

ΟΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΩΣ ΚΑΘΟΡΙΣΤΙΚΟΣ ΠΑΡΑΓΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΛΙΓΝΙΤΙΚΩΝ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΒΕΥΗΣ Ν. ΦΛΩΡΙΝΑΣ

Δ. Δημητρακόπουλος* και Ι. Κουμαντάκης**
Συνεργασία : Β. Πάτικος, Μ. Σαρτζετάκη***

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή γίνεται μια πρώτη προσέγγιση των υδρογεωλογικών συνθηκών που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή του λιγνιτικού πεδίου Βεύης. Υπάρχουν δύο κύρια υδροφόρα συστήματα που αναπτύσσονται αφενός στα νεογενή και αφετέρου στο καρστικοποιημένο υπόβαθρο της λεκάνης.

Γίνεται εκτίμηση των υδρογεωλογικών προβλημάτων που αναμένονται κατά την εκμετάλλευση του λιγνιτωρυχείου Βεύης. Για την προστασία του ορυχείου θα απαιτηθεί η άντληση από τα νεογενή 3 m³ νερού/tn εξορυσσόμενου λιγνίτη, ενώ η στάθμη του καρστικού υδροφορέα θα πρέπει να υποβιβαστεί τουλάχιστον κατά 150 m. Η τελική λύση θα πρέπει να συνδυάσει ταπείνωση της στάθμης σε ανεκτά οικονομικά και περιβαλλοντικά περιθώρια και διαμόρφωση του διαπέδου σε κατάλληλο υψόμετρο ώστε να αποφευχθούν μεγάλες απώλειες λιγνίτη.

ABSTRACT

In this paper an effort is made to approach the hydrogeological conditions prevailing in the surrounding area of the lignite field of Vevi, Florina.

There are two main aquifers existing in the neogene formations and in the karstified basement of the basin.

The hydrogeological problems which are expected during the exploitation of the lignite mine of Vevi are estimated. For the protection of the mine there will be necessary the pumping out of 3 m³ water per tn of lignite from the neogene formations. On the other hand the level of the carstic aquifer need to be lowered at least 150 m. The final solution for the exploitation of the mine must combine economically and environmentally acceptable lowering of the water level and rising of the floor of the mine in order to avoid loss of big quantities of lignite.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γνωστό ότι οι υδρογεωλογικές συνθήκες της στενής περιοχής ενός κοιτάσματος και της ευρείας έκτασης που το περιβάλλει, αποτελούν μια από τις βασικές παραμέτρους ορθού σχεδιασμού των έργων εκμετάλλευσής του, των απαραίτητων έργων υδρολογικής προστασίας του μελλοντικού μεταλλείου ή ορυχείου και καθοριστικό παράγοντα στη λήψη απόφασης για την αξιοποίηση του μεταλλεύματος (Λουλούδης - Κουμαντάκης 1992).

* Μηχ. Μεταλλείων ΔΕΗ, Διευθ. Ανάπτυξης Ορυχείων

** Καθηγητής Τομέα Γεωλογικών Επιστημών Ε.Μ.Π.

*** Μηχ. Μεταλλείων

Τα κυριότερα θέματα που πρέπει να μελετώνται και να γίνονται έγκαιρα γνωστά σε κάθε περίπτωση σχεδιασμού της εκμετάλλευσης ενός κοιτάσματος, σε σχέση με τις υδρογεωλογικές συνθήκες, είναι:

α) Η θέση στο χώρο και οι διακυμάνσεις στο χρόνο της πιεζομετρικής επιφανείας.

β) Οι συνθήκες τροφοδοσίας, ο τύπος υπόγειας υδροφορίας (ελεύθερη ή υπό πίεση) και το καθεστώς ροής και εκτόνωσης των υπόγειων νερών (υπόγεια υδροδυναμική).

γ) Το πάχος και η κατανομή στο χώρο (δηλαδή η γεωμετρία) των υδροφόρων στρωμάτων, καθώς και οι υδραυλικές τους παράμετροι.

δ) Η σχέση τους με το προς αξιοποίηση κοίτασμα και τα προκαταρκτικά σχέδια εκμετάλλευσης του.

ε) Οι αναμενόμενες παροχές χωροχρονικά συναρτήσει των εργασιών εκμετάλλευσης.

στ) Η κατανομή των υδροστατικών πιέσεων στα πρανή και το δάπεδο των έργων εκμετάλλευσης.

ζ) Οι επιδράσεις των υπόγειων νερών στην ευστάθεια των πρανών.

η) Οι προβλεπόμενες απαραίτητες παρεμβάσεις για την υδρολογική προστασία του μεταλλείου ή ορυχείου.

θ) Οι αναμενόμενες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τις παρεμβάσεις αυτές και οι μέθοδοι ελαχιστοποίησής τους.

ι) Η ορθολογική διαχείριση των υπόγειων και επιφανειακών νερών, που θα λαμβάνει υπόψη τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά τους, τη χωροχρονική κατανομή και διαφοροποίηση αυτών και την κάλυψη των αναγκών της ευρύτερης περιοχής, υπό μορφή αντισταθμιστικού οφέλους έναντι των επιπτώσεων από την αναπόφευκτη περιβαλλοντική υποβάθμιση και τέλος,

ια) Η αντιμετώπιση του υπόγειου νερού ως ενός συμπληρωματικού κοιτάσματος, η συνεκμετάλλευση του οποίου, μαζί με το κυρίως κοίτασμα, να αποφέρει οφέλη και όχι αρνητικές επιπτώσεις.

Έχοντας υπόψη τα παραπάνω, οι αρμόδιες υπηρεσίες της Δ.Ε.Η., που ασχολούνται με την έρευνα των λιγνιτών και την ανάπτυξη των λιγνιτωρυχείων για την εκμετάλλευση των διαφόρων λιγνιτικών κοιτασμάτων της χώρας, προβαίνουν στις απαραίτητες σχετικές έρευνες μετά την διαπίστωση του κατ' αρχήν αποδεκτού κοιτασματολογικού ενδιαφέροντος.

Στα πλαίσια των ερευνών αυτών για την περιοχή του λιγνιτικού πεδίου της Βεύης, υπήρξε στενή και επωφελής συνεργασία των Δ/σεων Ανάπτυξης Ορυχείων (Δ.Α.Ο.) και Λιγνιτικών Ερευνών (Δ.Λ.Ε.) της ΔΕΗ με τον Τομέα Γεωλογικών Επιστημών του Τμήματος Μηχ. Μεταλλείων του Ε.Μ. Πολυτεχνείου. Υπό την εποπτεία δε και την κατεύθυνση των συγγραφέων της εργασίας αυτής εκπονήθηκαν δύο διπλωματικές εργασίες (Μ. Σαρτζετάκη 1992 και Β. Πάτκος 1994), που αφορούσαν κατά κύριο λόγο την διερεύνηση των υδρογεωλογικών συνθηκών της στενής και ευρύτερης περιοχής.

Τα συμπεράσματα από την επεξεργασία όλων των μέχρι σήμερα σχετικών ερευνών αναφέρονται στην συνέχεια, αφού αρχικά περιγραφούν συνοπτικά οι γεωλογικές συνθήκες της περιοχής και δοθούν στοιχεία για το κοιτασματολογικό ενδιαφέρον του λιγνιτικού πεδίου της Βεύης.

Θα πρέπει να υπογραμμιστεί ότι σκοπός της εργασίας αυτής είναι να "περιγράψει" το πρόβλημα που συνδέει τον σχεδιασμό εκμετάλλευσης του συγκεκριμένου κοιτάσματος με το υδρογεωλογικό καθεστώς της περιοχής και να εκτιμήσει κατ' αρχήν το μέγεθος του. Έτσι μπορεί να συνεκτιμηθεί στη λήψη απόφασης για το σχεδιασμό του επόμενου βήματος, που μπορεί να είναι είτε συνέχιση της έρευνας για απόκτηση καλύτερης γνώσης, είτε έναρξη εκμετάλλευσης, είτε εγκατάλειψη της προοπτικής αξιοποίησης τμήματος ή ολόκληρου του "κοιτάσματος" λόγω πρό-

βλεψης ανυπέρβλητων δυσκολιών, που το καθιστούν τεχνικοοικονομικά μη αξιοποιήσιμο υπό τις σημερινές συνθήκες. Τυπικό παράδειγμα σε σχέση με τα παραπάνω αποτελεί η απόφαση για εγκατάλειψη τμήματος του λιγνιτικού κοιτάσματος Αλιβερίου λόγω εισροής σημαντικών ποσοτήτων νερού μέσω του καρσι, με σκοπό την προστασία του υπόλοιπου τμήματος του ορυχείου και συνέχιση της εκμετάλλευσης.

Για την ικανοποίηση του σκοπού της εργασίας αυτής όπως περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο, μπορούν να γίνουν επομένως αποδεκτές εκτιμήσεις, παραδοχές και προεκτάσεις, αρκεί να είναι "λογικές" και να στηρίζονται ικανοποιητικά στις συνθήκες της περιοχής. Αυτό δεν αποτελεί αντιεπιστημονική προσέγγιση, αλλά ανάγκη, που στην πράξη συνιστά μια πραγματικότητα αφού στα πρώτα στάδια της έρευνας τα στοιχεία δεν επαρκούν για μια σε βάθος και ολοκληρωμένη ανάλυση. Έτσι τα προβλήματα πρέπει να αντιμετωπισθούν κατά τον επιστημονικότερο με βάση τα υπάρχοντα στοιχεία τρόπο και όχι αναγκαστικά με τον επιστημονικά πλήρως τεκμηριωμένο, προκειμένου τα πρώτα συμπεράσματα που θα προκύψουν να βοηθήσουν στο σωστότερο περαιτέρω προγραμματισμό και την αποφυγή άσκοπων πιθανώς δαπανών.

Παράδειγμα από την εφαρμογή μιας ανάλογης μεθοδολογίας αποτελεί η διερεύνηση του καρστικού υδροφορέα του υποβάθρου του λιγνιτικού πεδίου Κομνηνών που έδειξε από τα πρώτα στάδια της έρευνας ότι είναι αδύνατη η εκμετάλλευση του λιγνίτη σε επίπεδο κάτω από την καρστική στάθμη (Μαρίνος Π.1993), με βάση τον αρχικό σχεδιασμό του ορυχείου. Κατόπιν αυτού η ΔΕΗ διερεύνησε την δυνατότητα να αφαιρεθεί μια προστατευτική ασπίδα χαλαρών σχηματισμών επί των ανθρακικών πετρωμάτων για να αποφευχθεί η απευθείας μετάγγιση νερού του καρστικού υδροφορέα προς το ανοικτό ορυχείο και κατέληξε σε θετικά συμπεράσματα (Δ. Δημητράκοπουλος, Γ. Λουλούδης, 1994), με προφανή βέβαια ελάττωση του απολήψιμου λιγνίτη.

2. ΓΕΝΙΚΑ

Το λιγνιτικό πεδίο της Βεύης καταλαμβάνει το νοτιοανατολικό τμήμα της λεκάνης της Φλώρινας. Βρίσκεται δυτικά της κοινότητας Βεύης και νοτιοανατολικά της κοινότητας Λόφων (σχ. 1). Εφάπτεται ανατολικά και νότια με το ασβεστολιθικό υπόβαθρο του όρους Βόρας και του εξάρματος του Κλειδιού αντίστοιχα βορειοδυτικά με τη λιγνιτοφόρο περιοχή Λόφων - Μελίτης και δυτικά με το όριο της παραχώρησης της "ΒΙΟΛΙΓΝΙΤ" Α.Ε. στην οποία γίνεται εξόρυξη λιγνίτη πολλά χρόνια. Η περιοχή έχει ήπιο ανάγλυφο με υψόμετρο μεταξύ 650 m. και 800 m.

Από τις πρώτες ερευνητικές εργασίες που έγιναν στην περιοχή του λιγνιτικού πεδίου της Βεύης διαπιστώθηκε ότι στους χαλαρούς σχηματισμούς που βρίσκονται στα υπερκείμενα και στα ενδιάμεσα του λιγνιτικού κοιτάσματος, όπως και στους καρστικοποιημένους ασβεστολίθους που σχηματίζουν το υπόβαθρο του ορυχείου, αναπτύσσεται πλούσια υδροφορία.

Η στάθμη του υδροφορέα των νεογενών ιζημάτων βρίσκεται μεταξύ +660 m και +670 m και σύμφωνα με τις πρώτες εκτιμήσεις θα απαιτηθούν αντλήσεις σε μικρές και οικονομικά αντιμετωπίσιμες ποσότητες (βλ. παρ. 7.2).

Ο καρστικός όμως υδροφόρος σύμφωνα με τα πρώτα στοιχεία έχει μεγάλη δυναμικότητα και η στάθμη του βρίσκεται στο +610m ενώ η εκμετάλλευση του λιγνίτη σχεδιάζεται να φθάσει στο +389 m. Αναμένεται επομένως στο δάπεδο του ορυχείου το νερό να βρίσκεται υπό υψηλή πίεση (22 atm), γεγονός που πιθανόν να επιβάλλει την τροποποίηση του σχεδίου εκμετάλλευσης με συνέπεια απώλειες λιγνίτη.

Το προβλήματα από την ύπαρξη του καρστικού αυτού υδροφορέα σε σχέση με τα σημερινά σχέδια εκμετάλλευσης της ΔΕΗ είναι :

α) τα πρηνή του ορυχείου σε ορισμένες περιοχές έρχονται σε απευθείας επαφή με τον ασβεστόλιθο.



Σχ. 1: Λεκάνη Φλώρινας (Κώτης Θ. κ.ά. 1992)

+610 m, από τα νερά του καρστικού υδροφορέα, και μέσω αυτών διήθηση των νερών προς τα πρανή του ανοικτού ορυχείου.

3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

3.1. Το υπόβαθρο της περιοχής

Το υπόβαθρο της ευρείας περιοχής της λεκάνης της Φλώρινας αποτελείται από δύο ενότητες ισχυρά μεταμορφωμένων πετρωμάτων, του Βέρνου στα δυτικά και του Βόρα στα ανατολικά που θεωρούνται παράλληλες και λιθολογικά ανάλογες στις δύο ορεινές μάζες (Μουντράκης 1983).

Οι ενότητες αυτές περιλαμβάνουν:

α) Βιοτιτικούς σχιστολίθους και φυλλίτες, αμφιβολιτικούς σχιστολίθους, μοσχοβιτικούς γενεύσιους, ορθογενεύσιους, οφθαλμογενεύσιους και μυλονιτωμένους ορθογενεύσιους που εμφανίζονται στα δυτικά περιθώρια της λεκάνης της Φλώρινας.

β) Την ανθρακική σειρά που εμφανίζεται στα νότια και ανατολικά όρια της περιοχής έρευνας και αποτελεί το υπόβαθρο του ορυχείου. Είναι τριαδικού-ουρασιτικής ηλικίας και αποτελεί το Μεσοζωικό κάλυμμα της Πελαγονικής ζώνης. Πρόκειται για κρυσταλλικούς ασβεστολίθους, τερφά και άσπρα μάρμαρα, δολομίτες και δολομιτικά μάρμαρα, με διάφορο βαθμό καρστικοποίησης και παρεμβολές ασβεστολιθικών σχιστολίθων.

Τα ανθρακικά αυτά πετρώματα που εμφανίζονται στους δυτικούς πρόποδες του όρους Βόρα, βυθίζονται δυτικά, προς τον άξονα της λεκάνης της Φλώρινας λόγω μεταπτωτικών ρηγμάτων (διεύθυνσης ΒΔ - ΝΑ) και αποτελούν, όπως αναφέρθηκε, το υπόβαθρο του ορυχείου. Η παρουσία τους έχει διαπιστωθεί από τις περισσότερες εκ των ερευνητικών γεωτρήσεων που έγιναν στην περιοχή.

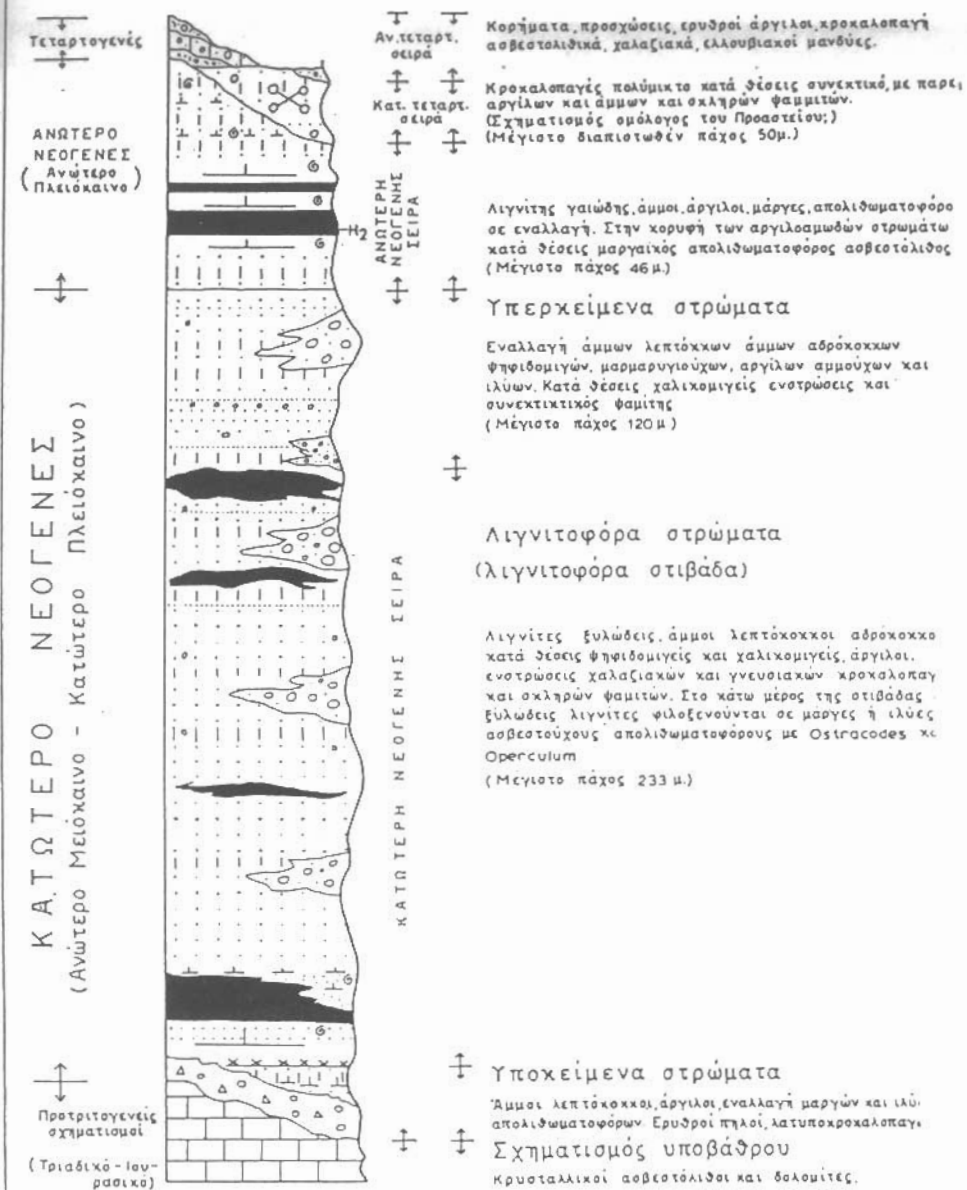
3.2. Νεογενή χαλαρά ιζήματα και τεταρτογενή

Στη λεκάνη της Φλώρινας είναι χαρακτηριστική η ανομοιογένεια των υλικών και των συνθηκών ιζηματογένεσης. Τα στρώματα είναι σχεδόν οριζόντια ή έχουν μικρές κλίσεις (5-200) και διακρίνονται σε τρεις επί μέρους στοιβάδες ανάλογα με την θέση τους ως προς το λιγνιτικό κοίτασμα. Στο σχήμα 2 δίδεται η συνθετική λιθοστρωματική τους τομή.

4. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Οι κύριες διευθύνσεις των ρηγμάτων είναι Β-Ν και ΒΔ-ΝΑ. Στην κατηγορία αυτή

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



Σχ. 2: Συνθετική στρωματογραφική στήλη κοιτάσματος Βεύης (Κώτης Θ. κ.α. 1992)
 Fig. 2: Stratigraphic column of Vevi coal field. (Kotis T. et al. 1992)

ανήκουν ρήγματα τα οποία έχουν βυθίσει προς τα δυτικά κλιμακωτά τα ανθρακικά πετρώματα του Βόρα. Επίσης παρατηρούνται ρήγματα διεύθυνσης Α-Δ και ΒΑ-ΝΔ, δια των οποίων το τεκτονικό βύθισμα της Βεύης οριοθετείται από τα νότια με το έδαρμα Κλειδιού - Ευνού Νερού, που φέρει στην επιφάνεια τους ανθρακικούς σχηματισμούς του υποβάθρου.

Η έντονη ρηγμάτωση της περιοχής και η ύπαρξη πλήθους ρηγμάτων στο υπόβαθρο και στα νεογενή (Κώτης et al., 1992), αναμένεται να δημιουργήσει πρόσθετα προβλήματα στην εκμετάλλευση, αφού τα ρήγματα αυτά είναι πιθανόν να λειτουρ-

γίσουν σαν αγωγοί προνομιακής ροής των νερών του καρστικού υδροφορέα προς το δάπεδο και τα πρανή του ορυχείου.

Η έρευνα έχει δείξει ότι έχουμε πλευρική επαφή χαλαρών ιζημάτων και ασβεστολιθικού υποβάθρου και θεωρείται βέβαιο ότι θα υπάρξει πλευρική τροφοδοσία των σχηματισμών αυτών από τον καρστικό υδροφορέα, όταν η ανοικτή εκσκαφή για την εκμετάλλευση του κοιτάσματος προχωρήσει σε μεγάλο βάθος, δεδομένου ότι στο κέντρο του τα νεογενή έχουν μεγαλύτερο πάχος.

5. ΛΙΓΝΙΤΟΦΟΡΙΑ - ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ

Το κοιτάσμα αναπτύσσεται δυτικά της κοινότητας Βεύης. Τα γεωλογικά αποθέματα ανέρχονται σε 74.5 εκ. τόνους σε μια έκταση 5.3 Km² (Κώτης Ο. et al., 1992).

Για τον σχεδιασμό της εκμετάλλευσης έχουν γίνει 10 διαφορετικές προσεγγίσεις από το αρμόδιο τμήμα της ΔΕΗ (ΤΣΜΟ). Οι υπολογισμοί έγιναν με την παραδοχή ότι τεχνικά απολήψιμος λιγνίτης θεωρείται ο έχων τέφρα επί ξηρού + CO₂ κατά μέγιστο 50%.

Το εκμεταλλεύσιμο κοιτάσμα είναι 39,65 - 42,42x10⁶ τόννοι, με μέση σχέση εκμετάλλευσης 13,93-12,98:1 m³/tn, ανάλογα με την εναλλακτική λύση (Ακύλας Ν. et al., 1994).

Η μέση τιμή της κατώτερης θερμαντικής ικανότητας "ως έχει" είναι 2333 kcal/kg και η μέση τιμή της ανώτερης είναι 2683 kcal/kg. Η μέση υγρασία ανέρχεται σε 39.5 % και η μέση τέφρα επί "ξηρού" σε 28,6 %. Τα παραπάνω στοιχεία αφορούν όλο το κοιτάσμα και όχι μόνο το εκμεταλλεύσιμο τμήμα του (Κώτης Θ. et al., 1992).

Στην προσπάθεια να εκτιμήσουμε τα προβλήματα παρουσίας υπογείου νερού ελήφθη υπόψη ένας αρχικός σχεδιασμός των τελικών ορίων της εκσκαφής καθώς και

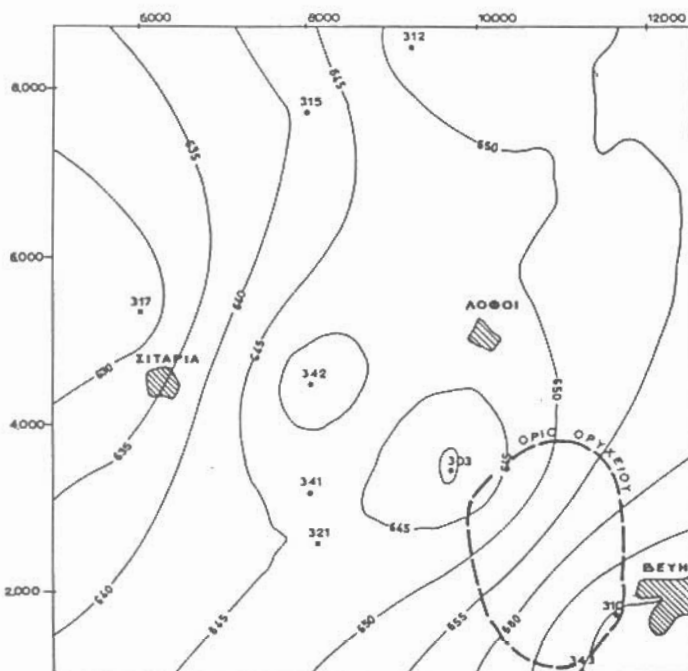
του δαπέδου του ορυχείου (εναλλακτική λύση Β.2.2.). Από την ΔΕΗ βέβαια εξετάζονται και άλλες εναλλακτικές λύσεις με την διεύρυνση ή περιορισμό των ορίων της εκσκαφής.

Η εναλλακτική λύση προϋποθέτει την εκσκαφή 272x10⁶ m³ υπερκειμένων, 280x10⁶ m³ ενδιαμέσων, 27x10⁶ m³ υποκειμένων και 40x10⁶ tn λιγνίτη μέσης θερμαντικής ικανότητας 1.752 kcal/kg (Ακύλας Ν. et al., 1994). 1

6. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

6.1. Υδροφορέας χαλαρών ιζημάτων (υπερκειμένων και ενδιαμέσων).

Στα πλαίσια της μελέτης της πιεζομετρίας της περιοχής έγιναν σταθμημετρήσεις σε 6 περιόδους:



Σχ. 3: Πιεζομετρικός χάρτης υδροφορέα νεογενών (Οκτώβριος 1993)

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

Μάιος, Οκτώβριος 1992 και Μάρτιος, Μάιος, Ιούλιος και Οκτώβριος 1993. Με βάση τα απόλυτα υψόμετρα της στάθμης κατασκευάστηκαν οι αντίστοιχοι πιεζομετρικοί χάρτες, από τους οποίους παρατίθεται ενδεικτικά ένας του Οκτωβρίου 1993 (σχ. 3).

Από τη μελέτη των σταθμημετρήσεων αυτών και των πιεζομετρικών χαρτών προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

i) Η ροή του υπογείου νερού πραγματοποιείται από ΝΑ προς ΒΔ στον τομέα της Βεύης, ενώ βόρεια της κοινότητας των Λόφων από τα Α προς τα Δ. Η πιεζομετρική επιφάνεια είναι σχεδόν παράλληλη με την τοπογραφική επιφάνεια του εδάφους, με μείωση της μεταξύ των απόστασης προς το κέντρο της λεκάνης.

ii) Στην περιοχή του λιγνιτικού πεδίου Βεύης η πιεζομετρική επιφάνεια έχει απόλυτο υψόμετρο κυμαινόμενο από 645 έως 670 m. με υδραυλικές κλίσεις της τάξης του 0.8% - 1.3%. Οι υδραυλικές κλίσεις στην ευρύτερη περιοχή είναι της τάξης του 0.5%-1.3%.

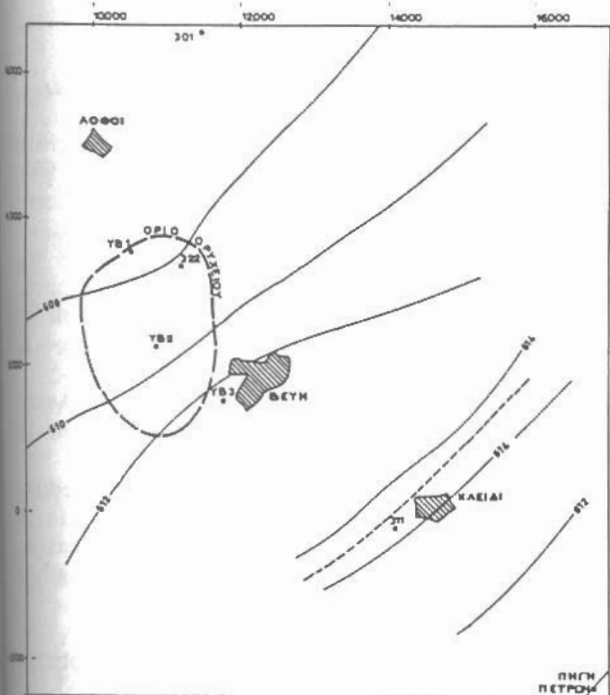
iii) Οι ετήσιες διακυμάνσεις της υδροστατικής στάθμης είναι συνήθως μικρές (0.2 έως 2m το 1993). Λόγω της έντονης ανομοιογένειας και της χωρίς τάξη ιζηματοσπόθεσης, δεν διαπιστώνεται χρονική ταύτιση των μέγιστων και ελάχιστων σε όλες τις γεωτρήσεις.

iv) Από παρατηρήσεις σχετικά με τη λειτουργία των ιδιωτικών υδρογεωτρήσεων και από πληροφορίες των ιδιοκτητών διαπιστώνεται ότι ο υδροφόρος ορίζοντας εκμεταλλεύεται συστηματικά για άρδευση μόνο στην περιοχή μεταξύ Βεύης και Λόφων (υδρογεωτρήσεις 303, 304, 306, 308, 332, 333, 334) κυρίως κατά την περίοδο από Μάιο έως Αύγουστο. Αντίθετα στις περιοχές Σιταριάς - Σταθμού Βεύης - Βαρθολομαίου οι αντλήσεις είναι ελάχιστες. Αυτό οφείλεται κυρίως στη φύση των αγροτικών προϊόντων που παράγονται και στις ανάγκες τους για νερό. Στο γεγονός αυτό βρίσκει την ερμηνεία της η ταπείνωση της πιεζομετρικής επιφάνειας που παρατηρείται στις περιοχές

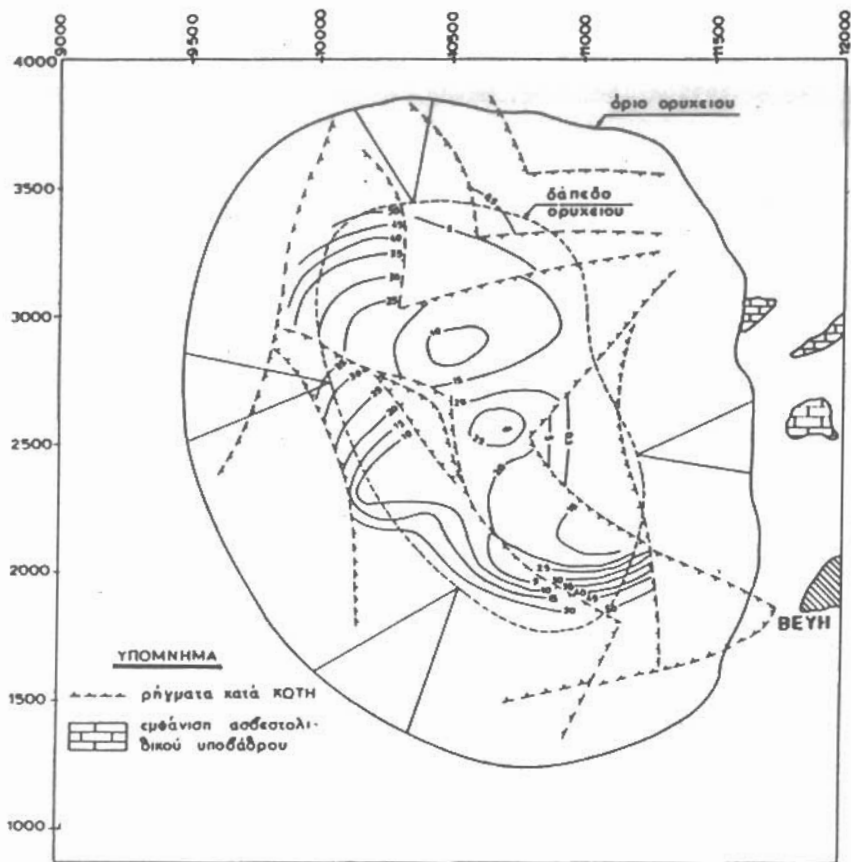
εντατικής άντλησης, καθώς και οι μεγαλύτερες ετήσιες διακυμάνσεις (10m στην 303), ενώ στη δυτική και βορειοδυτική περιοχή του χάρτη δεν παρατηρούνται έντονες μεταβολές.

6.2. Καρστική υδροφορία της περιοχής

Για την κατασκευή του πιεζομετρικού χάρτη χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις περιορισμένου αριθμού υδρογεωτρήσεων και πιεζομέτρων της ευρύτερης περιοχής έρευνας που "μετρούν" μόνο την καρστική πιεζομετρία. Χρησιμοποιήθηκαν επίσης οι πηγές Ξυνού Νερού και Πετρών, οι οποίες είναι τύπου υπερπλήρωσης του καρστικού υδροφορέα του εξαρμάτος Κλειδιού - Ξυνού Νερού και εμπλέκονται άμεσα στο ευρύτερο καρστικό σύστημα (σχ. 4) του δυτικού Βόρα από το οποίο φαίνεται να απομονώνεται η λίμνη Πετρών σύμφωνα με τις υπάρχουσες ενδείξεις.



σχ. 4: Πιεζομετρικός χάρτης καρστικού υδροφορέα (Οκτώβριος 1993)



Σχ. 5: Ισοπαχείς ιζημάτων μεταξύ δαπέδου ορυχείου και ασβεστολιθικού υποβάθρου.

Από τη μελέτη του πιεζομετρικού χάρτη, που έχει ενδεικτική μόνον αξία (λόγω αραιού δικτύου παρατηρήσεων), προκύπτουν τα εξής:

- Η υπόγεια ροή στην ευρύτερη περιοχή του λιγνιτικού πεδίου Βεύης πραγματοποιείται από NNA προς BBA με υδραυλικές κλίσεις της τάξης του 0.1- 0.3%.

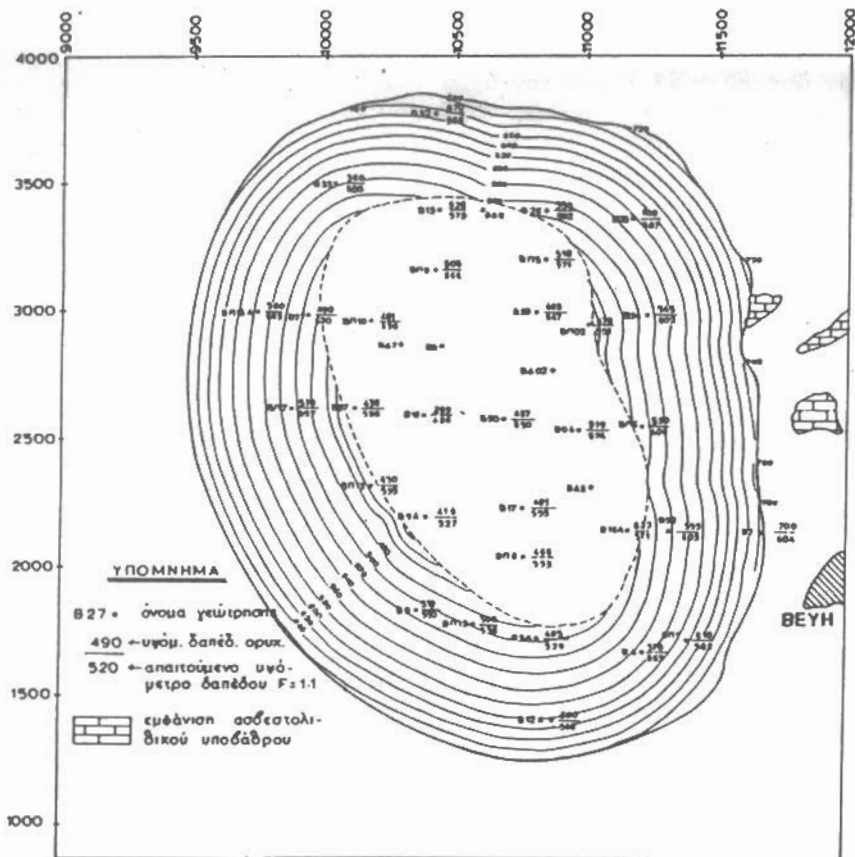
- Η τροφοδοσία του υδροφορέα γίνεται από τις ασβεστολιθικές μάζες του εξάρματος Κλειδιού - Ξυνού Νερού και πιθανόν από τους ορεινούς σχηματισμούς που βρίσκονται στα ανατολικά του ορυχείου προς την περιοχή της Κέλλης. Μέρος της καρστικής υδροφορίας του εξάρματος, που εκφορτίζεται προς τα ΝΑ προς τις πηγές Πέτρας και Ξυνού Νερού.

- Ο καρστικός υδροφορέας δεν τροφοδοτεί σήμερα τον υδροφορέα των χαλαρών ιζημάτων δεδομένου ότι η θέση της πιεζομετρικής επιφάνειας του, με υψόμετρο κυμαινόμενο μεταξύ των +608 έως +612, βρίσκεται χαμηλότερα απ' αυτή του υδροφορέα των χαλαρών ιζημάτων (+645 έως +670m). Θα είναι δυνατή όμως η διήθηση του νερού από τον καρστικό υδροφορέα προς τα αμώδη στρώματα σε επίπεδο χαμηλότερο του +610 m, και μέσω αυτών προς τα πρανή του μελλοντικού ορυχείου, όταν με την εκμετάλλευση θα έχουν αφαιρεθεί τα υπερκείμενα του λιγνίτη και η υδροστατική στάθμη στα κοκκώδη θα έχει υποβιβασθεί.

7) ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ ΛΙΓΝΙΤΩΡΥΧΕΙΟ ΒΕΥΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ

7.1. Γενικά

Στη συνέχεια γίνεται μια πρώτη εκτίμηση των υδρογεωλογικών προβλημάτων κατά



Εχ. 6: Απαιτούμενα υψόμετρα του ορυχείου χωρίς υποβιβασμό στάθμης του καρστικού υδροφορέα.

την εκμετάλλευση του κοιτάσματος, χωρίς να επιχειρείται ακριβής υπολογισμός των απαιτούμενων αντλήσεων και η χωροχρονική κατανομή τους, δεδομένου ότι ο μεταλλευτικός σχεδιασμός βρίσκεται σε προκαταρκτικό στάδιο και η υδρογεωλογική έρευνα συνεχίζεται.

Η επιχειρούμενη διερεύνηση εστιάζεται σε δύο καθοριστικούς παράγοντες.

1) Στην ύπαρξη υδροφόρων στρωμάτων στα υπερκείμενα και τα ενδιάμεσα των λιγνιτικών στρωμάτων.

2) Στην ύπαρξη ενός εκτεταμένου καρστικού υδροφορέα που αναπτύσσεται στους ασβεστολιθούς του υποβάθρου και των περιθωρίων του ορυχείου.

Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη μεταλλευτική λύση (B. 2.2.):

- Το υψόμετρο του δαπέδου κυμαίνεται (σχ. 6) μεταξύ 389 m (γεώτρηση B18) έως 562 m (γεώτρηση BΔ8).

- Η κλίση του δαπέδου είναι στη μέγιστη τιμή της 3.5:1. Σε μερικές περιπτώσεις για να ικανοποιηθεί η κλίση αυτή προβλέπεται εκσκαφή υποκειμένου (η εκμετάλλευση θα γίνει με συμβατικό χωματουργικό εξοπλισμό).

- Η κλίση των πρανών της εκσκαφής είναι για βάθη μέχρι 100 m 2:1. Για το τμήμα κάτω των 100 μ., 3:1.

7.2). Εισροές νερού από τον υδροφορέα χαλαρών ιζημάτων

Για τον υπολογισμό των εισροών το ορυχείο χωρίστηκε σε 4 τομείς. Από την επεξεργασία των γεωλογικών τομών των γεωτρήσεων (40 συνολικά) προσδιορίστηκε σε κάθε τομέα το μέσο πάχος της λεπτόκοκκης άμμου και του κροκαλοπαγούς, που

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

κυμαίνεται από 80 - 90 m για την άμμο (H_{αμ}) και 4 - 5 m για το κροκαλοπαγές (H_{κρ}). Η εκτίμηση αυτή του πάχους της άμμου και του κροκαλοπαγούς έγινε από το υψόμετρο των 665 m περίπου (στάθμη υδροφορέα χαλαρών ιζημάτων στην περιοχή) έως το δάπεδο του ορυχείου.

Με βάση τα παραπάνω τα γεωλογικά αποθέματα, θεωρώντας ένα συντελεστή εναποθήκευσης S= 10% για την άμμο και 20 % για το κροκαλοπαγές, εκτιμώνται ως εξής:

$$V_{\text{Γεωλ}} = E_{\text{ορ}} \times H_{\text{αμ}} \times S_{\text{αμ}} + E_{\text{ορ}} \times H_{\text{κρ}} \times S_{\text{κρ}} \sim 30 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ νερού}$$

όπου E_{ορ} είναι η έκταση του ορυχείου (εμβαδόν) στο μέσο βάθος.

Για τον υπολογισμό των ρυθμιστικών αποθεμάτων (V_{ρ_{υθ}}) χρησιμοποιήθηκε ετήσια κατείσδυση στην περιοχή I =116 mm, που έχει προκύψει από την εκτίμηση του υδατικού ισοζυγίου. Σύμφωνα με τα ανωτέρω έχουμε:

$$V_{\text{ρ_{υθ}$$

Αν λοιπόν το ορυχείο λειτουργήσει για 18 χρόνια τότε οι συνολικές ποσότητες που πρέπει να αντληθούν είναι:

$$V_{\text{ολ}} = V_{\text{Γεωλ}} + 18 \times V_{\text{ρ_{υθ}$$

νερού, που αντιστοιχεί σε συνεχείς αντλήσεις περί τα 250 m³/h.

Στις ποσότητες αυτές πρέπει να προστεθεί η εισροή νερού από τα πρανή της εκμετάλλευσης, λόγω της αποκοπής του υδροφορέα, της οποίας η παροχή προσδιορίζεται προσεγγιστικά από τη σχέση :

$$Q = K i x L x H$$

όπου: K : ο συντελεστής υδροπερατότητας

i : η υδραυλική κλίση στην περιοχή

L: το μήκος του πρανού στο μέσον του

H: το πάχος του υδροφόρου στρώματος από το οποίο γίνεται η εκτόνωση.

Στην περιοχή η υδραυλική κλίση είναι της τάξης του 1.3% = 0.013 (μεταξύ πιεζομέτρου 310 και υδρογεώτρησης 303) και για τη λεπτόκοκκη άμμο δεχόμεθα την τιμή:

$$K = 2 \times 10 \text{ m/sec.}$$

Με βάση τις τιμές αυτές οι ολικές ποσότητες που θα εισρέουν στην εκσκαφή από τα πρανή θα είναι:

$$Q_{\text{εισ.}} \sim 500 \text{ m}^3/\text{h}$$

Επομένως η συνολική αντλούμενη ποσότητα ,για 18 χρόνια λειτουργίας του ορυχείου, που θα προέρχεται από τα χαλαρά ιζήματα θα είναι:

$$Q_{\text{ολ.}} = Q_{\text{ορ.}} + Q_{\text{εισ.}} = 250 + 500 = 750 \text{ m}^3/\text{h}$$

Η τιμή είναι μόνο ενδεικτική αλλά αναγκαία για να προβλεφθεί σε πρώτη προσέγγιση το μέγεθος των αναμενόμενων προβλημάτων εξ αιτίας των υπόγειων νερών των κοκκωδών σχηματισμών. Οριστικά αποτελέσματα θα έχουμε μόνο όταν καθοριστεί η τελική μορφή της εκσκαφής και αφού γίνουν δοκιμαστικές αντλήσεις στην περιοχή για τον ακριβή προσδιορισμό των υδραυλικών παραμέτρων.

Γενικά πάντως η αντλούμενη αυτή ποσότητα θεωρείται μικρή σε σχέση με άλλα λιγνιτικά πεδία της Δ.Ε.Η. και φυσικά οικονομικά αντιμετωπίσιμη.

Στα 18 χρόνια λειτουργίας του ορυχείου οι συνολικές ποσότητες νερού που πρόκειται να αντληθούν είναι:

$$V_{\text{ολ.}} = 750 \text{ m}^3/\text{h} \times 8760 \text{ h} \times 18 \text{ χρόνια} = 118 \times 10^6 \text{ m}^3$$

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

Η αντίστοιχη ποσότητα του λιγνίτη που πρόκειται να εξορυχθεί είναι 40×10^6 tn.

Επομένως ο μέσος συντελεστής πλημμύρισης (αφού ολοκληρωθεί η εκμετάλλευση) θα είναι:

$$R = \frac{118 \times 10^6}{40 \times 10^6} = 3 \text{ m}^3 \text{ νερού / τόννο εξορυσσόμενου λιγνίτη}$$

Πρόκειται δηλαδή για κοίτασμα μικρής πλημμύρισης χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα, όσον αφορά στην υδροφορία των νεογενών.

7.3. Προβλήματα καρστικής υδροφορίας

Η ύπαρξη του εκτεταμένου καρστικού υδροφορέα στο δυτικό τομέα του όρους Βόρα δημιουργεί ανησυχητικές ενδείξεις για την προστασία του ορυχείου. Δεδομένου ότι τα νερά του βρίσκονται υπό πίεση στο υπόβαθρο και το υψόμετρο της ελεύθερης επιφάνειας του κυμαίνεται μεταξύ 608 και 612 m θα πρέπει να αντιμετωπισθεί το ενδεχόμενο της διάρρηξης του δαπέδου, αφού το χαμηλότερο σημείο της εκμετάλλευσης (στην λύση Β.2.2) έχει υψόμετρο 300 m. Οι υψομετρικές διαφορές της τάξεως των 100 - 200 m, που δημιουργούνται μεταξύ υποβάθρου και πιεζομετρικής επιφάνειας ασβεστολίθων, έχουν σαν αποτέλεσμα την άσκηση υδροστατικής πίεσης στο δάπεδο του ορυχείου μεγέθους 10-20 atm.

Τέτοιες πιέσεις δεν αντισταθμίζονται, αφού το πάχος των ιζημάτων μεταξύ οροφής των ασβεστολίθων και του δαπέδου του ορυχείου είναι πολύ μικρό έως ασήμαντο, όπως βλέπουμε και από το χάρτη των ισοπαχών των υποκειμένων (Σχ.5).

Για να αντιμετωπιστεί το ως άνω πρόβλημα θα πρέπει να διερευνηθεί η δυνατότητα αποσυμπίεσης του καρστικού υδροφορέα σε σχέση πάντα με την ύπαρξη στεγανών υποκειμένων του εκμεταλλεύσιμου κοιτάσματος ικανού πάχους ώστε να αποφευχθεί η διάρρηξη του δαπέδου.

Δοκιμαστική άντληση που έγινε στις 8 και 10-2-1987 στην υδρογεώτρηση Π27 του Ι.Γ.Μ.Ε. (301, Λόφοι) διάρκειας 210 και 270 λεπτών αντίστοιχα, έδειξε ότι με παροχή $140 \text{ m}^3/\text{h}$ η στάθμη παραμένει σταθερή σε βάθος 126.27 m, (απόλυτο υψόμετρο 607.32m) γεγονός που υποδηλώνει πλούσιο υδροφορέα.

Στην προσπάθεια να εκτιμηθούν τα προβλήματα και οι επιπτώσεις που έχει στην εκμετάλλευση του κοιτάσματος η ύπαρξη του καρστικού υδροφορέα και να αντιμετωπισθούν κατάλληλα, έγιναν 3 διαφορετικές προσεγγίσεις, όσον αφορά τη δυνατότητα αποσυμπίεσης του υδροφορέα:

i) αδυναμία αποσυμπίεσης του καρστικού υδροφορέα

ii) δυνατότητα ταπείνωσης στάθμης κατά 30 περίπου μέτρα

iii) δυνατότητα ταπείνωσης στάθμης κατά 60 περίπου μέτρα.

Αυτές οι εναλλακτικές περιπτώσεις εξετάστηκαν, γιατί με τα υπάρχοντα στοιχεία είναι πολύ δύσκολο να εκτιμηθεί εκ των προτέρων η δυνατότητα ταπείνωσης της στάθμης μέχρι τον πυθμένα του ορυχείου. Άλλωστε η υδρογεωλογική έρευνα συνεχίζεται.

Στην συνέχεια παραθέτουμε τα συμπεράσματα για τις περιπτώσεις i και iii (η ενδιάμεση κατάσταση υπερκαλύπτεται).

7.3.1. Αδυναμία αποσυμπίεσης του καρστικού υδροφορέα

Σ' αυτή την περίπτωση πρέπει να διαμορφωθεί κατάλληλα το δάπεδο του ορυχείου έτσι ώστε το πάχος των υποκειμένων να είναι αρκετό (ικανό) για να αντισταθμίσει την πίεση του νερού.

Το απαιτούμενο πάχος του δαπέδου πρέπει να είναι:

$$h_a = F \chi \frac{h_w \times \gamma_w}{\gamma_a}$$

όπου F : συντελεστής ασφαλείας, γ_w : ειδικό βάρος νερού (1 τν/μ³),
 h_w : ύψος στήλης νερού (m), (υψομετρική διαφορά μεταξύ πιεζομετρικής επιφανείας και οροφής ασβεστολίθου σε κάποιο σημείο του δαπέδου).

γ_a : ειδικό βάρος υποκειμένων σχηματισμών κοιτάσματος (περίπου 1.8 τν/μ).
 Με βάση τα παραπάνω για ένα ελάχιστο συντελεστή ασφαλείας F=1.1 υπολογίστηκε το απαιτούμενο πάχος των υποκειμένων που πρέπει να παραμείνει, καθώς και τα αντίστοιχα υψόμετρα πυθμένα στις περιοχές των περισσότερων γεωτρήσεων του κοιτάσματος.

Στο σχήμα 6 φαίνονται οι τιμές αυτές και διαπιστώνεται ότι σε ελάχιστες γεωτρήσεις ικανοποιείται η συνθήκη ικανού πάχους με συντελεστή ασφαλείας F=1.1. Αυτό σημαίνει ότι η εκσκαφή πρέπει να σχεδιαστεί έτσι ώστε το δάπεδο να έχει υψόμετρο που να κυμαίνεται μεταξύ 530-580 m, χωρίς όμως να έχουμε εγγυήσεις για την ασφάλεια του δαπέδου αφού έχουμε τον ελάχιστο συντελεστή ασφαλείας.

Εάν λοιπόν δεν υπάρχει δυνατότητα υποβιβασμού της στάθμης του καρστικού υδροφορέα οδηγούμαστε σε σημαντική μείωση του βάθους της εκσκαφής, η οποία μπορεί μόνον να μειώνει τις ποσότητες του στείρου υλικού που θα διακινήθει, αλλά παράλληλα οδηγεί σε εγκατάλειψη σημαντικών ποσοτήτων λιγνίτη.

7.3.2) Δυνατότητα ταπείνωσης στάθμης κατά 60 περίπου μέτρα

Σ' αυτήν την περίπτωση, αν δηλαδή με τη λειτουργία ενός αποστραγγιστικού συστήματος, η ελεύθερη επιφάνεια του καρστικού υδροφορέα πέσει στο υψόμετρο των 548-550m, διαπιστώνεται ότι στις περισσότερες γεωτρήσεις δεν ικανοποιείται η συνθήκη ικανού πάχους υποκειμένων για F=1.1 σύμφωνα με τη λύση Β.2.2. (σχ.7).

Μπορεί μόνον οι συνθήκες να είναι ευνοϊκότερες, αλλά το δάπεδο θα πρέπει να διαμορφωθεί στο υψόμετρο των 450-540 m. Επομένως και στην περίπτωση αυτή οδηγούμαστε σε εγκατάλειψη λιγνίτη.

Παρατηρούμε εξ άλλου σε ορισμένες περιοχές (γεωτρήσεις Β24, Β26, ΒΠ4, Β52) το πρηνές του ορυχείου βρίσκεται σε απ' ευθείας επαφή με τον ασβεστόλιθο στον οποίο αναπτύσσεται ο καρστικός υδροφορέας και μάλιστα σε υψόμετρο χαμηλότερο από την στάθμη του, όπως αυτή θα έχει διαμορφωθεί μετά τις αντιλήψεις.

Σ' αυτή την περίπτωση αναμένεται απ' ευθείας εισροή νερού του καρστικού υδροφορέα μέσα στο ορυχείο, που εφ' όσον η υδροπερατότητα αποδειχθεί μεγάλη θα δημιουργήσει μεγάλες δυσχέρειες στη συνέχιση της εκμετάλλευσης.

Στο σχ. 7 φαίνονται οι καμπύλες ίσων συντελεστών ασφαλείας για ταπείνωση στάθμης κατά 60 m, και διακρίνονται οι επικίνδυνες περιοχές.

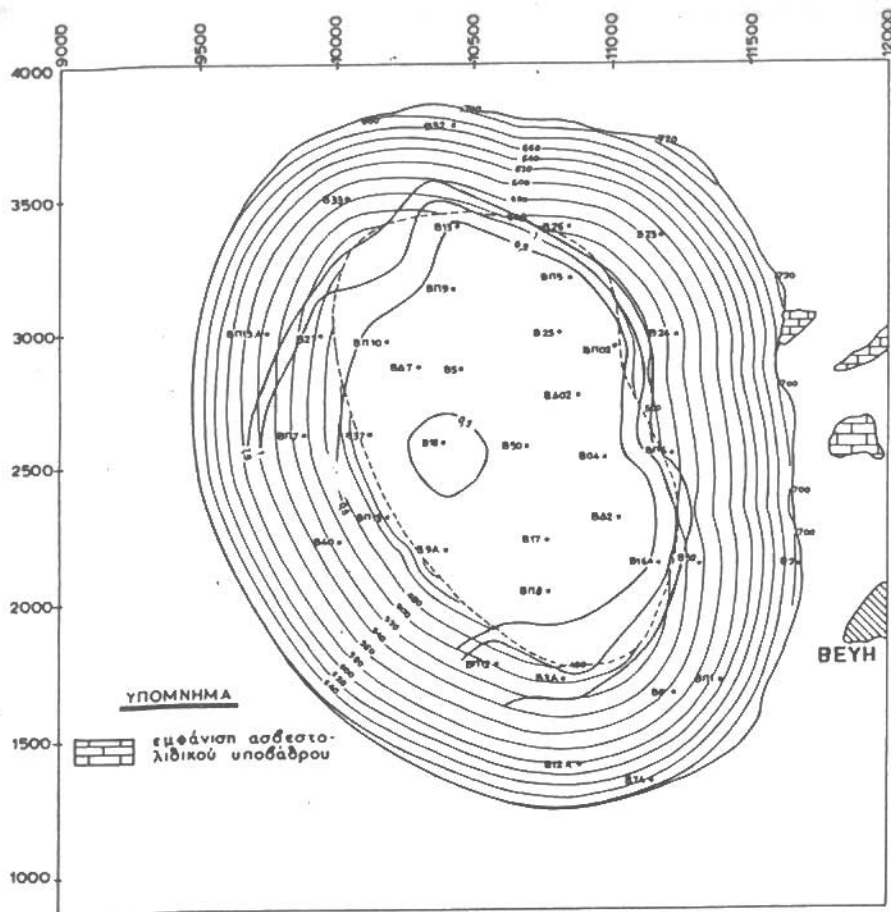
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

8.1. Υδροφορέας χαλαρών ιζημάτων

Στην περιοχή του ορυχείου η στάθμη του υδροφορέα βρίσκεται μεταξύ 645 και 670 m. Οι υδραυλικές κλίσεις είναι της τάξης του 0,8 έως 1,3%.

Από την υδροφορία των χαλαρών ιζημάτων δεν αναμένεται να εμφανιστούν ιδιαίτερα προβλήματα ενώ οι αντιλήψεις που υπολογίστηκαν (750 m³ /h) θεωρούνται μικρές και οικονομικά αντιμετωπίσιμες.

Ιδιαίτερη προσοχή όμως πρέπει να δοθεί στην πλευρική τροφοδοσία των



Σχ. 7: Καμπύλες ίσως συντελεστών ασφαλείας για υποβιβασμό στάθμης καρστικού υδροφορέα κατά 60m.

χαλαρών σχηματισμών όταν βρίσκονται κάτω από το επίπεδο +610m από τους καρστικούς σχηματισμούς με τους οποίους βρίσκονται σε επαφή. Ο κορεσμός των ιζημάτων αυτών με νερό πρέπει να θεωρείται δεδομένος και κατά συνέπεια αναμένονται προβλήματα εδαφοτεχνικής και υδρογεωλογικής φύσεως.

8.2. Καρστικός υδροφορέας

Η παρουσία του καρστικού υδροφορέα αναμένεται να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα στην εκμετάλλευση, κυρίως στα ανατολικά του κοιτάσματος, και να οδηγήσει πιθανώς σε τροποποιήσεις τον σχεδιασμό του λιγνιτικού πεδίου.

Η μεγάλη δυναμικότητα του υδροφορέα σε συνδυασμό με τις μεγάλες υψομετρικές διαφορές (έως και 310 m στην περιοχή της γεώτρησης B18) έχουν σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη τεράστιων υδροστατικών πιέσεων, που φθάνουν τις 31 atm (συνήθως 10-20 atm). Το μικρό έως ασήμαντο πάχος στεγανών υποκειμένων του λιγνίτη σ' αυτές τις περιοχές, σύμφωνα με τα προκαταρκτικά σχέδια της ΔΕΗ, αναμένεται να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα στην εκμετάλλευση αν δε ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα για τον υποβιβασμό της στάθμης και τη διαμόρφωση

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

του δαπέδου σε κατάλληλο υψόμετρο.

Για να υλοποιηθεί ο σχεδιασμός της εκμετάλλευσης από τη Δ.Ε.Η. θα πρέπει να επιτευχθεί μια ταπείνωση στάθμης του καρστικού υδροφορέα της τάξης των 150 m, στην περιοχή του ορυχείου, που θα απαιτήσει σύμφωνα με τις υπάρχουσες ενδείξεις πολύ μεγάλο μεγέθους αντλήσεις, με άγνωστες προς το παρόν επιπτώσεις τόσο στην εκμετάλλευση όσο και στην οικολογική ισορροπία της περιοχής (υπάρχουσες γεωτρήσεις, πηγή Πετρών, πηγή Νερού, Λίμνη Πετρών). Μια πιθανή λύση θα πρέπει να συνδυάζει ταπείνωση στάθμης σε ανεκτά οικονομικά και περιβαλλοντικά περιθώρια κι διαμόρφωση του δαπέδου του ορυχείου σε κατάλληλα υψόμετρα, λαμβάνοντας υπόψη και τις απώλειες σε λιγνίτη.

8.3. Προτάσεις

Οι πρώτες εκτιμήσεις που έγιναν πιο πάνω για το θέμα της υδρογεωλογικής προστασίας του ορυχείου Βεύης οδηγούν στο συμπέρασμα ότι το πρόβλημα αυτό απαιτεί μια ιδιαίτερη τεχνικοοικονομική μελέτη στην οποία πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

α) Σχέση εκμετάλλευσης μέσα σε κάποια ανεκτά οικονομικά περιθώρια, β) Αντλήσιμες ποσότητες οικονομικά αντιμετωπίσιμες,

γ) Διαμόρφωση του δαπέδου σε υψόμετρο που θα αφήνει αρκετό πάχος υποκειμένων, με ικανοποιητικούς συντελεστές ασφαλείας έναντι των πιέσεων,

δ) Ικανοποιητική απόληψη λιγνίτη,

ε) Περιβαλλοντολογική μελέτη, όπου να προσεγγίζονται τυχόν επιπτώσεις στη λίμνη των Πετρών και στις καρστικές πηγές και γενικά αποφυγή διαταραχής της οικολογικής ισορροπίας,

στ) Διερεύνηση της δυνατότητας υδροδότησης του ΑΗΣ από τα νερά που θα αντλούνται για την προστασία του ορυχείου, δυνατότητα θα υποβοηθήσει την οικονομικότητα της υδρολογικής προστασίας του ορυχείου αφού θα συνδυάσει τα δύο έργα. Ενδεικτικά σημειώνεται ότι για την υδροδότηση του ΑΗΣ μελετάται η πιθανότητα κατασκευής φράγματος στον Γεροπόταμο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΑΚΥΛΑΣ, Ν., ΛΕΟΝΤΙΔΗΣ, Μ., ΑΓΓΕΛΑΚΗ, Σ., ΠΑΤΜΑΝΙΔΟΥ, Λ., ΝΑΛΜΠΑΝΤΗ, Δ., ΓΙΟΥΛΗ, Γ., ΔΙΑΚΟΥΡΑ, Κ., ΤΣΟΥΦΛΙΔΟΥ, Σ.

"Πρόδρομη μεταλλευτική διερεύνηση λιγνιτικού κοιτάσματος Φλώρινας" ΔΕΗ Αθήνα 1994.

ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ, Δ., ΛΟΥΛΟΥΔΗΣ, Γ. : Επίδραση διαφόρων παραμέτρων στη μορφή και το σχήμα της ελεύθερης επιφάνειας υδροφόρων οριζόντων κοντά σε ανοικτά πρανή ορυχείων" υπό δημοσίευση στα Μεταλλειολογικά - Μεταλλουργικά Χρονικά.

ΔΡΟΥΓΑΣ, Ι., ΓΑΛΙΤΗΣ, Ν., ΚΟΥΜΕΝΤΑΚΟΣ, Σ. : "Προκαταρκτική μελέτη εκμετάλλευσης λιγνιτικού κοιτάσματος Φλώρινας", ΔΕΗ ΑΘΗΝΑ 1989.

ΚΩΤΗΣ, Θ., ΠΛΟΥΜΙΔΗΣ, Μ., ΜΕΤΑΞΕΑ, Α., ΒΑΡΒΑΡΟΥΣΗΣ, Γ.: "Κοιτασματολογική έρευνα λιγνιτικού κοιτάσματος υποπεριοχής Βεύης Ν. Φλώρινας", Ι.Γ.Μ.Ε, 1992.

ΛΟΥΛΟΥΔΗΣ, Γ. : "Υδρογεωλογικές συνθήκες Νοτίου λιγνιτοφόρου πεδίου Πτολεμαΐδας. Προβλήματα υπογείων νερών και αντιμετώπισή τους κατά την εκμετάλλευσή".

ΛΟΥΛΟΥΔΗΣ, Γ., ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗΣ, Ι. : "Αλληλεπιδράσεις υπογείων νερών και ανοικτών εκμεταλλεύσεων, έλεγχος αυτών" Μ.Μ.Χ. Τόμος 2, Τεύχος 4, Οκτώβριος - Δεκέμβριος 1992.

ΜΑΡΙΝΟΣ, Π.: "Διερεύνηση της δυνατότητας υποβιβασμού του υδροφόρου οριζοντα Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

σε καρστικό υδροφορέα πολύ υψηλού δυναμικού". 2ο Υδρογεωλογικό συνέδριο, ΠΑΤΡΑ 1993.

ΜΑΤΑΡΑΓΚΑ, Δ. "Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας : Φύλλο "Βεύη". Έκδοση Ι.Γ.Μ.Ε 1981.

ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ. : "Γεωλογία της Ελλάδος" ΘΕΣ/ΝΙΚΗ 1989.

ΠΑΤΚΟΣ, Β. : "Υδρογεωλογικά προβλήματα και αντιμετώπιση τους στο λιγνιτικό πεδίο της Βεύης". Διπλωματική διατριβή, Α.Π.Θ. ΘΕΣ/ΝΙΚΗ, 1985.

ΠΑΥΛΙΔΗΣ, Β.Σ.: "Νεοτεκτονική εξέλιξη λεκάνης Φλώρινας - Βεγορίτιδας - Πτολεμαΐδας", Διδακτορική διατριβή, Α.Π.Θ. ΘΕΣ/ΝΙΚΗ, 1985.

RAGHUNATH, H.M. : "Ground water" 2nd edition, New Delhi 1987.

ΣΑΡΤΖΕΤΑΚΗ, Μ. : "Τεχνικογεωλογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες στο ξυλιτικό κοίτασμα Υποπεριοχής Βεύης (Ν. Φλώρινας)", Διπλωματική εργασία, Ε.Μ.Π. 1992.

ΣΤΑΜΟΣ, Α., ΜΑΝΑΚΟΣ, Α. : "Απογραφή καρστικών πηγών Ελλάδας. Υδατικό διαμέρισμα Δυτ. Μακεδονίας" - Ι.Γ.Μ.Ε 1986.