

# 1<sup>ο</sup> ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ



6 • 7 • 8 ΜΑΪΟΥ 1992 • ΕΥΓΕΝΙΔΕΙΟ ΙΔΡΥΜΑ

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ  
ΕΛΛΑΔΑΣ



ΑΘΗΝΑ 92

# Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΑΙ ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ ΣΕ ΟΙΚΙΣΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΗΛΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΟ ΣΕΙΣΜΟ ΤΗΣ 16.10.1988

από τον  
ΕΥΘ. Α. ΛΕΚΚΑ  
Δρ. Γεωλόγο

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κατά το σεισμό της 16.10.1988 προκλήθηκαν εκτεταμένες καταστροφές στο γεωγραφικό χώρο της χερσονήσου της Κυλλήνης. Σε ορισμένες οικιστικές μονάδες στις οποίες οι καταστροφές ήταν ιδιαίτερα έντονες διαπιστώθηκε μια εντυπωσιακή άνιση κατανομή των ζημιών σε επί μέρους τμήματά τους. Λεπτομερής καταγραφή των ζημιών αφ'ενός και αφ'ετέρου λεπτομερής γεωλογική χαρτογράφηση και παρατηρήσεις έδειξαν ότι υφίσταται άμεση συσχέτιση μεταξύ της έντασης και κατανομής των ζημιών και των γεωλογικών και γεωτεχνικών παραγόντων. Οι κυριώτεροι παράγοντες ήταν η παρουσία ενεργών ρηγμάτων, η παρουσία χαλαρών σχηματισμών πάνω σε βραχώδες υπόβαστρο, η ύπαρξη υδροφόρων οριζόντων σε μικρό βάθος και τέλος η ύπαρξη σχηματισμών με μικρές τιμές γεωμηχανικών δεικτών. Εξάλλου διαπιστώθηκε ότι οι γεωλογικοί - γεωτεχνικοί παράγοντες και ειδικότερα οι καταπτώσεις, οι εδαφικές διαρρήξεις, οι ρευστοποιήσεις κ.α., είναι κυρίως υπεύθυνοι για τις εκδηλούμενες καταστροφές σε τεχνικά έργα και μεμονωμένα κτιριακά συγκροτήματα.

## ABSTRACT

Extensive destructions were observed at the Killini Peninsula region after the October 16th (1988) earthquake. In several urban units, in which the destructions were substantially severe, an impressive localized distribution of the destructions was observed. Detailed recording of the destructions, as well as detailed geological mapping, showed a direct correlation between the distribution of the destructions and the geological - geotechnical parameters. The main factors controlling this distribution were the presence of active faults, loose formations overlying rock substratum, as well as the presence of small depth aquifers and of formations featuring low values of geomechanical magnitudes. Furthermore, the geological - geotechnical factors are mainly responsible for the observed destructions in constructional plants, as well as building units.

Πανεπιστήμιο Αθηνών. Τμήμα Γεωλογίας. Τομέας Δυναμικής Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας. Πανεπιστημιούπολη Ζωγράφου 157 84 Αθήνα.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Δυτική Πελοπόννησος την 16ην Οκτωβρίου 1988 και περί ώραν 14.34.06 επλήγει από σεισμό  $M_L=5.5$  ο οποίος είχε σαν αποτέλεσμα να προκληθούν εκτεταμένες καταστροφές σε 22 οικιστικές μονάδες και σε τεχνικά έργα του νομού Ηλείας.

Σε αρκετές από τις οικιστικές μονάδες του γεωγραφικού χώρου της χερσονήσου της Κυλλήνης οι καταστροφές ήταν ιδιαίτερα έντονες ενώ και οι ζημιές στα τεχνικά έργα της ίδιας περιοχής ήταν σημαντικές. Σε ορισμένες μάλιστα παρατηρήθηκε ευθύς εξ'αρχής μία εντυπωσιακή κατανομή των καταστροφών σε επί μέρους τμήματά τους, γεγονός που είχε σαν αποτέλεσμα τη διερεύνηση του φαινομένου με στόχο να διαπιστωθούν με σαφήνεια οι παράγοντες εκείνοι οι οποίοι ήταν κύρια υπεύθυνοι για αυτή την κατανομή.

Στη συνέχεια αφού κατ'αρχήν αναφερθούν εν συντομία το γεωλογικό και γεωτεχνικό πλαίσιο της χερσονήσου, θα περιγραφούν με λεπτομέρεια ανά περιοχή, η έκταση, η φύση και η κατανομή των ζημιών αφ'ενός και αφ'ετέρου οι γεωλογικές - γεωτεχνικές συνθήκες, ενώ τέλος, θα επιχειρηθεί συσχέτιση των στοιχείων για την εξαγωγή των συμπερασμάτων.

## 2. ΤΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Όπως αναφέρθηκε οι σημαντικότερες καταστροφές σε οικιστικές μονάδες και τεχνικά έργα παρατηρήθηκαν στο γεωγραφικό χώρο της χερσονήσου της Κυλλήνης. Με βάση τα δεδομένα παλαιότερων και νεώτερων ερευνών (ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, 1969, HAGEMAN 1977, KOWALCZYK & WINTER 1979, ΚΑΜΠΕΡΗΣ 1987, UNDERHILL 1985, ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ & ΛΕΚΚΑΣ 1989) στη γεωλογική δομή, λαμβάνουν μέρος οι ακόλουθοι σχηματισμοί:

### A. Αλκικοί Σχηματισμοί

α. Εβαπορίτες Κάστρου. Πρόκειται για γύψους σκούρου χρώματος οι οποίοι εμφανίζονται δυτικά του χωριού Κάστρο υπό μορφή διαπείρων και εντάσσονται στην Ιόνια γεωτεκτονική ενότητα. Πρόκειται για τον αρχαιότερο σχηματισμό ηλικίας πιθανώτατα Τριαδικού.

β. Ασβεστόλιθοι του Κάστρου. Πρόκειται για λευκούς λεπτοστρωματώδεις και κατά θέσεις μεσοστρωματώδεις, μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθους ηλικίας πιθανώτατα Κρητιδικού. Εντάσσονται και αυτοί στην Ιόνια ενότητα, υπέρκειται στρωματογραφικά των εβαποριτών και εμφανίζονται κυρίως στο Κάστρο και βόρεια των Λουτρών της Κυλλήνης.

### B. Μεταλικοί Σχηματισμοί

α. Σχηματισμός Κροκαλοπαγών Ψηλής Ράχης. Πρόκειται για τον κατώτερο Μεταλικό σχηματισμό που απαντά στην περιοχή και εμφανίζεται στην ομώνυμη περιοχή. Περιλαμβάνει κροκάλες από κερατόλιθους και ασβεστόλιθους. Η ηλικία τους είναι Πλειόκαινο και το ορατό τους πάχος είναι 20 περίπου μέτρα.

β. Σχηματισμός Λυγιάς. Περιλαμβάνει αργίλους, μάργες, άμμους, ψαμμίτες και σπανίως κροκαλοπαγή που εναλλάσσονται σε στρώματα μεταβαλλόμενου πάχους. Εμφανίζεται σε ένα μεγάλο τμήμα της χερσονήσου, η ηλικία του είναι Πλειόκαινο-Κάτω Πλειστόκαινο και το ορατό πάχος είναι 400m.

γ. Σχηματισμός Ασβεστοψαμμιτών Γλώσσας. Πρόκειται για πορρώδεις ασβεστιτικούς αμμίτες οι οποίοι κατά θέσεις περιέχουν αδρομερέστερα υλικά. Έχουν πάχος ως μερικά μέτρα, υπέρκεινται του προηγούμενου σχηματισμού και η ηλικία τους είναι Ανω Πλειστόκαινο.

δ. Αλλουβιακές Αποθέσεις. Πρόκειται για πρόσφατες χαλαρές αποθέσεις οι οποίες καταλαμβάνουν όλη την πεδινή επίπεδη έκταση.

ε. Παράκτιες Αποθέσεις. Αναπτύσσονται κατά μήκος της παραλιακής ζώνης.

στ. Beach Rocks. Πρόκειται για συνεκτικούς σχηματισμούς οι οποίοι αναπτύσσονται στο επίπεδο της θάλασσας και έχουν πάχος ως λίγα μέτρα. Παρατηρούνται κυρίως στη Δυτική ακτή.

ζ. Παλιά και νέα πλευρικά κορήματα. Πρόκειται για κορήματα συνδεδεμένα ή ασύνδετα που εμφανίζονται βόρεια των Λουτρών της Κυλλήνης και γύρω από το Κάστρο.

η. Σχηματισμός Θινών. Αναπτύσσονται κυρίως κατά μήκος των νότιων ακτών και περιλαμβάνουν άμμους, ασύνδετα, πάχους ως μερικές δεκάδες μέτρα.

Όπως αναφέρθηκε οι Αλπικοί σχηματισμοί ανήκουν στην Ιόνια ενότητα και αποτελούν το υπόβαθρο το οποίο παρουσιάζει μία πολύπλοκη τεκτονική δομή με πολλά ρήγματα, πτυχές που οφείλονται είτε στην Αλπική ορογένεση είτε στη νεοτεκτονική παραμόρφωση, κυρίαρχο στοιχείο της οποίας είναι τα φαινόμενα διαπερισμού των. Οι Μεταλπικοί σχηματισμοί καλύπτουν ασύμμετρα το υπόβαθρο, το πάχος τους μεταβάλλεται και γενικότερα η παρουσία τους έχει ελεχθεί από την κυρίως νεοτεκτονική παραμόρφωση. Θα πρέπει να τονιστεί ότι η νεοτεκτονική δράση συνεχίζεται με αμείωτο ρυθμό ακόμη και σήμερα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η ενεργοποίηση πολλών ρηγμάτων κατά τους σεισμούς της 16-10-1988 (ΛΕΚΚΑΣ, Ε., 1991) ενώ έχει διαπιστωθεί ότι στο Ολόκαινο οι ανοδικές κινήσεις λόγω του φαινομένου του διαπερισμού έφθασαν το μέγεθος των 180m. Στα φαινόμενα αυτά οφείλεται κατά κύριο λόγο και η σημερινή μορφολογική εικόνα της χερσονήσου.

### 3. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Η ποικιλία των γεωλογικών σχηματισμών που εμφανίζονται στη χερσονήσο και η τεκτονική παραμόρφωση που έχουν υποστεί υποδεικνύουν και την ποικιλία των γεωτεχνικών συνθηκών που αναμένονται στον ίδιο χώρο. Τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά για κάθε έναν από τους σχηματισμούς που έχουν περιγραφεί είναι τα ακόλουθα:

α. Εβαπορίτες. Πρόκειται για έναν ιδιόρρυθμο σχηματισμό από πλευράς γεωτεχνικών παραμέτρων, δεδομένου ότι αυτές εξαρτώνται τόσο από τη σύσταση των εβαποριτών όσο και από το βαθμό της αποσάθρωσής τους. Έχουν ειδικό βάρος  $\rho=2.6-2.9\text{gr}/\text{cm}^3$ ,  $V_p=3500-4500\text{m}/\text{sec}$ .

β. Σχηματισμός Ασβεστολίθων Κάστρου. Περιλαμβάνει κυρίως λεπτοστρωματώδεις ως μεσοστρωματώδεις ασβεστόλιθους με λίγες παρεμβολές οριζόντων silex. Το ειδικό τους βάρος κυμαίνεται  $2.5-3.0\text{gr}/\text{cm}^2$ ,  $V_p=3500-4500\text{m}/\text{sec}$ , αντοχή σε ανεμώδη θλίψη  $300-1200\text{kg}/\text{cm}^2$ , μέτρο ελαστικότητας  $100-600 \cdot 10^3\text{kg}/\text{m}^3$  και υδροπερατότητα  $10^{-3}-10^{-6}\text{cm}/\text{sec}$ .

γ. Σχηματισμός Κροκαλοπαγών Ψηλής Ράχης. Περιλαμβάνει κροκάλες από ασβεστόλιθους και κερατόλιθους διαμέτρου ως 15cm μεταξύ των οποίων υπάρχει λεπτομερές χαλαρό υλικό. Είναι χαλαρά και η υδροπερατότητά τους είναι μικρή.

δ. Σχηματισμός Λυγιάς. Όπως αναφέρθηκε περιλαμβάνει άριθμες συνεχείς εναλλαγές αργίλων, άμμων, μαργών, ψαμμιτών και σπανιότερα κροκαλοπαγών. Πρόκειται για ένα σχηματισμό με μεγάλο εύρος γεωμηχανικών χαρακτηριστικών λόγω της ετερογένειας που τον διακρίνει. Σε γενικές γραμμές όταν επικρατούν οι ψαμμίτες και οι μάργες τα γεωμηχανικά μεγέθη έχουν υψηλότερους δείκτες, ενώ αντίθετα όταν επικρατούν οι αργίλλοι και οι άμμοι τα γεωμηχανικά μεγέθη είναι μικρότερα. Ανάλογη είναι και η υδροπερατότητα του σχηματισμού η οποία μεταβάλλεται ανάλογα με το lithολογικό τύπο που επικρατεί. Επιφανειακά πάνω από το σχηματισμό της Λυγιάς εμφανίζεται κατά θέσεις λόγω της αποσάθρωσης ένας χαλαρός ερυθρο-πυριτικός μανδύας πάχους λίγων μέτρων (ως 6-8 μέτρα).

ε. Σχηματισμός Ασβεστοψαμμιτών Γλώσσας. Πρόκειται για πορρώδεις συμπαγείς ασβεστιτικούς ψαμμίτες με πάχος λίγα μέτρα που περιέχουν κατά θέσεις πιο αδρομερή στοιχεία. Όταν είναι υγιάς έχει υψηλούς γεωμηχανικούς δείκτες με αξιόλογες τιμές εσωτερικής γωνίας τριβής  $V_p=2500-3500\text{m}/\text{sec}$  ενώ η υδροπερατότητά του είναι κυμαινόμενη.

στ. Αλλουβιακοί σχηματισμοί. Πρόκειται για άμμους, ιλύες, αργιλοιλύες, πηλούς με ψηφίδες, χάλικες, λατύπες και σπανιότερα κροκάλες που χαρακτηρίζονται από μεγάλη περοτότητα. Τα αργιλικής σύστασης υλικά έχουν υψηλό δείκτη πλαστικότητας, συνοχή από 0.2 έως 1.2kgf/cm<sup>2</sup>, γωνία εσωτερικής τριβής 10°-30°  $V_p=250-1200m/sec^2$  και αντοχή σε ανεμώδη θλίψη 0.2-3.5kgf/cm<sup>2</sup>.

ζ. Παράκτιες αποθέσεις. Πρόκειται για ασύνδετα λεπτομερή έως αδρομερή υλικά πάχους μερικών μέτρων με μηδενικές σχεδόν τιμές δεικτών και μεγάλη υδροπερατότητα. Κάτω από ορισμένες συνθήκες είναι πιθανόν να ρευστοποιηθούν.

η. Beach Rocks. Πρόκειται για σχηματισμό ο οποίος δεν επηρεάζει άμεσα ή έμμεσα τις γεωτεχνικές συνθήκες οικισμού ή τεχνικών έργων.

θ. Παλαιά και νέα πλευρικά κορήματα. Πρόκειται για ασύνδετα ή ελαφρώς συνδεδεμένα αδρομερή κυρίως στοιχεία που αναπτύσσονται σε επικλινείς περιοχές.

ι. Θίνες. Πρόκειται για ασύνδετες άμμους με πάχος ως μερικές δεκάδες μέτρα. Κάτω από ορισμένες συνθήκες είναι δυνατόν να ρευστοποιηθούν.

## 4. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΠΟ ΟΙΚΙΣΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

### 4.1 ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΚΑΣΤΡΟΥ

#### 1. Περιγραφή των ζημιών.

Στην κοινότητα του Κάστρου οι καταστροφές τόσο σε μέγεθος όσο και σε ποσοστιαία αναλογία ιδιαίτερα μεγάλες με βάση στοιχεία λεπτομερής καταγραφής των ζημιών (ΛΕΚΚΑΣ κ.α, 1989) στα οποία ελήφθη υπόψη το είδος των καταστροφών, η παλαιότητα και το ύψος τους, διαπιστώθηκε σε γενικές γραμμές ότι υφίστανται τρεις κύριοι τομείς εκδήλωσης καταστροφών, οι οποίοι είναι (εικ. 1α):

α. Τομέας Α. Ευρίσκεται στο βόρειο άκρο της οικιστικής μονάδας όπου υπάρχουν κατοικίες μονοόροφες, δύοόροφες, παλαιές και νέες. Οι ζημιές ήταν έντονες και σχεδόν μόνο ορισμένες κατασκευές έμειναν ανέπαφες.

β. Τομέας Β. Ευρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα του οικιστικού χώρου όπου υπάρχουν παλαιές και νέες κατασκευές συνήθως δύοόροφες. Οι ζημιές ήταν ιδιαίτερα έντονες σε όλες σχεδόν τις κατασκευές ενώ χαρακτηριστική περίπτωση ήταν ο ιερός ναός του Κάστρου, που καταστράφηκε ολοσχερώς.

γ. Τομέας Γ. Ευρίσκεται στο νότιο τμήμα του οικιστικού χώρου όπου και παρατηρήθηκαν οι πλέον έντονες καταστροφές. Στον τομέα αυτό είναι χαρακτηριστικό ότι υπέστησαν σημαντικές καταστροφές πολλές νεόδμητες κατασκευές οι οποίες κρίθηκαν κατεδαφιστές.

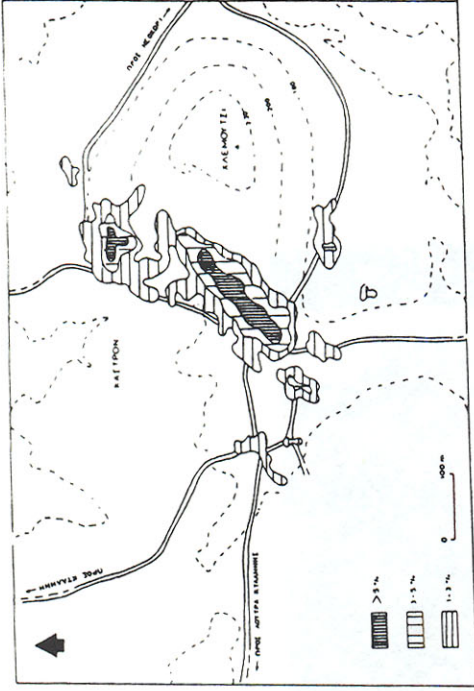
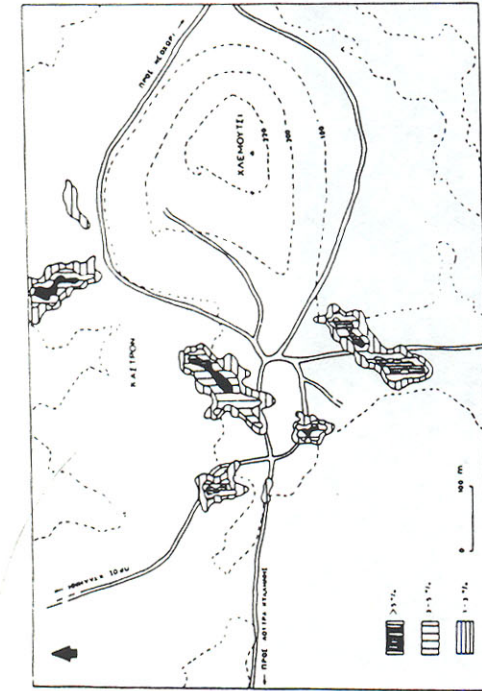
Επίσης σύμφωνα με τα δεδομένα των καταγραφών διαπιστώθηκε ότι σε ορισμένους τομείς του οικιστικού χώρου οι καταστροφές ήταν μηδενικές παρότι στους συγκεκριμένους τομείς οι κατασκευές ήταν πεπαλαιωμένες. Χαρακτηριστική περίπτωση είναι η περιοχή στο ανατολικό τμήμα του χωριού που συμπίπτει με τα δυτικά πρηνή του υψώματος Χλεμούτσι (εικ. 1β).

#### 2. Περιγραφή των Γεολογικών - Γεωτεχνικών συνθηκών.

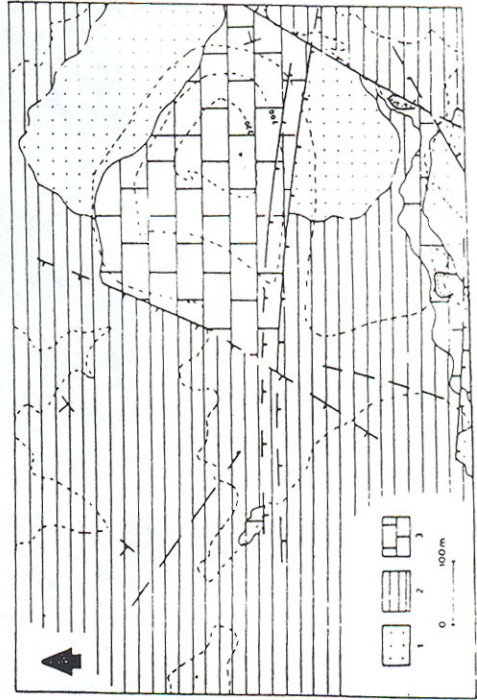
Τόσο μέσα στον οικιστικό χώρο του Κάστρου όσο και στον ευρύτερο χώρο εμφανίζονται, με βάση τα στοιχεία γεωλογικής χαρτογράφησης (εικ. 1γ), οι ακόλουθοι σχηματισμοί:

α. Ασβεστόλιθοι του Κάστρου. Πρόκειται για λευκούς, μεσοστρωματώδεις μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθους ηλικίας Κρητιδικού, ορατού πάχους πάνω από 100m, που υπέρκεινται των εβανοριτών. Εμφανίζονται στο ύψωμα Χλεμούτσι.

β. Σχηματισμός της Λυγιάς. Αντιπροσωπεύεται κυρίως από εναλλαγές στρωμάτων μαργών και συνεκτικών άμμων μεταβλητού πάχους οι οποίοι καλύπτουν ασύμφωνα τους ασβεστόλιθους του



α β  
γ



Εικ. 1(α). Χάρτης ισοοσοστιαίων κρημυλών της πυκνότητας των κατασκευών του Κάστρου που υπέστησαν μεγάλες βλάβες ή καταστράφηκαν ολοσχερώς. (β). Χάρτης κρημυλών της πυκνότητας των κατασκευών που έμειναν ανέπαφες. (γ). Γεωλογικός χάρτης της περιοχής. [1: Αρβεστόλιθοι Κάστρου, 2: Μάρμαρες, άργιλοι, ψαμμίτες του Σχηματισμού Λυγιάς, 3: Πλευρικά κορήματα]

Κάστρου και ενδεχομένως σε ορισμένα σημεία τους εβασοριτές. Εμφανίζονται σε μεγάλο τμήμα του οικιστικού χώρου καθώς επίσης και έξω από αυτόν. Καλύπτεται από ένα ερυθροपुरιτικό σχηματισμό αποσάθρωσης πάχους ως 8 μέτρα.

γ. Πλευρικά κορήματα. Εμφανίζονται στα βορειοανατολικά και νότια πρηνή του υψώματος Χλεμούτσι και δεν επηρεάζουν άμεσα τις γεωτεχνικές συνθήκες θεμελίωσης.

Τα γεωμηχανικά χαρακτηριστικά του ανωτέρω σχηματισμού έχουν ήδη αναφερθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο.

### 3. Συσχέτιση δεδομένων.

Με βάση τα στοιχεία αφ'ενός των καταγραφών των καταστροφών και αφ'ετέρου των γεωλογικών-γεωτεχνικών δεδομένων είναι δυνατόν να λεχθούν τα ακόλουθα:

α. Ο αριθμός των κατασκευών οι οποίες ήταν θεμελιωμένες πάνω στο σχηματισμό των Ασβεστολίθων του Κάστρου και υπέστησαν ζημιές ήταν μικρός. Επίσης σε όσες κατασκευές παρατηρήθηκαν ζημιές, το μέγεθος και η έκτασή τους ήταν περιορισμένες.

β. Σημαντικά μεγαλύτερες καταστροφές τόσο σε πυκνότητα όσο και σε ένταση παρατηρήθηκαν σε κατασκευές οι οποίες ήταν θεμελιωμένες πάνω στο σχηματισμό της Λυγιάς, σε όλη γενικά την έκταση εμφάνισής του. Ειδικά όμως σε ορισμένους τομείς της οικιστικής μονάδας που αναφέρθηκαν προηγουμένως, οι καταστροφές ήταν ιδιαίτερα μεγάλες λόγω ιδιαίτερων γεωλογικών - γεωτεχνικών συνθηκών.

γ. Στον πρώτο τομέα που βρίσκεται στο βόρειο τμήμα, η πυκνότητα και η ένταση των ζημιών αποδίδεται στην υπάρχουσα ρηξιγενή ζώνη η οποία διέρχεται από τον τομέα. Η ρηξιγενής ζώνη οριοθετεί, τους Ασβεστόλιθους του Κάστρου και το σχηματισμό της Λυγιάς.

δ. Οι σημαντικές καταστροφές στο δεύτερο τομέα αποδίδονται στο γεγονός ότι οι κατασκευές ήταν θεμελιωμένες πάνω σε μικρού πάχους αποσασθρωμένο ερυθροपुरιτικό μανδύα που προέρχεται από το σχηματισμό της Λυγιάς.

ε. Τέλος, στον τρίτο τομέα οι σημαντικές καταστροφές αποδίδονται στο γεγονός ότι οι κατασκευές ήταν θεμελιωμένες πάνω στον αποσασθρωμένο ερυθροपुरιτικό μανδύα και στο γεγονός ότι σε μικρό βάθος (4-8m) κάτω από το σχηματισμό ευρίσκεται το Αλπικό υπόβαθρο διαμορφώνοντας έτσι ιδιαίτερα αρνητικό εδαφοδυναμικό πλαίσιο.

## 4.2 ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΚΥΛΛΗΝΗΣ

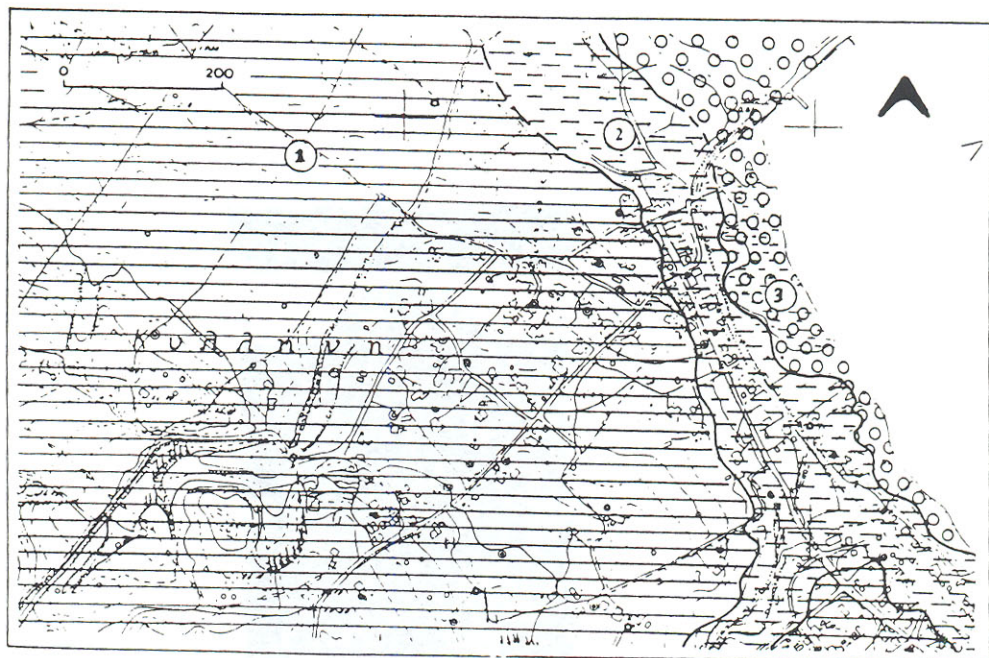
### 1. Περιγραφή Ζημιών.

Η οικιστική μονάδα της κοινότητας της Κυλλήνης αποτελείται από 346 περίπου νέες και παλιές κατασκευές. Από τα ανωτέρω κτίσματα τα 197 παρέμειναν ανέπαφα, 99 είχαν μικρές ή μεγάλες ζημιές και χαρακτηρίστηκαν κατεδαφιστέα. Από την καταγραφή των ζημιών που έγινε διαπιστώθηκε ότι στις παλιές κατασκευές υπήρχε μια ομοιόμορφη κατανομή των κτιρίων με μεγάλες ζημιές σε όλα τα τμήματα της οικιστικής μονάδας. Αντίθετα οι μεγαλύτερες ζημιές στα νέα κτίρια εντοπίζονται κυρίως κατά μήκος της παραλιακής ζώνης στο Α-ΒΑ τμήμα της.

### 2. Περιγραφή των Γεωλογικών - Γεωτεχνικών συνθηκών.

Τόσο μέσα στον οικιστικό χώρο της οικιστικής μονάδας της Κυλλήνης όσο και στον ευρύτερο χώρο εμφανίζονται οι ακόλουθοι σχηματισμοί (εικ. 2):

α. Παράκτιες αποθέσεις. Πρόκειται για άμμους και κροκάλες συνήθως ασύνδετες. Το μέγιστο πάχος τους φθάνει τα 2-3m και καταλαμβάνουν την παραλιακή ζώνη πλάτους ως 70m. Κάτω από ορισμένες συνθήκες μπορούν να ρευστοποιηθούν.



Εικ. 2. Γεωλογικός χάρτης Κυλλήνης. (1: Σχηματισμός Λυγιάς, 2: Αλλουβιακοί σχηματισμοί, 3: Παράκτιες αποθέσεις).

β. Αλλουβιακοί σχηματισμοί. Πρόκειται για υλικά τόσο λεπτομερή (άμμοι, ιλύς, άργιλοι) όσο και αδρομερή (κροκάλες, λατύπες) σε συνεχείς εναλλαγές τόσο ως προς τη κατακόρυφη όσο και ως προς την οριζόντια έννοια. Κατά θέσεις περιλαμβάνουν πολλά φυτικά λείψανα ενώ προς το ανατολικό όριο της εμφάνισής τους αναμιγνύονται με τις παράκτιες αποθέσεις και το όριο τους δεν είναι σαφές. Το πάχος τους φθάνει κατά θέσεις τα 3-6m. Έχουν γενικά υψηλό δείκτη πλαστικότητας, μικρή συνοχή και μικρή γωνία εσωτερικής τριβής. Μέσα στα αλλούβια αναπτύσσεται ελεύθερος υδροφόρος ορίζοντας σε βάθος λιγώτερο των 2m.

γ. Σχηματισμός της Λυγιάς. Αντιπροσωπεύεται κυρίως από ψαμίτες και μάργες σε εναλλαγές και καταλαμβάνει το δυτικό τμήμα της περιοχής. Το πάχος του σχηματισμού υπερβαίνει τα 30-40m, ενώ το συνολικό πάχος του σχηματισμού είναι πολύ μεγαλύτερο. Δεν παρουσιάζει πλαστικότητα, έχει  $c=0.25 \text{ kgf/cm}^2$   $\varphi=45^\circ$  και πυκνότητα  $2.0 \text{ gr/cm}^3$ . Οι επί τόπου δοκιμές πρότυπης διεύθυνσης (S.P.T) με πρότυπο δειγματολύπη έδωσαν τιμή από 23 ως και 50 κρούσεις.

### 3. Συσχέτιση δεδομένων.

Από τη συσχέτιση των στοιχείων που παρατέθηκαν διαπιστώνονται τα ακόλουθα:

α. Η συχνότητα και η ένταση των ζημιών στις νέες κατασκευές που ήταν θεμελιωμένες στους αλλουβιακούς σχηματισμούς ήταν μεγαλύτερες από αυτές των ίδιων κατασκευών που ήταν θεμελιωμένες στον σχηματισμό της Λυγιάς. Τούτο αποδίδεται στη φύση και στις μειωμένες τιμές των γεωμηχανικών μεγεθών αφ'ενός και αφ'ετέρου στην παρουσία του ελεύθερου υδροφόρου ορίζοντα σε μικρό βάθος.

β. Σε όσες από τις κατασκευές ήταν θεμελιωμένες πάνω σε παράκτιες αποθέσεις παρατηρήθηκαν ασυνήθιστα μεγάλες καταστροφές οι οποίες αποδίδονται στη χαλαρότητα των

αποθέσεων και στην παρουσία υγρής φάσης που οφείλεται στην εισχώρηση του θαλάσσιου νερού.

γ. Στο βόρειο τμήμα της οικιστικής μονάδας και στην περιοχή εμφάνισης Αλλούβιων - Παράκτιων αποθέσεων παρατηρήθηκαν φαινόμενα ρευστοποίησης τα οποία είχαν ως αποτέλεσμα να εκδηλωθούν μεγάλες βλάβες σε ημιτελές κτιριακό συγκρότημα που προορίζεται για ξενοδοχειακή μονάδα. Τούτο οφείλεται στην παρουσία άμμων και αλλουβιακών σχηματισμών στο συγκεκριμένο τμήμα.

#### 4.3 ΔΗΜΟΣ ΒΑΡΘΟΛΟΜΙΟΥ

##### 1. Περιγραφή των ζημιών.

Στο Δήμο Βαρθολομιού οι ζημιές που προκλήθηκαν ήταν ιδιαίτερα έντονες. Με βάση τα στοιχεία των απογραφών από ένα σύνολο 1153 κατασκευών σε 178 οι ζημιές ήταν πολύ μεγάλες με αποτέλεσμα να κρίνονται ακατάλληλες και κατεδαφιστέες, σε 22 οι ζημιές ήταν μεγάλες με αποτέλεσμα να κρίνονται προσωρινά μη κατοικήσιμα και σε 753 οι ζημιές ήταν πολύ μικρές ή μηδενικές.

Με βάση επίσης τα στοιχεία των καταγραφών δεν διακρίθηκε κάποια ιδιαίτερη διαφοροποίηση στις καταστροφές ανάλογα με τους ορόφους, την ηλικία και το είδος κατασκευής των κτιρίων. Είται, καταστροφές παρατηρήθηκαν τόσο σε παλαιές όσο και σε νέες κατασκευές καθώς επίσης τόσο σε μονοόροφες όσο και σε δυόροφες κατασκευές. Η μόνη ιδιαιτερότητα η οποία παρατηρήθηκε ήταν μια σημαντική γεωγραφική διαφοροποίηση (εικ. 3) στα τμήματα της οικιστικής μονάδας. Ειδικότερα παρατηρήθηκε μια προσδευτική αλλά σαφής αύξηση των καταστροφών προς τα δυτικά τμήματα ανεξάρτητα από το είδος της κατασκευής, την ηλικία και το ύψος των κτιρίων. Είναι χαρακτηριστικό ότι το κοιμητήριο στο δυτικό άκρο καταστράφηκε σχεδόν ολοκληρωτικά ενώ στον ίδιο χώρο παρατηρήθηκαν περιστροφές δομικών στοιχείων.

##### 2. Περιγραφή των Γεωλογικών - Γεωτεχνικών συνθηκών.

Με βάση τα στοιχεία γεωλογικής χαρτογράφησης σε κλίμακα 1:5000 διαπιστώθηκε ότι στην ευρύτερη περιοχή του Βαρθολομιού, εμφανίζονται οι εξής σχηματισμοί:

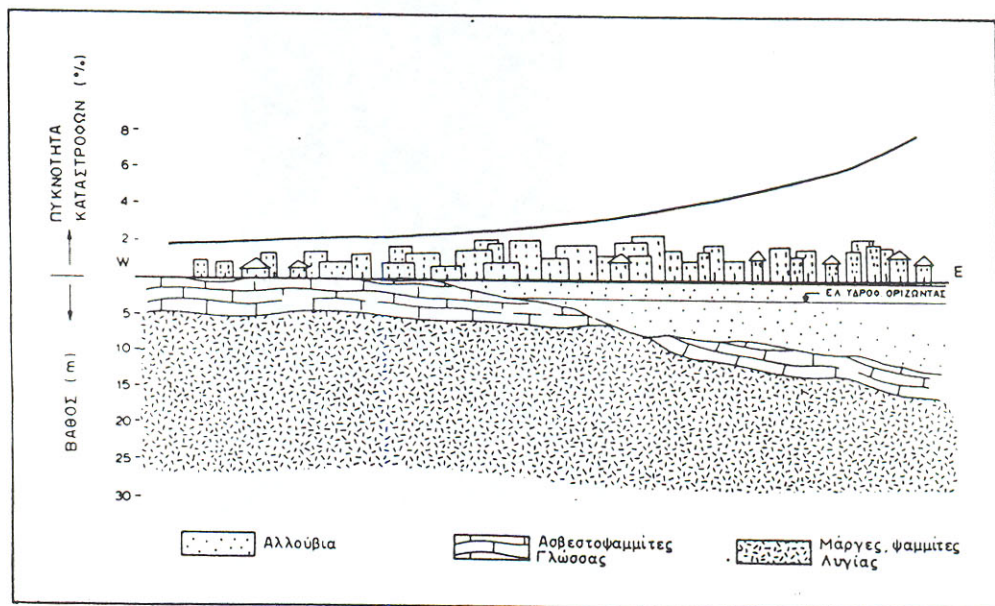
α. Σχηματισμός της Λυγιάς. Αντιπροσωπεύεται κυρίως από συμπαγές μάργες και ψαμίτες ορατού πάχους τουλάχιστον 20m, ενώ το πάχος συνολικά του σχηματισμού. Οι εμφανίσεις του σχηματισμού της Λυγιάς περιορίζονται στο δυτικό τμήμα, ενώ είναι βέβαιο ότι συνεχίζει να εμφανίζεται και σε μικρό βάθος κάτω από την οικιστική μονάδα του Βαρθολομιού. Με βάση τα υφιστάμενα γεωτεχνικά δεδομένα στην περιοχή ο σχηματισμός αυτός δεν παρουσιάζει πλαστικότητα, έχει  $c=0.25\text{kg/cm}^2$ ,  $\varphi=45^\circ$  και πυκνότητα  $1.9\text{-}2.4\text{ gr/cm}^3$ . Οι επί τόπου δοκιμές δειγματολήπτη έδωσαν τιμές από 35 ως και 50 κρούσεις.

β. Πάνω από το σχηματισμό της Λυγιάς αναπτύσσεται κατά θέσεις ο σχηματισμός Γλώσσας ο οποίος όπως ελέχθει αποτελείται από ισχυρώς συγκολλημένα λεπτομερή και αδρομερή στοιχεία. Έχει πάχος λίγα μέτρα και εμφανίζεται σαφώς στο δυτικό άκρο της οικιστικής μονάδας ενώ θα πρέπει να απαντά και σε ορισμένα δυτικά τμήματα της μονάδας πράγμα που συμπεραίνεται από τις σποραδικές εμφανίσεις.

γ. Αλλουβιακοί σχηματισμοί. Πρόκειται για λεπτομερή και σπανίως αδρομερή χαλαρά υλικά τα οποία εμφανίζονται στο ανατολικό τμήμα της οικιστικής μονάδας καθώς επίσης και στον ευρύτερο ανατολικό χώρο. Σύμφωνα με τα δεδομένα γεωτρήσεων το πάχος τους σταδιακά αυξάνει προς τα δυτικά και φθάνει στα δυτικά όρια του Βαρθολομιού τα 10 περίπου μέτρα. Σύμφωνα επίσης με τα ίδια δεδομένα περιλαμβάνουν αργίλους, ιλύ, άμμους και κροκάλες με ενδιάστροφες φυτικών λειψάνων, έχουν υψηλό δείκτη πλαστικότητας, μικρή συνοχή, γωνία



Εικ. 3. Χάρτης ισοποσοσטיαίων καμπυλών πυκνότητας των κατασκευών του Βαρθολομιού που υπέστησαν μεγάλες βλάβες ή κατεδαφίστηκαν.



Εικ. 4. Σχηματική γεωλογική τομή με γενική διεύθυνση Α-Δ και σχηματικό διάγραμμα μεταβολής της πυκνότητας των καταστροφών του Βαρθολομιού. /

εσωτερικής τριβής  $15^{\circ}$ - $30^{\circ}$  και αντοχή στην ανεμπόδιση θλίψη από  $0.3-4\text{kg}/\text{cm}^2$ . Μέσα στα αλλούβια αναπτύσσεται ελεύθερος υδροφόρος ορίζοντας σε βάθος λιγώτερο από 2.5 μέτρα.

### 3. Συσχέτιση δεδομένων.

Με βάση αφ'ενός την περιγραφή των ζημιών και αφ'ετέρου τις υφιστάμενες γεωλογικές-γεωτεχνικές συνθήκες είναι δυνατόν να ληχθούν τα ακόλουθα:

α. Η μικρή αλλά σαφής προοδευτική αύξηση των παρατηρούμενων καταστροφών προς τους ανατολικούς τομείς του οικιστικού χώρου μπορεί να συνδιαστεί με την παρουσία στους ίδιους τομείς των αλλουβιακών σχηματισμών που επίσης έχουν πάχος σταδιακά αυξανόμενο προς τα ανατολικά (εικ. 4). Αντίθετα, η εκδήλωση λιγώτερων καταστροφών προς το δυτικό τμήμα οφείλεται στη θεμελίωση των κατασκευών πάνω στους πολύ καλύτερους από άποψη γεωμηχανικών δεικτών σχηματισμούς της Λυγιάς και Ασβεστοψαμμιτών Γλώσσας.

β. Η εκδήλωση μεγαλύτερων καταστροφών στο ανατολικό τμήμα μπορεί επίσης να αποδοθεί και στην παρουσία σε βάθος 2.5m της επιφάνειας του ελεύθερου υδροφόρου ορίζοντα που αναπτύσσεται μέσα στους αλλουβιακούς σχηματισμούς. Αντίθετα η εκδήλωση λιγώτερων καταστροφών στο δυτικό τμήμα θα πρέπει να συνδιαστεί με την απουσία ενός τέτοιου ορίζοντα στο ίδιο τμήμα λόγω της εμφάνισης σχηματισμού με πολύ μικρότερη περατότητα.

## 5. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ ΣΕ ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ

### 5.1 ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ ΑΠΟ ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΣΕΙΣ

Κατά τη διάρκεια του σεισμού της 16.10.1988 και σε περιοχές εμφάνισης ορισμένων γεωλογικών σχηματισμών παρατηρήθηκαν φαινόμενα ρευστοποίησης τα οποία έχουν ήδη καταγραφεί και μελετηθεί (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η. & ΛΕΚΚΑΣ, Ε., 1989, ΛΕΚΚΑΣ, Ε., 1991).

Σε όσες από τις θέσεις εκδήλωσης των φαινομένων οι σχηματισμοί που ρευστοποιήθηκαν αποτελούσαν και σχηματισμούς θεμελίωσης κτιρίων, παρατηρήθηκαν δυσανάλογα μεγάλες βλάβες χαρακτηριστικά παραδείγματα των οποίων περιγράφονται στη συνέχεια.

α. Κτιριακά συγκροτήματα ξενοδοχειακής μονάδας ROBINSON CLUB. Ευρίσκονται στη δυτική ακτή της χερσονήσου και περιλαμβάνουν πάνω από 15 μεμονωμένα κτίρια ποικίλου ύψους και όγκου σε πολλά από τα οποία οι βλάβες ήταν έντονες. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που εμφανίζονται στην ευρύτερη περιοχή είναι αλλούβια, παράκτιες αποθέσεις και θίνες στους οποίους έλαβαν χώρα φαινόμενα ρευστοποίησης (ΛΕΚΚΑΣ, 1991). Οι ανωτέρω σχηματισμοί επικάθονται ασύμφωνα πιθανότατα πάνω στο σχηματισμό της Λυγιάς. Παρόλο που δεν κατορθώθηκε να ευρεθούν στοιχεία για τη θεμελίωση των κατασκευών εικάζεται ότι πολλές από τις βλάβες, κυρίως στις μικρότερες κατασκευές, οφείλονται στα φαινόμενα ρευστοποίησης.

β. Περιοχή Κυλλίνης. Πρόκειται για καταστροφές σε ορισμένες μεμονωμένες οικίες και σε ημιτελές ξενοδοχειακό συγκρότημα στο ΒΔ όριο της κοινότητας. Οι καταστροφές ήταν ιδιαίτερα έντονες λόγω της ρευστοποίησης παράκτιων αποθέσεων που εκάλυπτοντο από εδαφικό μανδύα πάχους ως 1m. Οι ρευστοποιήσεις στην περιοχή είχαν προκαλέσει χαρακτηριστικούς κρατήρες βύθισης στον υπερκείμενο μανδύα.

### 5.2 ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ ΑΠΟ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΙΣ

Παρόλο που η μορφολογία της χερσονήσου χαρακτηρίζεται από ήπιες γενικά κλίσεις γεγονός που περιορίζει τον αριθμό των εκδηλούμενων σε έκταση καταπτώσεων, εν τούτοις παρατηρήθηκαν σε αρκετές θέσεις ανάλογα φαινόμενα κυρίως εκεί όπου υπάρχουν είτε τεχνικές είτε φυσικές μορφολογικές ασυνέχειες.

Σε ορισμένες από τις θέσεις αυτές οι καταπτώσεις έγιναν σε απότομα ηρανή δρόμων, πράγμα που είχε σα συνέχεια την παρεμπόδιση της κυκλοφορίας και της μερικής καταστροφής του οδοστρώματος. Η πλέον σημαντική περίπτωση καταπτώσεων από άποψη τόσο όγκου μετακινηθέντων υλικών όσο και από άποψη επιπτώσεων είναι αυτή που έλαβε χώρα κατά μήκος του δρόμου Κάστρο - Ψηλή Ράχη κατά μήκος του οποίου εμφανίζονται ψαμμίτες και μάργες του σχηματισμού της Λυγιάς. Οι καταπτώσεις στην περιοχή αυτή διευκολύνθηκαν εκτός από τη μεγάλη κλίση του ηρανού και από την παρουσία διαρρήξεων στη μάζα των πετρωμάτων.

### 5.3 ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ ΑΠΟ ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΡΗΓΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΑΡΡΗΞΕΙΣ

Κατά τη διάρκεια του σεισμού της 16.10.1988 παρατηρήθηκε σε πολλές θέσεις ενεργοποίηση ρηγμάτων και εδαφικές διαρρήξεις (ΛΕΚΚΑΣ, Ε., 1991). Ο μεγάλος αριθμός των ρηγμάτων και των εδαφικών διαρρήξεων παρατηρήθηκαν σε χώρους όπου δεν υπήρχε οικιστική ανάπτυξη ή τεχνικά έργα με αποτέλεσμα να μην παρατηρηθούν αντίστοιχες σε μεγάλη έκταση καταστροφές.

Παρόλα αυτά σε μερικές θέσεις στις οποίες ενεργοποιήθηκαν ρήγματα ή προκλήθηκαν εδαφικές διαρρήξεις, προκλήθηκαν περιορισμένης έκτασης ζημιές που αφορούσαν κυρίως ζημιές στο οδικό δίκτυο. Το πλέον αντιπροσωπευτικό παράδειγμα είναι αυτό των ρηγμάτων που προκάλεσαν μικρές διαρρήξεις - ζημιές στο οδόστρωμα στην ανατολική είσοδο του χωριού Κάστρο. Επίσης αντιπροσωπευτικά παραδείγματα εδαφικών διαρρήξεων είναι οι ζημιές που προκλήθηκαν σε δρόμους στην περιοχή της Μπούκας και στην περιοχή του βορειοδυτικού άκρου της χερσονήσου.

## 6. ΣΧΟΛΙΑ - ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως διαφαίνεται από τα προηγούμενα παραδείγματα οι γεωλογικές και γεωτεχνικές συνθήκες της περιοχής της χερσονήσου της Κυλλήνης διαμόρφωσαν τόσο γενικότερα στην μακροκλίμακα όσο και ειδικότερα μέσα στις οικιστικές μονάδες, ένα ιδιόμορφο πλαίσιο το οποίο καθόρισε την άνιση κατανομή των καταστροφών ενώ παράλληλα σε ορισμένα σημεία επέδρασε καθοριστικά στην εκδήλωση βλαβών σε τεχνικά έργα.

Ειδικά στο χώρο των οικιστικών μονάδων που αναφέρθηκαν, τα στατιστικά δεδομένα ήταν τόσο σαφή ώστε τυχόν άλλες αιτίες καταστροφών όπως λόγου χάριν αστοχίες σε κατασκευές, πλημελής συντήρηση κ.α, είχαν δευτερεύουσα σημασία και επίδραση διότι οι αιτίες αυτές δε θα μπορούσαν να έχουν κάποια σχέση με τη γεωμετρική - γεωγραφική άνιση κατανομή που παρατηρείται. Θα πρέπει να τονισθεί σε αυτό το σημείο ότι και σε άλλες οικιστικές μονάδες διαπιστώθηκε μια κάποια άνιση κατανομή καταστροφών όπως στην Παναγιά στο Νεοχώρι και στην Λυγιά, πλην όμως η ποσοστιαία διαφοροποίηση ήταν μικρή και τα στοιχεία στα επί μέρους τμήματα μη συγκρίσιμα λόγω πρόσφατων αναπτύξεων των μονάδων προς ορισμένες διευθύνσεις, γεγονός που υποδήλωνε π.χ. διαφορετικό τρόπο και είδος κατασκευής.

Η πιστοποίηση των επιδράσεων των γεωλογικών και των γεωτεχνικών παραγόντων στην κατανομή των καταστροφών των σεισμών με αξιόπιστα στοιχεία είναι ένα πρώτο βήμα για την πλήρη διερεύνηση των διαφόρων παραμέτρων και παραγόντων που υπεισέρχονται στο πρόβλημα της αντισεισμικής προστασίας. Ιδιαίτερα θα πρέπει να τονισθεί ότι μετά τη μελέτη της γεωλογικής δομής και τον προσδιορισμό ορισμένων γεωτεχνικών μεγεθών απαιτείται ολοκληρωμένη εδαφοδυναμική μελέτη τα στοιχεία της οποίας θα υποδείξουν τον πλέον ενδεδειγμένο από άποψη στατικής τρόπου κατασκευής.

Οι περιπτώσεις στις οποίες οι γεωλογικοί-γεωτεχνικοί παράγοντες παίζουν κάποιο ρόλο στην τρωτότητα των τεχνικών έργων από σεισμούς, είναι κατά τεκμήριο ευκολότερο να

εντοπισθούν εξαιτίας της συχνής σημειακής ή γραμμικής ανάπτυξης των καταστροφών όπως για παράδειγμα κατά μήκος ή σε διάφορα σημεία μιας οδικής αρτηρίας ή ενός αγωγού. Στις περιπτώσεις αυτές τα προβλήματα της αντισεισμικής προστασίας που σχετίζονται με τους παραπάνω παράγοντες απαιτούν ολοκληρωμένες γεωλογικές και γεωτεχνικές μελέτες έτσι ώστε να αποκτάται πλήρη γνώση της γεωλογικής δομής και εξέλιξης μιας περιοχής, απαραίτητη προϋπόθεση για την κατανόηση, στη συνέχεια, των γεωτεχνικών συνθηκών στην μακροκλίμακα.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η., ΛΕΚΚΑΣ, Ε., σε συνεργασία με ΔΑΝΑΜΟ, Γ., ΛΟΓΟ, Ε., ΦΟΥΝΤΟΥΛΗ, Ι., ΑΔΑΜΟΠΟΥΛΟΥ, Ε.(1989). Ερευνητικό Πρόγραμμα Πανεπιστημίου Αθηνών, Ανάθεση Ο.Α.Σ.Π.

HAGEMAN, J.(1977). Stratigraphy and sedimentary History of the Upper Cenozoic of the Pyrgos area (W. Peloponnesus, Greece). Ann. Geol. Pays Hellen. 28, 299-333.

UNDERHILL, J.R.(1985). Neogene and Quaternary tectonics and sedimentation in Western Greece. PhD. thesis, Univ. Wales.

ΛΕΚΚΑΣ, Ε., ΛΟΓΟΣ, Ε., ΔΑΝΑΜΟΣ, Γ.(1989). Η επίδραση των γεωλογικών συνθηκών στην κατανομή των καταστροφών του χωριού Κάστρο (χερσόνησος Κυλλήνης) κατά το σεισμό της 16.10.1988. Γεωενημέρωση Περίοδος Β': Αρ.Τευχ.6. Abstract,σελ.5.

ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, Γ.(1969). Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλ. 1:50.000 Φύλλο "Βαρθολομιά", ΙΓΜΕ, Αθήνα.

ΚΑΜΠΕΡΗΣ, Ε.(1987). Γεωλογική και Πετρελαιογεωλογική μελέτη ΒΔ Πελοποννήσου. Διδακτορική διατριβή. Ε.Μ.Π.

KOWALCZYK, G. & WINTER, K.(1979). 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., σε συνεργασία με ΛΟΓΟ, Ε., ΔΑΝΑΜΟ, Γ., ΦΟΥΝΤΟΥΛΗ, Ι., ΑΔΑΜΟΠΟΥΛΟΥ, Ε.(1991). Μακροσεισμικές παρατηρήσεις μετά το σεισμό της 16 Οκτωβρίου 1988 στη χερσόνησο της Κυλλήνης (ΒΔ Πελοπόννησος, Ελλάδα). Πρακτ. 5ου Γεωλ. Συνεδρίου Ε.Γ.Ε.