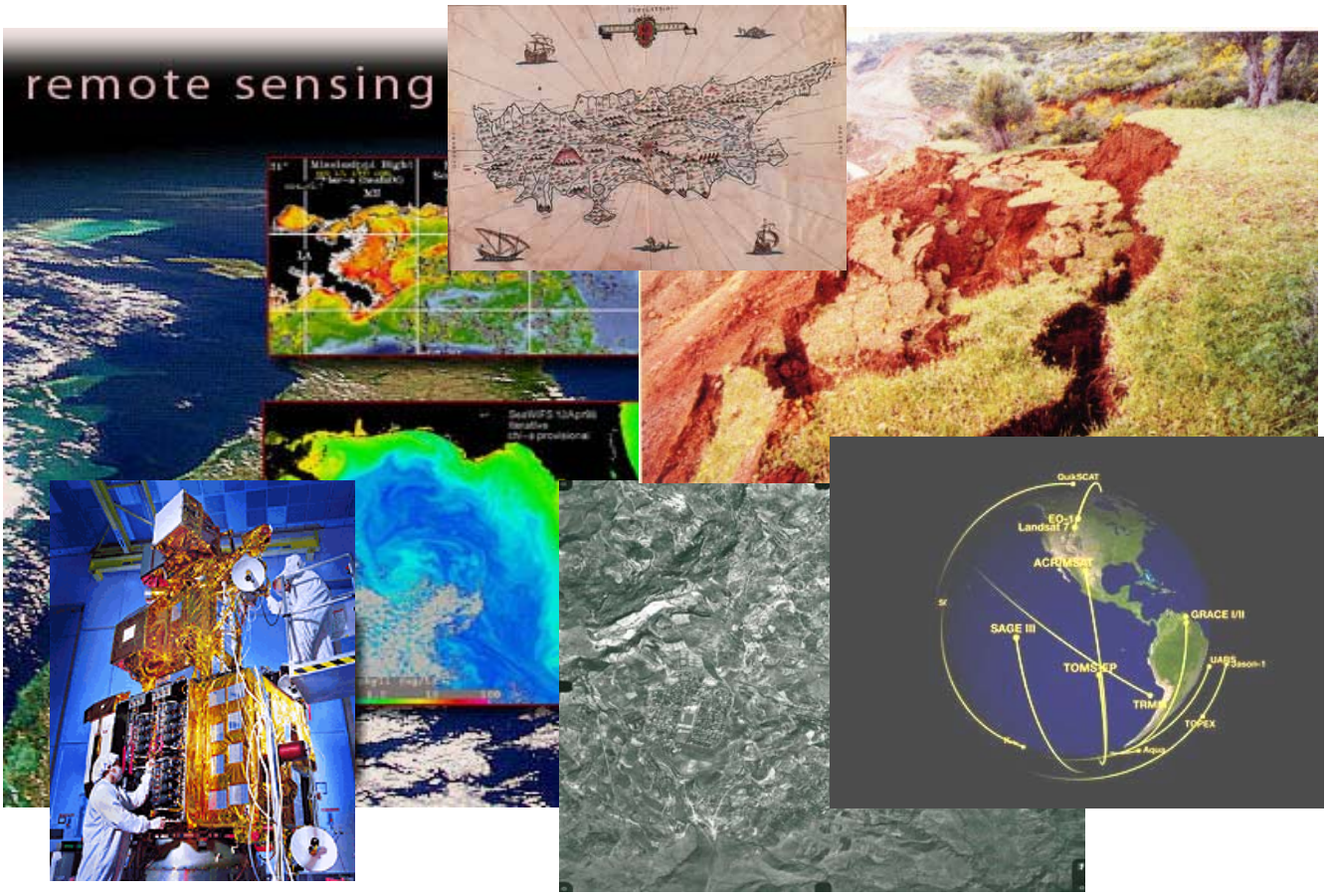
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

ΓΕΩΡΓΙΑΔΟΥ Α. ΙΟΥΛΙΑ Α.Ε.Μ. 3501
ΙΩΑΝΝΟΥ Σ. ΓΙΑΝΝΗΣ Α.Ε.Μ. 3651

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΕΠΑΡΧΙΑ ΠΑΦΟΥ (ΝΔ ΚΥΠΡΟΣ)



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΑΣΤΑΡΑΣ, Καθηγητής Α.Π.Θ.

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2006

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οφείλουμε από αυτή τη θέση να ευχαριστήσουμε όλους εκείνους που μας βοήθησαν να εργαστούμε και να φέρουμε εις πέρας την εργασία αυτή με την υπομονή και εμπιστοσύνη που μας έδειξαν.

Ευχαριστούμε τον καθηγητή κ. Θεόδωρο Αστάρα που μας έδωσε την ευκαιρία να εργαστούμε με το ενδιαφέρον αυτό θέμα το οποίο αφορά το σημαντικό για την επίδρασή του τόσο στο περιβάλλον όσο και στην ανθρώπινη δραστηριότητα, γεωλογικό φαινόμενο των κατολισθήσεων, πόσο μάλλον όταν η περιοχή μελέτης βρίσκεται στην ιδιαίτερη μας πατρίδα.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες στον κ. Αντώνη Μουρατίδη για τον πολύτιμο χρόνο που μας αφιέρωσε και του οποίου η βοήθεια και καθοδήγηση υπήρξαν καταλυτικοί παράγοντες για την ολοκλήρωση της παρούσης εργασίας.

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ - Οκτώβριος 2006

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 5

2. ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ 6

2.1 Ορισμός κατολισθήσεων 6
-Καταπτώσεις (falls) 7
-Ανατροπές (topples) 8
-Ολισθήσεις (slides: rotational, planar) 9
Α) Περιστροφικές ολισθήσεις 9
Β) Επίπεδες κατολισθήσεις 10
-Πλευρικές εξαπλώσεις 11
-Ροές (Flows) 11
-Σύνθετες κινήσεις (complex movements) 13
2.2 Αίτια κατολισθήσεων 13
2.3 Ταξινόμηση των κατολισθήσεων 14
-Κατά Heim (1882) 14
-Κατά Sharpe (1938) 14
-Κατά Desio (1973) 15
-Κατά Hoek – Bray (1977) 16
-Κατά Zaruba & Mencl (1969, 1976) 18
2.4 Χαρακτηριστικά κατολισθήσεων 19

3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ 20

3.1 Γεωλογική δομή της Κύπρου 20
3.2 Σεισμικότητα της Κύπρου 22
3.3 Τα βροχομετρικά στοιχεία της Κύπρου και κλιματικά στοιχεία της Πάφου 24
3.4 Γεωλογία της περιοχής Στατός – Άγιος Φώτιος 25
3.5 Αστοχίες πρανών – Κατολισθήσεις 26

4. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΥΛΙΚΑ 32

5. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (Γ.Σ.Π. / G.I.S.) 34

5.1 Πλεονεκτήματα των Γ.Σ.Π. 34
5.2 Μειονεκτήματα των Γ.Σ.Π. 35
5.3 Επεξεργασία των δεδομένων της περιοχής μελέτης 35
5.4 Ψηφιακά μοντέλα εδάφους – Digital Elevation Models (D.E.M.) 42

6. ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ & Γ.Σ.Π. 47

6.1 Τηλεπισκόπηση – Φωτοερμηνεία 47
6.2 Τηλεπισκόπηση και Γ.Σ.Π. 50
6.3 Εφαρμογή της τηλεπισκόπησης και των Γ.Σ.Π. στην περιοχή μελέτης 50

7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 52

8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 54

8.1 Χάρτες του τμήματος γεωλογικής επισκόπησης Κύπρου 55
8.2 Φωτογραφίες της περιοχής μελέτης μετά από επίσκεψη 58
8.3 Αεροφωτογραφίες του τμήματος κτηματολογίου και χωρομετρίας Κύπρου 64
8.4 Δορυφορική εικόνα N-36-30_2000 70

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 71

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

- **Γενικά:**

Με τον όρο κατολίσθηση (landslide) εννοούμε την προς τα κάτω και έξω κίνηση μιας μάζας βράχου, κορημάτων ή γαιών σε ένα πρανές (Cruden 1991).

Οι επιπτώσεις από την εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων είναι ιδιαίτερα σημαντικές, αφού δημιουργούνται σοβαρά τεχνικά, οικονομικά και κοινωνικά προβλήματα. Επομένως, είναι αναγκαία η συστηματική μελέτη των κατολισθητικών φαινομένων και των συνθηκών ευστάθειας των πρανών με στόχο την πλήρη κατανόηση του φαινομένου και απώτερο σκοπό την ανάπτυξη των αποτελεσματικότερων μεθόδων αντιμετώπισης του.

Στην προσπάθεια αυτή για την εν δυνάμει πρόληψη και αποτροπή κατολισθήσεων και την μελέτη των περιοχών στις οποίες είτε έχουν συμβεί κατολισθητικά φαινόμενα, είτε είναι επιδεκτικές σε τέτοια, σημαντικό ρόλο έχουν αποκτήσει η Τηλεπισκόπηση – Φωτοερμηνεία και τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.).

- **Σκοπός της εργασίας:**

Η χρήση της Τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.) / Geographical Information Systems (G.I.S.) (βλέπε κεφ. 5 και 6) στον εντοπισμό, ταυτοποίηση και χαρτογράφηση κατολισθητικών φαινομένων, στην περιοχή Στατός – Άγιος Φώτιος της επαρχίας Πάφου στην Κύπρο.

2. ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ

2.1 Ορισμός κατολισθήσεων

- **Γενικά:**

Ο Terzaghi (1950) ορίζει την κατολίσθηση ως «μια γρήγορη κίνηση μάζας πετρώματος εναπομένοντος εδάφους ή ιζήματος ενός πρανούς της οποίας το κέντρο βάρους μετακινείται προς τα κάτω και προς τα έξω».

Οι Zaruba και Mencl (1969) ορίζουν την κατολίσθηση ως «μια γρήγορη κίνηση που οφείλεται στην ολίσθηση πετρωμάτων ενός τμήματος πρανούς, το οποία διαχωρίζεται από το υπόλοιπο σταθερό τμήμα με μια καλά καθορισμένη επιφάνεια».

Ο Coates (1977) δίνει τις παρακάτω προϋποθέσεις για την κατάταξη μιας κίνησης στην κατηγορία των κατολισθήσεων:

-Οι κατολισθήσεις αποτελούν μια κατηγορία φαινομένων που υπάγονται στο γενικότερο φαινόμενο της κίνησης μαζών

-Η βαρύτητα είναι η δύναμη που παίζει πρωτεύοντα ρόλο

-Η ταχύτητα της κίνησης πρέπει να είναι σχετικά μεγάλη (ο ερπυσμός δεν συμπεριλαμβάνεται στα κατολισθητικά φαινόμενα).

-Η κίνηση μπορεί να εκδηλώνεται με κατάπτωση, ολίσθηση ή ροή.

-Η ζώνη ή το επίπεδο της κίνησης δεν ταυτίζεται με γεωλογικό ρήγμα

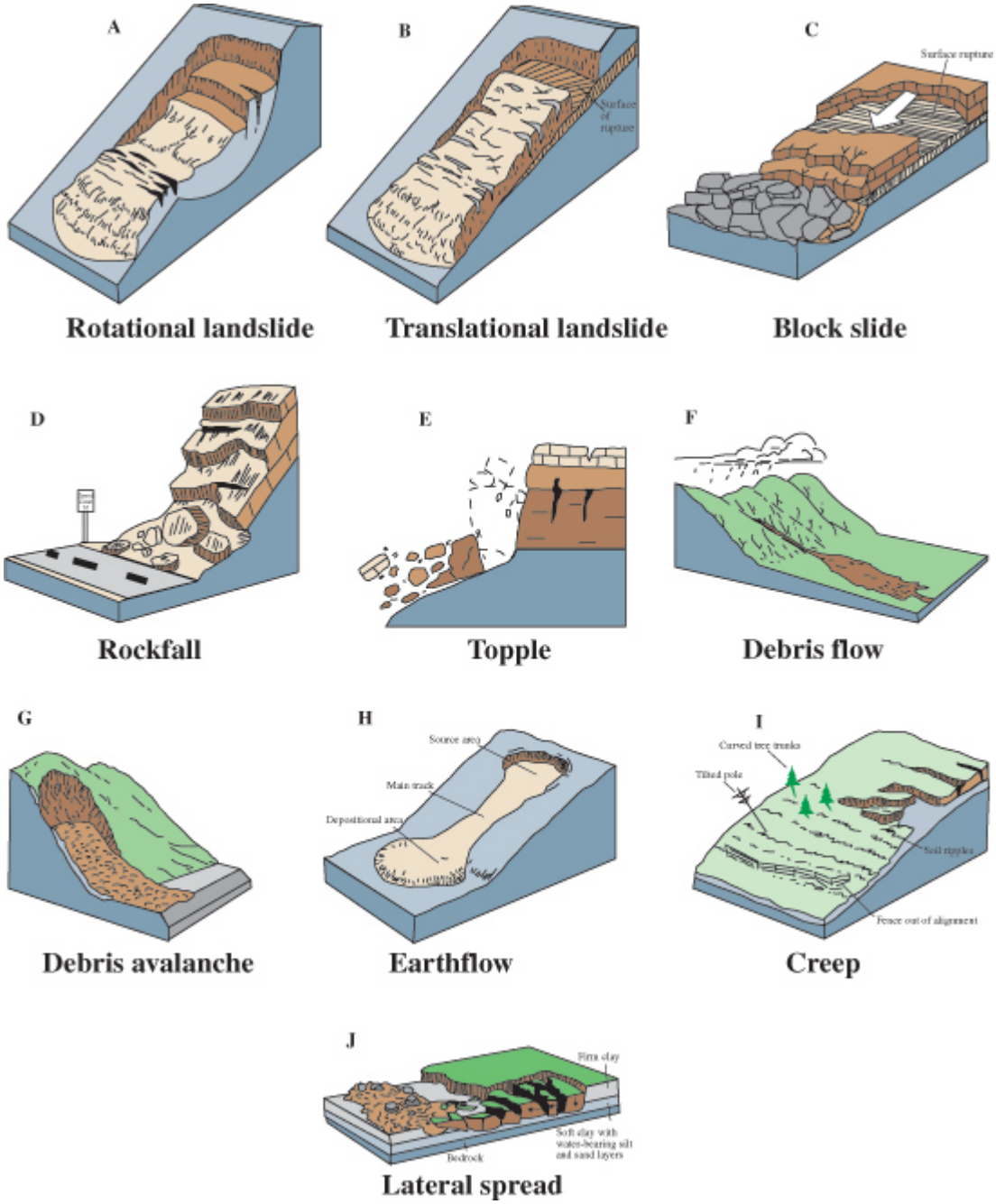
-Η κίνηση πρέπει να γίνεται προς τα κάτω και προς τα έξω με σχηματισμό ελεύθερης επιφάνειας

-Το μετακινούμενο υλικό έχει καθορισμένα όρια και συνήθως αποτελεί τμήμα μιας ορεινής ή λοφώδους έκτασης.

-Το μετακινούμενο υλικό περιλαμβάνει μέρος του μανδύα αποσάθρωσης των πετρωμάτων ή μέρος του μητρικού πετρώματος ή και τα δύο.

Ο Varnes (1978) χρησιμοποιεί τον όρο «κίνηση πρανών» (slope movement) αντί του όρου κατολίσθηση και με αυτόν περιλαμβάνει κάθε κίνηση πρανούς που οφείλεται σε ολίσθηση, κατάπτωση, ανατροπή, ροή και ερπυσμό.

Ο Schuster (1978) προτείνει τον περιορισμό του όρου κατολίσθηση στην ομάδα εκείνη των μετακινήσεων των πρανών, όπου λαμβάνει χώρα διατμητική θραύση κατά μήκος μιας καθορισμένης επιφάνειας ή κατά μήκος περισσότερων επιφανειών.

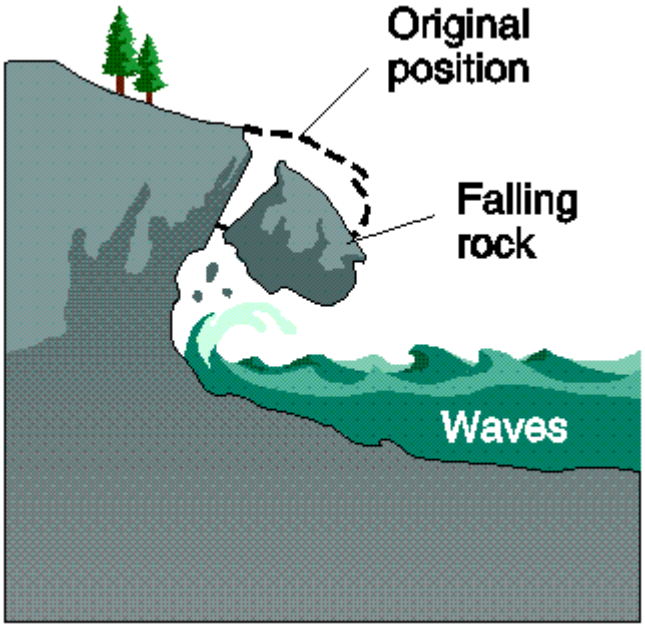


Εικόνα 1. Τα είδη των κατολισθητικών φαινομένων
(*http://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/images/Fig3grouping-2LG.jpg)*

- **Καταπτώσεις (falls):**

Όταν μάζα οπουδήποτε μεγέθους αποκολλάται απότομα από πρανή με μεγάλη κλίση κατά μήκος μιας επιφάνειας στην οποία δεν εκδηλώνεται σημαντική διατμητική κίνηση και στη συνέχεια μετακινείται λόγω βαρύτητας με την μορφή ελεύθερης πτώσης, κύλισης ή αναπήδησης του τεμάχους, η κίνηση αυτή καλείται κατάπτωση (εικόνα 2). Η κίνηση είναι πολύ γρήγορη έως πολύ γρήγορη και συνήθως αυξάνει προς τα κάτω, λόγω

της επιτάχυνσης της βαρύτητας. Διακρίνονται, ανάλογα με το είδος της μάζας που πέφτει, σε πτώσεις βράχων, πτώσεις κορημάτων και σε πτώσεις γαιών (εδαφών).

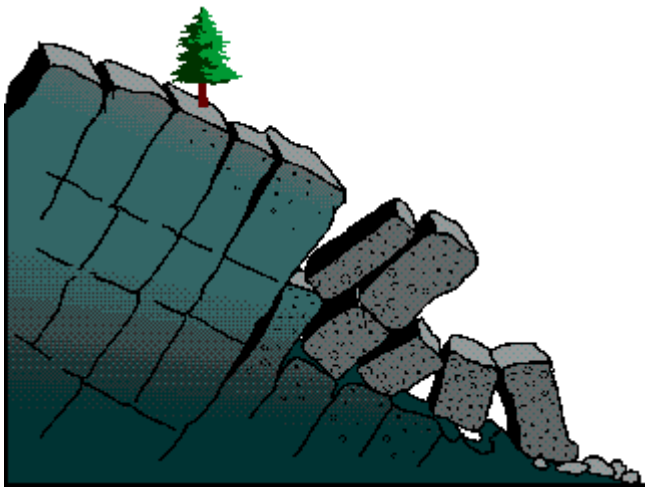


Εικόνα 2 . Καταπτώσεις: Ελεύθερες πτώσεις υλικών
(*http://www.em.gov.bc.ca/Mining/Geolsurv/Surficial/landslid/ls2.htm)*

Είναι συνήθη φαινόμενα σε απότομα βραχώδη πρανή και ακτές (rock fall). Οι αιτίες που προκαλούν τις καταπτώσεις είναι διάφορες, όπως η είσοδος νερού στις ρωγμές και η ανάπτυξη πιέσεων, η υποσκαφή, η μείωση της αντοχής από θερμοκρασιακές μεταβολές, από παγετό ή από άλλα αίτια διάβρωσης. Σε εδαφικά πρανή, καταπτώσεις (soil fall) παρατηρούνται στην περίπτωση που μια στρώση υψηλής διαβρωσιμότητας υπόκειται και στηρίζει ανθεκτικότερα εδάφη .

- **Ανατροπές (topples):**

Πρόκειται για πτώσεις μαζών, στις οποίες η αρχική κίνηση περιλαμβάνει μια ανατροπή, δηλαδή ουσιαστικά μια περιστροφή του αποσπώμενου τεμάχους κάτω από την δράση της βαρύτητας γύρω από έναν άξονα, ο οποίος βρίσκεται στο κάτω μέρος της μάζας. Πρόκειται για κάμψη και ανατροπή χωρίς κατάρρευση (εικόνα 3).
Προκαλούνται συνήθως από υποσκαφές σε ένα τμήμα της βάσης, οπότε υπάρχει απώλεια στήριξης ή από πλευρικές ωθήσεις, όπως είναι η υδροστατική πίεση μέσα στις ρωγμές αποχωρισμού του τεμάχους.



Εικόνα 3 . Ανατροπές

(http://www.em.gov.bc.ca/Mining/Geolsurv/Surficial/landslid/ls2.htm)

- **Ολισθήσεις (slides: rotational, planar):**

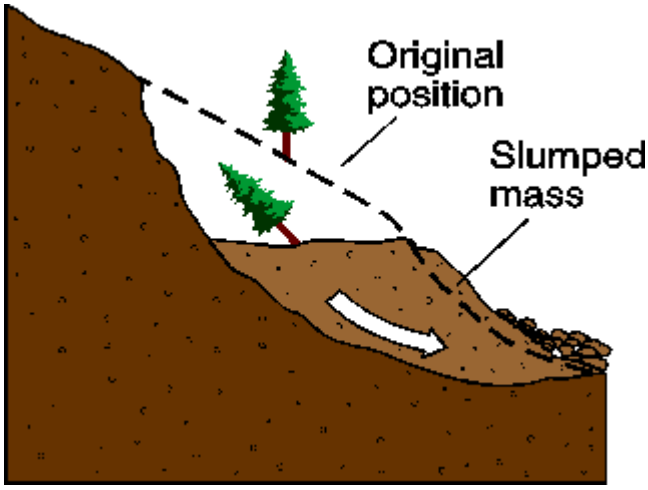
Στις ολισθήσεις η κίνηση συνίσταται από παραμόρφωση και μετακίνηση κατά μήκος μιας ή περισσοτέρων επιφανειών. Οι ολισθήσεις χωρίζονται σε περιστροφικές και σε επίπεδες μετακινήσεις. Στην πρώτη περίπτωση υπάρχει μια περιστροφική κίνηση της μάζας γύρω από ένα νοητό άξονα. Στην δεύτερη υπάρχει μια μετάθεση της μάζας χωρίς να ακολουθεί κάποιο συγκεκριμένο τόξο.

Α) Περιστροφικές ολισθήσεις:

Η ολίσθηση λαμβάνει χώρα πάνω σε κυλινδρικές επιφάνειες, με μικρή παραμόρφωση του τεμάχους που ολισθαίνει. Πιο συνηθισμένη μορφή του φαινόμενου είναι αυτή της «καθίζησης» (rotational slump). Η καθίζηση είναι ολίσθηση κατά μήκος μιας επιφάνειας θραύσης, η οποία είναι κοίλη προς τα πάνω (εικόνα 4). Η κίνηση γίνεται κατά μήκος εσωτερικών επιφανειών ολίσθησης. Σε πολλές καθιζήσεις η υποκείμενη επιφάνεια θραύσης έχει μορφή κουταλιού. Εκδηλώνεται σε σχηματισμούς χαλαρούς έως μέτρια συνεκτικούς και είναι σημαντικού κατά κανόνα βάθους. Συχνά, η επιφάνεια ολίσθησης δεν είναι κυκλική σε τομή, αλλά ακολουθεί προϋπάρχουσες γεωλογικές επιφάνειες.

Οι τυπικές κατολισθήσεις που προσβάλλουν εδάφη ή πυκνο-διαρρηγμένα πετρώματα, των οποίων η συμπεριφορά μοιάζει πολύ με εκείνη των ασύνδετων αδρομερών υλικών, παρουσιάζουν ορισμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα: *Πριν από την εκδήλωση της κατολίσθησης*, εμφανίζονται εφελκυστικές ρωγμές στο πάνω μέρος του πρανούς, το οποίο πρόκειται να κατολισθήσει. *Κατά τη διάρκεια της κατολίσθησης* το πάνω

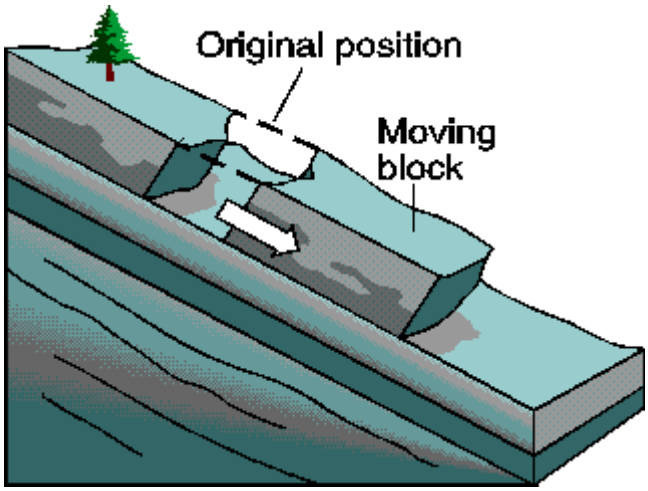
τμήμα της μετακινούμενης μάζας υποχωρεί, σε σχέση με την αρχική επιφάνεια του πρανούς, ενώ το κάτω διογκώνεται πάνω από την αρχική επιφάνεια. Τα αίτια των κατολισθήσεων αυτών είναι συνήθως η φόρτιση στον πόδα λόγω υποσκαφής, σε συνδυασμό με την ελάττωση της διατμητικής αντοχής από την δράση του υπόγειου νερού. Το φαινόμενο αυτό έχει αλυσιδωτό χαρακτήρα με διαδοχικές προς τα ανάντη θραύσεις που σταματούν, όταν αποστραγγιστεί η περιοχή ή όταν φτάσουν σε στερεό ανθεκτικό σχηματισμό.



Εικόνα 4 . Περιστροφικές ολισθήσεις
(http://www.em.gov.bc.ca/Mining/Geolsurv/Surficial/landslid/ls2.htm)

Β) Επίπεδες κατολισθήσεις:

Στο είδος αυτό των κινήσεων η μάζα κινείται προς τα έξω ή προς τα κάτω και έξω, κατά μήκος επίπεδης ή σχεδόν επίπεδης επιφάνειας (planar slide). Η κίνηση δεν περιλαμβάνει σημαντική στροφή ή προς τα πίσω κλίση της κεφαλής και έτσι διακρίνεται εύκολα από την περιστροφική ολίσθηση. Η κίνηση αυτή ελέγχεται κυρίως από την ύπαρξη γεωλογικών δομών. Συνήθως εκδηλώνεται κατά μήκος προχαραγμένων επιφανειών ασυνέχειας (στρώση, σχιστότητα, ρήγματα κτλ), όταν οι επιφάνειες αυτές κλίνουν ομόρροπα προς το πρανές (εικόνα 5). Σε ιζηματογενή πετρώματα με σαφώς διακριτή στρώση, η κλίση των στρωμάτων αποτελεί συνήθως τη μέγιστη κλίση που το πρανές είναι σταθερό. Εάν όμως τα στρώματα διαταραχθούν στον πόδα λόγω υποσκαφής ή διάβρωσης, τότε αυτά συγκρατούνται μόνο από την τριβή.



Εικόνα 5 . Κατολισθήσεις παράλληλες σε ένα επίπεδο

(http://www.em.gov.bc.ca/Mining/Geolsurv/Surficial/landslid/ls2.htm)

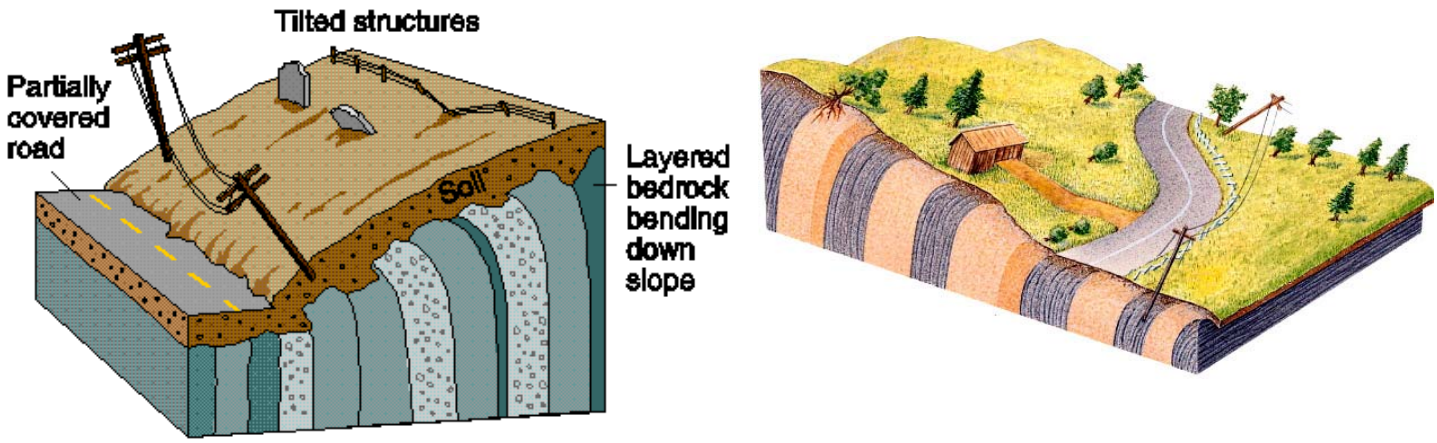
- **Πλευρικές εξαπλώσεις:**

Η κίνηση που επικρατεί είναι η πλευρική επέκταση, η οποία συνοδεύεται από διατμητικές και εφελκυστικές ρωγμές.

- **Ροές (Flows):**

Η λέξη δεν αναφέρεται σε κίνηση μιας καθορισμένης μάζας πάνω σε κάποιο σταθερό υπόβαθρο, αλλά μάλλον στη συνεχή σχετική κίνηση των ιδίων σωματιδίων που αποτελούν την κινούμενη μάζα πάνω σε μια άλλη σταθερή (εικόνα 7). Πρόκειται για γρήγορες ή αργές μετακινήσεις χαλαρών υλικών, με ή χωρίς παρουσία υγρής φάσης.

Η κινούμενη εδαφική μάζα παρουσιάζει την εικόνα ενός πυκνού ιξώδους ρευστού που υφίσταται ροή, ενώ είναι χαρακτηριστική η απουσία ρωγμών στην επιφάνεια. Η κίνηση πολλές φορές έχει ονομασθεί «ερπυσμός» (creep). Ο ερπυσμός αποτελεί βραδύτατη κίνηση του μανδύα αποσάθρωσης εδαφικών σχηματισμών, δεν οφείλεται σε διατμητική θραύση, δε δημιουργεί επιφάνεια ολίσθησης και δύναται να εξελιχθεί προοδευτικά σε κατολίσθηση (εικόνα 6). Ερπυστικές κινήσεις είναι συνηθισμένες σε εδαφικά καλύμματα φλύσχη, μάργων και γενικά αργιλοψαμμιτικής συστάσεως πετρώματα.



Εικόνα 6 . Φαινόμενα ερπυσμού

(http://www.em.gov.bc.ca/Mining/Geolsurv/Surficial/landslid/ls2.htm)

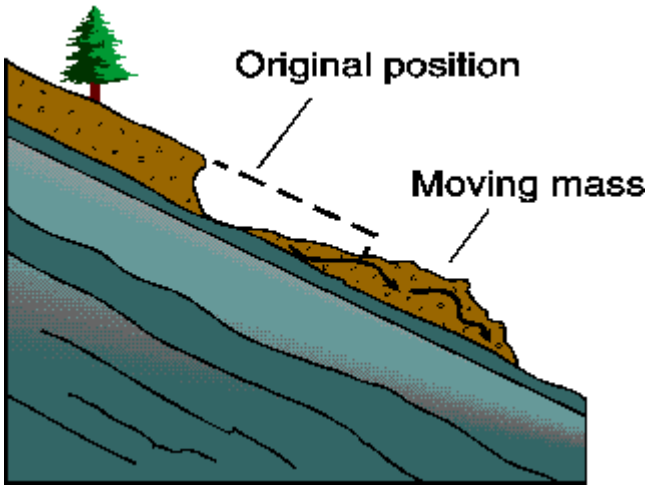
Ο ερπυσμός διαφέρει από μια κατολίσθηση στην πορεία εξέλιξης και ειδικότερα στο ότι:

α) η κατολίσθηση έχει καθορισμένο επίπεδο αποχωρισμού

β) οι κατολισθήσεις συνήθως κινούνται με γρηγορότερο ρυθμό από 1m/day μέχρι 30 km/hr σε ειδικές περιπτώσεις (Sharpe, 1938; Eckel, 1958; Hubbert & Rubey, 1959; Kern, 1963).

Οι αποθέσεις των ερπυσμών ονομάζονται κολλούβια (Sharpe and Desch, 1942; Hartshom, 1958; Lattman, 1960). Τα κολλούβια είναι γενικά μη διαβαθμισμένα και μη στρωσιγενή και περιέχουν γωνιώδη τεμάχη πετρώματος μέσα σε αργιλικό υλικό.

Ροές του υποβάθρου: η ροή στους βραχώδεις σχηματισμούς που είναι κερματισμένοι, φυλλώδεις ή λεπτοστρωματώδεις μπορεί να εκδηλωθεί με την μετακίνηση των ανώτερων επιφανειακών στρωμάτων, χωρίς η ζώνη ροής να μπορεί να εντοπιστεί εύκολα. Η ταχύτητα κίνησης είναι εξαιρετικά μικρή.



Εικόνα 7. Ροή υποβάθρου

(http://www.em.gov.bc.ca/Mining/Geolsurv/Surficial/landslid/ls2.htm)

- **Σύνθετες κινήσεις (complex movements):**

Είναι συνδυασμός περισσοτέρων τύπων μετακινήσεων είτε στα διάφορα τμήματα της μετακινούμενης μάζας είτε στα διάφορα στάδια εξέλιξης της μετακίνησης. Ιδιαίτερα επικίνδυνες είναι οι εξαιρετικά γρήγορες πτώσεις βράχων – ροές κορημάτων (rock-fall avalanche), όπου έχουν μετρηθεί ταχύτητες μετακίνησης της τάξης των 280-335 Km/h. Οι μετακινήσεις του τύπου ολίσθησης βράχων – ροής κορημάτων είναι πολύ συνηθισμένες στις ανώμαλες ορεινές περιοχές.

2.2 Αίτια κατολισθήσεων

Τα χαρακτηριστικά των γεωλογικών σχηματισμών, όπως η ορυκτολογική σύσταση και δομή τους, αποτελούν σημαντικό παράγοντα στην εκδήλωση κατολισθήσεων. Σε αυτά περιλαμβάνονται ο βαθμός συνεκτικότητας των εδαφών, η ευκολία αποσάθρωσης και αποσύνθεσης τους, το πάχος και η διάταξη των στρωμάτων, ο προσανατολισμός, ο τύπος και η κατανομή των ασυνεχειών, η παρουσία ζωνών διάρρηξης, συστηματικών διακλάσεων, σχιστότητας κλπ. Τα γεωμετρικά στοιχεία του πρανούς και η μορφολογία της περιοχής, συντελούν στην παρουσία κατολισθήσεων . Το μορφολογικό ανάγλυφο, η κλίση και το ύψος του πρανούς είναι καθοριστικοί παράγοντες για την ευστάθεια του. Επιπρόσθετα αίτια κατολισθήσεων είναι, το είδος της βλάστησης, οι κλιματικοί παράγοντες και οι υδρολογικές συνθήκες.

Ανεξάρτητοι εξωτερικοί παράγοντες, μπορούν επίσης να αποτελέσουν αιτία κατολισθήσεων. Οι παράγοντες αυτοί συντελούν στην εκδήλωση μιας ολίσθησης πρανούς που βρίσκεται σε κρίσιμη ισορροπία. Μερικοί από τους οποίους είναι: μεταβολή στην κλίση του πρανούς, αύξηση του φορτίου, σεισμοί, μεταβολή στο περιεχόμενο νερού, επιδράσεις του υπόγειου – επιφανειακού νερού, επίδραση παγετού και βλάστησης, αποσάθρωση, οι ανθρώπινες δραστηριότητες κ.ά.

Το γενικό χαρακτηριστικό όλων των κατολισθητικών φαινομένων είναι η αστοχία του υλικού από διάτμηση κατά μήκος μιας επιφάνειας. Οι εξωτερικοί παράγοντες που συντελούν στην αστοχία αυτή μπορούν να διακριθούν στους παράγοντες που αυξάνουν τη διατμητική τάση και σε εκείνους που μειώνουν τη διατμητική αντοχή της επιφάνειας ολίσθησης (Terzaghi, 1950; Varnes, 1978; Zaruba & Mencl, 1976; Καλλέργης & Κούκης, 1985).

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

2.3 Ταξινόμηση των κατολισθήσεων

- **Κατά Heim (1882):**

Απλοί τύποι, οι οποίοι περιλαμβάνουν:

1. Κατολισθήσεις λεπτών στρωμάτων που είναι γρήγορες για απότομα πρανή και αργές για πρανή με μέτρια κλίση.
2. Κατολισθήσεις με αποκοπή.
3. Κατολισθήσεις με περιστροφή.
4. Καταπτώσεις.

Σύνθετοι τύποι, οι οποίοι περιλαμβάνουν συνήθως ένα συνδυασμό των απλών τύπων των κατολισθήσεων:

1. Πολύπλοκες κατολισθήσεις

- **Κατά Sharpe (1938):**

Η ταξινόμηση βασίζεται στις πιο κάτω παραμέτρους:

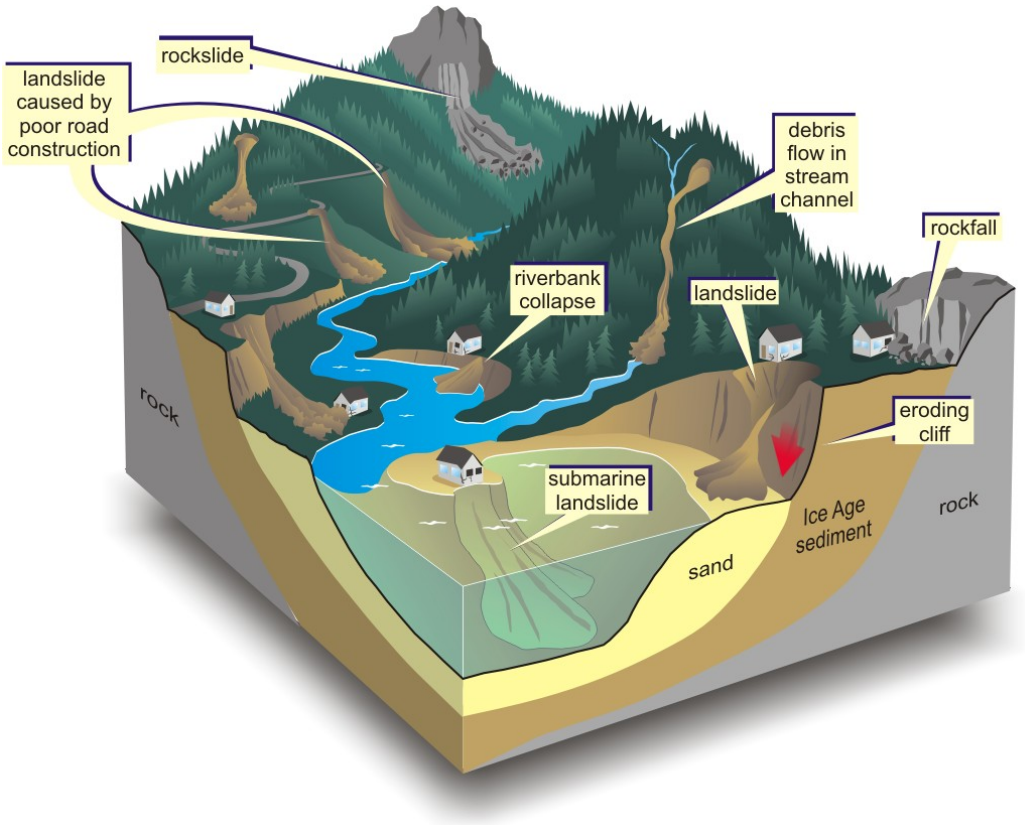
α. Τύπο και ταχύτητα μετακίνησης

β. Τύπο υλικού

Σύμφωνα με τον τύπο μετακίνησης οι κινήσεις των μαζών διαιρούνται σε τέσσερις ομάδες:

1. Αργή ροή (slow flowage) – ερπυσμός βράχων (rock creep), ερπυσμός πλευρικών κορημάτων (talus creep), ερπυσμός εδάφους (soil creep), ερπυσμός βράχων-παγετώνων (rock-glacier creep) και εδαφική ροή (solifluction).
2. Γρήγορη ροή (rabid flowage) – ροή γαιών (earth flow), ροή λάσπης (mud flow) και "χιονοστιβάδα" κορημάτων (debris avalanche).
3. Κατολίσθηση – περιστροφική ολίσθηση ή καθίζηση, ολίσθηση κορημάτων (debris slide), πτώση κορημάτων (debris slide) και κατάπτωση βράχων (rock fall).
4. Καθίζηση (subsidence)

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.



Εικόνα 8. Τύποι κατολισθήσεων και περιοχές εκδήλωσης
(http://landslides.usgs.gov/learningeducation/ls101.php)

- **Κατά Desio (1973):**

1. Κατολισθήσεις με κατάρρευση. Πρόκειται για μετακινήσεις μη συνεκτικών υλικών ή υλικών που μεταπίπτουν σε μη συνεκτικά λόγω παρουσίας του νερού.
2. Κατολισθήσεις από διαρροή. Πρόκειται για μετακινήσεις σε αργιλικά εδάφη, τα οποία έχουν διαποτιστεί με νερό λόγω βροχοπτώσεων ή άλλων αιτιών.
3. Κατολισθήσεις με ολίσθηση. Πρόκειται για μετακίνηση συνήθως βραχωδών μαζών με κάποια καθορισμένη επιφάνεια στρώσης ή άλλη τεκτονική ασυνέχεια, κατά μήκος της οποία γίνεται η ολίσθηση.
4. Κατολισθήσεις με θραύση. Είναι κατολισθήσεις με ταυτόχρονη θραύση της βραχομάζας. Η γεωμετρία της επιφάνειας θραύσης μπορεί να είναι απλή ή και πολύπλοκη, ενώ η ταχύτητα είναι γενικά μεγάλη.
5. Κατολισθήσεις με κατακρήμνιση. Πρόκειται για αποσπάσεις – πτώσεις βραχωδών κυρίως μαζών, οι οποίες γίνονται σε κλιτείς με πολύ μεγάλες κλίσεις.
6. Κατολισθήσεις πολύπλοκες. Πρόκειται για συνδυασμό των διαφόρων ειδών κατολισθήσεων που περιγράφηκαν.

- **Κατά Hoek – Bray (1977):**

  Η ταξινόμηση αυτή αφορά κατολισθήσεις σε βραχώδη πρανή.

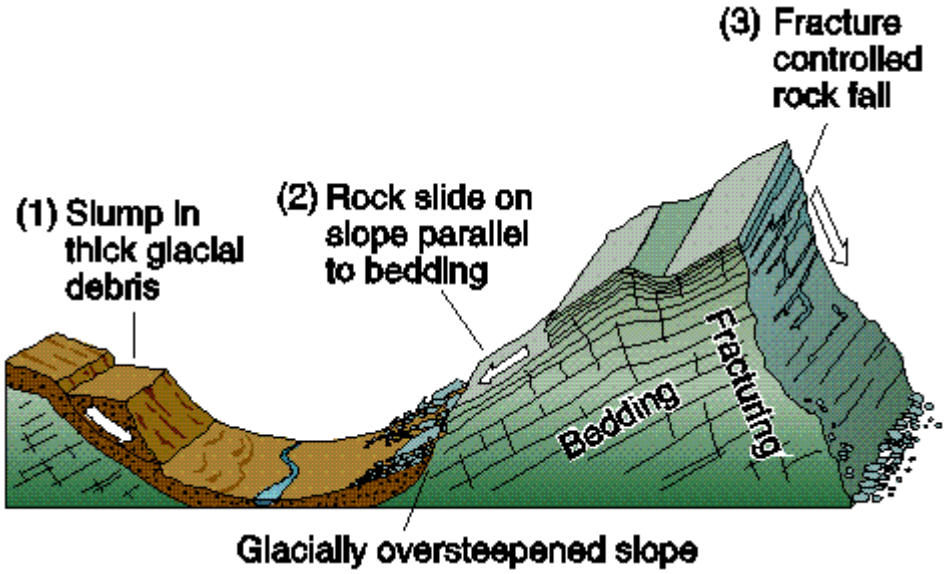
Απλές θραύσεις:

1. Επίπεδη θραύση (plane failure), η οποία λαμβάνει χώρα όταν η ασυνέχεια έχει διεύθυνση ομόρροπη προς το πρανές και η γωνία κλίσης είναι μεγαλύτερη από την γωνία τριβής.
2. Σφηνοειδής θραύση (wedge failure), όπου αναγκαία προϋπόθεση είναι η κλίση της γραμμής τομής δύο επιφανειών ασυνέχειας να είναι μεγαλύτερη από την γωνία εσωτερικής τριβής.
3. Κυκλική θραύση (circular failure), η οποία λαμβάνει χώρα σε ρωγματωμένες και κατακερματισμένες μάζες.
4. Θραύση με ανατροπή (toppling failure). Πρόκειται για μετακίνηση, η οποία προέρχεται από ανατροπές ορισμένων τμημάτων βραχωδών πρανών μετά από θραύση.

Σύνθετες θραύσεις:

1. Θραύση σε δύο επιφάνειες. Αναγκαίες προϋποθέσεις για τη θραύση είναι να διατηρηθούν οι διατμητικές αντοχές στις επιφάνειες αυτές.
2. Θραύση από διόγκωση (buckling of slabs), η οποία γίνεται σε σχηματισμούς οι οποίοι επικάθονται σε πετρώματα τα οποία είναι δυνατό να διογκωθούν. Μετά τη θραύση, γίνεται η μετακίνηση της μάζας, η οποία διευκολύνεται από την πλαστικότητα και τη μικρή γωνία τριβής την οποία έχουν συνήθως τα πετρώματα τα οποία μπορούν να διογκωθούν.
3. Ολίσθηση από ανατροπή (sliding and toppling). Πρόκειται για μετακίνηση, η οποία περιλαμβάνει ολίσθηση μαζών και ανατροπή αυτών.
4. Θραύση από επαγωγικές τάσεις (induced stresses). Παρατηρείται σε περιπτώσεις πρανών, όπου υπάρχουν εναλλαγές πετρωμάτων με τελείως διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες.
5. Προοδευτική θραύση (progressive failure). Πρόκειται για θραύση, η οποία γίνεται με πολύ αργό ρυθμό και συνδυάζεται με φαινόμενα ερπυσμού και αποσάθρωσης.
6. Εκτόξευση βράχων (fly rock). Λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια διεργασιών που γίνονται για τη διαμόρφωση ενός πρανούς, τις περισσότερες φορές λόγω υπολειπόμενων τάσεων.

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.



Εικόνα 9. Κατολισθήσεις σε πρανή

(http://www.em.gov.bc.ca/Mining/Geolsurv/Surficial/landslid/ls2.htm)

- **Περαιτέρω ταξινομήσεις κατολισθήσεων σε βραχώδη πρανή:**

Οι Skempton & Hutchinson (1969) ταξινόμησαν τις μετακινήσεις των πρανών ανάλογα με το λόγο D/L, όπου D το μέγιστο πάχος της μετακίνησης και L το μέγιστο μήκος της. Οι ίδιοι δίνουν τιμές του λόγου αυτού 0,15 – 0,33 για τις περιστροφικές ολισθήσεις σε αργίλους και σχιστόλιθους, ενώ δέχονται, ότι οι ολισθήσεις του μανδύα αποσάθρωσης (αβαθείς μεταθετικές ολισθήσεις) σπάνια δίνουν τιμές που ξεπερνούν το 0,1. Οι ίδιοι ερευνητές αναφέρουν, ότι η μορφή των πολλαπλών περιστροφικών ολισθήσεων ή η συγγενής μορφή των αβαθών διαδοχικών ολισθήσεων παρατηρούνται πιο συχνά σε ενεργές κατολισθήσεις, σε πρανή σχιστωδών αργίλων, σε διάφορους χρόνους, με επάλληλες εκδηλώσεις κατά σειρά, από τα κατάντη προς τα ανάντη.

Οι Nemcok, Pasek & Rybar (1972) διακρίνουν τις μετακινήσεις των πρανών ανάλογα με το μηχανισμό και την μετακίνηση σε:

1. Ερπυσμό - αργές μετακινήσεις της τάξης των /χρόνο
2. Ροή - αργή μετακίνηση υγρής μάζας αποσαθρωμάτων.
3. Ολίσθηση - σχετικά γρήγορη μετακίνηση κατά μήκος καθορισμένης επιφάνειας ολίσθησης
4. Πτώση - αιφνίδια μετακίνηση συμπαγών πετρωμάτων με επικράτηση της ελεύθερης ολίσθησης.

Ο Erskine (1973) ταξινομεί τις κατολισθήσεις με βάση την ενεργότητα τους και τις επιπτώσεις που πιθανό να έχουν στα διάφορα τεχνικά έργα, στις παρακάτω τέσσερις κατηγορίες:

1. Σταθεροποιημένες κατολισθήσεις – αυτές που δεν έχουν ενδείξεις πρόσφατης ενεργοποίησης.
2. Πρόσφατες ενεργές κατολισθήσεις – αυτές που εκδηλώνονται με πρόσφατες κινήσεις
3. Κατολισθήσεις που έδρασαν πρόσφατα – μετά από μια περίοδο σταθεροποίησης
4. Ενεργές κατολισθήσεις – αυτές που δείχνουν να μην έχουν σταθεροποιηθεί.

- **Κατά Zaruba & Mencl (1969, 1976)**

Οι Zaruba Mencl (1969, 1976) διακρίνουν τους εξής τύπους κατολισθήσεων, στηριζόμενοι κυρίως στα γεωλογικά χαρακτηριστικά τους:

<u>Μετακινήσεις επιφανειακών αποθέσεων:</u>

Πρόκειται για μετακινήσεις των επιφανειακών αποθέσεων. Στον τύπο αυτό διακρίνονται:

1. Ερπυσμός κορημάτων (creep of debris) και κάμψη της κεφαλής των στρωμάτων (bending of beds).
2. Ολισθήσεις του επιφανειακού μανδύα αποσάθρωσης (sheet or slab slides).
3. Ροές γαιών (earth flows)
4. Ροές κορημάτων (debris flows).

<u>Μετακινήσεις σε πηλιτικούς σχηματισμούς:</u>

Πρόκειται για μετακινήσεις οι οποίες συνοδεύονται από θραύσεις που προκαλούνται σε αργιλικά πετρώματα. Διακρίνονται σε:

1. Ολισθήσεις κατά μήκος κυλινδρικών επιφανειών ολίσθησης
2. Ολισθήσεις κατά μήκος σύνθετων επιφανειών
3. Μετακίνηση πρανών από σύνθλιψη πλαστικών πετρωμάτων

<u>Ολισθήσεις συμπαγών πετρωμάτων:</u>

Είναι ολισθήσεις σε βραχώδη πρανή, οι οποίες ορίζονται από τις υφιστάμενες ασυνέχειες. Διακρίνονται σε :

1. Ολισθήσεις κατά μήκος προκαθορισμένων ασυνεχειών.
2. Ολισθήσεις βαρύτητας
3. Πτώσεις βράχων

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

Ειδικές περιπτώσεις μετακινήσεων:

1. Ροή εδάφους (solifluction)
2. Ροή αργίλων (slides in sensitive clays or quick clays)
3. Ολίσθηση σε υδάτινα περιβάλλοντα (subaqueous slides)

2.4 Χαρακτηριστικά κατολισθήσεων

1. Στέψη (crown).
2. Κύριο μέτωπο (main scarp).
3. Κορυφή (top).
4. Κεφαλή (head).
5. Δευτερεύοντα μέτωπα (minor body).
6. Κύριο σώμα (main body).
7. Πόδας (foot).
8. Άκρο (tip).
9. Δάκτυλος (toe).
10. Επιφάνεια διάρρηξης ή θραύσης ή ολίσθησης (surface of rupture).
11. Δάκτυλο της επιφάνειας θραύσης (toe of surface of rupture).
12. Επιφάνεια διαχωρισμού (surface of separation).
13. Υλικό που μετακινήθηκε (displaced material).
14. Ζώνη εκκένωσης (zone of depletion).
15. Ζώνη συσσώρευσης (zone of accumulation).
16. Εκκένωση (depletion).
17. Μάζα εκκένωσης (depleted mass).
18. Συσσώρευση (accumulation).
19. Πλευρές (flanks).

(International Geotechnical Societies, UNESCO Working Party on World Landslide Inventory, 1993).

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

3.1 Γεωλογική δομή της Κύπρου

- Η Κύπρος χωρίζεται σε τέσσερις γεωτεκτονικές ζώνες (εικόνα 10):

(α) Ζώνη Πενταδάκτυλου (Κερύνειας),

(β) Ζώνη Τροόδους,

(γ) Ζώνη Μαμωνιών και

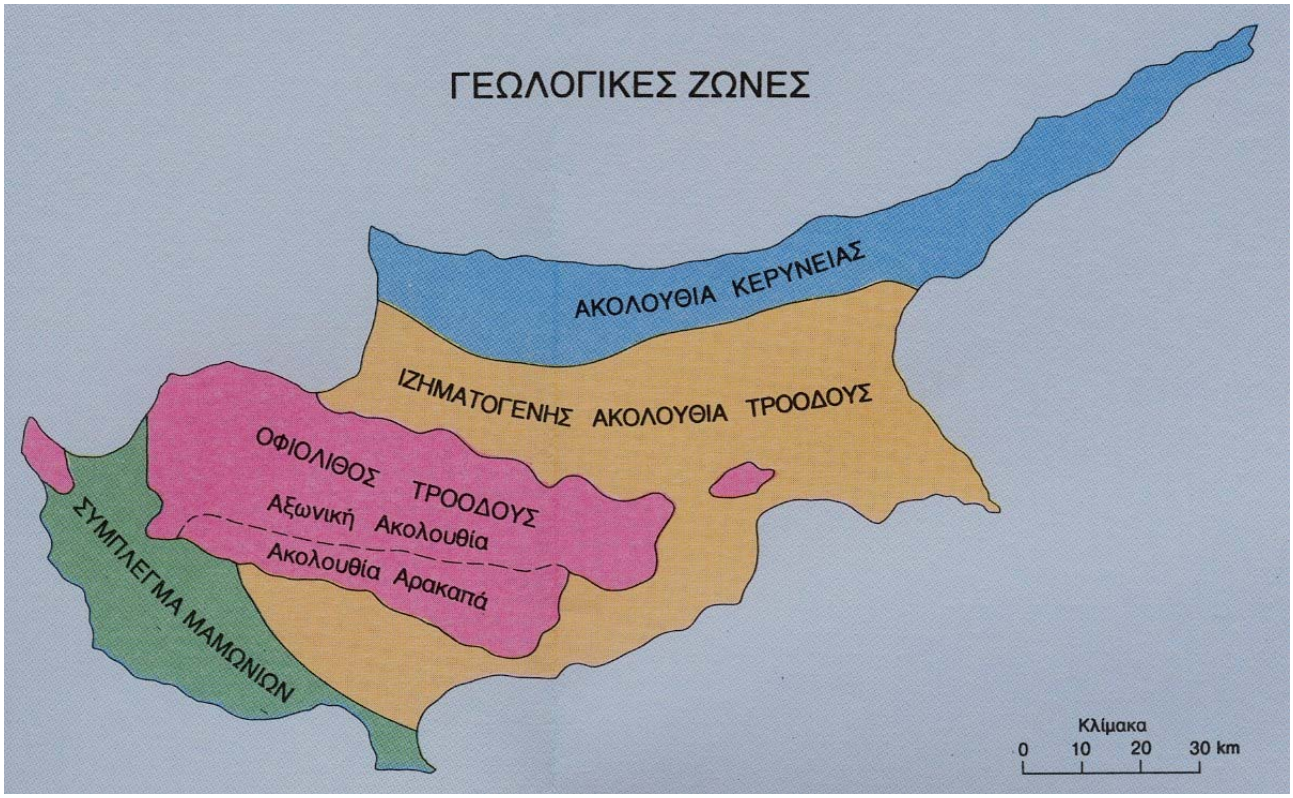
(δ) Ζώνη των αυτοχθόνων ιζηματογενών πετρωμάτων.

- Η Ζώνη Πενταδάκτυλου (Κερύνειας) είναι η βορειότερη γεωλογική ζώνη της Κύπρου και θεωρείται ως η νοτιότερη εμφάνιση της Ταυρο - Δειναρικής Αλπικής Ζώνης. Έχει τοξοειδή διάταξη με διεύθυνση ανατολή-δύση και κυρίαρχο χαρακτηριστικό τις επωθήσεις τεκτονικών τεμαχίων προς νότο. Στη βάση της αποτελείται κυρίως από μια σειρά αλλόχθονων συμπαγών και ανακρυσταλλωμένων ασβεστόλιθων (εικόνα 11), δολομιτών και μαρμάρων, ηλικίας Περμίου - Λιθανθρακοφόρου μέχρι Κατώτερου Κρητιδικού (350-135 εκ. χρόνια). Ακολουθούν τα νεότερα αυτόχθονα θαλάσσια ιζήματα, Ανώτερου Κρητιδικού μέχρι Μέσου Μειόκαινου (67-15 εκ. χρόνια), πάνω στα οποία επωθούνται νοτιότερα οι παλαιότεροι αλλόχθονοι Σχηματισμοί.

- Η Ζώνη Τροόδους («Οφιόλιθος Τροόδους») δεσπόζει στο κεντρικό τμήμα του νησιού και αποτελεί το γεωλογικό πυρήνα της Κύπρου: Εμφανίζεται σε δύο περιοχές, στην κύρια μάζα της οροσειράς Τροόδους και στην περιοχή του Δάσους Λεμεσού και Ακαπνούς στα νότια της οροσειράς και παρουσιάζει χαρακτηριστικό επίμηκες θολωτό σχήμα (δόμος). Δημιουργήθηκε κατά το Ανώτερο Κρητιδικό (90 εκ. χρόνια) στο βυθό της Τηθύος θάλασσας. Θεωρείται ως ο πιο πλήρης και πιο μελετημένος οφιόλιθος στον κόσμο. Είναι κομμάτι ωκεάνιου φλοιού, πλήρως αναπτυγμένου (αποτελείται από πλουτώνια, φλεβικά, ηφαιστειακά πετρώματα και χημικά ιζήματα), γεγονός που συνιστά και τη μοναδικότητα του. Δημιουργήθηκε κατά την πολύπλοκη διαδικασία της διεύρυνσης των ωκεανών και της δημιουργίας του ωκεάνιου φλοιού. Αναδύθηκε και τοποθετήθηκε στη σημερινή του θέση μέσα από πολυσύνθετες τεκτονικές διεργασίες, που καθορίζονταν από τις δύο συγκλίνουσες λιθοσφαιρικές πλάκες, της Ευρασιατικής στο Βορρά και της Αφρικανικής στο Νότο. Η στρωματογραφία του παρουσιάζει αναστροφή, με τα κατώτερα και παλαιότερα

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

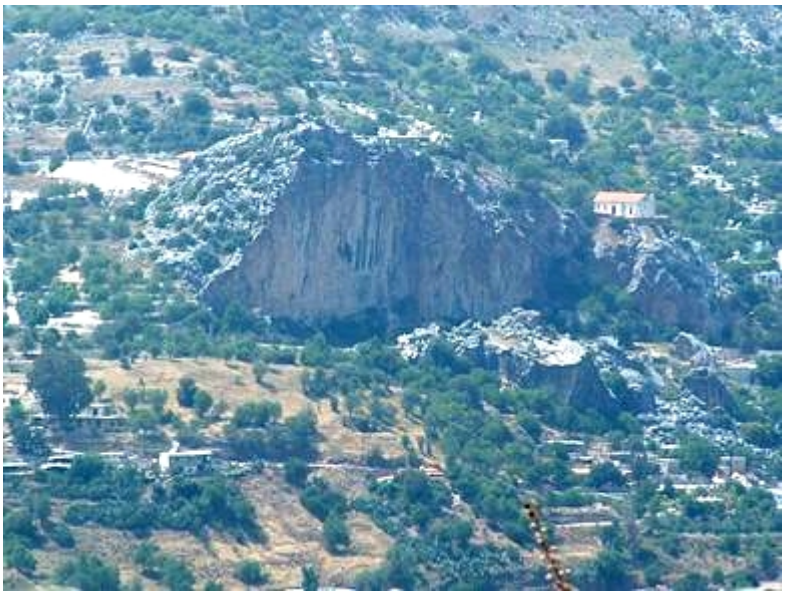
πετρώματα να εμφανίζονται στην κορυφή του, ενώ τα στρωματογραφικά ανώτερα στις παρυφές του. Αυτή η φαινομενική αναστροφή οφείλεται στον τρόπο ανύψωσης του (δημιουργία δόμου) και στη διαφορική διάβρωση (differential erosion). Η ανοδική διαπειρική πορεία του πυρήνα του Τροόδους έγινε κυρίως με επεισόδια απότομης ανύψωσης μέχρι το Πλειστόκαινο (2 εκ. χρόνια).



Εικόνα 10. Διαίρεση της Κύπρου σε γεωλογικές ενότητες.

- Η Ζώνη Μαμωνιών («Σύμπλεγμα Μαμωνιών») εμφανίζεται στην επαρχία Πάφου (ΝΔ Κύπρος). Αποτελείται από μια σειρά εκρηξιγενών, ιζηματογενών και μεταμορφωμένων πετρωμάτων, των οποίων η ηλικία κυμαίνεται από το Μέσο Τριαδικό μέχρι το Ανώτερο Κρητιδικό (230-75 εκ. χρόνια). Τα πετρώματα αυτά, που θεωρούνται αλλόχθονα σε σχέση με τα υπερκείμενα αυτόχθονα ανθρακικά πετρώματα και τα οφιολιθικά πετρώματα του Τροόδους, επωθήθηκαν κατά το Μαιστρίχτιο πάνω και παράλληλα στον οφιόλιθο Τροόδους.

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.



Εικόνα 11. Ανακρυσταλλωμένος ασβεστόλιθος του Σχηματισμού Μαμωνιών.

- Η Ζώνη των αυτοχθόνων ιζηματογενών πετρωμάτων, ηλικίας Ανώτερου Κρητιδικού - Πλειστόκαινου (67 εκ. χρόνια μέχρι πρόσφατα), καλύπτει κυρίως το χώρο μεταξύ των Ζωνών Πενταδάκτυλου και Τροόδους (Μεσαορία) καθώς και το Νότιο τμήμα του νησιού. Αποτελείται από μπεντονίτες, ηφαιστειοκλαστικά, μείγμα θραυσμάτων πετρωμάτων, μάργες, κρητίδες, κερατόλιθους, ασβεστόλιθους, ασβεστολιθικούς ψαμμίτες, εβαπορίτες και κλαστικά ιζήματα.

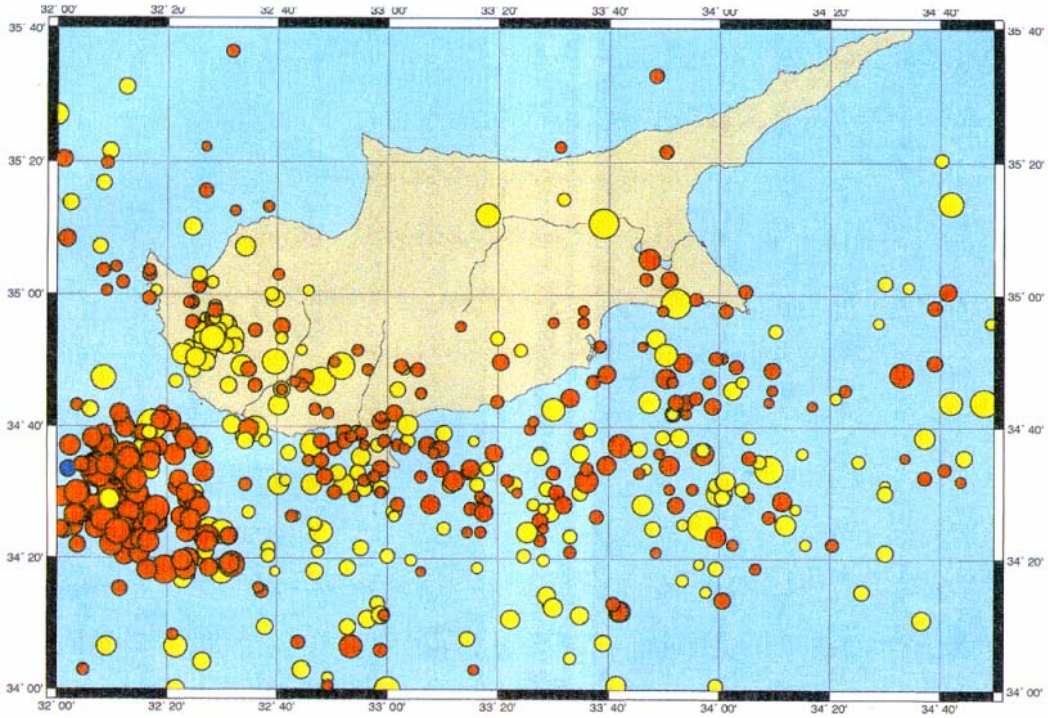
3.2 Σεισμικότητα της Κύπρου

Το νησί βρίσκεται στη δεύτερη σεισμογενή ζώνη της γης που εκτείνεται από τον Ατλαντικό Ωκεανό κατά μήκος της λεκάνης της Μεσογείου διαμέσου Ιταλίας, Ελλάδας, Τουρκίας, Περσίας και των Ινδιών και φτάνει μέχρι τον Ειρηνικό Ωκεανό. Στην ζώνη αυτή εκδηλώνονται σεισμοί που αντιπροσωπεύουν το 15% της παγκόσμιας σεισμικής δραστηριότητας.

Η κύρια σεισμική δραστηριότητα συγκεντρώνεται στα νότια και στα δυτικά του νησιού, καθώς και σε μια κατά προσέγγιση τοξοειδή διάταξη στο θαλάσσιο χώρο επίσης νοτιοδυτικά (εικόνα 12). Το μεγαλύτερο ποσοστό της σεισμικής δραστηριότητας κατά την περίοδο 1894 – 1996 παρατηρείται νότια του 35ου παραλλήλου. Στα νοτιοδυτικά του νησιού υπάρχει σεισμική ύφεση κατά τα τελευταία εκατό χρόνια, σε αντίθεση προς τον κόλπο της Αττάλειας στα βορειότερα, όπου η σεισμική αυτή δραστηριότητα είναι πολύ

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

εντονότερη. Μια ανάλογη αλλά λιγότερο έντονη σεισμική ύφεση παρατηρείται επίσης βορειοανατολικά του νησιού προς τον κόλπο της Αλεξανδρέττας.



Εικόνα 12. Επίκεντρα 647 καταγεγραμμένων σεισμών στον ευρύτερο Κυπριακό χώρο στην περίοδο μεταξύ 1905 – 1996

Η σεισμικότητα της Κύπρου αποδίδεται κατά κύριο λόγο στην παρουσία στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου του Κυπριακού τόξου, που αποτελεί το τεκτονικό όριο μεταξύ της Αφρικανικής και της Ευρασιατικής λιθοσφαιρικής πλακάς στη περιοχή. Το Κυπριακό τόξο είναι προέκταση προς τα ανατολικά του Ελληνικού τόξου και μαζί αποτελούν την ζώνη καταβύθισης της Αφρικανικής πλάκας κάτω από την Ευρασιατική, όπου λόγω της τριβής που αναπτύσσεται μεταξύ των πετρωμάτων συσσωρεύονται τεράστιες ποσότητες ενέργειας, η οποία εκλύεται σε αρκετές περιπτώσεις υπό μορφή σεισμών. (ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΥΠΡΟΥ, «Η γεωλογία της Κύπρου», Δελτίο Αρ.10, Λευκωσία, 2002).

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

3.3 Τα βροχομετρικά στοιχεία της Κύπρου και κλιματικά στοιχεία της Πάφου

- Πίνακας 1: Βροχόπτωση στη Κύπρο

Ιανουάριος	70 mm
Φεβρουάριος	50 mm
Μάρτιος	35 mm
Απρίλιος	21 mm
Μάιος	26 mm
Ιούνιος	9 mm
Ιούλιος	1 mm
Αύγουστος	2 mm
Σεπτέμβριος	6 mm
Οκτώβριος	23 mm
Νοέμβριος	40 mm
Δεκέμβριος	74 mm

(http://www.athaia.com/cyprus-meteo-climat.html)

- Πίνακας 2: Κλιματικά στοιχεία περιοχής μελέτης

ΠΑΦΟΣ: Γεωγραφική θέση: 34 71 N, 32 48 E

Υψόμετρο: 8 μέτρα πάνω από το επίπεδο της θάλασσας.

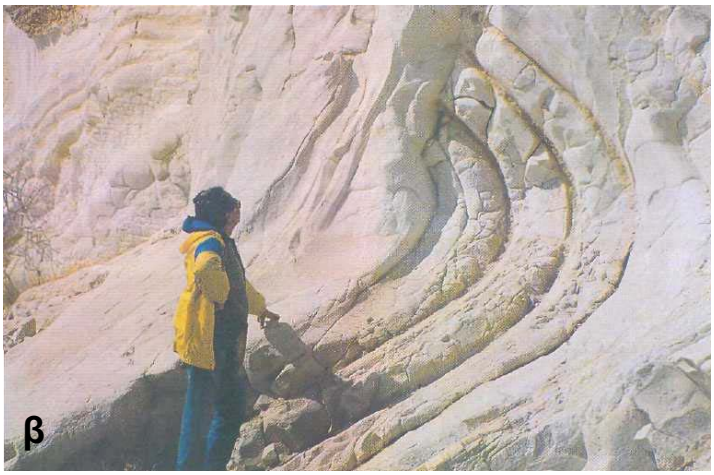
	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Μέση Θερμοκρασία, σε °C	12	12	13	16	20	23	25	26	24	21	17	14
Μέση μέγιστη Θερμοκρασία, σε °C	17	17	18	21	24	27	29	30	28	26	22	18
Μέση ελάχιστη Θερμοκρασία, σε °C	7	17	8	10	14	17	20	20	18	16	12	9
Μέσες μέρες βροχόπτωσης	9	7	7	5	2	0	0	0	1	3	6	7
Μέσες μέρες χιονόπτωσης	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(http://www.geographyiq.com/countries/cy/Cyprus_climate_f.htm)

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

3.4 Γεωλογία της περιοχής Στατός – Άγιος Φώτιος

Η περιοχή μελέτης τοποθετείται στη Ζώνη «Σύμπλεγμα» Μαμμωνιών και πιο συγκεκριμένα στην επαρχία Πάφου, στο ΝΔ μέρος του νησιού. Αποτελείται κυρίως από πετρώματα που ανήκουν στην πετρογραφική Ομάδα του Αγίου Φωτίου και τα οποία είναι: Ιλυόλλιθοι, ασβεστολουτίτες, ραδιολαριτικοί πηλίτες και χαλαζιακοί ψαμμίτες (Σχηματισμός Επισκοπής), στυλοειδείς ασβεστολουτίτες με αμμωνίτες και Halobia (Σχηματισμός Μαρώνας), χαλαζιακοί ψαμμίτες με υπολείμματα φυτικών απολιθωμάτων, λασπόλιθοι και ασβεστολιθικοί ψαμμίτες. Στην περιοχή έχουμε επίσης παρουσία και άλλων σχηματισμών και πετρωμάτων όπως, άμμων, αργίλων, χαλικιών, κρητίδων και κλαστικών αποθέσεων.



Εικόνες 13α – 13β . Πελαγικές μάργες και πτυχωμένες κρητίδες λευκού χρώματος

Εικόνα 14. Τεχνικογεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής μελέτης

(Γεωλογικός χάρτης της Κύπρου, Κλίμακα 1: 250.000, Επανέκδοση 1995)

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

3.5 Αστοχίες πρανών – Κατολισθήσεις

- Αστοχίες πρανών – Κατολισθήσεις ως τεχνικογεωλογικό πρόβλημα:

Ο όρος αστοχίες πρανών – κατολισθήσεις, περιλαμβάνει όλα τα φαινόμενα μερικής μέχρι πλήρους αποσταθεροποίησης μεγάλης μάζας στρωμάτων από μέτωπα φυσικών και τεχνητών πρανών. Η δημιουργία και εξέλιξή τους στηρίζεται, ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες, σε διάφορα αίτια με συνεργιστικούς συνήθως μηχανισμούς. Γι' αυτό ο πλήρης διαχωρισμός των αιτιών και του βαθμού της αλληλεπίδρασής τους είναι συχνά δύσκολος. Για τον ίδιο λόγο είναι δύσκολη και συχνά δαπανηρή η τεχνική αντιμετώπιση των περίπλοκων συνεπειών τους.

- Τα κύρια αίτια της αστοχίας πρανών στον κυπριακό χώρο είναι:

α) Το είδος των γεωλογικών σχηματισμών που δομούν το πρανές και ιδίως η παρουσία ευαίσθητων αργιλομπεντονιτικών στρωμάτων από τους σχηματισμούς των Μαμωνίων, της Κανναβιού, της Μονής και τις κατώτερες μάργες του σχηματισμού Λευκάρων. Αστάθειες πρανών παρουσιάζουν όμως και χαλαρά ή μαλακά κορήματα ή μη συγκολλημένες προσχώσεις αναβαθμίδων, όταν ευρίσκονται σε πρανή μεγάλης κλίσης.

β) Η παρουσία ρηγμάτων ή/και μεγάλων ασυνεχειών, ιδιαίτερα όταν η κλίση τους είναι ομόρροπη της κλίσης του πρανούς.

γ) Η κλίση των στρωμάτων όταν είναι ομόρροπη της κλίσης του πρανούς.

δ) Η κλίση του πρανούς όταν οι τοπικές αδυναμίες των στρωμάτων δεν λαμβάνονται υπόψη.

ε) Επανενεργοποίηση προηγούμενων αποσταθεροποιήσεων (παλαιοκατολισθήσεις).

στ) Ισχυρές και συχνές βροχοπτώσεις.

ζ) Εντατικές αντλήσεις υπόγειου νερού.

η) Φυσικές πηγές ή ανεξέλεγκτες διαφυγές νερού.

θ) Ισχυρές σεισμικές δονήσεις και ενεργός τεκτονισμός.

ι) Ανθρώπινες παρεμβάσεις.

- Οι αστοχίες πρανών – κατολισθήσεις στον κυπριακό χώρο είναι τόσο βραδείας (εξελικτικής) μορφής, με εμφάνιση πρόδρομων φαινομένων, όσο και ταχείας, ξαφνικής εκδήλωσης. Σχετικά μεγάλες και ενεργές αστοχίες πρανών – κατολισθήσεις εμφανίζονται στο ημιορεινό-ορεινό τμήμα της επαρχίας Πάφου, όπου μεγάλες περιοχές δομούνται από

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

τα προαναφερθέντα, πολύ ευαίσθητα στρώματα των σχηματισμών των Μαμωνίων και της Κανναβιού. Χαρακτηριστικά παραδείγματα παρατηρούνται στις περιοχές των χωριών Μαμώνια, Κανναβιού, Στατός (περιοχή της παρούσας μελέτης), Κοιλίνια, Άγιος Δημητριανός κ.α.. Σε αυτές κυρίως τις περιοχές, πολλαπλές αστοχίες πρανών – κατολισθήσεις που εκδηλώθηκαν μετά από ισχυρές και συχνές βροχοπτώσεις προκάλεσαν στο πρόσφατο παρελθόν (σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες που ήδη αναφέρθηκαν) σοβαρές ζημιές σε οικιστικές περιοχές και άμεση απειλή στην ασφάλεια των κατοίκων. Στις περιπτώσεις των χωριών Χολέτρια, Άγιος Φώτιος (εικόνα 15), Στατός, Φασούλα, Φοίνικας, Κορφή και Κυβίδες, προέκυψε μάλιστα και η ανάγκη ολικής επανακατασκευής τους σε άλλες ασφαλέστερες περιοχές.

Εικόνα 15. Το χωρίο Άγιος Φώτιος όπως φαίνεται σήμερα εγκαταλειμμένο, μετά τα κατολισθητικά φαινόμενα του 1953.

- Ο κυριότερος τρόπος αντιμετώπισης των σχετικών προβλημάτων είναι κατ' αρχή η «πρόληψη» δηλαδή η αποφυγή διατάραξης της ευστάθειας των στρωμάτων με κατάλληλο σχεδιασμό των εκάστοτε έργων, στηριγμένο πάνω σε επαρκείς τεχνικογεωλογικές έρευνες. Στις περιπτώσεις όμως όπου τα προβλήματα έχουν ήδη εκδηλωθεί, τα «θεραπευτικά» μέτρα είναι συνήθως συνδυασμός δύο ή περισσότερων επεμβάσεων. Αυτές μπορεί να είναι, η μείωση της κλίσης του πρανούς, η αποφόρτιση της αποσταθεροποιηθείσας μάζας, η κατασκευή ενδιάμεσων αναβαθμίδων, η ανόρυξη αποστραγγιστικών (ανακουφιστικών) γεωτρήσεων, ο υποβιβασμός και η σταθερή συγκράτηση της φρεάτειας στάθμης, η

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

κατασκευή αποστραγγιστήριων αυλακιών, η ανέγερση τοίχων ή επιχωμάτων αντιστήριξης, η έμπηξη πασσάλων ή πασσαλοδιαφραγμάτων και οι τσιμεντενέσεις με κατάλληλα ενέματα.

- Προβλήματα από αστοχίες πρανών – κατολισθήσεις παρουσιάζονται και σε περιοχές όπου επικρατούν γεωλογικοί σχηματισμοί αργιλικής σύστασης, που περιέχουν το ορυκτό μοντμοριλλονίτης και ανήκουν στην κατηγορία των μπεντονιτικών εδαφών. Αυτά τα στρώματα χαρακτηρίζονται από υψηλή πλαστικότητα και ανάλογη δυνητικότητα διόγκωσης – συρρίκνωσης, κάτω από συνθήκες εναλλασσόμενης ύγρανσης – αποξήρανσης. Το καλοκαίρι ένεκα της αποξήρανσης και της συνεπακόλουθης μείωσης του όγκου τους, οι σχηματισμοί αυτοί συρρικνώνονται και εμφανίζουν φαινόμενα ρωγμάτωσης, ενώ το χειμώνα όταν υγραίνονται, διογκώνονται λόγω απορρόφησης νερού και γίνονται πολύ πλαστικοί, με αποτέλεσμα τη μείωση της αντοχής τους και την αύξηση της συμπιεστότητάς τους. Οι χαρακτηριστικότεροι διογκούμενοι άργιλοι στην Κύπρο ανήκουν στους σχηματισμούς της Κανναβιού και της Μονής και στον σχηματισμό των Mélange, εκτεταμένες εμφανίσεις του οποίου απαντούν στη περιοχή της Πάφου. Τα προβλήματα που εμφανίζονται σε περιοχές με διογκούμενες αργίλους είναι βασικά μεγάλες εποχιακές μετατοπίσεις (καθιζήσεις – ανυψώσεις) κτιρίων, οδοστρωμάτων και άλλων τεχνικών έργων, όπως επίσης και διάφορες αστοχίες πρανών και κατολισθήσεις (εικόνες 16α – 16β). Η κυριότερη «θεραπεία» επικεντρώνεται συχνά στη διασφάλιση συνθηκών σταθερής φυσικής υγρασίας στο υπόβαθρο θεμελίωσης. Στη περίπτωση κτιρίων που πρόκειται να θεμελιωθούν μέσα σε τέτοιους σχηματισμούς, είναι συχνά αναγκαία η κατασκευή πασσάλων ή η κατασκευή των θεμελίων σε τέτοιο βάθος, όπου η αυξομείωση της φυσικής υγρασίας διατηρείται στο ελάχιστο.

Εικόνες 16α – 16β. Κατολισθήσεις που επηρεάζουν υφιστάμενους δρόμους και παρακείμενα σπίτια.

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

- Οι μεγαλύτερες κατολισθήσεις που έχουν προκληθεί στο νησί, έχουν διαχωριστεί σε δύο ομάδες με κριτήριο το αίτιο πρόκλησής τους:

1) Κατολισθήσεις που έχουν προκληθεί λόγω του σεισμού του 1953.

Ο σεισμός της 10ής Σεπτεμβρίου 1953 που έπληξε το νησί, είχε μέγεθος 6.16. Το επίκεντρο ήταν τοποθετημένο στα ΝΔ παράκτια , 35 km από την ακτή, και προκάλεσε εκτεταμένες κατολισθήσεις σε πολλές περιοχές. 68 νεκροί, 200 τραυματίες 4000 άστεγοι σοβαρές ζημιές σε 158 χωριά της περιοχής κάποια από τα οποία καταστράφηκαν εντελώς. (ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΥΠΡΟΥ, «Η γεωλογία της Κύπρου», Δελτίο Αρ.10, Λευκωσία, 2002). Όλα τα χωριά που επηρεάστηκαν ήταν κτισμένα σε αργίλους του σχηματισμού Μαμμονιών ή σε ασβεστολιθικά ιζήματα (Bulletin No 4 of the Geological survey department, Nicosia-Cyprus, October, 1969).

2) Κατολισθήσεις που έχουν προκληθεί από βροχές μετά το έτος 1953.

Κατά την περίοδο 1953 -1969 και πιο συγκεκριμένα μετά τις έντονες βροχοπτώσεις της περιόδου Οκτωβρίου 1961 - Μαρτίου 1962 , Οκτωβρίου 1966 - Μαρτίου 1967 και Δεκεμβρίου 1968 - Ιανουαρίου 1969 πολλά χωρία στις περιοχές Πάφου και Λεμεσού επηρεάστηκαν από φαινόμενα κατολισθήσεων. Σε αυτά ανήκουν και τα χωριά της περιοχής μελέτης (Στατός, Άγιος Φώτιος κ.τ.λ.)

- Μέτρα προστασίας κατολισθήσεων:

Τα μέτρα προστασίας κατολισθήσεων έχουν σαν στόχο την σταθεροποίηση της ολισθαίνουσας μάζας. Ανάλογα με τον τρόπο που προσπαθούν να επιτύχουν τη σταθεροποίηση, τα μέτρα αυτά μπορούν να ταξινομηθούν σε διάφορες κατηγορίες:

- Προληπτικά μέτρα. Λαμβάνονται πριν ή κατά την κατασκευή του έργου.
- Αποφυγή κατολίσθησης (Μετάθεση τεχνικών έργων. Γεφύρωση. Μεταφορά οικισμού – κτιρίων).
- Φρεζάρισμα – απολέπιση.
- Απομάκρυνση επικίνδυνων για κατάπτωση όγκων.
- Τάφροι παγίδευσης, τοίχοι, φράκτες, δίκτυα παγίδευσης.
- Τεχνικές σήραγγες.
- Συντήρηση υπαρχόντων έργων προστασίας.

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

- Μέτρα ελέγχου των κατολισθήσεων:

Είναι αυτά που σχεδιάζονται για να σταθεροποιήσουν μια κατολίσθηση ελέγχοντας (μειώνοντας) τις δυνάμεις που την επιτείνουν. Έχουν δηλαδή στόχο να ελέγξουν ή και να άρουν τα αίτια της κατολίσθησης, αλλάζοντας συντελεστές του προβλήματός όπως το υπόγειο νερό, τις τοπογραφικές συνθήκες, κ.ο.κ..

- Έργα επιφανειακής αποστράγγισης: Κατασκευή περιφερειακής τάφρου, εξομάλυνση επιφάνειας πρανούς, σφράγισμα ρωγμών, απαγόρευση καλλιέργειας πρανών, επιφανειακοί αγωγοί απομάκρυνσης νερού, κάλυψη ολισθαίνουσας μάζας.
- Έργα ρηχής αποστράγγισης: Υπόγειοι οχετοί, στραγγιστήρια, συνδυασμοί οχετών – στραγγιστηριών, «εξωτερικά» στραγγιστήρια, οριζόντιες στραγγιστικές γεωτρήσεις.
- Έργα βαθιάς αποστράγγισης: Κατακόρυφα φρέατα, κεκλιμένα στραγγιστήρια, οριζόντιες στραγγιστικές γεωτρήσεις, στραγγιστήρια φρέατα μεγάλης διαμέτρου, σήραγγες αποστράγγισης.
- Εκσκαφές: Αφαίρεση υλικών από την κορυφή, μείωση της κλίσεως του πρανούς, διαμόρφωση πρανούς με αναβαθμίδες, ολική αφαίρεση της ασταθούς μάζας.
- Αντίβαρα στον πόδα της ολισθαίνουσας μάζας: Έργα σταθεροποίησης οχθών – κοίτης,

Εικόνα 17. Υποχώρηση τοίχου κατασκευασμένου από συρματοκιβώτια λόγο ύπαρξης υπόγειου εγκοίλου.

- Μέτρα συγκράτησης των κατολισθήσεων:

Είναι εκείνα που σχεδιάζονται για να σταθεροποιήσουν μια κατολίσθηση ενισχύοντας τις δυνάμεις που ανθίστανται στην ολίσθηση. Έχουν σαν στόχο, με την δημιουργία διαφόρων τεχνικών κατασκευών, να συνεισφέρουν στην διατήρηση της στατικής ισορροπίας.

- Τοίχοι αντιστήριξης – συγκράτησης.

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

- Προστατευτικά συρμάτινα δίκτυα.
- Πάσσαλοι – φρεατοπάσσαλοι.
- Εκτοξευμένο σκυρόδεμα.
- Συρματοκιβώτια (εικόνα 17).
- Αγκυρώσεις – Ηλώσεις – Κοχλιώσεις.
- Σταθεροποίηση εδαφών: Αποστράγγιση με ηλεκτροόσμωση, θερμική επεξεργασία, χημική «θεραπεία».
- Τσιμεντενέσεις και επεξεργασία με χημικά ενέματα.
- Σταθεροποίηση με φυτοκάλυψη.
- Θραύση της επιφάνειας ολίσθησης με εκρηκτικά.

(ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΥΠΡΟΥ, «Η γεωλογία της Κύπρου», Δελτίο Αρ.10, Λευκωσία, 2002.).

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

4. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ - ΥΛΙΚΑ

- Για τη σύνταξη της διπλωματικής αυτής εργασίας χρησιμοποιήθηκαν:

1. Χάρτες του Τμήματος Γεωλογικής Επισκόπησης Κύπρου:

α) Τοπογραφικοί: Κλίμακα: 1:5.000
Σειρά: D.L.S. 17 (D.O.S. 155)
Φύλλα: 46/I – Έκδοση 1 D.L.S./D.O.S. 1979
46/II – Έκδοση 1 D.L.S./D.O.S. 1977

β) Γεωλογικός: Κλίμακα: 1:10.000
Φύλλο: Τεχνικογεωλογικός χάρτης της περιοχής ΣΤΑΤΟΥ (Area 2) SW. Cyprus – 1987

2. Δορυφορική εικόνα – NASA N-36-30_2000 (*https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/mrsid.pl*)**:**

- Δορυφόρος / σύστημα καταγραφής: Landsat-7/ETM+

Φασματικές ζώνες: 7, 4 και 2

Προβολή / Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (Datum): Παγκόσμια Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή (Universal Transverse Mercator / UTM)/ Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1984 (World Geodetic System / WGS84)

Μέγεθος εικονοστοιχείου (Pixel size): 14.25 m

Μέθοδος παρεμβολής (Interpolation method): Δικυβική παρεμβολή ή κυβική συνέλιξη (Cubic Convolution)

Ημερομηνία λήψης: 2000 +/- 3 έτη (μωσαϊκό εικόνων)

3. Αεροφωτογραφίες του Τμήματος Κτηματολογίου και Χωρομετρίας Κύπρου:

- Αεροφωτογραφίες περιορισμένης χρήσης: Έτος πτήσης: 1993
Διαδρομές: R/1,7,8,9,14
Αρ. φιλμ: F/2,5,17,19

4. Ψηφιακή video-camera, 6 x optical zoom 3.2 mega pixel:

-Φωτογραφίες σχετικές με την περιοχή μελέτης οι οποίες έχουν ληφθεί κατά την επίσκεψη μας στη περιοχή .

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

5. Το λογισμικό πρόγραμμα ArcGIS Desktop version 9 που περιλαμβάνει τις πιο κάτω εφαρμογές:

- *Arc Map*: Η εφαρμογή καλύπτει όλες τις χαρτογραφικές εργασίες όπως ψηφιοποίηση και διόρθωση δεδομένων, χαρτογραφία, χωρική ανάλυση, διαχείριση και εκτύπωση χαρτών.

- *Arc Catalog*: Δίνει τη δυνατότητα της δημιουργίας, διαχείρισης, προεπισκόπησης και οργάνωσης των χωρικών δεδομένων υπό μορφή πινάκων.

- *Arc Toolbox*: Πρόκειται για πλήθος προγραμμάτων και εργαλείων που αφορούν, την γεωεπεξεργασία και τη μετατροπή των δεδομένων σε διάφορες μορφές.

- Το ArcGIS Desktop περιλαμβάνει και μια πλειάδα προεκτάσεων (extensions) / υποπρογραμμάτων από τα οποία χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα:

- *3D Analyst*: Πρόγραμμα απεικόνισης και ανάλυσης τρισδιάστατων δεδομένων. Προσθέτει μια ειδικευμένη εφαρμογή τρισδιάστατης επισκόπησης (3D viewing application), το Arc Scene, δίνοντας περαιτέρω δυνατότητες στο Arc Map και στο Arc Catalog και επιτρέποντας την αποτελεσματικότερη διαχείριση των τρισδιάστατων δεδομένων (3D GIS data), την τρισδιάστατη ανάλυση (3D analysis) και τη διαχείριση τρισδιάστατων χαρακτηριστικών (3D features editing).

- *Spatial Analyst*: Το πρόγραμμα αυτό πραγματοποιεί μια ποικιλία χωρικών πράξεων και υπολογισμών, βασισμένων σε δεδομένα Γ.Σ.Π. μορφής κανάβου (raster data). Χρησιμοποιείται για την απόσπαση πληροφοριών από προϋπάρχοντα δεδομένα και την εύρεση χωρικών σχέσεων μεταξύ επιπέδων πληροφοριών, με βάση την κατανομή βαρών (weight overlay) και την συνδυασμένη μοντελοποίηση (combinations modeling).

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

5. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (Γ.Σ.Π. – G.I.S.)

Επειδή ο εντοπισμός και η οριοθέτηση των κατολισθήσεων επιτεύχθηκαν με τη βοήθεια των Γ.Σ.Π., κρίναμε σκόπιμο να αναφερθούμε περιληπτικά σε αυτά.

Η λειτουργία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών στηρίζεται σε μια βάση δεδομένων η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί από διάφορους χρήστες για την κάλυψη πληροφοριακών αναγκών. Ο αντικειμενικός σκοπός της συλλογής και αποθήκευσης των δεδομένων σε μια βάση είναι η συσχέτιση γεγονότων και καταστάσεων τα οποία ήταν χωριστά.

5.1 Πλεονεκτήματα των Γ.Σ.Π.

- Τα δεδομένα διατηρούνται σε ψηφιακή μορφή με αποτέλεσμα να καταλαμβάνουν μικρό χώρο και να είναι εύχρηστα.
- Οι γεωγραφικές βάσεις δεδομένων είναι ποσοτικές πληροφορίες οι οποίες είναι δυνατό να καταχωρούνται κατά οποιαδήποτε γεωγραφική μονάδα ή διάταξη.
- Γεωγραφικές βάσεις δεδομένων είναι δυνατό να δημιουργηθούν για οποιοδήποτε αντικείμενο, χαρακτηριστικό, ιδιότητα ή συνδυασμό αυτών.
- Υπάρχοντα δεδομένα είναι δυνατό να ενσωματωθούν , με ή χωρίς αλλαγές και επεξεργασία, στη βάση δεδομένων , εφόσον είναι κατά χώρο προσανατολισμένα.
- Τα υπάρχοντα ηλεκτρονικά όργανα και λογισμικά, επιτρέπουν διάφορες μορφές επεξεργασίας.
- Γρήγορος και επαναλαμβανόμενος αναλυτικός έλεγχος ή εξέταση θεωρητικών μοντέλων για την εκτίμηση επιστημονικών κριτηρίων.
- Οι διάφορες μορφές εξαγόμενων αποτελεσμάτων παράγονται πολύ γρήγορα, αποτελούνται από μεμονωμένα ή σύνθετα θέματα, για οποιαδήποτε γεωγραφική θέση της βάσης δεδομένων και σε οποιαδήποτε κλίμακα.
- Εύκολη ενημέρωση της βάσης δεδομένων η οποία επιτρέπει τον αποτελεσματικό εντοπισμό και ανάλυση των αλλαγών που έγιναν σε δύο ή περισσότερες περιόδους.
- Πολλές μορφές ανάλυσης πραγματοποιούνται με πολύ μικρότερο κόστος από ότι με τις κλασικές μεθόδους
- Όλες οι αναλύσεις γίνονται κατά αντικειμενικό τρόπο και τα αποτελέσματα παράγονται αυτόματα.

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

5.2 Μειονεκτήματα των Γ.Σ.Π.

- Το αρχικό κόστος απόκτησης του συστήματος καθώς και της τεχνικής υποστήριξης και συντήρησης αυτού, είναι αρκετά υψηλό.
- Η αποτελεσματική χρήση του συστήματος προϋποθέτει άρτια εκπαίδευση του κατάλληλου προσωπικού.
- Υπάρχουν προβλήματα κατά την μετατροπή και καταχώρηση ορισμένων προϋπαρχόντων δεδομένων σε συγκεκριμένη βάση δεδομένων.

5.3 Επεξεργασία των δεδομένων της περιοχής μελέτης

- Εργασίες που πραγματοποιήθηκαν στο λογισμικό πρόγραμμα ArcGIS Desktop:

Για τη δημιουργία των GIS επιπέδων (επίπεδα πληροφοριών), ψηφιοποιήθηκαν δεδομένα από τον Τεχνικογεωλογικό χάρτη της περιοχής ΣΤΑΤΟΥ (Area 2) (βλέπε Παράρτημα, χάρτης 3). Τα επίπεδα πληροφοριών που δημιουργήθηκαν είναι τα ακόλουθα:

- Ισοϋψείς καμπύλες, ισοδιάστασης 16 μέτρων.
- Τριγωνομετρικά σημεία
- Υδρογραφικό δίκτυο
- Οδικό δίκτυο
- Κατοικημένες περιοχές
- Τεκτονικά στοιχεία
- Γεωλογικοί σχηματισμοί
- Πρόσφατες – ενεργές κατολισθήσεις
- Παλαιές – αδρανείς κατολισθήσεις

- Στη συνέχεια παρατίθενται οι χάρτες με τα επίπεδα πληροφοριών που δημιουργήθηκαν, σε αλληλοεπικάλυψη:

- Χάρτης με το συνδυασμό όλων των επιπέδων πληροφοριών που δημιουργήθηκαν
- Χάρτης με τους γεωλογικούς σχηματισμούς της περιοχής μελέτης
- Χάρτης με το υδρογραφικό δίκτυο και την τεκτονική της περιοχής
- Χάρτης με τις ενεργές (πρόσφατες) και ανενεργές (παλαιές) κατολισθήσεις στην περιοχή
- Χάρτης με το οδικό δίκτυο και τις οικιστικές περιοχές

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

- Το υπόμνημα αφορά τα δεδομένα όλων των πιο κάτω χαρτών και για πρακτικούς λόγους παρατίθεται εκ τον προτέρων.

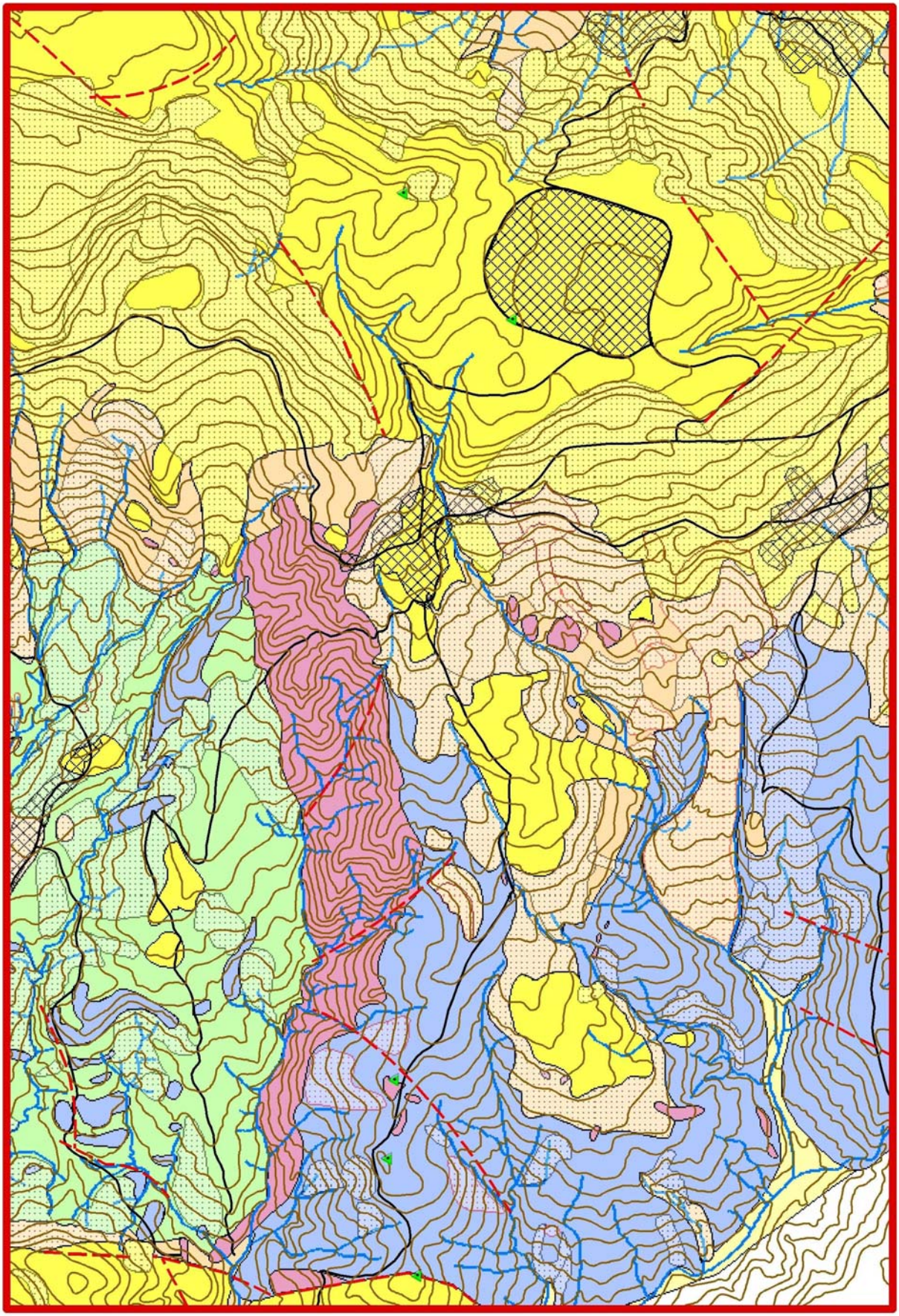
- Χάρτες του Τμήματος Γεωλογικής Επισκόπησης Κύπρου

- Ψηφιοποιημένοι χάρτες της περιοχής μελέτης

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

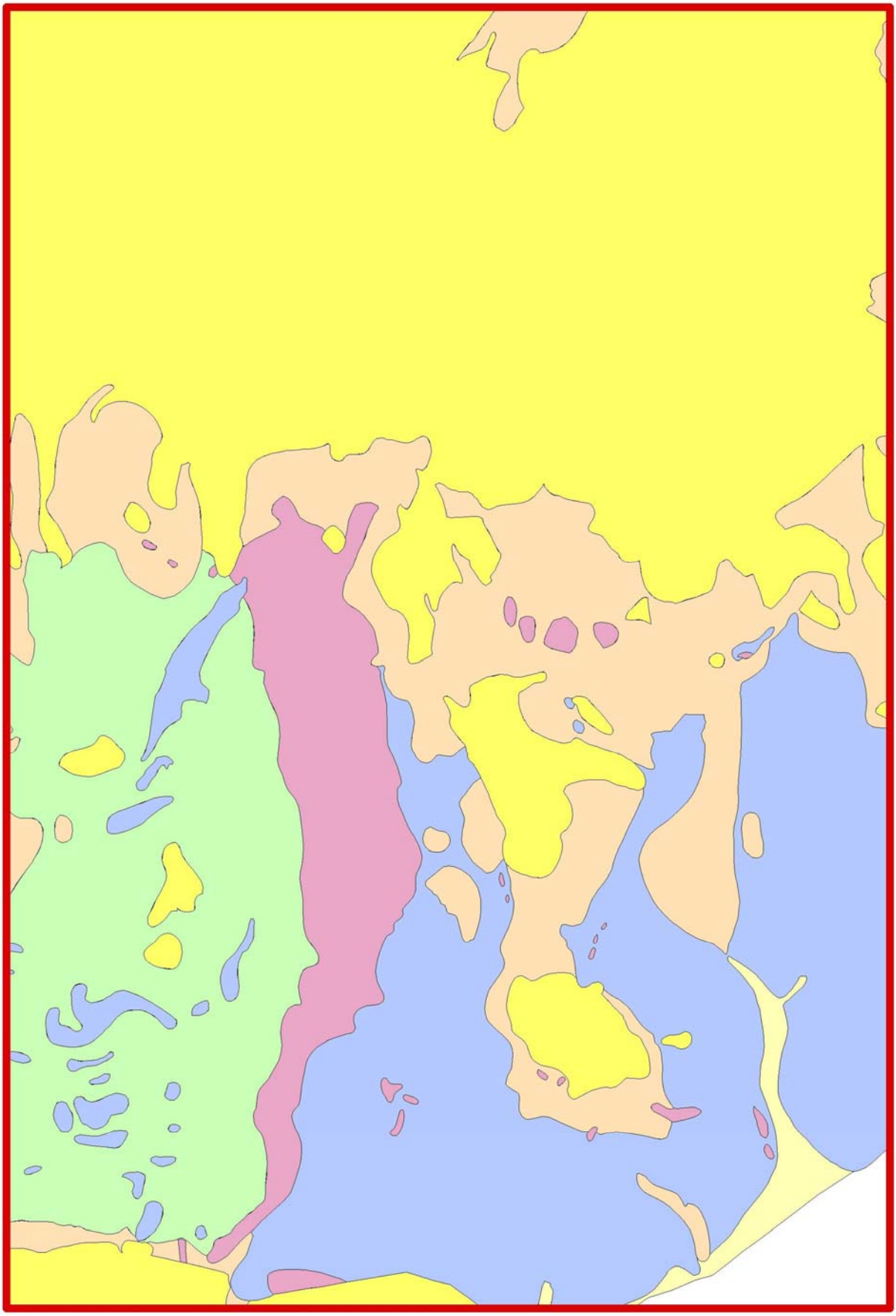
- Τριγωνομετρικά σημεία
- Ισοϋψείς καμπύλες
- Ρήγματα
- Οδικό δίκτυο
- Κατολισθήσεις, ενεργές, πρόσφατες
- Κατολισθήσεις, ανενεργές, παλαιές
- Οικιστικές περιοχές
- Υδρογραφικό δίκτυο
- Κρητίδες, μάργες, ασβεστόλιθοι
- Λάβες, σερπεντινήτες
- Melange
- Αργιλικοί σχιστόλιθοι, χαλαζίας, ασβεστόλιθοι
- Μπετονιτικές άργιλοι, ηφαιστειοκλαστικές αποθέσεις, αποθέσεις ιλύος
- Ιλύς, άμμοι, χαλίκια

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.



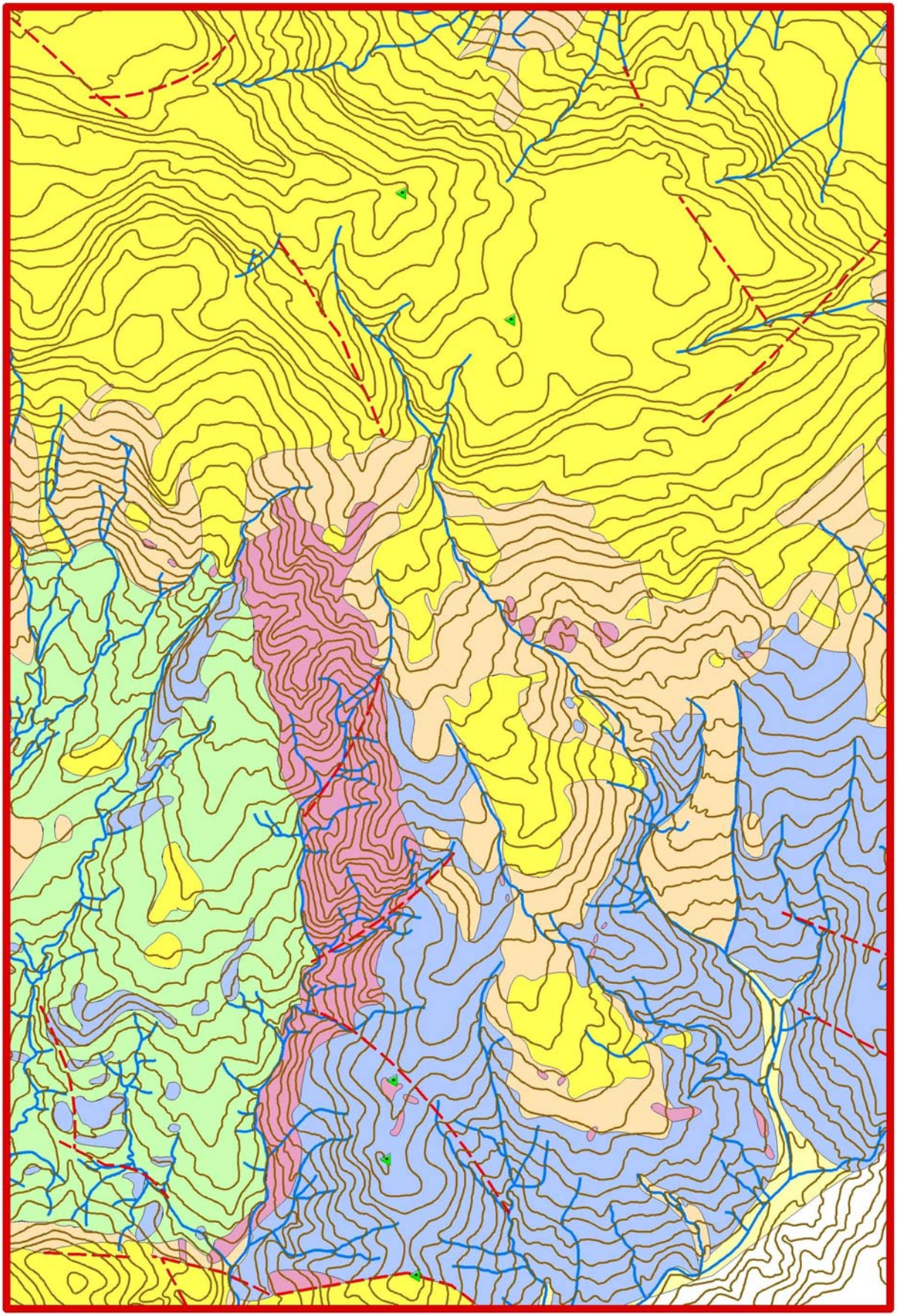
Χάρτης 1: Συνδυασμός όλων των επιπέδων πληροφοριών που δημιουργήθηκαν στην περιοχή μελέτης

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.



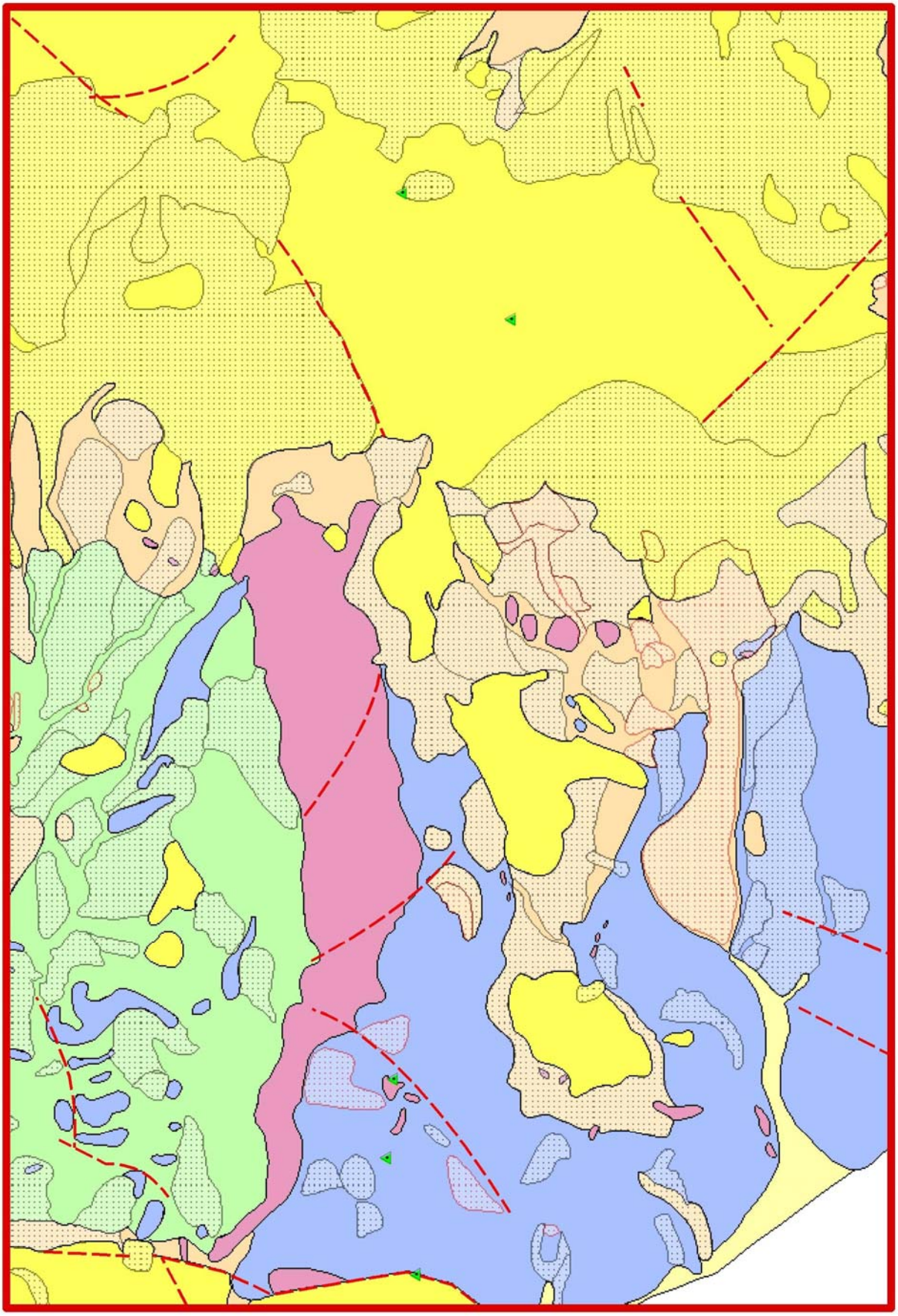
Χάρτης 2: Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής μελέτης

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.



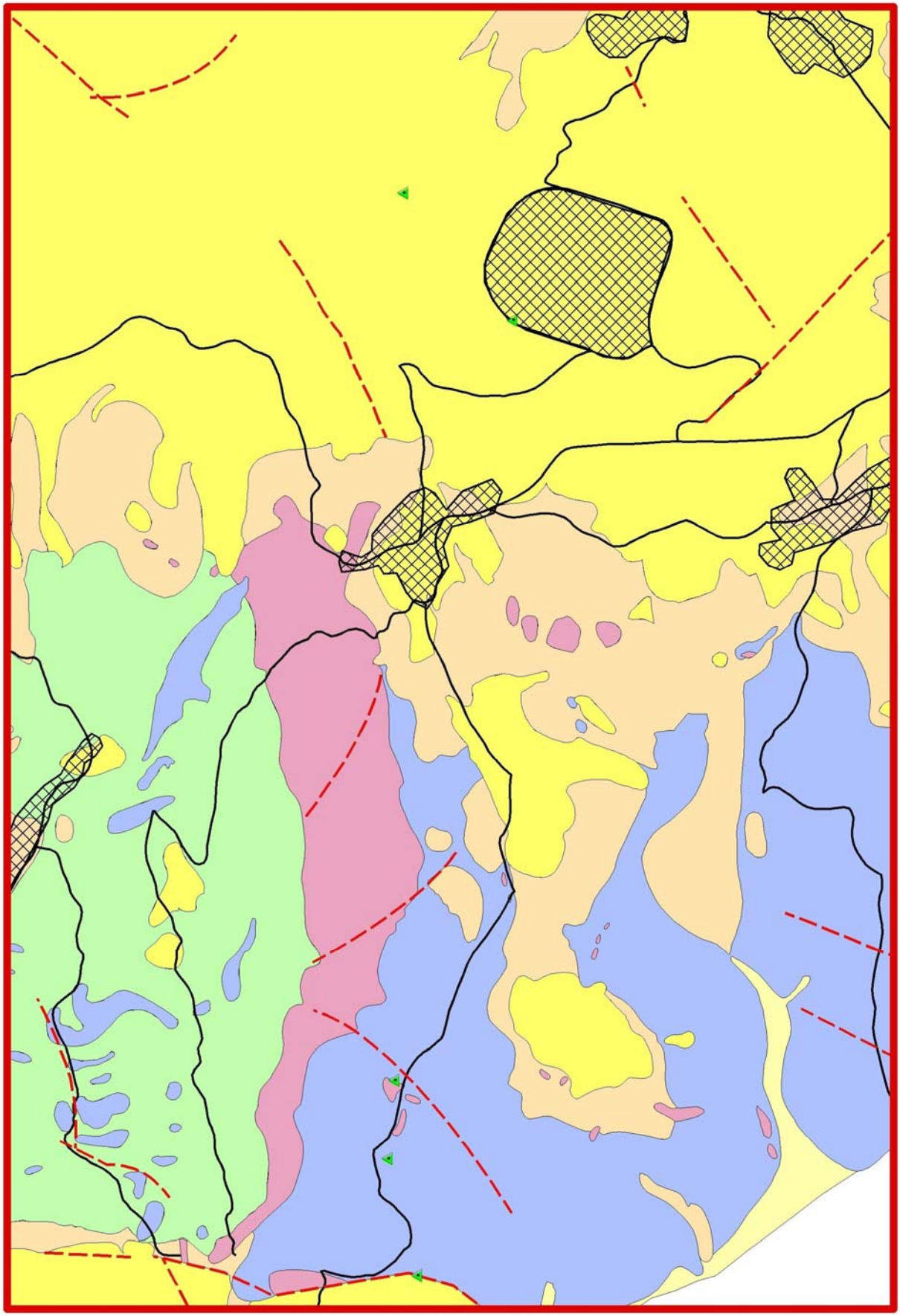
Χάρτης 3: Υδρογραφικό δίκτυο και τεκτονική της περιοχής μελέτης

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.



Χάρτης 4: Ενεργές και ανενεργές κατολισθήσεις στην περιοχή μελέτης

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.



Χάρτης 5: Οικιστικές περιοχές και οδικό δίκτυο στην περιοχή μελέτης

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

5.4 Ψηφιακά μοντέλα εδάφους – Digital Elevation Models (D.E.M.)

Τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους είναι μια ψηφιακή αναπαράσταση της μεταβλητότητας του ανάγλυφου στο χώρο, οπότε χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση – ανάλυση της τοπογραφίας στην περιοχή.

Χρησιμοποιούνται σε πολλές περιπτώσεις εφαρμογών όπως:

- Παραγωγή χαρτών «σκιασμένου ανάγλυφου» (shaded relief maps), υψομέτρων, κλίσεων και εκθέσεων.
- Κατασκευή ψηφιακών τοπογραφικών χαρτών
- Ομαδοποίηση και καταμέτρηση χαρακτηριστικών αντικειμένων κατά κλάσεις υψομέτρων κλίσεων ή εκθέσεων
- Για διευκόλυνση υδρολογικών μελετών.

- <u>Στη περιοχή μελέτης:</u>

Μετά την ψηφιοποίηση των ισοϋψών καμπύλων, του υδρογραφικού δικτύου και των τριγωνομετρικών σημείων, δημιουργήθηκε υδρολογικά διορθωμένο ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (DEM), με διάσταση ψηφίδας (pixel) 15 m, χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο «topogridtool» του λογισμικού ArcGIS. Από το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου που προέκυψε δημιουργήθηκαν, με τη χρήση του υποπρογράμματος Spatial Analyst του λογισμικού ArcGIS, οι εξής χάρτες:

- Χάρτης προσανατολισμού κλιτύων – Slope Aspect map
- Εδαφική κλίση (Χάρτης κλίσεων) – Slope map
- Χάρτης σκιασμένου αναγλύφου – Hillshade map

Ακολούθως έγινε σύγκριση των παραπάνω χαρτών, καθώς επίσης και των υπόλοιπων ψηφιοποιημένων δεδομένων, σε περιβάλλον Γ.Σ.Π., με σκοπό τον εντοπισμό πιθανών συσχετίσεων μεταξύ της εμφάνισης κατολισθήσεων και της γεωλογίας, της κλίσης και του προσανατολισμού των κλιτύων.

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

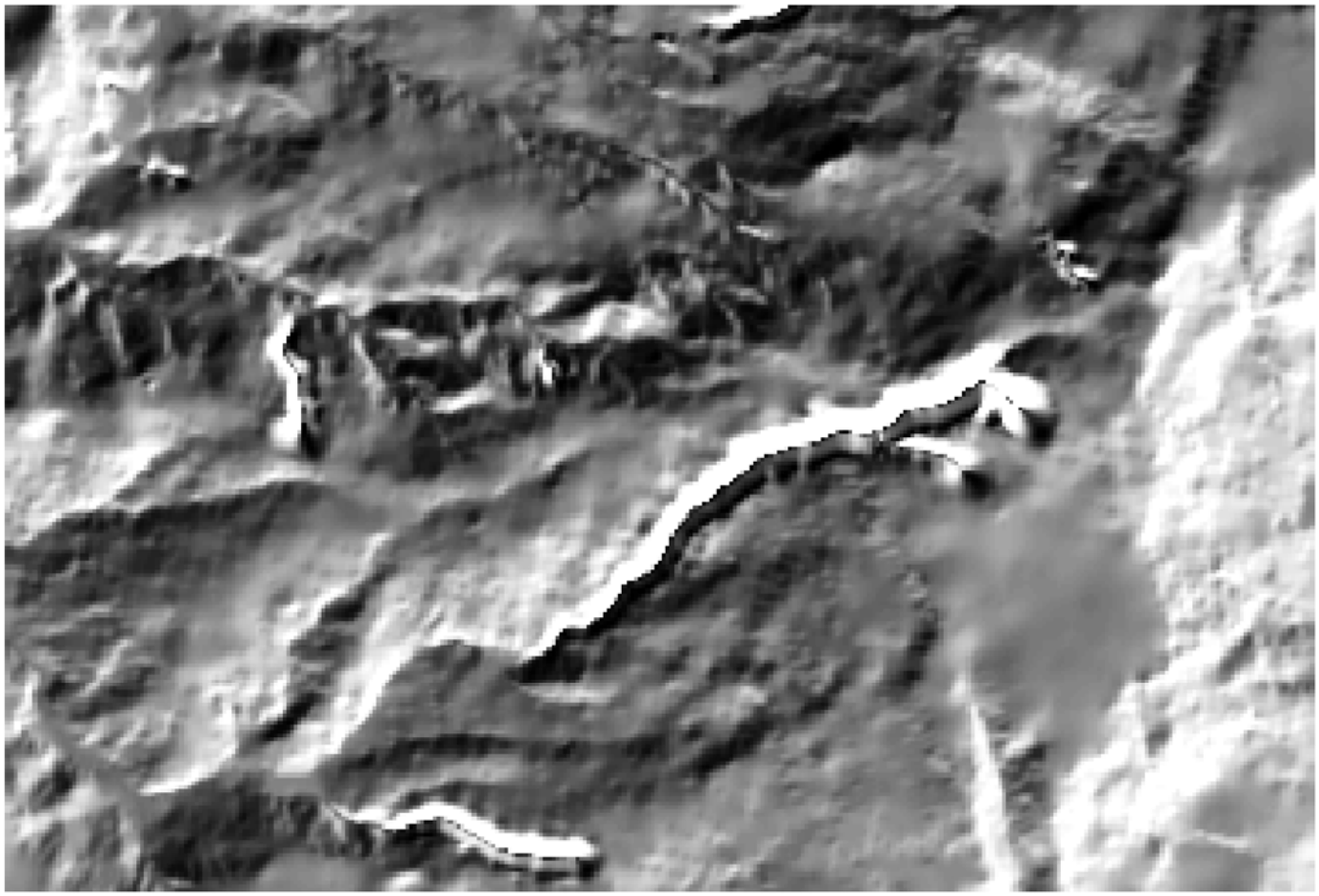
ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ - DIGITAL ELEVATION MODEL

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

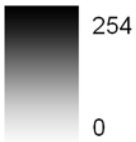
Τιμή σε μέτρα

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

ΧΑΡΤΗΣ ΣΚΙΑΣΜΕΝΟΥ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

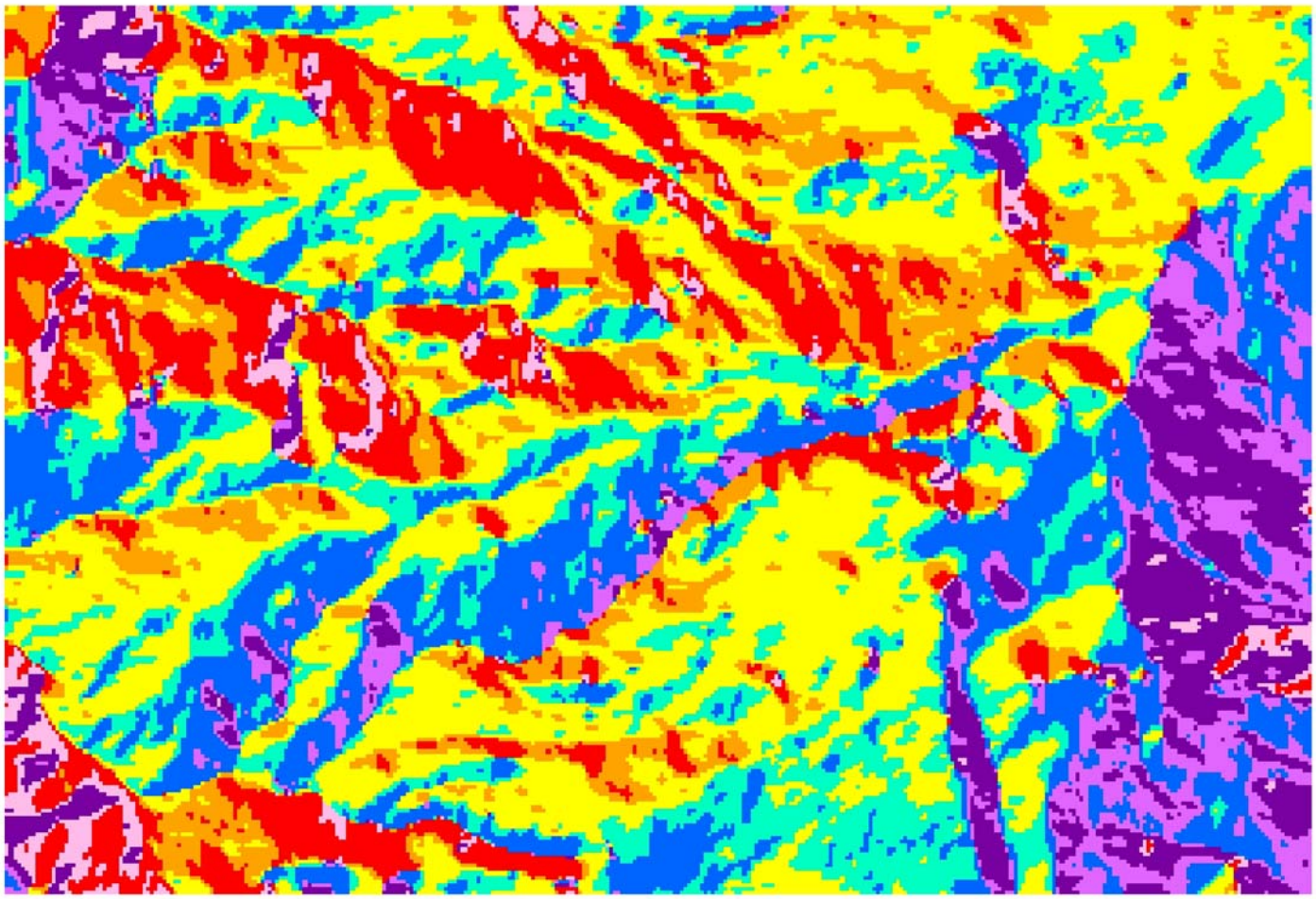


ΥΠΟΜΝΗΜΑ



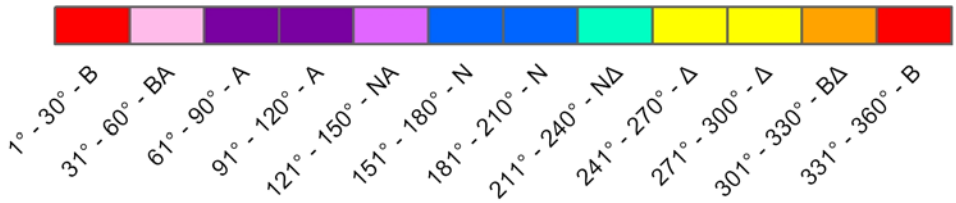
Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΚΛΙΤΥΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ



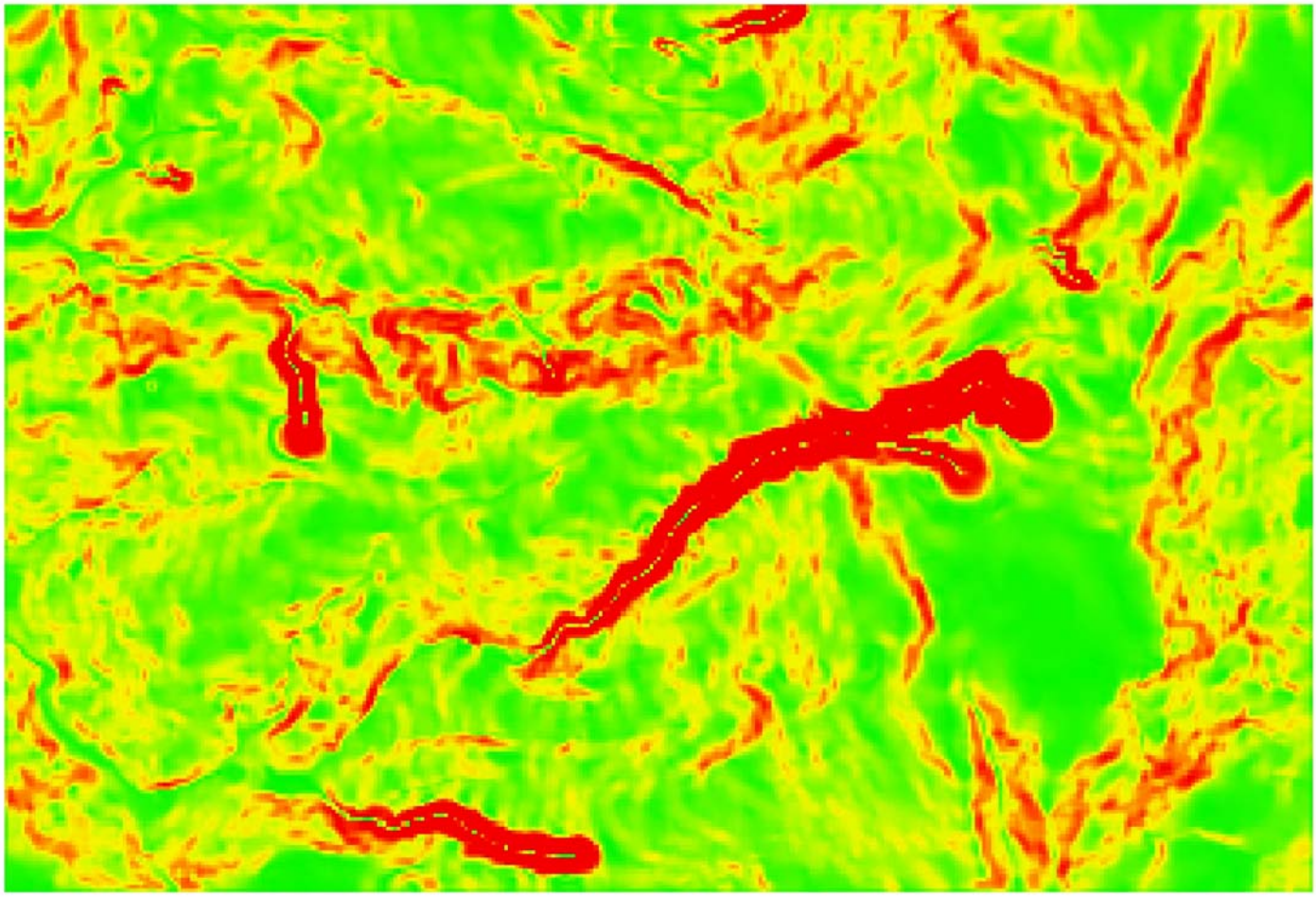
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Διεύθυνση σε μοίρες



Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

ΧΑΡΤΗΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΚΛΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Τιμή σε μοίρες

84

0

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

6. ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΙ Γ.Σ.Π.

Η τηλεπισκόπηση αποτελεί σημαντική πηγή πληροφοριών για τα Γ.Σ.Π.. Η μορφή των δεδομένων τηλεπισκόπησης είναι συμβατή με τα Γ.Σ.Π.. Η τηλεπισκόπηση δίνει δεδομένα πρόσφατα και με χαμηλό κόστος. Αυτό εξυπηρετεί την ενημέρωση της βάσης δεδομένων των Γ.Σ.Π.. Η τηλεπισκόπηση και τα Γ.Σ.Π. χρησιμοποιούν παρόμοια όργανα για την επεξεργασία των δεδομένων και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

6.1 Τηλεπισκόπηση – Φωτοερμηνεία

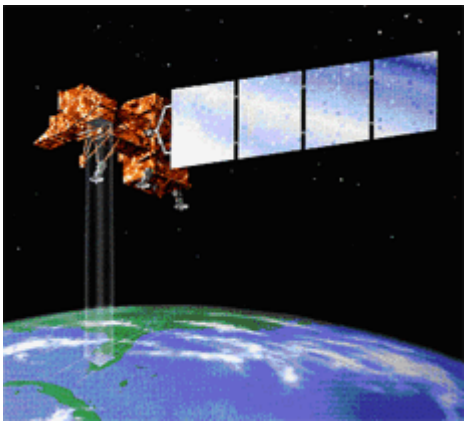
- **Γενικά:**

Η πολύπλοκη διαδικασία που καλείται φωτοερμηνεία είναι μια διεργασία η οποία διαιρείται σε διάφορες φάσεις. Αυτές οι φάσεις αποτελούνται από ορισμένες διεργασίες που μεταφέρουν τον φωτοερμηνευτή (αναλυτή εικόνων) διαδοχικά στον τελικό του σκοπό. Στο να συλλέξει δηλαδή το μέγιστο των πληροφοριών στην μελετώμενη περιοχή από τις αεροφωτογραφίες, ανάλογα με τους ειδικούς στόχους που έχει θέσει στην έρευνά του.

Τέσσερα είναι τα στάδια που μπορούν να διακριθούν στην φωτοερμηνεία μονοσκοπικών και στερεοσκοπικών αεροφωτογραφιών (Zuidam 1978, από Αστάρας 1998):

1) Η φωτοανάγνωση: όπως ο εντοπισμός, η αναγνώριση και η εύρεση της ταυτότητας (ταυτοποίηση) των διαφόρων αντικειμένων ή φαινομένων.
2) Η ανάλυση: όπου τα επιλεχθέντα από τον φωτοερμηνευτή αντικείμενα και φαινόμενα καθορίζονται, θέτονται (χαράσσονται) τα όριά τους και συμβολίζονται οι ενότητες, σύμφωνα με κάποιο υπόμνημα.
3) Η ταξινόμηση: όπου εάν ορισμένες ενότητες ή τύποι αντικειμένων του ανάγλυφου, χρειάζεται να συγκριθούν με βάσει τα φυσικά και τεχνητά χαρακτηριστικά τους όπως αυτά εντοπίζονται στις αεροφωτογραφίες, τότε αυτές οι ενότητες πρέπει να καθοριστούν.
4) Η επαγωγή (εξαγωγή συμπερασμάτων): που πραγματοποιείται με τον συνδυασμό φωτογραφικών παρατηρήσεων και γνώσεων που έχει αποκτήσει ο φωτοερμηνευτής από άλλες πηγές έρευνας.

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.



Εικόνα 18. Απεικόνιση σάρωσης της γήινης επιφάνειας από το δορυφόρο Landsat 7.

(http://landsat.usgs.gov/project_facts/history/landsat_7.php)

- **Φωτογραφικά χαρακτηριστικά που μελετούνται στην φωτοερμηνεία:**

Στις αεροφωτογραφίες οι εικόνες των διαφόρων αποτυπωμένων στοιχείων (μορφές αναγλύφου, βλάστηση, υδρογραφικά δίκτυα κ.τ.λ.) εκφράζονται με τα εξής φωτογραφικά χαρακτηριστικά (φασματικές ταυτότητες), τα οποία μπορούν να μελετηθούν στις αεροφωτογραφίες και είναι τα εξής (Αστάρας, 1998):

i) Ο τόνος της αεροφωτογραφίας είναι η διαβάθμιση του τεφρού χρώματος από το μαύρο μέχρι το τεφρό σε μια ασπρόμαυρη αεροφωτογραφία.

ii) Η διάταξη ή ο τύπος, είναι η χωρική διευθέτηση (spatial arrangement) των διαφόρων στοιχείων σε επαναλαμβανόμενο ρυθμό ή/και σε χαρακτηριστική τάξη στην περιοχή μελέτης.

iii) Οι κηλιδώσεις, είναι κηλίδες ακανόνιστου σχήματος και μεγέθους οι οποίες μπορεί να είναι πιο ανοιχτοί ή πιο σκούροι τόνοι από αυτόν της κύριας επιφάνειας της αεροφωτογραφίας.

iv) Η υφή, είναι το αποτέλεσμα της συνένωσης ομοιόμορφων χαρακτηριστικών της αεροφωτογραφίας, οι οποίοι είναι πολύ μικροί και έτσι δεν διακρίνονται καθαρά σαν ανεξάρτητα στοιχεία.

v) Το σχήμα, των απεικονιζόμενων σχημάτων βοηθά στην αναγνώρισή τους.

vi) Το μέγεθος των αντικειμένων, αποτελεί χαρακτηριστικό για την αναγνώρισή τους.

vii) Οι σκιές των αντικειμένων, είναι χρήσιμες στην φωτοερμηνεία γιατί βοηθούν στην στερεοσκοπική παρατήρησή τους και στην μέτρηση του ύψους τους.

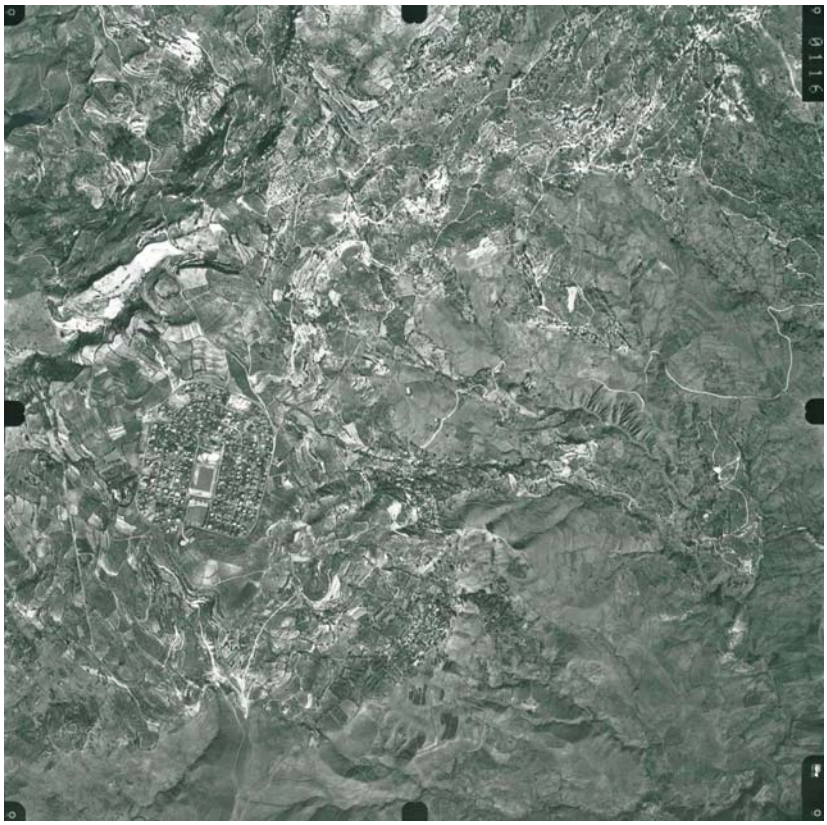
viii) Η τοπογραφική θέση, όπως είναι η κλιτύες με το βαθμό κλίσης τους, την έκθεσή τους προς τον άνεμο και τον προσανατολισμό τους πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στη γεωμορφολογική ερμηνεία των αεροφωτογραφιών.

ix) Η γεωγραφική θέση, μιας περιοχής πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη.

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

- **Ποιοτική φωτοερμηνεία:**

Σε αυτή τη διεργασία της φωτοερμηνείας μπορούν να ληφθούν στοιχεία σχετικά με τη λιθολογία, τη στρωματογραφία, τη τεκτονική δομή, καθώς και τη μορφολογία της περιοχής και την επίδραση του ανθρώπου πάνω στο φυσικό περιβάλλον. Επίσης από αεροφωτογραφίες περιοδικών λήψεων μπορούν να ληφθούν πληροφορίες σχετικές με: α) συγκεκριμένες περιοχές που πλήττονται από κατολισθήσεις ή είναι επιδεκτικές κατολισθήσεων, β) συγκεκριμένες περιοχές που πλήττονται έντονα από επιταχυνόμενη διάβρωση και πλημμυρικά επεισόδια, γ) τη διάβρωση και απόθεση υλικών στις ακτές και στις εκβολές ποταμών. Γενικά λαμβάνονται πληροφορίες για αλλαγές ή ρύπανση του χερσαίου και υδάτινου περιβάλλοντος, με τις οποίες μπορεί να γίνεται έλεγχος και να λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα για την προστασία του.



Εικόνα 19. Αεροφωτογραφία από την περιοχή μελέτης όπου διακρίνονται μεταξύ άλλων διάφορα μορφολογικά χαρακτηριστικά καθώς και το χωριό Αμπελίτης.

- *<u>Τεκτονική δομή από τις αεροφωτογραφίες:</u>* Από τη στενή σχέση που υπάρχει μεταξύ τεκτονικής δομής και αναγλύφου μπορεί να γίνει αντιληπτό ότι η τεκτονική αξιολόγηση των αεροφωτογραφιών στηρίζεται στη γνώση και ανάλυση της μορφολογίας της περιοχής. Η

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου, οι γραμμώσεις, η διάταξη της βλάστησης και ο τόνος του τεφρού χρώματος βοηθούν τη φωτοτογεωμορφολογία. Αυτή η ευνοϊκή σχέση μεταξύ μορφών αναγλύφου (μορφολογικών σχηματισμών) και της τεκτονικής δομής της περιοχής απαντάται κυρίως σε περιοχές πρόσφατης τεκτονικής δράσης, άρα και έντονου αναγλύφου. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις σχέσεις μεταξύ δομής και αναγλύφου είναι πολλοί και ευμετάβλητοι. Ευκρινείς σχέσεις μεταξύ αυτών συνήθως βρίσκονται σε περιοχές με λίγη βλάστηση και αβαθή εδάφη. Επίσης, σε πολλές υγρές και τροπικές περιοχές η δομή των πετρωμάτων μπορεί να εκφράζεται στην μορφολογία του αναγλύφου. Συχνά όμως η έντονη βλάστηση και τα βαθιά εδάφη επισκιάζουν ή εμποδίζουν την μορφολογική έκφραση της υποκείμενης τεκτονικής δομής. Σε αυτές τις περιπτώσεις τα υδρογραφικά δίκτυα και ειδικά οι ανωμαλίες των δικτύων δίνουν έμμεσα συμπεράσματα για την επικρατούσα τεκτονική δομή.

6.2 Τηλεπισκόπηση και Γ.Σ.Π.

Στην πράξη υπάρχουν τεχνικά προβλήματα τα οποία επηρεάζουν την αποτελεσματική εισαγωγή και χρήση των δορυφορικών δεδομένων στα Γ.Σ.Π.. Αυτά είναι:

- Η γεωγραφική και γεωμετρική ακρίβεια των δορυφορικών δεδομένων είναι στις περισσότερες περιπτώσεις διαφορετική από τα δεδομένα τα οποία συλλέγησαν από τις αεροφωτογραφίες ή με επίγειες παρατηρήσεις. Άρα ο συνδυασμός αυτών δημιουργεί τυχαία σφάλματα εξαιτίας της μη ακριβούς σύμπτωσης των αντίστοιχων χαρακτηριστικών π.χ. όρια πολυγώνων.
- Ορισμένες κατηγορίες ταξινόμησης στα Γ.Σ.Π. ίσως δεν αντιστοιχούν σε αυτές που αναγνωρίζονται με τα δορυφορικά δεδομένα.

Για την ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων σε τοπικό, περιφερειακό και εθνικό επίπεδο, ο ολοκληρωμένος συνδυασμός της Τηλεπισκόπησης με τα Γ.Σ.Π. απαιτεί, εκτός από την αξιόλογη εκπαίδευση του προσωπικού, ένα αρκετά ισχυρό ηλεκτρονικό σύστημα. (Θ. Αστάρας & Δ. Οικονομίδης 2003).

6.3 Εφαρμογή της τηλεπισκόπησης και των Γ.Σ.Π. στην περιοχή μελέτης

Στη παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η στερεοσκοπική ερμηνεία ασπρόμαυρων αεροφωτογραφιών και ψευδοχρωματικών δορυφορικών εικόνων LANDSAT – 7. Η

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

μονοσκοπική παρατήρηση των ασπρόμαυρων αεροφωτογραφιών δεν μας έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα, για αυτό στηριχθήκαμε περισσότερο στη μονοσκοπική παρατήρηση της ψηφιακής, ψευδοχρωματικής, εικόνας LANDSAT – 7.

Συγκεκριμένα με τη βοήθεια των Γ.Σ.Π., υπερτέθηκαν πάνω στη δορυφορική εικόνα LANDSAT – 7/ ETM+ τα διάφορα ψηφιοποιημένα επίπεδα πληροφοριών (γεωλογία, κατολισθήσεις). Ο περιορισμός στις διαθέσιμες φασματικές ζώνες (7,4,2) της εικόνας, η διακριτική ικανότητα (περίπου 15 m), καθώς και το γεγονός ότι η περιοχή μελέτης καλύπτεται σε μεγάλο ποσοστό από κατολισθήσεις, δεν επέτρεψαν τη διάκριση των κατολισθήσεων μεταξύ τους.

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Στην παρούσα εργασία έγινε αρχικά μια αναφορά στο φαινόμενο το οποίο εξετάζουμε, δηλαδή τις κατολισθήσεις. Παρατέθηκαν εν συντομία οι ορισμοί των κατολισθήσεων, τα αίτια πρόκλησής τους, οι διάφοροι τρόποι ταξινόμησής τους καθώς και τα χαρακτηριστικά των φυσικών αυτών φαινομένων.

- Εν συνεχεία παρουσιάστηκε το περιβάλλον της περιοχής μελέτης με αναφορές στη γενικότερη γεωλογική δομή της Κύπρου, το μορφοτεκτονικό καθεστώς που επικρατεί στο νησί, καθώς και τις κλιματολογικές συνθήκες που το χαρακτηρίζουν, ειδικότερα το νοτιοδυτικό μέρος του, όπου βρίσκεται και η περιοχή υπό μελέτη.

- Με τη χρήση της εφαρμογής Arc Map, του λογισμικού προγράμματος ArcGIS Desktop, ψηφιοποιήθηκαν δεδομένα της περιοχής Στατού – Αγίου Φωτίου και δημιουργήθηκαν διάφορα επίπεδα πληροφοριών (ισοϋψείς καμπύλες / ανά 16 μέτρα, υδρογραφικό δίκτυο, γεωλογικοί σχηματισμοί, πρόσφατες – ενεργές κατολισθήσεις, παλαιές – αδρανείς κατολισθήσεις, τεκτονικά στοιχεία, κατοικημένες περιοχές, οδικό δίκτυο). Με αλληλεπικάλυψη των επιπέδων πληροφοριών που δημιουργήθηκαν, παράχθηκαν χάρτες δεδομένων ανάλογα με τα εκάστοτε επίπεδα που χρησιμοποιήθηκαν. Επίσης δημιουργήθηκε υδρολογικά διορθωμένο ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (Digital Elevation Model) και επιπλέον με τη χρήση του υποπρογράμματος Spatial Analyst οι χάρτες: Χάρτης προσανατολισμού κλιτύων, Εδαφική κλίση (Χάρτης κλίσεων) και Χάρτης σκιασμένου αναγλύφου.

  Ακολούθως έγινε συσχέτιση των ψηφιοποιημένων δεδομένων σε περιβάλλον Γ.Σ.Π. με σκοπό τον εντοπισμό πιθανών συσχετίσεων μεταξύ της εμφάνισης κατολισθήσεων και της γεωλογίας, της εδαφικής κλίσης, του προσανατολισμού των κλιτύων και του υδρογραφικού δικτύου.

- Από τη σύγκριση των επιπέδων πληροφοριών προέκυψε ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των κατολισθήσεων, των γεωλογικών σχηματισμών και της εδαφικής κλίσης.

  Οι κατολισθήσεις παρουσιάζονται σε σχηματισμούς όλων των γεωτεκτονικών ζωνών της Κύπρου που εμφανίζονται στην περιοχή. Συγκεκριμένα, παρατηρείται ότι

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

κατολισθητικά φαινόμενα εκδηλώνονται στα «σημεία» εκείνα όπου οι γεωλογικοί σχηματισμοί αποτελούνται από τα ακόλουθα σύνολα πετρωμάτων:

- Κρητίδες, μάργες και ασβεστόλιθους (Σχηματισμοί Πάχνα και Λεύκαρα)
- Αργιλικούς σχιστόλιθους και ασβεστόλιθους (Σύμπλεγμα Μαμωνίων)
- Μπετονιτικές άργιλοι, ηφαιστειοκλαστικές αποθέσεις, αποθέσεις ιλύος (Σχηματισμός Κανναβιού)
- Mélanges (Σύμπλεγμα Μαμωνίων)

Όσον αφορά την εκτίμηση του ρόλου που διαδραματίζει η εδαφική κλίση, μπορούμε να πούμε ότι με τις συγκεκριμένες επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες αλλά και σε κάποιους από τους γεωλογικούς σχηματισμούς που υπάρχουν στην περιοχή, η παρουσία ακόμη και μικρών κλίσεων στα πρανή είναι ικανό αίτιο πρόκλησης κατολισθήσεων.

Δευτερεύοντα ρόλο στην εκδήλωση κατολισθήσεων στην περιοχή διαδραματίζει η τεκτονική δομή με την παρουσία μικρών ρηξιγενών δομών, οι οποίες ανήκουν στην κατηγορία των «κανονικών ρηγμάτων» και μπορούν να διακριθούν ανάλογα με τον προσανατολισμό τους σε ρήγματα, α) με γενική διεύθυνση ΒΑ – ΝΔ και β) με γενική διεύθυνση ΒΔ – ΝΑ.

Ο προσανατολισμός των κλιτύων φαίνεται να μην έχει καμία επίδραση στην παρουσία ή όχι κατολισθήσεων, ενώ η επίδραση του υδρογραφικού δικτύου στην εκδήλωση των φαινομένων θεωρείται ελάχιστη καθώς το μεγαλύτερο μήκος του αποτελείται από εποχιακά κυρίως ρέματα.

- Με όλα τα πιο πάνω δημιουργήθηκε μια βάση δεδομένων πάνω στην οποία μπορούν να βασιστούν περαιτέρω μελέτες για την καλύτερη και σε βάθος ανάλυση του φαινομένου των κατολισθήσεων στην περιοχή μελέτης αλλά και στην ευρύτερη επαρχία Πάφου, όπου είναι συχνή η εκδήλωση κατολισθήσεων με την πρόκληση καταστροφών ειδικά στον τομέα των έργων υποδομής.

- Τέλος, επιχειρήθηκε η αναγνώριση των κατολισθήσεων από τη δορυφορική εικόνα LANDSAT – 7 / N-36-30_2000 (*https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/mrsid.pl*), όμως τα χωρικά και φασματικά της χαρακτηριστικά ελάχιστα βοήθησαν στην αναγνώριση των κατολισθήσεων. Περισσότερο βοήθησαν στη καλύτερη οριοθέτηση των υπαρχουσών και ήδη χαρτογραφημένων κατολισθήσεων στην περιοχή μελέτης (βλέπε τεχνικογεωλογικό χάρτη).

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

Γενικά, για την βέλτιστη μελέτη των κατολισθητικών φαινομένων με τηλεπισκοπικές μεθόδους, απαιτούνται εικόνες υψηλής έως πολύ υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας (π.χ. 5 μέτρα) και πλούσιας φασματικής πληροφορίας (περισσότερες φασματικές ζώνες). Επίσης, ο συνδυασμός δεδομένων από το οπτικό, υπέρυθρο και μικροκυματικό (εικόνες ραντάρ) τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, καθώς και η χρήση προηγμένων τεχνικών επεξεργασίας τους, μπορούν να οδηγήσουν όχι μόνο στην καταγραφή αλλά και την παρακολούθηση και πρόβλεψη (σε περιπτώσεις αργών μετακινήσεων μαζών, από χιλιοστά ανά έτος, μέχρι μέτρα ανά έτος) κατολισθήσεων.

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Στο παράρτημα παρατίθενται τα πιο κάτω:

1. Χάρτες του Τμήματος Γεωλογικής Επισκόπησης Κύπρου:

α) Τοπογραφικοί: Φύλλα: 46/I – Έκδοση 1 D.L.S./D.O.S. 1979
46/II – Έκδοση 1 D.L.S./D.O.S. 1977

β) Γεωλογικός: Φύλλο: Τεχνικογεωλογικός χάρτης της περιοχής ΣΤΑΤΟΥ (Area 2) SW. Cyprus – 1987

2. Φωτογραφίες σχετικές με την περιοχή μελέτης οι οποίες έχουν ληφθεί κατά την επίσκεψη μας στη περιοχή

3. Αεροφωτογραφίες του Τμήματος Κτηματολογίου και Χωρομετρίας Κύπρου:

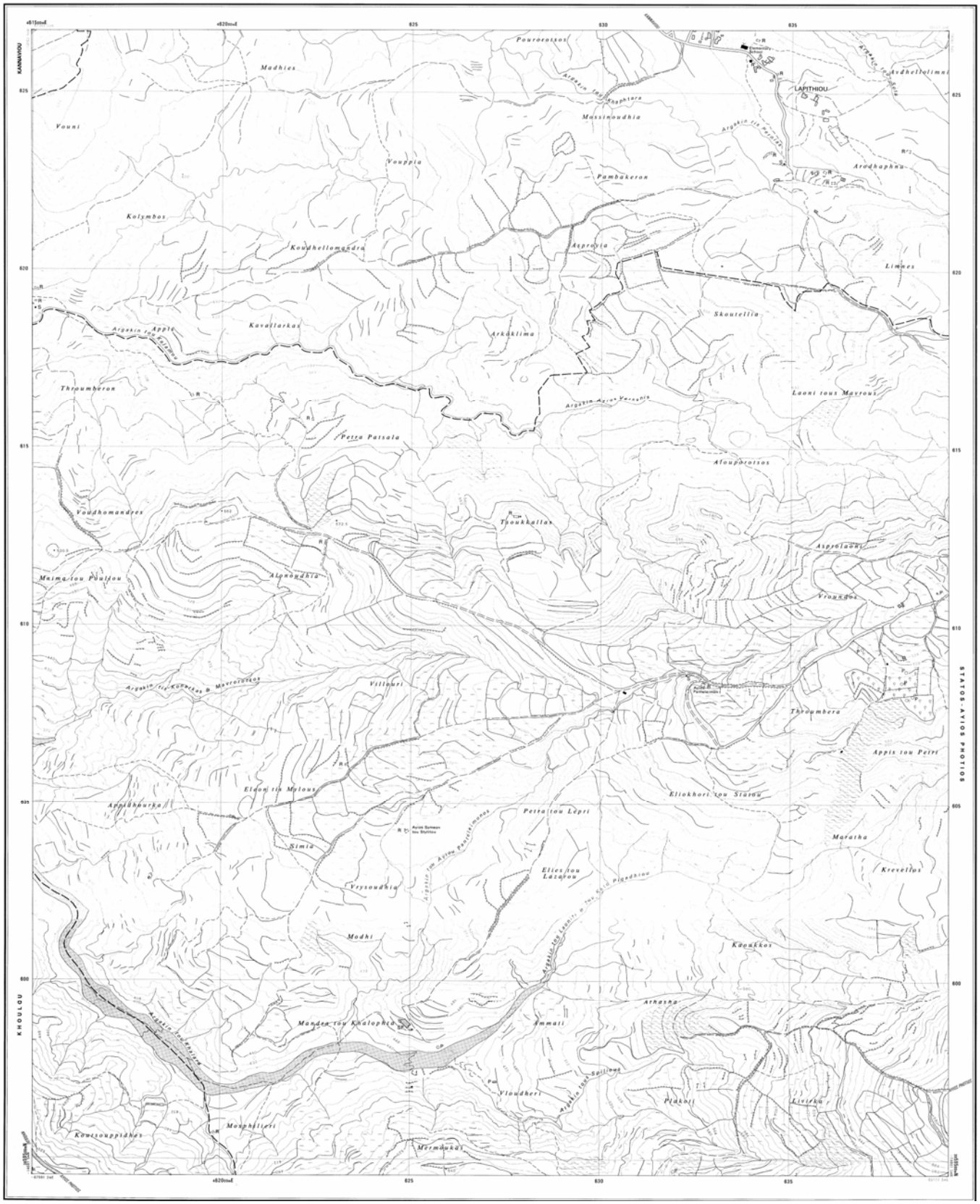
Αεροφωτογραφίες περιορισμένης χρήσης περιοχής Στατός – Άγιος Φώτιος:
Έτος πτήσης: 1993
Διαδρομές: R/1,7,8,9,14
Αρ. φιλμ: F/2,5,17,19

4. Δορυφορική εικόνα N-36-30_2000 (*https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/mrsid.pl*):

Δορυφόρος/σύστημα καταγραφής: Landsat-7/ETM+
Φασματικές ζώνες: 7, 4 και 2
Ημερομηνία λήψης: 2000 +/- 3 έτη (μωσαϊκό εικόνων)

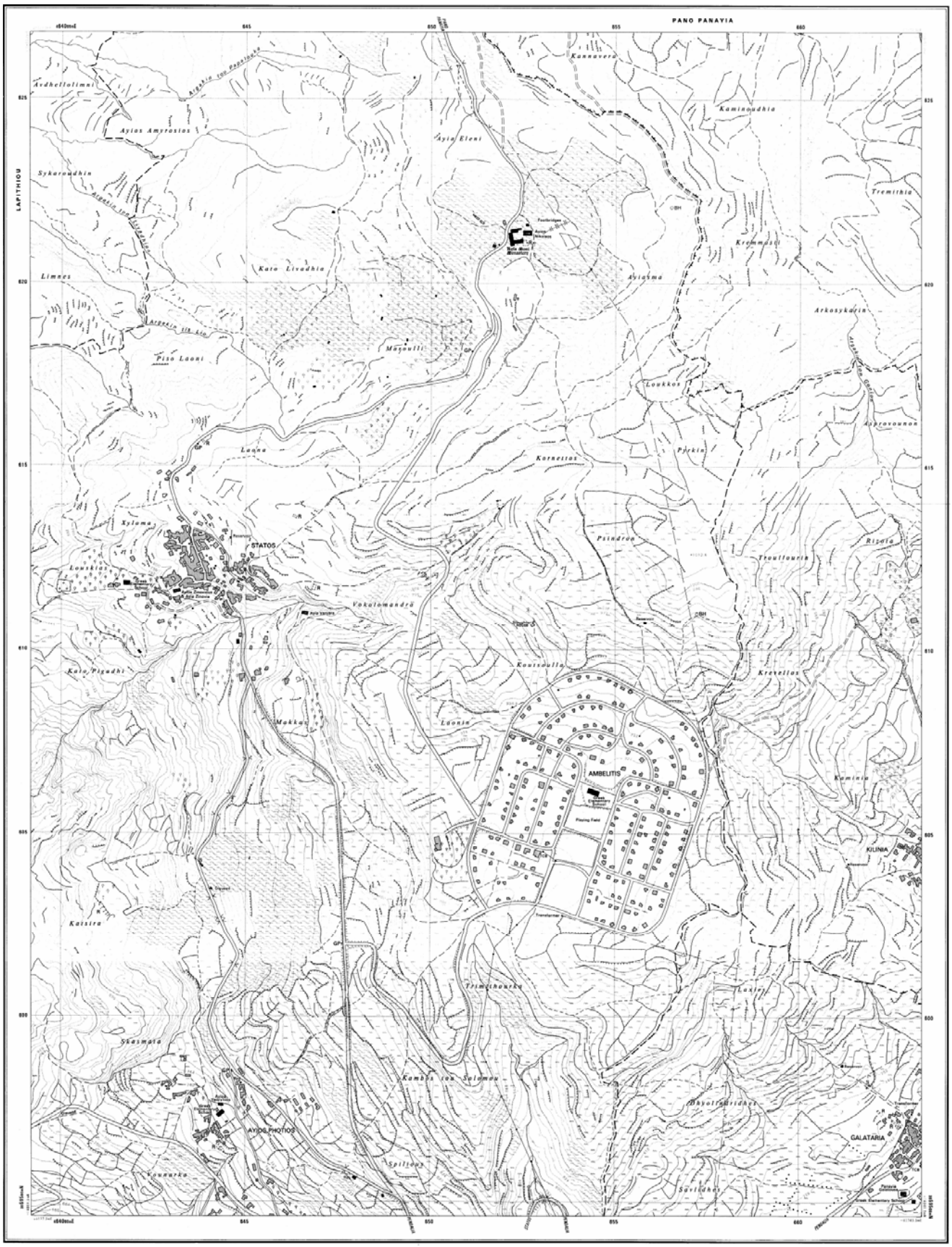
Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

8.1 Χάρτες του τμήματος γεωλογικής επισκόπησης Κύπρου



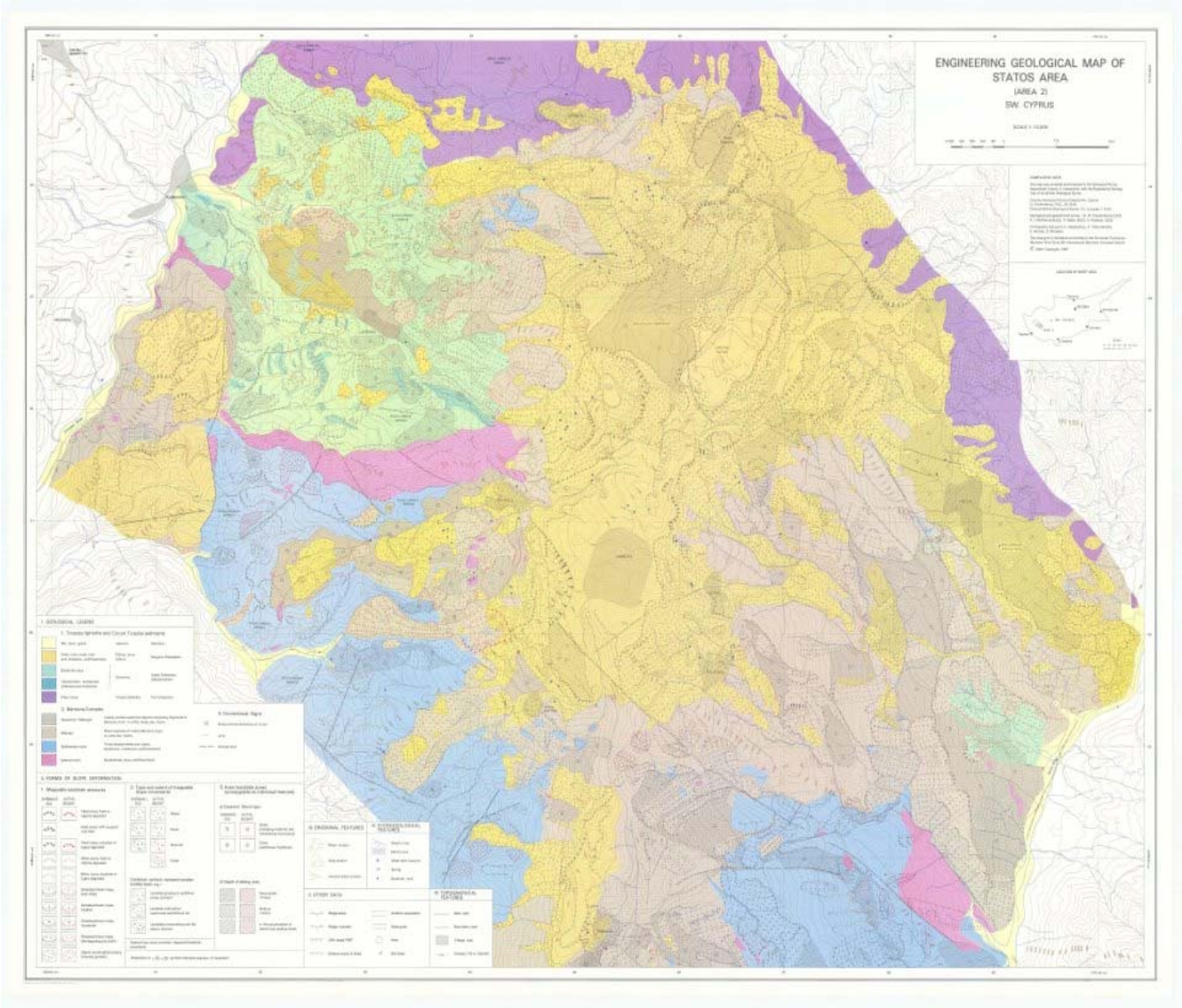
Χάρτης 1. Τοπογραφικός 1: 5.000 Φύλλο 46/I

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.



Χάρτης 2. Τοπογραφικός 1: 5.000 Φύλλο 46/ΙΙ

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.



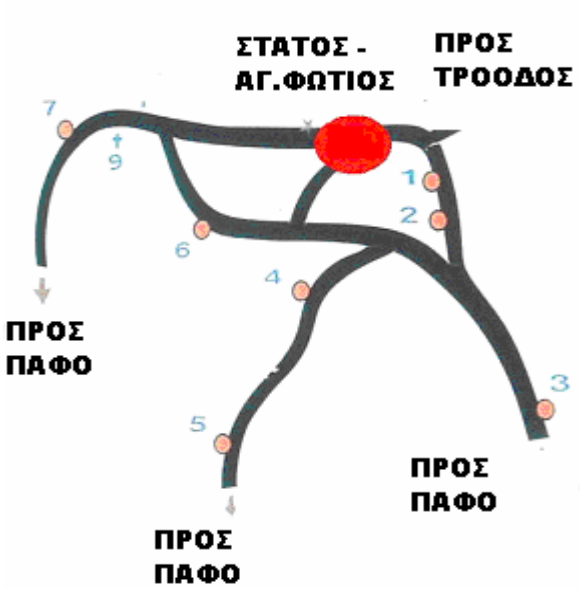
Χάρτης 3. Τεχνικογεωλογικός χάρτης της περιοχής ΣΤΑΤΟΥ 1:10.000

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

8.2 Φωτογραφίες της περιοχής μελέτης μετά από επίσκεψη

Εικόνα 20. Τα χωρία Στατός και Αγ. Φώτιος στο σημείο όπου βρίσκονταν πριν την εγκατάλειψη και μετακίνηση τους ανατολικότερα για την προστασία τους από τις κατολισθήσεις.

1. Κοιλίνια
2. Γαλαταριά
3. Πενταλιά
4. Άγιος Φώτιος
5. Χούλου
6. Στατός
7. Παναγιά
8. Μοναστήρι Αγ.Μονή
9. Μοναστήρι Χρυσορροιάτισσα



Σχεδιάγραμμα της νέας αναδόμησης της περιοχής όπου διακρίνεται η μετακίνηση των χωρίων Στατός – Αγ. Φώτιος, σε ασφαλέστερο σημείο (με κόκκινη σήμανση). Η νέα θέση βρίσκεται σε μεγαλύτερο υψόμετρο.

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

Εικόνα 21. Το χωριό Αγ. Φώτιος όπως συναντάται σήμερα.

Εικόνα 22. Άποψη της ευρύτερης περιοχής όπου διακρίνονται τμήματα βράχων τα οποία έχουν κατολισθήσει.

Φωτογραφίες 1&2. Ρωγμές και διαρρήξεις που έχουν δημιουργηθεί στον οικισμό Στατού μετά από κατολισθητικά επεισόδια.

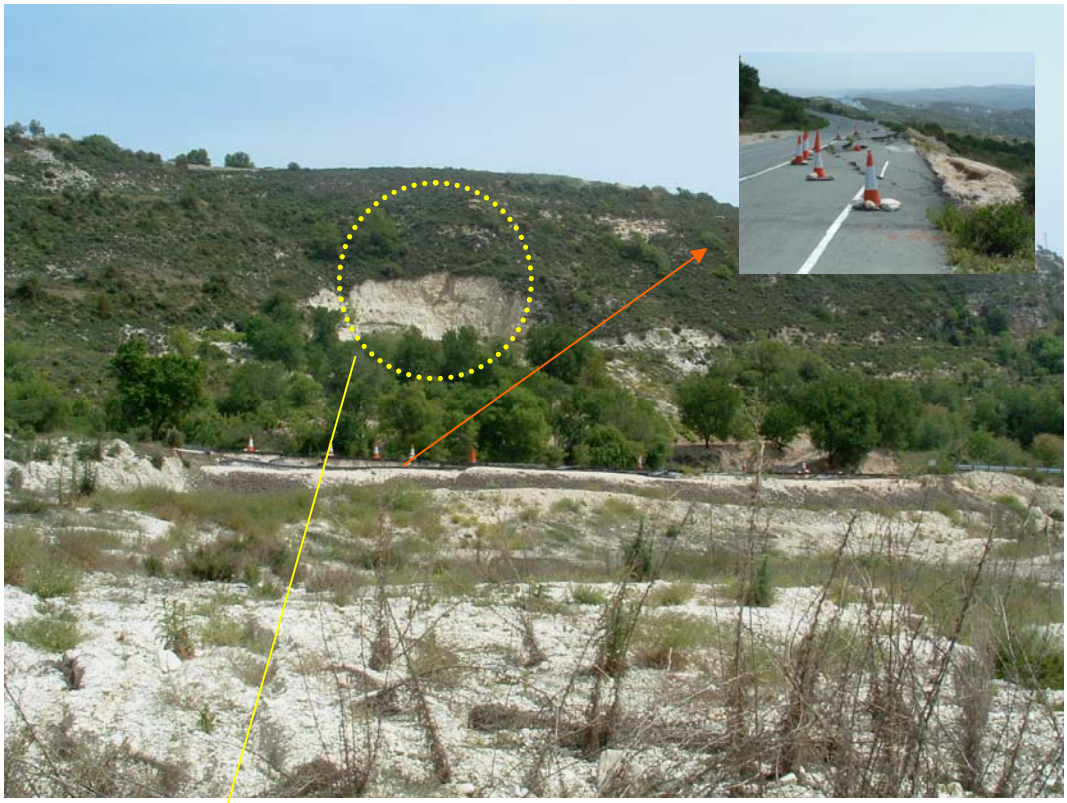
Φωτογραφία 2.

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

Φωτογραφία 3. Προβλήματα τα οποία δημιουργούνται στην περιοχή ακόμη και σήμερα, στο κεντρικό δρόμο που ενώνει το χωριό Πενταλιά με τα χωριά Στατός – Αγ. Φώτιος.

Φωτογραφία 4. Μέτρηση της μεγαλύτερης μετατόπισης του βασικού επίπεδου του δρόμου υπολογίστηκε για το συγκεκριμένο γεγονός σε 80 εκ..

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.



Φωτογραφίες 5 και 6. Θέσεις της ευρύτερης περιοχής και εντοπισμός προβλημάτων κατά μήκος του δρόμου που ενώνει το χωριό Πενταλιά με τα χωριά Στατός – Αγ. Φώτιος.

Φωτογραφία 6.

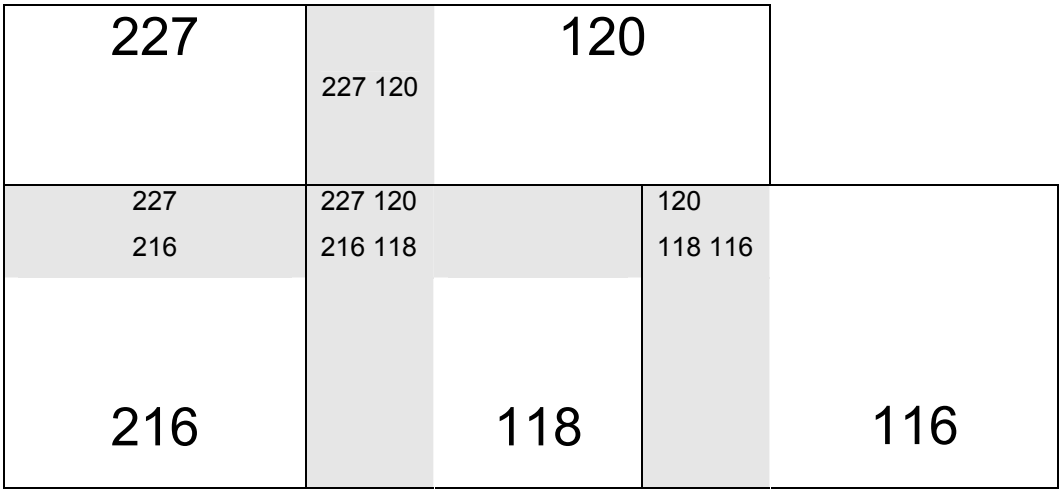
Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

Φωτογραφία 7. Γενική άποψη του δρόμου μεταξύ των χωριών Πενταλιά και Στατός – Άγιος Φώτιος, στην οποία φαίνεται και η κλιτύς (πρανές) στην οποία εμφανίσθηκε η κατολίσθηση.

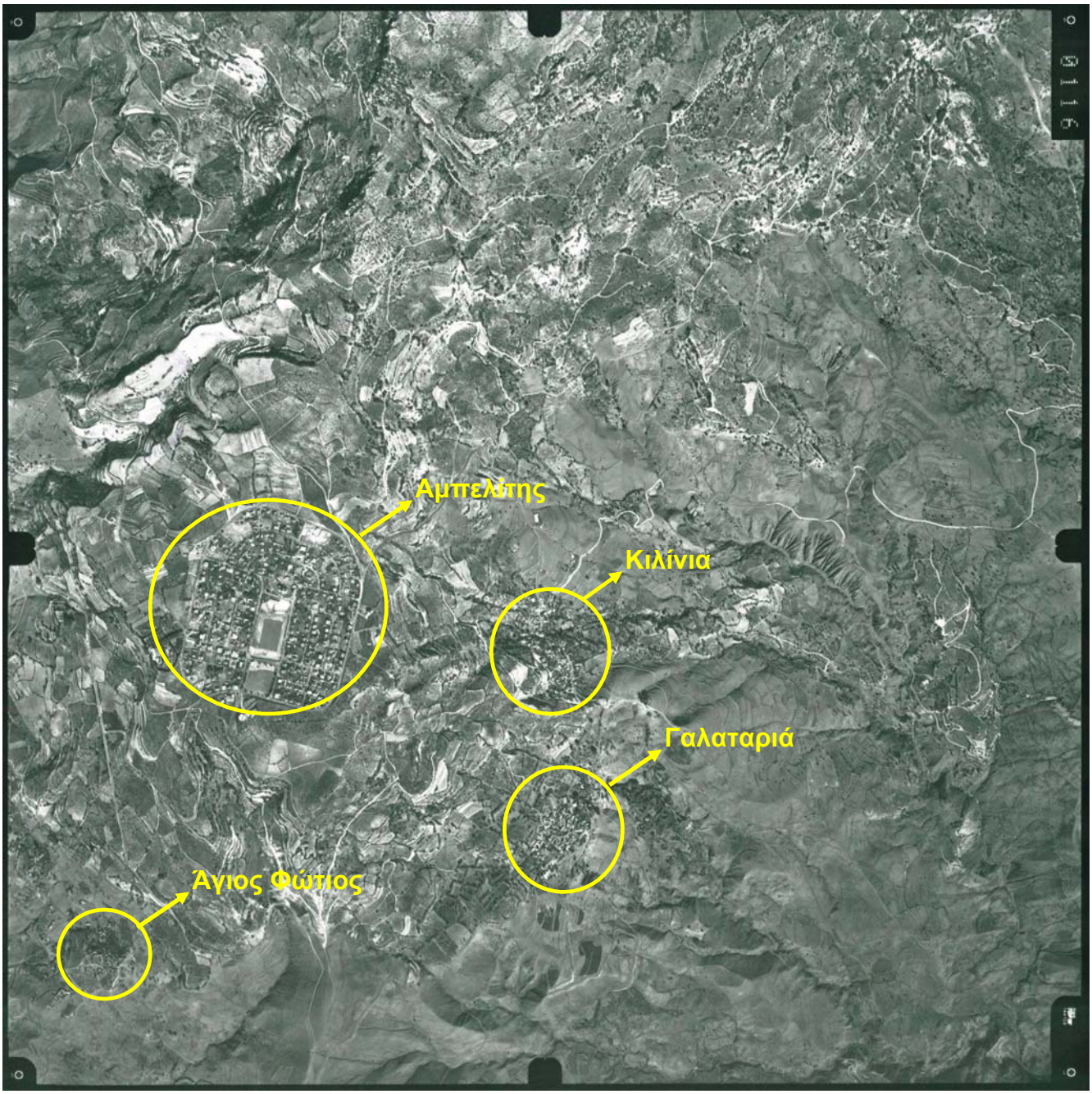
Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

8.3 Αεροφωτογραφίες του τμήματος κτηματολογίου και χωρομετρίας Κύπρου

Οι αεροφωτογραφίες έχουν περιστραφεί ούτως ώστε να είναι ορθά προσανατολισμένες και παρατίθενται με σειρά από ανατολικά προς δυτικά. Στο πιο κάτω σχεδιάγραμμα φαίνεται η σειρά τοποθέτησης των αεροφωτογραφιών και ο τρόπος με τον οποίο αλληλεπικαλύπτονται. Δυστυχώς όπως φαίνεται στο σχεδιάγραμμα δεν υπάρχει ικανοποιητική αλληλοεπικάλυψη μεταξύ των αεροφωτογραφιών για να μπορέσουμε να ερμηνεύσουμε στερεοσκοπικά τις αεροφωτογραφίες που καλύπτουν την περιοχή μελέτης.

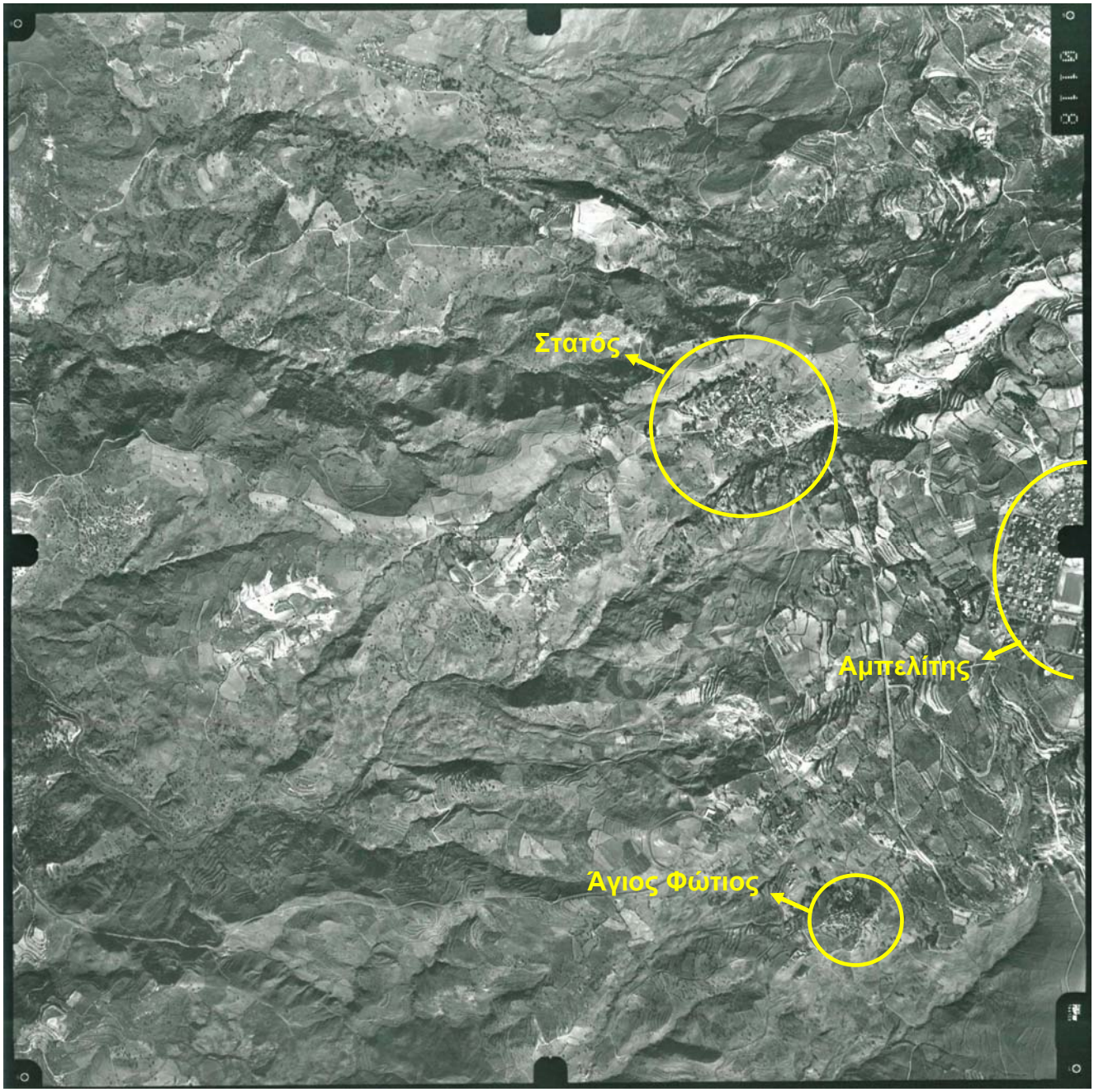


Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.



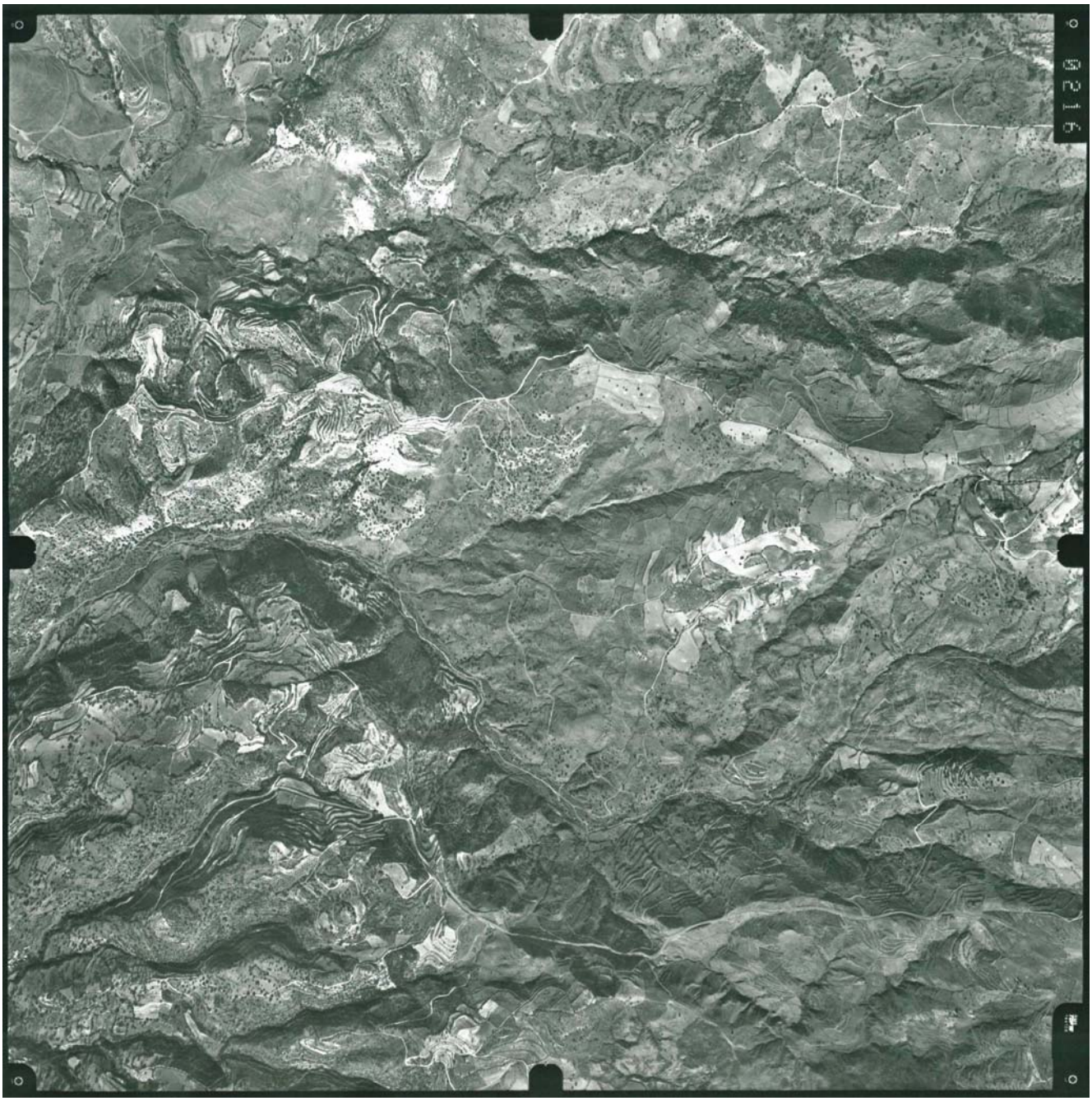
Αεροφωτογραφία αρ. 0116 στην οποία διακρίνονται, στο κέντρο και προς τα αριστερά (δυτικά) το χωριό Αμπελίτης, νοτιοδυτικά το χωριό Άγιος Φώτιος, ενώ δεξιότερα (ανατολικά) τα χωριά Κιλίνια και Γαλαταριά.

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.



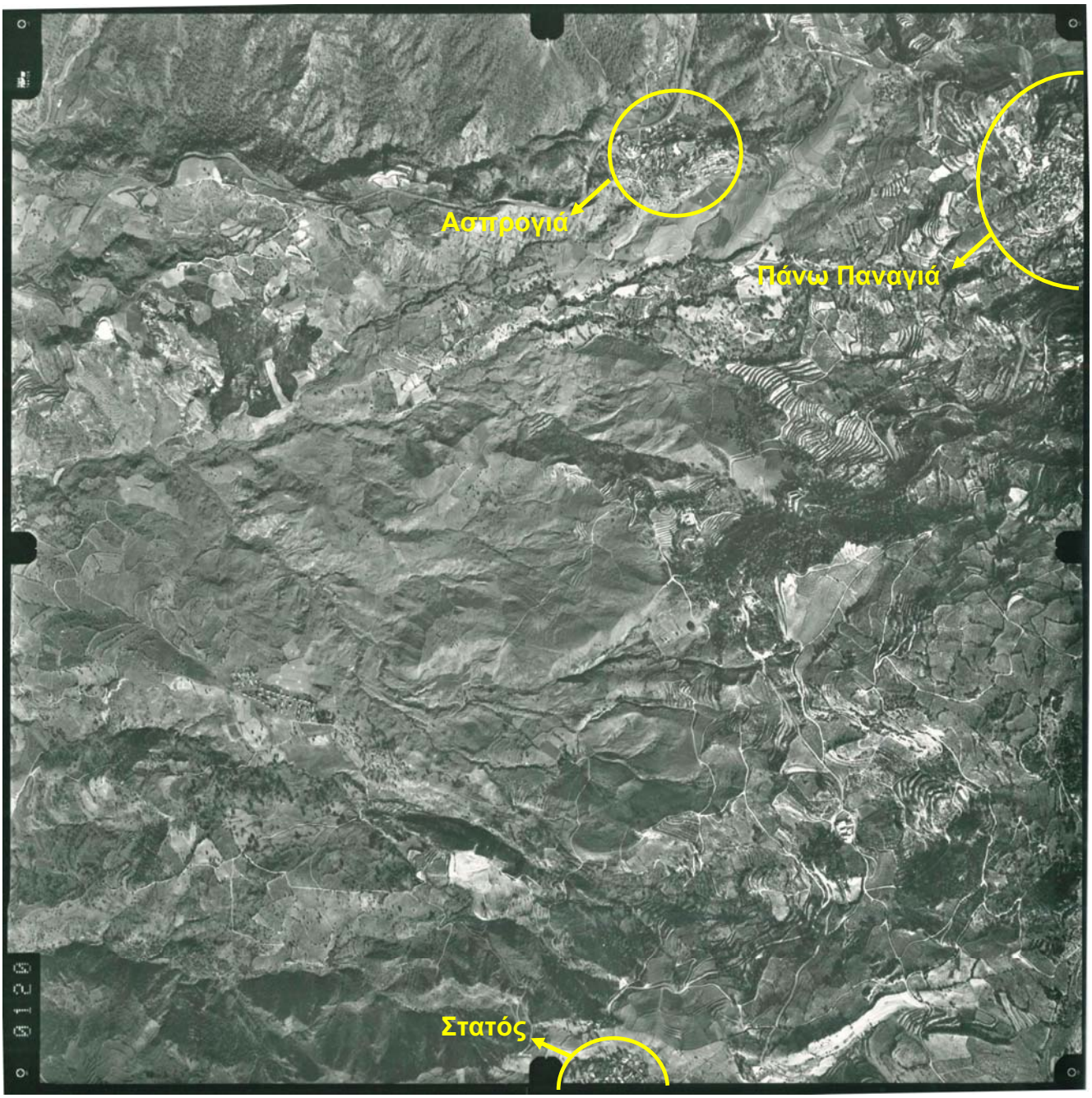
Αεροφωτογραφία αρ. 0118 στην οποία διακρίνονται, στο κέντρο και δεξιά (ανατολικά) το χωριό Στατός, τμήμα του χωριού Αμπελίτης και προς τα κάτω (νότια) το χωριό Άγιος Φώτιος.

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.



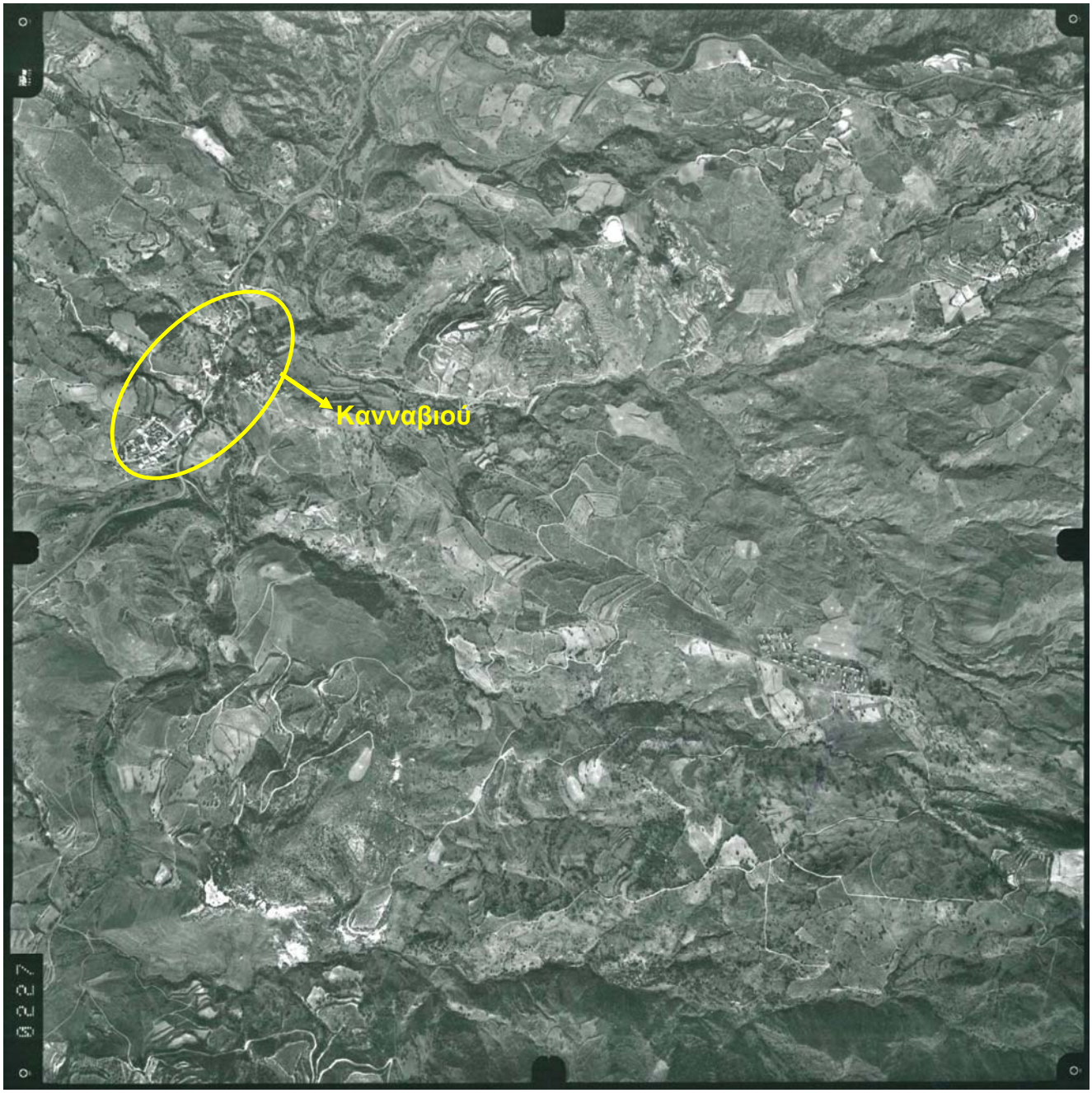
Αεροφωτογραφία αρ. 0216 στην οποία διακρίνονται καλλιεργήσιμες εκτάσεις δυτικά των χωριών Στατός και Άγιος Φώτιος.

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.



Αεροφωτογραφία αρ. 0120 στην οποία διακρίνονται, στο κέντρο και κάτω (νότια) τμήμα του χωριού Στατός, ενώ πάνω και δεξιά (ανατολικά) το χωριό Ασπρογιά και τμήμα του χωριού Πάνω Παναγιά.

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.



Αεροφωτογραφία αρ. 0227 στην οποία διακρίνονται, αριστερά (δυτικά) το χωριό Κανναβιού καθώς και καλλιεργήσιμες εκτάσεις βορειοδυτικά του χωριού Στατός.

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

8.4 Δορυφορική εικόνα N-36-30_2000 (*https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/mrsid.pl*).

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΑΣΤΑΡΑΣ, Θ., «Φωτοερμηνεία (Τηλεπισκόπηση) στις γεωεπιστήμες (Σημειώσεις)», Τομέας φυσικής και περιβαλλοντικής γεωγραφίας, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., 1998.

ΑΣΤΑΡΑΣ, Θ., ΟΙΚΟΝΟΜΙΔΗΣ, Δ., «Εργαστηριακές σημειώσεις στο μάθημα: Ψηφιακή χαρτογραφία και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (G.I.S.), Τεύχος 1: ArcGIS», Τομέας φυσικής και περιβαλλοντικής γεωγραφίας, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., 2004.

ARC/INFO MAPS, Environmental Systems research Institute (Redlands, Calif.), 1993.

BUITEN, HENK J., CLEVERS, JAN G.P.N., «Land observation by remote sensing. Theory and applications», 1993.

COLWELL ROBERT N., «Manual of Remote Sensing», Second Edition.

CRUDEN, D.M., “A simple definition of a landslide”, Bulletin of the International Association for Engineering Geology, 43, 27-29, 1991.

GEOLOGICAL SURVEY DEPARTMENT OF CYPRUS, «Bulletin No 4», Nicosia - Cyprus, October, 1969.

GOTTFRIED KONECNY, «Geoinformation, Remote Sensing, Photogrammetry and Geographic Information Systems», Taylor & Francis Pub., 2002.

GUPTA RAVI P., «Remote Sensing Geology», 1991.

INTERNATIONAL GEOTECHNICAL SOCIETIES, UNESCO Working Party on World Landslide Inventory, «A suggested method for describing the activity of a landslide». Bulletin of the International Association for Engineering Geology, 47: 53-57, 1993.

NORTHMORE K. J., CHARALAMBOUS M., HOBBS P.R.N., PETRIDES G., «Engineering geology of the Kannaviou mélange and Mamonia complex formations – Phiti / Statos area SW Cyprus», 1987.

RYBBAR, JBAN, STEMBERK, JOSEF, WAGNER, PETER A. A. BALKEMA. «Landslides», Proceedings of the First European Conference on Landslides, Prague, Crezch Republic, June 24-26, 2002.

SABINS FLOUD F., «Remote Sensing, Third Edition, Principles and Interpretation», Freeman Pub., New York, 1996

SENNESET, KAARE. A. A. BALKEMA, «Landslides», Proceedings of the Seventh International Symposium on Landslides, June 17-21, 1996.

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΥΠΡΟΥ, «Η γεωλογία της Κύπρου», Δελτίο Αρ.10, Λευκωσία, 2002 .

TERZAGHI, KARL, PECK, RALPH B., «Soil mechanics in engineering practice», Wiley & Sons Pub., 1996.

THE LANDSAT TUTORIAL WORKBOOK, «Basics of satellite remote sensing», SHORT, NICHOLAS M., NASA Scientific and Technical Information Branch, 1982.

VEDER, CHRISTIAN. , HILBERT, FRIEDRICH, «Landslides and their stabilization», Springer – Verlag, 1981.

ZARUBA, QUIDO., MENCL, VOJTECH, «Landslides and their control», 7th International Symposium on Landslides (1996 Throndheim, Norway), Elsevier Scientific Pub. Co., 1982.

- **ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ ΚΑΙ ΥΠΕΡΣΥΝΔΕΣΟΙ**

- http://garmin.com/aboutGPS/waas.html
- http://gps.faa.gov/programs/index.htm
- http://landsat.usgs.gov/project_facts/history/landsat_7.php
- http://landslides.usgs.gov/learningeducation/ls101.php
- http://volcanoes.usgs.gov/Imgs/Jpg/Landslide/30210600-077_caption.html
- http://web.mala.bc.ca/geoscape/landslide!.htm
- http://www.em.gov.bc.ca/Mining/Geolsurv/Surficial/landslid/ls2.htm
- http://www.esa.int/export/esaNA/SEM0V1V4QWD_egnos_0.html
- http://www.gys.gr/
- http://www.geoapikonisis.gr
- http://www.navsen.uscg.mil/gps
- https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/mrsid.pl

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.