

ΔΕΛΤΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ
BULLETIN OF THE GEOLOGICAL SOCIETY OF GREECE

ΤΟΜΟΣ
VOLUME **XXV**



ΤΕΥΧΟΣ
NUMBER **1**



24-27 ΜΑΪΟΥ

1990

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

5

Επιστημονικό
Συνέδριο της
Ελληνικής
Γεωλογικής
Εταιρείας

THESSALONIKI
24-27 MAY
1990

5th Congress
of the Geological
Society
of Greece



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ **1991**
THESSALONIKI

ΛΕΚΚΑΣ, Ε., σε συνεργασία με ΛΟΓΟ, Ε., ΔΑΝΑΜΟ, Γ., ΦΟΥΝΤΟΥΛΗ, Ι., ΑΔΑΜΟΠΟΥΛΟΥ, Ε. (1990). - Μακροσεισμικές παρατηρήσεις μετά το σεισμό της 16 Οκτωβρίου 1988 στη χερσόνησο της Κυλλήνης (ΒΔ. Πελοπόννησος, Ελλάδα). - *Πρακτικά 5ου Γεωλ. Επιστ. Συν. της Ελλ. Γεωλ. Ετ., Μάιος 1990, Θεσ/νίκη, Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Ετ., τ. XXV/3*, σ. 313-328

ΜΑΚΡΟΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΜΕΤΑ ΤΟΝ ΣΕΙΣΜΟ ΤΗΣ 16 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 1988 ΣΤΗΝ ΧΕΡΣΟΝΗΣΟ ΤΗΣ ΚΥΛΛΗΝΗΣ (Β.Δ. ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ, ΕΛΛΑΔΑ)

Ευθ. Λέκκας σε συνεργασία με τους Ε. Λόγα, Γ. Δανάμο, Γ. Φουντούλη και Ε. Αδαμοπούλου

ΣΥΝΟΨΗ

Περιγράφονται τα μακροσεισμικά φαινόμενα τα οποία προκλήθηκαν από τους σεισμούς της 16 Οκτωβρίου 1988 στην περιοχή της Χερσονήσου της Κυλλήνης (Β.Δ. Πελοπόννησος). Ειδικότερα περιγράφονται σεισμικά ρήγματα, εδαφικές διαρρήξεις, φαινόμενα εκτίναξης νερού και άμμου, φαινόμενα ρευστοποίησης, καταπτώσεις σε τεχνικά και φυσικά πρανή και μεταθέσεις γραμμών ακτών. Επίσης δίδεται ένας κατάλογος με τις καταστροφές που προκάλεσαν οι σεισμοί σε κάθε μία οικιστική μονάδα της Χερσονήσου και γίνεται μία κατ' αρχή αναφορά στους γεωλογικούς-γεωτεχνικούς παράγοντες που επέδρασαν στην κατανομή των.

ABSTRACT

The earthquake of October 16, 1988 and generally the seismic activity of September-October 1988, had as a result the observation of many phenomena in the area of Kyllini peninsula (N.W. Peloponnesus). Seismic fractures, soil cracks, sand water's shaking off, liquefactions, rock falls, on natural and human-made slopes, and sea level changes were observed. Further more a list was made including all village damages in Kyllini area. According to the observations we concluded that the geological and geotechnical conditions and the soil of the buildings foundation, played the main role in the distribution of the damages.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΓΕΝΙΚΑ

Στις 16 Οκτωβρίου 1988 και περί ώρα 14.34.06 η ευρύτερη περιοχή της Κυλλήνης-Βαρθολομιού-Ζακύνθου επλήγει από σεισμό $M_L = 5.5$ (NAT. OBSERVATORY OF ATHENS, 1988). Το επίκεντρο του σεισμού το οποίο απείχε 240 χιλιόμετρα περίπου, δυτικά των Αθηνών.

LEKKAS E. with contr. LOGOS E., DANAMOS G., FOUNTOULIS I., ADAMOPOULOU E.
Macroseismic observations after the earthquake of October 16th, 1988 in Kyllini peninsula
(N.W. Peloponnesus, Greece).

University of Athens, Dep. of Dynamic, Tectonic and Applied Geology, Panepistimioupoli,
157.84 Athens, Greece.

ών τοποθετήθηκε στο βόρειο άκρο του διαύλου Χερσονήσου Κυλλήνης-Ζακύνθου. Η κύρια σεισμική δόνηση συνοδεύτηκε από πολλούς μετασεισμούς ενώ και πριν από τον κύριο σεισμό είχαν σημειωθεί αρκετές σεισμικές κινήσεις από την αρχή του Σεπτεμβρίου 1988. Η σεισμική δραστηριότητα είχε σαν αποτέλεσμα να προκληθούν μεγάλες καταστροφές στην Χερσονήσο της Κυλλήνης με περισσότερο σημαντικές στο Κάστρο, στο Βαρθολομιό, στην Κυλλήνη, στα Λουτρά Κυλλήνης κ.ά.

Αμέσως μετά την κύρια σεισμική δόνηση και στα πλαίσια ενός ερευνητικού εφαρμοσμένου προγράμματος για την Γεωλογική-Τεκτονική έρευνα, επισκεφθήκαμε την περιοχή και πέρα από την μελέτη της γεωλογίας, της τεκτονικής, της νεοτεκτονικής εξέλιξης και των γεωτεχνικών προβλημάτων καταγράφηκαν πολλές μακροσεισμικές παρατηρήσεις οι οποίες παρουσιάζονται στη συνέχεια.

2. Η ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΟΥ ΜΕΛΕΤΗΘΗΚΕ

Όπως είναι γνωστό τόσο η Βορειοδυτική Πελοπόννησος όσο και η Δυτική Ελλάδα στο σύνολό της έχει κατ' επανάληψη πληγεί από μεγάλους και καταστροφικούς σεισμούς. Ο κύριος λόγος εκδήλωσης μεγάλων σεισμών στην συγκεκριμένη περιοχή της χώρας είναι ότι βρίσκεται στο εξωτερικό τμήμα του Ελληνικού τόξου και επηρεάζεται άμεσα ή έμμεσα από την σύγκλιση των δύο λιθοσφαιρικών πλακών της Αφρικανικής που βρίσκεται προς τα δυτικά-νοτιοδυτικά και υποβυθίζεται και της Ευρωπαϊκής που βρίσκεται προς τα ανατολικά-βορειοανατολικά και επωθείται.

Η Δυτική Πελοπόννησος και ιδιαίτερα το βορειοδυτικό τμήμα μπορεί να χαρακτηριστεί σαν μία από τις περισσότερο μελετημένες γεωλογικά περιοχές της χώρας εξ αιτίας της πιθανής παρουσίας υδρογονανθράκων στο υπέδαφός της. Οι έρευνες που έγιναν περιλάμβαναν γεωλογικές χαρτογραφήσεις, γεωφυσικές διασκοπήσεις και εκτέλεση ερευνητικών γεωτρήσεων, με αποτέλεσμα να αποκτηθεί μία αρκετά καλή εικόνα της γεωλογίας της.

Παρ' όλο που όπως είναι φυσικό υφίστανται ακόμα πολλά προβλήματα και ερωτηματικά κυρίως σε ότι αφορά τη γεωλογική δομή και τη νεοτεκτονική εξέλιξη, με βάση τα έως τώρα δεδομένα (ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ 1969, HAGEMAN 1977, KOWALCZYK & WINTER 1979a, 1979b, ΚΑΜΠΕΡΗΣ 1987, UNDERHILL 1985, 1988 κ.α.) και με βάση πρόσφατες παρατηρήσεις μας έγινε δυνατό να αποκτηθεί μία πληρέστερη εικόνα της γεωλογίας της ευρύτερης περιοχής (Κυλλήνη-Λουτρά Κυλλήνης-Βαρθολομιό-Αραξός). Συγκεκριμένα στην περιοχή εμφανίζονται Αλπικοί και Μεταλπικοί σχηματισμοί (Εικ. 7) οι οποίοι είναι οι ακόλουθοι:

A. ΑΛΠΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

- α. Εβαπορίτες Κάστρου: Πρόκειται για γύψους χρώματος σκούρου που οφείλεται στην παρουσία βιτουμενίων. Η ηλικία τους είναι πιθανώτατα Τριαδικό και εμφανίζονται 500 μέτρα δυτικά του χωριού Κάστρο.
- β. Ασβεστόλιθοι Κάστρου: Πρόκειται για λευκούς, λεπτοστρωματώδεις και κατά θέσεις μεσοστρωματώδεις, μικρολατυποπαγείς ασβεστολίθους. Η ηλικία τους είναι πιθανώτατα Κρητικό και εμφανίζονται κυρίως στο χωριό Κάστρο και βόρεια των Λουτρών της Κυλλήνης.

B. ΜΕΤΑΛΠΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

- α. Σχηματισμός Κροκαλοπαγών Ψηλής Ράχης: Αποτελούν τον κατώτερο σχηματισμό που απαντά στην περιοχή. Περιλαμβάνει κροκάλες κυρίως κερατολιθικές αλλά και ασβεστολιθικές οι οποίες παρουσιάζουν κακή κοκκομετρική ταξινόμηση. Η ηλικία τους

- είναι Πλειόκαινο. Το ορατό τους πάχος είναι 20 περίπου μέτρα και εμφανίζονται βορειοδυτικά του χωριού Κάστρου.
- β. Σχηματισμός Λυγιάς: Αποτελεί τον υπερκείμενο σχηματισμό των Κροκαλοπαγών της Ψηλής Ράχης και περιλαμβάνει αργίλους, μάργες, άμμους και ψαμμίτες που ορισμένες φορές εναλλάσσονται σε στρώματα μεταβαλλόμενου πάχους. Ο σχηματισμός της Λυγιάς στο σύνολό του καλύπτει ένα μεγάλο τμήμα της περιοχής, έχει ηλικία Πλειόκαινο-Κάτω Πλειστόκαινο (ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ 1969) και μέγιστο ορατό πάχος 400 μέτρα.
- γ. Σχηματισμός Ασβεστοψαμμιτών Γλώσσας: Πρόκειται για πορρώδεις ασβεστιτικούς ψαμμίτες οι οποίοι κατά θέσεις περιέχουν λεπτομερέστερα και αδρομερέστερα υλικά που προέρχονται από διάφορα πετρώματα. Έχουν πάχος μερικά μέτρα, υπέρκεινται του σχηματισμού Λυγιάς και η πιθανή τους ηλικία είναι Ανώτερο Πλειστόκαινο.
- δ. Αλλουβιακές Αποθέσεις: Πρόκειται για πρόσφατες χαλαρές αποθέσεις οι οποίες καταλαμβάνουν όλη την πεδινή επίπεδη έκταση.
- ε. Παράκτιες Αποθέσεις: Αποτελείται από χαλαρά λεπτομερή και αδρομερή υλικά τα οποία παρατηρούνται κατά μήκος όλης σχεδόν της ακτής της χερσονήσου.
- στ. Beach Rocks: Πρόκειται όπως είναι γνωστό για συμπαγείς σχηματισμούς οι οποίοι αναπτύσσονται σε θαλάσσιο περιβάλλον πλησίον της ακτής. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις Beach Rocks παρατηρούνται στην ακτή δυτικά της Ψηλής Ράχης.
- ζ. Παλαιά και νέα πλευρικά κορήματα: Πρόκειται για παλαιά και νέα συνεκτικά ή ασύνδετα κορήματα τα οποία εμφανίζονται βόρεια των Λουτρών της Κυλλήνης και γύρω από το χωριό Κάστρο.
- θ. Σχηματισμοί θινών: Αποτελούνται κυρίως από άμμους ασύνδετους και αναπτύσσονται κατά μήκος του μεγαλύτερου τμήματος των νότιων και των βόρειων ακτών της περιοχής.

Οι Αλπικοί σχηματισμοί ανήκουν στην Ιόνια Ενότητα εμφανίζονται μόνο σε ορισμένες περιοχές (π.χ. Κάστρο, βόρεια των Λουτρών της Κυλλήνης) και αποτελούν το υπόβαθρο το οποίο παρουσιάζει μία πολύπλοκη γεωμετρία. Οι κύριες τεκτονικές δομές (άξονες πτυχών, ρηξιγενείς ζώνες) έχουν γενική διεύθυνση Β-Ν ενώ υπάρχουν και πολλά ρήγματα εγκάρσια με γενική διεύθυνση Α-Δ. Η εικόνα αυτή οφείλεται αρχικά στην Αλπική ορογένεση (Ανώτατο Ολιγόκαινο-Μεϊόκαινο) και στη συνέχεια στην νεοτεκτονική παραμόρφωση που δημιουργήσε μία επί πλέον πολυπλοκότητα και της οποίας κυρίαρχο ρόλο έπαιξαν τα φαινόμενα διαπειρισμού των εβαποριτών.

Οι Μεταλλικοί σχηματισμοί έχουν καλύψει ασύμφωνα σχεδόν ολοσχερώς το υπόβαθρο και το πάχος τους φθάνει στην περιοχή του Βαρθολομού-Γαστούνης τα 1.400 μέτρα. η ανάπτυξή τους στο χώρο τους ελέγχθηκε τις περισσότερες φορές από την νεοτεκτονική γεγονός που συμπεραίνεται από την παρουσία πολλών και σημαντικών ρηγμάτων που τους τέμνουν ή τους οριοθετούν.

II. ΜΑΚΡΟΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

1. ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΡΗΓΜΑΤΑ

Όπως είναι γνωστό τα σεισμικά ρήγματα είναι τα ενεργά ρήγματα που έχουν δραστηριοποιηθεί σε ιστορικούς χρόνους και η παρουσία τους ή η επαναδραστηριοποίησή τους

συνδέεται άμεσα με κάποια σεισμική κίνηση.

Κατά τον σεισμό της 16 Οκτωβρίου 1988 παρατηρήθηκαν σεισμικά ρήγματα σε λατομείο νότια-νοτιοανατολικά του χωριού Κάστρο (Εικ. 8) όπου εμφανίζεται ο σχηματισμός Ασβεστολιθών Κάστρου. Συγκεκριμένα στα απότομα πρανή του λατομείου παρατηρήθηκαν (Εικ. 1) τα εξής:

- α. Τρεις τουλάχιστον ρηξιγενείς επιφάνειες με πρόσφατα ίχνη μετακίνησης οι οποίες είχαν γενική διεύθυνση Β-Ν και κλίση 70° - 90° είτε προς τα ανατολικά, είτε προς τα δυτικά, ανάλογα με την θέση. Πάνω στις επιφάνειες δεν παρατηρήθηκαν γραμμές τεκτονικής ολίσθησης.
- β. Μεταξύ των εκατέρωθεν ρηξιτεμαχών παρατηρήθηκαν μετακινήσεις της τάξης των 5-20 εκατοστών περίπου χωρίς όμως να υπάρχει κάποια συστηματικότητα στη φορά κίνησης.
- γ. Κατά μήκος των ρηξιγενών επιφανειών υπήρχε πρόσφατο υλικό μυλωνιτίωσης το οποίο μάλιστα είχε έντονο ανοικτοκίτρινο χρώμα, σε αντίθεση με τα αλλοιωμένα από την δράση του νερού χρώματα των υπόλοιπων επιφανειών του λατομείου.
- δ. Κατά μήκος και εκατέρωθεν των ρηξιγενών επιφανειών προκλήθηκαν καταπτώσεις ασβεστολιθικών τεμαχών της τάξης του ενός κυβικού μέτρου τα οποία έφθασαν μέχρι το επίπεδο τμήμα του λατομείου.

Όπως διαπιστώνεται η γενική διεύθυνση Β-Ν των ρηγμάτων που δραστηριοποιήθηκαν κατά τους σεισμούς της 16 Οκτωβρίου 1988 συμπίπτει με τη γενική διεύθυνση των τεκτονικών δομών της ευρύτερης περιοχής της χερσονήσου που έχουν περιγραφεί προηγουμένως. Η απουσία όμως γραμμών τεκτονικής ολίσθησης πάνω στις ρηξιγενείς επιφάνειες δεν επιτρέπει την κινηματική και δυναμική ανάλυση για την εξαγωγή επί πλῆθον συμπερασμάτων.

2. ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΔΙΑΡΡΗΞΕΙΣ

Αντίθετα με τα σεισμικά ρήγματα οι εδαφικές διαρρήξεις είναι ασυνέχειες οι οποίες μπορούν να θεωρηθούν αποτέλεσμα της σεισμικής κίνησης. Παρατηρούνται κατά κύριο λόγο σε εδάφη και λιγότερο σε βραχώδεις μάζες. Κατά τον σεισμό της 16 Οκτωβρίου 1988 στην χερσονήσο της Κυλλήνης εντοπίστηκαν σε πολλές θέσεις εδαφικές διαρρήξεις (Εικ. 8) οι οποίες αναλυτικά είναι οι ακόλουθες:

Α. Περιοχή Μπούκας Βαρβολομίου (Δ1). Εντοπίζονται σε μία έκταση 10 στρεμμάτων η οποία ευρίσκεται στη δυτική όχθη του Πηνειού ποταμού, 400 μέτρα περίπου πριν την εκβολή του (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ κ.ά. 1989). Οι εδαφικές διαρρήξεις χαρτογραφήθηκαν με ακρίβεια (Εικ. 3) και καταγράφηκαν τα ιδιαίτερα τους χαρακτηριστικά. Κατά την χαρτογράφηση διαπιστώθηκαν τα ακόλουθα:

- α. Οι εδαφικές διαρρήξεις έχουν μήκος λίγα εκατοστά ως μερικές δεκάδες μέτρα, είναι ως επί το πλείστον ευθύγραμμες ή ελάχιστα αποκλίνουσες, αλλά και καμπύλες.
- β. Το πλάτος των διαρρήξεων κυμαίνεται από λίγα χιλιοστά ως 40 περίπου εκατοστά. Οι πλέον μεγάλες σε πλάτος παρατηρούνται στο ανατολικό τμήμα, δίπλα στην όχθη του Πηνειού ποταμού, στο βόρειο και στο βορειοδυτικό τμήμα κατά μήκος του αγροτικού δρόμου Βαρβολομίου-Μπούκας.
- γ. Τα ορατά βάθη των διαρρήξεων υπερβαίνουν τα 40 εκατοστά ενώ στις περισσότερες περιπτώσεις τα κενά των διαρρήξεων έχουν καλυφθεί από εδαφικά υλικά.
- δ. Όπως προέκυψε από την στατιστική επεξεργασία των διευθύνσεων των διαρρήξεων υφίστανται τέσσερα συστήματα διαρρήξεων. Το πρωτεύον σύστημα έχει διεύθυνση Β-Ν



Εικ. 1. Σεισμικά ρήγματα στον σχηματισμό Ασβεστολίθων Κάστρου σε λατομείο νοτιοανατολικά του ομώνυμου χωριού στα οποία παρατηρήθηκε μετακίνηση των εκατέρωθεν τεμαχών.

Fig. 1. Seismic faults in the Kastro limestones formation at a quarry SE of the Kastro village where a movement of the both sides fragments was observed.



Εικ. 2. Εδαφικές διαρρήξεις διεύθυνσης NNA-BBΔ κατά μήκος του αγροτικού δρόμου Βαρθολομιού-Μπούκας. Οι διαρρήξεις έχουν άλμα της τάξης των 5-10 εκατοστών με αποτέλεσμα το ενδιάμεσο μικρο-τέμαχος να έχει ταπεινωθεί σε σχέση με τα εκατέρωθεν ευρισκόμενα.

Fig. 2. Ground ruptures of SSE-NNW direction along the Vartholomio-Bouka farming road. The ruptures have a throw of 5-10 cm. Consequently the fragment inbetween is now in lower position than the other both sides ones.

περιλαμβάνει τις μεγαλύτερες σε μήκος διαρρήξεις και εμφανίζεται σε κάθε επί μέρους τμήμα της περιοχής. Το δευτερεύον σύστημα έχει διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ (160°-340°), περιλαμβάνει διαρρήξεις με μεγάλο πλάτος και εμφανίζεται κυρίως στο ανατολικό τμήμα δίπλα στην όχθη του Πηνειού ποταμού και στο ΒΔ τμήμα κατά μήκος και εκατέρωθεν του δρόμου Βαρθολομιού-Μπούκας. Το τριτεύον και υπολοιπόμενο έχουν διευθύνσεις ΝΑ-ΒΔ (120°-300°) και ΒΑΑ-ΝΔΔ (080°-260°) αντίστοιχα και περιλαμβάνουν διαρρήξεις οι οποίες εμφανίζονται στο βόρειο τμήμα.

- ε. Σε ορισμένες διαρρήξεις ή σε ορισμένα τμήματα διαρρήξεων παρατηρούνται άλματα της τάξεως 5-10 εκατοστών. Ζεύγη τέτοιων διαρρήξεων οριοθετούν μικρο-μπλοκ τα οποία δίδουν την εικόνα μικρο-τάφρων ή μικροκεράτων με ή χωρίς περιστροφή. Μία χαρακτηριστική περίπτωση μικροτάφρου είναι αυτή που παρατηρείται κατά μήκος του αγροτικού δρόμου Βαρθολομιού-Μπούκας όπου δύο παράλληλες διαρρήξεις του δευτέρου συστήματος (160°-340°) έχουν άλματα της τάξης των 10 εκατοστών με αποτέλεσμα το μικρο-τέμαχος που οριοθετούν να έχει ταπεινωθεί σε σχέση με τα εκατέρωθεν (Εικ. 2).
- στ. Ορισμένες διαρρήξεις του πρώτου συστήματος συνέπιπταν με τις αυλακώσεις της καλλιέργειας. Οι διαρρήξεις αυτές είχαν μικρό εύρος αλλά σχετικά μεγάλο μήκος.

Η δημιουργία των εδαφικών διαρρήξεων στην περιοχή της Μπούκας σε γενικές γραμμές είναι δυνατό να αποδοθεί στην πλευρική αστάθεια και πλευρική απώλεια στήριξης των τμημάτων του επιφανειακού σχηματισμού, δεδομένου ότι οι διευθύνσεις του δευτερεύοντος, του τριτεύοντος και του υπολοιπόμενου συστήματος συμπίπτουν με τις διευθύνσεις της όχθης του Πηνειού ποταμού και των ελωδών ζωνών που οριοθετούν την περιοχή παρατήρησης των φαινομένων. Αντίθετα η δημιουργία των εδαφικών διαρρήξεων του πρώτου συστήματος είναι δυνατό να αποδοθεί είτε σε ανθρωπογενή αίτια και συγκεκριμένα στην παρουσία αυλακώσεων καλλιέργειας που διευκόλυναν την διάρρηξη, είτε σε γενικότερο εντατικό καθεστώς που υφίσταται στην περιοχή.

Β. Περιοχή Ακρωτηρίου Τρυπητό (Δ2). Οι διαρρήξεις στην περιοχή αυτή παρατηρούνται κοντά στα απότομα πρανή της παραλιακής ζώνης όπου εμφανίζεται ο σχηματισμός της Λυγιάς και σε μήκος περί τα 30 μέτρα. Πιο αναλυτικά διαπιστώθηκαν τα ακόλουθα:

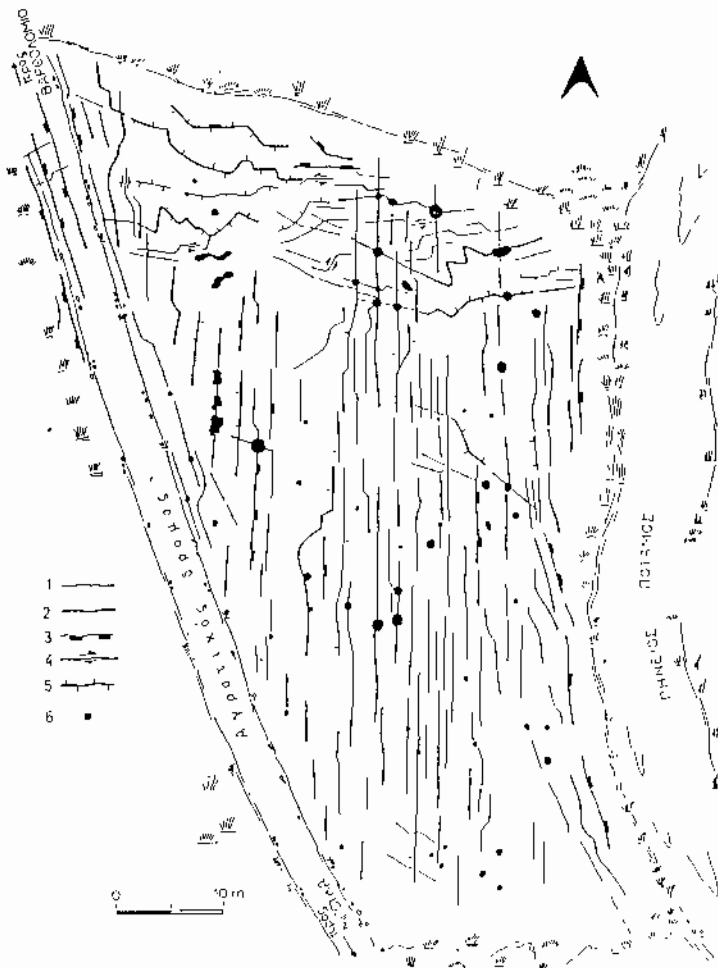
- α. Οι εδαφικές διαρρήξεις έχουν μήκος λίγα εκατοστά ως μερικά μέτρα και είναι στο σύνολό τους ευθύγραμμες.
- β. Το πλάτος τους κυμαίνεται από λίγα εκατοστά ως 30 περίπου εκατοστά και μειώνεται σταδιακά προς τα κάτω.
- γ. Υφίστανται δύο συστήματα διαρρήξεων, το πρώτο έχει διεύθυνση Β40Α και το δεύτερο έχει διεύθυνση Β10Δ, διευθύνσεις που συμπίπτουν περίπου με τις διευθύνσεις των απότομων πρανών της ακτής η οποία στη συγκεκριμένη περιοχή παρουσιάζει κάποια κύρτωση.

Η δημιουργία των εδαφικών διαρρήξεων οφείλεται αποκλειστικά στην πλευρική αστάθεια και απώλεια στήριξης των ακραίων τμημάτων των απότομων πρανών της ακτής.

Γ. Περιοχή Παλαιοκάστρου (Δ3). Οι διαρρήξεις και στην περιοχή αυτή παρατηρούνται κοντά στα πρανή της ακτής και σε μήκος περίπου 20 μέτρα. Αναλυτικά στην περιοχή διαπιστώθηκαν τα ακόλουθα:

- α. Οι εδαφικές διαρρήξεις έχουν μήκος λίγα εκατοστά ως λίγα μέτρα.
- β. Το πλάτος τους φθάνει τα 10 εκατοστά και μειώνεται σταδιακά προς τα κάτω.
- γ. Η διεύθυνση των διαρρήξεων είναι Β40Α συμπίπτει με την διεύθυνση της ακτογραμμής.

Και στην περίπτωση αυτή η δημιουργία των εδαφικών διαρρήξεων οφείλεται στην πλευ-



Εκ. 3. Χάρτης των εδαφικών διάρρηξεων και των φαινομένων εκτίναξης νερού και άμμου στην περιοχή Μπουκα Βαρθολομίου (1. Εδαφική διάρρηξη, 2. Εδαφική διάρρηξη με μεγάλο ευρος, 3. Εδαφική διάρρηξη με άλμα, 4. Εδαφική διάρρηξη με οριζόντια συνιστώσα, 5. Ανάβλυση κατά μήκος εδαφικής διάρρηξης, 6. Κρατήρας εκτίναξης), Από ΜΑΡΙΟΛΑΚΟ κ.ά. 1989

Fig. 3. Map of the ground ruptures and the water and Sand's Shaking off phenomenon in the area of Bouka-Vartholomio (1 Territorial rupture, 2. Wide rupture, 3. Ground rupture with throw, 4. Ground rupture with horizontal component, 5. Sprout along a ground rupture, 6. Crater of shaking off) by MARIOLAKOS et al., 1989.

ρική αστάθεια και απώλεια στήριξης των ακραίων προς την απότομη ακτή τεμαχών του σχηματισμού της Λυγιάς.

Δ. Περιοχή Βυτινάικα (Δ4). Στον οικισμό Βυτινάικα παρατηρήθηκε εδαφική διάρρηξη διεύθυνσης Β60°Δ η οποία είχε μήκος περίπου 150 μέτρα εύρος 5-10 εκατοστά και ορατό βάθος 30-40 εκατοστά. Η διάρρηξη αυτή είχε προσβάλει αποκλειστικά το αποσαθρωμένο επιφανειακό τμήμα του σχηματισμού της Λυγιάς και εξαφανίστηκε μετά την πάροδο μερικών ημερών λόγω της πλήρωσης της από εδαφικά υλικά.

3. ΚΑΤΑΠΤΩΞΕΙΣ

Κατά τον σεισμό της 16 Οκτωβρίου 1988 στην Χερσονήσο της Κυλλήνης παρατηρήθηκαν κατά μήκος απότομων πρανών πολλές καταπτώσεις. Οι καταπτώσεις αυτές είναι δυνατό να διακριθούν σε δύο μεγάλες ομάδες και συγκεκριμένα στις καταπτώσεις οι οποίες έγιναν σε φυσικά πρανή και στις καταπτώσεις οι οποίες έγιναν σε τεχνητά πρανή.

Αναλυτικότερα οι καταπτώσεις που ανήκουν στην πρώτη ομάδα έγιναν κατά μήκος της δυτικής ακτής της Χερσονήσου στις θέσεις ΚΦ1, ΚΦ2, ΚΦ3 (Εικ. 8) όπου υπάρχουν απότομα πρανή με κλίση 70°-90° και ύψους μέχρι και 20 μέτρα. Τα τεμάχια που κατέπεσαν έχουν όγκο 1-10 κυβικά μέτρα και ανήκουν για τις μεν θέσεις ΚΦ1, ΚΦ2 στον σχηματισμό της Λυγιάς και για την θέση ΚΦ3 στον σχηματισμό Ασβεστοψαμμιτών Γλώσσας.

Καταπτώσεις σε τεχνητά πρανή παρατηρήθηκαν κυρίως σε λατομεία αλλά και σε πρανή δρόμων. Οι πιο χαρακτηριστικές μεταπτώσεις παρατηρήθηκαν στα λατομεία νότια του Κάστρου όπου τα τεμάχια που κατέπεσαν είχαν όγκο μέχρι και 4 κυβικά μέτρα και αποτελούνται από Ασβεστολίθους του Κάστρου (ΚΤ1, ΚΤ2). Μικρότερες καταπτώσεις παρατηρήθηκαν και βόρεια των Λουτρών της Κυλλήνης όπου υπάρχουν λατομεία σε εμφανίσεις του σχηματισμού Ασβεστολίθων Κάστρου (ΚΤ3). Τέλος καταπτώσεις παρατηρήθηκαν και κατά μήκος του οδικού δικτύου της Χερσονήσου της Κυλλήνης εκεί όπου τα πρανή είχαν αυξημένες κλίσεις. Οι σημαντικότερες από αυτές παρατηρήθηκαν σε ορισμένα σημεία του αγροτικού δρόμου Κάστρο-Ψηλή Ράχη (ΚΤ4) όπου τα τεμάχια που κατέπεσαν είχαν όγκο μέχρι 1 κυβικό μέτρο και ανήκαν σε πετρώματα του σχηματισμού της Λυγιάς.

4. ΜΕΤΑΘΕΣΕΙΣ ΓΡΑΜΜΩΝ ΑΚΤΩΝ

Κατά τον σεισμό της 16 Οκτωβρίου 1988 παρατηρήθηκαν σε ορισμένα σημεία της ακτογραμμής της Χερσονήσου της Κυλλήνης μεταθέσεις των γραμμών των ακτών (Εικ. 8).

Συγκεκριμένα στο βορειοδυτικό τμήμα της Χερσονήσου και κατά μήκος της ακτογραμμής εμφανίζονται σύγχρονοι σχηματισμοί Beach Rocks (M.A.). Από τις χαρακτηριστικές μορφές της διάβρωσης στο κατώτερο τμήμα τους από τη διαφορά στο χρωματισμό της επιφάνειάς τους καθώς επίσης και από την παρουσία προοκλημένων θαλάσσιων μικροοργανισμών και φυτών μόνο στο συγκεκριμένο τμήμα συμπεραίνεται ότι έχει μεσολαβήσει μια γενική ανοδική κίνηση της τάξης των 15-20 εκατοστών τουλάχιστον (Εικ. 4).

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ενώ οι σχηματισμοί Beach rocks σχηματίζονται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας -σήμερα- τα κορυφαία τμήματά τους ευρίσκονται τουλάχιστον 2 μέτρα πάνω από το επίπεδο της θάλασσας. Τούτο υποδεικνύει μια ανάλογοι μεγέθους συνολική ανοδική κίνηση τμήμα της οποίας είναι και αυτή που προκλήθηκε από τους σεισμούς της 16 Οκτωβρίου 1988. Δυστυχώς όμως λόγω της απουσίας ανάλογων σχηματισμών σε ένα μεγάλο τμήμα της ακτογραμμής της Χερσονήσου δεν κατέστη δυνατή η πιστοποίηση της



Εικ. 4. Εμφανίσεις Beach Rocks στη Δυτική ακτή της Χερσονήσου της Κυλλήνης όπου παρατηρήθηκαν ανοδικές κινήσεις της τάξης των 15-20 εκατοστών.

Fig. 4. Beach Rocks development at the western coast of Kyllini's peninsula where an uplifting of 15-20 cm was observed.



Εικ. 5. Κρατήρες γύρω από τους οποίους διακρίνονται οι αποθέσεις άμμου. Από τη μορφή και το μέγεθος των κρατήρων συμπεραίνεται ότι η εκτίναξη θα πρέπει να ήταν ιδιαίτερα έντονη ενώ είναι πιθανή και η συμμετοχή αέριας φάσης στη διαδικασία εκτίναξης.

Fig. 5. Craters around which the sand formations are developed. From the form and the size of the craters can be concluded that the shaking off might have been especially strong while the participation of the air phase during the shaking off is probable.

έκτασης των ανοδικών κινήσεων ή ακόμα τυχόν διαφοροποιήσεων στο μέγεθος και στη φορά των κινήσεων.

5. ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΣΕΙΣ

Όπως είναι γνωστό τα φαινόμενα ρευστοποίησης (liquefaction) λαμβάνουν χώραν όταν χαλαροί λεπτόκοκκοι άμμοι, ή ιλυώδεις άμμοι υπόκεινται σε ορισμένου πλάτους διατμητικές επαναλαμβανόμενες παραμορφώσεις με αποτέλεσμα τα υλικά να αποκτούν συμπεριφορά ενός βαρέος ρευστού (SEED, 1976). Οι διατμητικές επαναλαμβανόμενες δονήσεις μπορούν να αντιστοιχούν σε ένα σεισμικό κύμα ή ακόμα σε μία δόνηση η οποία προέρχεται από τη λειτουργία ενός βιομηχανικού συγκροτήματος κ.τ.λ. Η ρευστοποίηση είναι ένα γεωτεχνικό πρόβλημα που αντιμετωπίζεται δύσκολα και μπορεί να έχει καταστροφικές συνέπειες για τις κατασκευές ή γενικότερα για τα τεχνικά έργα. Τα τελευταία θα πρέπει κατά τη φάση σχεδίασης τους να μετατίθενται εάν υπάρχει υποψία πιθανής ρευστοποίησης των σχηματισμών θεμελίωσης.

Κατά τη διάρκεια του σεισμού της 16 Οκτωβρίου 1988 σε αρκετές θέσεις της Χερσονήσου της Κυλλήνης παρατηρήθηκαν ανάλογα φαινόμενα ρευστοποίησης (Εικ. 8) σε περιοχές όπου η λιθολογική σύσταση ήταν ευνοϊκή για την εκδήλωσή τους. Συγκεκριμένα παρατηρήθηκαν φαινόμενα ρευστοποίησης στις εξής θέσεις.

Α. Εκβολές Πηνειού ποταμού (P1, P2). Στην περιοχή των εκβολών παρατηρήθηκαν σε αρκετές θέσεις φαινόμενα ρευστοποίησης, εξ απίας κυρίως της κοκκομετρικής σύνθεσης των άμμων που εμφανίζονται σε μεγάλη έκταση. Η περισσότερο εντυπωσιακή ρευστοποίηση παρατηρήθηκε στη δυτική πλευρά του Πηνειού 400 μέτρα περίπου πριν την ακτή και συνοδεύτηκε από εδαφικές διαρρήξεις και φαινόμενα εκτίναξης νερού και άμμου (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ κ.ά. 1989). Όπως έδειξαν οι κοκκομετρικές αναλύσεις δειγμάτων οι σχηματισμοί που ρευστοποιήθηκαν περιλάμβαναν λεπτή άμμο σε ποσοστό μεγαλύτερο από 60% ενώ αντίθετα άλλοι σχηματισμοί που δεν ρευστοποιήθηκαν περιλάμβαναν λεπτή άμμο σε ποσοστό μικρότερο από 60%.

Β. Περιοχή Ξενοδοχειακού συγκροτήματος Robinson (P3). Ανατολικά του Κάστρου και κατά μήκος της ακτογραμμής όπου ευρίσκεται το Ξενοδοχειακό συγκρότημα Robinson παρατηρήθηκαν κατά θέσεις χαρακτηριστικές οπές οφειλόμενες πιθανάτα σε ρευστοποίηση των άμμων των θινών της παραλίας. Οι οπές ήταν της τάξης του ενός περίπου μέτρου και παρατηρήθηκαν σε ένα μεγάλο τμήμα της παραλιακής ζώνης. Πιστεύεται ότι οι μεγάλες ζημιές του ξενοδοχειακού συγκροτήματος οφείλονται ως ένα βαθμό και στα φαινόμενα ρευστοποίησης των σχηματισμών θεμελίωσης.

Γ. Βορειοδυτικό άκρο της Χερσονήσου της Κυλλήνης (P4, P5). Κατά μήκος της ακτογραμμής στο βορειοδυτικό άκρο της Χερσονήσου παρατηρήθηκαν τοπικές μικροκαθιζήσεις οι οποίες οφείλονται σε φαινόμενα ρευστοποίησης. Οι καθιζήσεις είναι της τάξης των 50-70 εκατοστών περίπου και απαντούν σε μία ζώνη μήκους 20-30 μέτρων και εύρους 1-2 μέτρων.

6. ΕΚΤΙΝΑΞΗ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΑΜΜΟΥ

Τα φαινόμενα εκτίναξης νερού και άμμου είναι σπάνια και συνδέονται συχνά με σεισμικές κινήσεις. Εκδηλώνονται κυρίως κατά την διάρκεια μεγάλων σεισμών και συνεχίζουν να υφίστανται για μικρά ή μεγάλα χρονικά διαστήματα. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις παρατηρήθηκαν και

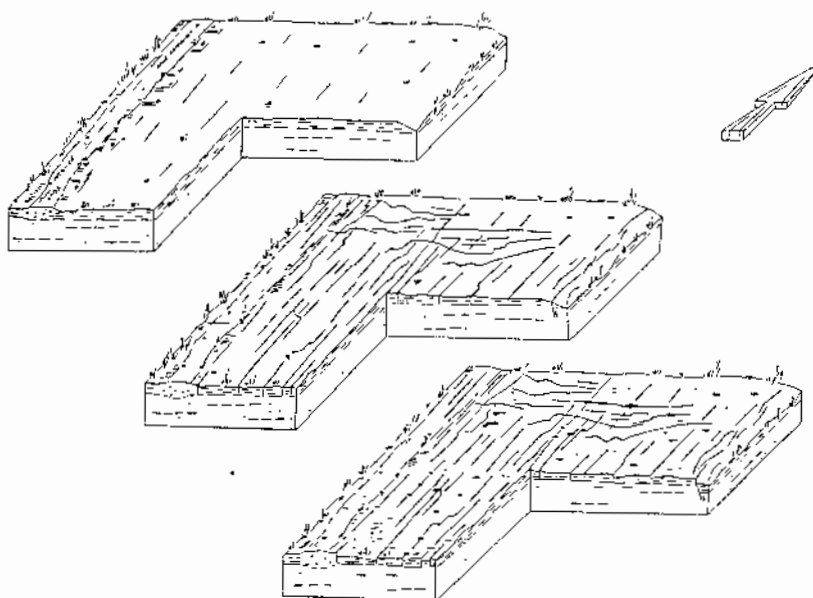
πριν από την εκδήλωση μεγάλων σεισμών, με αποτέλεσμα να θεωρούνται και πρόδρομα φαινόμενα.

Στον Ελληνικό χώρο έχουν αναφερθεί και καταγραφεί ορισμένες περιπτώσεις φαινομένων εκτίναξης νερού και άμμου που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια σεισμικών κινήσεων. Συγκεκριμένα ο ΓΑΛΑΝΟΠΟΥΛΟΣ (1976) αναφέρει ότι ο SCHMIDT παρατήρησε φαινόμενα εκτίναξης νερού και άμμου κατά τον σεισμό του Αιγίου πλησίον της ακτής και μεταξύ των ποταμών Εασίνου και Μεγανίτου, τα οποία συνόδευσαν πολλές εδαφικές διαρρήξεις, και μετατοπίσεις γραμμών ακτών. Ανάλογα φαινόμενα αναφέρονται και από τον ΜΑΡΑΒΕΛΑΚΗ (1941) κατά τους σεισμούς της Λάρισας (1 Μαρτίου 1941) κοντά στα χωριά Ελευθέριο και Νέσσο) καθώς επίσης και από τον Ι. ΠΑΠΑΣΤΑΜΑΤΙΟΥ κατά τον σεισμό των Σοφάδων στις 30 Απριλίου 1954 (ΠΑΠΑΣΤΑΜΑΤΙΟΥ & ΜΟΥΓΓΙΑΡΗΣ, 1986).

Κατά τον σεισμό της 16 Οκτωβρίου 1988 παρατηρήθηκαν στην περιοχή Μπούκα Βαρβολομίου εντυπωσιακά φαινόμενα εκτίναξης νερού και άμμου τα οποία σύμφωνα με μαρτυρίες αγροτών διήρκησαν για μερικές ώρες μετά τη δόνηση. Τα φαινόμενα παρατηρήθηκαν στην ίδια θέση που παρατηρήθηκαν και ορισμένες εδαφικές διαρρήξεις που περιγράφηκαν προηγουμένως (Εικ. 8). Από τη μελέτη στην περιοχή διαπιστώθηκε ότι η εκτίναξη νερού και άμμου καθώς επίσης και άλλων υλικών (χαλίκων, ιλύων, αργίλων) έγινε μέσα (i) από κρατήρες που ευρίσκοντο κατά μήκος των εδαφικών διαρρήξεων, (ii) από κρατήρες οι οποίοι ευρίσκοντο στην τομή δύο ή περισσότερων εδαφικών διαρρήξεων, (iii) από τις ίδιες τις διαρρήξεις σε όλο το μήκος τους ή σε ένα μεγάλο τμήμα τους και (iv) από μεμονωμένους κρατήρες ή ομάδες κρατήρων. Ειδικότερα:

- α. Οι κρατήρες κατά μήκος των εδαφικών διαρρήξεων είχαν διάμετρο ως 40 εκατοστά. Γύρω από αυτούς αποτέθηκαν αρχικά κυανές ιλύες και στη συνέχεια καστανέρυθροι άμμοι που μάλιστα διατάσσονται σε ομόκεντρους κύκλους. Επίσης από την ποσότητα και τη διάταξη των υλικών γύρω από τους κρατήρες συμπεραίνεται ότι η ταχύτητα εκροής θα πρέπει να ήταν σχετικά μεγάλη. Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας εκτίναξης επήλθε συμπίκνωση των υλικών - λόγω της απώλειας ύδατος - με αποτέλεσμα τα κεντρικά τμήματα των κρατήρων να καταρρεύσουν.
- β. Οι κρατήρες οι οποίοι ευρίσκοντο στην τομή δύο ή περισσότερων εδαφικών διαρρήξεων είχαν ως επί το πλείστον μεγάλες διαμέτρους οι οποίες συχνά υπέρβαιναν τα 60 εκατοστά φθάνοντας και το ένα μέτρο. Λόγω των διαστάσεων τους η ταχύτητα εκροής θα πρέπει να ήταν σχετικά μικρή γεγονός που επιβεβαιώνεται και από την παρουσία μέσα ή γύρω από αυτές μόνο λεπτομερών υλικών, και όχι αδρομερών.
- γ. Η εκροή-εκτίναξη κατά μήκος των εδαφικών διαρρήξεων είχε σαν αποτέλεσμα την απόθεση καστανέρυθρης άμμου, ορισμένων χαλίκων και κυανών ιλύων. Από τη διάταξη των υλικών συμπεραίνεται ότι πρώτα έλαβε χώρα η εκτίναξη των λεπτομερών υλικών και ακολούθησε η εκτίναξη των αδρομερών.
- δ. Οι μεμονωμένοι κρατήρες είχαν σχετικά μικρή διάμετρο η οποία δεν υπερέβαινε τα 20 εκατοστά. Γύρω από τις οπές υπήρχε μεγάλη συσσώρευση καστανέρυθρης άμμου. Η ταχύτητα εκτίναξης θα πρέπει να ήταν σχετικά μεγάλη ως πολύ μεγάλη γεγονός που προκύπτει από το σχήμα του κρατήρα και τα υλικά που αποτέθηκαν (Εικ. 5). Η πιθανότητα ύπαρξης και αέριας φάσης στη διαδικασία εκτίναξης σε αυτή την περίπτωση είναι πολύ πιθανή.

Τα φαινόμενα εκτίναξης νερού και άμμου που έλαβαν χώραν στην περιοχή Μπούκας Βαρβολομίου κατά τους σεισμούς της 16 Οκτωβρίου 1988 κατά τους ΜΑΡΙΟΛΑΚΟ κ.ά.



Εκ. 6. Στέρεο διαγράμματα στα οποία φαίνονται τα διαδοχικά στάδια δημιουργίας των εδαφικών διαρρήξεων και των φαινομένων εκτίναξης νερού και άμμου στην περιοχή Μπούκα Βαρθολομίου (από ΜΑΡΙΟΛΑΚΟ κ.ά. 1989).

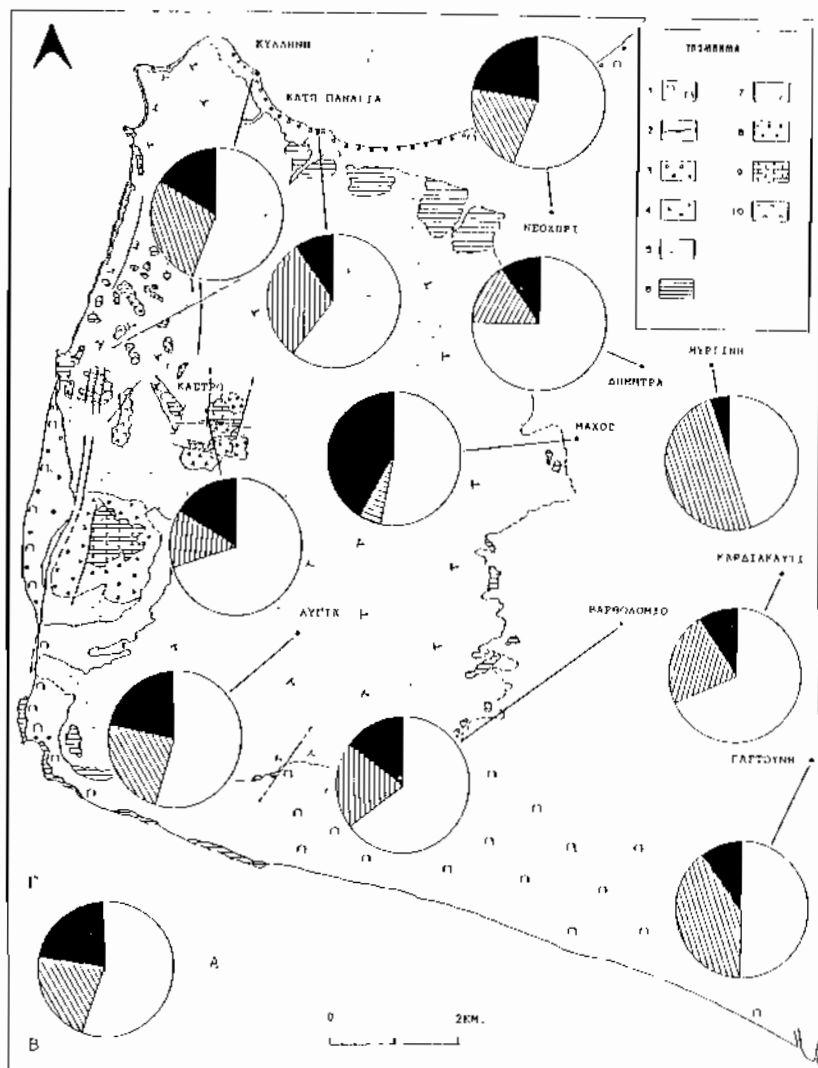
Fig. 6. Block demonstrating where the successive phases of the ruptures and the phenomenon of water's and sand's shaking off creation at the area of Bouka-Vartholomio (MARIOLAKOS et al, 1989).

(1989) οφείλονται (i) στην ίδια τη σεισμική κίνηση και (ii) στις ευνοϊκές γεωλογικές συνθήκες που υφίστανται στη συγκεκριμένη θέση και ειδικότερα στην παρουσία ενός ευκαμπτου κατώτερου σχηματισμού ο οποίος αποτελείται κυρίως από λεπτή άμμο με έντονη την παρουσία υγρής φάσης και ενός ανώτερου και άκαμπτου σχηματισμού πάχους 40 περίπου εκατοστών ο οποίος αποτελείται από ιλύ, λεπτή, μέση και χονδρή άμμο. Η σεισμική κίνηση είχε σαν αποτέλεσμα την ρευστοποίηση του κατώτερου σχηματισμού ενώ η ταυτόχρονη διάρρηξη του ανώτερου άκαμπτου και αδιαπέρατου σχηματισμού (Εικ. 6) επέτρεψε την εκτίναξη προς τα άνω της ρευστής φάσης που παρέσυρε και λεπτομερή ή και αδρομερή υλικά ανάλογα με την ταχύτητα εκτίναξης η οποία είχε ελεχθεί από το εύρος ή όχι των διαρρήξεων.

7. ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΖΗΜΙΩΝ - ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή ο σεισμός της 16 Οκτωβρίου είχε σαν αποτέλεσμα να προκληθούν εκτεταμένες καταστροφές στο δυτικό τμήμα του νομού Ηλείας που ουσιαστικά ταυτίζεται περίπου με το γεωγραφικό χώρο της Χερσονήσου της Κυλλήνης.

Στη συγκεκριμένη περιοχή έγινε κατ' αρχή μία γενική απογραφή των ζημιών των κατασκευές κάθε μιας οικιστικής μονάδας καθώς επίσης και της έκτασης των ζημιών σε κάθε κατασκευή. Η μελέτη περιλάμβανε και καταγραφή όλων των ιδιαίτερων περιπτώσεων κατα-



Εικ. 7. Γεωλογικό σκαρίφημα της Χερσονήσου της Κυλλήνης πάνω στο οποίο σημειώνονται τα ποσοστά των κατασκευών κάθε μιας οικιστικής μονάδας που έμειναν ανέπαφα (Α) υπέστησαν σημαντικές ζημιές (Β) και κρήθηκαν καταδοφιστέα (Γ) (1. Θίνες, 2. Πλευρικά κορήματα, 3 Beach Rocks, 4. Παράκτες Αποθέσεις, 5. Αλλούβια, 6. Σχηματισμός Ασβεστοφομιτών Γλώσσας, 7. Σχηματισμός Λυγιάς, 8. Σχηματισμός Κροκαλοπαγών Ψηλής Ράχης, 9. Ασβεστόλιθοι Κάστρου, 10. Εβαπορίτες).

Fig. 7. Geological schema of the Kyllinis peninsula demonstrating the percentage of the constructions of each village which were not destroyed (A), had a lot of damages (B), were totally destroyed (C).

(1. Dunes, 2. Talus, 3. Beach Rocks, 4. Coastal deposits, 5. Alluvial deposits, 6. Gloss sandstones formation, 7. Lygia formation, 8. Psili Rachi conglomerates formation, 9. Kastro limestones, 10. Evaporites).

στροφών και στη συνέχεια προσπάθεια μιας πρώτης συσχέτισης τους με τις γεωλογικές και γεωτεχνικές συνθήκες της περιοχής, δεδομένου ότι λεπτομερείς μελέτες ευρίσκονται σε εξέλιξη (ΛΕΚΚΑΣ κ.ά. 1989).

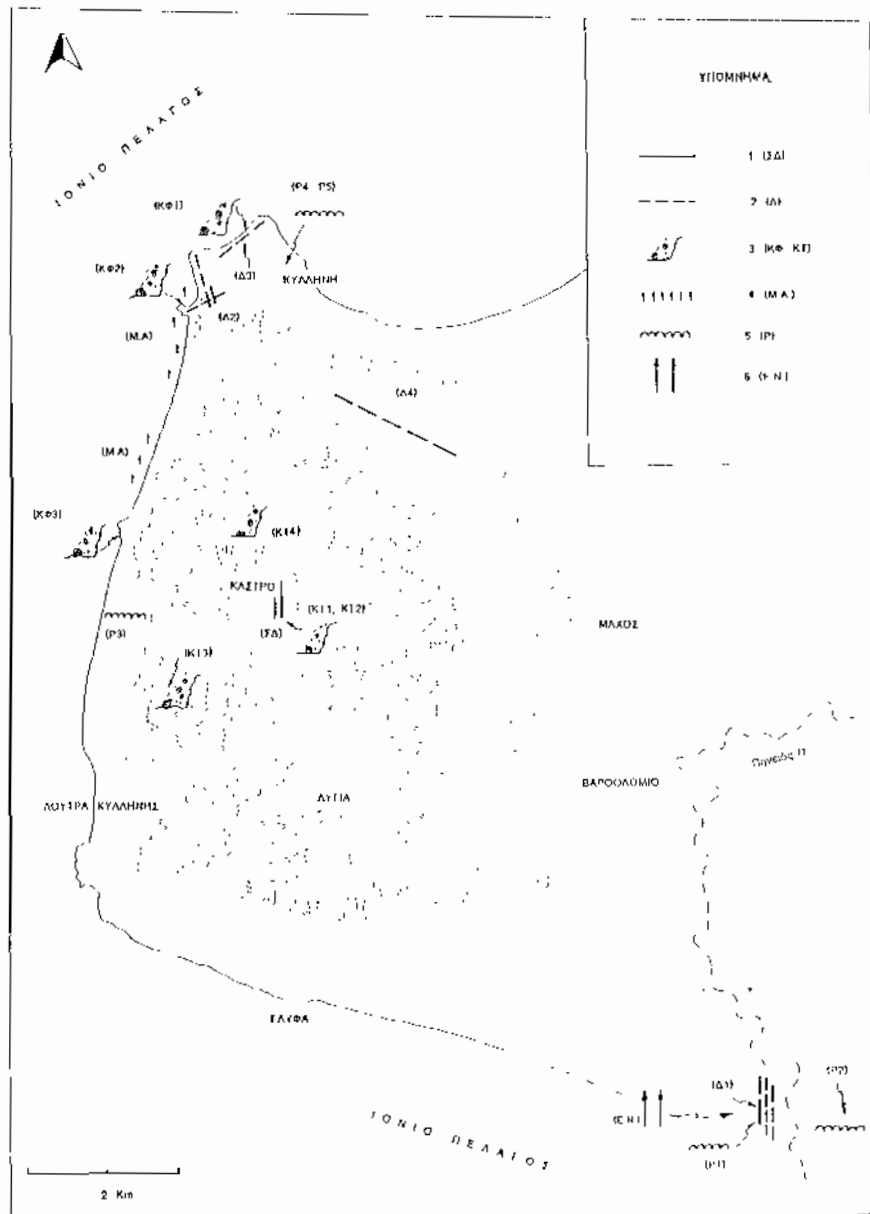
Σε γενικές λοιπόν γραμμές και χωρίς βέβαια σε καμία περίπτωση να επιχειρείται να αντιμετωπισθεί στο σύνολό του ένα τόσο σημαντικό θέμα είναι δυνατό, και με βάση (i) τα στοιχεία της καταγραφής των ζημιών τα οποία παρουσιάζονται στην εικόνα 7, (ii) τις παρατηρήσεις σε ειδικές περιπτώσεις καταστροφών και (iii) τα γεωλογικά-γεωτεχνικά δεδομένα, να ληφθούν τα ακόλουθα:

- α. Τα ποσοστά των κτηρίων που έπαθαν σοβαρές βλάβες ή κρίθηκαν κατεδαφιστέα για κάθε μία από τις οικιστικές μονάδες της Χερσονήσου της Κυλλήνης δεν εξαρτώνται από τη γεωγραφική θέση κάθε μιας από αυτές.
- β. Δεν υφίσταται κάποια μεγάλη απόκλιση στα ποσοστά των ζημιών των παλαιών κατασκευών (λιθοριπή, πλινθόκτιστα) και στα ποσοστά των ζημιών των νέων κατασκευών (μπετόν). Επίσης δεν υπάρχει κάποια απόκλιση στα ποσοστά των ζημιών των χαμηλών (μονόροφα) κατασκευών με τα αντίστοιχα των υψηλότερων κατασκευών (πολυόροφα).
- γ. Τα ποσοστά των κατασκευών που έπαθαν σοβαρές βλάβες ή κρίθηκαν κατεδαφιστέα κάθε μια οικιστικής μονάδας εξαρτώνται από τους γεωλογικούς παράγοντες της περιοχής στην οποία αναπτύσσεται και συγκεκριμένα από τους σχηματισμούς θεμελίωσης, την τεκτονική παραμόρφωση και συνολικά την γεωλογική δομή. Είναι χαρακτηριστικό ότι στο χωριό Κάστρο οι ζημιές ήταν περιορισμένες για όσες κατασκευές ήταν θεμελιωμένες πάνω στους Ασβεστολίθους ενώ ήταν εκτεταμένες για όσες κατασκευές ήταν θεμελιωμένες πάνω στον σχηματισμό της Λυγιάς. Επίσης στην ίδια οικιστική μονάδα παρατηρήθηκε μια σχεδόν γραμμική ανάπτυξη στις καταστροφές που συνέπιπτε με ρήγματα τα οποία έτεμναν τους σχηματισμούς (ΛΕΚΚΑΣ κ.α. 1989).
- δ. Τα ποσοστά των κατασκευών που έπαθαν σοβαρές βλάβες ή κρίθηκαν κατεδαφιστέα σε κάθε μία οικιστική μονάδα εξαρτώνται άμεσα από τους γεωτεχνικούς παράγοντες της περιοχής ανάπτυξης της μονάδας και συγκεκριμένα από (i) τη φύση των σχηματισμών θεμελίωσης και τα γεωμηχανικά μεγέθη τους όπως για παράδειγμα τη συνοχή τη δυναμική και στατική σταθερότητα, την αντοχή κ.ά., (ii) την παρουσία ή όχι υδροφόρου ορίζοντα σε μικρό βάθος, (iii) την παρουσία ορισμένων σχηματισμών που δημιουργούν γεωτεχνικά προβλήματα όπως ρευστοποιήσεις, διαφορικές καθιζήσεις κ.ά.

III. ΣΧΟΛΙΑ

Όπως διαπιστώνεται από τα προηγούμενα ο σεισμός της 16 Οκτωβρίου 1988 είχε σαν αποτέλεσμα την εκδήλωση ενός μεγάλου αριθμού φαινομένων στον γεωγραφικό χώρο της Χερσονήσου της Κυλλήνης (Εικ. 8). Θα μπορούσε μάλιστα να υποστηριχθεί ότι σπάνια παρουσιάζεται, μετά από μία σεισμική κίνηση ανάλογου μεγέθους μία τόσο μεγάλη ποικιλία εντυπωσιακών φαινομένων η καταγραφή των οποίων αποτελεί ένα σημαντικό στοιχείο για την περαιτέρω γεωλογική, τεκτονική-νεοτεκτονική, σεισμολογική και τεχνικογεωλογική έρευνα της περιοχής που επλήγει.

Πράγματι είναι γεγονός αναδιαμφισβήτητο ότι η σωστή καταγραφή και μελέτη των σεισμικών διαρρήξεων, των εδαφικών διαρρήξεων, των μεταθέσεων των γραμμών ακτών και των καταπτώσεων μιας συγκεκριμένης περιοχής βοηθά να γίνει προσέγγιση με τον καλύτερο τρόπο στα προβλήματα της τεκτονικής γεωλογίας, της νεοτεκτονικής εξέλιξης και της εκδήλωσης των σεισμών.



Εκ. 8. Συνθετικός χάρτης με τις μακροσεισμικές παρατηρήσεις στην Χερσόνησο της Κυλλήνης (1. Σεισμικά ρήγματα, 2. Εδαφικές διαρρήξεις, 3. Καταπτώσεις, 4. Μειαθέσεις γραμμών ακτών, 5. Φαινόμενα ρευστοποίησης, 6. Εκτίναξη νερού και άμμου).

Fig. 8. Synthetic map with the macroseismic observations at Kyllinis peninsula (1. Seismic faults, 2. Ground ruptures, 3. Rockfalls, 4. Shoreline displacements, 5. Liquefaction phenomena, 6. Waters and Sands Shaking off).

Επί πλέον τα φαινόμενα ρευστοποίησης και τα φαινόμενα εκτίναξης νερού και άμμου σε συγκεκριμένους σχηματισμούς, ή αλληλουχία σχηματισμών αλλά και οι καταπτώσεις, υποδεικνύουν περιοχές στις οποίες η οικιστική ανάπτυξη ή εν γένει η κατασκευή τεχνικών έργων είναι προβληματική αν όχι επικίνδυνη.

Τέλος η μελέτη της κατανομής των ζημιών-καταστροφών σε οικιστικές μονάδες μας επιτρέπει να γνωρίζουμε ποιοί από τους γεωλογικούς σχηματισμούς που εμφανίζονται είναι ασφαλέστεροι για θεμελίωση και σε ποιους από αυτούς θα πρέπει να λαμβάνονται ιδιαίτερα μέτρα κατά την κατασκευή ή ακόμα να αποφεύγονται για την θεμελίωση. Τούτο υποδεικνύει και την αναγκαιότητα εκπόνησης μικροζωνικών-γεωτεχνικών μελετών για κάθε μία οικιστική μονάδα έτσι ώστε στο μέλλον να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις από τις σεισμικές κινήσεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΓΑΛΑΝΟΠΟΥΛΟΣ, Α. (1976). Στοιχεία σεισμολογίας και φυσικής του εσωτερικού της γης. Εκδόσεις Παν/μίου Αθηνών.
- ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, Γ. (1969). Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλ. 1:50.000. Φύλλο "Βαρθολομίο", ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- HAGEMAN, J. (1977). Stratigraphy and sedimentary History of the Upper Cenozoic of the Pyrgos area (W. Peloponnesus, Greece). *Ann. Geol. pays Helle*, 28, 299-333.
- ΚΑΜΠΕΡΗΣ, Ε. (1987). Γεωλογική και Πετρελαιογεωλογική μελέτη Β.Δ. Πελοποννήσου. Διδακτορική διατριβή, Ε.Μ.Π.
- KOWALCZYK, G. & WINTER, K.P. (1979a). Die geologische Entwicklung der Kyllini - Halbinsel in Neogene and Quartaz (West Peloponn, Griechenland), *Z. dt. geol. Ges.* 130.
- KOWALCZYK, G. & WINTER, K.P. (1979b). Outline of the Cenozoic history of the Kyllini peninsula, W. Peloponnese. In: Symeonides, N., Papanikolaou, D. and Dermitzakis, M. Field guide to the Neogene of Megara-Peloponnesus-Zakynthos. Department of Geology and Palaeontology, S. A. No 34.
- ΛΕΚΚΑΣ, Ε., ΛΟΓΟΣ Ε., ΔΑΝΑΜΟΣ, Γ., (1989). Η επίδραση των γεωλογικών συνθηκών στην κατανομή των καταστροφών του χωριού Κάστρου (Χερσόνησος Κυλλήνης) κατά τον σεισμό της 16.10.89. Περίληψη. Γεωνημέρωση, τεύχος 6.
- NATIONAL OBSERVATORY OF ATHENS, SEISMOLOGICAL INSTITUTE, (1988). Seismological monthly bulletin, October 1989. Athens.
- ΜΑΡΑΒΕΛΑΚΗ, Ι., ΜΑΞ. (1941). Γεωλογική και μακροσεισμική σπουδή του ερμητικού σεισμού της Λαρίσης της 1ης Μαρτίου 1941. Ανάτυπο εκ της Τριακονταπενταετηρίδος του καθηγητού Ν. Κρητικού (1907-1942).
- ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η., ΛΕΚΚΑΣ, Ε., ΔΑΝΑΜΟΣ, Γ., ΛΟΓΟΣ, Ε., ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ, Ι. (1989). Εδαφικές διαρρήξεις με ταυτόχρονη εκτίναξη νερού και άμμου κατά το σεισμό της 16-10-1988 στην περιοχή του Βαρθολομίου (υπό δημοσίευση).
- ΠΑΠΑΣΤΑΜΑΤΙΟΥ, Δ. & ΜΟΥΓΓΙΑΡΗΣ, Ν. (1986). Ο σεισμός των Σοφάδων της 30ης Απρίλη 1954. Παρατηρήσεις υπαίθρου του Γιάννη Παπασταματίου. Γεωφ. - Γεωλ. Μελ., ΙΓΜΕ ειδ. εκδ. 341-362.
- SEED, I.B. (1976). Evaluation of Soil Liquefaction Effects on Level Ground during Earthquakes. *Amer. Soc. of Civil Eng. Liquefaction problems on geotechnical engineering*, 1-19.
- UNDERHILL, J.R. (1985). Neogene and Quaternary tectonics and sedimentation in Western Greece. PhD. thesis, Univ. Wales.
- UNDERHILL, J.R. (1988). Triassic evaporites and Plio-Quaternary diapirism in Western Greece. *Journal of the Geological Society, London*, Vol. 145, pp. 269-282.