω από αυτές.

Για το **κριτήριο** σύμφωνα με το οποίο το **πάρκο μας δεν πρέπει να βρίσκεται μέσα στα όρια άλλου αιολικού πάρκου** και σε ακτίνα **1500 μέτρων από αυτά** δεν έχουμε δεδομένα αλλά ερευνήσαμε με τη βοήθεια των χαρτών του google και δεν εντοπίσαμε άλλο αιολικό πάρκο στην περιοχή του Ακρωτηρίου.

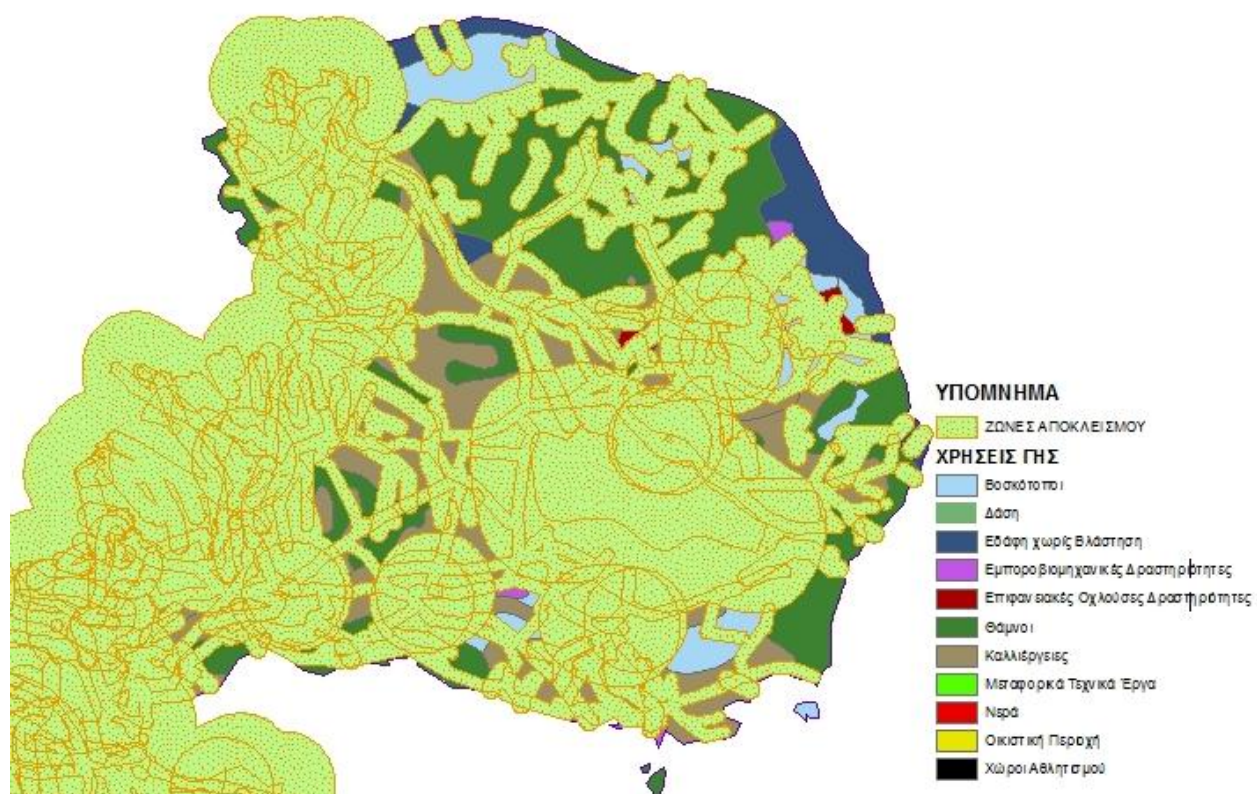
Για το **κριτήριο** σύμφωνα με το οποίο το πάρκο χωροθετείται σε **περιοχές με αιολικό δυναμικό μεγαλύτερο των 4m/sec** λάβαμε υπόψη μας ότι όλη η Κρήτη εντάσσεται σε αυτό το μέγεθος αιολικού δυναμικού όπως φαίνεται και στο χάρτη του αιολικού δυναμικού της Ελλάδας που παραθέσαμε στην προηγούμενη ενότητα.

Με τη χρήση της εντολής **union** ενοποιήσαμε όλες τις ζώνες αποκλεισμού που αναφέρονται αναλυτικά στους προηγούμενους χάρτες και δημιουργήσαμε τον παρακάτω χάρτη του συνόλου των ζωνών αποκλεισμού. Με λευκό χρώμα στον παρακάτω χάρτη απεικονίζονται οι περιοχές που είναι υποψήφιες για χωροθέτηση του αιολικού μας πάρκου .



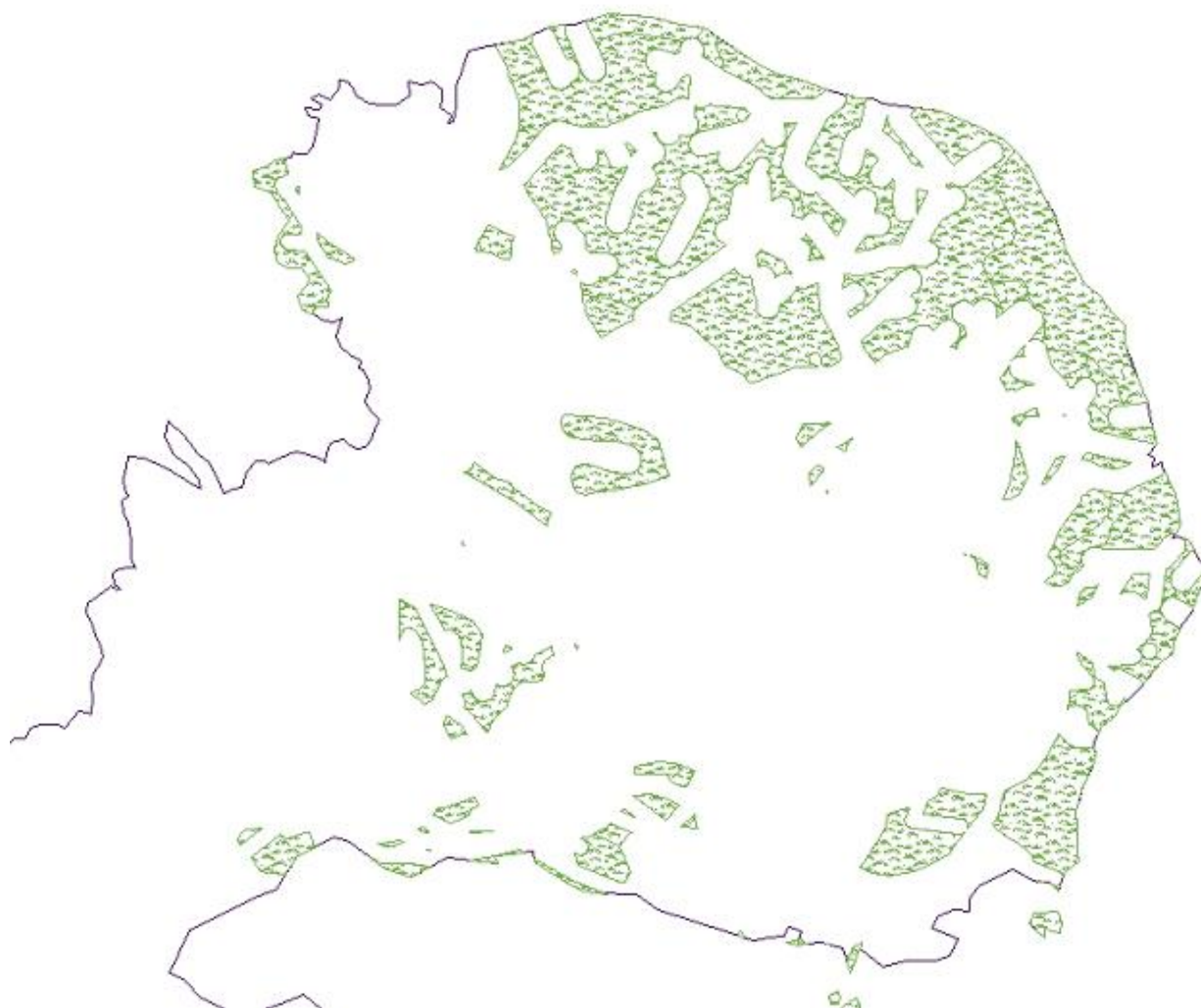
Χάρτης 9 Χάρτης ενοποιημένων ζωνών αποκλεισμού

Με συνδυασμό του παραπάνω χάρτη και του χάρτη χρήσεων γης αποκλείουμε και τις εκτάσεις με καλλιέργειες ,δηλαδή θα αποκλείσουμε τις περιοχές που στον παρακάτω χάρτη απεικονίζονται με καφέ χρώμα.



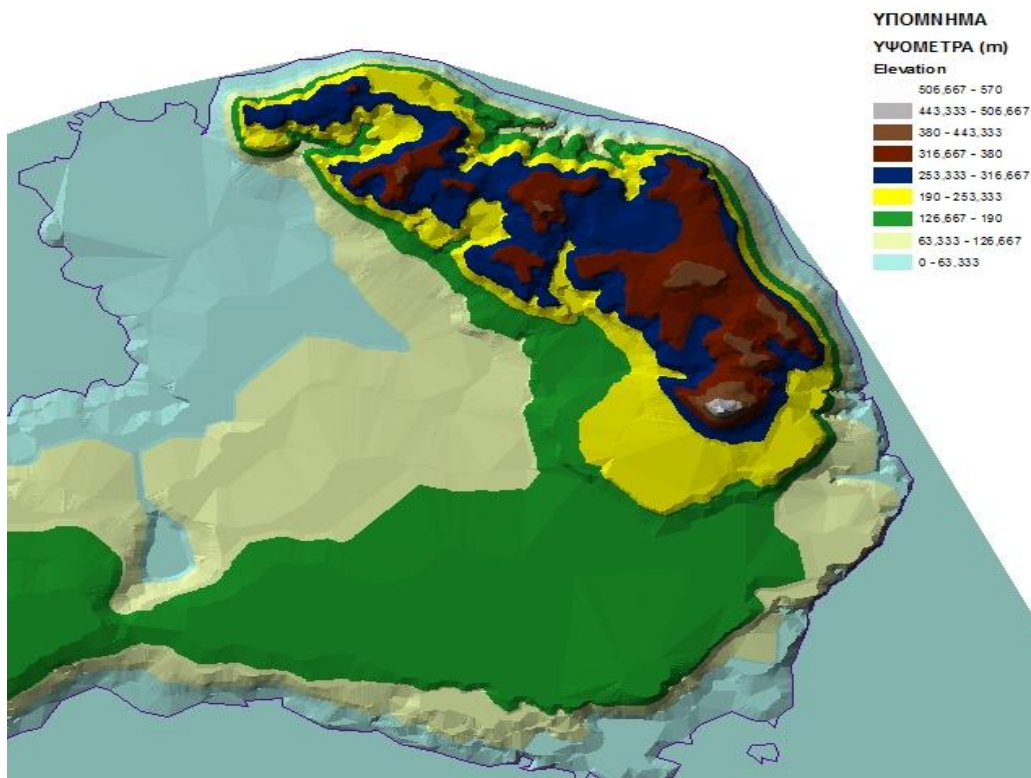
Χάρτης 10 Χάρτης ενοποιημένων ζωνών αποκλεισμού και χρήσεων γης

Με την αφαίρεση των καλλιεργειών από τον παραπάνω χάρτη προκύπτει ο παρακάτω νέος χάρτης υποψήφιων περιοχών χωροθέτησης του αιολικού μας πάρκου



Χάρτης 11 Χάρτης υποψήφιων περιοχών χωροθέτησης αιολικού πάρκου

Είναι ευρέως γνωστό και έχει αναφερθεί στο πρώτο μέρος αυτής της εργασίας ότι η ένταση των ανέμων επηρεάζεται από το ανάγλυφο μιας περιοχής και είναι μεγαλύτερη στις κορυφογραμμές όπου δεν υπάρχουν φυσικά εμπόδια. Στον παρακάτω χάρτη απεικονίζονται τα υψόμετρα όλης της περιοχής Ακρωτηρίου.



Χάρτης 12 Χάρτης υψομέτρων περιοχής Ακρωτηρίου

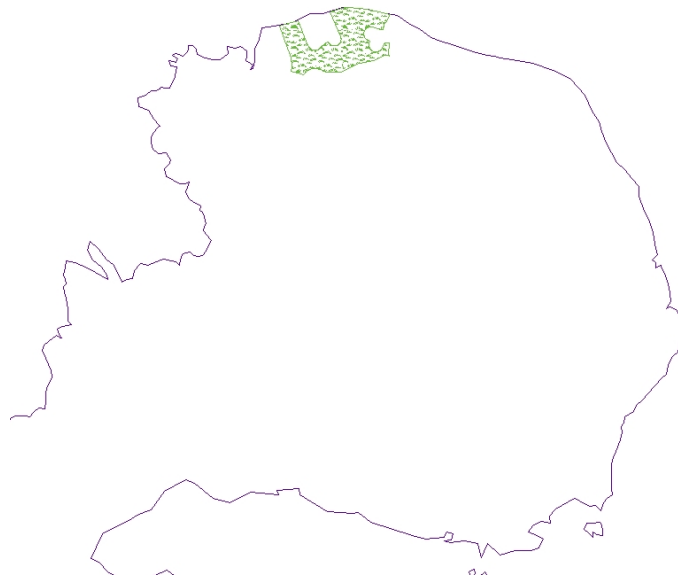
Σύμφωνα με τα αναφερόμενα στην προηγούμενη παράγραφο καταλληλότερες περιοχές για χωροθέτηση του αιολικού μας πάρκου, απ' όλες τις υποψήφιες, βρίσκονται στο βορειοανατολικό τμήμα του ακρωτηρίου όπου έχουμε και πρόσβαση με οδικό δίκτυο και τα υψόμετρα είναι μεγαλύτερα. Όμως με τη βοήθεια των χαρτών του google, όπως φαίνεται στην επόμενη φωτογραφία



Εικόνα 28 Ακρωτήρι Χανίων περιοχή εκτόξευσης πυραύλων (πηγή Google Earth)

διαπιστώσαμε ότι σε αυτό το τμήμα του ακρωτηρίου βρίσκεται η Αμερικανική βάση για την οποία δεν υπάρχουν στοιχεία στη βάση δεδομένων που έχουμε για τις χρήσεις γης, ώστε να την περιλάβουμε στις ζώνες αποκλεισμού. Επομένως η καταλληλότερη περιοχή, σύμφωνα με τον παραπάνω χάρτη υψομέτρων, βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του ακρωτηρίου όπου τα υψόμετρα κυμαίνονται από 190 έως 316 μέτρα.

Το πάρκο μας θεωρητικά θα χωροθετηθεί στην περιοχή που έχει σημειωθεί στον παρακάτω χάρτη και έχει εμβαδό περίπου 1,3 τετραγωνικά χιλιόμετρα. (km²).



Χάρτης 13 Χάρτης απεικόνισης επιλεγείσας περιοχής

Παραθέτουμε και φωτογραφία της περιοχής από το Google Earth



Εικόνα 29 Φωτογραφία περιοχής χωροθέτησης Αιολικού πάρκου

18 Συμπεράσματα

Η σχέση του γήινου αναγλύφου με τις φυσικές μεταβλητές του περιβάλλοντος έχει αποδειχθεί με πολλές μελέτες και υπάρχει εκτεταμένη βιβλιογραφία γύρω από αυτό το θέμα.

Με την εργασία αυτή αναδεικνύεται η σχέση αυτή, συνοπτικά και περιεκτικά παράλληλα με την ανάδειξη της σπουδαιότητας και της χρησιμότητας των τοπογραφικών μεθόδων στα τεχνικά έργα του Μηχανικού περιβάλλοντος.

Έτσι στο πρώτο μέρος με παραδείγματα και αναφορές σε βιβλιογραφία αναδείχθηκε ότι :

1) Όσον αφορά τη σχέση του γήινου ανάγλυφου και του κλίματος

Τοπογραφικά στοιχεία, βλάστηση, αλλά και η γενικότερη γεωμετρία του αναγλύφου, φυσική και ανθρωπογενής, συμβάλουν άμεσα ή έμμεσα στη διαμόρφωση του κλίματος μιας περιοχής. Αλλά και το κλίμα μιας περιοχής, με την πάροδο του χρόνου, συμβάλλει στην αλλοίωση του αναγλύφου της.

Αναδείχθηκε επίσης ότι το γήινο ανάγλυφο, σε συνδυασμό με το κλίμα μιας περιοχής, συμβάλλει τόσο στη ρύπανση όσο και στην απορρύπανση μιας περιοχής.

2) Όσον αφορά τη σχέση του γήινου ανάγλυφου με το νερό

Αναδείχθηκε ότι η τοπογραφία με τον έλεγχο που ασκεί στη λήψη της ηλιακής ακτινοβολίας, σε συνδυασμό βέβαια με την υφή του εδάφους, παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην εξατμισοδιαπνοή, την κατανομή, τη ροή και την αποθήκευση του νερού, σε ένα φυσικό τοπίο. Αλλά και η ίδια η μορφολογία του αναγλύφου επηρεάζει σημαντικά την ποσότητα του νερού σε μια λεκάνη απορροής.

Επίσης η τοπογραφία, μέσω των επιδράσεων στο κλίμα επιδρά στις βροχοπτώσεις μιας περιοχής με άμεσες συνέπειες στην ποσότητα του νερού που ρέει επιφανειακά ή αποθηκεύεται.

Η επιφανειακή ροή του νερού με τη σειρά της, είναι κυρίαρχη δύναμη στη δημιουργία αλλαγών του γήινου αναγλύφου με συνέπειες ευρείας κλίμακας.

3) Όσον αφορά τη σχέση του γήινου αναγλύφου με το έδαφος

Με δεδομένο ότι «έδαφος είναι το χαλαρό επιφανειακό στρώμα του στερεού φλοιού της γης, το οποίο προέκυψε από την αποσάθρωση ορυκτών και πετρωμάτων (μητρικό υλικό) με συνδυασμένη δράση φυσικών , χημικών και βιολογικών παραγόντων» αναδείχθηκε ότι η τοπογραφία βρίσκεται μεταξύ των σημαντικότερων παραγόντων εδαφογένεσης και διάβρωσης.

Ακόμη ότι η τοπογραφία μέσω του υψομέτρου, των κλίσεων και του μήκους αυτών, καθώς και του προσανατολισμού επηρεάζει το είδος του εδάφους και τις διεργασίες που γίνονται μέσα σε αυτό.

Επομένως η τοπογραφία λειτουργεί τόσο ως εδαφογενετικός παράγοντας όσο και ως παράγοντας διάβρωσης εδάφους ανάλογα με την περιοχή που εξετάζεται.

4) Όσον αφορά τη σχέση του γήινου ανάγλυφου με τη βλάστηση και τα ζώα

Αναδείχθηκε ότι η τοπογραφία λειτουργώντας μέσω του υψομέτρου, του γεωγραφικού πλάτους, της κλίσης και του προσανατολισμού , φυσικά με τη βοήθεια των κλιματικών συνθηκών, ασκεί σημαντική επιρροή στην κατανομή και την αφθονία τόσο της χλωρίδας όσο και της πανίδας μιας περιοχής και συμβάλει στη διαμόρφωση ζωνών βλάστησης.

Τελικά οι ιδιότητες ενός τοπίου συμβάλουν σημαντικά στο να προβλέψουμε τη βλάστησή του.

5) Όσον αφορά τη σχέση του γήινου ανάγλυφου με τον άνθρωπο

Αναδείχθηκε ότι:

Τα τοπογραφικά στοιχεία ασκούν μεγάλη επιρροή στην τοποθέτηση των οικισμών, των δρόμων και άλλων ανθρώπινων δραστηριοτήτων χωρίς να μπορεί να γίνει απόλυτη γενίκευση.

Τελικά οι άνθρωποι σαν άτομα και σαν πληθυσμοί και οι δραστηριότητές τους επηρεάζονται από την τοπογραφία αλλά είναι και σημαντικοί και διαρκείς περιβαλλοντικοί αναδιαμορφωτές.

Η πρακτική διατήρησης του περιβάλλοντος απαιτεί να ληφθεί υπόψη ο ρόλος της τοπογραφίας ως περιβαλλοντικός παράγοντας.

Στο δεύτερο μέρος αναδεικνύεται τη συμβολή των τοπογραφικών μεθόδων στα τεχνικά έργα του μηχανικού περιβάλλοντος.

Η συμβολή αυτή προκύπτει μέσα από τις σύντομες περιγραφές και αναλύσεις των σύγχρονων μεθόδων αποτύπωσης τοπογραφίας και ανάλυσης αναγλύφου, με το προσδιορισμό και την ανάλυση των τοπογραφικών στοιχείων και των σύγχρονων διεθνών συστημάτων εντοπισμού θέσης.

Κυρίως όμως η συμβολή των τοπογραφικών μεθόδων στα έργα του μηχανικού περιβάλλοντος αναδεικνύεται μέσα από την περιγραφή και την ανάλυση γενικά της δομής και των εφαρμογών των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών, των ψηφιακών μοντέλων εδάφους, των μεθόδων φωτογραμμετρίας και τηλεπισκόπησης, των σχεδιαστικών πακέτων και των τοπογραφικών οργάνων.

Το τρίτο μέρος με τη λεπτομερή περιγραφή δύο τεχνικών έργων του Μηχανικού Περιβάλλοντος, δηλαδή χωροθέτηση ΧΥΤΑ και χωροθέτηση Αιολικού Πάρκου αναδεικνύεται ότι το τοπογραφικό ανάγλυφο αποτελεί το βασικότερο κριτήριο για τη χωροθέτηση των έργων αυτών.

Τέλος στο τέταρτο και τελευταίο μέρος αναδεικνύεται και στην πράξη η χρησιμότητα των τοπογραφικών μεθόδων και εργαλείων (χρήση Autocad, Arc Gis) στα τεχνικά έργα του Μηχανικού Περιβάλλοντος.

19 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Barros, A. P. and Lettenmaier, D. P. (1994) Dynamic modeling of orographically induced precipitation. *Reviews of Geophysics* 32, 265-84.
- 2) Barrv. R- G. (1992) *Mountain Weather and Climate*. 2nd eds. London and New York: Routledge.
- 3) Bleasdale, A. and Chan, Y. K. (1972) Orographic influences on the distribution of precipitation. In *Distribution of Precipitation in Mountainous Areas*, Vol. 2. pp. 322-33. World Meteorological Organization Publication No. 326. Geneva: World Meteorological Organization.
- 4) Bogdan, O. (1988) Un modele concepuel tlu topoclimat. *Revue Roumaine de Geologic, Geophysique et Geographie: Geographic* 32. 13-19.
- 5) Bonacina, L. C. W. (1945) Orographic rainfall and its place in the hydrology of the globe. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 71, 41-55.
- 6) Browning, K. A. and Hill. F. F. (1981) Orographic rain. *Weather* 36, 326-9.
- 7) Burns, S. F. and Tonkin, P. J. (1982) Soil-geomorphic models and the spatial distribution and development of alpine soils. In C. E. Thorn (ed.) *Space and Time in Geomorphology* (Binghamton Symposium in Geomorphology 12), pp. 25- 43. London: George Allen & Unwin.
- 8) Carter, B. J. and Ciolkosz, E. J. (1991) Slope gradient and aspect effects on soils developed from sandstone in Pennsylvania. *Geoderma* 49, 199-213.
- 9) Cone, C. D., Jr (1962) Thermal soaring of birds. *American Scientist* 50, 180-209.
- 10) Cornelius, S. C', Sear. D. A., Carver. S. J., and Heywood. D. I. (1994) GPS. GIS and geomorphological field work. *Earth Surface Processes and Landforms* 19. 777-87.
- 11) Corradini, C. and Melone, F. (1989) Spatial structure of rainfall in mid-latitude cold frontal systems. *Journal of Hydrology* 105, 297-316.
- 12) Crowe, P. R. (1971) *Concepts in Climatology*. New York: St Martin's Press.
- 13) D.P. Krynine and W.R. Judd (1 Jan 1957) *Principles of Engineering Geology and Geotechnics*
- 14) Daniels. R. J. R. (1992) Geographical distribution patterns of amphibians in the Western Ghats, India. *Journal of Biogeography* 19, 521-9.
- 15) Dingman, S. L. and Johnson, A. R. (1971) Pollution potential of New Hampshire Lakes. *Water Resources Research* 7, 1208-15.
- 16) Dixon, L. F. J., Barker, R., Bray, M, Farres, P., Hooke, J., Inkpen, R., Merel, A., Payne, D., and Shelford, A. (1998) Analytical photogrammetry for geomorphological research. In S. Lane, K. Richards, and J. Chandler (eds) *Landform Monitoring, Modelling and Analysis*. Chichester: John Wiley & Sons.
- 17) Duchaufour, P. (1982) *Pedology: Pedogenesis and Classification*. Translated by T. R. Paton. London: George Allen & Unwin.
- 18) FAO, 1965. *Soil erosion by water*. Rome, Italy
- 19) Flood, M. and Gutelius, B. (1997) Commercial implications of topographic terrain mapping using scanning airborne laser radar. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 63, 327.
- 20) Gardner, A. S. and Fisher. M. (1996) The distribution and status of the montane juniper woodlands of Oman. *Journal of Biogeography* 23, 791-803.
- 21) Garnett, A. (1937) *Insolation and Relief: Their Bearing on the Human Geography of Alpine Regions*. The Institute of British Geographers Publication No. 5. London: George Philip & Son.
- 22) Gilvear, D. J., Waters, T. M., and Milner, A. M. (1998) Image analysis of aerial photography to quantify the effect of gold placer mining on channel morphology, interior Alaska. In S. Lane, K. Richards, and J. Chandler (eds) *Landform Monitoring, Modelling and Analysis*, pp. 195-216. Chichester: John Wiley & Sons.
- 23) Goldreich. Y. (1995) Urban climate studies in Israel - a review. *Atmospheric Environment* 29, 467-78.
- 24) Gregory, S. (1982) Review of While and Smith 1982. *Weather* 38, 284.
- 25) Grubb, P. J. (1971) Interpretation of the 'Massenerhebung' effect on tropical mountains. *Nature* 229, 44-6.

- 26) Hack, J. T. and Goodlett, J. C. (1960) Geomorphology and forest ecology of a mountain region in the central Appalachians. US Geological Survey Professional Paper 347. Washington, DC: US Government Printing Office.
- 27) Hevesi, J. A., Flint, A. L., and Istok, J. D. (1992b) Precipitation estimation in mountainous terrain using multivariate geostatistics. Part II: Isohyetal maps. *Journal of Applied Meteorology* 31, 677-88.
- 28) Holland, P. G. and Steyn, D. G. (1975) Vegetational responses to latitudinal variations in slope angle and aspect. *Journal of Biogeography* 2, 179-83.
- 29) Hsieh, C.-F., Chen, Z.-S., Hsu, Y.-M., Yang, K.-C., and Hsieh, T.-H. (1998) Altitudinal zonation of evergreen broad-leaved forest on Mount Lopei, Taiwan. *Journal of Vegetation Science* 9, 201-12.
- 30) Huggett, R. J. (1995) *Geocology: An Evolutionary Approach*. London: Routledge.
- 31) Jenny, I. I. (1980) *The Soil Resource: Origin and Behavior* (Ecological Studies 37). New York: Springer.
- 32) Jensen, J. R. (2000) *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- 33) Karagiannidis, A., Moussiopoulos, N., Xirogiannopoulou, A., 2003. Preliminary results from an applicability study of variable rate pricing in solid waste management in Greece. *Proceedings on 4th International Exhibition and Conference on Environmental Technology, HELECO'03*, vol. B. Technical Chamber of Greece, Athens, Greece, 30 January-2 February, pp. 43–52.
- 34) Karagiannidis, A., Perkoulidis, G., Moussiopoulos, N., Chrysochoou, M., 2003. Facility location for solid waste management through compilation and multicriterial ranking of optimal decentralised scenarios: a case study for the region of Peloponnes in southern Greece. *Engineering Research* 1, 7–18.
- 35) Kitayama, K. (1992) An altitudinal transect study of the vegetation on Mount Kinabalu, Borneo. *Vegetatio* 102, 149-71.
- 36) Krabill, W. B., Thomas, R. H., Martin, C. F., Swift, R. N., and Frederick, E. B. (1995) Accuracy of airborne laser altimetry over the Greenland ice sheets. *International Journal of Remote Sensing* 16, 1211-22.
- 37) Kumar, L., Skidmore, A. K., and Knowles, E. (1997) Modelling topographic variation in solar radiation in a GIS environment. *International Journal of Geographical Information Science* 11, 475-97.
- 38) LaBaugh, J. W. (1985) Uncertainty in phosphorus retention, Williams Fork reservoir. *Colorado. Water Resources Research* 21, 1684-92.
- 39) Lennon, J. J. and Turner, J. R. G. (1995) Predicting the spatial distribution of climate: temperature in Great Britain. *Journal of Animal Ecology* 64, 370-92.
- 40) Leuschner, C. (1998) Vegetation an der Waldgrenze auf tropischen und subtropischen Inseln. *Geographische Rundschau* 50, 690-7.
- 41) Mark, D. M. (1975) Computer analysis of topography: a comparison of terrain storage methods. *Geografiska Annaler* 57 A, 179-88.
- 42) McKendry, I. G. (1993) Mesoclimatology: present themes and future prospects. *New Zealand Geographer* 49, 56-63.
- 43) Moore, I. D., Turner, A. K., Wilson, J. P., Jenson, S., and Band, L. (1993) GIS and land-surface-subsurface process modelling. In M. F. Goodchild, B. O. Parks, and L. T. Steyaert (eds) *Environmental Modeling with GIS*. pp. 196-230. New York: Oxford University Press.
- 44) Morgan R.P.C., 1986. Soil erosion and conservation. Davidson, Donald A.
- 45) Mosley, M.P., and A.I. Mc Kerchar, Streamflow, Ch. 8, *Handbook of Hydrology*, edited by D R. Maidment, McGraw-Hill, New York, 1993.
- 46) Nelson, R., Krabill, W., and Tonelli, J. (1988) Estimating forest biomass and volume using airborne laser data. *Remote Sensing of the Environment* 24, 247-67.
- 47) Nilsson, M. (1996) Estimation of tree heights and stand volume using an airborne LIDAR system. *Remote Sensing of the Environment* 56, 1-7.
- 48) Obrębska-Starkłowa, B. (1995) Differentiation of topoclimatic conditions in a Carpathian Foreland valley based on multiannual observations (*Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego, Prace Geograficzne, Zeszyt 101*). Krakow, Poland: Uniwersytet Jagielloński.

- 49) O'Connor, K. F. (1984) Stability and instability of ecological systems in New Zealand mountains. *Mountain Research and Development* 4, 15-29.
- 50) Osterkamp, W. R., Hupp, C. R., and Schening, M. R. (1995) Little River revisited - thirty-live years after Hack and Goodlett. *Geomorphology* 13, 1-20.
- 51) Pennycuik, C. J. (1973) The soaring flight of vultures. *Scientific American* 229 (December), 102-9.
- 52) Peucker, T. K. (now Poiker), Fowler, R. J., Little, J. J., and Mark, D. M. (1978) The triangulated irregular network. In *Proceedings of the DTM Symposium, American Society of Photogrammetry - American Congress on Survey and Mapping*, pp. 24-31. St Louis, MO: American Society of Photogrammetry.
- 53) Richard J. Huggett *May 2002 Topography & the Environment*
- 54) Ridgway, J. R., Minster, J. B., Williams, N., Bufton, J. L., and Krabill, W. B. (1997) Airborne laser altimeter survey of Long Valley, California. *Geophysical Journal International* 131, 267-80.
- 55) Roberts, B. K. (1996) *Landscapes of Settlement, Prehistory to the Present*. London and New York: Routledge.
- 56) Roberts, B. K. (1987) *Rural Settlement*. Basingstoke and London: Macmillan Education.
- 57) Salter, M. de Carle S. (1921) *The Rainfall of the British Isles*. London: University of London Press.
- 58) Sharon, D. (1980) The distribution of hydrologically effective rainfall incident on sloping ground. *Journal of Hydrology* 46, 165-88.
- 59) Silbernagel, J., Martin, S. R., Gale, M. R., and Chen, J. (1997) Prehistoric, historic, and present settlement patterns related to ecological hierarchy in the Eastern Upper Peninsula of Michigan, U.S.A. *Landscape Ecology* 12, 223-40.
- 60) Smith, R. B. (1979) The influence of mountains on the atmosphere. *Advances in Geophysics* 21, 87-233.
- 61) Sumner, G. (1988) *Precipitation*. Chichester: John Wiley & Sons.
- 62) Twigg, D. R. (1998) The Global Positioning System and its use for terrain mapping and monitoring. In S. Lane, K. Richard, and J. Chandler (eds) *Landform Monitoring, Modelling and Analysis*, pp. 37-61. Chichester: John Wiley & Sons.
- 63) Vaughn, C. R., Bufton, J. I., and Ratline, D. (1996) Georeferencing of airborne laser altimeter measurements. *International Journal of Remote Sensing* 17, 2185-200.
- 64) Vidal de la Blache, P. (1926) *Principles of Human Geography*. Edited by Emmanuel de Martonne. Translated from the French by Millicent Todd Bingham. London: Constable.
- 65) Vysoudil, M. (1996a) Bioclimate and air quality assessment in the culture landscape by use of topoclimatic maps. (Proceedings of the 14th International Congress of Biometeorology, 1-8 September 1996, Ljubljana, Slovenia.) *Biometeorology* 14, Part 2. Vol. 3, 311-16.
- 66) Ward, R.C., and M. Robinson, (2000) *Principles of Hydrology*. McGraw-Hill Publishing Company: London.
- 67) Weibel, R. and Heller, M. (1991) Digital terrain modelling. In D. J. Maguire, M. F. Goodchild, and D. W. Rhind (eds) *Geographical Information Systems, Vol I: Principles*. pp. 269-97. Harlow: Longman.
- 68) Weltz, M. A., Ritchie, J. C., and Fox, I. I. D. (1994) Comparison of laser and field measurements of vegetation height and canopy cover. *Water Resources Research* 30, 1311-19.
- 69) White, E. J. (1979) The prediction and selection of climatological data for ecological purposes in Great Britain. *Journal of Applied Ecology* 16, 141-60.
- 70) White, E. J. and Smith, R. I. (1982) *Climatological Maps of Great Britain*. Midlothian: Institute of Terrestrial Ecology.
- 71) Wischmeier, W. H. and Smith, D. D. (1978) *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning (USDA Agricultural Handbook 537)*. Washington, DC: United States Department of Agriculture, Science and Education Administration.
- 72) Yoshino, M. M. (1975) *Climate in a Small Area*. Tokyo: University of Tokyo Press.
- 73) Δημόπουλος, Γ. (2001): Χώροι υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (XYTA) και περιβάλλον. Πρακτικά ημερίδας «Υδρογεωλογία και Περιβάλλον». ΕΕΥ. Αθήνα, 75-128.
- 74) Ζερβός Αρθούρος : «Σημειώσεις Αιολικής Ενέργειας», Εκδόσεις ΕΜΠ, 2009

- 75) Καλλέργης, Γ. (2000): Εφαρμοσμένη Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία. Τόμος Β' ΤΕΕ. Αθήνα
- 76) Καλλέργης, Γ. (2001): Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη ρύπανση νερών και εδαφών. Πρακτικά ημερίδας «Υδρογεωλογία και Περιβάλλον». ΕΕΥ. Αθήνα, 7-74.
- 77) Κοντός, Θ., Χαλβαδάκης, Κ., Σουλακέλης, Ν. (2004): Δημιουργία ολοκληρωμένου χωρικού συστήματος υποστήριξης αποφάσεων για τη χωροθέτηση ΧΥΤΑ: Η περίπτωση της Νήσου Λήμνου. Πρακτικά 7ου Γεωγραφικού Συνεδρίου, Τόμος II, 479-486.
- 78) Λούτσος Θ., 2000. Γεωλογία: Αρχές και Εφαρμογές. Καθηγητής τεκτονικής γεωλογίας πανεπιστημίου Πατρών Εκδόσεις Leader books.
- 79) Μαργαρόπουλος Π., 1963. Η υδατική διάβρωση και το χειμαρρικό φαινόμενο. Αθήνα.
- 80) Μαυρόπουλος Α. Στοϊλόπουλος Β. Κολοκοτρώνη Κ. Φαγογένη Ε. (2002), Οι χώροι υγειονομικής ταφής στην Ελλάδα: υφιστάμενη κατάσταση και εμπειρίες, Από 1ο Συνέδριο Ελληνικής Εταιρείας Διαχείρισης Αποβλήτων, 28-2-2002 έως 1-3-2002
- 81) Μισοπολινός Ν., 1991. Προβληματικά εδάφη. Μελέτη, πρόβλεψη, βελτίωση. Εκδοσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.
- 82) Μπαντέλας Α. Γ., Σαββαΐδης Π.Δ., Υφαντής Ι. Μ. , Δούκας Δ., 2000, Γεωδαισία II : Αποτυπώσεις και χαράξεις τεχνικών έργων.
- 83) Παναγιωτακόπουλος Χ. Δημήτριος (2007) Βιώσιμη Διαχείριση Αστικών Στερεών Αποβλήτων
- 84) Παρούσης Η , Αλεξανδρή Σ, Σιμώνης Α, 1990. Το πρόβλημα διάβρωσης των ελληνικών εδαφών. 3^ο Πανελλήνιο Εδαφολογικό Συνέδριο. Θεσσαλονίκη.
- 85) Σιμώνης Α, 1998. Έδαφος και ανθρώπινη υγεία Γενική θεώρηση. 7^ο Πανελλήνιο Εδαφολογικό Συνέδριο. Θεσσαλονίκη.
- 86) Σινάνης Κ, 1997. Σημειώσεις αξιοποίησης εδαφών. Τ.Ε.Ι Ηρακλείου σχολή τεχνολογίας γεωπονίας
- 87) Σινάνης Κ, 1997. Σημειώσεις εδαφολογίας. Τ.Ε.Ι Ηρακλείου σχολή τεχνολογίας γεωπονίας.
- 88) Συλλαίος Γ.Ν., 1990. Εφαρμογές Τηλεπισκόπησης στη Γεωργία. Εκδ. Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.
- 89) Συλλαίος, Γ.Ν , 1990. Χαρτογράφηση και αξιολόγηση γεωργικών εδαφών και γαιών. Εκδ. Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.
- 90) Σωτηριάδου Ε, Τόλιας Θ, Κωνσταντινίδης Α, 1999: Σχεδίαση με ηλεκτρονικό Υπολογιστή.
- 91) Χατζόπουλος Ν. Ιωάννης , Τοπογραφία , Γκιούρδας Εκδοτική 2009
- 92) Χουλιάρας Ν, 1986. Μαθήματα Εκμετάλλευσης και αξιοποίησης των εδαφών. ΤΕΙ Λάρισας

Ιστοσελίδες

1. <http://www.ewea.org/>
2. <http://www.windpower.org/>
3. <http://www.energypress.gr>
4. <http://www.wikipedia.org/>
5. <http://www.Cres.gr>
6. <http://www.eletaen.gr/>
7. <http://www.desmie.gr/>
8. <http://www.kape.gr/>
9. <http://www.ypeka.gr/>
10. <http://www.rae.gr/>
11. <http://portal.tee.gr>
12. <http://www.geo.auth.gr>
13. <http://geology.com/>

14. <http://www.eranet.gr/>
15. <http://www.ipet.gr/>
16. <http://www.chania.gr/municipality/>