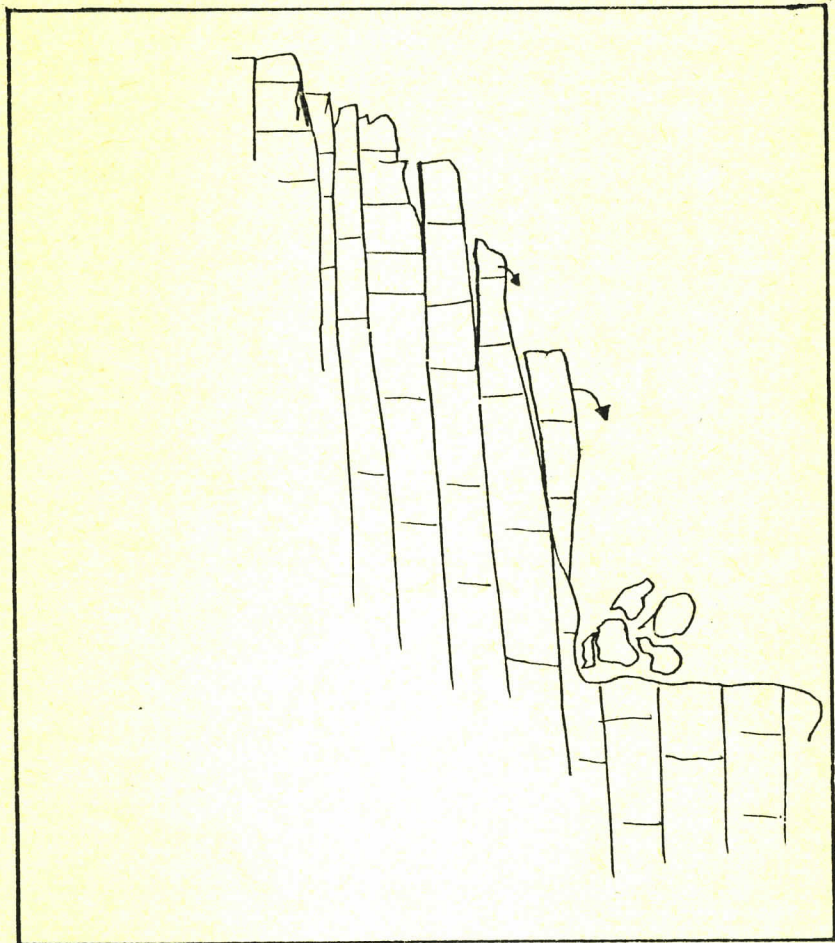


21-12-87

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (Ο.Α.Σ.Π.)

Η ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΟΥ ΔΡΟΜΟΥ
ΣΠΑΡΤΗΣ - ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΞΑΝΘΗ 1988

Π Ρ Ο Λ Ο Γ Ο Σ

Ο Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (ΟΑΣΠ), ανέθεσε στο Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας του Δημοκριτείου Πανεπιστημίου Θράκης (ΔΠΘ), την εκπόνηση μελέτης που αφορά "Την ασφάλεια του δρόμου Σπάρτης-Καλαμάτας" ύστερα από τους σεισμούς της 13-15/9/86 της Καλαμάτας.

Η μελέτη περιελάμβανε:

- Τον εντοπισμό των ζωνών εκδήλωσης κατολισθητικών φαινομένων.
- Σχέσεις αστάθειών με τους τύπους των πετρωμάτων, τη ρωγμάτωσή τους και τη γεωλογική δομή της περιοχής.
- Ζώνες με αστάθεια ακόμη και χωρίς τη σεισμική επιβάρυνση.
- Μηχανισμοί αστάθειας.
- Συσχέτιση των φαινομένων αστάθειας των πρανών με τα σεισμοτεκτονικά χαρακτηριστικά των σεισμών και τα ενεργά ρήγματα.
- Ζώνες δυνητικής ευστάθειας.
- Ταξινόμηση επικινδυνότητας.
- Μέτρα προστασίας.

Η παρούσα έκθεση αποτελεί την τελική του προγράμματος αυτού και περιλαμβάνει:

- (α) Γεωλογία και Σεισμικότητα της περιοχής
- (β) Περιγραφή και απογραφή των κατολισθητικών φαινομένων στον άξονα του δρόμου Σπάρτης-Καλαμάτας.
- (γ) Τους μηχανισμούς των κατολισθήσεων.
- (δ) Συμπεράσματα-Προτάσεις-Μέτρα Προστασίας.

Η δαπάνη για την έρευνα των κατολισθήσεων αυτών δεν περιελάμβανε όπως είχε τονιστεί στην αρχική μας πρόταση, αμοιβές προσωπικού. Το κόστος για τη σύνταξη της έκθεσης που υποβάλλεται σήμερα, περιλαμβάνει μόνο έξοδα μετακίνησης των ερευνητών (Ξάνθη-Καλαμάτα, Ξάνθη-Αθήνα) και γενικά έξοδα.

Η μελέτη αυτή εκπονήθηκε από τους:

Γεώργιο Ξειδάκη, σαν επιστημονικό υπεύθυνο

Πάυλο Μαρίνο, σαν ειδικό Συνεργάτη

Γιάννη Διαμαντή, σαν Συνεργάτη

Κατά την απογραφή των κατολισθητικών φαινομένων, η ομάδα συνεργάστηκε με τον κ. Γεώργιο Κούκη.

Εάνθη 18/12/87

Ο Επιστημονικός Υπεύθυνος

Λέκτορας Γ. Ξειδάκης

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Ιστορικό και Σεισμοτεκτονικά Στοιχεία του Σεισμού

Η πόλη της Καλαμάτας και η ευρύτερη περιοχή, βόρεια και ανατολικά της πόλης, το Σάββατο 13 Σεπτεμβρίου 1986 (GMT 17:25) επλήγει από σεισμό (κύριος σεισμός), ο οποίος σύμφωνα με τις ανακοινώσεις του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών και του Εργαστηρίου Γεωφυσικής του ΑΠΘ, είχε μέγεθος $M_S = 6.2$, χωρίς προσεισμικές δονήσεις. Ο μεγαλύτερος μετασεισμός ακολούθησε δύο μέρες αργότερα, τη Δευτέρα 15.9.86 (GMT 11:41) και είχε μέγεθος $M_S = 5.4$. Ο αμέσως μικρότερος μετασεισμός είχε μέγεθος $M_S = 4.2$ (GMT 01:48, 15.9.86).

Το επίκεντρο του κύριου σεισμού ήταν 12km βόρεια της πόλης της Καλαμάτας (37.10°N , 22.14°E), ενώ του μεγαλύτερου μετασεισμού 1km ανατολικά. Οι αποστάσεις μετρούνται από το κτίριο της Νομαρχίας Καλαμάτας όπου ήταν εγκατεστημένοι σειсмоγράφοι.

Το βάθος και των δύο σεισμών ήταν 8km περίπου. Τον κύριο σεισμό ακολούθησαν πολλοί μετασεισμοί, τα επίκεντρα των οποίων φαίνονται στο σχ. 1,2 (Parazachos et al., 1987).

Κατά το ΙΤΣΑΚ, η απόσταση του επικέντρου του κύριου σεισμού ήταν 15km και του μεγαλύτερου μετασεισμού 11km (Δελτίο ΤΕΕ, Νοέμβριος 1986, ειδική έκδοση). Η φασματική ένταση του σεισμού ήταν σχετικά ισχυρή για ένα ευρύ φάσμα περιόδων. Μέσα στο φάσμα αυτό περιέχονται οι ιδιοπερίοδοι των περισσότερων συνήθων κτιρίων ($T = 0.25 - 0.45$). Σ' αυτό και στην μικρή απόσταση των επικέντρων του σεισμού αποδίδονται, μεταξύ και άλλων αιτιών, οι μεγάλες καταστροφές που προκάλεσε αυτός ο σχετικά μικρός σεισμός στα κτίρια της πόλης. (σχ.4).

Τα αποτελέσματα των παραπάνω σεισμικών δονήσεων ήταν 21 θάνατοι και πολλοί τραυματισμοί ατόμων. Επίσης μεγάλες καταστροφές υπέστησαν τα κτίρια της πόλης, κατά το πλείστον διώροφα-πενταώροφα, κυρίως ανατολικά του ποταμού Νέδοντα. Καταστροφές υπέστησαν επίσης και μερικά χωριά ανατολικά της πόλης όπως το Ελαιοχώρι, τα Περιβολάκια, η Νέδουσα, το Καρβέλι, ο Λαδάς κ.α. Το Ελαιοχώρι 6km περίπου ανατολικά της Καλαμάτας, καταστράφηκε ολοσχερώς. Αντίθετα ο σεισμός προξένησε ε-

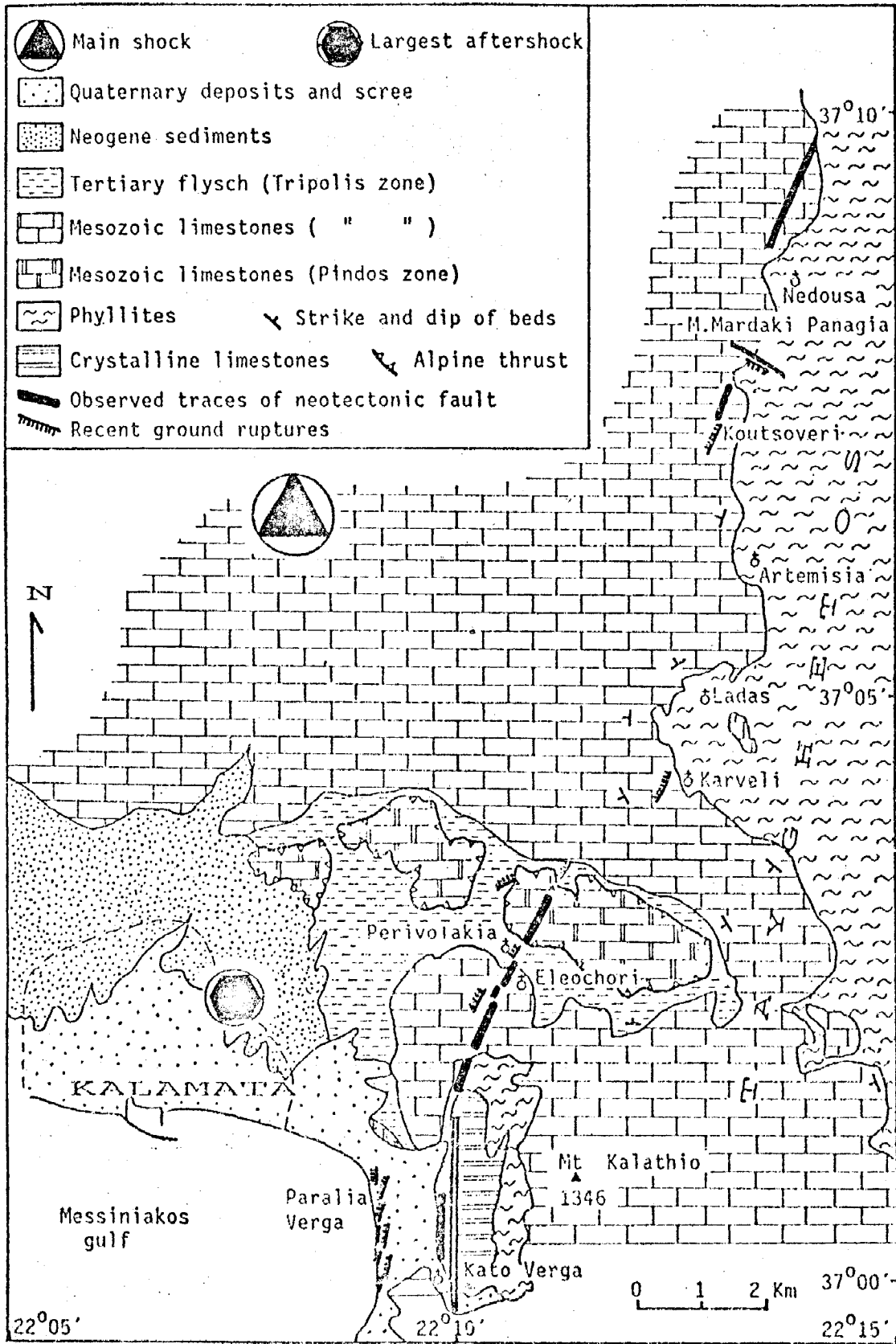
λάχιστες ή και καθόλου ζημιές στην περιοχή δυτικά της πόλης. Φαίνεται ότι οι καταστροφές των σεισμών της 13-15/9/86, περιόριστηκαν σε μία ζώνη 6-8km πλάτους, με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, ανατολικά της Καλαμάτας.

Στη ζώνη αυτή εμφανίστηκαν επιφανειακές ρωγματώσεις του εδάφους καθώς και πολλά κατολισθητικά φαινόμενα, με τα οποία θα ασχοληθούμε παρακάτω (σχ. 3). Επιφανειακές ρωγματώσεις του εδάφους εμφανίστηκαν κυρίως στις περιοχές των χωριών Ελαιοχώρι, Περιβολάκια, Καρβέλι, Κουτσονέρι και στη Μονή Μανδράκι του χωριού Νέδουσα. Οι ρωγματώσεις αυτές είχαν μια γενική διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ και σύμφωνα με τους Parazachos et al., 1986, αποτελούν επιφανειακές εκδηλώσεις ενός κανονικού ρήγματος, 2-3km ανατολικά της πόλης της Καλαμάτας, στην ανατολική πλευρά του Μεσσηνιακού Κόλπου, στις υπώρειες του Ταύγετου.

Το ρήγμα αυτό έχει μία Β.ΒΑ-Ν.ΝΑ διεύθυνση 0° - 30° και κλίση 70° - 80° Δ.ΒΔ και προσβάλλει στους σχηματισμούς των κρυσταλλικών ασβεστολίθων και φυλλιτών της ζώνης της Ν. Πελοποννήσου (Ιόνιος Ζώνη), τους μεσοζωϊκούς ασβεστολίθους και τον τριτογενή φλύσχη της ζώνης της Τρίπολης και τους μεσοζωϊκούς ασβεστολίθους του καλύμματος της ζώνης της Πίνδου (σχ. 1). Σύμφωνα με τους Parazachos et al., 1986, το ρήγμα αυτό έχει νεοτεκτονική δράση και συνέβαλε σημαντικά στο σχηματισμό της ανατολικής πλευράς του Μεσσηνιακού Κόλπου κατά το Πλειόκαινο-Τεταρτογενές. Στο βόρειο άκρο του Ταύγετου, το ρήγμα έχει διεύθυνση 20° - 30° και είναι σχεδόν παράλληλο με το γεωλογικό όριο μεταξύ φυλλιτών της ζώνης της Αρνας (Σκαρπέλης, 1982) και των υπερκείμενων μεσοζωϊκών ασβεστολίθων της ζώνης της Τρίπολης.

Οι επιφανειακές ρωγματώσεις του εδάφους που προκλήθηκαν από τους σεισμούς της 13.9.86 φθάνουν ένα μήκος 15-18km (ΒΑ-ΝΔ) και καλύπτουν λίγο-πολύ όλο το μήκος του προαναφερθέντος ρήγματος. Ένα τέτοιο μήκος ρήγματος συμφωνεί απολύτως με ένα σεισμό 6.2 όπως της Καλαμάτας (13.9.86) (Parazachos et al., 1986).

Εκτός από τις παραπάνω επιφανειακές ρωγματώσεις, ρωγματώσεις εμφανίστηκαν και σε άλλες διευθύνσεις και οφείλονται πιθανό-



Σχ. 1. Σκαρίφημα γεωλογικού χάρτη της περιοχής ανατολικά της Καλαμάτας όπου φαίνονται το ίχνος του νεοτεκτονικού ρήγματος που υποτίθεται ότι έδωσε τους σεισμούς της 13-15/9/87 και οι κύριες επιφανειακές διαρρήξεις (από Parazachos et al, 1986).

τατα σε ενεργοποίηση άλλων μικρότερων νεοτεκτονικών ρηγμάτων της περιοχής.

Στην έκθεση Μαριολάκου και άλλων, ΟΑΣΠ 1986, αναφέρονται ρηξιγενείς ζώνες και ρήγματα που επαναδραστηριοποιήθηκαν, με τα οποία συνδέονται και καταπτώσεις, με διεύθυνση εγκάρσια προς το κύριο ρήγμα που περιγράφηκε παραπάνω.

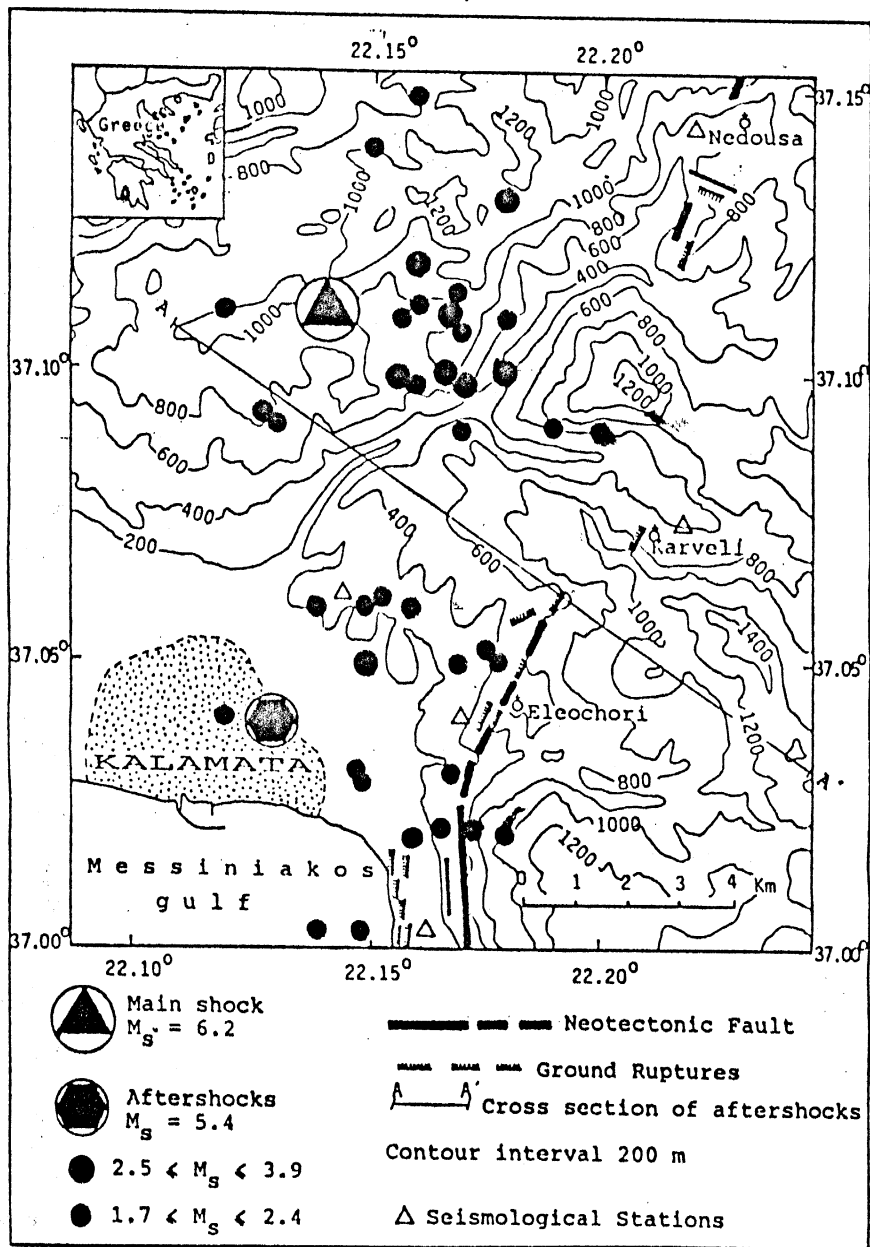
Ο δρόμος Καλαμάτας-Σπάρτης, τέμνει τη ζώνη του ρήματος στην περιοχή των ασβεστολίθων της ζώνης της Τρίπολης στην περιοχή Καρβέλι-Λαδά-Αρτεμήςια-Νέδουσα, όπου και εμφανίστηκαν τα περισσότερα κατολισθητικά φαινόμενα από καταπτώσεις κυρίως βράχων.

Στο σχήμα 2, φαίνεται η κατανομή των μετασεισμών που χωρίζονται σε δύο ομάδες-μία στην περιοχή του κύριου σεισμού και μία στην περιοχή του μετασεισμού.

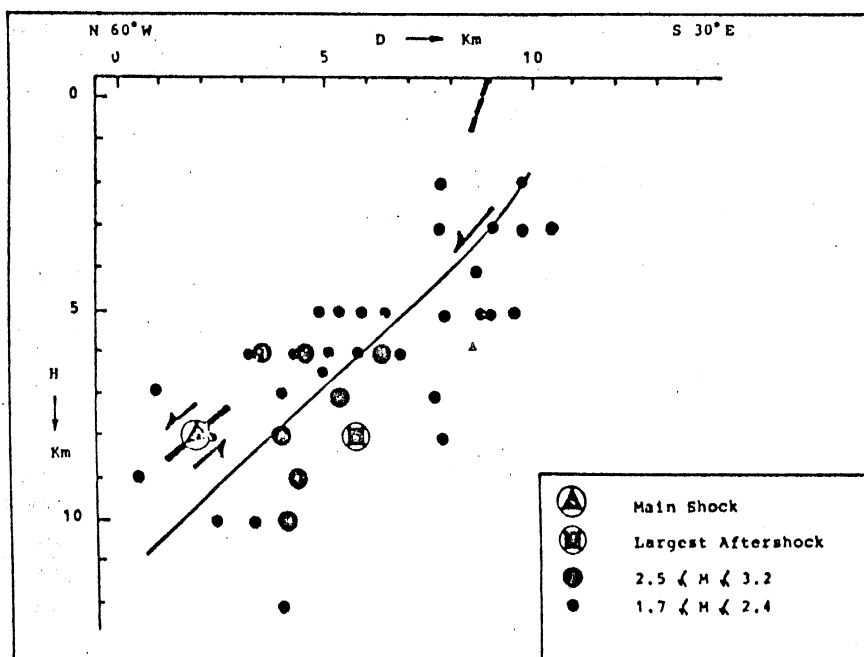
Σύμφωνα με τους Μαριολάκο και άλλους, έκθεση ΟΑΣΠ 1986, οι καταστροφές περιορίστηκαν κυρίως στο τεκτονικό βύθισμα δεύτερης τάξης (υποβύθισμα του βυθίσματος Μεσσηνίας-Κυπαρισσίας) της Δίμιovas -Περιβολακίου-Καλαμάτας, μέσα στο οποίο έγιναν και οι περισσότερες σεισμικές διαρρήξεις και επαναδραστηριοποιήσεις νεοτεκτονικών ρηγμάτων.

Τα όρια του βυθίσματος αυτού είναι προς βορρά, η ρηξιγενής ζώνη που αναπτύσσεται μεταξύ των ανθρακικών πετρωμάτων και του φλύσχη της Τρίπολης. Προς νότο το ρήγμα κατά μήκος του ρέματος του χειμάρρου Ξερίλα-τεκτονικό κέρας Καλάθιου όρους. Το ανατολικό ορίζεται από τη ρηξιγενή ζώνη που διέρχεται από το χωριό Αράχοβα με ρήγματα διεύθυνσης Β-Ν και τέλος το δυτικό όριο συμπύπτει με την κοίτη του Νέδονια, στην Καλαμάτα, και το μικρό τεκτονικό κέρας "Άσπροχώματος-Κουταλάς". Περισσότερες λεπτομέρειες για τη μορφολογία-νεοτεκτονική της περιοχής περιέχονται στην έκθεση Μαριολάκος και άλλοι, ΟΑΣΠ 1986.

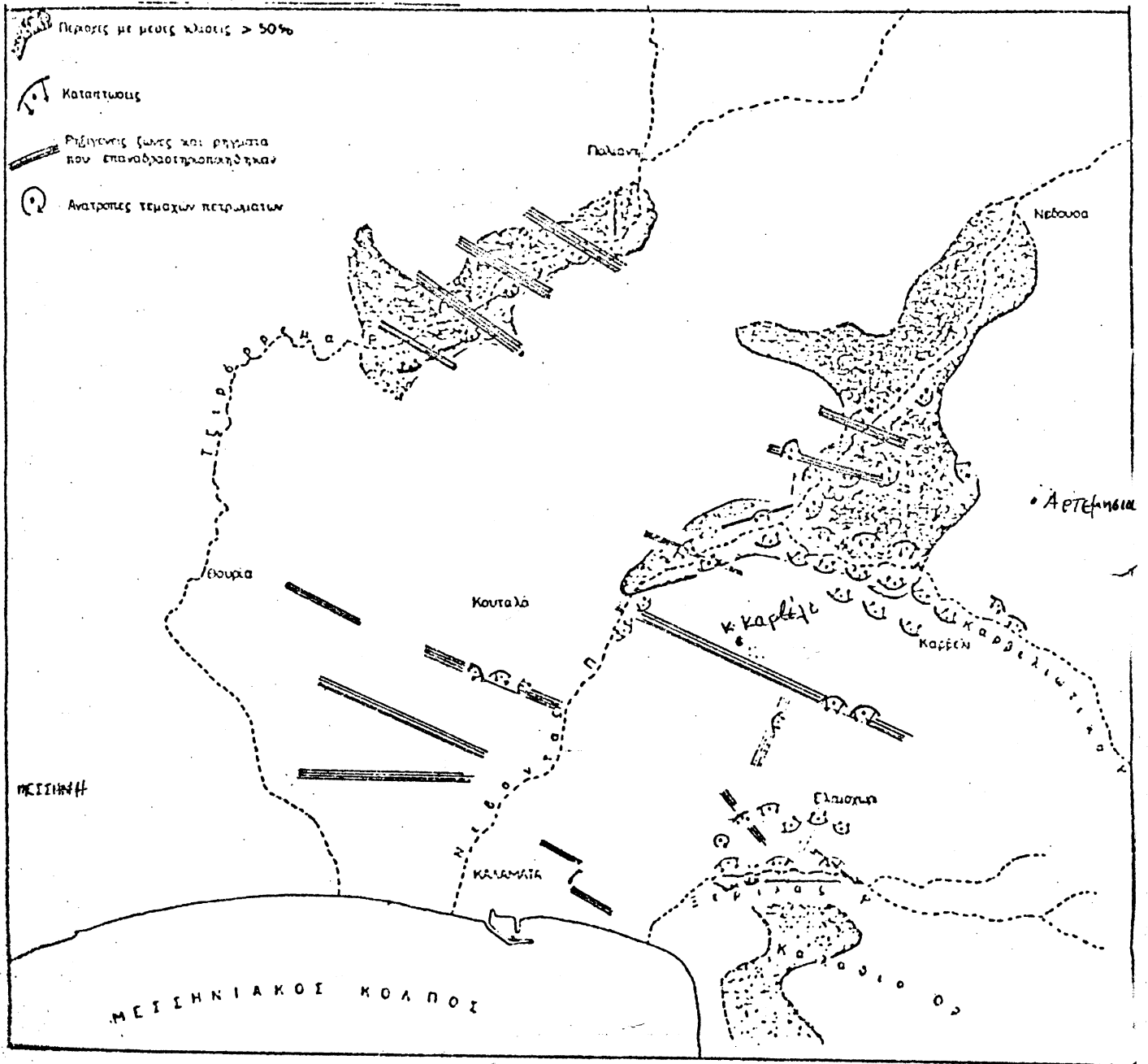
(a)



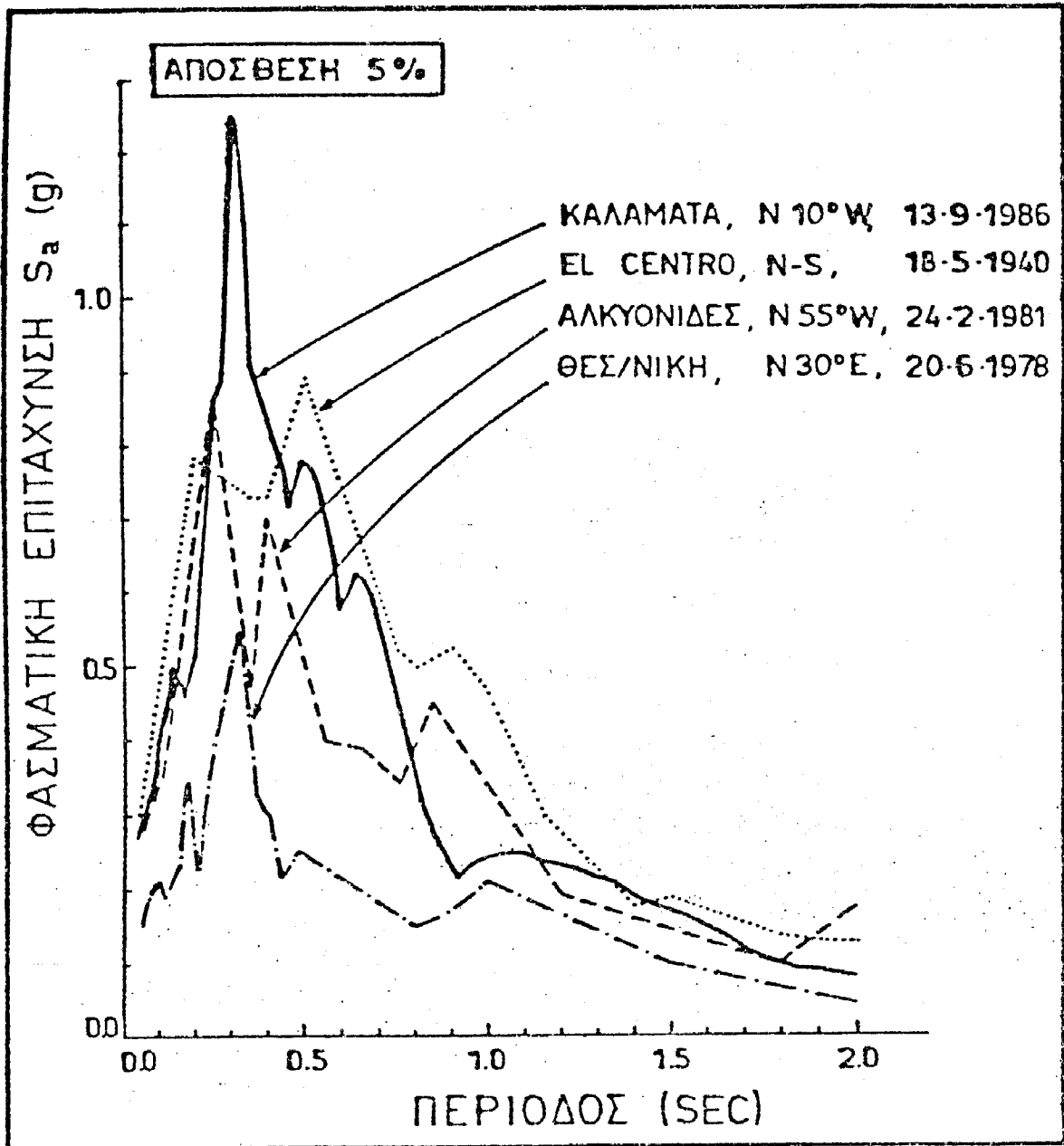
(b)



Σχ. 2. Οριζόντια (α) και κατακόρυφη (β) κατανομή επίκεντρων μετασεισμών $> 1,7 M_s$ και η θέση του ρήγματος (από Παπαζαχος et al 1986).



Σχ.3. Γεωγραφική εξάπλωση των καταπτώσεων και σχέσεις αυτών με τα ρήγματα και τις ρυτιγενείς ζώνες (από Μαρσιολάκο και συνεργάτες, 1986).



Σχ. 4: Συγκρίσεις φασμάτων απόκρισης σεισμών: Κολακάτος (1986)
 Αλυκονίδων (1981), Θεσ/νίκης (1978) και El Centro (1940).
 (Αναγνωστόπουλος και συνεργάτες, 1986).

1.2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Στην έρευνα αυτή εξετάζεται η ευρύτερη περιοχή του δρόμου Σπάρτης-Καλαμάτας. Πρόκειται για μία ορεινή περιοχή στην οποία η μορφολογική εικόνα καθορίζεται σχεδόν αποκλειστικά από τεκτονικά στοιχεία που προκλήθηκαν κατά τη νεοτεκτονική περίοδο. Η περιοχή αποτελεί τα βόρεια άκρα του Ταύγετου.

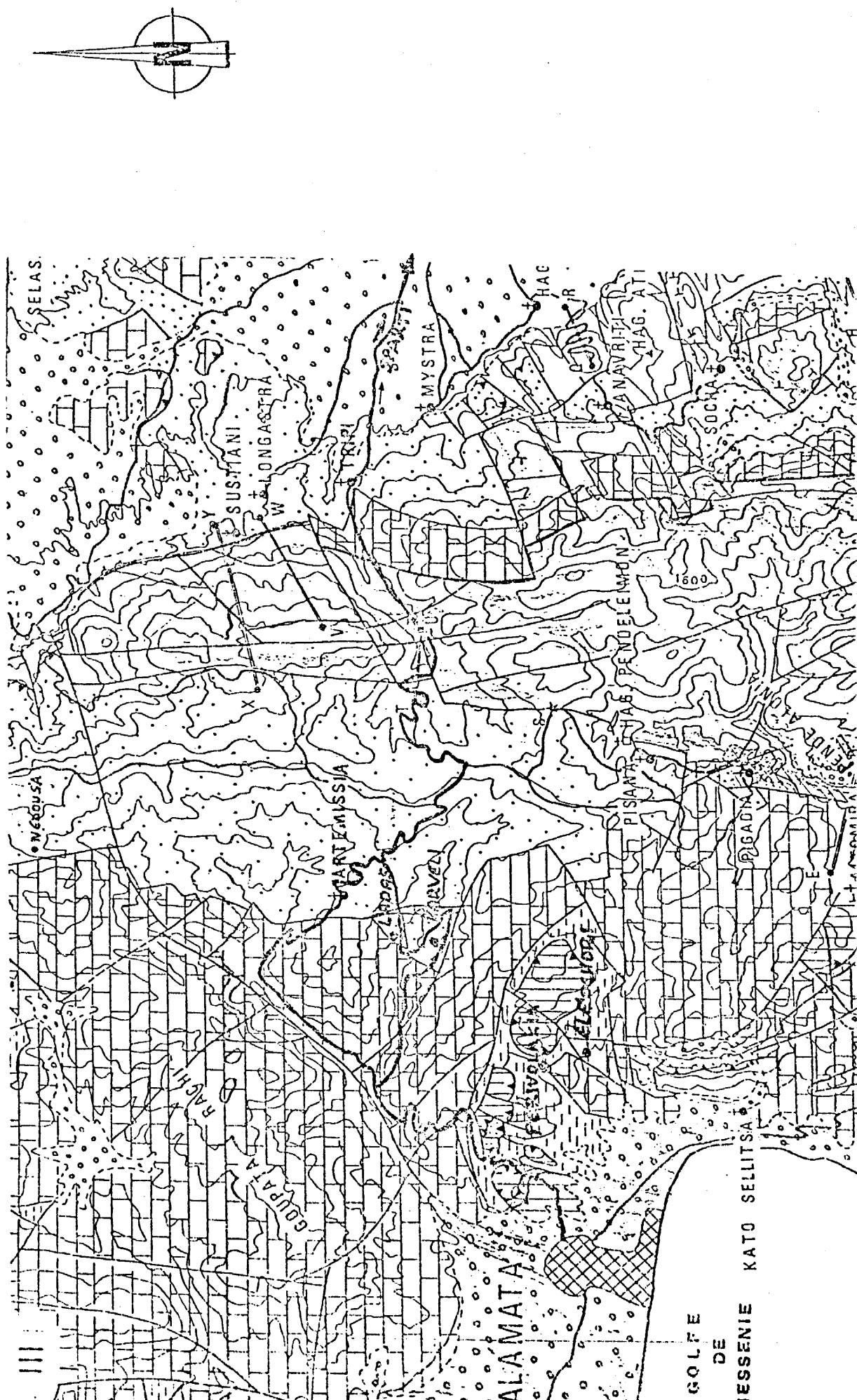
Από γεωλογικής πλευράς οι σχηματισμοί της περιοχής σε ένα μεγάλο βαθμό ανήκουν στην ενότητα της Τρίπολης, υπόβαθρο της οποίας για την περιοχή αυτή θεωρούνται από πολλούς ερευνητές τα μεταμορφωμένα της ενότητας της Αρνας και τα οποία εμφανίζονται στην επιφάνεια στο κεντρικό τμήμα της περιοχής που μελετάται. Η ενότητα της Αρνας περιλαμβάνει τα μέσου μέχρι υψηλού βαθμού μεταμόρφωσης πετρώματα, με ηλικία μεταμόρφωσης ηωκαινική-κάτω μειοκαινική, και παρεμβάλλεται τεκτονικά ανάμεσα στην ενότητα Μάνης προς τα κάτω, που αντιπροσωπεύεται από τα μάρμαρα της Μάνης, και την ενότητα της Τρίπολης προς τα πάνω (σχ. 5).

Σήμερα στην περιοχή η ενότητα της Αρνας αντιπροσωπεύεται από σχιστολιθικά πετρώματα (φυλλίτες, σχιστόλιθους) με μία ποικιλία πετρολογικών τύπων από χαλαζίες που εμφανίζονται συνήθως μυλονιτιωμένοι, καθώς και μία σειρά από μετακροκαλοπαγή, μεταβασάλτες, μετατόφρους και μεταπηλίτες. Εντοπίζεται περίπου στο κέντρο της περιοχής σε μία ζώνη με διεύθυνση περίπου Β-Ν. Το δυτικό της όριο βρίσκεται σχεδόν στο χωριό Αρτεμησία ενώ το ανατολικό περίπου στο παγετόρεμμα (σχ. 6).

Η ενότητα της Τρίπολης, όπως είπαμε καταλαμβάνει την μεγαλύτερη έκταση. Η λιθολογική της όμως μονοτονία στους σχηματισμούς (ασβεστόλιθοι της ίδιας φάσης) δυσκολεύει πάρα πολύ τη διάκριση τους σε επιμέρους στρώματογραφικούς ορίζοντες, με εξαίρεση τη βάση της στήλης και την οροφή της.

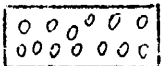
Χαρακτηριστικό της ενότητας είναι ότι αυτοί οι ασβεστόλιθοι ξεκινούν από το Τριαδικό και φθάνουν μέχρι το Ηώκαινο χωρίς να υπάρχει τεκτονική ανωμαλία στα στρώματα.

Στην περιοχή μας εμφανίζεται ανατολικά της ενότητας της Αρνας σχεδόν μέχρι τη Σπάρτη, αλλά κυρίως η μεγάλη της έκταση εντο-



Σχ.5. Γεωλογικός Χάρτης της περιοχής του δρόμου
 Σπάρτης-Καλαμάτας (υπόμνημα στην επόμενη σελίδα)

Υ Π Ο Μ Ν Η Μ Α



Τεταρτογενές: Αλλούβια, μάργες, πλευρικά κορήματα



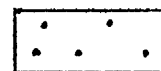
Ασβεστόλιθοι της ζώνης της Πίνδου επωθημένοι πάνω στη ζώνη της Τρίπολης. Λευκότεφροι, λεπτοπλακώδεις με κονδύλους πυριτιόλιθων.



Φλύσχης αδιαίρετος της ζώνης της Τρίπολης. Εναλλαγές τεφρών μαργων, ψαμιτιών με ενστρώσεις ασβεστόλιθων. Ηώκαινα-Ολιγόκαινο.



Ασβεστόλιθοι αδιαίτεροι της ζώνης της τρίπολης. Τεφροί έως ροδόχρωμοι, μέσο έως παχυστρωματώδεις δολομιτικοί, κρυσταλλικοί με ενστρώσεις λατυποπαγών κατά θέσεις. Ιουρασικό-Κρητιδικό.



Ενότητα Άρνας ή φυλλιτική-Χαλαζιακή σειρά. Σχιστόλιθοι μαρμαρυγιακοί, χλωριτικοί, αμφιβολιτικοί. Ενστρώσεις Μετακροκαλοπαγών, Μεταβασαλτών, Μαρμάρων κ.ά. Πέρμιο-Τριαδικό.



Στρώματα τυρού. Ηφαιστειο-ιζηματογενής σειρά.



Λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθοι



Γεωλογικά όρια



Ρήγμα



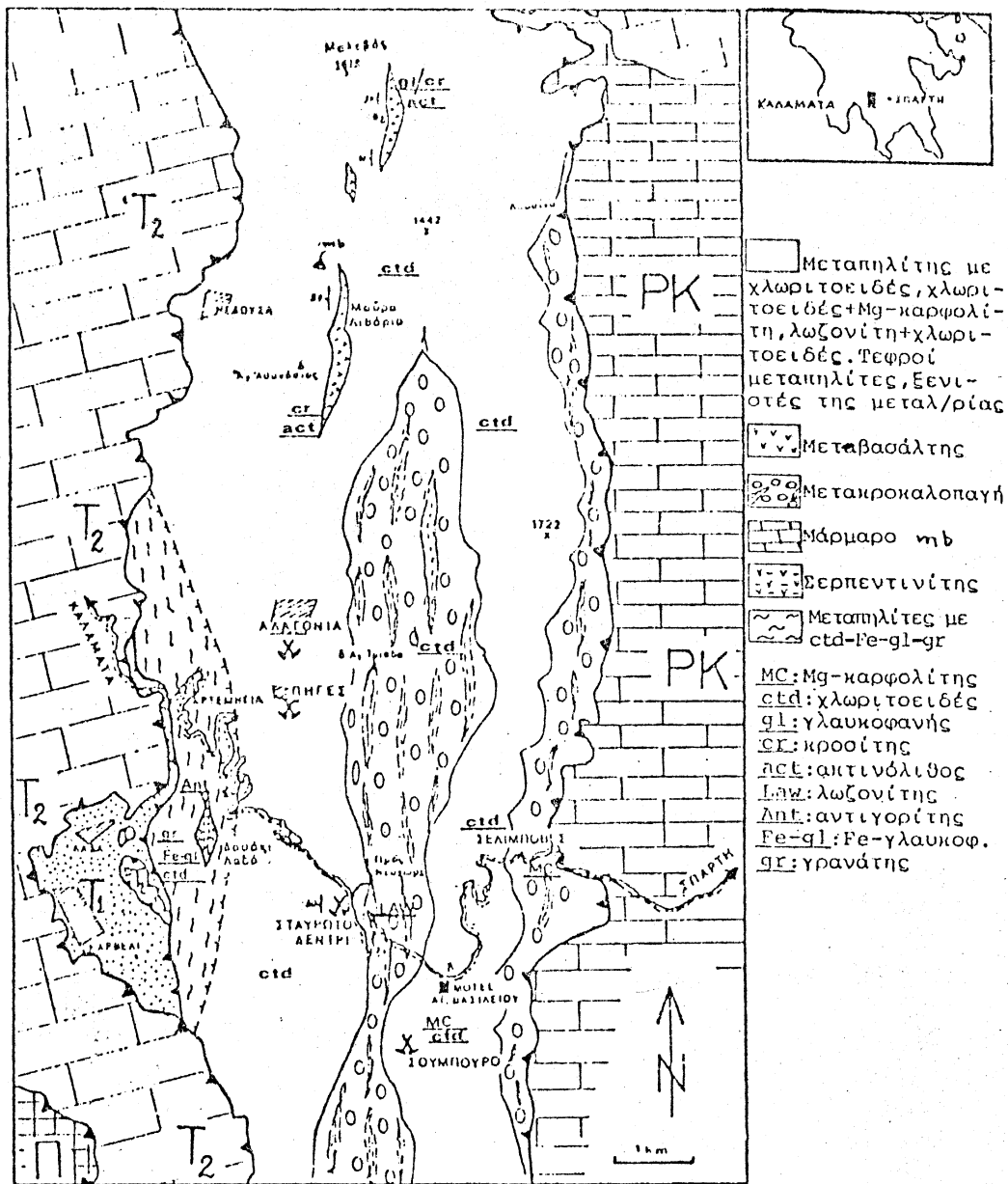
Πιθανό ρήγμα



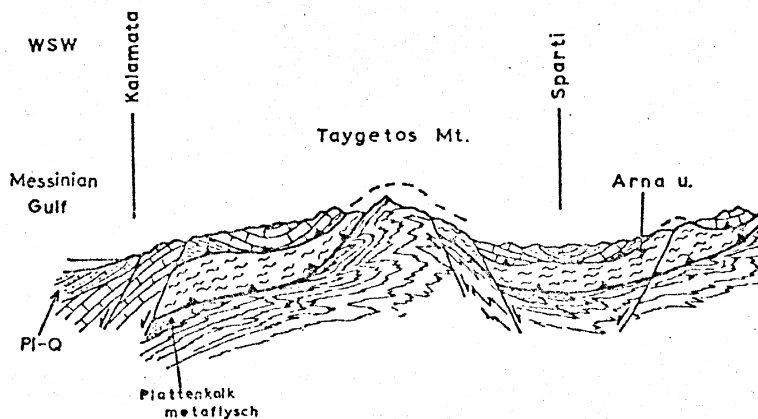
δρόμοι



Επώθηση



Π : Ενότητα Πίνδου, PK : Ενότητα Πλακωδών ασβεστολίθων
 T₁ : Ετρώματα Τυρού T₂ : Ασβεστόλιθοι Τριπόλεως



Σχ. 6. Γεωλογικός χάρτης του τμήματος του δρόμου από Σπάρτη μέχρι Αρτεμησία που δεν προσβλήθηκε από κατολισθήσεις (Κατά Σκαρπέλη 1982 από Δ. Παπανικολάου 1986).

πίζεται στα δυτικά της ζώνης της Αρνας μέχρι την Καλαμάτα. Είναι δε η ζώνη, μέσα στην οποία εμφανίστηκαν οι επιφανειακές διαρρήξεις και τα κατολισθητικά φαινόμενα. Αποτελείται κυρίως από ασβεστόλιθους με μικρές εξαιρέσεις των στρωμάτων στη βάση της στήλης που εμφανίζονται τα στρώματα "Τυρού", όπως ονομάζονται, όπου είναι ηλικίας Περμίου-Κάτω Τριαδικού και αποτελούν ένα σύμπλεγμα πετρωμάτων που περιλαμβάνει λάβες, ασβεστολίθους, τόφφους, τοφφίτες, αργιλικούς σχιστόλιθους και ψαμμίτες. Σε ορισμένες θέσεις εμφανίζεται ελαφρά μεταμορφωμένο. Εντοπίζεται σε μία ζώνη μικρού πλάτους με διεύθυνση Β-Ν, αμέσως δυτικά της Αρτεμηςίας μέχρι και το χωριό Καρβέλιο.

Τα είδη των ασβεστολίθων που μπορούν να διακριθούν στην ενότητα της Τρίπολης είναι:

Οι δολομιτικοί ασβεστόλιθοι που εντοπίζονται πάνω από τα στρώματα Τυρού και παρουσιάζουν έντονο τεκτονισμό.

Οι ανοικτότεφροι ασβεστόλιθοι, κρυσταλλικοί, παχυστρωματώδεις. Οι τεφροί ασβεστόλιθοι λίγο βιτουμενιούχοι και οι πλακώδεις ασβεστόλιθοι που εντοπίζονται κυρίως ανατολικά της ενότητας της Αρνας.

Για την ενότητα της Τρίπολης σημασία έχει και η εμφάνιση του φλύσχη, που αποτελεί το ανώτερο όριο της ενότητας. Πρόκειται για ένα ιδιόμορφο φλύσχη όπου η κύρια μάζα είναι κλαστική και ψαμμιτική και έχει μέσα του ογκώδη κλαστικά υλικά. Ο φλύσχος αυτός εντοπίζεται δυτικά της περιοχής κοντά στην Καλαμάτα. Η εμφάνιση του διακόπτεται σε ορισμένες θέσεις από την εμφάνιση σχηματισμών της ενότητας της Πίνδου που επικαθεται πάνω σ' αυτόν. Η ενότητα της Πίνδου αντιπροσωπεύεται στην περιοχή από λευκότεφρους ασβεστόλιθους, λεπτοστρωματώδεις και αποτελεί, ως γνωστόν, ένα τεκτονικό κάλυμμα πάνω στην ενότητα της Τρίπολης.

Εντοπίζεται αποκλειστικά στην περιοχή μεταξύ Νέδοντα και Ξερίλα χειμάρρου, στα χωριά Περιβολάκια-Ελαιοχώρι. Η περιοχή αυτή είναι, όπως αναφέρθηκε, ένα μικρό τεκτονικό βύθισμα στην οροφή του οποίου κάθησε η ζώνη της Πίνδου.

2. ΑΠΟΓΡΑΦΗ - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ

Από πλευράς γεωλογικών σχηματισμών, η ζώνη του δρόμου αναφέρεται:

- Στο τμήμα των πρανών προς τη Σπάρτη, ανατολικό τμήμα δρόμου, με ασβεστόλιθους και ανήκουν κυρίως στην ενότητα των πλακωδών ασβεστολίθων και πολύ λιγώτερο στους ασβεστόλιθους της ζώνης ^{της} Τρίπολης.
- Το κεντρικό τμήμα που διασχίζει τους σχιστόλιθους και χαλαζίτες της φυλλιτικής σειράς της Άρνας.
- Το δυτικό τμήμα, της πλευράς προς Καλαμάτα, όπου χαράσσεται και το φαράγγι του Νέδοντα, καλύπτεται από τους ασβεστολιθικούς σχηματισμούς της Τρίπολης που είναι επωθημένοι πάνω στη φυλλιτική σειρά (Άρνας).

Η περιγραφή των κατολισθήσεων ακολουθεί την πορεία από Σπάρτη προς Καλαμάτα.

Τα σημεία που περιγράφονται δίνονται σε χιλιομετρική απόσταση από την πόλη της Σπάρτης με μία σχετική ακρίβεια.

- (1) Στην περιοχή της Τρύπης αρχίζει το ορεινό ανάγλυφο με φυλλίτες και ασβεστόλιθους της Τρίπολης που καλύπτουν την έξοδο των χαραδρώσεων της ορεινής μάζας. Κανένα κατολισθητικό φαινόμενο δεν παρατηρείται.
- (2) Στη συνέχεια αναπτύσσονται συνεχώς ασβεστόλιθοι της σειράς των λεπτοπλακωδών ασβεστολίθων. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί είναι κρυσταλλικοί, τεφρόλευκοι, λεπτοστρωματώδεις έως τοπικά μεσοστρωματώδεις, με λεπτές ενστρώσεις ή βολβούς πυριτιολίθων. Η περιοχή παρουσιάζει τοπικά φαινόμενα ασταθειών, όπως περιγράφονται στη συνέχεια. Κανένα όμως από αυτά δεν προκλήθηκε από το σεισμό.
- (3) Στο χιλιόμετρο 13.50 αναπτύσσεται αστάθεια υπό μορφή ολισθήσεως τμημάτων ασβεστολιθικών τραπεζών. Η ολίσθηση γίνεται πάνω στις στρωματογραφικές επιφάνειες που έχουν προσανατολισμό περίπου παράλληλο προς τη διεύθυνση του δρόμου. Η κλίση

2. ΑΠΟΓΡΑΦΗ - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ

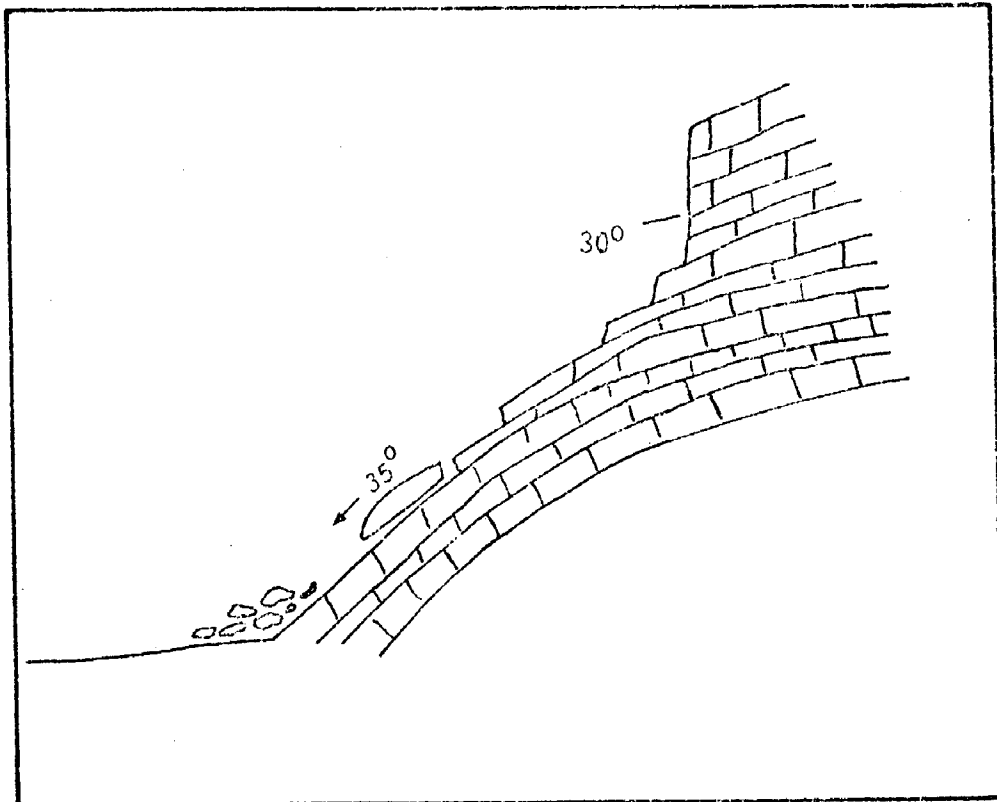
Από πλευράς γεωλογικών σχηματισμών, η ζώνη του δρόμου αναφέρεται:

- Στο τμήμα των πρανών προς τη Σπάρτη, ανατολικό τμήμα δρόμου, με ασβεστόλιθους και ανήκουν κυρίως στην ενότητα των πλακωδών ασβεστολίθων και πολύ λιγώτερο στους ασβεστόλιθους της ζώνης Τρίπολης.
- Το κεντρικό τμήμα που διασχίζει τους σχιστόλιθους και χαλαζίτες της φυλλιτικής σειράς της Άρνας.
- Το δυτικό τμήμα, της πλευράς προς Καλαμάτα, όπου χαράσσεται και το φαράγγι του Νέδοντα, καλύπτεται από τους ασβεστολιθικούς σχηματισμούς της Τρίπολης που είναι επωθημένοι πάνω στη φυλλιτική σειρά (Άρνας).

Η περιγραφή των κατολισθήσεων ακολουθεί την πορεία από Σπάρτη προς Καλαμάτα.

Τα σημεία που περιγράφονται δίνονται σε χιλιομετρική απόσταση από την πόλη της Σπάρτης με μία σχετική ακρίβεια.

- (1) Στην περιοχή της Τρύπης αρχίζει το ορεινό ανάγλυφο με φυλλίτες και ασβεστόλιθους της Τρίπολης που καλύπτουν την έξοδο των χαραδρώσεων της ορεινής μάζας. Κανένα κατολισθητικό φαινόμενο δεν παρατηρείται.
- (2) Στη συνέχεια αναπτύσσονται συνεχώς ασβεστόλιθοι της σειράς των λεπτοπλακωδών ασβεστολίθων. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί είναι κρυσταλλικοί, τεφρόλευκοι, λεπτοστρωματώδεις έως τοπικά μεσοστρωματώδεις, με λεπτές ενστρώσεις ή βολβούς πυριτιολίθων. Η περιοχή παρουσιάζει τοπικά φαινόμενα ασταθειών, όπως περιγράφονται στη συνέχεια. Κανένα όμως από αυτά δεν προκλήθηκε από το σεισμό.
- (3) Στο χιλιόμετρο 13.50 αναπτύσσεται αστάθεια υπό μορφή ολισθήσεως τμημάτων ασβεστολιθικών τραπεζών. Η ολίσθηση γίνεται πάνω στις στρωματογραφικές επιφάνειες που έχουν προσανατολισμό περίπου παράλληλο προς τη διεύθυνση του δρόμου. Η κλίση



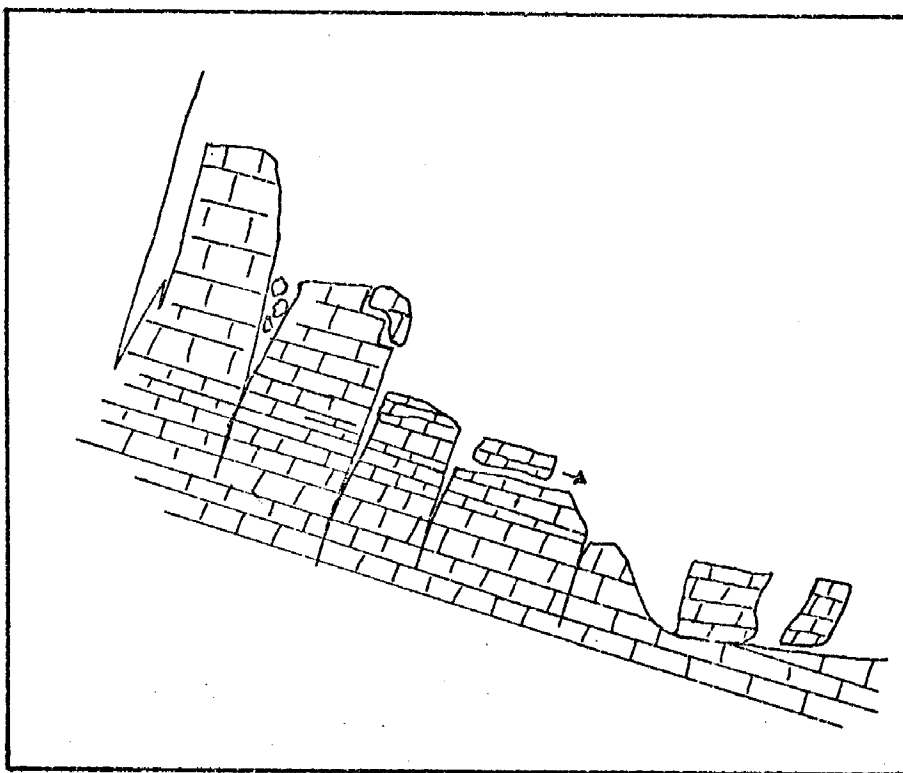
Σχ.7. Απόσπαση και ολίσθηση "Μπλοκ" σε στρωματογενείς επιφάνειες με στοιχεία $35^{\circ}/110^{\circ}$ περίπου. Δρόμος Σπάρτης-Καλαμάτας χιλιόμετρο 13,50.

και η φορά κλίσεως είναι $25^{\circ}/110^{\circ}$ και η επιφάνεια επικαλύπτεται από ένα "φιλμ" οξειδώσεων ή ασβεστίτη, ελαφρά μικρότερης αντοχής από τον υγιή ασβεστόλιθο. Η σκληρότητα κατά Schmidt του υλικού στην επιφάνεια των ασυνεχειών είναι 25-40 (40-120MPa) και του υγιούς πετρώματος 50 (150MPa). Η τραχύτητα της επιφάνειας των ασυνεχειών εκτιμήθηκε σε JRC VII-VIII που αντιστοιχεί σε περίπου λείες επίπεδες επιφάνειες. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά της βραχομάζας εξηγούν και την αστάθεια της ζώνης αυτής για κλίσεις 35° (οριακές κλίσεις για ασβεστόλιθο). Η περιοχή αστάθειας είναι σχετικά περιορισμένη, παρ'ότι τα φαινόμενα επαναλαμβάνονται και σε άλλες θέσεις. Τα κατ'εξοχή ασταθή τεμάχια έχουν αποκολληθεί από παλαιότερες μετακινήσεις γι'αυτό και δεν ενεργοποιήθηκαν νέα από τους σεισμούς (σχ.7).

- (4) Στην περιοχή των χιλιομέτρων 17-17.50 οι ασβεστόλιθοι παρουσιάζονται ιδιαίτερα διαταγμένοι, οι στρώσεις "βλέπουν" πάλι το πρηνές με μικρότερες κλίσεις ($\approx 25^{\circ}$) αλλά τα φαινόμενα αστάθειας εκδηλώνονται με καταπτώσεις από μηχανισμό ανατροπών (σχ.8). Οι ανατροπές κυρίως προκαλούνται από τις ρωγμές εφελκυσμού της αναπνοής του πρηνούς και η περιστροφή των τεμαχών διευκολύνεται από τις επιφανειακές στρώσεις. Η περιοχή είναι ιδιαίτερα ασταθής σήμερα. Ο σεισμός δεν την ενεργοποίησε, αλλά ένας σεισμός με πλησιέστερο επίκεντρο και ενεργοποίηση των εδώ ρηγμάτων είναι βέβαιο ότι θα προκαλέσει εκτεταμένες καταπτώσεις.

Άμεση προστασία μπορεί να γίνει με ελεγχόμενη απόσπαση των τμημάτων της βραχομάζας που είναι έτοιμα για ανατροπή και απάλυνση των κλίσεων στην κεφαλή των πρηνών.

- (5) Στο κεντρικό τμήμα και μέχρι την περιοχή της Αρτεμηςίας, στην ευρεία εξάπλωση των φυλλιτών δεν παρατηρήθηκαν γύρω από το δρόμο φαινόμενα αστάθειας που να οφείλονται στο σεισμό. Να σημειωθεί ότι οι σχιστόλιθοι και ο αποσαθρωμένος μανδύας τους είναι πετρώματα όπου μπορούν να σημειωθούν κατολισθήσεις.
- (6) Στα φυσικά πρηνή της ορεινής μάζας μετά την Αρτεμηςία στο 37° χιλιόμετρο εμφανίζονται οι πρώτες πολύ μικρές και αραιές αποσπάσεις τεμαχών από τη βραχομάζα των ασβεστόλιθων και δολομι-



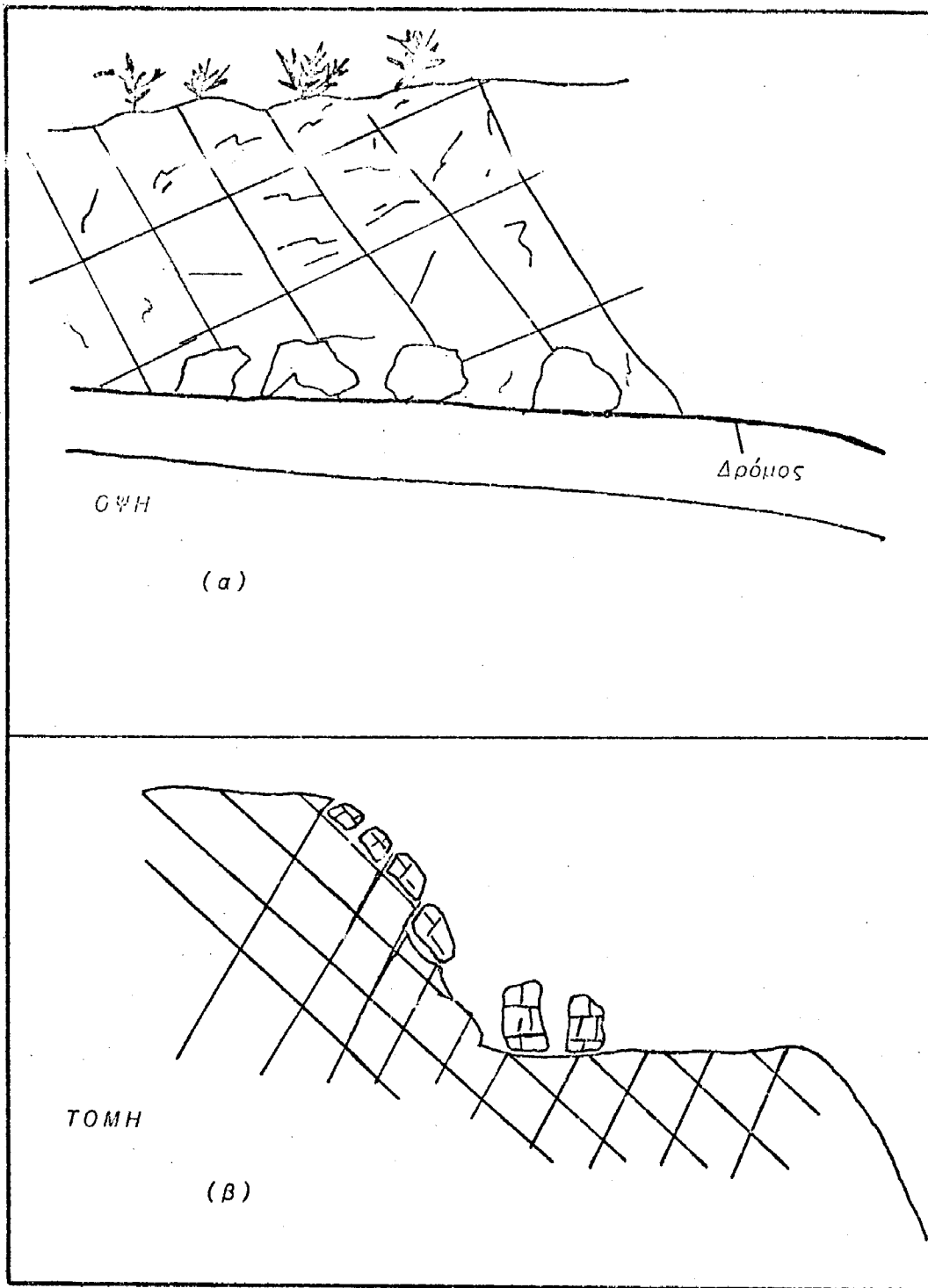
Σχ.8. Καπτώσεις από ανατροπές κυρίως. Ρωγμές
εφελκυσμού λόγω "αναπνοής" του πετρώμα-
τος. Δρόμος Σπάρτης-Καλαμάτας. Χλμ. 17^ο.
Πρόσφατη τεκτονική.

τών της Τρίπολης*, που προκλήθηκαν από το σεισμό. Από το 38^ο χιλιόμετρο αρχίζουν αποσπάσεις βράχων και από τα τεχνητά πρανή του δρόμου. Τα πρανή αυτά παρ'ότι δεν έχουν μεγάλο ύψος (4-6m) παρουσιάζουν μια τεμαχισμένη βραχομάζα που επιτρέπει την εκτίναξη "μπλόκς" διαστάσεων ολίγων δεκάδων εκατοστών (30X40X30cm) μέχρι και ενός μέτρου. Η διάταξη των επιπέδων ασυνέχειας (διακλάσεις-στρώσεις) δεν είναι ιδιαίτερα ευνοϊκή για την εκδήλωση καταπτώσεων χωρίς την επίδραση των σεισμικών επιβαρύνσεων π.χ. οι διακλάσεις 55^ο/185^ο από τις οποίες δημιουργήθηκαν αποσπάσεις, οριακά μπορούν να δώσουν ανατροπή τεμαχών σε μη δυναμική επιβάρυνση του πρανούς. Οι στρώσεις δεν έχουν αποφασιστικό ρόλο στην αστάθεια. Αντίθετα οι άλλες διακλάσεις (π.χ. οικογένεια 70^ο/280^ο) διευκολύνει τον αποχωρισμό των "μπλόκς" που τελικά ανατράπηκαν από το σεισμό. Οι ρωγμές είναι ανοικτές με λίγο αργιλικό υλικό πληρώσεως και η σκληρότητα Schmidt του ασβεστόλιθου 47-50. σχ. 9α,β.

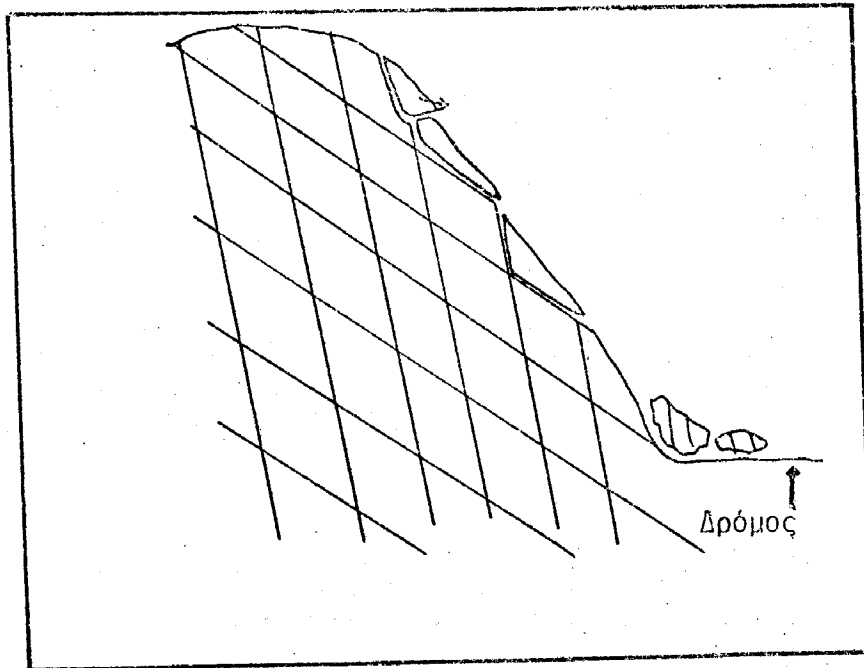
- (7) Στο 39^ο χιλιόμετρο υπάρχει ένα μικρό λατομείο όπου οι ασβεστόλιθοι της Τρίπολης εμφανίζονται πιο λεπτοπλακώδης. Οι καταπτώσεις παράγουν πιο λεπτό υλικό (20X30cm) και δημιουργούν και μικρές "σάρρες" σχ.10.

- (8) Στην περιοχή μεταξύ του 39ου και 41ου χιλιομέτρου, παρατηρούνται συνεχής αποσπάσεις τεμαχών από τα πρανή (ύψους 4-8m) της ίδιας μορφής, όπου η ανατροπή από διακλάσεις που τοπικά φθάνουν και τις 75^ο γωνία, είναι ο κυρίαρχος μηχανισμός. Στις ανατροπές αυτές προστίθενται και καταπτώσεις από αποσπάσεις τεμαχών από τη βραχομάζα των φυσικών πρανών. Οι αποσπάσεις αυτές έχουν γίνει υπό μορφή εκτίναξης μικρών γενικά blocks που αν και δεν παρουσιάζουν μεγάλη συχνότητα εμφανίζουν μεγαλύτερους κινδύνους λόγω της μεγάλης ορμής που αποκτούν κατά την πτώση της (σχ.11).

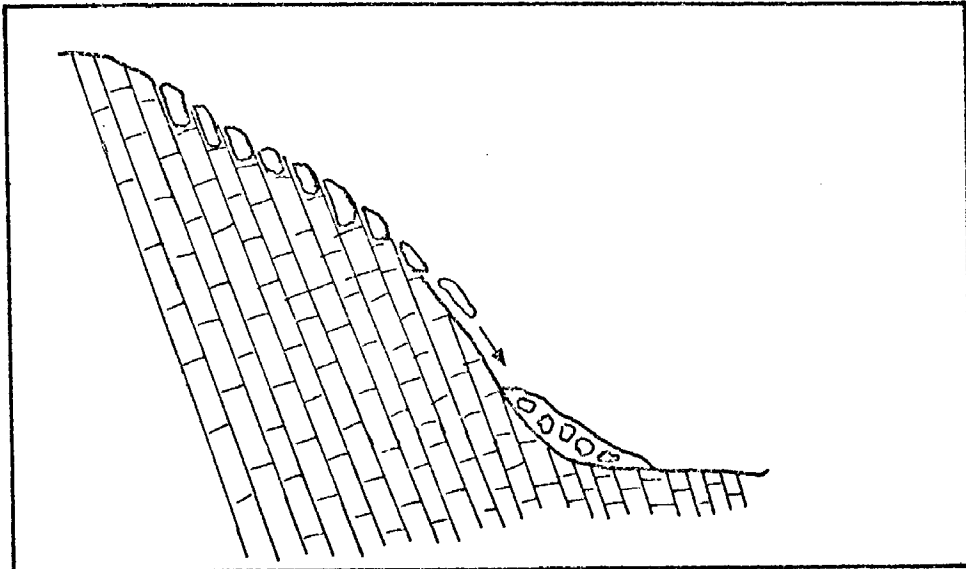
* Οι ασβεστόλιθοι και δολομίτες παρουσιάζονται μέσο ως παχυστρωματώδεις.



Σχ.9. Δρόμος Σπάρτης-Καλαμάτας, km 37^ο. Εκτίναξη τεμαχών παχυστρωματώδους ασβεστόλιθου μεγέθους μέχρι 1m³.



Σχ. 11. Αποσπάσεις - αναστροφές - καταπτώσεις
τεμαχών από φυσικά και τεχνητά
πρανή κπ-40^ο.



Σχ.10. "Σάρρες" από λεπτό υλικό (20X30cm)
στη βάση του πρανούς στον λεπτοπλα-
κώδη ασβεστόλιθο. Χιλιόμετρο 39^ο από
Σπάρτη.

- (9) Στο χιλιόμετρο 41, παρουσιάζεται κατολίθωση με μορφή ολίσθησης πάνω σε επιφάνεια στρώσεως που βρίσκεται σε παραλληλία περίπου με τη διεύθυνση του δρόμου. Η ασυνέχεια πάνω στην οποία έγινε η ολίσθηση έχει στοιχεία-φορά κλίσεως $46^{\circ}/028^{\circ}$ και διευκολύνθηκε από το διαχωρισμό της βραχομάζας που προκάλεσαν διακλάσεις $75^{\circ}/275^{\circ}$ (σχ.12).

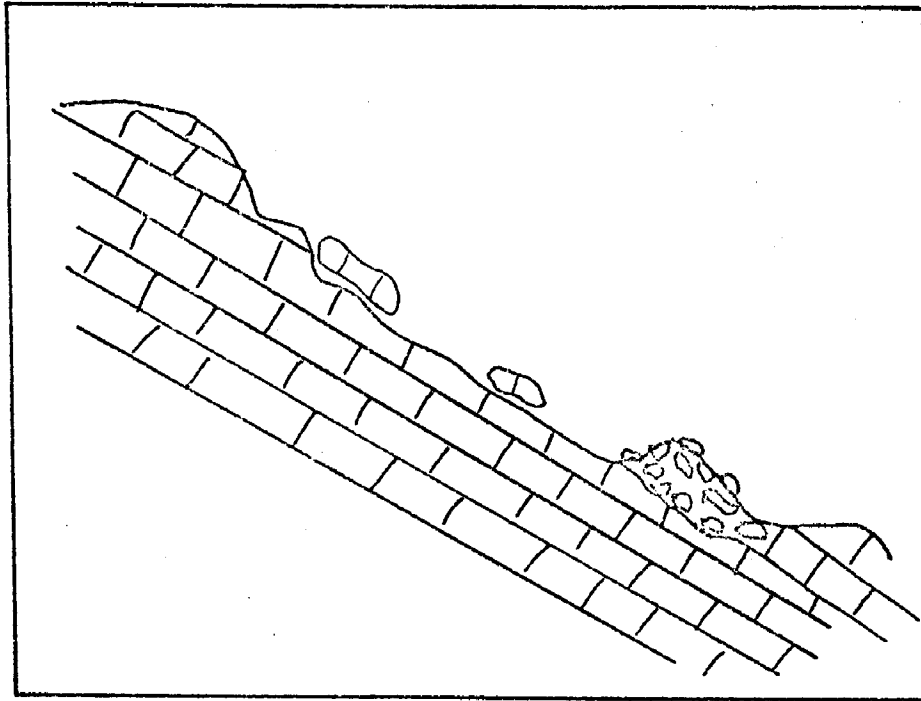
Η τραχύτητα της στρώσης πάνω στην οποία έγινε η ολίσθηση παρουσιάζει JRC 5 (λεία-κυματοειδούς μορφής). Τα προϊόντα των κατολισθήσεων έδωσαν blocks διαστάσεων $1x1x1m$ περίπου το δε ύψος της κεφαλής της κατολίθωσης είναι περί τα 6m.

- (10) Στην ίδια περιοχή κατάντη της προηγούμενης κατολίθωσης, παρατηρούνται τα γνωστά φαινόμενα των ανατροπών που προκαλούνται από κρέμαση που δημιουργούν ασυνέχειες με χαρακτηριστικά $55^{\circ}-270^{\circ}$ (σχ.13), όταν βυθίζονται μέσα στο πρανές σε συνδυασμό πάντα με τις υπόλοιπες ασυνέχειες που αποχωρίζουν τη βραχομάζα.

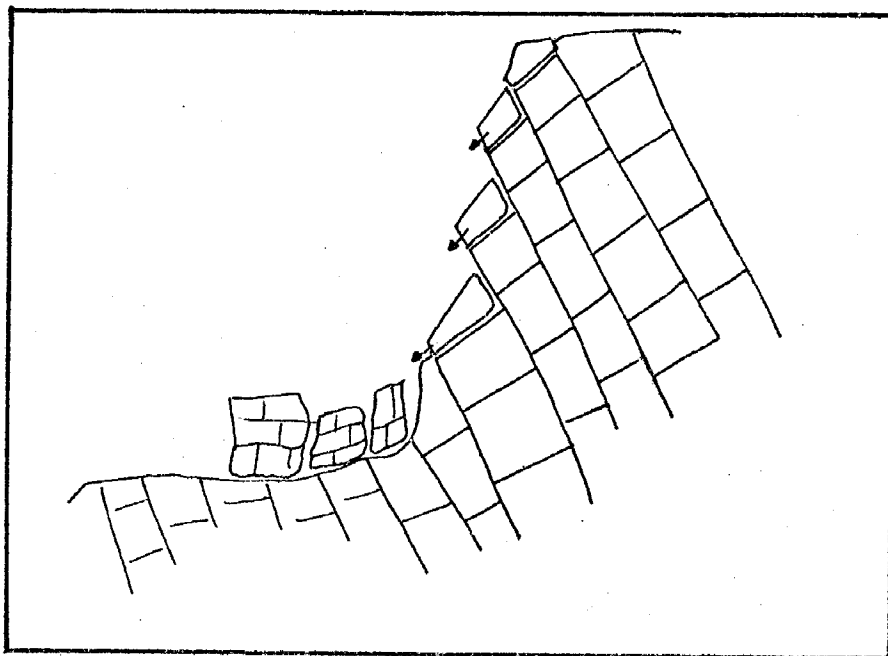
Επίσης παρουσιάζονται καταπτώσεις υπό μορφή τριμμάτων όπου ο ασβεστόλιθος παρουσιάζεται πιο λεπτοδιακλασμένος.

- (11) Από το χιλιόμετρο 42-43, παρατηρούνται τραύματα στο φυσικό πρανές του δεξιού αντερείσματος του Νέδοντα. Ο δρόμος που βρίσκεται στη βάση του αριστερού αντερείσματος δεν πλήττεται από τις καταπτώσεις αυτές που έχουν γενικά μικρή συχνότητα και περιορισμένο χαρακτήρα.

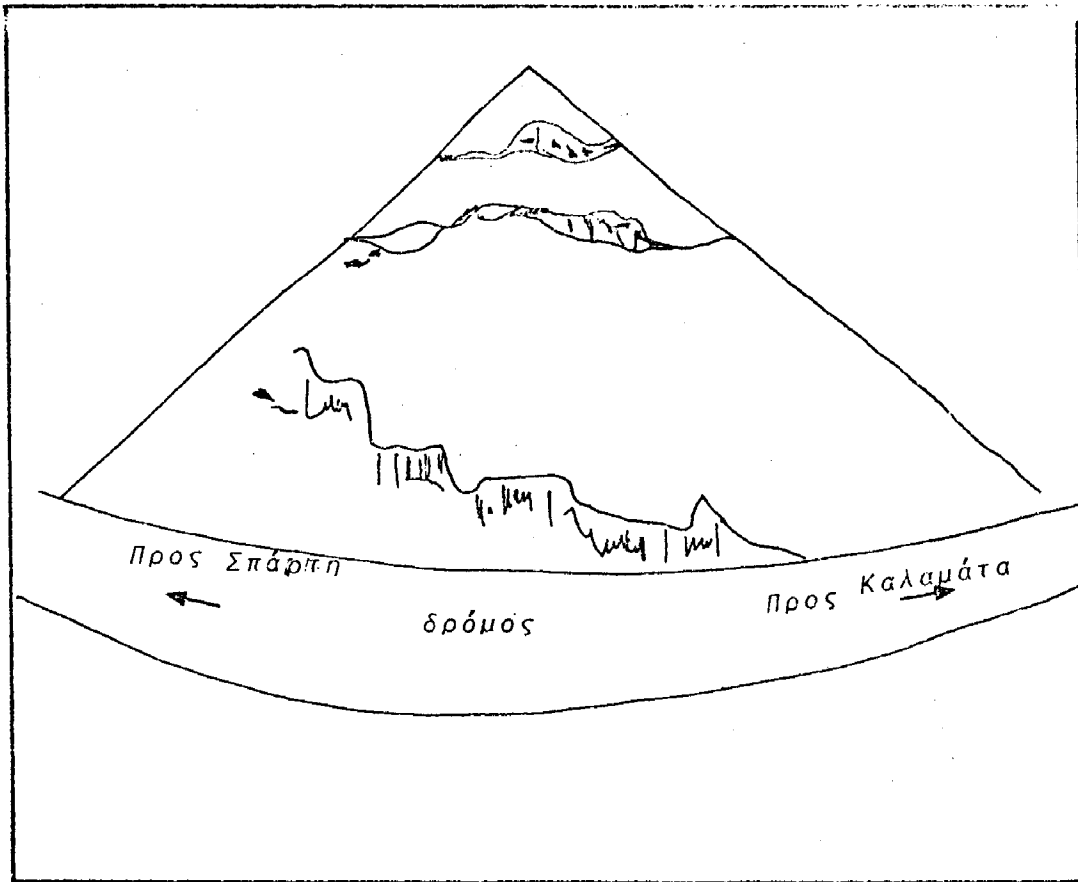
- (12) Στο χιλιόμετρο 43,5 παρουσιάζεται μεγάλη κατολίθωση με ολίσθηση πάνω στην επιφάνεια στρώσεως. Ο ασβεστόλιθος είναι μεσοπλακώδης με πάχη τραπεζών από 0,60 m. Η ολίσθηση έγινε κλιμακωτά σε διάφορες επιφάνειες στρώσεως με χαρακτηριστικά, κλίση από 37° μέχρι 42° , με περισσότερες στις 42° , και φορά κλίσης 320° , JRC V (λεία-κυματοειδούς μορφής). Στην ασυνέχεια δεν παρεμβάλλεται "φιλμ" από άλλο υλικό και η σκληρότητα Schmidt είναι 45-60 (σχ.14 α,β). Το πόδι της κατολίθωσης έχει πλάτος 40m περίπου και η υψομετρική διαφορά της κορυφής από το δρόμο, πάνω από 20m. Υπάρχει σαφής διάταξη, κινηματικά πολύ ευνοϊκή κατάσταση, των επιπέδων στρώσεως σε σχέση με το δρόμο.



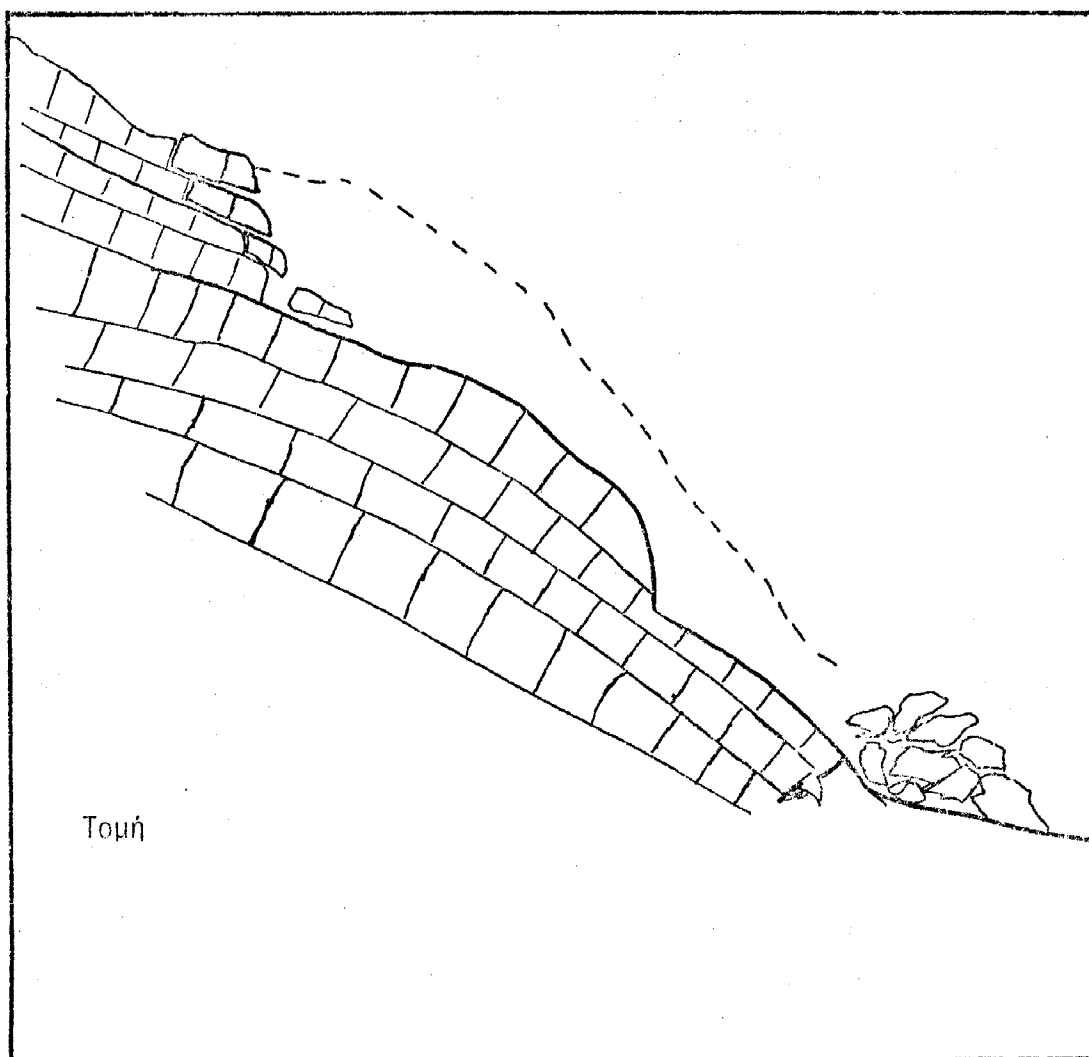
σχ.12.Ολίσθηση σε επιφάνεια στρώσης $46^{\circ} / 028^{\circ}$,
JRC-5.Μπλοκ $1m^3$.Χιλιόμετρο 41 από Σπάρτη



Σχ. 13. Ανατροπές. Χλμ. 41^ο.

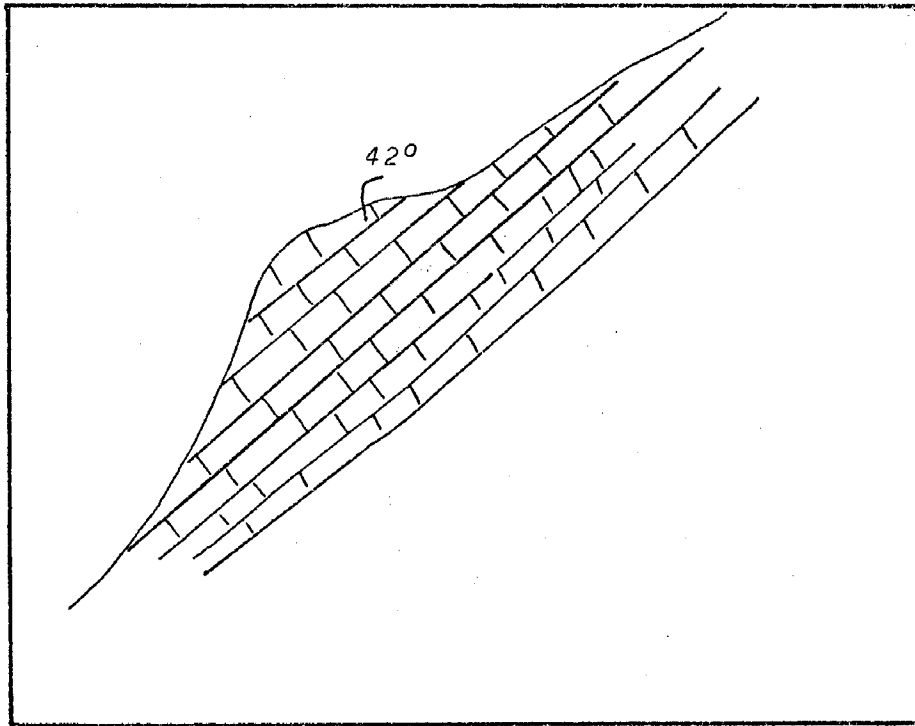


Σχ. 14β. Μεγάλη ολίσθηση πάνω σε επιφάνειες
στρώσεως. Χλμ. 43,5.

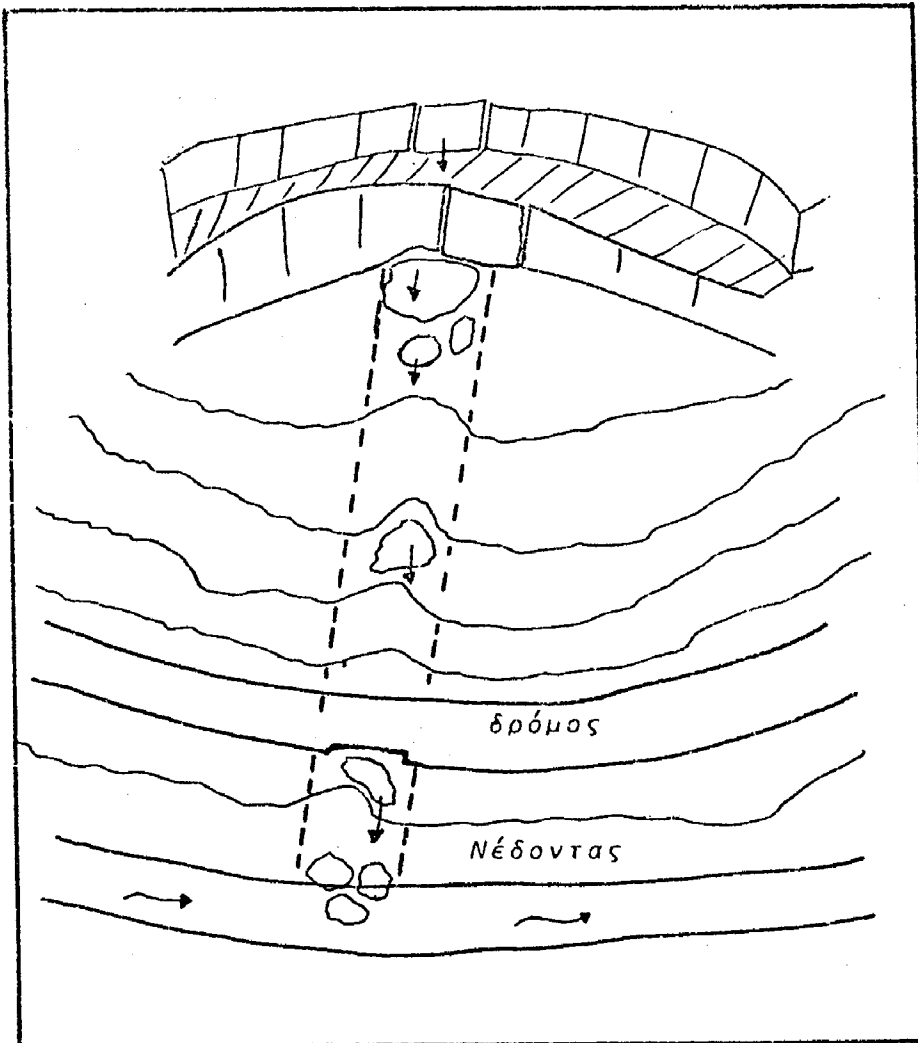


Σχ.14α. Μεγάλη ολίσθηση πάνω σε επιφάνειες στρώσεων στο 43,5 χιλιόμετρο. Οι ασβεστόλιθοι είναι μεσοπλακώδεις και η γωνία ολίσθησης $37^{\circ}-42^{\circ}$. JRS-5, Schmidt 45-60.

- (13) Αμέσως κατάντη της μεγάλης αυτής κατολίσθησης παρουσιάζεται η ίδια κατάσταση, που προσφέρεται κινηματικά για ολίσθηση πάνω στα επίπεδα στρώσης αλλά δεν προκλήθηκε καμμία μετακίνηση από το σεισμό. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στο ότι οι επιφάνειες ολίσθησης καταλήγουν στη βάση του δρόμου και έχουν γίνει στο παρελθόν ολισθήσεις που έχουν αφαιρέσει όλο το υλικό που θα μπορούσε να ολισθήσει. Το πρανές δηλαδή στην περιοχή αυτή έχει διαμορφωθεί κατά την επιφάνεια στρώσεως. Σε ένα άλλο βαθμό ίσως έπαιξε ρόλο και η ελαφρά μεγαλύτερη τραχύτητα των ασυνεχειών παρ'ότι ταξινομείται στην ίδια κατηγορία με $JRC = 5$. Έτσι μπορεί να εξηγηθεί το ότι δεν έγιναν ολισθήσεις στα άκρα της ζώνης αυτής όπου υπήρχε κάποια ελευθερία μετακίνησης στη βραχώμαζα.
- (14) Στην ίδια περιοχή παρατηρούνται παρόμοιες καταστάσεις με δυνατότητα ολισθήσεως πάνω στις ίδιες ασυνέχειες με γωνία κλίσης 42° , που όμως δεν παρατηρήθηκε καμμία μετακίνηση (σχ.15). Μπορεί συνεπώς να υποστηριχθεί ότι στη μεγάλη κατολίσθηση (§ 12), έπαιξε ρόλο και η μορφολογία του πρανούς που παρουσιάζει απόληξη μικρής ράχης με έλλειψη πλευρικών στηρίξεων όπως συμβαίνει σε ενιαίο πρανές.
- (15) Στο 44° χιλιόμετρο παρατηρούνται πιά εκτεταμένες αποσπάσεις blocks από το πρανές του φυσικού αντερείσματος. Εδώ είναι χαρακτηριστική και μία σφηνοειδής κατολίσθηση με εύρος 7m και μήκους 15m. Αποσπάσεις τεμαχών από το φυσικό πρανές πάνω από το δρόμο παρατηρούνται και στο αριστερό αντέρεισμα όπου χαρακτηριστικές είναι οι διαδρομές που έχουν χαράξει τα blocks που κινήθηκαν από ψηλότερα (σχ. 16).
- (16) Χαρακτηριστικό είναι ότι στην περιοχή του φαραγγίου είχαν αυξηθεί οι καταπτώσεις από τα ψηλότερα σημεία των φυσικών πρανών.
- (17) Στο 45° χιλιόμετρο παρατηρείται ένα "ξάφρισμα" μυλονιτιωμένου υλικού στο πρανές του δρόμου.
- (18) Στο χιλιόμετρο 45,6 παρατηρούνται καταπτώσεις από τεχνητά



Σχ.15. Σταθερό πρανές με γωνία στρώσεως 42° στη θέση της 14 (χλμ. 43,5), λόγω πλευρικών στηρίξεων.



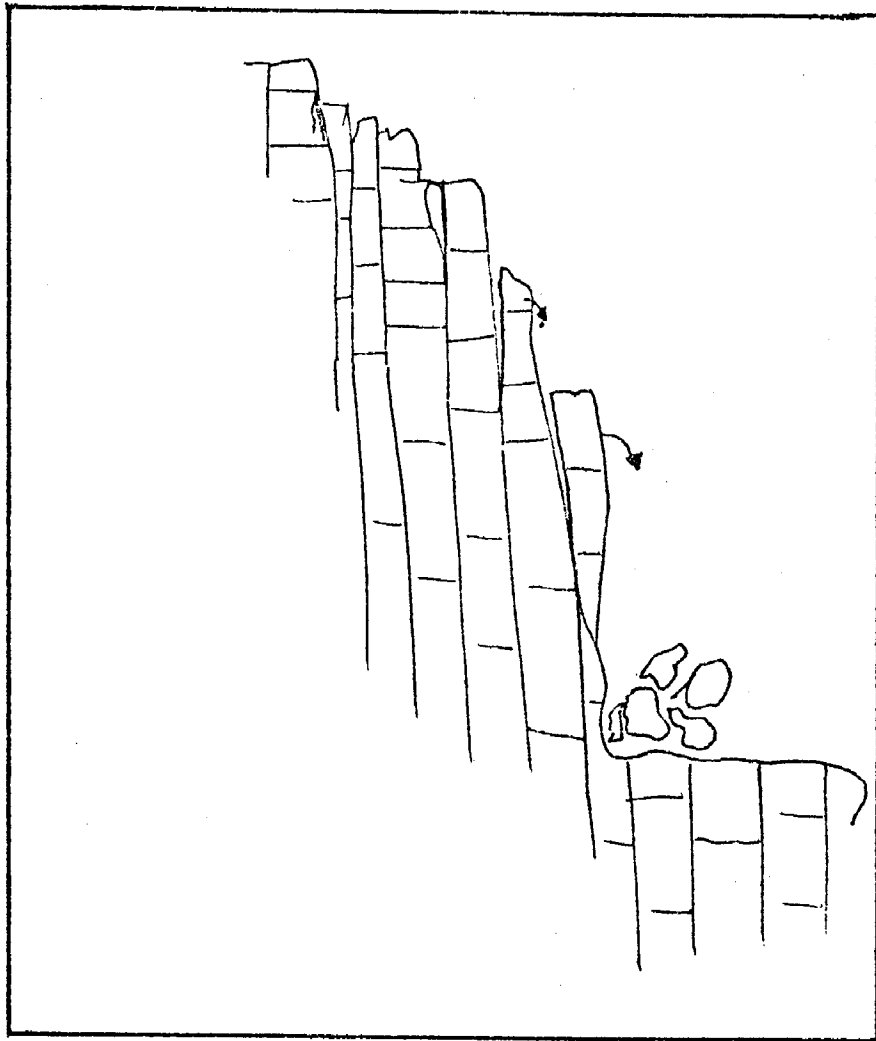
Σχ. 16. Αυλάκωση του πρανοῦς ἀπὸ τὴν κύλιση
 τῶν Μπλόκ πρὸς τὸν Νέδοντα. Καταστροφές
 ἀτὰ ρεῖθρα τοῦ δρόμου .Χλμ. 44^ο.

πρανή που εδώ έχουν ύψος 12m περίπου με μηχανισμούς ανατροπής (σχ. 17).

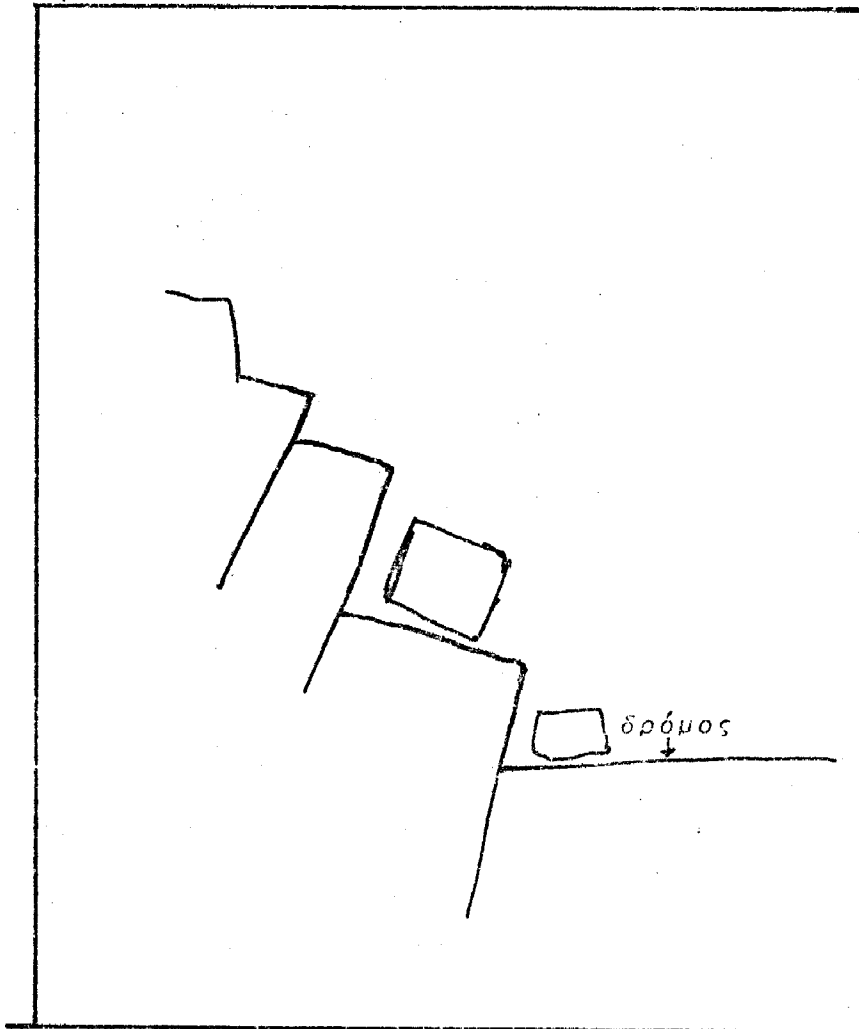
- (19) Στη συνέχεια και μέχρι το χιλιόμετρο 49 παρατηρούνται καταπτώσεις από τα ψηλότερα τμήματα των πρανών.
- (20) Στην περιοχή των ελιγμών του δρόμου όπου η χάραξη αφήνει το φαράγγι του Νέδοντα, οι καταπτώσεις μειώνονται αισθητά.
- (21) Στην περιοχή αυτή οι ασβεστόλιθοι παρουσίαζαν στρώση με ευνοϊκή κινηματικά διάταξη για ολίσθηση ($42^\circ/040^\circ$). Παρατηρούνται εκεί ολισθήσεις blocks διαστάσεων $1 \times 2 \times 3$ m περίπου. Η ολίσθηση σε τόσο μικρή κλίση πρέπει να είναι με τη βοήθεια μηχανισμών ανατροπής-εκτίναξης από το διαχωρισμό της βραχομάζας σε τεμάχια που έχουν δημιουργήσει οι άλλες οικογένειες διακλάσεων π.χ. (σχ.18). Βαθμός τραχύτητας πάντα γύρω από το 5.
- (22) Από εκεί όπου ο δρόμος εγκαταλείπει το φαράγγι του Νέδοντα και μέχρι την Καλαμάτα, δεν παρατηρούνται καταπτώσεις διότι ούτε η μορφολογία το επιτρέπει αλλά και το γεωλογικό υλικό αλλάζει με φλύσχη και στη συνέχεια μάργες του Νεογενούς. Μικρές κατολισθήσεις περιστροφικής περίπου μορφής ή αποσπάσεις παρατηρούνται σε περιορισμένη μορφή και στα υλικά αυτά αλλά έξω από τη ζώνη του δρόμου προς την περιοχή του Νέδοντα.

Διακλάδωση προς Καρβέλι

Ο δρόμος προς το χωριό Καρβέλι ακολουθεί το ρέμμα Καρβελιότικο που καταλήγει στο φαράγγι του Νέδοντα. Τα φυσικά πρανή στο φαράγγι αυτό και κυρίως στο $1,5^\circ$ km από την συμβολή προς τον Νέδοντα παρουσιάζει πλήθος καταπτώσεων από αποκολλήσεις και εκτινάξεις τεμαχίων της βραχομάζας όπως επίσης και ενεργοποίηση σε πολλές από τις "σάρρες" των κορημάτων. Ο δρόμος κυρίως υπέφερε από τις καταπτώσεις από υψηλότερα σημεία του πρανούς και σε μερικά σημεία κυριολεκτικά βομβαρδίστηκε. Λίγο πριν από το χωριό παρατηρείται μία κατολίσθηση στους σχιστόλιθους που ενεργοποιήθηκε από πτώση block ασβεστολίθου.



Σχ. 17. Καταπτώσεις από αποκολλήσεις - Ανατροπές
Χλμ. 45,6



Σχ.18. Περιοχή ελιγμών προς Καλαμάτα. Ολισθήσεις τεμαχίων μέχρι και $1 \times 2 \times 3 \text{m}$ με μηχανισμούς ανατροπές-εκτινάξεις.

3. ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΖΩΝΩΝ ΚΑΙ ΣΧΕΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ ΜΕ ΤΟΥΣ ΤΥΠΟΥΣ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΑΙ ΤΑ ΡΗΓΜΑΤΑ

Από τη γεωλογική αναγνώριση και τα στοιχεία που υπάρχουν από την εξέταση της περιοχής ύστερα από το σεισμό και από την περιγραφή που προηγήθηκε, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- (1) Υπάρχει σαφής εντοπισμός των κατολισθητικών φαινομένων σε μία ζώνη διευθύνσεως ΒΑ-ΝΔ όπου έχουν εκδηλωθεί και οι διαρρήξεις ή τα ρήγματα που επαναδραστηριοποιήθηκαν με το σεισμό. Εξω από τη ζώνη αυτή τα κατολισθητικά φαινόμενα απουσιάζουν εντελώς, ακόμη και σε πρανή που είναι έτοιμα να κατολισθήσουν με την παραμικρή πρόσθετη επιβάρυνση και υπό μη δυναμικές συνθήκες.
- (2) Ο δρόμος διασχίζει και βρίσκεται στη ζώνη αυτή από την περιοχή που, από την Καλαμάτα, εισέρχεται στο φαράγγι του Νέδοντα μέχρι πριν την Αρτεμησία στο σημείο που αρχίζουν οι φυλλίτες. Το εύρος της ζώνης των κατολισθήσεων στην περιοχή αυτή φθάνει τα 4km. Ο δρόμος στο τμήμα που ακολουθεί το Νέδοντα βρίσκεται στο δυτικό τμήμα της ζώνης.
- (3) Οι κατολισθήσεις εκδηλώνονται με τη μορφή καταπτώσεων κυρίως και έχουν προσβάλλει πραγματικά κατ'αποκλειστικότητα τα ανθρακικά πετρώματα, που για το δρόμο Καλαμάτα-Σπάρτης, πρόκειται για τους ασβεστόλιθους και δολομίτες της ζώνης Τριπόλεως. Νοτιότερα έχουν προσβληθεί και άλλοι ασβεστόλιθοι που ανήκουν στην ίδια ζώνη διαρρήξεων και ανήκουν και σε άλλες ενότητες. Η παρουσία ασυνεχειών στη βραχομάζα ήταν αποφασιστικός παράγοντας για την εκδήλωση ασταθειών μέσα στη ζώνη που προαναφέρθηκε.
- (4) Το τμήμα αυτό του δρόμου, δεν εμφανίζει μεν επιφανειακές διαρρήξεις, αλλά είναι σαφές ότι οι καταπτώσεις συνδέονται με το κύριο ρήγμα που ενεργοποιήθηκε όπως εκφράζεται στην περιοχή Ελαιοχωρίου προς νότο και στην περιοχή της Νέδουσας προς βορρά. Κάποια διάρρηξη εξ άλλου σημειώνεται στην περιοχή Καρβελίου.

- (5) Οι καταπτώσεις είχαν εντυπωσιακό και καταστρεπτικό χαρακτήρα εκεί όπου και η μοροφλογία επέτρεπε την εύκολη μετακίνηση και κύλιση των τεμαχών της βραχομάζας. Γι' αυτό και οι πιο θεματικές εντοπίζονται στα φαράγγια του Νέδοντα και Καρβελιότικου, όπου οι περισσότερες κλίσεις είναι πάνω από 50%. Αποσπάσεις και "μικροτραυματισμοί" του πρανούς εμφανίζονται και αλλού, χαρακτηρίζοντας τη ζώνη του ρήγματος που ενεργοποιήθηκε.

4. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΣΤΑΘΕΙΑΣ - ΤΥΠΟΙ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

Οι μετακινήσεις τεμαχών από τα πρανή έγιναν πάντα από επιφάνειες ασυνεχειών που προϋπήρχαν στη βραχομάζα. Έτσι, οι κυριώτεροι τύποι κατολισθήσεων ήταν:

- καταπτώσεις
- ολισθήσεις τραπεζών-στρωμάτων
- σφηνοειδείς κατολισθήσεις

Οι καταπτώσεις ήταν τα πιο συνηθισμένα φαινόμενα αστάθειας και οι μηχανισμοί ήταν είτε ανατροπής, όταν υπήρχε ο κατάλληλος προσανατολισμός διακλάσεων, είτε "εκτινάξεως". Οι εκτινάξεις τεμαχών που μπορούσαν να φθάσουν μέχρι τις διαστάσεις ολίγων κυβικών μέτρων, παρατηρήθηκαν και σε περιπτώσεις όπου η διάταξη των ασυνεχειών δεν ευνοούσε κανενός είδους αστάθεια, αποτέλεσμα μιάς ιδιαίτερα σημαντικής κατακόρυφης συνιστώσας της σεισμικής επιβάρυνσης.

Η παρατήρηση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική, γιατί σημαίνει ότι σε περιοχές όπου ενεργοποιείται το ρήγμα και συγχρόνως υπάρχει έντονο ανάγλυφο, οι καταπτώσεις είναι σχεδόν αναπόφευκτες.

Οι καταπτώσεις πληθαίνουν σε συχνότητα όπου υπάρχουν τεχνητά πρανή λόγω της μεγαλύτερης κλίσεως που δημιουργείται και της χαλαρότητας της βραχομάζας που συχνά επικρατεί.

Οι επίπεδες κατολισθήσεις - ολισθήσεις τραπεζών και στρωμάτων, παρατηρήθηκαν σε ορισμένες περιορισμένες περιπτώσεις όπου υπήρχε μία κληματακά ευνοϊκή διάταξη των γεωμετρικών χαρακτη-

ριστικών της επιφάνειας στρώσεως και της μορφολογικής επιφάνειας. Τέτοιες καταστάσεις δεν είναι όπως αναφέρεται συνήθεις και από τις διατάξεις των στρωμάτων που παρουσιάζονται μέσα στο φαράγγι του Νέδοντα μεμονωμένα είναι τα σημεία τέτοιου ενδεχόμενου. Εφ' όσον συντρέχουν κινηματικά οι συνθήκες για κατολίσθηση, η τιμή της γωνίας στρώσεως που μετρήθηκε σε κατολίσθηση ήταν 42° χωρίς αυτό να σημαίνει ότι η τιμή αυτή αποτελεί το όριο για ολίσθηση. Η τραχύτητα του ασβεστόλιθου ταξινομείται σε μία μέση τιμή ($JRC = 5$).

Τυπική κατολίσθηση σφήνα, παρουσιάστηκε μόνο σε ένα σημείο που μπορεί όμως να ταξινομηθεί στις καταπτώσεις λόγω της μεγάλης κλίσης του πρανούς στη θέση εκείνη.

Ας σημειωθεί εδώ ότι κινηματικά ευαίσθητες καταστάσεις για επίπεδη κατολίσθηση, παρατηρούνται στην πλευρά του δρόμου προς Σπάρτη στους λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθους.

Η τραχύτητα των ασυνεχειών είναι εδώ μικρότερη και η ολίσθηση μπορεί να γίνει σε γωνία 35° περίπου. Οι περιοχές αυτές ήταν εκτός των ζωνών σεισμικής επιβάρυνσης από το σεισμό της Καλαμάτας και έτσι δεν ενεργοποιήθηκαν.

5. ΔΥΝΗΤΙΚΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ - ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ

Από την εξέταση που προηγήθηκε για την περιοχή και όσα εξετάστηκαν, φαίνεται ότι έναντι σεισμού επικίνδυνα είναι τα τμήματα εκείνα του δρόμου που διατρέχουν ζώνες αναπτύξεως ανθρακικών πετρωμάτων και ιδιαίτερα στη βάση απότομων φυσικών κλιτύων. Τέτοια τμήματα είναι η ζώνη που επλήγει ήδη στην κοιλάδα του Νέδοντα και τομείς του δρόμου στο τμήμα προς τη Σπάρτη. Κίνδυνοι όμως συστηματικών και πολυάριθμων καταπτώσεων στα τμήματα αυτά δεν υπάρχουν σε κάθε σεισμό, αλλά κυρίως για εκείνους που συνοδεύονται από ενεργοποίηση ρηγμάτων που διέρχονται από τις περιοχές αυτές.

Το σύνολο σχεδόν των τμημάτων του δρόμου στη βάση απότομων κλιτύων διατρέχει κίνδυνο από καταπτώσεις, που πάντως δεν μπορούν να προκαλέσουν μαζικές μετακινήσεις τμημάτων των πρα-

νών. Τα τελικά μεγέθη των τεμαχών εκτιμάται ότι δύσκολα θα υπερβαίνουν ένα κυβικό μέτρο. Αντίθετα μεμονωμένες είναι μόνο οι θέσεις που μπορούν να εκδηλωθούν επίπεδες κατολισθήσεις κάποιου τμήματος του πρανούς.

Καταστάσεις τέτοιων δυνατών ολισθήσεων υπάρχουν π.χ. εκεί όπου ο δρόμος από την Καλαμάτα πρώτα εισέρχεται στην κοιλάδα του Νέδοντα (κλίσεις $>45^\circ$) και στα ανάντη τμήματα του Νέδοντα στην περιοχή της διασταυρώσεως προς Νέδουσα. Από την πλευρά της Σπάρτης ήδη αναφέρθηκε η περιοχή του 13ου χιλιομέτρου, όπου εμφανίζονται καταστάσεις δυνητικής αστάθειας.

6. ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μέτρα προστασίας έναντι καταπτώσεων από τα ψηλά τμήματα των φυσικών πρανών είναι προφανές ότι είναι δύσκολο να ληφθούν. Τοπικά θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί η κατάσταση με στέγαστρα. Αντίθετα, οι καταπτώσεις από τα τεχνητά πρανή του δρόμου εύκολα αντιμετωπίζονται με απομάκρυνση των χαλαρών τεμαχών που υπάρχουν π.χ. χιλιόμετρο 17-17,50 από Σπάρτη. Η χρησιμοποίηση πλεγμάτων μπορεί να συγκρατήσει επίσης ασταθή τμήματα του πρανούς στο φαράγγι του Νέδοντα. Η διαπλάτυνση του δρόμου και η διατήρηση μίας ζώνης στα κράσπεδα, κατά περίπτωση, απομονωμένης από το κατάστρωμα κυκλοφορίας, θα μπορούσε να αποτελέσει μία λύση προστασίας του δρόμου από καταπτώσεις που δεν προέρχονται από τα υψηλά τμήματα του πρανούς. Σε ορισμένες περιπτώσεις θα μπορούσε να γίνει ακόμα απάλυνση της κλίσης του πρανούς.

Η χρήση αγκύρων δεν αντιμετωπίζεται παρά μόνο οριακά, στις περιοχές που αναφέρθηκαν ότι μπορούν να δώσουν επίπεδες κατολισθήσεις.

Σε επόμενο στάδιο της μελέτης, θα μπορούσε να εξεταστεί η ακριβής επιλογή και αντιστοίχιση των μέτρων προστασίας που γενικά μόνο σκιαγραφούνται εδώ.

Β Ι Β Λ Ι Ο Γ Ρ Α Φ Ι Α

- Μαριολάκος Η., και Άλλοι (1986). Μικροζωνική μελέτη Καλαμιάτας: Γεωλογία, Νεοτεκτονική, Γεωμορφολογία. Έκθεση Ερευνητικού Προγράμματος ΟΑΣΠ, 1986. (περιλαμβάνει εκτενή γεωλογική βιβλιογραφία).
- Thiebault, F. (1982). Evolution geodynamique des Hellenides externes en Peloponnese meridial Grece. Societe Geologique du Nord, Publ. N° 5, 50188, France.
- Φυτρολάκης, Ν. (1987). Οι Σεισμοτεκτονικές Συνθήκες στη Μεσσηνία και τα Μετασεισμικά Φαινόμενα των Σεισμών της 13ης Σεπτεμβρίου 1986. Μεταλλειολογικά-Μεταλλουργικά Χρονικά, Ν 64/1987.
- Παπανικολάου, Δ. (1986). Γεωλογία της Ελλάδας. Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Papazachos et al (1987). Surface fault traces, fault plane solution and spatial distribution of the aftershocks of the September 13, 1986 earthquake of the Kalamata, Southern Greece. Pure and Applied Geophysics 1987 (in press).
- Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας, Φύλλο Καλαμιάτας, ΙΓΜΕ, 1986.
- Κυράτση Α.Α και Β.Α. Λεκίδης (1987). Καθορισμός ισοβλαβών της Καλαμιάτας. Έκθεση Ερευνητικού Προγράμματος ΟΑΣΠ, 1987.



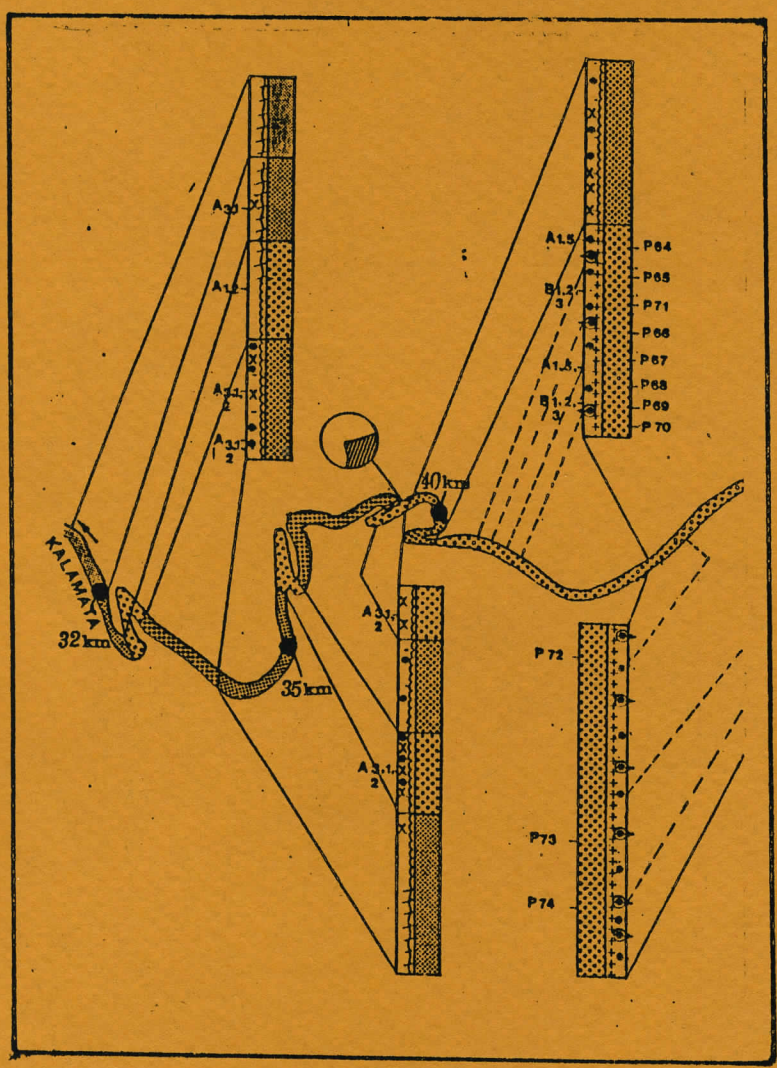
Θέσεις κατολισθητικών φαινομένων στον οδικό άξονα
Σπάρτης-Καλαμάτας όπως απογράφηκαν τρεις μέρες μετά
τον κύριο σεισμό της 13/9/1986.



Αρ. Πρωτ. 1472
1-10-90

**ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (Ο.Α.Σ.Π.)**

**Η ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΟΥ ΔΡΟΜΟΥ
ΣΠΑΡΤΗΣ - ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ**
(Συμπληρωματική Έκθεση)



**ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ**

ΕΛΘΟΝ 1988

Η ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΟΥ ΔΡΟΜΟΥ
Σ Π Α Ρ Τ Η Σ - Κ Α Λ Α Μ Α Τ Α Σ

(Συμπληρωματική Έκθεση)

Παρακάτω δίνεται μία συνοπτική περιγραφή των φαινομένων αστάθειας στο δρόμο Καλαμάτας-Σπάρτης όπως καταγράφηκαν δύο περίπου χρόνια μετά το σεισμό της Καλαμάτας της 13-15/9/86, δηλαδή την 22-27/7/88. Η πρώτη μας έκθεση περιελάμβανε μία αντίστοιχη περιγραφή για τα φαινόμενα αυτά τρεις ημέρες μετά το σεισμό.

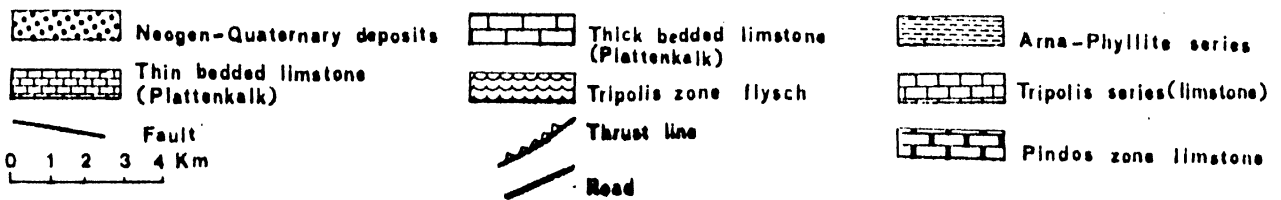
Όπως αναφέρεται και στην προηγούμενη έκθεση ο δρόμος είναι Εθνική οδός διπλής κυκλοφορίας με ασφαλικό τάπητα μέσου πλάτους (6m) που διασχίζει εγκάρσια (Α-Δ) τον ορεινό όγκο του Ταΰγετου. Το δυτικό τμήμα του δρόμου ακολουθεί, κατά το μεγαλύτερο μήκος του, την κοιλάδα (φαράγγι) του ποταμού Νέδοντα με Ιουρασικούς ασβεστόλιθους της Σειράς της Τρίπολης, ενώ το ανατολικό την κοιλάδα (φαράγγι) του ρέματος της Λαγκάδας με λεπτοπλακώδεις κυρίως ασβεστόλιθους της Σειράς της Ιονίου ζώνης ή Plattenkalk. Το μεσαίο τμήμα του δρόμου βρίσκεται μέσα στη φυλλιτική σειρά της ενότητας της Άρνας με σχιστόλιθους, χαλαζίτες και μάρμαρα. Κατά θέσεις ο δρόμος συναντά τον φλύσχη της ζώνης της Πίνδου καθώς και αλλουβιακές αποθέσεις. Περισσότερες λεπτομέρειες για τη γεωλογική δομή της περιοχής αναφέρονται στην πρώτη μας Έκθεση (18-12-87).

Η περιγραφή των κατολισθητικών φαινομένων ακολουθεί τώρα την πορεία από Καλαμάτα προς Σπάρτη.

1. Η περιοχή ανατολικά της Καλαμάτας και μέχρι τη ΧΘ* 3,00 περίπου καλύπτεται από μάργες με πρανή φυσικά ή τεχνητά ύψους από 0.0-4.0m στην πλειοψηφία τους σταθερά. Ο κίνδυνος αστάθειας είναι περιορισμένος.
2. Από τη ΧΘ 3.00 και μέχρι τη ΧΘ 4.00 περίπου ο δρόμος διασχίζει το νότιο άκρο ενός ασβεστολιθικού φακού της ζώνης της Πίνδου. Ο ασβεστόλιθος είναι πυκνοδιακλασμένος μέχρι και σχιστοποιημένος. Ύψος πρανών 0.0-5.0m. Τα πρανή είναι γενικά σταθερά αλλά υπάρχει κίνδυνος πτώσεως χαλικιών μέχρι και μικρών λίθων.

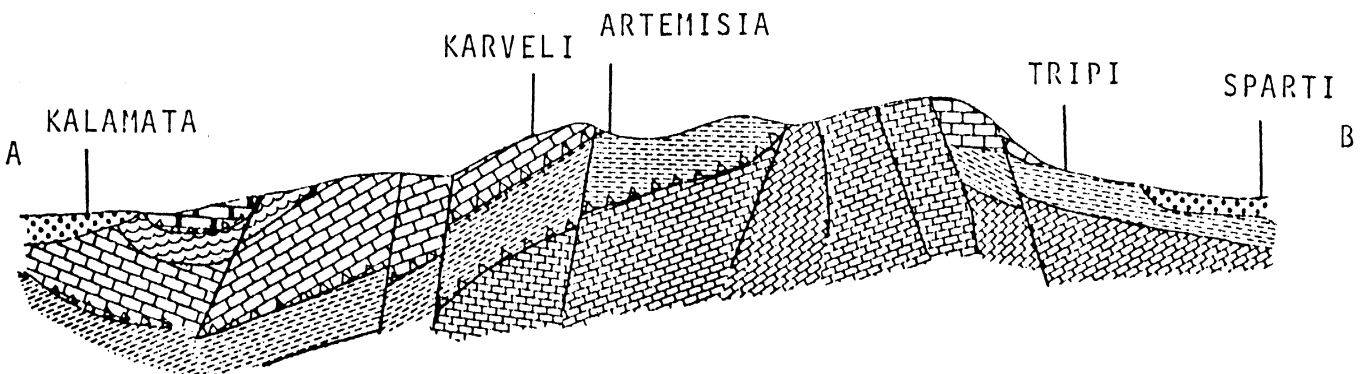
Μέτρα προστασίας: Απομάκρυνση, κατά περιόδους, των επικίνδυνων βράχων (ξεσκαρτάρισμα).

* ΧΘ = χιλιομετρική θέση



TOMH AB

CROSS SECTION AB



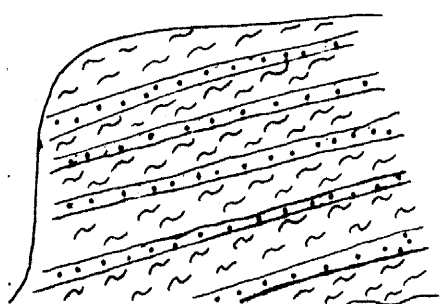
Σχ.1. Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής του δρόμου Καλαμάτας-Σπάρτης. (απόσπασμα από THIEBAULT, 1982 με συμπληρώσεις)

Fig.1. Geologic map of the broader area of the Kalamata-Sparti road. (from THIEBAULT, 1982 with modifications)

3. Από τη ΧΘ 4.00 μέχρι και τη ΧΘ 7.50 επικρατεί ο φλύσχος της Τρίπολης ο οποίος αποτελείται από ένα σύμπλεγμα τεφρών ως ερυθρών μαργών, ψαμμιτών, ασβεστόλιθων και κροκαλοπαγών. Σε μερικές θέσεις επικρατεί η ηλιτική κυρίως φάση με λεπτά ή και καθόλου στρώματα ψαμμιτών. Το υλικό αυτό έχει περισσότερο συμπεριφορά εδάφους. Το όλο σύστημα είναι ισχυρά τεκτονισμένο. Τα φυσικά πρανή έχουν κλίση 15° - 30° ενώ στα τεχνητά η κλίση φτάνει στις 50° - 60° . Στις περισσότερες μισογάγκειες υπάρχουν υπόγεια ή επιφανειακά νερά ή και πηγές ακόμη π.χ. στη ΧΘ 4,6,7, (φ1-10) που διαποτίζουν το πέτρωμα και δημιουργούν αστάθειες.

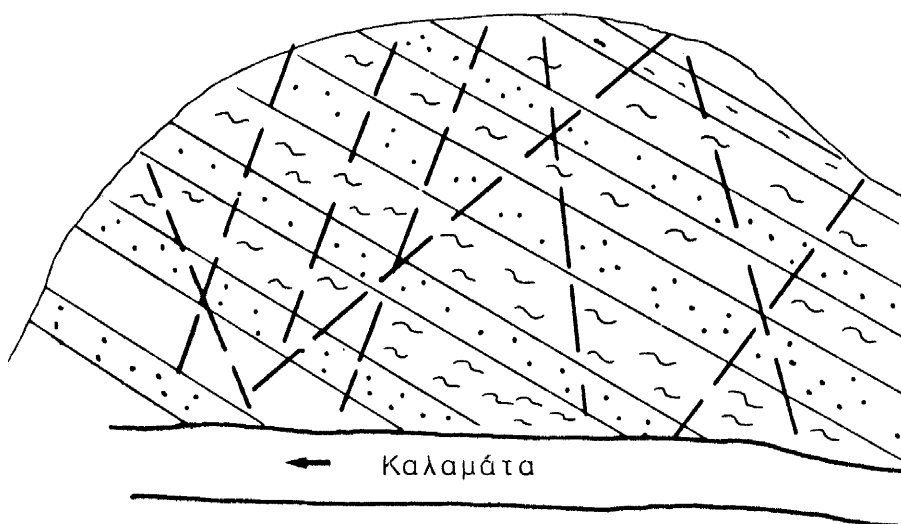
Η περιοχή αυτή του φλύσχη είναι επιρρεπής σε κατολισθήσεις κυκλικής κυρίως μορφής κατά προτίμηση τις υγρές περιόδους του έτους. Είναι ίσως το πιο προβληματικό τμήμα του δρόμου Καλαμάτας-Σπάρτης με συνεχή προβλήματα κατολισθήσεων-καθιζήσεων, παρά τα μέτρα προστασίας που έχουν ληφθεί (τοιχοί αντιστήριξης κ.λ.π.).

Μέτρα προστασίας: προτείνονται μικρότερες κλίσεις πρανών ($\sim 30^{\circ}$) ή αναβαθμοί· οριζόντιες αποστραγγίσεις και απομάκρυνση των όμβριων υδάτων από το πρανές. Στραγγιστήρια πρέπει να τοποθετηθούν και στη βάση των επιχωμάτων (φωτογραφίες 1-10).



Σχ.1. ΧΘ 4,8 (τομή)

Λεπτου στρωματώδους φλύσχος. Πάχος ψαμμιτικών στρωμάτων 4-5 cm (φωτ. 1,2,3)



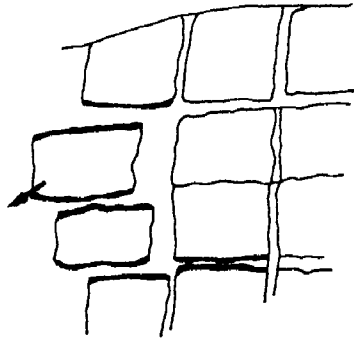
Σχ.2. ΧΘ 7,20 (όψη). Φλύσχος Τρίπολης ρηγματωμένος και τεκτονισμένος.

Ύψος πρανούς 4m.

☐·☐·☐ ψαμμίτης, ☐~☐ ηλιτικός

--- ρωγμές-ρήγματα. Πυκνότητα ρωγμών-μικρορηγμάτων: περίπου 1 ρωγή ανά 2 μέτρα μήκος (φωτ. 9,10).

4. Από τη ΧΘ 7,40 αρχίζουν οι ασβεστόλιθοι της ζώνης της Τρίπολης, μέσο έως παχύ στρωματώδεις, διακλασμένοι, με πολλές από τις ρωγμές γεμάτες με αργιλικό υλικό (ΧΘ7,70). Μερικές από τις ρωγμές αυτές είναι επουλωμένες με ασβεστιτικό υλικό. Ύψος πρανών μέχρι 5m και κλίση 70°-80°. Κίνδυνος αποκόλλησης και ολίσθησης βράχων (1m³) (φωτ. 11,12).



Σχ.3. Ολίσθηση τεμαχών
κατά 246°/45°
ΧΘ 7,40

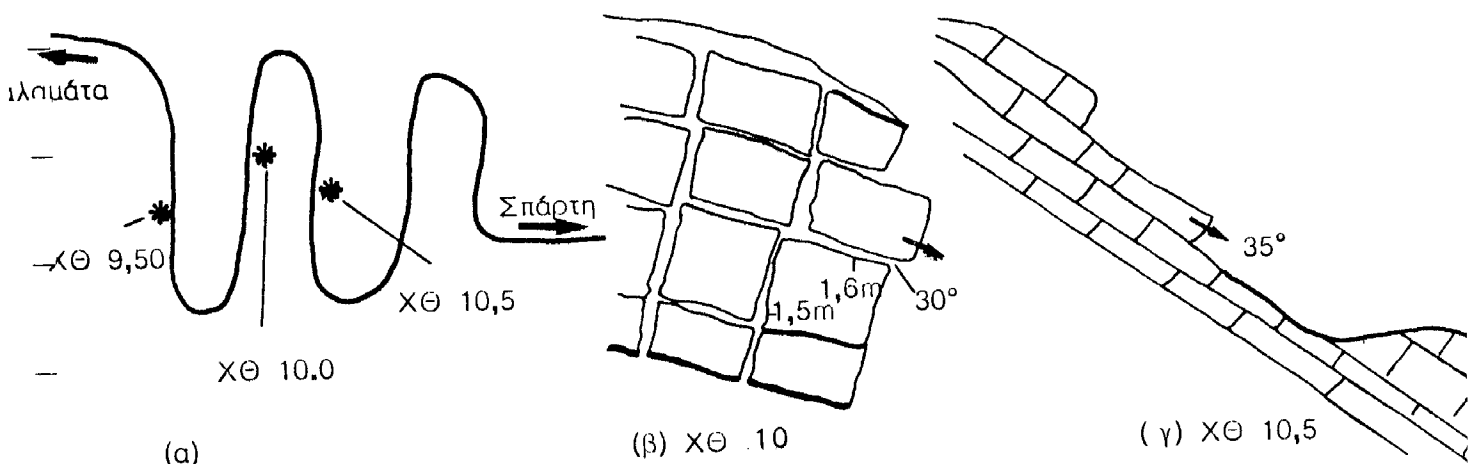
5. Από ΧΘ8,20 μέχρι ΧΘ 9,50 τα πρανή είναι χαμηλά 0.0-1.0m και δεν δημιουργούνται προβλήματα αστάθειας.
6. Από ΧΘ 9,50 αρχίζουν οι μεγάλοι ελεγμοί με τους οποίους ο δρόμος κατεβαίνει απότομα 120m (με 4 ελιγμούς) στην κοιλάδα του ποταμού Νέδοντα την οποία και ακολουθεί μέχρι τον οικισμό Αρτεμίσια (ΧΘ 24). Στην περιοχή αυτή τα ανώτερα στρώματα (ΧΘ9,5-10) του ασβεστόλιθου της Τρίπολης είναι παχυ-μέχρι μεσο-στρωματώδη και τεκτονισμένα, με αποτέλεσμα όπου ο συνδυασμός των διακλάσεων το επιτρέπει να αποχωρίζονται από το πέτρωμα και να ολισθαίνουν προς το δρόμο μεγάλα τεμάχια βράχων, διαστάσεων μέχρι 1mX1mX1m. (φωτ. 12) Κίνδυνος μέτριος. Η πιο οικονομική αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού φαίνεται να είναι η συστηματική απομάκρυνση (ξεσκαρτάρισμα) όλων των επικίνδυνων να πέσουν τεμαχών (π.χ. ΧΘ10).

Στη ΧΘ 9,50 υπάρχει επί πλέον κίνδυνος επίπεδης ολίσθησης-σφή-
νας λόγω ευνοϊκού συνδυασμού των επίπεδων των διακλάσεων. Τα
ίχνη παλαιότερων ολισθήσεων στη θέση αυτή είναι εμφανή (φωτ.13).
Κίνδυνος αστάθειας μέτριος.

Μέτρα: Απομάκρυνση των πιδ επικίνδυνων τμημάτων του πετρώματος.

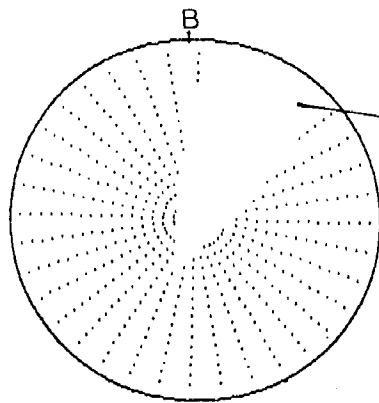
7. Χαμηλότερα στο υψόμετρο των 360m (ΧΘ10,5) ο ασβεστόλιθος
εμφανίζεται πιδ λεπτοπλακώδης με πάχος πλακών 0,30m-0,50m
και όπου η διεύθυνση του πρανούς είναι σχετικά ευνοϊκή είναι
δυνατή η εμφάνιση ολισθήσεων κατά στρώση (φωτ.15,16,17). Ευ-
τυχώς τα πρανή του δρόμου είναι μικρού σχετικά ύψους και ο
κίνδυνος αστάθειας είναι μικρός.

Πρόβλημα επίσης δημιουργείται από τη συνεχή πτώση-ολίσθηση
μικρών λίθων-χαλικιών από τα πρανή, πράγμα που συμβαίνει καθ'
όλο σχεδόν το μήκος του υπό εξέταση δρόμου.



Χ. . . ΧΘ 9.50-11. α. ελιγμοί, β και γ. Εγκάρσιες τομές σε παχύ και λεπτο-
στρωματώδη ασβεστόλιθο αντίστοιχα.

Η κινηματική ανάλυση έδωσε 4 οικογένειες ασυνεχειών με τα
εξής στοιχεία οικογένεια 1^η 008°/72°, οικογένεια 2^η 022°/30°, οι-
κογένεια 3^η 227°/82°, οικογένεια 4^η 308°/81°. Η ανάλυση ευστάθειας
έδωσε συντελεστή ευστάθειας σε σφήνα $FS_{1,2}=FS_{2,4}=1,2$ σε ξηρές
συνθήκες ο οποίος γίνεται οριακός σε υγρές συνθήκες. Η περιοχή α-
στάθειας φαίνεται στον κύκλο του Schmidt. Η περιοχή αστάθειας εί-
ναι η περιοχή του δικτύου στερεογραφικών προβολών η οποία περι-
λαμβάνει τους πόλους των διακλάσεων με επικείμενες αστάθειες.

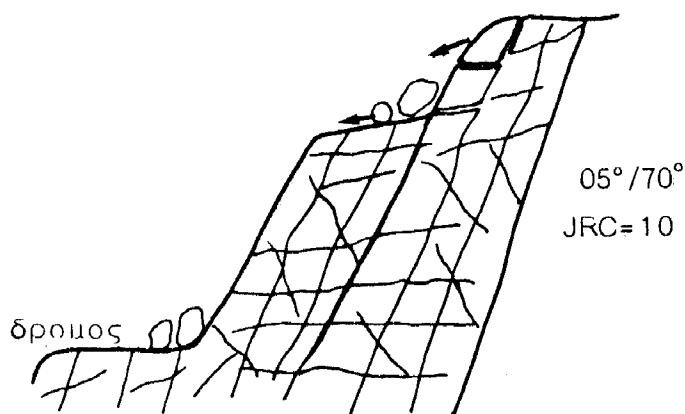


Περιοχή αστάθειας

Σχ.10α. Κινηματική ανάλυση ευστάθειας πρανών με το στερεογραφικό δίκτυο. Η περιοχή αστάθειας περιλαμβάνει τους πόλους των διακλάσεων με επικείμενη αστάθεια.

8. Από τη ΧΘ 11.00 και μετά ο δρόμος εισέρχεται πλέον στην κοιλάδα του Νέδοντα.
- Τα τεχνητά πρανά εδών είναι κατά το πλείστον σχεδόν κατακόρυφα με κλίσεις 75° - 80° και ύψος που σε πολλά σημεία ξεπερνά τα 20m
- Η περιοχή είναι πολύ τεκτονισμένη και υπάρχει σειρά επάλληλων ρηγμάτων τόσο παράλληλων όσο και εγκάρσιων με τον άξονα του δρόμου. Ο ισχυρός τεκτονισμός και κατακερματισμός του πετρώματος-σε ορισμένες θέσεις τα τεμάχια φθάνουν το μέγεθος χαλικιών-σε συνδυασμό με το μεγάλο ύψος και την κλίση των πρανών έχουν σαν αποτέλεσμα τη συνεχή πτώση βράχων διάφορων μεγεθών από τα ψηλότερα σημεία των πρανών. Τα φαινόμενα είναι συνεχή καθ'όλο το 24ωρο και πληθαίνουν ύστερα από βραχοπτώσεις και φυσικά ύστερα από σεισμικές δονήσεις. Οι βραχοπτώσεις, αφ'ενός "πληγώνουν" και καταστρέφουν το οδοστρώμα και αφ'ετέρου καθιστούν το δρόμο λίαν επικίνδυνο για τους πεζούς και τα διερχόμενα αυτοκίνητα.
- Πρέπει να αναφερθεί εδώ ότι καθ'όλο το μήκος του δρόμου Καλαμάτας-Σπάρτης δεν υπάρχει τάφος συλλογής βράχων, στο άκρο του οδοστρώματος, φράχτης ή άλλο προστατευτικό μέτρο.
- Ειδικά στη θέση αυτή του δρόμου ορισμένα προστατευτικά μέτρα για την πτώση των βράχων πρέπει να ληφθούν το συντομότερο.

9. Στη θέση ΧΘ 11-13 το πρανές ($234^{\circ}/50^{\circ}$) είναι πολύ ψηλό (>20m) και ο ασβεστόλιθος παχυστρωματώδης. Υπάρχουν έντονα φαινόμενα αποκολλήσεων-πτώσεων βράχων καθώς και μεγάλη επικινδυνότητα σε μικρο-ολισθήσεις κατά $05^{\circ}/70^{\circ}$ (φωτ.18) και σφήνες (φωτ.19) Στο τμήμα αυτό χρειάζεται οποσδήποτε φράχτης κυρίως στην κορυφή(φρύδι) του πρανούς για την συγκράτηση των βράχων-λίθων που κινούνται προς το δρόμο



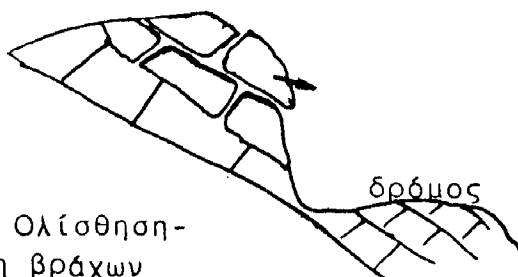
Σχ.5. ΧΘ 11,5. Τομή πρανούς και πτώσεις λίθων

10. ΧΘ 10,50. Συνεχής πτώση μικρών λίθων διαστάσεων $0.20m \times 0.30m \times 0.30m$ καθώς και μεγαλύτερων τόσο από το τεχνητό όσο και από το φυσικό πρανές, λόγω μικροτεμαχισμού του πετρώματος. Επίσης είναι δυνατή η αποκόλληση σφηνών από συνδυασμό των διακλάσεων. Σε ορισμένα σημεία του πρανούς χρειάζεται απομάκρυνση ορισμένων επικίνδυνων βράχων. (φωτ.20,21,22).
11. ΧΘ 12,7. Διακλάδωση δρόμου προς οικισμούς Καρβέλι-Λαδά. Γενικά τα πρανή του δρόμου προς Καρβέλι είναι σχετικά σταθερά. Τα πρανή δεν υπερβαίνουν τα 5-6 m ύψος και οι κλίσεις τους είναι συνήθως $70^{\circ}-80^{\circ}$. Τα δύο πρώτα χιλιόμετρα καλύπτονται από τον ασβεστόλιθο της Τρίπολης (J,k) ο οποίος εί-

ναι μεν τεκτονισμένος αλλά τα τεμάχη φαίνονται να είναι συγκολλημένα και σταθερά. Υπάρχουν μόνο μικροπτώσεις βράχων.

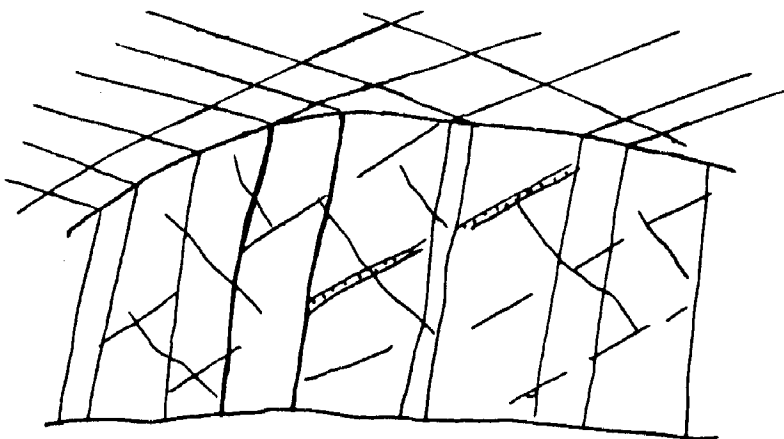
Από τη θέση 2,5km περίπου, από τη διακλάδωση, όπου εμφανίζεται ο παχυστρωματώδης ασβεστόλιθος Pmg-Tk, d μέχρι τη θέση 4,5km υπάρχουν μετακινήσεις-αποκολλήσεις ογκολίθων διαφόρων μεγεθών μερικές από τις οποίες είναι επικίνδυνες. Επίσης στη θέση 5,2km και στην επαφή με τους σχιστόλιθους εμφανίζεται ένας σχιστοποιημένος ασβεστόλιθος με ενστρώσεις σχιστόλιθων που εμφανίζουν αστάθειες όταν η κλίση πρανών και στρώματων το επιτρέπουν. (φωτ. 1κ, 2κ)

12. ΧΘ 13. Γέφυρα Καρβελιώτικου ποταμού. Μετακινημένοι μεγάλοι βράχοι ($\sim 1\text{m}^3$) στην κορυφή του πρανούς οι οποίοι χρειάζονται απομάκρυνση (τεχνητή). (φωτ. 23).



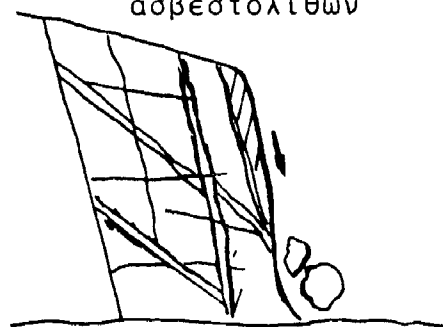
Σχ. 6. ΧΘ 13 Ολίσθηση-πτώση βράχων

13. ΧΘ 13-13,5. Κατακόρυφο πρανές ύψους 18-20 m . Ασβεστόλιθος παχυστρωματώδης χωρισμένος σε μεγάλα τεμάχη (blocks) με τρία κύρια συστήματα διακλάσεων. Τα μεγάλα ($1-1,5\text{m}^3$) και επικίνδυνα για πτώση τεμάχη χρειάζονται απομάκρυνση. Στη θέση αυτή είχαμε και κατά το σεισμό πολλές αποκολλήσεις-καταπτώσεις (φωτ. 24, 25)



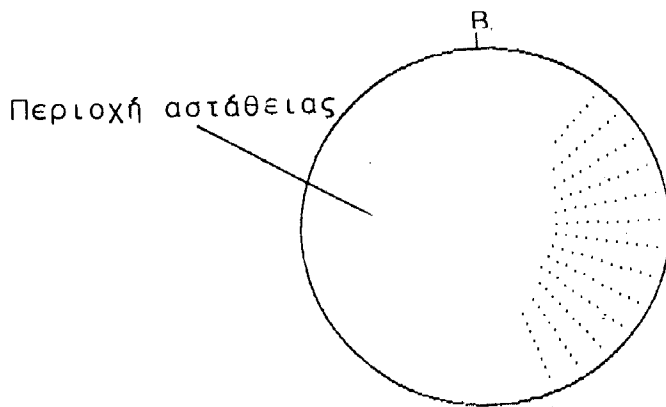
ΧΘ 13,5. Όψη πρανούς

Σχ. 7. ΧΘ 13,5. Αποκόλλήσεις-καταπτώσεις τεμάχων ασβεστόλιθων

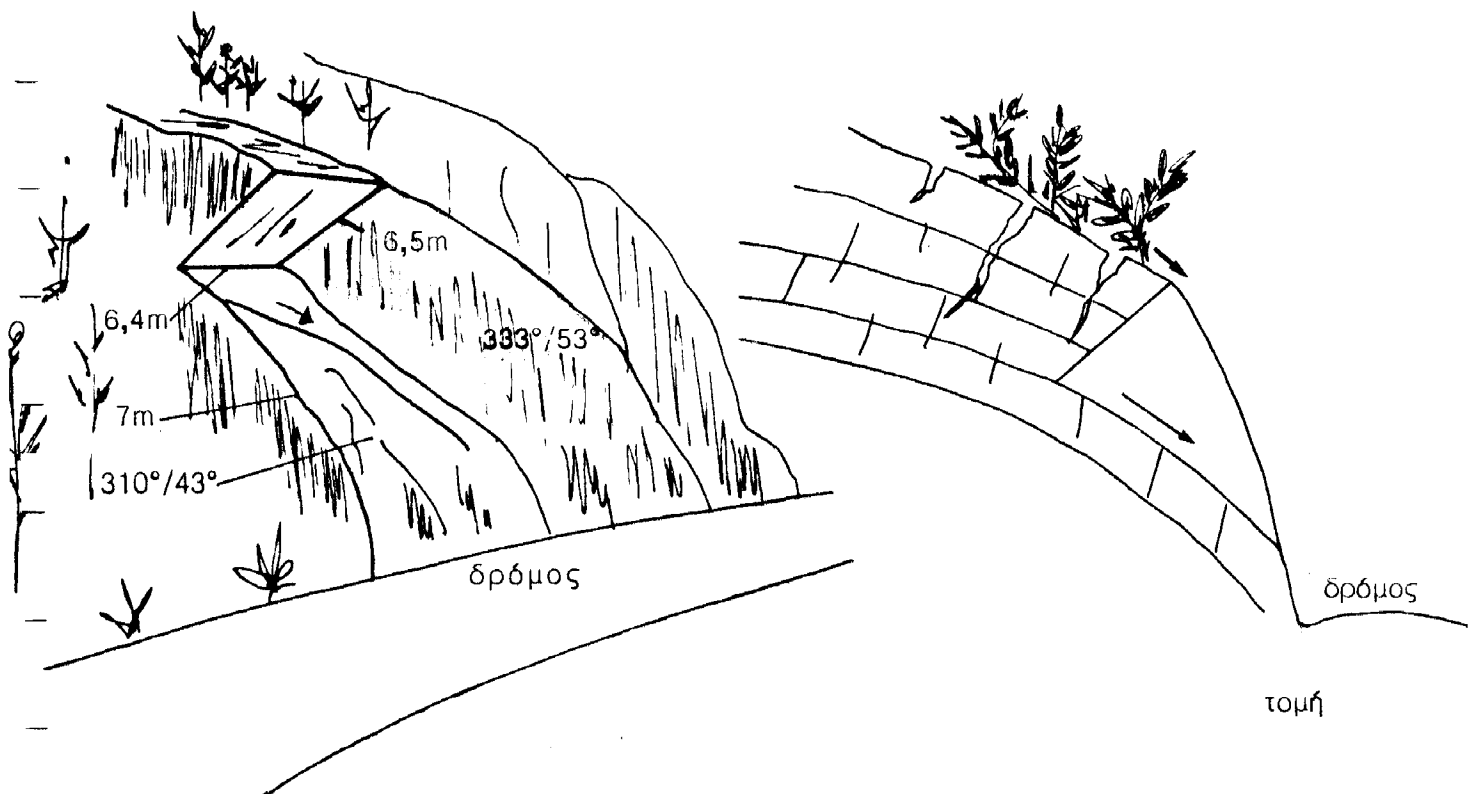


Τομή πρανούς

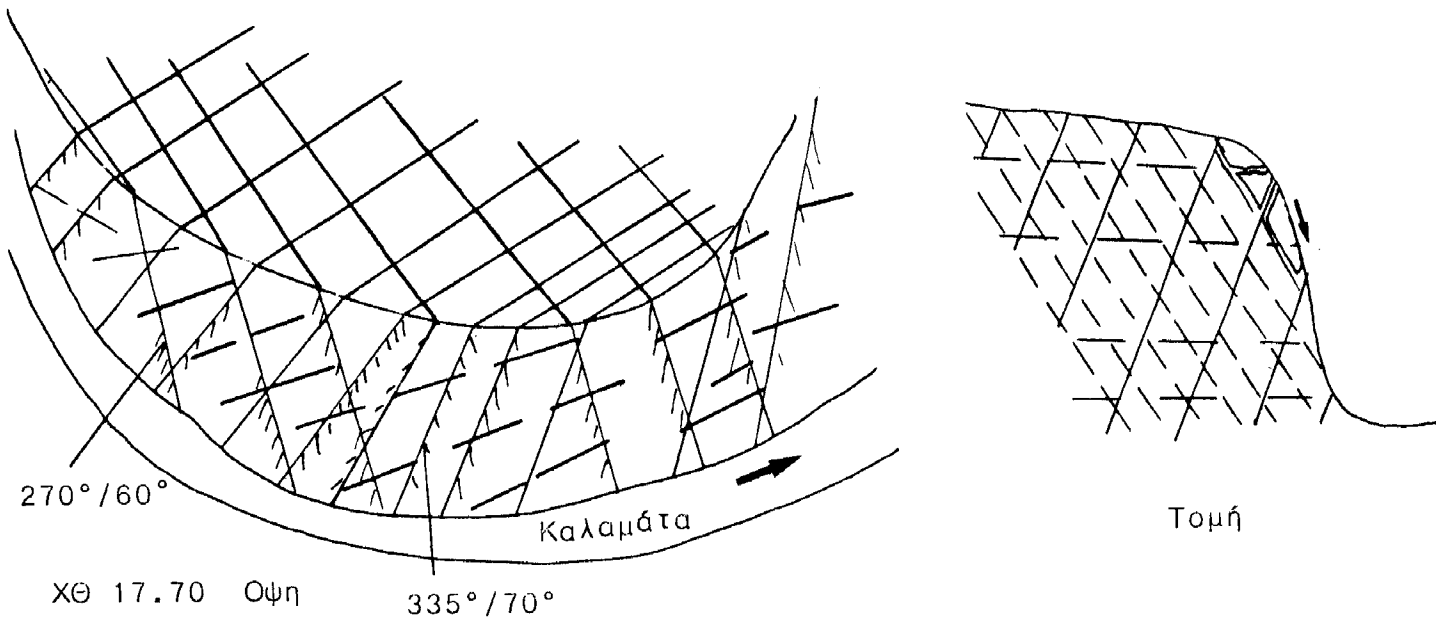
Η κινηματική ανάλυση του πρανούς έδειξε ότι υπάρχουν τρεις οικογένειες ασυνεχειών, 1^η $347^{\circ}/53^{\circ}$, 2^η $218^{\circ}/55^{\circ}$, 3^η $260^{\circ}/77^{\circ}$
FS(1,2)=1,70 και FS (1,3)=0,60(Σφήνα)



14. Από ΧΘ 13,5 μέχρι ΧΘ 15,0 δεν εμφανίζονται ιδιαίτερα προβλήματα αστάθειας εκτός από μετακινήσεις-αποκολλήσεις μεμονομένων βράχων σε ορισμένα σημεία οι οποίοι απαιτούν εγκαίρως απομάκρυνση π.χ. φωτ.26 (ΧΘ 14,7)
15. ΧΘ 15,3.Στη θέση αυτή έγινε η μεγάλη επίπεδη ολίσθηση,κατά στρώση,που προκλήθηκε από το σεισμό της 13-15/9/86,καθώς και μία σφηνοειδής αποκόλληση (φωτ.27,29).Ο ασβεστόλιθος είναι παχυστρωματωματώδης και παρουσιάζει καμπύλωση των στρωμάτων προς την κοιλάδα.Στην ίδια περιοχή σε διπλανή θέση είχε συμβεί και παλαιότερα επίπεδη ολίσθηση κατά στρώση στην επιφάνεια ($308^{\circ}/52^{\circ}$) (φωτ.28).



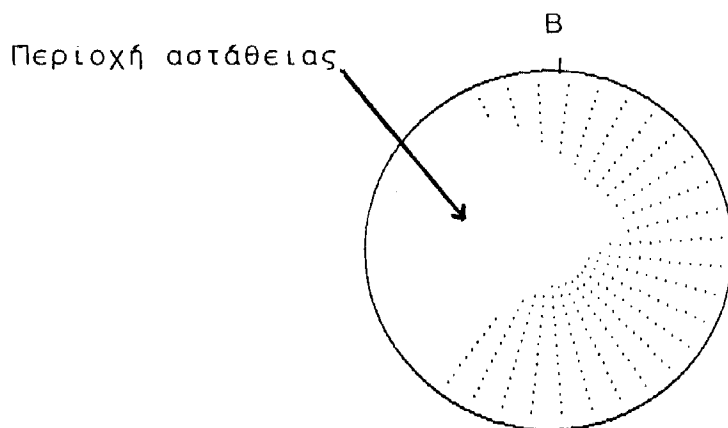
16. ΧΘ 15,7., 400m περίπου από τη μεγάλη επίπεδη κατολίσθηση και στο πρηνές μικρής μισγάγκειας συνέβη αποκοπή και ολίσθηση μεγάλων τεμαχών ημιστεροποιημένων κορημάτων (φωτ.31). Τα κορήματα είναι λατυποπαγή με ασβεστολιθικές γωνιώδεις λατύπες και ασβεστο-αργιλικό συνδετικό υλικό. Το όλο σύστημα είναι πολύ διαπερατό.
Πρέπει να τονιστεί ότι ο υδροφόρος ορίζων είναι χαμηλά και επομένως σ'όλες τις αστάθειες στον ασβεστόλιθο δεν υπάρχει επίδραση υπόγειου νερού, εκτός σε περιόδους ισχυρών βροχοπτώσεων. Μετά τα κορήματα ακολουθούν πρηνή ύψους 4-5m με κλίση 70° - 80° . Σε μερικά σημεία τα επίπεδα των κύριων διακλάσεων ($350^{\circ}/40^{\circ}$) είναι ομόρροπα του πρηνούς του δρόμου και δημιουργούν τοπικά επικίνδυνες καταστάσεις:
17. ΧΘ 15,90. Δεύτερη ζώνη κορημάτων αποτελούμενων από ασβεστο-αργιλικό υλικό ανακατεμένο με τεμάχια ασβεστόλιθων διαφόρων μεγεθών. Το όλο σύστημα είναι ημιστεροποιημένο και επικάθεται πάνω στον ασβεστόλιθο. Κατά το σεισμό μετακινήθηκε άνω-κάτω (τινάχθηκε), έχασε τη συνοχή του και κατολίσθησε (φωτ.32, 33).
18. Στη ΧΘ 16-17 υπάρχουν πτώσεις μεμονομένων λίθων και μικροκαταπτώσεις. Το ύψος του πρηνούς είναι 6-8m και η κλίση του 75° - 85° . Γενικά δεν δημιουργείται ιδιαίτερο πρόβλημα αστάθειας.
19. ΧΘ 17,70 Στροφή. Το πέτρωμα είναι πυκνοδιακλασμένο με δύο κύρια συστήματα διακλάσεων $270^{\circ}/60^{\circ}$ (ανατροπές), $335^{\circ}/70^{\circ}$ και ένα δευτερεύον. Το πρηνές έχει ύψος 15m περίπου και κλίση 80° - 85° . Το μέγεθος των τεμαχών του πετρώματος κυμαίνεται από 0,2m X 0,3m X 0,3m μέχρι 1,5m X 2m X 3m.
Κατά το σεισμό της 13-15/ 9/86 είχαμε ολίσθηση υπό μορφή σιβάδας (avalanche) από βράχους διαφόρων μεγεθών. Η πτώση των βράχων συνεχίζεται και σήμερα αλλά με πολύ μικρότερο ρυθμό. Στο σύστημα $335^{\circ}/70^{\circ}$ οι αποστάσεις των διακλάσεων κυμαίνονται από 0,3m μέχρι 0,5m ενώ στο σύστημα $270^{\circ}/60^{\circ}$ οι αποστάσεις αυτές είναι 0,7m - 1,0m.



Σχ.9. ΧΘ 17,70.Πυκνοδιακλασμένος ασβεστόλιθος με καταπτώσεις και ανατροπές.

Μέτρα προστασίας:προτείνεται η τεχνητή απομάκρυνση των μεγαλύτερων τεμαχών του πετρώματος και η κάλυψη του πρανούς με δίκτυ (φωτ.34-37).

Η ανάλυση ευστάθειας έδωσε τέσσερις οικογένειες 1^η 038°/52°, 2^η 250°/38°, 3^η 149°/77°, 4^η 277°/47° FS (1,3)=0,95.



20. ΧΘ 18,00-18,50.Το πέτρωμα δεν εμφανίζει ιδιαίτερα προβλήματα εκτός από μετακινήσεις ογκόλιθων ή και μικρών βράχων οι οποίοι βρίσκονται σε διάφορο βαθμό αστάθειας.Ορισμένοι από αυτούς χρειάζονται απομάκρυνση το συντομότερο π.χ.φωτ.38,39,40. Τα πρανή είναι χαμηλά 3-5m και η βλάστηση σχετικά πυκνή(φωτ. 38).Στη θέση αυτή εγκαταλύπεται ο κρυσταλλικός ασβεστόλιθος του Ιουρασικού (J,k) και ο δρόμος εισέρχεται στον δολομιτικό ασβεστόλιθο του Τριαδικού (T k.d.).

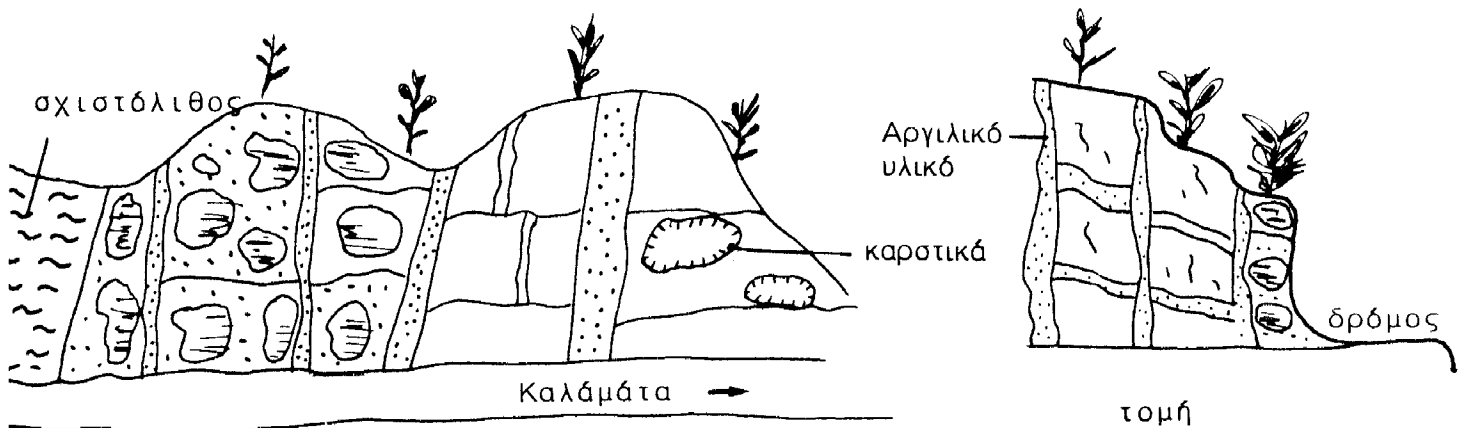
21. ΧΘ 19,0.Μεγάλοι ελιγμοί (στροφές).Βρισκόμαστε πλέον μέσα στους δολομιτικούς ασβεστόλιθους και δολομιτες του Τριαδικού.Το πέτρωμα είναι λιγότερο τεκτονισμένο από το προηγούμενο και χωρίζεται σε μεγαλύτερα τεμάχια (blocks).Οι αστάθειες είναι συνήθως τοπικές και συνίστανται στην πτώση-ολίσθηση μικρών ή και μεγάλων (1mX1mX1,5m) τεμαχίων του πετρώματος.Κατά θέσεις δημιουργούνται μικροαστάθειες σε ημιστεροποιημένα κορήματα τα οποία υπέρκεινται των ασβεστόλιθων.

Στην περιοχή των δολομιτικών ασβεστόλιθων από τη ΧΘ 18,50 μέχρι και τη ΧΘ22,00 τα φαινόμενα αστάθειας περιορίζονται σε τοπικές ολισθήσεις-πτώσεις βράχων διαφόρων διαστάσεων προερχομένων από το συνδυασμό των στοιχείων των διακλάσεων (κλίση-φορά μέγιστης κλίσης) και της διεύθυνσης του δρόμου.

Γενικά η επικινδυνότητα είναι μέτρια ως μεγάλη (σε ελάχιστες θέσεις) και τα μέτρα προστασίας που προτείνονται είναι η τακτική επιθεώρηση και η απομάκρυνση των επικίνδυνων σε πτώση τεμαχίων του πετρώματος ή και η στερέωση αυτών,δπου δεν είναι δυνατή η απομάκρυνσή τους.Τα φαινόμενα αυτά παρουσιάζονται στις φωτογραφίες 41-60 ως εξής:

- α. 41-46 αστάθειες στον 1ο ελιγμό
- β. 47-49 αστάθειες στον 2ο ελιγμό
- γ. 50-57 αστάθειες στο τμήμα από ελιγμούς μέχρι την πηγή της Θεοτόκου (ΧΘ 20-22,5).

22. ΧΘ 22,50.Εδώ ο δρόμος τέμνει τον Περμο-Τριαδικό ασβεστόλιθο της σειράς του Τυρού.Είναι ένας μικριτικός μεσο-ως λεπτοστρωματώδης ασβεστόλιθος τεκτονισμένος,με διακλάσεις ως επί το πλείστον ανοικτές, γεμάτες με αργιλικό υλικό.Η εμφάνισή του κατά μήκος του δρόμου δεν υπερβαίνει τα 200-250m Το ψηλότερο πρανές (014°/80°) έχει ύψος 10m και κλίση 80°-85° Δεν υπάρχει σοβαρός κίνδυνος ασταθειών εκτός από πτώση μικρών και σπανίως μεγαλύτερων βράχων από το πρανές. Αντιμετώπιση: απομάκρυνση των επικίνδυνων βράχων. Στη θέση αυτή βρίσκεται η επαφή των ασβεστόλιθων με τους οχτιστόλιθους της σειράς του Τύρου.



δψη
Σχ. 10. ΧΘ. 22,50 Περμο-Τριαδικός ασβεστόλιθος

23. Από ΧΘ23,00 μέχρι και τη ΧΘ 39,00 εκτείνεται η φυλλιτική-σχιστολιθική σειρά της Άρνας με σχιστόλιθους στους οποίους παρεμβάλλονται κατά θέσεις και φακοειδείς ενστρώσεις χαλαζιτών και μαρμάρων. Η φυλλιτική σειρά εμφανίζεται σε άλλες θέσεις να επικρατεί περισσότερο η πηλιτική και σε άλλες η ψαμμιτική-μαρμαρυγιακή φάση. Πάντως η ψαμμιτική φάση είναι γενικά λεπτοστρωματώδης και σπάνια το πάχος των στρώσεων του σκληρού πετρώματος (ψαμμίτης-ιλυόλιθος-ασβεστόλιθος κ.λ.π) ξεπερνά τα 0,3m - 0,5m.

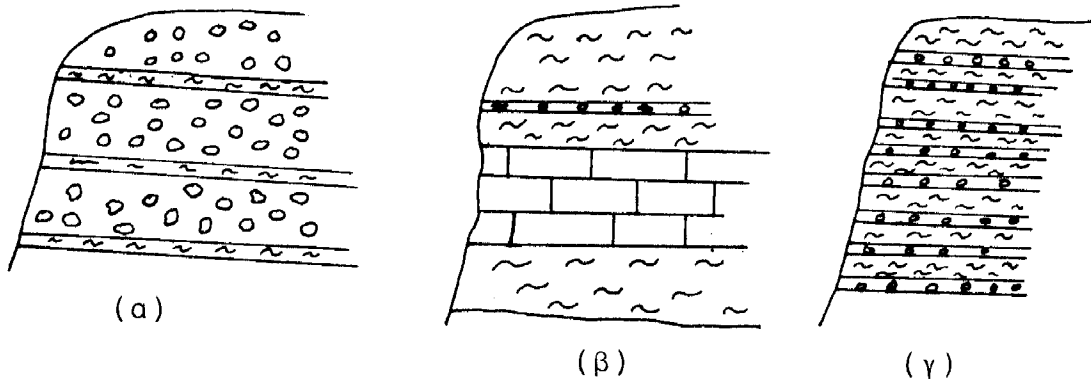
Η σχιστολιθική αυτή σειρά της Άρνας καλύπτει τα ψηλότερα τμήματα της διαδρομής Καλαμάτας-Σπάρτης από το υψόμετρο 650m μέχρι την ορεινή διάβαση της Λαγκάδας 1350m όπου βρίσκεται και ο υδροκρίτης μεταξύ της λεκάνης απορροής του ποταμού Νέδοντα και του Ευρώτα.




Παρά τα μεγάλα υψόμετρα, στο τμήμα του δρόμου από Αρτεμισία (ΧΘ25) μέχρι την ορεινή διάβαση της Λαγκάδας (ΧΘ35) τα πρανή είναι σχετικά ομαλά, χαμηλού ύψους και τα φαινόμενα αστάθειας απροσδόκητα περιορισμένα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Από μαρτυρίες των κατοίκων της περιοχής το τμήμα αυτό του δρόμου ελάχιστες φορές έκλεισε από μεγάλες κατολισθήσεις, συνήθως όμως κλείνει από χιόνια. Δεν λείπουν βέβαια και οι θέσεις όπου η γεωμετρία και η σύσταση του πετρώματος είναι τέτοια ώστε να ευνοούνται οι μικρο-αστάθειες. Σαν τέτοιες μπορούν να αναφερθούν η ΧΘ 27,5 όπου υπάρχουν μεγάλοι ελιγμοί στο δρόμο με ύψος τεχνητών πρανών που φτάνει κατά σημείο και τα 10 m και επί πλέον επικρατεί περισσότερο η

πηλιτική φάση του πετρώματος. Πιθ έντονα εμφανίζονται τα φαινόμενα στη ΧΘ 33-34 όπου το πέτρωμα ολισθαίνει κυρίως κατά στρώση όταν η γεωμετρία του πετρώματος και αυτή του πρανούς (φυσικού ή τεχνητού) το επιτρέπουν βοηθώντας βέβαια πάντοτε και του νερού ή του χιονιού.

Από τη ΧΘ 34,5 ο δρόμος αρχίζει να κατέρχεται με σημαντικές κλίσεις και μεγάλους ελιγμούς στην χαράδρα της Λαγκάδας που οδηγεί στην πεδιάδα της Σπάρτης. Μέχρι τη ΧΘ 38,5 εξακολουθεί να βρίσκεται μέσα στη σχιστολιθική σειρά. Τα πρανή του δρόμου στην περιοχή αυτή είναι ψηλά και απότομα και παρουσιάζουν μικρές επιφανειακές κυρίως αστάθειες λόγω ερπισμού. Τα φαινόμενα αυτά εντείνονται μέσα στις μισογάγκειες και στις μικροκοιλιάδες λόγω συγκέντρωσης νερών. Ευτυχώς η περιοχή αυτή καλύπτεται από πυκνή βλάστηση η οποία συγκρατεί τα επιφανειακά στρώματα του εδάφους και μετριάζει τα φαινόμενα ασταθειών. Τα φαινόμενα αυτά εντείνονται στην περιοχή των ελιγμών (ΧΘ 38-39).

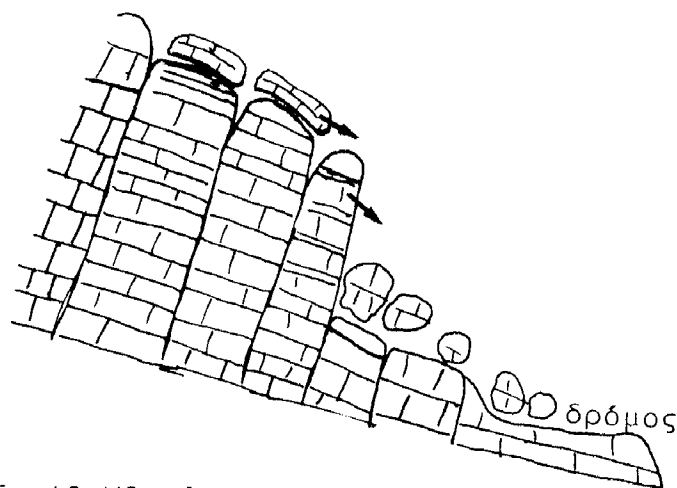
Στη ΧΘ 38,4 φαίνεται να υπάρχει μόνιμο πρόβλημα αστάθειας από παλιά ημι-σταθεροποιημένη κατολίσθηση. Η ύπαρξη πυκνής βλάστησης ανάντι της θέσης αυτής δείχνει την ύπαρξη υπόγειου νερού. Γιαυτό και η πιθ αποτελεσματική (πιστεύουμε) αντιμετώπιση των ασταθειών στη θέση αυτή είναι η συλλογή και απομάκρυνση τόσο των επιφανειακών όσο και των υπόγειων νερών με συλλεκτήριους τάφρους και υπόγεια στραγγιστήρια (φωτ. 59, 60). Πρέπει να τονιστεί ότι κατά τη διάρκεια του σεισμού της 13-15/9/86 δεν εμφανίστηκαν αστάθειες κατά μήκος του δρόμου στην περιοχή της σειράς της Αρνας. Μερικές μικροαστάθειες εμφανίστηκαν σε πολύ απότομα και ψηλά πρανή μακριά από το δρόμο. Η συμπεριφορά του σχηματισμού στον σεισμό ήταν γενικά πολύ καλή, ίσως λόγω έλλειψης νερών, υπόγειων και επιφανειακών.



Σχ.11. Διάφορες φάσεις της φυλλιτικής σειράς της Άρνας.
 α,β ψαμμιτική-ασβεστολιθική φάση. γ.πηλιτική φάση(λεπτοστρωματώδης)  ψαμμίτης  Ασβεστόλιθος  Πηλίτης

24. Στη ΧΘ 39 βρίσκεται η επαφή της σχιστολιθικής σειράς με τον πλακώδη ασβεστόλιθο (Plattenkalk, ενότητα Μάνης). *
 Ο ασβεστόλιθος αυτός είναι λεπτοπλακώδης με πάχος στρωματιδίων μερικών εκατοστών (1-5 cm) και με εναλλαγές αποχρώσεων του φαιού. Το πέτρωμα έχει επίσης υποστεί ισχυρό τεκτονισμό και είναι χωρισμένο σε τεμάχια από 0,1X0,1X0,1m μέχρι 1,5X1,0X1,0 m. Όπου η γεωμετρία του πετρώματος και του δρόμου το επιτρέπουν υπάρχουν μικροαστάθειες από αποκολλήσεις-πτώσεις βράχων, ολισθήσεις ή και ανατροπές (toppling) φωτ. 60-65.

25. Στη ΧΘ 40,70 υπάρχουν παλιές ολισθήσεις-πτώσεις τεμαχίων καθώς και μεγάλα τεμάχια πάνω στο σχεδόν κατακόρυφο πρανές, σε οριακή κατάσταση ισορροπίας φωτ.60-65 .Το ότι δεν έ-



Σχ.12.ΧΘ 40,70.Καταπτώσεις και ανατροπές στον πλακώδη ασβεστόλιθο (φωτ.60-65).

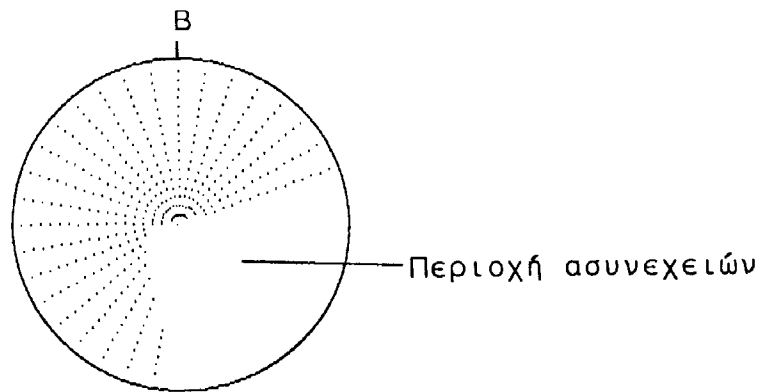
*Πρέπει να υπενθυμίσουμε εδώ ότι η σχιστολιθική σειρά της Άρνας είναι επωθημένη πάνω στη σειρά των πλακωδών ασβεστόλιθων (σειρά Μάνης ή Ιόνιος Ζώνη, βλέπε Παπανικολάου 1986, σελ.98 και 120).

πεσαν κατά το σεισμό της Καλαμάτας 13-15/9/86, σημαίνει ότι ο σεισμός δεν επηρέασε καθόλου την περιοχή αυτή.

Τα μέτρα που προτείνονται στην ζώνη αυτή των πλακωδών ασβεστόλιθων είναι απομάκρυνση των επικίνδυνων να πέσουν τεμαχίων του πετρώματος από το πρανές και η κάλυψή του με δίκτυ. Πρέπει να σημειωθεί ότι στην περιοχή αυτή τα πρανή είναι σχεδόν κατακόρυφα και το ύψος τους συνήθως μεγαλύτερο των 15m με πολύ επικίνδυνες πτώσεις βράχων.

Η ανάλυση ευστάθειας έδειξε ότι υπάρχουν τρία κύρια συστήματα ασυνεχειών: 1^η 004°/78°, 2^η 86°/18° και 3^η 260°/77°.

Υπάρχει κίνδυνος ολισθήσεων και ανατροπών.

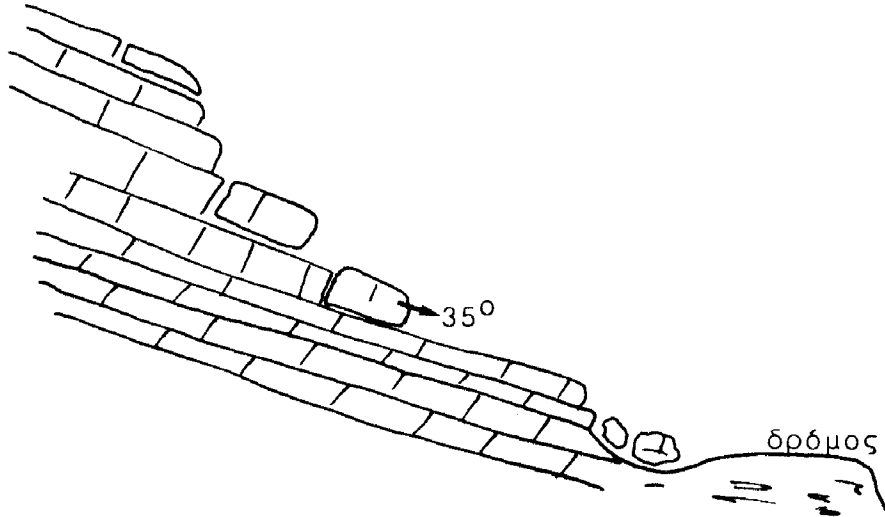


26. Στη ΧΘ 40,10 εμφανίζεται ένας "φακός" σχιστόλιθου με κλίση στρωμάτων προς το δρόμο. Η κλίση αυτή ευνοεί την αποκόλληση και μετακίνηση πλακών σχιστόλιθου προς το οδόστρωμα. Το πρανές είναι χαμηλό (4-5m ύψους) και δεν παρουσιάζει ιδιαίτερο πρόβλημα επέμβασης. Συνήθως αρκεί η απομάκρυνση των τεμαχίων που ολισθαίνουν προς το οδόστρωμα (φωτ. 66).

27. Στη ΧΘ 42,00 σταματούν οι λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθοι και εμφανίζονται ασβεστόλιθοι περισσότερο συμπαγείς και παχυστρωματώδεις. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί εναλλάσσονται κατά θέσεις με ημιστεροποιημένα λατυπογή και σχιστόλιθους. Τα πετρώματα αυτά είναι επίσης τεκτονισμένα. Υπάρχουν σε πολλές θέσεις μεγάλα τεμάχια (blocks) βράχου επικίνδυνα για κατάπτωση ή ολίσθηση π.χ. ΧΘ 43,2 (φωτ. 68).

Στη θέση ΧΘ 44,50 (ελιγμός) αναπτύσσεται και πάλι ένας πλακώδης ασβεστόλιθος με στοιχεία 110°/35°-40° περίπου και κλίση προς το δρόμο

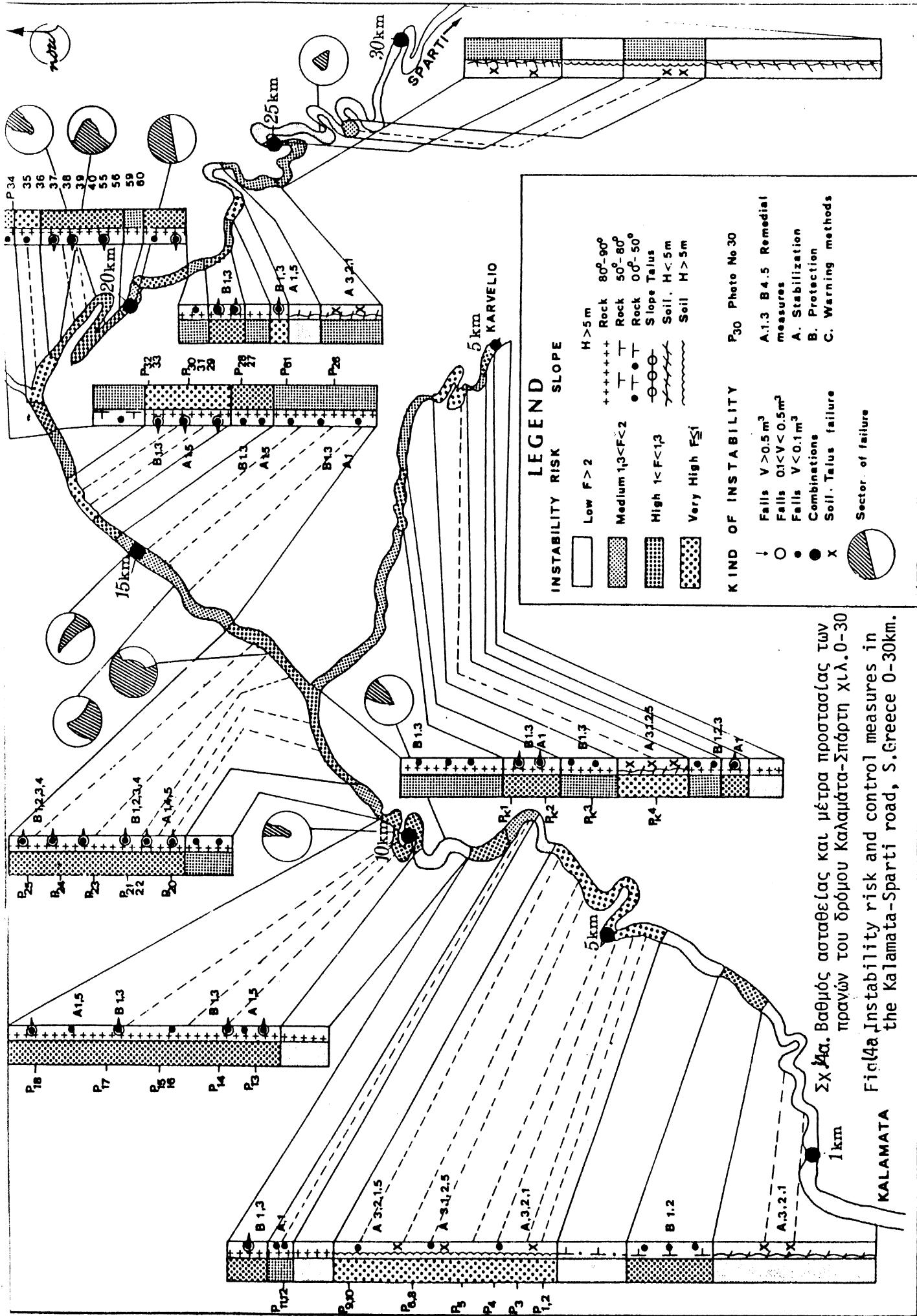
Στη θέση αυτή είχαν αναπτυχθεί παλιότερα αστάθειες υπό μορφή ολισθήσεως τμημάτων ασβεστολιθικών τραπεζών. Οι ολισθήσεις γίνονται πάνω στις στρωματογραφικές επιφάνειες (φωτ. 69).



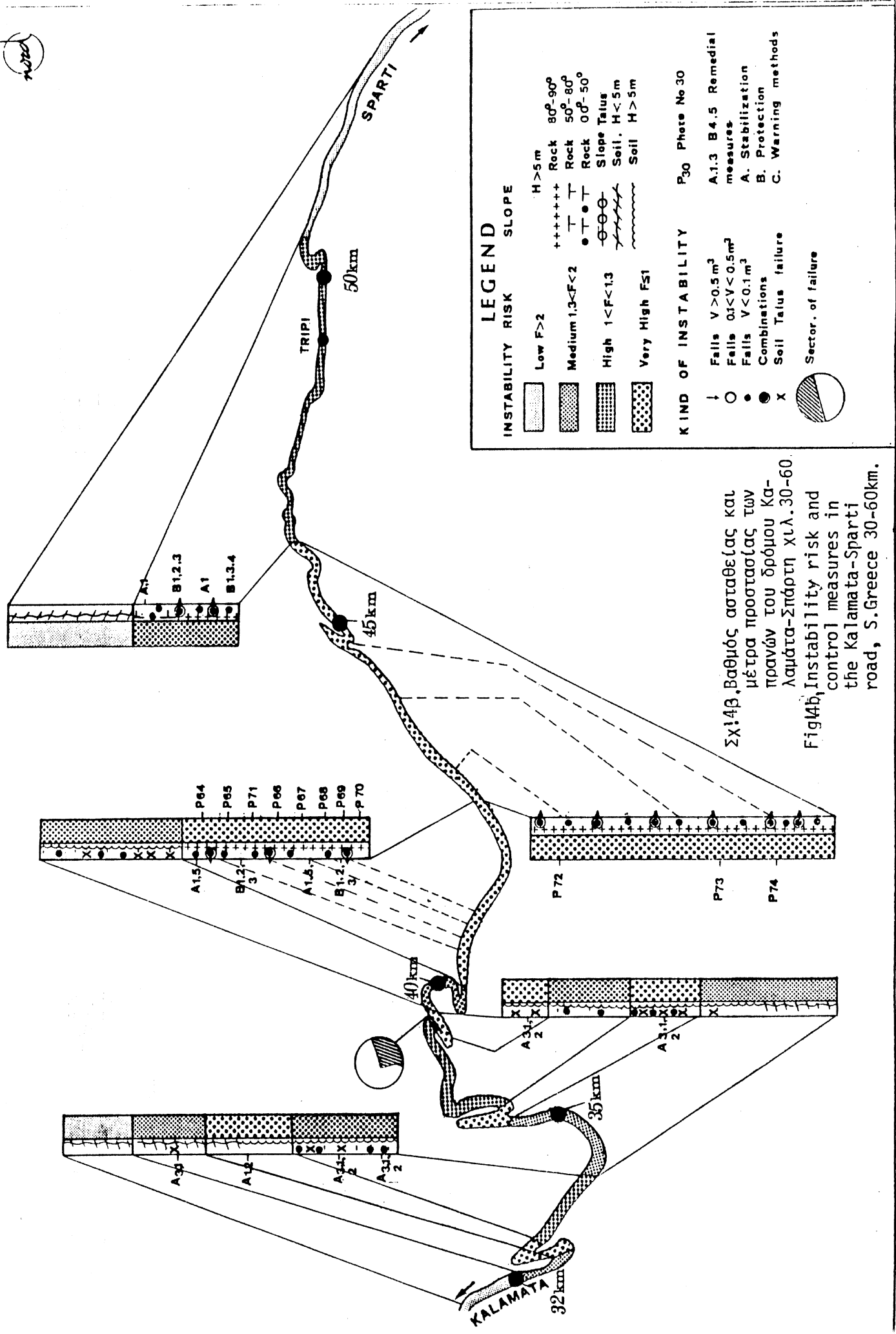
Σχ.13. Πλακώδης ασβεστόλιθος στη ΧΘ 44,50

28. Ο δρόμος συνεχίζει στους παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθους χωρίς σημαντικά προβλήματα εκτός από μικρό-καταπρώσεις κατά θέσεις, διασταυρώνει τη χαράδρα της Λαγκάδας στην ΧΘ 45,50 περίπου και περνά στο απέναντι πρανές, συνεχίζοντας πάντα μέσα στους ίδιους ασβεστόλιθους μέχρι τον οικισμό Τρύπη, όπου υπάρχει μεγάλη (καρστική) πηγή το "Βασιλονέρι" (ΧΘ 47,50). Εδώ ο δρόμος εισέρχεται πάλι στη φυλλιτική-σχιστολιθική σειρά μέχρι τη ΧΘ 50,50 όπου την εγκαταλείπει για να εισέλθει στις προσχώσεις της πεδινής περιοχής της Σπάρτης τις οποίες και διασχίζει μέχρι τη Σπάρτη χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα.

Στα σχήματα 14α,β δίνεται μία συνοπτική ταξινόμηση των πρανών όλου του δρόμου Καλαμάτας-Σπάρτης ανάλογα με το βαθμό επικινδυνότητάς του.



Σχ. 4α. Βαθμός ασταθείας και μέτρα προστασίας των πρανών του δρόμου Καλαμάτα-Σπάρτη χιλ. 0-30
 Fig. 4a. Instability risk and control measures in the Kalamata-Sparti road, S. Greece 0-30km.



ΣΧ14β, Βαθμός ασταθείας και μέτρα προστασίας των πρανών του δρόμου Καλαμάτα-Σπάρτη χιλ.30-60.
 Fig14b, Instability risk and control measures in the Kalamata-Sparta road, S.Greece 30-60km.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Από τη συζήτηση-ανάλυση που προηγήθηκε προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

Όσον αφορά τα μαλακά (αργιλικά) πετρώματα υπάρχουν μόνιμα προβλήματα ασταθειών στην περιοχή του φλύσχη της Τρίπολης από τη ΧΘ 400 ως τη ΧΘ 7,50, καθώς και στη σχιστολιθική-φυλλιτική σειρά της Αρνας στις θέσεις ΧΘ 33-34 και ΧΘ 38-39. Μία από τις αιτίες των ασταθειών αυτών, ίσως η πιο σημαντική, φαίνεται να είναι η ύπαρξη υπόγειων και επιφανειακών νερών στις θέσεις αυτές.

Προτείνεται η δημιουργία βαθειάς αποστράγγισης, πιθανώς κάτω από το επίχωμα του δρόμου. Ο τρόπος και το βάθος της αποστράγγισης θα προσδιοριστούν ύστερα από λεπτομερή γεωλογική-γεωτεχνική έρευνα στις περιοχές αυτές.

Όσον αφορά τα σκληρά (ασβεστολιθικά) πετρώματα υπάρχει ποικιλία ασταθειών με επικρατηση την πτώση-κύλιση βράχων μέχρι και $0,5m^3$ από τα ψηλότερα τμήματα των πρανών και την αποκόλληση-ολίσθηση ογκόλιθων από διάφορα ύψη των πρανών. Τα φαινόμενα αυτά οφείλονται στον ισχυρό τεκτονισμό-κερματισμό των πετρωμάτων καθώς και στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τόσο των ασυνεχειών του πετρώματος όσο και του δρόμου. Η πτώση βράχων και χαλικιών από διάφορα ύψη των πρανών είναι συνεχής καθ' όλο σχεδόν το μήκος των βραχωδών πρανών του δρόμου και πολύ επικίνδυνη σε ορισμένα τμήματα του δρόμου.

Προτείνεται, ως πιο οικονομική, η τοποθέτηση φράκτη στην κορυφή (φρύδι) του πρανούς ή δικτύ στο μέτωπο του πρανούς στις θέσεις:

- στην κοιλάδα του Νέδοντα ΧΘ 10-12, ΧΘ 13,5-15,0, ΧΘ 17,70 κ.ά.
- στην κοιλάδα της Λαγκάδας προς τη Σπάρτη από ΧΘ 40 μέχρι και τη ΧΘ 47,00 κατά θέσεις. Στην περιοχή της ΧΘ 40-43 ίσως είναι απαραίτητα και άλλα μέτρα προστασίας (αγκυρώσεις κ.λ.π.).
- Άλλα μέτρα προστασίας όπως μείωση της κλίσης των πρανών, διαπλάτυνση του καταστρώματος και δημιουργία συλλεκτηρίου τάφρου, αγκυρώσεις κ.λ.π. είναι πολύ πιο δαπανηρά και επομένως λιγότερο πιθανό να εφαρμοστούν.



P1, Αστάθεια στο φλύσχη της Τρίπολης ΧΘ4,80. Διακρίνεται ο τοίχος αντιστήριξης.



P2. Λεπτομέρεια στη θέση P1.



P3. Νέα ρωγμή στο κατάστρωμα του δρόμου στην περιοχή P1.



P4. Ολίσθηση επιχώματος στην ΧΘ 5,40
λόγω ύπαρξης υπόγειου νερού(πηγής)



P5. Άλλη όψη της P4.



P6. Διόρθωση κατολίσθησης στο φλύσχη
της Τρίπολης με τοίχο αντιστήρι-
ξης.ΧΘ 7,00.



P7. Όπως και στην Ρ6. Διακρίνεται η έξοδος νερού από τη βάση του τοίχου τον Αύγουστο του 1988.



P8. Γενική άποψη της προβληματικής θέσης Ρ6. ΧΘ 7,00.



P9. Τεχνητό πρανές στο φλύσχη Τρίπολης. Διακρίνονται οι θέσεις των ρωγματώσεων ΧΘ 7,20



P10. Τεχνητό πρανές στο φλύσχη Τρίπολης. Διακρίνονται οι θέσεις των ρωγμάτων ΧΘ 7,20



P11. ΧΘ 7,80. Διακλασμένος ασβεστόλιθος. Διακρίνονται μικρο-ολισθήσεις-καταπτώσεις από την κορυφή του πρανούς.



P12. ΧΘ 8,00. Διακλασμένος ασβεστόλιθος. Διακρίνονται μικρο-ολισθήσεις-καταπτώσεις από την κορυφή του πρανούς



P13. ΧΘ 9.Ολίσθηση στον ασβεστόλιθο της Τρίπολης.



P14. ΧΘ 10.Καταπτώσεις από το σεισμό της 13-15/9/86.



P15. ΧΘ 10,5.Μικροολισθήσεις πάνω στην στρώση του ασβεστόλιθου



P16 Όπως η P15



P17. Καταπτώσεις μικρών βράχων, χαλικιών,
ΧΘ 11.00.



P18. Πυκνοδιακλασμένος ασβεστόλιθος Τρι-
πολης. Συνεχείς καταπτώσεις βράχων
διαφόρου μεγέθους.



P19 Το ίδιο όπως το P18



P20. ΧΘ 12,5. Πυκνοδιακλασμένος ασβεστόλιθος Τρίπολης. Συνεχείς καταπτώσεις βράχων διαφόρου μεγέθους. Στην περιοχή αυτή απαιτείται φράκτης ή δίκτυο.



P21. ΧΘ 12,80. Γενική άποψη του δρόμου. Συνεχείς καταπτώσεις βράχων.



P22 Το ίδιο όπως το P21.
Απαιτείται απομάκρυνση
των επικίνδυνων βράχων



PK1. Δρόμος προς Καρβέλι. Επικίνδυνος
να ολισθήσει ογκόλιθος.



PK1. Δρόμος προς Καρβέλι. Σχιστοποιη-
μένος ασβεστόλιθος και φυλλίτης.
Ολισθήσεις κατά στρώση.



P23. ΧΘ13.00.Γέφυρα Καρβελιδτικού.Επικίνδυνος για πτώση μεγάλος βράχος στο αριστερό πρηνές.



P24. Ασβεστόλιθος Τρίπολης. Διακλασμένος με σχεδόν κατακόρυφα συστήματα διακλάσεων τα οποία αποχωρίζουν μεγάλα τεμάχια του πετρώματος. Φαίνονται οι "ουλές" των αποκολλήσεων από τον σεισμό.



P25 Το ίδιο όπως το P24



P26 Το ίδιο όπως το P24



P27. Αποκόλληση σφήνας από το σεισμό της 13/9/86. ΧΘ 15.60.



P28. Παλαιά ολίσθηση στη ΧΘ 15.70 διαστάσεων 30mX25mX3m.



P29. Μεγάλη επίπεδη ολίσθηση στον ασβεστόλιθο Τρίπολης από τον σεισμό της 13/9/86. Διαστάσεις 25mX12mX1m



P30. ΧΘ 15,80. Γενική άποψη των ασταθειών P 27,28,29.



P31. Αστάθειες στα κορήματα ΧΘ 16.00 Στο βάθος διακρίνεται η ολίσθηση



P32 Όπως το P31



P33 Όπως το P31



P34 ΧΘ17,70. Διακλασμένο πέτρωμα με τρία κύρια συστήματα διακλάσεων. Από το συνδυασμό των συστημάτων αυτών προκύπτουν αστάθειες διαφόρων μορφών κυρίως πτώσεις και ανατροπές. Απαιτείται Δίκτυ και στηθαίο.



P35 ΧΘ 17.70 Ανατροπές



P36 Το ίδιο όπως το P35



P37 Το ίδιο όπως το P35



P38 Αποκολλήσεις-μετακινήσεις τεμαχών
ΧΘ 18,00



P39 Όπως στο P38



P40 Όπως στο P38



P41 Όπως στο P38



P42 Όπως στο P38



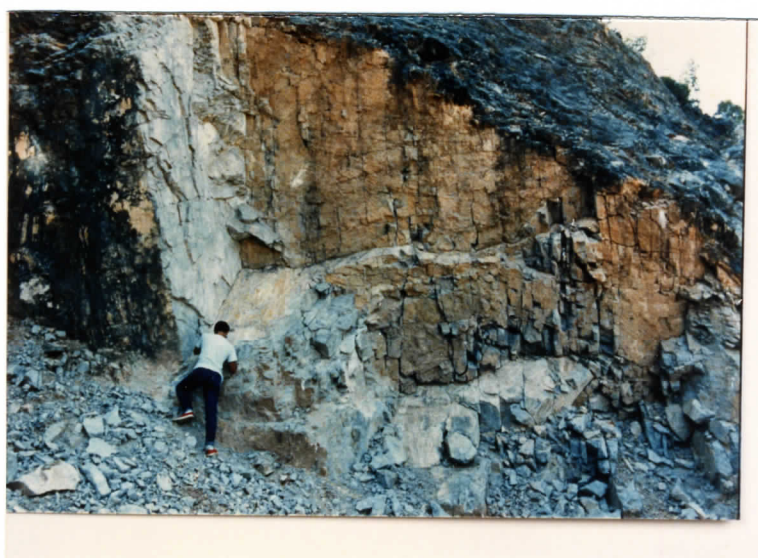
P43 Όπως στο P38



P44 Όπως στο P38



P45 Όπως στο P38



P46 ΧΘ 18.50. Σφηνοειδής ολίσθηση. Πέτρωμα Ασβεστόλιθος έντονα τεκτονισμένος



P47 Αποκόλληση-μετακίνηση τεμάχους



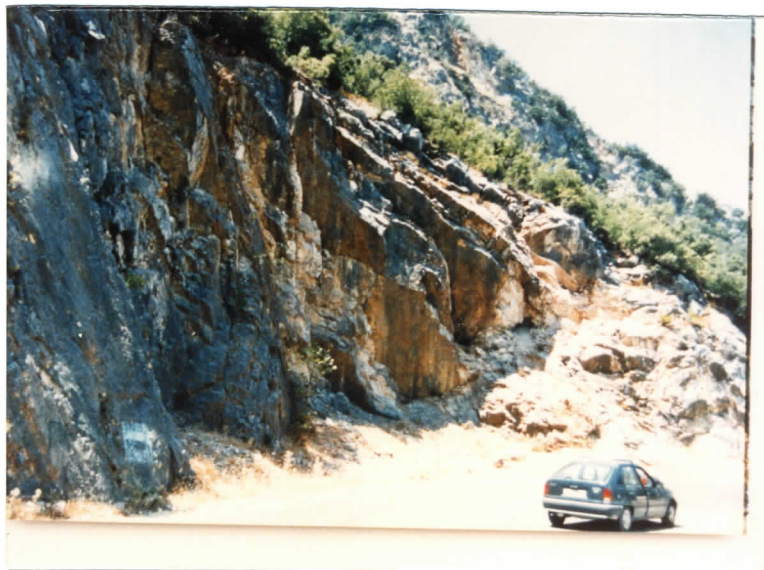
P48 Όπως στο P47



P49 Όπως στο P47 ΧΘ 19,00



P50 Αποκόλληση βράχων ΧΘ 20.00
Δολομικός ασβεστόλιθος



P51 Όπως στο P50



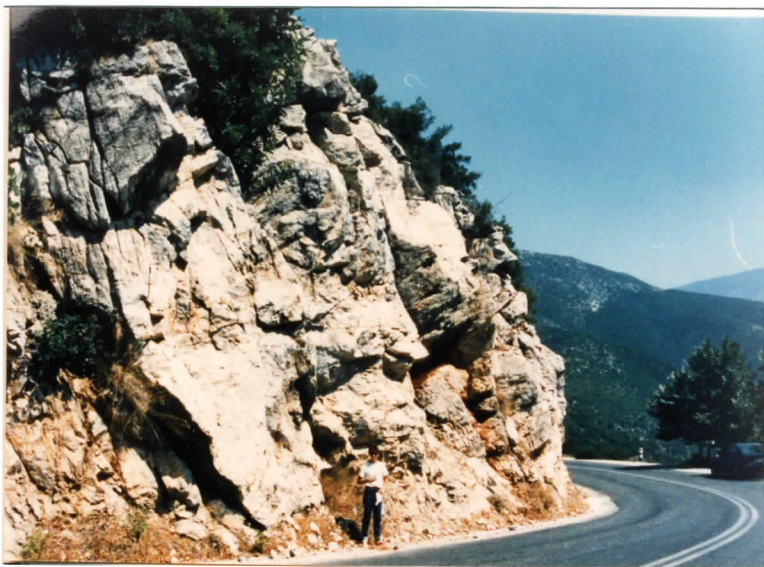
P52 ΧΘ 20,10.Ολίσθηση-Αποκόλληση



P53 ΧΘ 20,50 όπως P52



P54 ΧΘ 21,00 όπως P52



P55 Όπως το P54



P56 Αποκολλήσεις βράχων



P57 Όπως το P56



P58 ΧΘ 24,0 Περμικοί, ισχυρά καρστικοποιημένοι ασβεστόλιθοι. Καταπτώσεις, μικροολισθήσεις



P59 ΧΘ 38,40. Αστάθεια στη σειρά των φυλλιτών, πιθανώς λόγω υπέρξεως υπόγειου νερού



P60 ΧΘ 38,40. Γενική άποψη της P59



P61 ΧΘ 39. Πλακοειδής ασβεστίλιθος (Plattenkalk) πυκνοδιακλασμένος. Συνεχείς μικροκαταπτώσεις βράχων.



P62 Ανατροπές στον πλακώδη ασβεστίλιθο
ΧΘ 40,50



P63 Όπως στο P62



P64

P64 Όπως στο P62



P65 Ολισθήσεις στον πλακώδη ασβεστόλιθο
ΧΘ 40,70



P66 Μικροολισθήσεις κατά στρώση στον
φυλλίτη ΧΘ 40.00



P67 Γενική άποψη της κοιλάδας "Λαγκάδα"
Στο βάθος του δεξιού πρσανούς βρρίσ-
κεται ο "Καιάδας" των Σπαρτιατών



P68 ΧΘ 43,50.Μικρή σήραγγα



P69 ΧΘ 44,50.Αποκολλήσεις κατά στρώση $\alpha=35^{\circ}$.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΟΥ ΔΡΟΜΟΥ
ΣΠΑΡΤΗΣ - ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ ΑΠΟ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ

Τ Ε Λ Ι Κ Α Σ Υ Μ Π Ε Ρ Α Σ Μ Α Τ Α

Από την επεξεργασία των στοιχείων υπαίθρου και εργαστηρίου καθώς και από την επί τόπου εκτίμηση της ευστάθειας των πρανών προέκυψαν τα εξής γενικά συμπεράσματα:

Όσον αφορά τα μαλακά (αργιλικά) πετρώματα υπάρχουν μόνιμα προβλήματα ασταθειών στην περιοχή του φλύσχη της Τρίπολης από τη ΧΘ 4,00 ως την ΧΘ 7,50, καθώς και στη σχιστολιθική-φυλλιτική σειρά της Άρνας στις θέσεις ΧΘ 33-34 και ΧΘ 38-39. Μία από τις αιτίες των ασταθειών αυτών, ίσως η πιο σημαντική, φαίνεται να είναι η ύπαρξη υπόγειων και επιφανειακών νερών στις θέσεις αυτές.

Προτείνεται η δημιουργία βαθειάς αποστράγγισης, πιθανώς κάτω από το επίχωμα του δρόμου. Ο τρόπος και το βάθος της αποστράγγισης θα προσδιοριστούν ύστερα από λεπτομερή γεωλογική-γεωτεχνική έρευνα στις περιοχές αυτές.

Όσον αφορά τα σκληρά (ασβεστολιθικά) πετρώματα υπάρχει ποικιλία ασταθειών με επικράτηση την πτώση-κύλιση βράχων μέχρι και $0,5m^3$ από τα ψηλότερα τμήματα των πρανών και την αποκόλληση-ολίσθηση ογκόλιθων από διάφορα ύψη των πρανών. Τα φαινόμενα αυτά οφείλονται στον ισχυρό τεκτονισμό-κερματισμό των πετρωμάτων καθώς και στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τόσο των ασυνεχειών του πετρώματος όσο και των πρανών. Η πτώση των βράχων και χαλικιών από διάφορα ύψη των πρανών είναι συνεχής καθ'όλο σχεδόν το μήκος των βραχωδών πρανών του δρόμου και πολύ επικίνδυνη σε ορισμένα τμήματα του δρόμου.

Προτείνεται, ως πιο οικονομική, η τοποθέτηση φράκτη στην κορυφή (φρύδι) του πρανούς ή δίχτυ στο μέτωπο του πρανούς στις θέσεις:

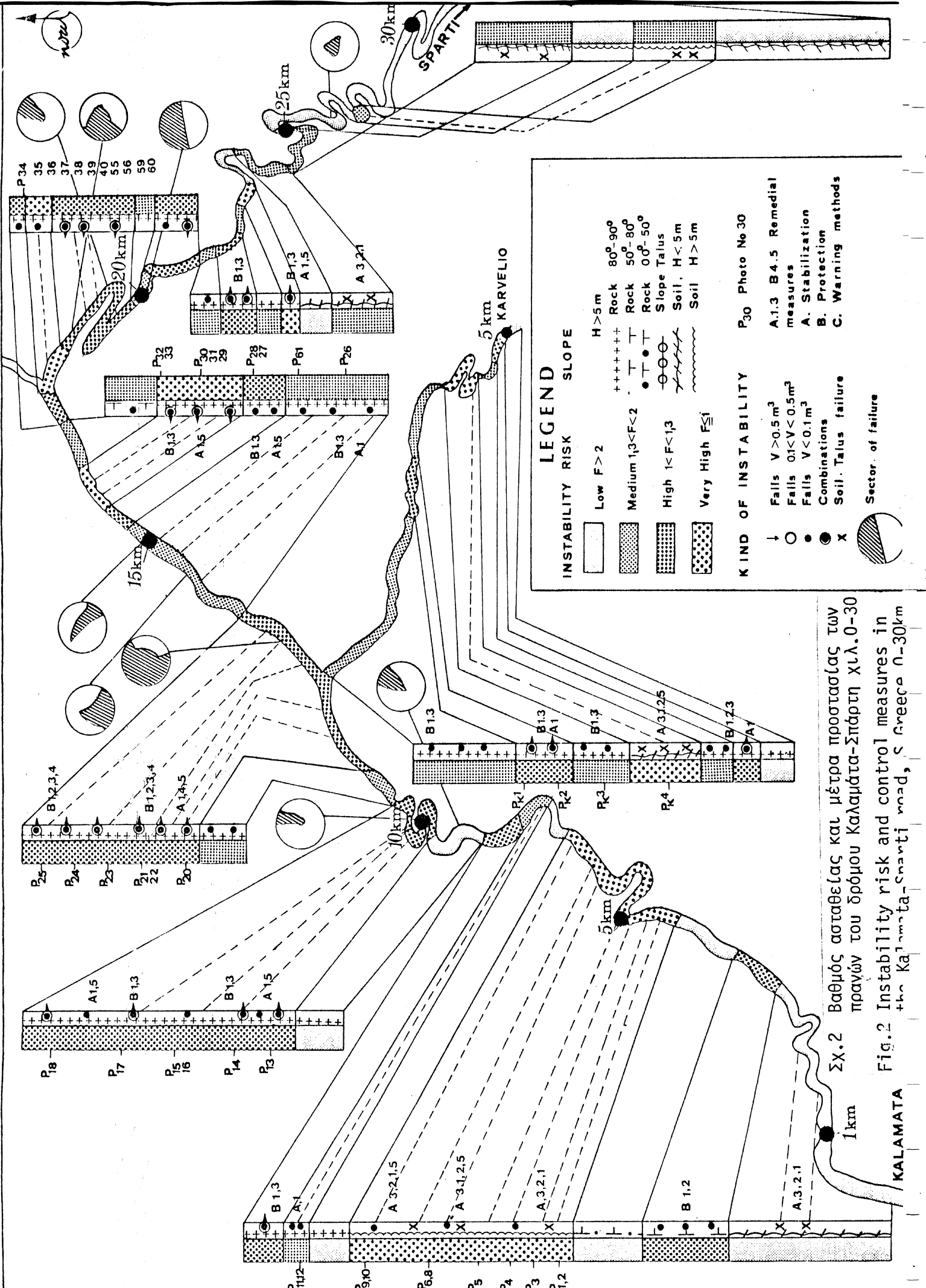
- στην κοιλάδα του Νέδοντα ΧΘ 10-12, ΧΘ 13,5-15,0, ΧΘ 17,70 κ.ά.
- στην κοιλάδα της Λαγκάδας προς τη Σπάρτη από ΧΘ 40 μέχρι και τη ΧΘ 47,00 κατά θέσεις. Στην περιοχή της ΧΘ 40-43 ίσως είναι απαραίτητα και άλλα μέτρα προστασίας (αγκυρώσεις κ.λ.π.).

- 2
- Άλλα μέτρα προστασίας όπως μείωση της κλίσης των πρανών, διαπλάτυνση του καταστρώματος και δημιουργία συλλεκτηρίου τάφρου, αγκυρώσεις κ.λ.π. είναι πολύ πιο δαπανηρά και επομένως λιγότερο πιθανό να εφαρμοστούν.

Επίσης από την επεξεργασία και την ομαδοποίηση των στοιχείων προέκυψαν οι χάρτες των σχημάτων 2 και 3. Στους χάρτες φαίνεται το είδος του πρανού (εδαφικό, βραχώδες), το είδος αστάθειας (πτώση βράχου, ολίσθηση εδάφους), ο βαθμός επικινδυνότητας του πρανού, η θέση και ο αριθμός των φωτογραφιών και τα πιθανά μέσα αντιμετώπισης της ολίσθησης με τη σειρά προτεραιότητας αυτών.

Από τη μελέτη των χαρτών αυτών εύκολα προκύπτουν οι περιοχές με ψηλό και πολύ ψηλό βαθμό επικινδυνότητας καθώς και τα πιθανά μέτρα αντιμετώπισης των ασταθειών. Όπως για παράδειγμα η περιοχή εξάπλωσης του φλύσχη από ΧΘ 4.000 έως τη ΧΘ 7.50. Καθώς και οι θέσεις ΧΘ 32-34 και ΧΘ 38-39 της σχιστολιθικής σειράς.

Τα μέσα αντιμετώπισης που προτείνονται για τις θέσεις αυτές είναι κατά σειρά προτεραιότητας, αποστράγγιση, φυτοκάλυψη, μεταβολή της γεωμετρίας του πρανού και τελικά ενεργό υποστήριξη του. Αντίθετα στην περιοχή του βραχώδους πρανού από ΧΘ 13.5 μέχρι ΧΘ 15.0 (κοιλιάδα Νέδοντα) όπου επικρατούν καταπτώσεις βράχων διαφόρων μεγεθών προτείνονται μέτρα κατά σειρά προτεραιότητας τάφροι συλλογής υλικών πτώσεως, αγκυρωμένα πλέγματα στο πρανές, φράκτες με συρματοπλέγματα στην κορυφή του πρανού, σκέπασμα ή συνδυασμός αυτών.



Σχ.2 Βαθμός ασταθειας και μέτρα προστασίας των πρανών του δρόμου Καλαμάτα-Σπάρτη χιλ.0-30
 Fig.2 Instability risk and control measures in the Kalamata-Sparta road, S Greece 0-30km

KALAMATA

1 km

5 km

10 km

15 km

20 km

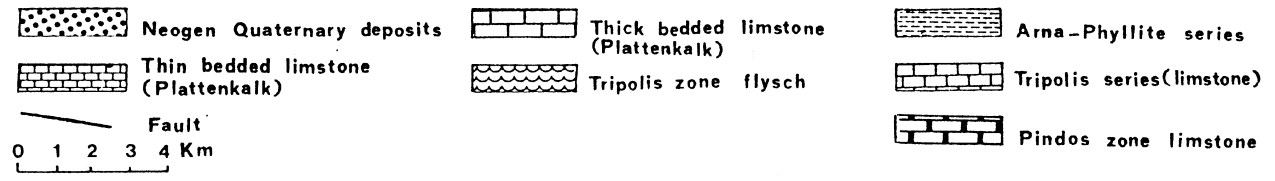
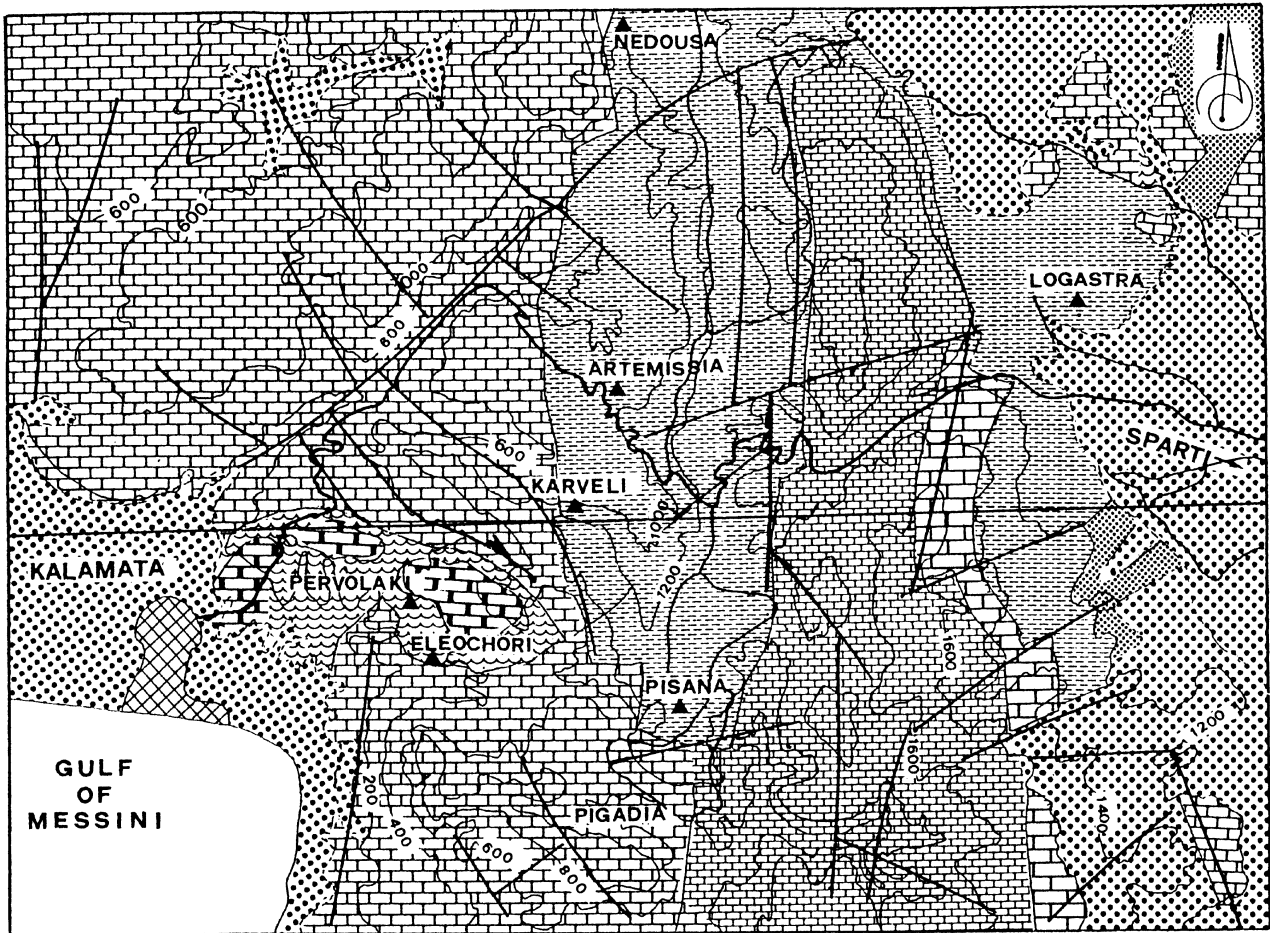
25 km

30 km

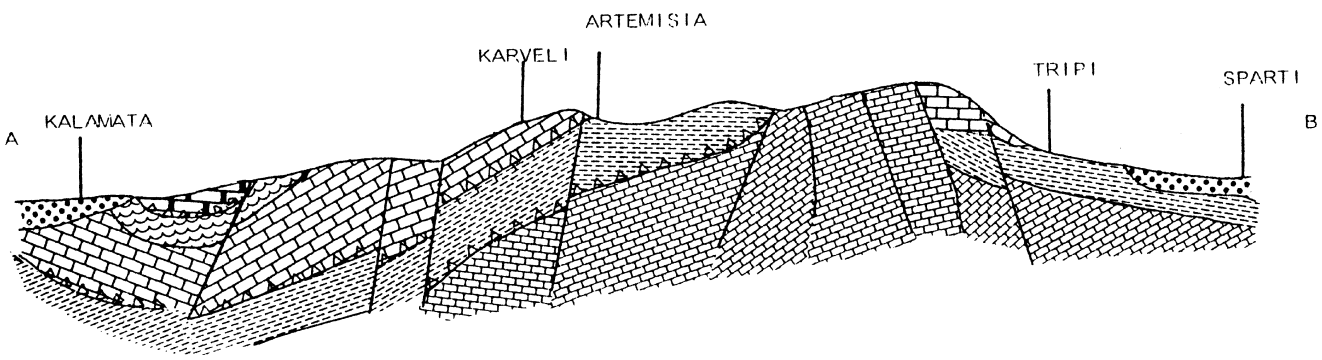
KARVELIO

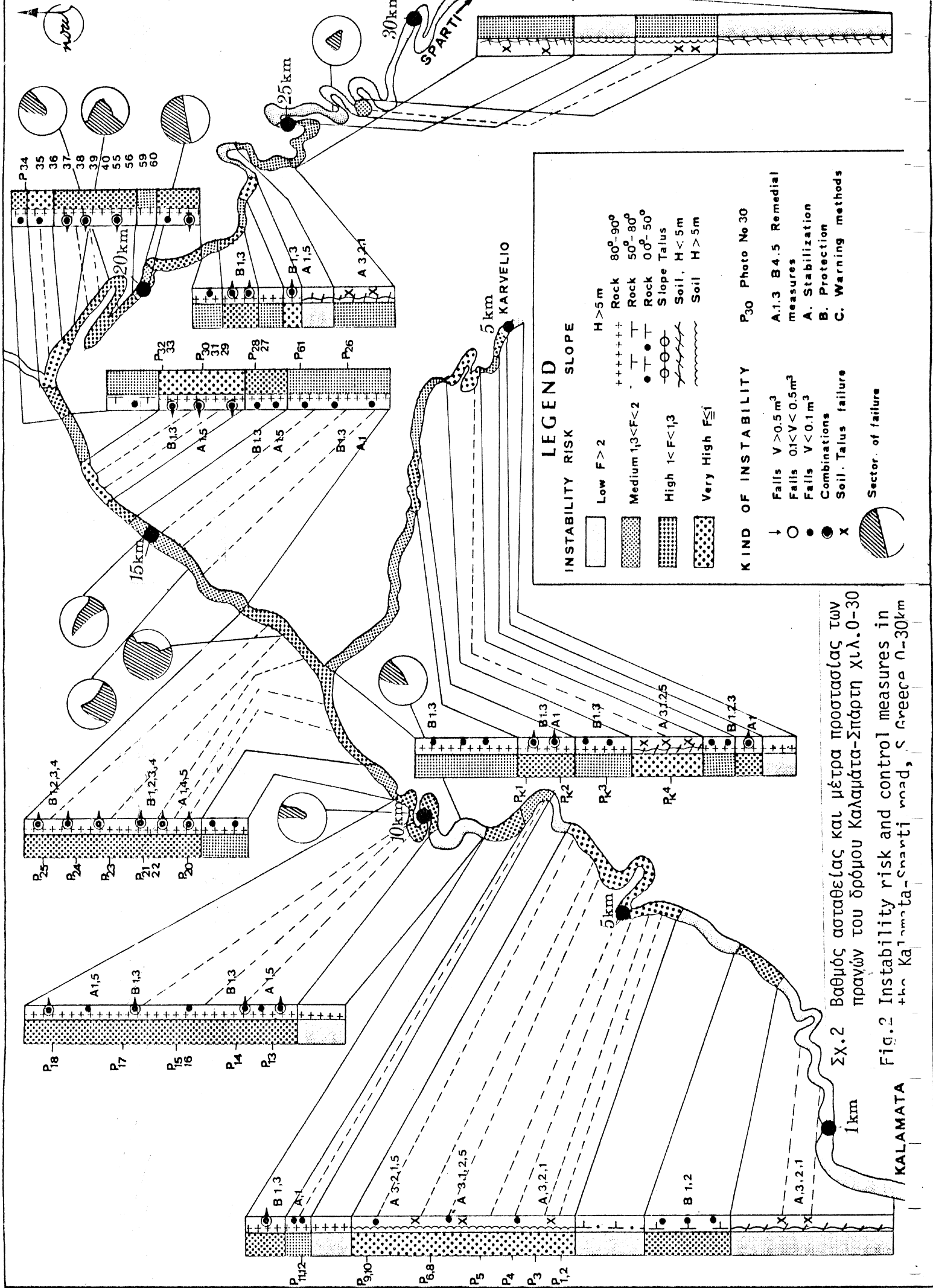
SPARTI

Photo No 30



CROSS SECTION AB





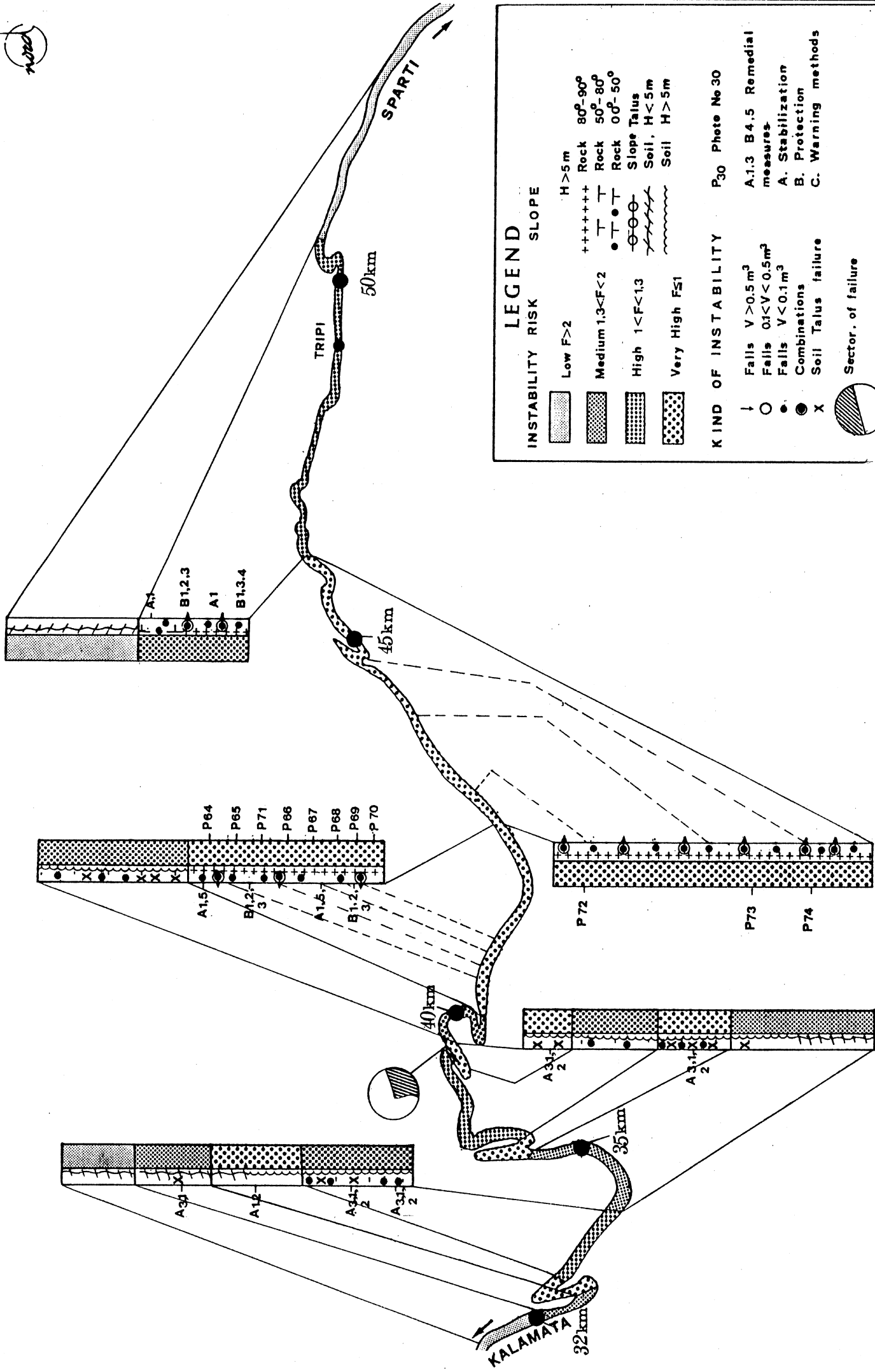
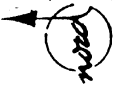
ΣΧ.2 Βαθμός ασταθείας και μέτρα προστασίας των
 πρανών του δρόμου Καλαμάτα-Σπάρτη χιλ.0-30
 Fig.2 Instability risk and control measures in
 the Kalamata-Spartaki road, S Greece 0-30km

LEGEND

INSTABILITY RISK	SLOPE
Low $F > 2$	$H > 5m$
Medium $1.3 < F < 2$	Rock $80^\circ - 90^\circ$
High $1 < F < 1.3$	Rock $50^\circ - 80^\circ$
Very High $F \leq 1$	Rock $0^\circ - 50^\circ$
	Slope Talus
	Soil, $H < 5m$
	Soil, $H > 5m$

KIND OF INSTABILITY

↓	Falls $V > 0.5m^3$	P ₃₀ Photo No 30
○	Falls $0.1 < V < 0.5m^3$	A.1.3 B.4.5 Remedial measures
●	Falls $V < 0.1m^3$	A. Stabilization
⊗	Combinations	B. Protection
X	Soil. Talus failure	C. Warning methods
⊘	Sector of failure	



LEGEND

<p>INSTABILITY RISK</p> <ul style="list-style-type: none"> Low $F > 2$ Medium $1.3 < F < 2$ High $1 < F < 1.3$ Very High $F < 1$ 	<p>SLOPE</p> <ul style="list-style-type: none"> $H > 5m$ Rock $80^\circ - 90^\circ$ Rock $50^\circ - 80^\circ$ Rock $0^\circ - 50^\circ$ Slope Talus Soil, $H < 5m$ Soil $H > 5m$
---	--

<p>KIND OF INSTABILITY</p> <ul style="list-style-type: none"> Falls $V > 0.5m^3$ Falls $0.1 < V < 0.5m^3$ Falls $V < 0.1m^3$ Combinations Soil Talus failure 	<p>Remedial measures</p> <ul style="list-style-type: none"> A.1.3 B.4.5 Remedial measures A. Stabilization B. Protection C. Warning methods
--	--

P30 Photo No 30

Sector . of failure