



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ – ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ (Υ4202)**

**ΑΣΚΗΣΗ 3<sup>η</sup>**

*ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ – ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΕΡΜΗΝΕΙΑ  
ΤΟΠΙΚΩΝ ΒΑΡΥΤΙΚΩΝ ΑΝΩΜΑΛΙΩΝ*

*Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΙΑΣ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΛΕΚΑΝΗΣ*

από τον

Στυλιανό Χάϊλα

Αθήνα, Μάρτιος 2022



Η παρούσα Εργαστηριακή Άσκηση προορίζεται για τις εκπαιδευτικές ανάγκες των φοιτητών του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος (εφεξής ΤΓΓ) του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών και διατίθεται βάσει άδειας χρήσης **Creative Commons BY-NC-ND** (αναφορά πηγής, μη εμπορική χρήση, όχι αντιγραφή ή παράγωγα). Οι συγγραφείς τα ονόματα των οποίων αναγράφονται στην πρώτη σελίδα, διατηρεί στο ακέραιο τα επ' αυτής πνευματικά δικαιώματα.

Βάσει άδειας χρήσης BY-NC-ND οι αποδέκτες της παρούσας άσκησης φοιτητές του ΤΓΓ/ΕΚΠΑ δικαιούνται να εκτυπώσουν ένα ή περισσότερα αντίγραφα προσωπική τους χρήση. Απαγορεύεται ρητά και άνευ εξαιρέσεων, η τροποποίηση ή αντιγραφή του περιεχομένου κειμένου, εν μέρει ή εν όλω.

Δεν παρέχεται καθ' οιονδήποτε τρόπο, εγγύηση για την ακρίβεια, ασφάλεια και χρησιμότητα του περιεχομένου της παρούσας Εργαστηριακής Άσκησης και των συνοδευόντων αυτή αρχείων δεδομένων και λογισμικού. Ο συγγραφέας αποποιείται οιαδήποτε ευθύνη για προβλήματα ή ζημιές που θέλουν προκύψει από την χρήση της παρούσας και των συνοδών αρχείων δεδομένων και λογισμικού.

#### ΑΔΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ:

Creative Commons BY-NC-ND



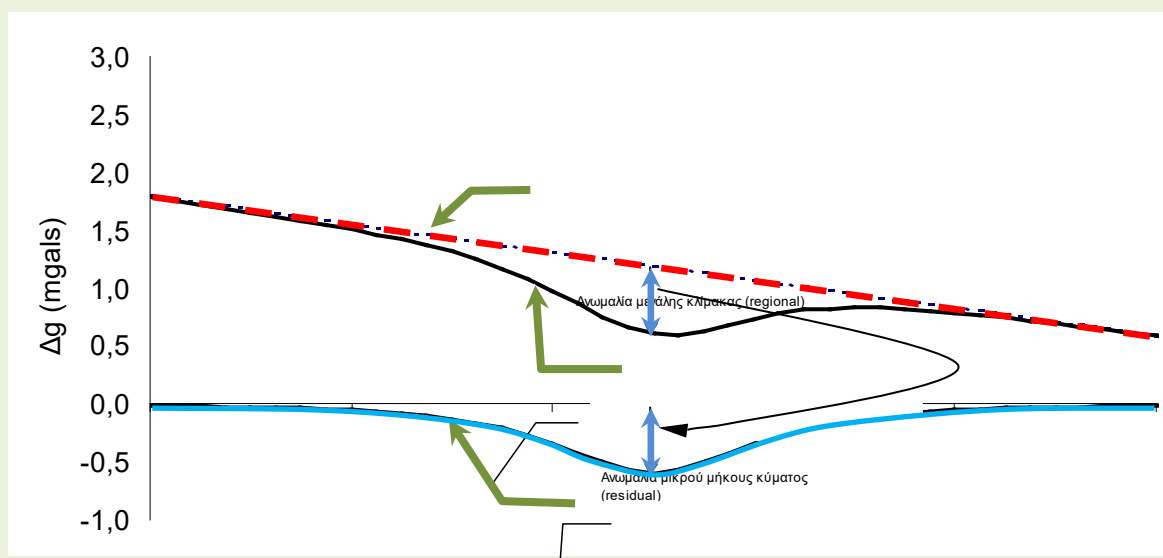
## Γενικά - Εισαγωγή

Μετά τον υπολογισμό των Βαρυτικών Ανωμαλιών και την χαρτογράφισή τους (την κατασκευή του Βαρυτικού Χάρτη), αρχικά προβαίνουμε στην ποιοτική τους ερμηνεία (μια διαδικασία που ήδη έχετε ξεκινήσει εντός της αιθούσης). Η ποιοτική ερμηνεία αφορά αφ' ενός τον έλεγχο του βαθμού συσχέτισης της παρεχόμενης από τον Χάρτη Βαρυτικών Ανωμαλιών (το ίδιο ισχύει και για τον Χάρτη Μαγνητικών Ανωμαλιών) πληροφορίας με την προϋπάρχουσα πληροφορία από άλλες πηγές (π.χ. με τα στοιχεία που προκύπτουν από τον Γεωλογικό Χάρτη) και αφ' ετέρου τον εντοπισμό στοιχείων (βαρυτικές ανωμαλίες τοπικού ενδιαφέροντος [τοπικές ανωμαλίες]) με τα οποία μπορεί να συμβάλλει ο νέος χάρτης για την ολοκλήρωση την διασαφήνιση ή την επιβεβαίωση της προϋπάρχουσας εικόνας για την δομή της περιοχής.

Κατόπιν, ακολουθεί η ποσοτική ερμηνεία του Βαρυτικού Χάρτη. Δηλαδή, ο υπολογισμός της πραγματικής θέσης στον χώρο (οριζοντιογραφικά αλλά και ως προς το βάθος) καθώς και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών (μέγεθος, και σχήμα) των δομών ενδιαφέροντος (αυτές στις οποίες οφείλουν την παρουσία τους οι τοπικές βαρυτικές ανωμαλίες).

### Διαχωρισμός Τοπικής (Υπολειμματικής) Ανωμαλίας

Ο απλούστερος τρόπος για την επίλυση αυτού του προβλήματος είναι μέσω της απομόνωσης (διαχωρισμού) των τοπικών ανωμαλιών (ανωμαλίες μικρής κλίμακας) και της ποσοτικής ερμηνείας τους κατά μόνας. Υπάρχει μία συγκεκριμένη διαδικασία που ακολουθείται για τον διαχωρισμό των βαρυτικών ανωμαλιών μικρής και ευρείας κλίμακας (Σχήμα 1). Συνίσταται στην αφαίρεση από τις παρατηρούμενες ανωμαλίες των ανωμαλιών που αποδίδονται σε μεγαλύτερης (ή γενικότερα μεγάλης) κλίμακας δομές, **(ανωμαλίες ευρείας κλίμακας)** ώστε, να εναπομείνουν προς επίλυση οι βαρυτικές ανωμαλίες που έχουν ενδιαφέρον σε τοπική κλίμακα (**υπολειμματικές ανωμαλίες**).

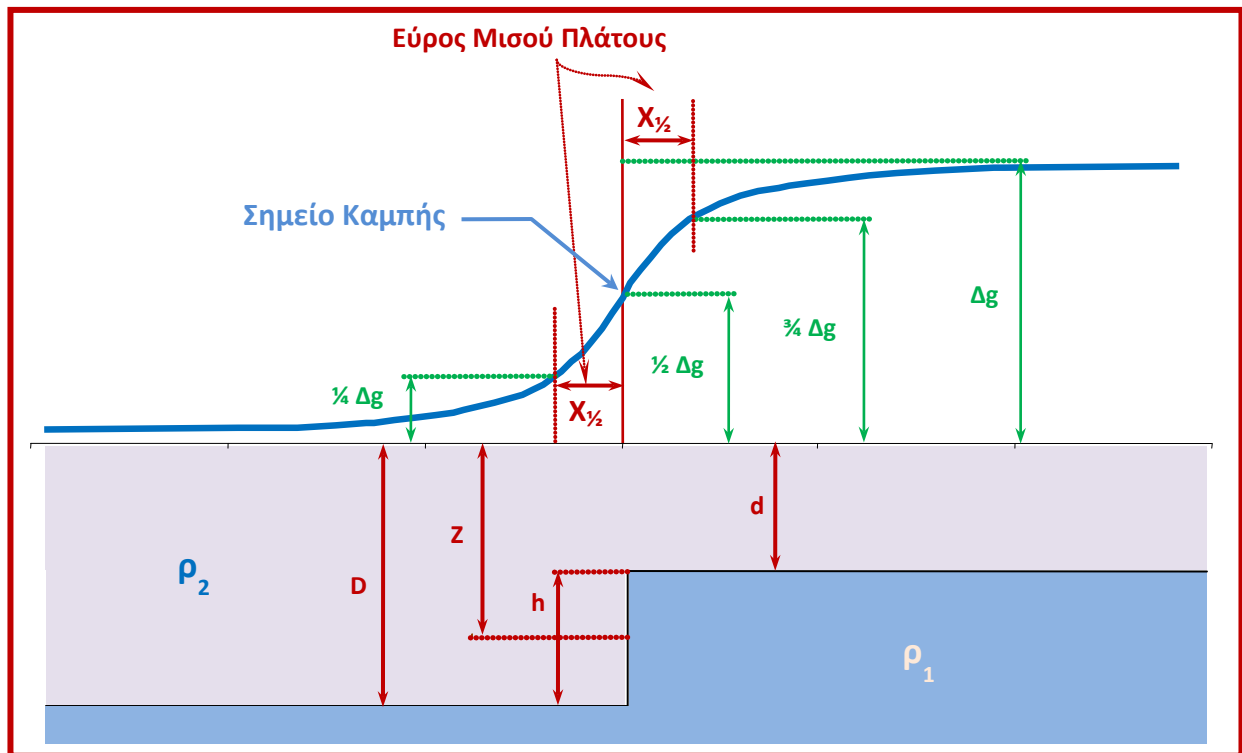


**Σχήμα 1:** Εύρεση των υπολειμματικών (residual) ανωμαλιών μετά την αφαίρεση της ανωμαλίας μεγάλης κλίμακας από μια παρατηρούμενη ανωμαλία.

Όπως είδατε και στην προηγούμενη εργαστηριακή άσκηση το σχήμα των τοπικών βαρυτικών ανωμαλιών (εκεί η τοπική ανωμαλία ήταν η μοναδική βαρυτική ανωμαλία στην περιοχή) που παρατηρούνται στην επιφάνεια του εδάφους, σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα από την ποιοτική ερμηνεία, μας επιτρέπει να

περιγράψουμε με απλά γεωμετρικά σώματα ή σχήματα (π.χ. σφαίρα, κύλινδρος, ρήγμα) τις γενεσιουργές τους δομές και, να προβούμε στον υπολογισμό των προσδοκούμενων ποσοτικών αποτελεσμάτων που προαναφέραμε, με την χρήση απλών μαθηματικών σχέσεων, όπου, τα απαραίτητα στοιχεία μπορούν να εξαχθούν από τις βαρυτικές τομές.

Στο σχήμα 2 δίδεται η μορφή της βαρυτικής τομής η οποία τέμνει εγκάρσια την διεύθυνση της παράταξης ενός κατακόρυφου ρήγματος που το «κέντρο του» βρίσκεται σε βάθος  $Z$  από την επιφάνεια του εδάφους. Το βάθος μπορεί να υπολογιστεί συναρτήσει του «εύρους του μισού πλάτους»  $X_{1/2}$ .



**Σχήμα 2:** Βαρυτική Ανωμαλία οφειλόμενη σε κατακόρυφο Ρήγμα. Η γεωμετρία του ρήγματος δίνεται στο κάτω μισό του σχήματος (φυσικογεωλογική τομή).

Στην περίπτωση κατακόρυφου ρήγματος (βλ. σχήμα 2)

$$Z = X_{1/2}$$

1

Για διαφορά πυκνότητας  $\Delta\rho (= \rho_1 - \rho_2)$  μπορούμε να υπολογίσουμε:

Το άλμα  $h$  του ρήγματος από την σχέση:

$$h = \frac{\Delta g}{0.04193 \Delta \rho}$$

Το βάθος  $D$  του κάτω τεμάχους είναι  $D = Z + h/2$ , ενώ (στην περίπτωση που αυτό είναι καλυμμένο από το υλικό με πυκνότητα  $\rho_1$ ) το βάθος  $d$  του άνω τεμάχους είναι  $d = Z - h/2$ .

### Εκτίμηση Πυκνότητας σε Χαλαρά Ιζήματα

Στα χαλαρά ιζήματα ο εργαστηριακός υπολογισμός της πυκνότητας είναι εξαιρετικά δύσκολος. Είναι δυνατός όμως ο προσδιορισμός μιας αντιπροσωπευτικής «μέσης»

1. αντίθεσης πυκνότητας ( $\Delta\rho$ ) από

#### Το Βάθος ενδεχόμενων Γεωτρήσεων

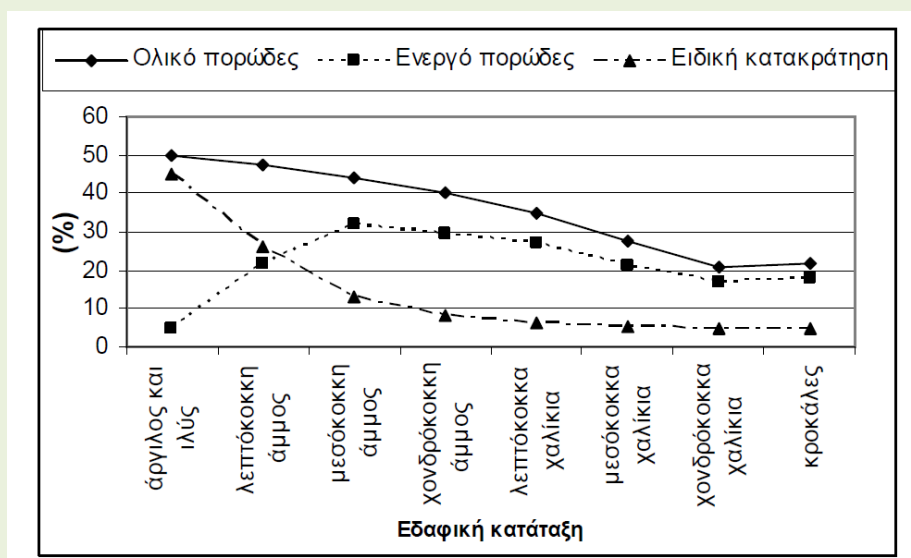
Αν το πάχος  $D$  του υλικού πλήρωσης μιας λεκάνης είναι γνωστό στις θέσεις κάποιων γεωτρήσεων τότε η τιμή της τοπικής βαρυτικής ανωμαλίας ( $\Delta g_i$ ) στις θέσεις αυτές μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι ίση με

$$\Delta g_i = 0.041923 \cdot \Delta\rho \cdot D \quad (\text{την οποία μπορούμε να λύσουμε ως προς } \Delta\rho)$$

2. πυκνότητας ( $\rho$ ) από

#### Το Πορώδες

Στο σχήμα 3 δίνεται η μεταβολή του πορώδους συναρτήσει της εδαφικής κατάταξης. Λαμβάνοντας υπ' όψη το εύρος διακύμανσης του ενεργού πορώδους και γνωρίζοντας τις πυκνότητες των σχηματισμών του υποβάθρου (από δείγματα) που βρίσκονται στην περιοχή πέριξ μιας λεκάνης. Μπορούμε χωρίς μεγάλο σφάλμα να υποθέσουμε ότι η μέση πυκνότητα του υλικού πλήρωσης της λεκάνης είναι:



**Σχήμα 3:** Μεταβολή του πορώδους και της ειδικής κατακράτησης συναρτήσει της εδαφικής κατάταξης.

Πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα:

$$\rho = (0,7 \text{ έως } 0,8) \times \text{μέση πυκνότητα των συμπαγών δειγμάτων}$$

Μέσα στον υδροφόρο ορίζοντα:

$$\rho = (0,7 \text{ έως } 0,8) \times \text{μέση πυκνότητα των συμπαγών δειγμάτων} + (0,3 \text{ έως } 0,2) \times \text{πυκνότητα του νερού}$$

### Περιγραφή – Απαιτούμενες Εργασίες προς Εκτέλεση

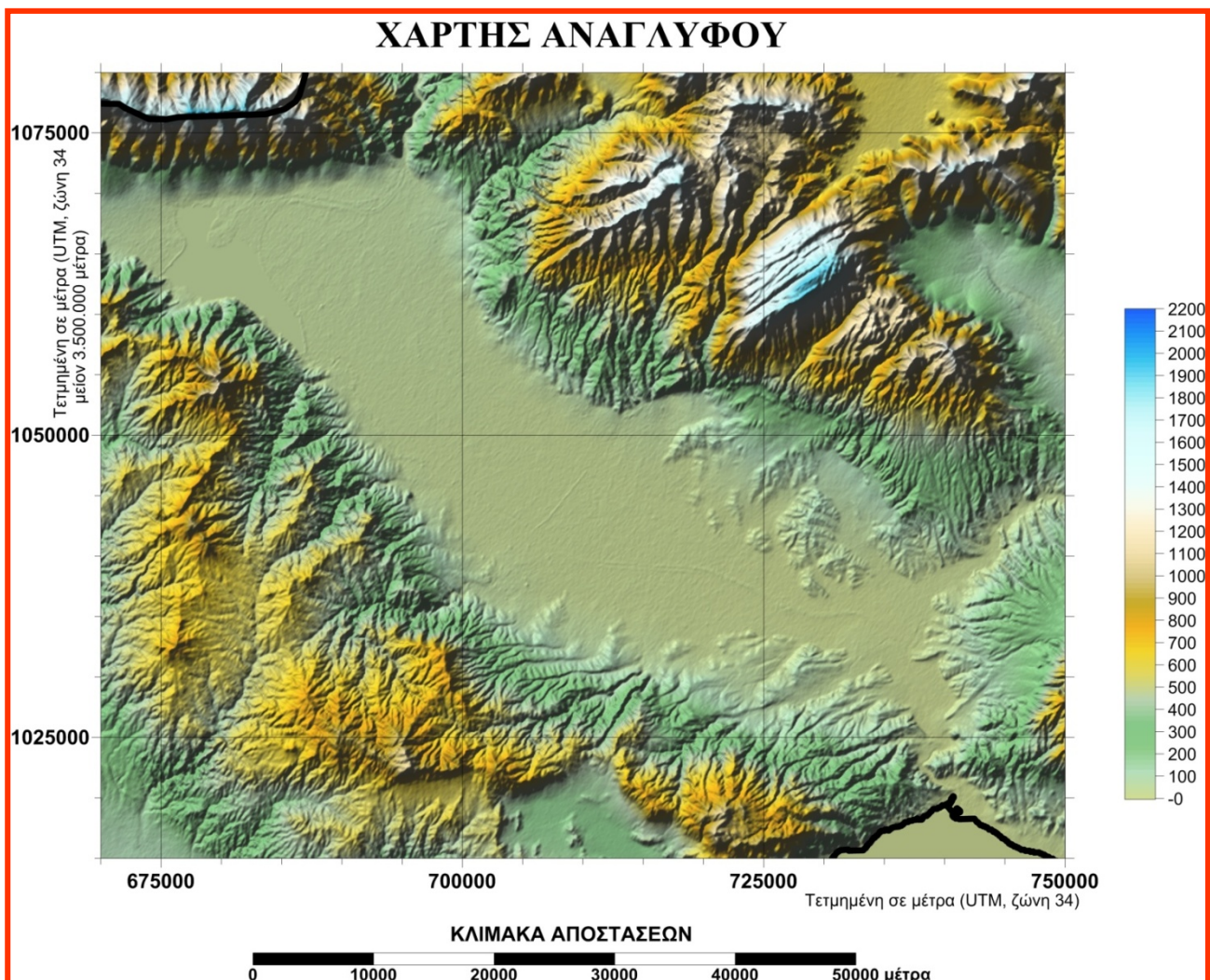
Στην παρούσα άσκηση καλείστε να προβείτε στην ποσοτική ερμηνεία βαρυτικών τομών με την χρήση του βαρυτικού μοντέλου ενός κατακόρυφου ρήγματος. Σας δίνονται υπό μορφή ψηφιακού πίνακα (GRID) ο τοπογραφικός χάρτης και ο χάρτης πλήρους ανωμαλίας Bouguer της περιοχής της Λεκάνης του Στρυμόνα.

Επιπροσθέτως λάβετε υπ' όψη ότι στη λεκάνη του Στρυμόνα στην θέση με χαρτογραφικές συντεταγμένες (724725, 1038150) έχει γίνει κατά το παρελθόν βαθειά γεώτρηση (με κωδικό **STR-1**), η οποία συνάντησε το υπόβαθρο της λεκάνης σε βάθος 2950 m από την επιφάνεια.

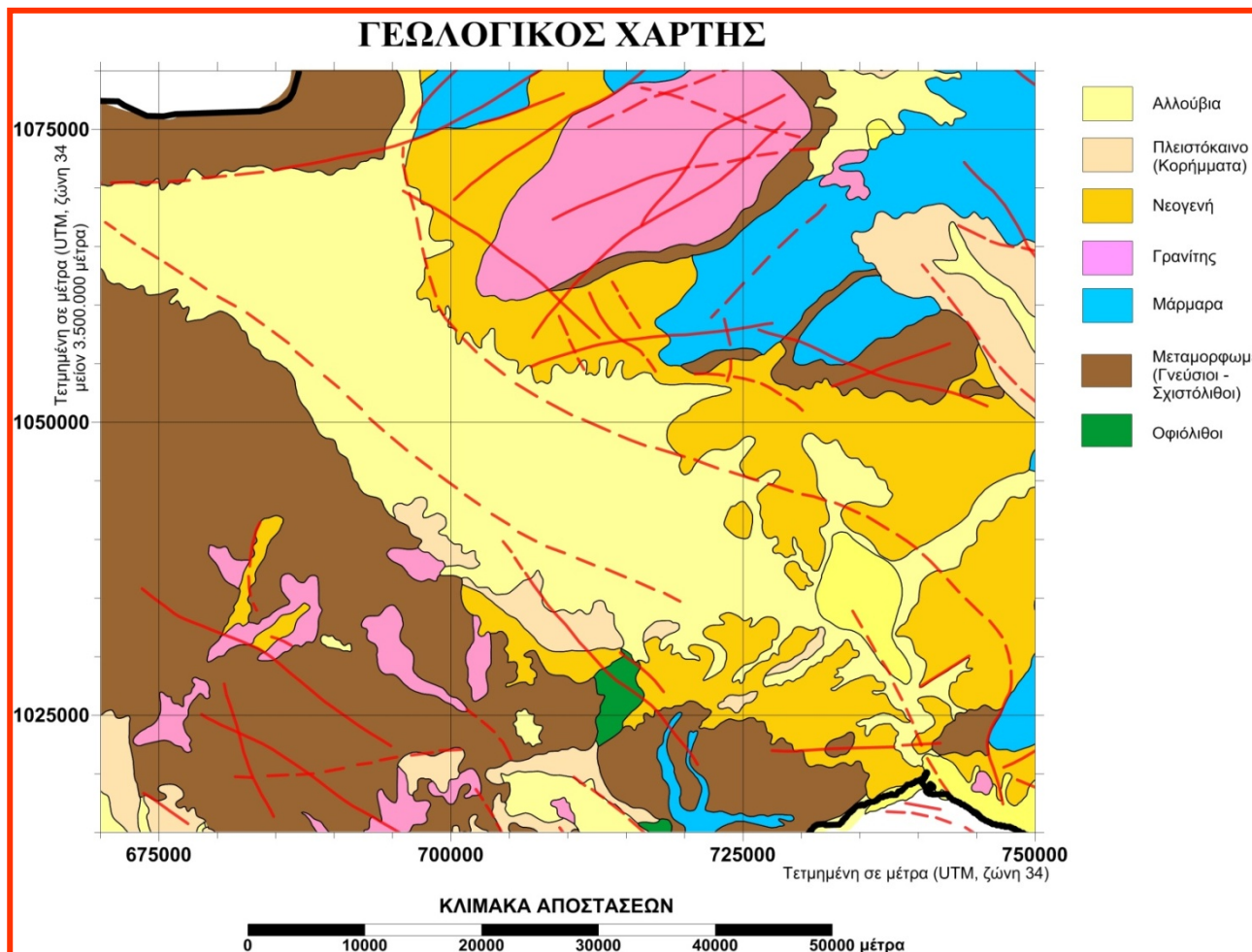
Καλείστε να εκτιμήσετε με την βοήθεια του Βαρυτικού χάρτη το πάχος των ιζημάτων πλήρωσης της λεκάνης.

Για βοήθεια σας δίνονται:

1. ο λεπτομερής χάρτης αναγλύφου και ο γεωλογικός χάρτης της περιοχής.
2. Αρχείο EXCEL (όνομα αρχείου TOMEΣ.xls)







### Εργασίες

Για τον χωρισμό των κεφαλαίων της έκθεσής σας: μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την δομή που υπονοείται παρακάτω από τον τρόπο βαθμολόγησης.

1. Κατασκευή Χαρτών – Προετοιμασία Τομών(Για την αλληλουχία των απαραίτητων βημάτων στο SURFER όπου χρειαστεί μπορείτε να συμβουλευτείτε και τα φυλλάδια των προηγούμενων ασκήσεων)
  - a. Με την χρήση του Surfer κατασκευάστε τον Τοπογραφικό χάρτη και τον Βαρυτικό χάρτη (πλήρους ανωμαλίας Bouguer) (χρησιμοποιείτε τα αντίστοιχα GRD που σας δίνονται)
  - b. Ετοιμάστε ένα DAT αρχείο το οποίο να περιέχει τα απαραίτητα στοιχεία για την γεώτρηση STR-1 και προβάλλετε στον χάρτη την θέση της γεώτρησης

- c. Στον Τοπογραφικό χάρτη σχεδιάστε τον μεγάλο άξονα της λεκάνης και προβάλλετε τον στους χάρτες. (Για την προβολή του στους χάρτες προτείνεται να ψηφιοποιηθεί [αρχείο BLN])
- d. Σχεδιάστε και προβάλλετε 5 τομές των οποίων οι διευθύνσεις να είναι κάθετες στον μεγάλο άξονα της λεκάνης και να ισοκατανέμονται κατά μήκος του μεγάλου άξονα (φροντίστε ώστε μια τις τομές να περνά από την θέση της γεώτρησης).
- e. Ετοιμάστε με την χρήση του Surfer τα αρχεία των αντίστοιχων 5 Τοπογραφικών και Βαρυτικών Τομών.

[Βαθμολογική αξία: 2,5 μονάδες]

2. Προβείτε σε συνδυασμένο σχολιασμό του λεπτομερούς τοπογραφικού αναγλύφου και του Γεωλογικού χάρτη.

[Βαθμολογική αξία: 2,5 μονάδες]

3. Κατασκευή Τομών – Ετίμηση  $X_{1/2}$

- a. Ανοίξτε το φύλλο **TOMH\_1** στο αρχείο TOMEΣ.xls.

- b. Αφού σβήσετε τα προϋπάρχοντα στοιχεία στις έγχρωμες περιοχές, συμπληρώστε τα στοιχεία για την εκάστοτε τομή (από τις 5 που έχετε προετοιμάσει) (...προσέχοντας όμως ότι στα έγχρωμα κελιά της στήλης  $Y_{regional}$  γίνεται αναφορά στις τιμές της κίτρινης περιοχής.).

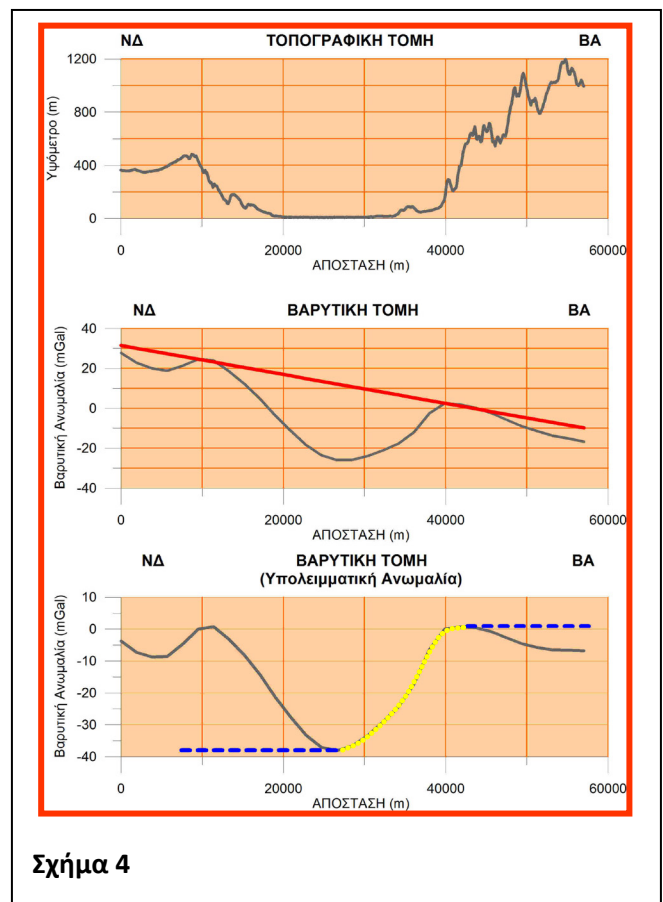
- c. Αφού συμπληρώσετε τον πίνακα, αρχίστε να μεταβάλλετε με την χρήση των γραμμών κύλισης τις τιμές των  $Y_{αρχής}$  και  $Y_{τέλους}$  (στην κίτρινη περιοχή) ώστε να προσαρμοστεί κατάλληλα η ευθεία που αναπαριστά την ανωμαλία ευρείας κλίμακας και να απομονώσετε την τοπική ανωμαλία λόγω της λεκάνης. (Παράδειγμα επιτυχούς εφαρμογής δες στο σχήμα 4)

- d. Μεταβείτε στο φύλλο **TOMH\_1 (2)** όπου θα μπορέσετε να κάνετε εκτίμηση του  $X_{1/2}$  σύμφωνα με όσα έχουμε αναφέρει παραπάνω (Σχήμα 2)

- e. Αφού τελειώσετε με την πρώτη σας τομή αντιγράψτε το φύλλο εργασίας σε ένα καινούργιο και επαναλάβετε τα βήματα για την επόμενη τομή σας. (συνεχίστε κατά τον ίδιο τρόπο μέχρι και την 5<sup>η</sup> τομή σας)

- f. **ΠΡΟΣΟΧΗ:** Στην τομή που περνά από την STR-1,

- a. Συμπληρώστε αρχικά τις συντεταγμένες (Συντεταγμένες Προβολής στον Χάρτη) της αρχής της Τομής ώστε να υπολογιστεί (με την βοήθεια των συντεταγμένων της) η απόσταση της γεώτρησης από την αρχή της τομής και να προβληθεί στα διαγράμματα.



Σχήμα 4



Η απόσταση  $\Delta$  δύο σημείων με συντεταγμένες  $(X_1, Y_1)$  και  $(X_2, Y_2)$  δίνεται από τον τύπο

$$\Delta = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

- b. Βρείτε επί της τομής της υπολειμματικής ανωμαλίας την τιμή της ανωμαλίας στην θέση της γεώτρησης.
- c. Υπολογίστε την εκτιμώμενη διαφορά πυκνότητας ( $\Delta\rho$ ) με την βοήθεια των στοιχείων που συλλέξατε.

[Βαθμολογική αξία: 2,5 μονάδες]

4. Εκτίμηση Πάχους Ιζημάτων Πλήρωσης της Λεκάνης

- a. Θεωρώντας ότι τα πετρώματα του υποβάθρου της λεκάνης έχουν πυκνότητα ( $2.7 \text{ gr/cm}^3$ ) και αμελητέο πορώδες και, ότι το υλικό πλήρωσης της λεκάνης έχει πορώδες 20%, υπολογίστε την διαφορά πυκνότητας ( $\Delta\rho$ ) του υλικού πλήρωσης της λεκάνης θεωρώντας ότι
  - a. το πορώδες του (ενεργό πορώδες) δεν περιέχει νερό
  - b. το πορώδες του (ενεργό πορώδες) είναι πλήρες νερού (πυκνότητα νερού  $1.0 \text{ gr/cm}^3$ )
- b. Με την χρήση των εκτιμήσεων με την χρήση του κανόνα του εύρους μισού πλάτους για την περίπτωση κατακόρυφου ρήγματος και τις τρεις τιμές του  $\Delta\rho$  για τις οποίες έχετε ήδη προβεί σε εκτιμήσεις, υπολογίστε το μέγιστο πάχος των ιζημάτων της λεκάνης σε κάθε τομή.  
(ΠΡΟΣΟΧΗ: Υπάρχουν διάφοροι τρόποι διαχείρισης των εξισώσεων της σελίδας 4 προκειμένου να γίνουν οι υπολογισμοί. Κινηθείτε ελεύθερα, αρκεί να φαίνεται στην έκθεση τι έχετε κάνει και, να μην αλλάζετε τρόπους στις διάφορες τομές)
- c. Κατασκευάστε στο EXCEL ένα διάγραμμα το οποίο να δείχνει τον τρόπο εξέλιξης της μεταβολής του μέγιστου πάχους των ιζημάτων κατά μήκος του μεγάλου άξονα της λεκάνης (**διακρίνετε και εδώ δυο περιπτώσεις / δυο καμπύλες ανάλογα με το πορώδες**). (Στο EXCEL μπορείτε να χρησιμοποιήσετε **Insert/Charts/Line**)

[Βαθμολογική αξία: 2,5 μονάδες]