

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΓΕΝΕΣΗΣ ΣΠΗΛΑΙΩΔΩΝ ΕΓΚΟΙΛΩΝ ΣΕ ΝΕΟΓΕΝΕΙΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥΣ – ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ

Λουπασάκης Κ., Κωνσταντοπούλου Γ.

I.G.M.E., Διεύθυνση Τεχνικής Γεωλογίας, Λ. Μεσογείων 70, Τ.Κ. 11527 Αθήνα

Περίληψη

Στη νοτιοδυτική παράκτια ζώνη της νήσου Θάσου, εντός των σχηματισμών του Νεογενούς, εντοπίζονται αλληπάλλληλα έγκοιλα, προϊόντα της υποσκαφής που προκαλείται από τη μηχανική δράση των κυμάτων. Από τη μελέτη τους διαπιστώθηκε ότι οι δομές αυτές δημιουργούνται κυρίως σε θέσεις απότομων παράκτιων πρανών τα οποία δομούνται από μια υπερκείμενη αδρομερή φάση λατυποκροκαλοπαγών και μια υποκείμενη λεπτομερή φάση ψαμμιτών και ιλυολίθων. Η μεγάλη διαφορά στη διαβρωσιμότητα των δύο φάσεων, η τεκτονική και η στρωματογραφία είναι οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν τη μορφή των σπηλαίων. Η έντονη οικιστική δραστηριότητα και τουριστική ανάπτυξη της περιοχής καθώς και η ύπαρξη διατηρητέων κτιριακών εγκαταστάσεων στην παράκτια ζώνη, απομεινάρια της μεταλλουργικής βιομηχανίας που άνησε στην περιοχή στις αρχές του προηγούμενου αιώνα, κατέστησαν επιτακτική τη διερεύνηση του μηχανισμού γένεσης αλλά και των συνθηκών ευστάθειας των συγκεκριμένων δομών.

GENERATION MECHANISM OF CAVES IN NEOGENE FORMATIONS – EVALUATION OF STABILITY CONDITIONS

Loupasakis C., Konstantopoulou G.

I.G.M.E., Engineering Geology Department, Messoghion Av. 70, GR. 115 27 Athens

Abstract

Along the southwestern coastline of Thasos Island, within the limits of the Neogene formations, several caves were located. These caves are the products of the erosional action of the waves and they were excavated along steep slopes composed of an overlying coarse-grain phase (massive conglomerates) and an underlying fine-grain phase (sandstones, silty sandstones and silty clays) of the Neogene. The main parameters affecting the form of the caves are the differences on the erosion degree of the phases, as well as the tectonic fracturing and the stratigraphy of the formations. The study of the generation mechanism and stability conditions of these caves was imposed by the intensive construction activity and the increasing tourism development of the area combined with the existence of several industrial monuments along the coastline.

Λέξεις κλειδιά: νεογενείς σχηματισμοί, σπηλαιώδη έγκοιλα, διαβρωτική δράση κυμάτων, ευστάθεια σπηλαίων.

Key words: neogene formations, caves, wave action, cave stability.

1. Εισαγωγή

Τα έγκοιλα που εντοπίζονται εντός των Νεογενών σχηματισμών της νοτιοδυτικής παράκτιας ζώνης της νήσου Θάσου, στην ευρύτερη περιοχή των Λιμεναρίων, παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω της ιδιαιτερότητας του μηχανισμού γένεσής τους αλλά και λόγω των γεωτεχνικών προβλημάτων που τα συνοδεύουν. Η μεγάλη έκταση που καταλαμβάνουν οι νεογενείς σχηματισμοί και η οποία ανέρχεται στο 24% της συνολικής έκτασης της Ελληνικής επικράτειας (Koukis et.al., 2005), καθιστά απαραίτητη τη μελέτη των δομών αυτών καθώς τα

χαρακτηριστικά τους μπορούν να εμφανίζονται σε πληθώρα ανάλογων περιοχών.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας αναφέρονται τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της παράκτιας ζώνης και τα γεωλογικά δεδομένα της ευρύτερης περιοχής μελέτης, αναλύονται οι επιμέρους φάσεις της διαδικασίας γένεσης και εντοπίζονται τα γεωτεχνικά προβλήματα των δομών. Το σύνολο των δεδομένων αυτών παρέχει σαφή εικόνα για τις συνθήκες που χαρακτηρίζουν τα έγκοιλα της περιοχής μελέτης και παρέχουν τη δυνατότητα διατύπωσης σαφών προτάσεων για την αντιμετώπιση των γεωτεχνικών προβλημάτων.

2. Θέση – μορφολογία

Η νήσος Θάσος βρίσκεται στο βόρειο Αιγαίο και ανήκει διοικητικά στο νομό Καβάλας (Σχήμα 1). Το μεγαλύτερο αστικό κέντρο της Θάσου είναι ο Λιμένας στο βόρειο άκρο της, όπου και η έδρα του Δήμου Θάσου, ενώ στο νότιο τμήμα του νησιού βρίσκεται ο δεύτερος μεγαλύτερος οικισμός της Θάσου, τα Λιμενάρια.

Η περιοχή μελέτης εκτείνεται από το ανατολικό άκρο των Λιμεναριών έως τον παρακείμενο κόλπο των Μεταλλείων, κατά μήκος της παράκτιας ζώνης. Στη συγκεκριμένη περιοχή αναπτύσσονται αλληπάλληλες μικρές επίμηκες χερσόνησοι, με διεύθυνση ανάπτυξης περίπου Β-Ν, οι οποίες εναλλάσσονται με κολπίσκους μικρής έκτασης, οριοθετημένους από την ενδοχώρα με κατακόρυφα πρηνή.

Το σύνολο των προαναφερόμενων χερσονήσων και πρηνών δομούνται από δύο διακριτές λιθολογικές φάσεις των νεογενών, μία λεπτομερή και μία αδρομερή. Στις θέσεις όπου η λεπτομερής φάση υπόκειται της αδρομερούς εντοπίζονται σπηλαιώσεις ποικίλων διαστάσεων. Εντός της περιοχής μελέτης έχουν εντοπιστεί τέσσερα σπήλαια τα οποία βρίσκονται σε διάφορα στάδια της διαδικασίας γένεσής τους.



Σχήμα 1. Δορυφορική φωτογραφία της νήσου Θάσου στην οποία επισημαίνεται η θέση της περιοχής μελέτης.



Σχήμα 2. Πανοραμική αεροφωτογραφία της περιοχής Λιμεναριών στην οποία παρουσιάζεται το νοτιοανατολικό τμήμα της χερσονήσου, στην κορυφή της οποίας δεσπόζει το «Παλατάκι». Επισημαίνονται οι θέσεις σπηλαιών.

Από το σύνολο των σπηλαιώσεων – υποσκαφών μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν αυτές που εντοπίζονται στη χερσόνησο που βρίσκεται στις ανατολικές παρυφές του οικισμού των Λιμεναριών. Η χερσόνησος αυτή, με μέγιστο υψόμετρο τα 32 μέτρα, φιλοξενεί στην επίπεδη κορυφή της το «Παλατάκι» (Σχήμα 2), ένα μεγάλο διώροφο κτίριο των αρχών του 20ου αιώνα, διοικητικό κέντρο του μεταλλείου καλαμίνας που λειτούργησε στη θέση «Βούβες» από το 1903 έως το 1930. Η ύπαρξη των συγκεκριμένων σπηλαιώσεων προκάλεσε ερωτήματα για τον κίνδυνο εκδήλωσης αστοχιών στα πρηνή της εισόδου αλλά και εδαφικών υποχωρήσεων λόγω καταρρεύσεων οροφής, οι οποίες θα έπλητταν το βιομηχανικό μνημείο.

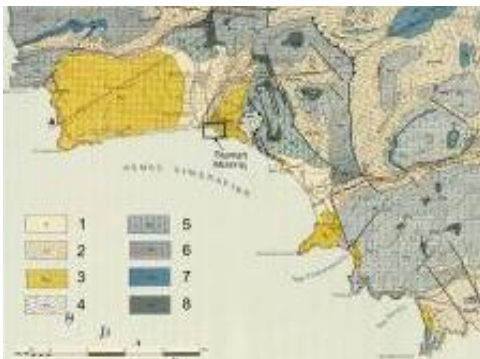
Το μεγαλύτερο από τα έγκοιλα αυτά βρίσκεται στο νοτιοανατολικό άκρο της χερσονήσου έχει μήκος 62,7 m και το μέγιστο πλάτος του φτάνει τα 19,4 m.

3. Γεωλογικές συνθήκες στην περιοχή έρευνας

Η Θάσος ανήκει γεωλογικά στη Μάζα Ροδόπης και δομείται κυρίως από μεταμορφωμένα πετρώματα, που περιλαμβάνουν εναλλαγές μαρμάρων, σχιστολίθων, γνευσίων και δολομιτών, ενώ οι νεότεροι σχηματισμοί έχουν περιορισμένη ανάπτυξη (Μουντράκης, 1985). Αναλυτικότερα, στη στρωματογραφική δομή της Θάσου συμμετέχουν οι ακόλουθοι σχηματισμοί από τους νεότερους προς τους παλαιότερους:

- Τεταρτογενείς σχηματισμοί: περιλαμβάνουν πρόσφατες αποθέσεις χειμάρρων, προσχωσιγενή υλικά καθώς και πλευρικά κορηήματα. Οι σχηματισμοί αυτοί έχουν περιορισμένη ανάπτυξη και εντοπίζονται κυρίως κοντά στην παράκτια ζώνη.
- Νεογενείς σχηματισμοί: εμφανίζονται μόνο στο νοτιοδυτικό τμήμα της Θάσου, στην ευρύτερη περιοχή των Λιμεναρίων και περιλαμβάνουν κυρίως αδρομερή λατυποκροκαλοπαγή σε εναλλαγές με ψαμμίτες και λεπτές αργιλικές ενστρώσεις (Σχήμα 3).
- Μεταμορφωμένο Σύστημα: δομεί το μεγαλύτερο τμήμα του νησιού και περιλαμβάνει ενότητες ασβεσπιτικών και δολομιτικών μαρμάρων συνολικού πάχους 1000m περίπου που εναλλάσσονται με γνεύσιους και λεπτινίτες.

Η περιοχή έρευνας δομείται κυρίως από νεογενείς σχηματισμούς, που τοπικά καλύπτονται από τεταρτογενείς αποθέσεις ή υλικά του μανδύα αποσάθρωσης (Σχήμα 3).



Σχήμα 3. Απόσπασμα Γεωλογικού Χάρτη Ελλάδος, Φύλλο ΘΑΣΟΣ (Ζάχος Σ., 1982).
[1. Σύγχρονες προσχώσεις, 2. Πρόσφατες αποθέσεις χειμάρρων, 3. Λατυποκροκαλοπαγή, 4. Γνεύσιοι Τούμπας, 5. Μάρμαρα Βουβών, 6. Μάρμαρα Κάστρου, 7. Ενστρώσεις σχιστολίθων εντός μαρμάρων Κάστρου, 8. Σχιστόλιθος Αγ. Ελευθερίου]



Σχήμα 4. Διακρίνεται η καθ' ύψος διεύρυνση του σπηλαιίου με την κατάπτωση του τμήματος της οροφής, μέχρι την επαφή των δύο φάσεων (2η φάση). Πρανές στα βορειοδυτικά της ράμπα φόρτωσης των μεταλλείων.

Στους Νεογενείς σχηματισμούς, ηλικίας Ανώτερου Μειοκαινίου, εντοπίζονται δύο διακριτές λιθολογικές φάσεις, μία αδρομερής και μία λεπτομερής. Από τις φάσεις αυτές, στο μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής μελέτης, η αδρομερής υπέρκειται της λεπτομερούς. Τα χαρακτηριστικά των επιμέρους φάσεων είναι τα εξής:

- Αδρομερής φάση: Καστανότεφρου έως καστανέρυθρου χρώματος, άστρωτα λατυποκροκαλοπαγή, ελαφρά ή ελάχιστα αποστρωγγυλεμένα. Τα αδρομερή είναι πολύμικτα, από κροκαλολατύπες κύρια καλαμινούχας, ανθρακικής, γνευσιακής και αμφιβολιτικής σύστασης, ενώ το συνδεδετικό υλικό είναι ασβεστοψαμμιτικό έως ασβεστομαργαϊκό. Το μέγεθος των λατυποκροκαλών κυμαίνεται από λίγα έως μερικές δεκάδες εκατοστά, συνηθέστερα όμως μεταξύ 3cm και 10cm. Το πέτρωμα είναι γενικά συμπαγές και συνεκτικό, σε ελαφρά αποσαθρωμένη κατάσταση και η συνέχειά του διακόπτεται από ανοιχτές διακλάσεις και διαρρήξεις, που το καθιστούν δευτερογενώς υδροπερατό.
- Λεπτομερής φάση: Κυκλοθεματικές αποθέσεις αποτελούμενες από εναλλαγές καστανοκίτρινων ιλυούχων ψαμμιτών και ψηφιτοπαγών με λεπτότερους ορίζοντες ιλυολίθων και λίγες φακοειδείς ενστρώσεις κροκαλοπαγών πάχους 30cm έως 1m. Τα επιφανειακά στρώματα εμφανίζουν κατά κανόνα μέτρια έως ισχυρή αποσάθρωση που συνδέεται τόσο με τις συχνές εναλλαγές ετερογενών στρωμάτων όσο και με τη δράση του νερού. Οι σχηματισμοί της ενότητας αυτής παρουσιάζουν σαφή στρώση με κυματοειδή ανάπτυξη και μικρή γωνία κλίσης, συνήθως προς τα ανατολικά. Οι οριζόντες των ψαμμιτών και κροκαλοπαγών είναι γενικά σφιχτοί και ανθεκτικοί στη διάβρωση, ενώ οι λεπτομερείς αργιλο-ιλυολιθικές ενστρώσεις είναι μαλακές και ευκολοδιάβρωτες.

4. Μηχανισμός γένεσης των σπηλαίων

Η γνώση του μηχανισμού γένεσης των σπηλαίων που εντοπίζονται στα Νεογενή της περιοχής μελέτης είναι απαραίτητη προκειμένου να διερευνηθούν οι συνθήκες ευστάθειας τόσο των υπαρχόντων σπηλαίων, όσο και των πρυνών που περιβάλλουν τις εισόδους τους.

Από τη μελέτη των εγκοίλων που εντοπίστηκαν στην παράκτια ζώνη της ευρύτερης περιοχής μελέτης διαπιστώθηκε ότι οι δομές αυτές δημιουργούνται κυρίως στις θέσεις όπου τα πρυνή δομούνται και από τις δύο φάσεις των νεογενών. Μάλιστα, η γένεση αυτών των δομών ευνοείται στις περιοχές όπου η λεπτομερής φάση υπόκειται της αδρομερούς.

Η μεγάλη διαφορά στη διαβρωσιμότητα των δύο φάσεων, η τεκτονική, η στρωματογραφία αλλά και η διεύθυνση δράσης των κυμάτων είναι οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν τη μορφή των σπηλαίων. Πιο συγκεκριμένα, οι φάσεις γένεσης των σπηλαίων είναι οι εξής (Κωνσταντοπούλου & Λουπασάκης, 2005):

- Φάση 1η: Η διαβρωτική δράση των κυμάτων υποσκάπτει τις βάσεις των πρυνών δημιουργώντας μικρά έγκοιλα, εντός της υποκείμενης λεπτομερούς φάσης των Νεογενών.
- Φάση 2η: Η υποσκαφή της βάσης των πρυνών και το αντίστοιχο έλλειμμα στήριξης που δημιουργείται προκαλεί την αποκόλληση τμημάτων της οροφής του εγκοίλου. Τα τμήματα αυτά πέφτουν στο δάπεδο του εγκοίλου και διαβρώνονται σταδιακά από τη δράση των κυμάτων. Με τη διαδικασία αυτή το έγκοιλο διευρύνεται καθ' ύψος μέχρι την επαφή των δύο φάσεων. Από το σημείο αυτό και μετά η διεύρυνση καθ' ύψος επιβραδύνεται σημαντικά γιατί η αδρομερής φάση των νεογενών παρουσιάζει καλύτερα μηχανικά χαρακτηριστικά και δεν εμφανίζει συχνές καταπτώσεις.
- Φάση 3η: Η διαδικασία της υποσκαφής συνεχίζεται στη βάση των τοιχωμάτων του σπηλαίου. Το σπήλαιο επεκτείνεται σε βάθος κατά τη διεύθυνση των κύριων τεκτονικών ασυνεχειών αλλά και παράλληλα στη διεύθυνση δράσης των κυμάτων. Ταυτόχρονα με τη σε βάθος επέκταση των εγκοίλων λαμβάνει χώρα και η καθ' ύψος διεύρυνσή τους με την κατακρήμνιση των τμημάτων της οροφής που δομούνται από τη λεπτομερή φάση των νεογενών. Ουσιαστικά στη φάση αυτή επαναλαμβάνονται οι διαδικασίες των δύο προηγούμενων φάσεων εντός του χώρου του εγκοίλου.

Χαρακτηριστικές εικόνες από τις φάσεις γένεσης των σπηλαίων παρουσιάζονται στα σχήματα 4, 5 και 6. Πιο συγκεκριμένα, στο σχήμα 4 απεικονίζεται η είσοδος εγκοίλου που βρίσκεται σε κολπίσκο βορειοδυτικά του κόλπου των Μεταλλείων, κάτω από την παλιά ράμπα

φόρτωσης του μεταλλεύματος. Το συγκεκριμένο έγκοιλο βρίσκεται στη 2η φάση της διαδικασίας γένεσης. Δηλαδή, η υποσκαφή στη βάση του πρανού έχει προκαλέσει την αποκόλληση της οροφής και την καθ' ύψος επέκταση του σπηλαιίου. Σε μεταγενέστερο στάδιο αναμένεται ο όγκος που έχει φράξει την είσοδο του σπηλαιίου να διαβρωθεί από τη δράση των κυμάτων προκειμένου να ενεργοποιηθούν οι διεργασίες της τρίτης φάσης.

Στη φωτογραφία του σχήματος 5 διακρίνεται η είσοδος εγκοίλου στο οποίο έχει ολοκληρωθεί η 2η φάση της διαδικασίας γένεσης. Η κατασκευή του λιμενοβραχίονα ανέκοψε τη δράση των κυμάτων και απέτρεψε την σε βάθος επέκταση του σπηλαιίου. Το συγκεκριμένο σπήλαιο εντοπίζεται στα βορειοδυτικά πρανή της χερσονήσου που φιλοξενεί το "Παλατάκι" (Σχήμα 2) και αδιαμφισβήτητα η επέκτασή του θα προκαλούσε σοβαρά προβλήματα στην ευστάθεια της επιφάνειας θεμελίωσης του κτιρίου.

Τέλος, στη φωτογραφία του σχήματος 6 παρουσιάζεται η είσοδος του υπερμεγέθους εγκοίλου που βρίσκεται στα νοτιοανατολικά πρανή της προαναφερόμενης χερσονήσου, έγκοιλο για το οποίο είχαν τεθεί σοβαρά ερωτήματα για το βαθμό στον οποίο επηρεάζει την ευστάθεια του κτιρίου. Στο συγκεκριμένο σπήλαιο έχουν λάβει χώρα αλληπάλληλοι κύκλοι σε βάθος και καθ' ύψος διεύρυνσης με αποτέλεσμα το βάθος του να φτάνει τα 62,7 m ενώ το μέγιστο πλάτος του τα 19,4 m. Η θέση του σπηλαιίου αυτού εντοπίζεται στη φωτογραφία του σχήματος 2. Στα δυτικά της εισόδου του προαναφερόμενου σπηλαιίου εντοπίζεται δευτερεύουσας σημασίας έγκοιλο, η διεύρυνση του οποίου παρουσιάζει υστέρηση εξαιτίας του προσανατολισμού του σε διεύθυνση διαφορετική από την κύρια διεύθυνση δράσης των κυμάτων.



Σχήμα 6. Είσοδος υπερμεγέθους σπηλαιίου βάθους 62 μέτρων το οποίο εντοπίζεται στα νοτιοανατολικά της χερσονήσου που φιλοξενεί το "Παλατάκι". Το σπήλαιο αυτό είναι το αποτέλεσμα αλληπάλληλων κύκλων σε βάθος και καθ' ύψος διεύρυνσης.



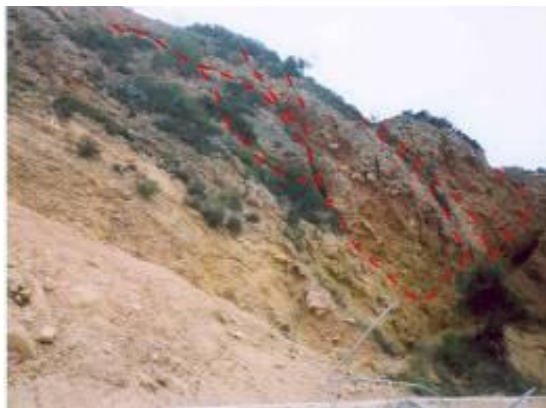
Σχήμα 5. Διακρίνεται η είσοδος εγκοίλου που εντοπίζεται στο βορειοδυτικό πρανές της χερσονήσου που φιλοξενεί το "Παλατάκι". Το σπήλαιο αυτό βρίσκεται στο τέλος της 2ης φάσης της διαδικασίας γένεσης. Τα υλικά που αποκολλήθηκαν από την οροφή έχουν διαβρωθεί αλλά η κατασκευή του λιμενοβραχίονα απέτρεψε την περαιτέρω σε βάθος επέκταση του εγκοίλου.

5. Διερεύνηση των συνθηκών ευστάθειας των σπηλαίων

Κατά την ανάλυση των συνθηκών ευστάθειας των συγκεκριμένων εγκοίλων θα πρέπει να εξεταστεί ο κίνδυνος αποκόλλησης βραχοσφηνών από τμήματα της οροφής, ο κίνδυνος εκδήλωσης εδαφικών υποχωρήσεων στην επιφάνεια λόγω εκτεταμένων καταρρεύσεων της οροφής αλλά και ο κίνδυνος εκδήλωσης κατολισθήσεων στα πρανή της εισόδου.

Ο μηχανισμός γένεσης των σπηλαίων συνεπάγεται την έντονη μηχανική καταπόνηση της οροφής αλλά και των τοιχωμάτων του σπηλαίου. Όπως προαναφέρθηκε κατά την περιγραφή των φάσεων γένεσης των εγκοίλων, η αποκόλληση τμημάτων της οροφής κατά μήκος του ορίου των δύο φάσεων των Νεογενών αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της καθ' ύψος διεύρυνσής τους. Ο μηχανισμός αυτός συνεπάγεται τον κίνδυνο ύπαρξης επικρεμμένων τεμαχίων σε όλη την έκταση του εσωτερικού των σπηλαίων. Τα τεμάχια αυτά μπορεί να έχουν διαστάσεις μερικών τετραγωνικών μέτρων και πάχος το οποίο να εξαρτάται από την απόσταση της οροφής από το όριο των δύο φάσεων.

Σε δομές αυτού του είδους ο κίνδυνος εκδήλωσης εκτεταμένων καταρρεύσεων σε μεγάλα τμήματα της οροφής είναι υπαρκτός και εξαρτάται από το πάχος της υπερκείμενης αδρομερούς φάσης των Νεογενών καθώς και από την ύπαρξη μεγάλων τεκτονικών ασυνεχειών ή ρηγμάτων που να τη διατέμνουν. Ο κίνδυνος αυτός είναι εντονότερος κοντά στις εισόδους των εγκοίλων καθώς στις θέσεις αυτές το πάχος των υπερκείμενων μειώνεται ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται και η μηχανική καταπόνηση της βραχομάζας. Ωστόσο, από την αυτοψία που πραγματοποιήθηκε στα τέσσερα έγκοιλα που εντοπίστηκαν εντός της περιοχής μελέτης δεν υπάρχει κίνδυνος εκτεταμένων εδαφικών υποχωρήσεων. Στα τρία από αυτά, η προβολή τους στην επιφάνεια του εδάφους είναι μικρών διαστάσεων, καθώς βρίσκονται στα πρώτα στάδια της διαδικασίας γένεσής τους. Ενώ στο υπερμέγεθες έγκοιλο που εντοπίζεται στα νοτιοανατολικά της χερσονήσου με το "Παλατάκι", το πάχος των υπερκείμενων είναι μεγάλο, ενώ ταυτόχρονα δε φαίνεται να διατέμνεται από εκτεταμένες τεκτονικές δομές. Επιπροσθέτως, από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στον προσανατολισμό του άξονα του συγκεκριμένου σπηλαίου αποδεικνύεται πως δεν προσεγγίζει και δεν υποσκάπτει τη θεμελίωση του διατηρητέου κτιρίου. Επομένως αίρονται όλα τα σχετικά ζητήματα για τις επιπτώσεις του στην ασφάλεια του μνημείου. Ασχέτως του γεγονότος ότι το συγκεκριμένο σπήλαιο αυτοϋποστηρίζεται, παρά τις δυναμικές φορτίσεις που δέχεται από τη δράση των κυμάτων, στην περίπτωση που αποφασιστεί η ανάπτυξη δραστηριοτήτων στην περιοχή που υπέρκειται αυτού οι συνθήκες ευστάθειας του θα πρέπει να διερευνηθούν επισταμένως με την εκπόνηση ειδικής γεωτεχνικής μελέτης.

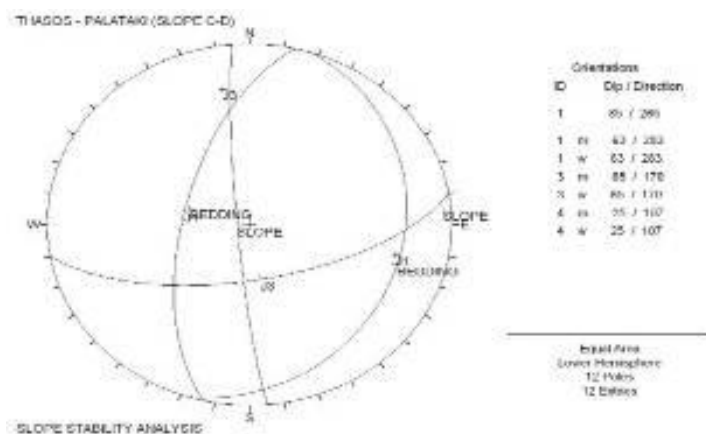


Σχήμα 7. Επισημαίνονται οι επικρεμόμενες βραχοσφήνες στην είσοδο του εγκοίλου που εντοπίζεται στο βορειοδυτικό πρανάς της χερσονήσου που φιλοξενεί το "Παλατάκι".

Οι έντονες υποσκαφές που διαμορφώνουν τις εισόδους των σπηλαίων αλλά και οι διευρύνσεις των ασυνεχειών από τη δράση των κυμάτων, δημιουργούν συνθήκες ευνοϊκές για την εκδήλωση κατολισθήσεων με τη μορφή ολίσθησης βραχοσφηνών στις εισόδους όλων των σπηλαίων. Τα προβλήματα αυτά είναι εντονότερα στα πρανά που διατέμνονται από πυκνά

συστήματα ασυνεχειών ή από εκτεταμένες τεκτονικές δομές.

Ως παράδειγμα, στη φωτογραφία του σχήματος 7 επισημαίνονται οι βραχοσφήνες που διαμορφώνονται στα πρανή που περιβάλλουν την εισόδο του σπηλαίου που εντοπίζεται στα βορειοδυτικά της χερσονήσου με το ``Παλατάκι``. Από την καταγραφή των ασυνεχειών προέκυψε ότι στο πρανές της εισόδου με στοιχεία προσανατολισμού 265/85, ανατέλλουν οι άξονες των βραχοσφηνών που ορίζονται από τις ασυνέχειες των συστημάτων J1: (283/63) και J3: (170/65) (Σχήμα 8). Επομένως δεδομένης και της υποσκαφής που παρατηρείται στη βάση του πρανούς υπάρχει κίνδυνος ολισθήσεων. Ο κίνδυνος αυτός μετριάζεται από τα μηχανικά χαρακτηριστικά της αδρομερούς φάσης των Νεογενών. Δηλαδή η έντονη αδρότητα των υλικών αυτών προσδίδει μεγάλες τιμές στη γωνία τριβής και κατά συνέπεια μεγάλες τιμές διατμητικής αντοχής. Παρόλα αυτά στο συγκεκριμένο πρανές υπάρχει πιθανότητα εκδήλωσης ολισθήσεων, κυρίως κατά την επιβολή σεισμικών φορτίσεων ή μετά από την παρατεταμένη δράση διαβρωτικών παραγόντων.



Σχήμα 8. Στερεογραφική προβολή των κύριων επιφανειών που επηρεάζουν την ευστάθεια του πρανούς της εισόδου του σπηλαίου, που εντοπίζεται στο βορειοδυτικό πρανές της χερσονήσου με το "Παλατάκι".

6. Συμπεράσματα - προτάσεις

Συνεκτιμώντας το μηχανισμό γένεσης των εγκοίλων καθώς και τις γεωτεχνικές τους παραμέτρους προκύπτει, ότι η έντονη μηχανική καταπόνηση των σχηματισμών, εξαιτίας της δυναμικής φόρτισης των κυμάτων, δημιουργεί έγκοιλα τα οποία μπορούν να αποκτήσουν αξιοσημείωτες διαστάσεις και τα οποία παρουσιάζουν σοβαρά προβλήματα αστάθειας. Τα προβλήματα αυτά επιτείνονται με τη διεύρυνση των εγκοίλων. Επομένως, καθώς τα σπήλαια αυτά δεν παρουσιάζουν κάποιο ιδιαίτερο ενδιαφέρον από άποψη φυσικής ομορφιάς, το κύριο μέτρο για την αποτροπή της επιδείνωσης των γεωτεχνικών προβλημάτων θα πρέπει να είναι η διακοπή των γενεσιουργών διαδικασιών τους. Τα μέτρα που προτείνονται για τη μείωση των κινδύνων που συνεπάγεται η ύπαρξη αλλά και η διεύρυνση των δομών αυτών είναι τα εξής:

- Κατασκευή κυματοθραύστη μπροστά από τις εισόδους των εγκοίλων. Η ενέργεια αυτή θα ανακόψει τη διεύρυνσή τους και θα αποτρέψει την εκδήλωση αστοχιών που οφείλονται στη δυναμική καταπόνηση της βραχομάζας.
- Απαγόρευση της εισόδου στα σπήλαια. Η απαγόρευση της εισόδου θα πρέπει να εξασφαλιστεί

με την τοποθέτηση φράχτη. Ενώ στην περίμετρο της εισόδου θα πρέπει τα τοποθετηθούν πινακίδες για την επισήμανση του κινδύνου καταπτώσεων βράχων.

- Εκπόνηση γεωτεχνικών μελετών στην περίπτωση ανάπτυξης δραστηριοτήτων στις περιοχές που υπέρκειται των εγκοίλων αλλά και στις περιοχές εμπροσθεν των πρανών της εισόδου. Ο κίνδυνος εκδήλωσης εκτεταμένων εδαφικών υποχωρήσεων αλλά και ο κίνδυνος εκδήλωσης κατολισθήσεων μπορεί να απαλειφθεί με την εφαρμογή σύγχρονων μεθόδων αντιστήριξης, όπως μεταλλικά πλαίσια, τοιχία αντιστήριξης, αγκυρώσεις, κ.α.

Από τα προαναφερόμενα γίνεται σαφές ότι η γνώση της γεωλογικής δομής αλλά και του μηχανισμού γένεσης των δομών αυτών παίζει καθοριστικό ρόλο στον εντοπισμό των όποιων τεχνικογεωλογικών - γεωτεχνικών προβλημάτων καθώς και στην επιλογή των μέτρων αντιμετώπισής τους.

Βιβλιογραφία

Ζάχος, Σ. (1982). Γεωλογικός Χάρτης Ελλάδος, Φύλλο ΘΑΣΟΣ, Κλίμακας 1:50.000, εκδόσεις ΙΓΜΕ, Αθήνα.

Κωνσταντοπούλου Γ., Λουπασάκης Κ., (2005), Τεχνικογεωλογική μελέτη κατολίσθησης στη θέση "Παλατάκι" Λιμεναρίων Θάσου, Αδημοσίευτη Έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε., σελ. 66.

Koukis G, Sabatakakis N, Nikolaou N, Loupasakis C. 2005. Landslide hazard zonation in Greece. In: Sassa K, Fukuoka H, Wang F, Wang G (eds). Proceedings of open symposium on landslide risk analysis and sustainable disaster management in the First General Assembly of International Consortium on Landslides, Springer-Verlag, Berlin, pp 291-296.

Μουντράκης Δ., (1985), Γεωλογία της Ελλάδος, University Studio Press, Θεσσαλονίκη.