

ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΛΟΓΙΑ.— **Καθορισμός τῆς πυκνότητας τῶν ἐρευνητικῶν γεω-  
τρῆσεων στὰ κοιτάσματα τοῦ ἀνωτέρου ὀρίζοντα τῆς ζώνης Παρ-  
νασσοῦ - Γκιώνας, ὑπὸ Κ. Μάστορη\***. Ἀνεκρινώθη ὑπὸ τοῦ Ἀκαδημαϊ-  
κοῦ κ. Α. Μούσουλου.

#### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ὁ προσδιορισμὸς τῆς optimum πυκνότητας τῶν ἐρευνητικῶν ἔργων καὶ βασικά τῶν γεωτρήσεων ποὺ ἀπαιτοῦνται γιὰ τὴ μελέτη ἑνὸς κοιτάσματος εἶναι ἐξαιρετικῆς σπουδαιότητος, ἀφοῦ ἀπὸ τὸν ἀριθμὸ τους ἐξαρτᾶται ἡ ἀκρίβεια τῶν ἀποτελεσμάτων, δηλαδὴ ὁ κίνδυνος ποὺ θὰ περιλαμβάνεται στὴν ἀπόφαση γιὰ ἐπενδύσεις ἀξιοποιήσεως, καθὼς ἐπίσης τὸ κόστος καὶ ὁ χρόνος τῆς ἔρευνας.

Δὲν ἔχει διατυπωθεῖ μέχρι σήμερα μιὰ παραδεκτὴ διεθνῶς σχέση ποὺ νὰ δίνει τὸν optimum ἀριθμὸ τῶν γεωτρήσεων ἀνάλογα μὲ τὸ εἶδος τῶν κοιτασμάτων, τὴ μεταβλητότητα τῶν χαρακτηριστικῶν καὶ τὸ μέγεθός τους. Εἶναι ὅμως γενικὰ παραδεκτό, ὅτι ἀποφασιστικοὶ παράγοντες ποὺ ἐπηρεάζουν τὸ ἐρευνητικὸ πρόγραμμα καὶ τὴν πυκνότητα τῶν γεωτρήσεων (exploration grid) εἶναι τὸ μέγεθος τοῦ κοιτάσματος καὶ ἡ μεταβλητότητα τῶν χαρακτηριστικῶν αὐτοῦ (πάχος, ποιότητα κ. ἄ.).

Ἔτσι προτάσεις γιὰ ἐκλογή ἑνὸς κατάλληλου ἐρευνητικοῦ καννάβου γιὰ κοιτάσματα ὀρισμένης γενέσεως (ὅπως π. χ. ἰζηματογενῆ, ὑδροθερμικὰ κλπ.) καὶ ὀρισμένου μεγέθους εἶναι ἓνα ἐνδιαφέρον ἀλλὰ δύσκολο πρόβλημα. Ἡ δυσκολία συνίσταται στὴ μεγάλη μεταβλητότητα (variability) τῶν χαρακτηριστικῶν τῶν μεταλλοφόρων κοιτασμάτων ἀνάλογα μὲ τὸ εἶδος τους καθὼς ἐπίσης καὶ μεταξὺ τοῦ ἴδιου εἴδους ἀπὸ περιοχὴ σὲ περιοχὴ.

Γιὰ νὰ ἀμβλυνθεῖ ἡ παραπάνω δυσκολία ἔχουν γίνει προσπάθειες ὁμαδοποιήσεως τῶν κοιτασμάτων μὲ βάση τὸ μέγεθός τους καὶ τὴ μεταβλητότητα τῶν χαρακτηριστικῶν τους (2,4). Οἱ προτάσεις ὅμως αὐτὲς εἶναι ἐνδιαφέρουσες μόνο γιὰ τὰ πρῶτα στάδια τῶν ἐρευνῶν, ὅταν δὲν ὑπάρχουν ἐπαρκῆ στοιχεῖα γιὰ τὴν περιοχὴ ποὺ μελετᾶται, διότι ἀφ' ἑνὸς ἀναφέρονται σὲ εὐρύτερες ὁμάδες ὅπως μεγάλα, μέσα καὶ μικρὰ κοιτάσματα μὲ ὁμοιογενῆ, πολὺ ἀνομοιογενῆ ποιότητα

\* K. MASTORIS, **On the assessment of the density of exploration boreholes in the Parnassos - Ghiona upper horizon bauxite deposits.**

καὶ ἀφ' ἑτέρου τὰ συμπεράσματα ποὺ ἐξάγονται γιὰ ὀρισμένα εἶδη κοιτασμάτων σὲ μιὰ χώρα δὲν εἶναι εὐκόλο νὰ ἐφαρμοστοῦν γιὰ κοιτάσματα μιᾶς ἄλλης.

Σὰν παράδειγμα ἀναφέρεται ἡ τυποποίηση τῶν ἀποστάσεων ἔρευνητικῶν γεωτρήσεων ποὺ ἔχουν προσδιοριστεῖ γιὰ κοιτάσματα βωξίτη στὴ Σοβιετικὴ Ἑνωσι. Ἡ τυποποίηση αὐτὴ δὲν μπορεῖ νὰ ἐφαρμοστεῖ χωρὶς μετατροπὲς γιὰ τὰ ἑλληνικὰ κοιτάσματα, γιὰτὶ π. χ. γιὰ τὸν ὑπολογισμὸ τοῦ ὄγκου οἱ ἀποστάσεις προσδιορίστηκαν μὲ βάση τὴ μεταβλητότητα τοῦ πάχους, ἡ ὁποία ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ βαθμὸ ἀποκαρστώσεως τῶν ἀσβεστολίθων τοῦ δαπέδου τῶν κοιτασμάτων ποὺ δὲν ἀναμένεται νὰ εἶναι ὁ ἴδιος στὴ χώρα μας.

Ἔτσι εἶναι ἀπαραίτητο νὰ μελετᾶται, ἀπὸ τὴν ἀρχὴ τῶν ἔρευνῶν, ἡ μεταβλητότητα τῶν χαρακτηριστικῶν τῶν κοιτασμάτων γιὰ κάθε συγκεκριμένη μεταλλοφόρο περιοχὴ χωριστά, σὲ τρόπο ὥστε νὰ καθοδηγεῖται ἀποτελεσματικότερα ἡ περαιτέρω ἔρευνα καὶ νὰ καθορίζονται οἱ ἐνδεδειγμένες ἀποστάσεις τῶν ἔρευνητικῶν γεωτρήσεων γιὰ κάθε κατηγορία ἀποθεμάτων.

Στὴν παροῦσα ἐργασία, ἡ ὁποία ἀναφέρεται στὸν ἀνώτερο βωξιτοφόρο ὀρίζοντα τῆς ζώνης Παρνασσοῦ - Γκιώνας, ἐπιχειρεῖται ὁ ὑπολογισμὸς τοῦ κατάλληλου καννάβου γιὰ τὴν ἔρευνα τῶν κοιτασμάτων τῆς μεταλλοφόρου αὐτῆς περιοχῆς. Λαμβάνονται πρὸς τοῦτο στοιχεῖα 10 κοιτασμάτων ποὺ εἶχαν ἔρευνηθεῖ μὲ γεωτρήσεις καὶ προσδιορίζεται ἡ μέση μεταβλητότητα τοῦ πάχους τους. Μὲ βάση τὴ μεταβλητότητα αὐτὴ κατασκευάζεται ἡ καμπύλη ποὺ δίνει τὸ σφάλμα ὑπολογισμῶν σὲ συνάρτηση μὲ τὸν ἀριθμὸ τῶν γεωτρήσεων. Στὴ συνέχεια διερευνᾶται ἡ ἐπίδραση τοῦ μέγεθους τῶν κοιτασμάτων στὴν πυκνότητα τῶν γεωτρήσεων καὶ συντάσσεται νομόγραμμα ποὺ δίνει τὴ σχέση σφάλματος ὑπολογισμῶν καὶ πυκνότητος αὐτῆς σὲ συνάρτηση μὲ τὸ μέγεθος τοῦ κοιτάσματος. Τέλος προσδιορίζεται ὁ κἀνναβος τῶν γεωτρήσεων ἀνάλογα μὲ τὸ μέγεθος τοῦ κοιτάσματος καὶ τοῦ ἐπιθυμητοῦ βαθμοῦ τῆς μεταλλευτικῆς ἔρευνας ἢ ἄλλως τῆς κατηγορίας τῶν ἀποθεμάτων καὶ τὰ ἀποτελέσματα δίνονται σὲ σχετικὸ πῖνακα.

#### 1. ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΠΑΧΟΥΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ

Τὰ χαρακτηριστικὰ ἐνὸς κοιτάσματος καὶ ἰδιαίτερα οἱ τιμὲς τοῦ πάχους καὶ τῆς ποιότητος αὐτοῦ μεταβάλλονται ἀπὸ θέση σὲ θέση.

Ἡ μεταβολὴ αὐτὴ ὀνομάζεται μεταβλητότητα (variability) καὶ εἶναι ὁ κυριότερος παράγοντας ποὺ ἐλέγχει τὸν ἀριθμὸ τῶν ἀπαραίτητων γεωτρήσεων γιὰ

τήν έρευνα του κοιτάσματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η μεταβλητότητα μιας παραμέτρου τόσο μεγαλύτερος αριθμός γεωτρήσεων απαιτείται για να πετύχουμε την επιθυμητή για κάθε περίπτωση ακρίβεια υπολογισμών.

Η ποσοτική έκφραση της μεταβλητότητας ενός χαρακτηριστικού δίνεται από το «συντελεστή μεταβλητότητας» ο οποίος συνήθως εκφράζεται σε ποσοστό %.

$$v = \frac{s}{\bar{x}} 100\% \quad (1)$$

όπου  $v$  = συντελεστής μεταβλητότητας

$\bar{x}$  = αριθμητικός μέσος

$s$  = τυπική απόκλιση (standard deviation) που δίνεται από τη σχέση :

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

$n$  = αριθμός παρατηρήσεων.

Όταν υπάρχει μια σειρά παρατηρήσεων  $x_1, x_2, \dots, x_n$  (π. χ. πάχος κοιτάσματος στη θέση κάθε γεωτρήσεως) και υπολογίζεται ή τιμή του αριθμητικού μέσου  $\bar{x}$ , τότε η τιμή αυτή περιέχει πάντοτε ένα σφάλμα που υπολογίζεται από τη σχέση :

$$s_e = \pm \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

Το σφάλμα αυτό εκφράζεται συνήθως σε ποσοστό % του αριθμητικού μέσου :

$$a = \frac{s_e}{\bar{x}} 100\% \quad (3)$$

όπου  $a$  = σφάλμα % του αριθμητικού μέσου  $\bar{x}$ .

Από τη σχέση (2) και (3) έχουμε :

$$a = \frac{s}{\bar{x} \sqrt{n}} 100\% \quad (4)$$

και από την (1) και (4) :

$$a = \frac{v}{\sqrt{n}} \quad \eta$$

$$n = \left(\frac{v}{a}\right)^2 \quad (5)$$

Δηλαδή ο αριθμός των γεωτρήσεων που απαιτείται είναι ανάλογος του τετραγώνου της μεταβλητότητας και αντίστροφα ανάλογος του τετραγώνου του σφάλματος με το οποίο έχει υπολογιστεί ο αριθμητικός μέσος.

Εάν θέλουμε να εισάγουμε την έννοια της πιθανότητας, δηλαδή ποιά πιθανότητα έχουμε ή τιμή του σφάλματος να μη ξεπερνά την τιμή  $a$ , τότε πρέπει να εισάγουμε τον παράγοντα πιθανότητας  $t$  και τότε η (5) γίνεται :

$$n = \left( \frac{tv}{a} \right)^2. \quad (6)$$

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, όπου εξετάζεται ή μεταβολή των τιμών του πάχους των βωξιτικών κοιτασμάτων του ανωτέρου όριζοντα της ζώνης Παρνασσού - Γκιώνας και στην οποία ή κατανομή των τιμών αυτών ακολουθεί την κανονική κατανομή (3) τότε ο παράγοντας  $t$  είναι ο γνωστός  $t$  student, ο οποίος λαμβάνεται από στατιστικούς πίνακες και εξαρτάται από το επίπεδο εμπιστοσύνης και τον αριθμό των δειγμάτων.

Έτσι από τη σχέση (6) βλέπουμε ότι ο αριθμός των γεωτρήσεων είναι ανάλογος του τετραγώνου μεταβλητότητας και αντίστροφα ανάλογος του τετραγώνου του σφάλματος του αριθμητικού μέσου.

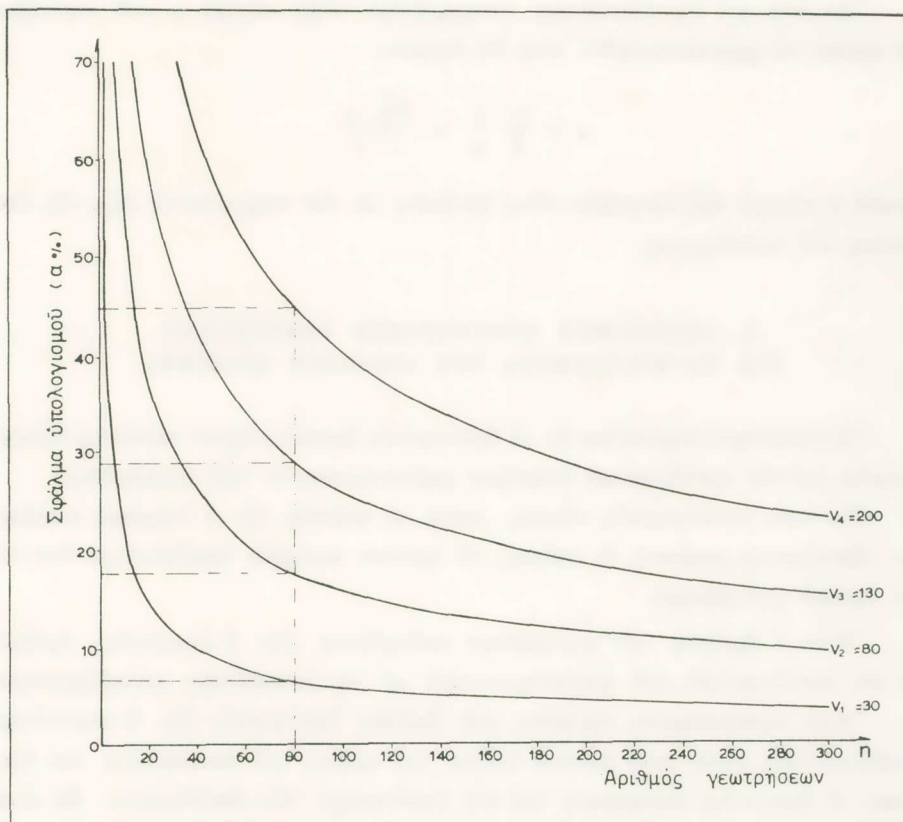
Εάν λοιπόν καθοριστεί το μέγιστο επιτρεπόμενο λάθος υπολογισμών και το επίπεδο εμπιστοσύνης (καθορισμός της  $t$  student) τότε για τη συγκεκριμένη  $n$ , ή οποία αποτελεί σταθερά για κάθε κοιτάσμα, υπολογίζεται ο αριθμός των απαιτούμενων γεωτρήσεων.

Στο σχήμα 1 φαίνεται ή σχέση του σφάλματος, δηλαδή ή ακρίβεια υπολογισμών, σε συνάρτηση με τον αριθμό των γεωτρήσεων για τέσσερα κοιτάσματα με διαφορετικούς βαθμούς ομοιογένειας και επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Από το ίδιο σχήμα φαίνεται, ότι για τον ίδιο αριθμό, π. χ. 80 γεωτρήσεων τα σφάλματα ανέρχονται σε 7, 18, 29, 45% για  $n = 30, 80, 130$ , και 200% αντίστοιχα.

## 2. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΤΟΥ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΚΑΝΝΑΒΟΥ

Από το σχήμα 1 φαίνεται ότι για δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης το σχετικό σφάλμα, δηλαδή ή ακρίβεια υπολογισμών, εξαρτάται από τον αριθμό των γεωτρήσεων και τη μεταβλητότητα  $v$ .



Σχ. 1. Σχέση σφάλματος υπολογισμού σε συνάρτηση με τον αριθμό γεωτρήσεων.

Είναι δεκτό ότι με το μέγεθος του κάθε κοιτάσματος επηρεάζεται η πυκνότητα των μεταλλευτικών έργων σύμφωνα με τη σχέση:

$$\gamma = \frac{n}{s} = \frac{(tv/a)^2}{s}$$

όπου  $\gamma$  = η πυκνότητα των μεταλλευτικών έργων (αριθμός π. χ. γεωτρήσεων ανά μονάδα επιφάνειας)

$n$  = ο αριθμός των απαιτούμενων γεωτρήσεων για να έχουμε ένα σφάλμα  $a$ , σε ένα κοιτάσμα με μεταβλητότητα  $v$

$s$  = η επιφάνεια του κοιτάσματος.

Επομένως για δεδομένο σφάλμα η πυκνότητα του καννάβου είναι αντίστροφα ανάλογη με την επιφάνεια του κοιτάσματος.

Ἐάντι γιὰ τὴν πυκνότητα ἀναφερθοῦμε στὴν πλευρὰ  $\mu$  τοῦ καννάβου ποὺ πρέπει νὰ χρησιμοποιηθεῖ, τότε θὰ ἔχουμε :

$$\mu = \sqrt{\frac{s}{n}} = \frac{\sqrt{s} \cdot a}{t \cdot v}$$

δηλαδή ἡ πλευρὰ τοῦ καννάβου εἶναι ἀνάλογη μὲ τὴν τετραγωνικὴ ρίζα τῆς ἐπιφάνειας τοῦ κοιτάσματος.

### 3. ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΑΝΩΤΕΡΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ

Ἀναφέρθηκε παραπάνω ὅτι οἱ ἐρευνητικὲς ἐργασίες ἔχουν σκοπὸ νὰ δώσουν στοιχεῖα γιὰ τὸν προσδιορισμὸ διαφόρων χαρακτηριστικῶν τοῦ κοιτάσματος.

Γιὰ τοὺς ὑπολογισμοὺς αὐτοὺς, παρὰ τὸ γεγονὸς ὅτι οἱ διάφορες παράμετροι ἐξετάζονται χωριστὰ, ἐν τούτοις τὰ σχετικὰ στοιχεῖα λαμβάνονται ἀπὸ τὸν ἴδιο ἀριθμὸ γεωτρήσεων.

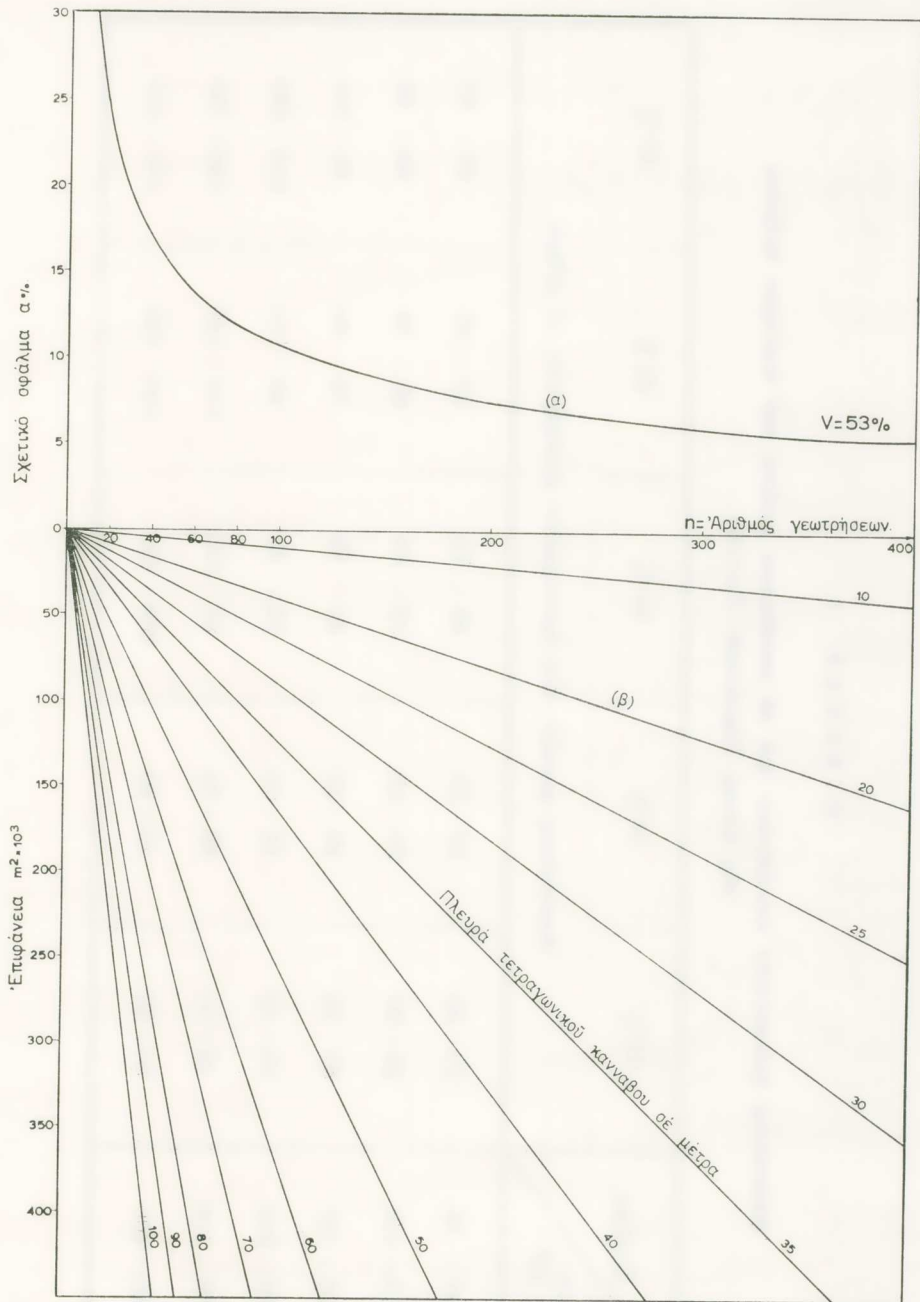
Ἐτσι ὁ ἀριθμὸς τῶν γεωτρήσεων καθορίζεται σὰν ὁ ἀναγκαῖος ἀριθμὸς γιὰ τὸν προσδιορισμὸ τοῦ χαρακτηριστικοῦ μὲ τὴ μεγαλύτερη μεταβλητότητα.

Ἀπὸ προηγούμενες ἐργασίες γιὰ βωξίτες ἔχει φανεῖ, ὅτι ἡ μεγαλύτερη μεταβλητότητα εἶναι κατὰ κανόνα ἐκείνη τοῦ πάχους τοῦ κοιτάσματος καὶ ἐπομένως οἱ ἀναγκαῖες γεωτρήσεις γιὰ τὸν ὑπολογισμὸ τῶν ἀποθεμάτων θὰ εἶναι ἀρκετὲς καὶ γιὰ τὸν ὑπολογισμὸ τῆς ποιότητας.

Ἀπὸ τὸ ἔτος 1962 ἔχει προταθεῖ ἀπὸ τὸν καθηγητὴ κ. Λ. Μούσουλο, σὲ σχετικὴ ἐργασία [5], σὰν ἐνδεδειγμένος τρόπος ἔρευνας τῶν βωξιτικῶν κοιτασμάτων τῆς Χώρας μας, λόγω τῆς φύσεώς τους, ἡ ἔρευνα μὲ κάρναβο γεωτρήσεων. Ὁ τρόπος αὐτὸς ἔχει καθιερωθεῖ ἀπόλυτα ἀπὸ τὶς Ἐταιρεῖες καὶ ἐπομένως οἱ ἀποστάσεις τῶν ἔργων ποὺ θὰ προσδιοριστοῦν ἀφοροῦν σὲ κάρναβο γεωτρήσεων.

Ἀπὸ στατιστικὴ ἐπεξεργασία δέκα κοιτασμάτων τοῦ ἀνώτερου ὀρίζοντα τῆς ζώνης Παρνασσῶ - Γκιώνας προσδιορίστηκε ἡ μέση μεταβλητότητα τῶν τιμῶν τοῦ πάχους τους σὲ 53%. Δεχόμενοι τὴν τιμὴ αὐτὴ ἀντιπροσωπευτικὴ γιὰ τὰ κοιτάσματα τοῦ ἀνώτερου ὀρίζοντα, κατασκευάστηκε τὸ νομόγραμμα τοῦ σχήματος 2.

Στὸ νομόγραμμα αὐτὸ δίνεται ἡ καμπύλη (2α), στὴν ὁποία φαίνεται ἡ σχέση τοῦ σχετικοῦ σφάλματος (α%) σὲ συνάρτηση μὲ τὸν ἀριθμὸ τῶν γεωτρήσεων καθὼς ἐπίσης καὶ οἱ γραμμὲς 2 (β) ἀπὸ τὶς ὁποῖες μπορεῖ νὰ προσδιοριστεῖ ἡ πλευρὰ τοῦ καννάβου γιὰ ὀρισμένης ἐπιφάνειας κοιτάσματα.



Σχ. 2. Μονόγραμμα ύπολογισμού διαστάσεων καννάβου σε συνάρτηση με το σχετικό σφάλμα και τις διαστάσεις των βωξιτικών σωμάτων.

## Π Ι Ν Α Κ Α Σ 1.

Αποστάσεις έρευνητικών γεωτρήσεων για τὰ κοιτάσματα βωξίτη τοῦ ἀνώτερου ὀρίζοντα τῆς ζώνης Παρνασσοῦ - Γκιώνας.

Σφάλμα Ἐπι- φάνεια $m^2 \times 10^3$	Αποστάσεις μεταξύ τῶν έρευνητικῶν γεωτρήσεων σὲ μέτρα.				
	10 %	15 %	20 %	25 %	30 %
50 - 75	20 - 25	32 - 38	43 - 52	54 - 65	65 - 80
75 - 100	25 - 30	38 - 45	52 - 60	65 - 75	80 - 90
100 - 150	30 - 35	45 - 55	60 - 73	75 - 90	90 - 110
150 - 200	35 - 42	55 - 65	73 - 85	90 - 110	110 - 130
200 - 300	42 - 50	65 - 75	85 - 100	110 - 140	130 - 150
300 - 400	50 - 60	75 - 90	100 - 120	140 - 160	150 - 170



Για τον έλεγχο της αξιοπιστίας του, το νομόγραμμα δοκιμάστηκε για τον προγραμματισμό του κοιτάσματος βωξίτη «44<sup>ο</sup> χιλιόμετρο», του οποίου τα αποθέματα είχαν υπολογιστεί από μεγάλο αριθμό γεωτρήσεων σε προηγούμενη εργασία μας [3].

Το κοιτάσμα αυτό που έχει επιφάνεια 78.000 m<sup>2</sup>, έχει εξρευνηθεί με 68 γεωτρήσεις (κάνναβος 34×34 μέτρα) και το σφάλμα υπολογισθέν με τη στατιστική ανάλυση ανέρχεται σε 12,8%.

Ο προγραμματισμός με βάση το νομόγραμμα για σφάλμα 12,8% θα έδινε ακριβώς 68 γεωτρήσεις και κάνναβο 34×34 μέτρα.

#### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Το νομόγραμμα υπολογίστηκε από στοιχεία ανώτερου όριζοντα και επομένως ισχύει μόνο για τον προγραμματισμό των κοιτασμάτων αυτού.

2. Η αξιοπιστία του νομογράμματος μπορεί να θεωρηθεί πολύ ικανοποιητική γιατί αφ' ενός υπολογίστηκε από στοιχεία 10 κοιτασμάτων που είχαν εξρευνηθεί με μεγάλο αριθμό γεωτρήσεων και αφ' ετέρου η χρήση του περιορίζεται στον προγραμματισμό των εξρευνητικών γεωτρήσεων. Έτσι εάν μετά την εκτέλεση των γεωτρήσεων αποδειχθεί ότι το σφάλμα είναι μεγαλύτερο από το επιδιωκόμενο, τότε μπορεί να γίνει πύκνωση του καννάβου.

Η σύμπτωση που έδειξε ο προγραμματισμός από το νομόγραμμα με τα αποτελέσματα των εξρευνών που αναφέρθηκαν στο παράδειγμα οφείλεται προφανώς στο γεγονός, ότι η μεταβλητότητα του κοιτάσματος ήταν πολύ κοντά με τη μέση μεταβλητότητα που υπολογίστηκε από τα δέκα κοιτάσματα.

Οι διαφορές επομένως που αναμένονται είναι εκεινες μεταξύ της μεταβλητότητας των κοιτασμάτων που προγραμματίζονται και της παραπάνω μέσης μεταβλητότητας, οι οποίες δεν αναμένεται να είναι μεγάλες και οπωσδήποτε θα ικανοποιούν ένα προγραμματισμό.

#### S U M M A R Y

This paper examines the spacing of the boreholes required for the exploration of the Parnassos - Ghiona upper horizon bauxite deposits, in relation with the deposits surface.

The relation between error and number of boreholes is examined and the resulting curve is plotted.

The theoretical relationship connecting the error, the number of boreholes and the surface of the deposits is studied to reveal the nomogramme out of which the size of the square grid can be deduced as a function of the error and the surface of the deposit.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. M. Kuzvart - M. Böhmer, Prospecting and exploration of mineral deposits. Elsevier Science Division Associated Scientific Publishers. Amsterdam, 1978.
  2. V. M. Kreter, Geological prospecting and exploration. Moscow Mir Publishers, 1968.
  3. Κ. Μάστορη, 'Η μαθηματική ανάλυση τῶν πιθανοτήτων στὴν κοιτασματολογία. ΙΓΕΥ, Ἀθήνα, 1970.
  4. Κ. Μάστορη - Κ. Κατσιάβαλου καὶ Ι. Παντέκη, Μεθοδολογία τυποποίησης τῶν ἀποστάσεων τῶν ἐρευνητικῶν ἔργων γιὰ τὰ ἑλληνικὰ κοιτάσματα. ΙΓΜΕ, Ἀθήνα, 1979.
  5. Λ. Μούσουλου, Τὸ πρόβλημα τῆς ἐκμεταλλεύσεως τοῦ ὑπογείου πλούτου τῆς Ἑλλάδος. Ἀθήνα, 1962.
-