



ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ (Κλίμακα 1:100.000)

ΕΠΕΞΗΓΗΜΑΤΙΚΟ ΤΕΥΧΟΣ

Δρ. Ε. Λ. Λέκκας, Αν. Καθηγητής
Επιστημονικός Υπεύθυνος

Δρ. Δ. Ι. Παπανικολάου, Καθηγητής

Δρ. Χ. Κράνης, Γεωλόγος
Δρ. Σ. Γ. Λόζιος, Γεωλόγος
Δρ. Ι. Γ. Φουντούλης, Λέκτορας
Ε. Σκούρτσος, Γεωλόγος
Β. Νομικού, Γεωλόγος

**Φύλλο
ΓΡΕΒΕΝΑ**

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

Δρ. Ε. Λ. Λέκκας, Αν. Καθηγητής
Επιστημονικός Υπεύθυνος

Δρ. Δ. Ι. Παπανικολάου, Καθηγητής

Δρ. Χ. Κράνης, Γεωλόγος
Δρ. Σ. Γ. Λόζιος, Γεωλόγος
Δρ. Ι. Γ. Φουντούλης, Λέκτορας
Ε. Σκούρτσος, Γεωλόγος
Β. Νομικού, Γεωλόγος

RESEARCH GROUP

Dr. E. L. Lekkas, As. Professor
Project Leader

Dr. D. J. Papanikolaou, Professor

Dr. Ch. Kranis, Geologist
Dr. S. G. Lozios, Geologist
Dr. J. G. Fountoulis, Lecturer
E. Skourtsos, Geologist
V. Nomikou, Geologist

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

	σελ.
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΓΕΩΛΟΓΙΑ – ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ	10
ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ	36
ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	44
ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	57
ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	83
Βιβλιογραφία	99

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο σεισμός της 13 Μαΐου 1995 μεγέθους 6.6 R είχε σαν αποτέλεσμα την πρόκληση σημαντικών βλαβών στην ευρύτερη περιοχή των νομών Κοζάνης και Γρεβενών με αποτέλεσμα να υπάρξει ένας μεγάλος αριθμός από κοινότητες και οικισμούς που υπέστησαν από ελάχιστες μέχρι και καθολικές καταστροφές, ενώ μικρές σχετικά ζημιές προκλήθηκαν και στις πόλεις της Κοζάνης και των Γρεβενών.

ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΑΝΑΘΕΣΗΣ

Η αποκατάσταση των κοινωνικών και οικονομικών δραστηριοτήτων στην περιοχή και η γενικότερη διαχείριση της καταστροφής είχε σαν πρωταρχικό και κύριο στόχο την ανοικοδόμηση των οικισμών και κοινοτήτων που υπέστησαν καταστροφές και για το λόγο αυτό ο Ο.Α.Σ.Π. σε συνεργασία με το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. προχώρησε στην ανάθεση όλων των απαραίτητων μελετών που περατώθηκαν σε χρόνο “ρεκόρ” (παρουσίαση των αποτελεσμάτων τον Ιούνιο του 1995).

Αν και τα μέχρι σήμερα επιστημονικά δεδομένα παρουσίαζαν την ευρύτερη περιοχή που επλήγη από τους σεισμούς ως “μειωμένης επικινδυνότητας”, ο Ο.Α.Σ.Π. δείχνοντας εξαιρετική “ευαισθησία” στο συγκεκριμένο θέμα, αποφάσισε την συνέχιση των ερευνών στην ευρύτερη περιοχή Κοζάνης-Γρεβενών, με στόχο να διερευνηθούν όλες οι σεισμοτεκτονικές παράμετροι ώστε να επαναπροσδιορισθεί η σεισμική επικινδυνότητα της συγκεκριμένης περιοχής.

Έτσι λοιπόν ανατέθηκε στον Τομέα Δυναμικής Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών η εκπόνηση του εφαρμοσμένου

προγράμματος με τίτλο “ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΦΥΛΛΟ “ΓΡΕΒΕΝΑ” σε κλίμακα 1:100.000, που αποτελεί τμήμα μιας γενικότερης μελέτης που καλύπτει και το φύλλο “ΚΟΖΑΝΗ” (κλίμακα 1:100.000) και εκπονείται σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Οι εργασίες εκπόνησης της έρευνας που θεωρείται το πρώτο και βασικό βήμα στον Αντισεισμικό Σχεδιασμό άρχισαν το 1996 και περατώθηκαν το 1998. Την γενική ευθύνη και το συντονισμό την είχε ο Δρ. Ευθύμιος Λέκκας Επ. Καθηγητής του Πανεπιστημίου Αθηνών, ως Επιστημονικός Υπεύθυνος του Προγράμματος.

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ

Όπως είναι γνωστό, η Ελλάδα αντιμετωπίζει έντονο πρόβλημα από τους σεισμούς. Ιδίως την τελευταία 20ετία όπου η επέκταση πολλών πόλεων έχει προχωρήσει με πολύ γρήγορους ρυθμούς, χωρίς ειδικές μελέτες των περιοχών, με αποτέλεσμα, εκτός από τα ανθρώπινα θύματα, οι καταστροφές να είναι σημαντικές, δημιουργώντας προβλήματα τόσο κοινωνικά όσο και οικονομικά.

Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων και με δεδομένο το ότι είχε γίνει πλέον κατανοητό ότι ο αντισεισμικός σχεδιασμός και η πρόληψη είναι πλέον μια αναγκαιότητα για τον ελληνικό χώρο, ο Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (Ο.Α.Σ.Π.), αποφάσισε ότι η πρώτη βασική δουλειά υποδομής που έπρεπε να γίνει είναι η σύνταξη του ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ σε κλίμακα 1:100.000 (περιλαμβάνει 100 περίπου τοπογραφικά φύλλα της Γ.Υ.Σ.). Μάλιστα για να τονισθεί η σημαντικότητα αυτού του ερευνητικού προγράμματος ο ίδιος ο Ο.Α.Σ.Π. χρηματοδότησε την πρώτη φάση της μελέτης (10 περίπου φύλλα), επιλέγοντας περιοχές μεγάλης σεισμικής επικινδυνότητας.

Η εκπόνηση των χαρτών αυτών ανατέθηκε σε διάφορους επιστημονικούς ερευνητικούς φορείς της χώρας με συγκεκριμένες προδιαγραφές που καθορίστηκαν από ειδική επιτροπή, στην οποία συμμετείχαν επιστήμονες από διάφορους κλάδους που άπτονται του προβλήματος της αντισεισμικής θωράκισης. Φυσικά, χρησιμοποιήθηκε όλη η διεθνής εμπειρία που υπάρχει πάνω στο πρόβλημα αυτό και προέρχεται κυρίως από χώρες που όπως η Ελλάδα παρουσιάζουν οξυμένο σεισμικό πρόβλημα (Κίνα, Ιαπωνία, ΗΠΑ, χώρες πρώην Σοβιετικής Ένωσης).

Τα βασικά στοιχεία που περιλαμβάνει ένας Νεοτεκτονικός Χάρτης είναι τα ακόλουθα:

- Ταξινόμηση και διαχωρισμό των πετρωμάτων της περιοχής, ανάλογα με τις φυσικομηχανικές τους ιδιότητες, δηλαδή αν είναι συμπαγή και συνεκτικά ή αν είναι χαλαρά και αποτελούνται από ασύνδετα μεταξύ τους υλικά, αν παρουσιάζουν ασυνέχειες ή αποτελούν ενιαία μάζα, αν το πάχος τους μεταβάλλεται,...κλπ. Όλα τα χαρακτηριστικά αυτά είναι απαραίτητα για τον καθορισμό του συντελεστή σεισμικής επικινδυνότητας που είναι ένας δείκτης για την αναμενόμενη συμπεριφορά τόσο του εδάφους όσο και των κατασκευών σε περίπτωση σεισμού.
- Ταξινόμηση και διαχωρισμό των ρηγμάτων, τόσο ανάλογα με το μέγεθός

τους (μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες με μεγάλο άλμα και μικρότερα ρήγματα), αλλά κυρίως ανάλογα με την πιθανότητα που υπάρχει είτε να δώσουν κάποιο σεισμό, είτε να ενεργοποιηθούν από κάποιον άλλο. Έτσι διακρίνονται σεισμικά ρήγματα, ρήγματα δηλαδή που είναι γνωστό ότι σχετίζονται και είναι υπεύθυνα για κάποιο σεισμό, ενεργά ρήγματα που τα χαρακτηριστικά τα οποία παρουσιάζουν είναι τέτοια ώστε να αναμένεται να δώσουν στο μέλλον κάποιον σεισμό, πιθανά ενεργά αυτά που υπάρχει μια κάποια πιθανότητα για να ενεργοποιηθούν και τέλος ανενεργά με χαρακτηριστικά που μας επιτρέπουν με βεβαιότητα να λεχθεί ότι δεν πρόκειται να επαναδραστηριοποιηθούν.

- Περιοχές οι οποίες είναι επιρρεπείς σε καταστροφικά φαινόμενα, όπως καταπτώσεις, καθιζήσεις, κατολισθήσεις, ρευστοποιήσεις και τα οποία είναι δυνατό να συμβούν είτε κατά τη διάρκεια της σεισμικής δραστηριότητας είτε μετά.
- Διάφορα άλλα στοιχεία τα οποία είναι δείκτες έντονης σεισμικής δραστηριότητας, όπως επίκεντρα και μεγέθη σεισμών, μετατοπίσεις γραμμών ακτών, ανοδικές και καθοδικές κινήσεις περιοχών, θερμές πηγές, μορφολογικές ανωμαλίες του αναγλύφου (π.χ. έντονες μορφολογικές ασυνέχειες, κατά βάθος διάβρωση, επιφάνειες επιπέδωσης, διαδοχικοί κώνοι κορημάτων κλπ).

Το βασικό στοιχείο των συγκεκριμένων χαρτών είναι το ότι στην ουσία οριοθετούν τις περιοχές που παρουσιάζουν ή θα παρουσιάσουν περισσότερο ή λιγότερο έντονη σεισμική δραστηριότητα από αυτές που φαίνονται σεισμικά ανενεργές και είναι σχετικά ασφαλείς. Ταυτόχρονα διαχωρίζονται και οι περιοχές που από γεωτεχνική άποψη θα παρουσιάσουν κακή μηχανική απόκριση σε περίπτωση σεισμού. Επομένως η προσφορά των χαρτών αυτών στην πολιτεία και το κοινωνικό σύνολο μπορεί να συνοψιστεί στα ακόλουθα:

- Οι πιο σταθερές περιοχές μπορούν να επιλεγούν για την πολεοδομική ανασυγκρότηση, είτε για τη δημιουργία καινούργιων οικισμών ή συγκροτημάτων, είτε για την επέκταση ήδη υπαρχόντων. Φυσικά οι αποκλειόμενες περιοχές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άλλες δραστηριότητες (καλλιέργειες, πάρκα κλπ).
- Μπορούν να επιλεγούν οι κατάλληλοι συντελεστές δόμησης, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά που παρουσιάζει κάθε περιοχή.
- Περιοχές που παρουσιάζονται σεισμικά μη ασφαλείς αποκλείονται για την κατασκευή δημοσίων κτιρίων μεγάλης σπουδαιότητας (σχολεία, νοσοκομεία κλπ), τουριστικών εγκαταστάσεων κλπ.
- Μπορούν να καθοριστούν περιοχές που είναι κατάλληλες για τη δημιουργία βιομηχανικών ζωνών ή πάρκων.
- Μπορούν να αποκλειστούν θέσεις και περιοχές που είναι ακατάλληλες για την κατασκευή τεχνικών έργων, μικρότερης ή μεγαλύτερης σημασίας, όπως φράγματα, σήραγγες, έργα οδοποιίας κλπ.

- Μπορεί να ληφθεί ειδική μέριμνα για την προστασία μνημείων και αρχαιολογικών χώρων, ανάλογα με τη σεισμική επικινδυνότητα που παρουσιάζει η περιοχή που βρίσκονται.
- Μπορούν να προγραμματισθούν ειδικά έργα για την πρόληψη καταστροφικών φαινομένων (καταπτώσεις, καθιζήσεις, κατολισθήσεις κλπ) που συνήθως συνοδεύουν τους σεισμούς.

Έτσι γνωρίζοντας τις σεισμικά μη ασφαλείς περιοχές όπου στο κοντινό ή απώτερο μέλλον αναμένεται σεισμός, μπορούν να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα για την προστασία των κατοικημένων περιοχών με άμεσο στόχο το κόστος, ανθρώπινο και υλικό, να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο. Με βάση τα στοιχεία των Νεοτεκτονικών Χαρτών και για τις συγκεκριμένες περιοχές μπορούν να γίνουν:

- Διερεύνηση της συμπεριφοράς των κατασκευών σε αναμενόμενο σεισμό και να προταθούν μέτρα σε περίπτωση που αυτή κρίνεται μη ικανοποιητική.
- Προτάσεις για συμπληρωματικές προδιαγραφές έργων στην περιοχή καθώς επίσης και προτάσεις για ακόμα περισσότερα εξειδικευμένες μελέτες αντισεισμικής προστασίας σε συγκεκριμένες περιοχές.
- Καταγραφή των προβλημάτων σε σχέση με τις κρίσιμες λειτουργίες της πόλης σε σεισμό και σχεδίαση των απαραίτητων επεμβάσεων για τη μείωση των επιπτώσεών του.
- Βελτίωση της οργανωτικής στάθμης και της επιχειρησιακής ικανότητας των εμπλεκόμενων στα σχέδια έκτακτης ανάγκης για την αντιμετώπιση των σεισμών και σύνταξη τοπικού πρότυπου επιχειρησιακού σχεδίου έκτακτης ανάγκης.

Με όλα τα ανωτέρω γίνεται φανερό ότι ένα μεγάλο μέρος των αναπτυξιακών προγραμμάτων της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης και των διοικητικών και επιχειρησιακών λειτουργιών σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης μπορεί να σχεδιαστεί με βάση αυτούς τους χάρτες που σημειωτέον οι προδιαγραφές τους είναι έτσι διατυπωμένες ώστε να μπορούν να ερμηνευτούν και να αξιολογηθούν από όλους τους επιστήμονες που ασχολούνται με τις ανωτέρω δραστηριότητες (μηχανικοί, αρχιτέκτονες, πολεοδόμοι κλπ.).

Κρίνεται επίσης σκόπιμο να αναφερθεί ότι σε όλες τις χώρες που παρουσιάζουν έντονο σεισμικό πρόβλημα όπως η Ελλάδα, έχει αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό η στρατηγική της αντισεισμικής προστασίας και ήδη εφαρμόζονται συγκεκριμένες προδιαγραφές σε όλες τις δραστηριότητες ώστε να μειωθούν οι επιπτώσεις μελλοντικών σεισμών (π.χ. στην περιοχή του σεισμικού ρήγματος του Αγ. Ανδρέα στην Καλλιφόρνια απαγορεύεται οποιαδήποτε οικοδομική δραστηριότητα σε ορισμένη απόσταση από τη ρηξιγενή ζώνη, στην Ιαπωνία αλλά και αλλού υπάρχουν ειδικά προγράμματα επιχειρησιακής ετοιμότητας για κάθε επαρχία κλπ.).

ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ - ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

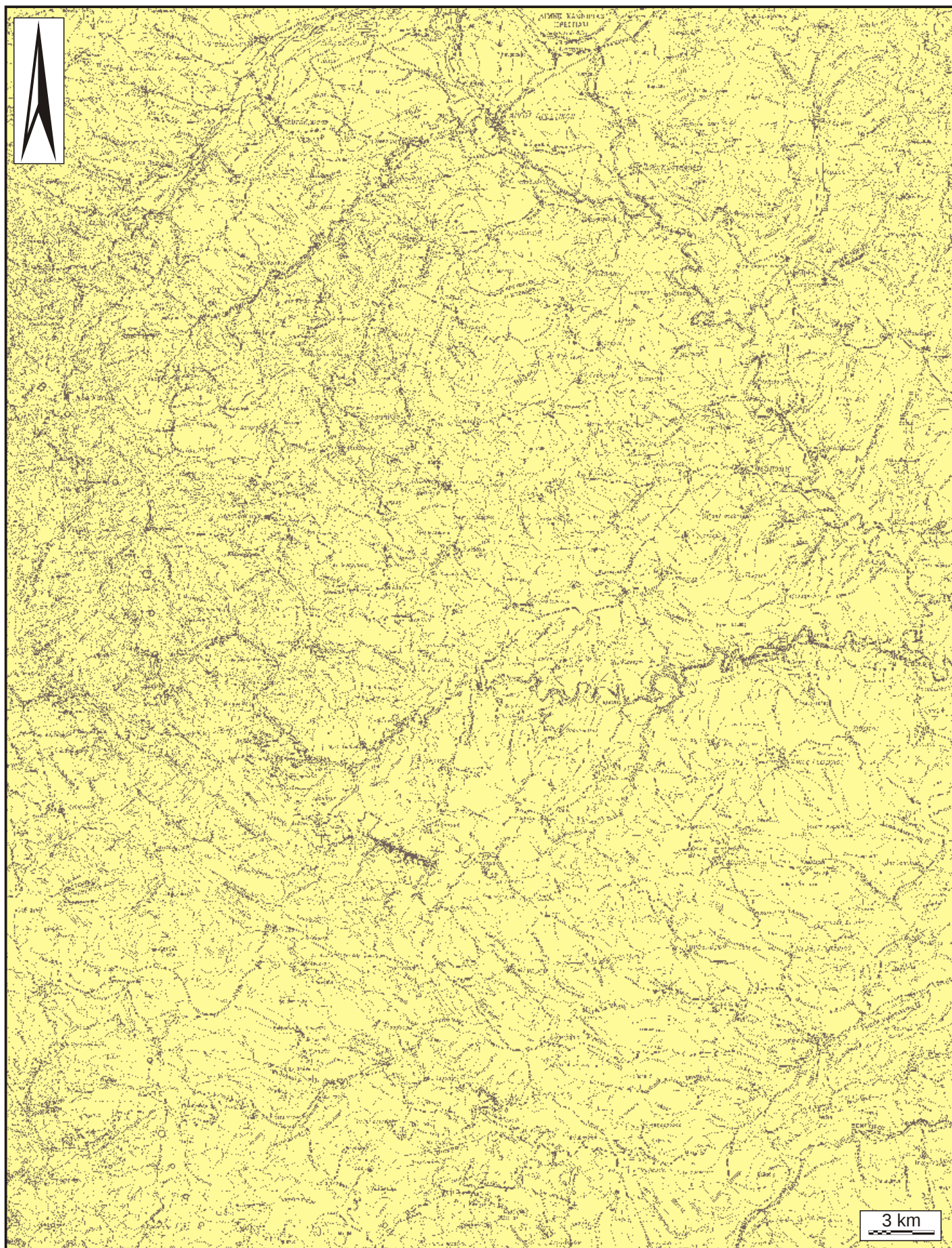
Η περιοχή που μελετήθηκε αντιστοιχεί στο χώρο που καταλαμβάνει το τοπογραφικό φύλλο της Γ.Υ.Σ. “ΓΡΕΒΕΝΑ” σε κλίμακα 1:100.000, περιλαμβάνει τμήμα του Νομού Γρεβενών και του Νομού Καστοριάς και οριοθετείται ανατολικά περίπου από την πόλη των Γρεβενών, δυτικά από το Επταχώριο, βόρεια από το νότιο περιθώριο της λίμνης της Καστοριάς και νότια από το Σπήλαιο και την κορυφή του Όρλιακα (Εικ. 1). Η εκπόνηση του Νεοτεκτονικού Χάρτη έγινε σε κλίμακα 1:50.000 ενώ η παρουσίαση σε κλίμακα 1:100.000, όπως και οι υπόλοιποι Νεοτεκτονικοί Χάρτες οι οποίοι έχουν παρουσιασθεί για τον ελληνικό χώρο.

Από γεωτεκτονική άποψη η περιοχή τοποθετείται στο κεντρικό τμήμα της μολασσικής λεκάνης της Μεσοελληνικής Αύλακας, χώρος που με βάση την σημερινή δομή του ελληνικού τόξου ανήκει στην οπισθοχώρα. Εκτός από τα μολασσικά ιζήματα περιλαμβάνει και σχηματισμούς του αλπικού υποβάθρου που καθορίζουν τόσο το ΒΑ (ενόητες Αλμωπίας και Καστοριάς) όσο και το ΝΔ (ενότητα Πίνδου) περιθώριο της λεκάνης (Εικ. 2).

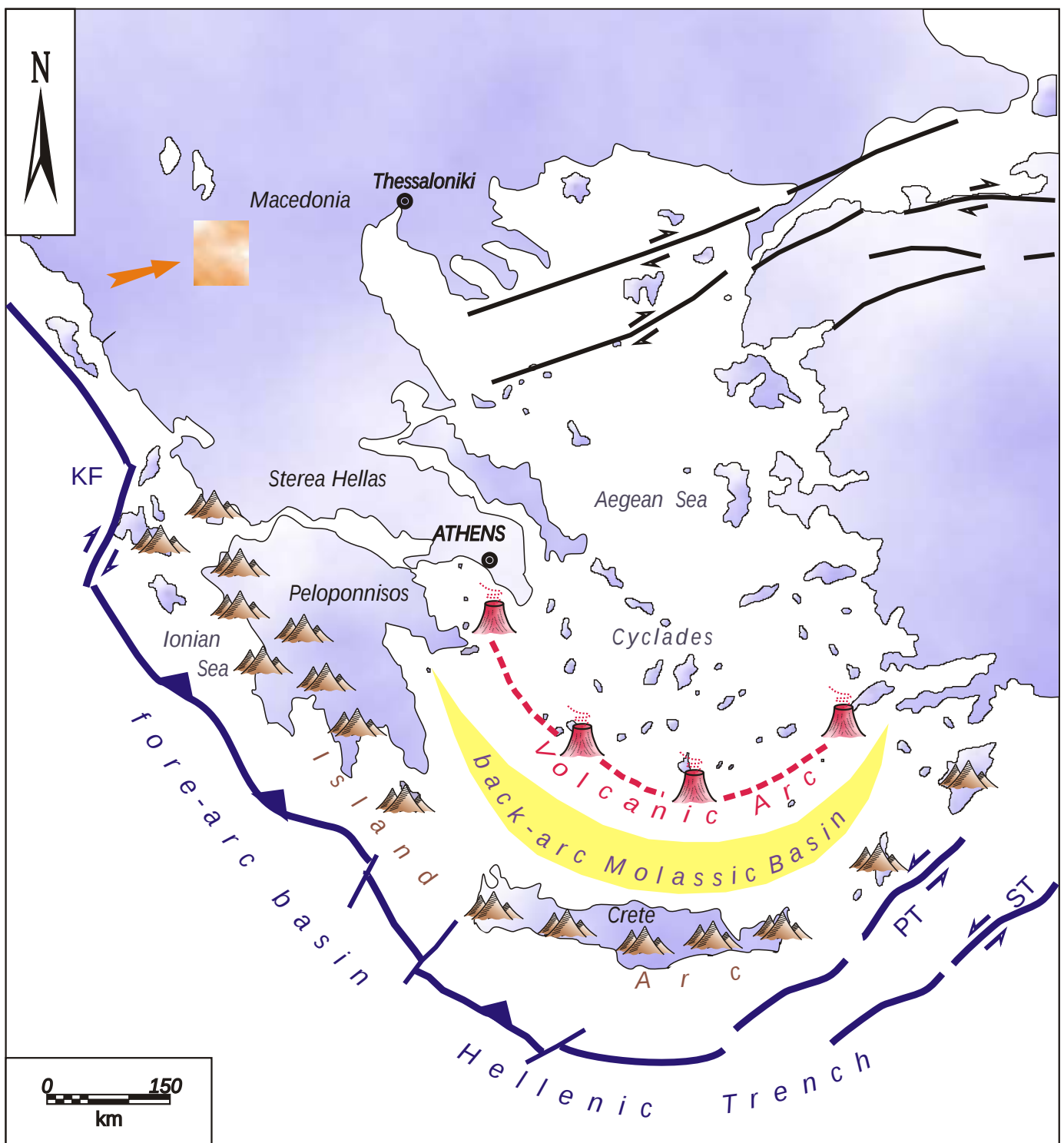
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ

Έχοντας υπόψη αφ'ενός ότι η νεοτεκτονική παραμόρφωση του Ελλαδικού χώρου παρουσιάζει μια σημαντική ιδιομορφία που δεν επιτρέπει τη χωρίς κρίση εφαρμογή των γνωστών μεθόδων και τρόπων προσέγγισης του προβλήματος και αφ'ετέρου δεν υπάρχει διεθνώς καθιερωμένη και γενικά αποδεκτή μεθοδολογία, για την εκπόνηση του Νεοτεκτονικού Χάρτη έγιναν τα ακόλουθα:

- Συγκέντρωση όλων των διαθέσιμων στοιχείων και πληροφοριών που αφορούσαν την υπό μελέτη περιοχή από γεωλογική, σεισμολογική, τεχνικογεωλογική και υδρογεωλογική άποψη όπως επιστημονικές δημοσιεύσεις, μελέτες, γεωλογικοί χάρτες, αεροφωτογραφίες, δορυφορικές εικόνες, κλπ.
- Ένας πρώτος διαχωρισμός και αξιολόγηση των στοιχείων αυτών με βάση τις χρήσιμες πληροφορίες που προσέφεραν για το νεοτεκτονικό χάρτη.
- Μελέτη των αεροφωτογραφιών διαφόρων κλιμάκων σε συνδυασμό με τα υφιστάμενα στοιχεία.
- Εργασία υπαίθρου και κατασκευή ενός πρώτου νεοτεκτονικού χάρτη με στόχο τον εντοπισμό περιοχών με ιδιαίτερο νεοτεκτονικό ενδιαφέρον.
- Συλλογή μετρήσεων και όλων των απαραίτητων συμπληρωματικών στοιχείων για την κατανόηση της γεωδυναμικής εξέλιξης της περιοχής.



Ευκ. Ε-1. Τοπογραφικός χάρτης της περιοχής του φύλλου Γρεβενά.



Εικ. Ε-2. Γεωτεκτονική θέση της περιοχής του φύλλου Γρεβενά.

- Επεξεργασία των δεδομένων στο εργαστήριο με κλασσικές μεθόδους αλλά και με τη βοήθεια Η/Υ και σύγχρονου λογισμικού που αφορά είτε σε γνωστά "πακέτα" της αγοράς είτε έχει αναπτυχθεί από τον Τομέα μας.
- Κατασκευή ενός χάρτη με μορφοτεκτονικά στοιχεία.
- Συνεκτίμηση μορφοτεκτονικών στοιχείων, τεκτονικών στοιχείων και στοιχείων από γεωφυσικές και γεωτρητικές εργασίες.
- Κατασκευή του νεοτεκτονικού χάρτη με βάση τα προηγούμενα στοιχεία και περαιτέρω εργασία υπαίθρου.
- Συγκέντρωση σεισμολογικών στοιχείων για την κατανόηση των νεοτεκτονικών διεργασιών.
- Μελέτη σεισμικότητας και σεισμικής επικινδυνότητας.
- Συγκέντρωση και αξιολόγηση τεχνικογεωλογικών στοιχείων και με βάση τις παρατηρήσεις και μετρήσεις υπαίθρου.
- Τελική παρουσίαση των αποτελεσμάτων ανά θεματική ενότητα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Τα πορίσματα της έρευνητικής αυτής προσπάθειας παρουσιάζονται στα επόμενα κεφάλαια που είναι τα ακόλουθα:

Κ ε φ ά λ α ι ο 1 : "ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ". Περιγράφεται η γεωλογική δομή της περιοχής και τα χαρακτηριστικά των επί μέρους σχηματισμών που έχουν διακριθεί για τις ανάγκες του Νεοτεκτονικού Χάρτη.

Κ ε φ ά λ α ι ο 2 : "ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ". Περιγράφονται και αναλύονται, ποσοτικά και ποιοτικά, όλες οι γεωμορφολογικοί παράμετροι της περιοχής του φύλλου και με ιδιαίτερη έμφαση εκείνες που αποτελούν στοιχεία-δείκτες για την κατανόηση της νεοτεκτονικής δομής και εξέλιξης της περιοχής.

Κ ε φ ά λ α ι ο 3 : "ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ". Αναφέρονται όλα τα υφιστάμενα σεισμολογικά στοιχεία για την ευρύτερη περιοχή, με ιδιαίτερη έμφαση στα αναμενόμενα σεισμολογικά μεγέθη που προκύπτουν από την επεξεργασία τους.

Κ ε φ ά λ α ι ο 4 : "ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ". Περιγράφονται τα τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά των σχηματισμών που περιλαμβάνονται στο "Νεοτεκτονικό Χάρτη" με ιδιαίτερη έμφαση στη συμπεριφορά τους κάτω από την σεισμική φόρτιση και την ταξινόμησή τους σύμφωνα με τον νέο Αντισεισμικό Κώδικα.

Κ ε φ ά λ α ι ο 5 : "ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ". Αναλύονται τα τεκτονικά και μορφοτεκτονικά χαρακτηριστικά της περιοχής με έμφαση στη διάκριση των ρηγμάτων και στόχο τον εντοπισμό των ενεργών ή σεισμικών ρηξιγενών ζωνών. Στη συνέχεια αναλύονται τα κινηματικά και δυναμικά χαρακτηριστικά των νεοτεκτονικών δομών και περιγράφεται η νεοτεκτονική εξέλιξη της περιοχής.

Κεφάλαιο 1

ΓΕΩΛΟΓΙΑ - ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ

Στη γεωλογική δομή της περιοχής μελέτης συμμετέχουν κατά κύριο λόγο τα μολασσικά ιζήματα της ΜΕΣΟΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΥΛΑΚΑΣ καθώς και νεότερης ηλικίας πλειοτεταρτογενείς μεταλπικοί σχηματισμοί. Σε μικρότερο ποσοστό, στο ΒΑ και ΝΔ περιθώριο του φύλλου, εμφανίζονται σχηματισμοί του αλπικού (ή και προ-αλπικού) υποβάθρου που αντιπροσωπεύονται τόσο από μεταμορφωμένα όσο και μη μεταμορφωμένα πετρώματα.

Στη συνέχεια, θα περιγραφούν αναλυτικά όλοι οι σχηματισμοί, όπως εμφανίζονται στην περιοχή μελέτης από τους ανώτερους προς τους κατώτερους, βασιζόμενοι σε υπαίθριες παρατηρήσεις, στους υπάρχοντες γεωλογικούς χάρτες και στις διάφορες εργασίες που παρατίθενται αναλυτικά στο κεφάλαιο της βιβλιογραφίας και από τις οποίες σημαντικότερες είναι των: BRUNN (1956), AUBOUIN (1959, 1965), DESPRAIRIES (1979), SOLIMAN & ZYGOLIANIS (1980), ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & συν. (1988), JONES (1990) και WILSON (199?). Στον πίνακα της επόμενης σελίδας παρουσιάζεται σχηματικά η δομή των μεταλπικών και μολασσικών σχηματισμών καθώς και των αλπικών ή προαλπικών ενοτήτων, που δομούν τα δύο περιθώρια της αύλακας.

Επισημαίνεται ότι, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Υπομνήματος του Οργανισμού Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (Ο.Α.Σ.Π.), η ταξινόμηση, διάκριση και ομαδοποίηση των γεωλογικών σχηματισμών, για τις ανάγκες του Νεοτεκτονικού Χάρτη, βασίσθηκε τόσο σε γεωλογικά και τεκτονικά κριτήρια, όσο και σε τεχνικογεωλογικά όπου δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στην αναμενό-

A. ΠΛΕΙΟ-ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΙΣ ΜΕΤΑΛΠΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

- 1) Αλλουβιακές αποθέσεις (Ολόκαινο)
- 2) Σύγχρονα πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων (Ολόκαινο)
- 3) Παλαιότερα πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων (Τεταρτογενές)
- 4) Αποθέσεις παγετώνων (Τεταρτογενές)
- 5) Παλαιές χερσαίες αποθέσεις σε μορφή αναβαθμίδων (Τεταρτογενές)
- 6) Λιμναίες και ποτάμιες αποθέσεις (Πλειο-Τεταρτογενές)

B. ΜΟΛΑΣΣΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

- 7) Σχηματισμός Όντρια (Βουρδιγάλιο-Τορτόνιο)
- 8) Σχηματισμός Τσοτυλίου (Α.Ακουϊτάνιο-Βουρδιγάλιο)
- 9) Σχηματισμός Πενταλόφου (Σάττιο-Ακουϊτάνιο)
- 10) Σχηματισμός Επταχωρίου (Στάμπιο-?Σάττιο)
- 11) Τεκτονοϊζηματογενής σχηματισμός βάσης με ρηξιτεμάχη-ολισθολίθους (?Κάτω-Μέσο Ολιγόκαινο)

Γ. ΑΛΠΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

ΕΝΟΤΗΤΑ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

- 12) Ασβεστόλιθοι επίκλυσης (Άνω Κρητιδικό)

ΕΝΟΤΗΤΑ ΟΦΙΟΛΙΘΩΝ ΑΞΙΟΥ

- 13) Οφιόλιθοι (ηλικία τοποθέτησης Άνω Ιουρασικό - Κάτω Κρητιδικό)

ΕΝΟΤΗΤΑ ΑΛΜΩΠΙΑΣ

- 14) Κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι και μάρμαρα (Άνω Τριαδικό - ?Ιουρασικό)

ΕΝΟΤΗΤΑ ΟΦΙΟΛΙΘΩΝ ΒΟΡΕΙΑΣ ΠΙΝΔΟΥ

- 15) Οφιόλιθοι (ηλικία τοποθέτησης Μέσο-Ανώτερο Ηώκαινο)
- 16) Τεκτονικά οφιολιθικά λατυποπαγή
- 17) Τεκτονικό melange με ρηξιτεμάχη

ΕΝΟΤΗΤΑ ΠΙΝΔΟΥ

- 18) Φλύσχης (Άνω Κρητιδικό - Μέσο Ηώκαινο)

Δ. (?)ΠΡΟΑΛΠΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

ΕΝΟΤΗΤΑ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ

- 19) Σχιστόλιθοι και χαλαζίτες (?Κάτω Παλαιοζωϊκό)

μενη συμπεριφορά των σχηματισμών από μηχανική άποψη (ιδίως κατά τη διάρκεια κάποιου σεισμού). Έτσι οι σχηματισμοί ομαδοποιήθηκαν και διακρίθηκαν στους εξής:

ΠΛΕΙΟ-ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΙΣ ΜΕΤΑΛΠΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Γενικά

Εντοπίζονται αποκλειστικά κατά μήκος του δυτικού και βόρειου περιθωρίου του φύλλου ακολουθώντας σε διάταξη τον Αλιάκμονα Ποταμό και τους μεγαλύτερους παραποτάμους του. Αντιπροσωπεύονται κυρίως από αλλουβιακές αποθέσεις, πλευρικά κορήματα και κώνους κορημάτων, χερσαίες αναβαθμίδες και λιμναίες αποθέσεις.

Αλλουβιακές αποθέσεις

Αναπτύσσονται κυρίως στο δυτικό και βόρειο τμήμα του φύλλου κατά μήκος της κοίτης του Αλιάκμονα ποταμού και των μεγαλύτερων παραποτάμων. Σχηματίζουν ζώνες με διευθύνσεις ΒΒΔ-ΝΝΑ και ΒΑ-ΝΔ και πλάτους από μερικές δεκάδες μέτρα (κυρίως προς τα ανάντη στους μικρότερης τάξης κλάδους, εκεί όπου η λιθολογία αποτελείται από σκληρά πετρώματα και εκεί όπου επικρατεί η κατά βάθος διάβρωση) μέχρι και περισσότερο από 2 χιλιόμετρα (κυρίως στις πεδινές εκτάσεις, στις περιπτώσεις που αναπτύσσονται μαίανδροι ή συμβάλλουν οι παραπόταμοι με το κυρίως ρεύμα του Αλιάκμονα).

Άλλη μια σημαντική έκταση που καλύπτεται από αντίστοιχες αποθέσεις αποτελεί και το πεδινό τμήμα που αναπτύσσεται ΝΝΑ από τη λίμνη της Καστοριάς μέχρι τους ορεινούς όγκους του υποβάθρου στο ΒΑ τμήμα του φύλλου. Αντιπροσωπεύουν σύγχρονες προσχώσεις και συνίστανται κυρίως από ασύνδετα και χαλαρά υλικά, κροκάλες, λατύπες και χάλικες ποικίλου μεγέθους, άμμους, αργίλους και ιλύες.

Σύγχρονα και παλαιά πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων

Παρουσιάζουν σχετικά μικρή ανάπτυξη και εντοπίζονται σε συγκεκριμένες μόνο θέσεις, στο ορεινό κυρίως τμήμα του χάρτη και στις περιοχές με έντονο ανάγλυφο που δομούνται σχεδόν αποκλειστικά από αλπικά ή προαλπικά πετρώματα. Αντίθετα στις περιοχές όπου αναπτύσσονται μολασικοί ή νεότερης ηλικίας πλειο-τεταρτογενείς σχηματισμοί -που χαρακτηρίζονται από πιο ήπιο ανάγλυφο- τις περισσότερες φορές απουσιάζουν ή αναπτύσσονται τοπικά καταλαμβάνοντας πολύ περιορισμένη έκταση.

Αντιπροσωπεύουν διαφορετικές γενεές που αναπτύσσονται διαδοχικά, υπερκαλύπτοντας η μία την άλλη, είτε στον ίδιο είτε σε διαφορετικούς χώρους. Τα παλαιότερης ηλικίας είναι συνήθως περισσότερο συνεκτικά, πολύμεικτα και συγκολλημένα μεταξύ τους με αργιλικό συνήθως συνδετικό υλικό. Αντίθετα τα σύγχρονα πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων είναι τελείως χαλαρά, συνήθως μονόμεικτα και αποτελούνται από ασύνδετα μεταξύ τους υλικά ποικίλου μεγέθους.

Στον ορεινό όγκο που αναπτύσσεται στο ΒΑ τμήμα του χάρτη και στα ανάντη των κοινοτήτων των Αμπελοκήπων, του Νέου Κωσταραζίου, του Βογατσικού και του ρέματος του Πόρου αναπτύσσονται σύγχρονα και παλαιά πλευρικά κορήματα που αποτελούνται σχεδόν αποκλειστικά από ανθρακικά πετρώματα. Αντίθετα ανατολικότερα, στην ευρύτερη περιοχή των κοινοτήτων του Σισαννίου, του Δρυοβουνίου και του Πελεκάνου τα πλευρικά κορήματα είναι πολύμεικτα με κύρια συμμετοχή μεταμορφωμένων πετρωμάτων όπως σχιστόλιθοι, χαλαζίτες, δολερίτες, σιπολίνες, μάρμαρα κλπ.

Στο βόρειο τμήμα του χάρτη και στα νότια πρηνή του ορεινού όγκου που αναπτύσσεται στις ΝΔ όχθες της λίμνης της Καστοριάς εμφανίζονται πολύμεικτα πλευρικά κορήματα με συμμετοχή κυρίως οφιολιθικών λατύπων -ποικίλου μεγέθους- αλλά και μαρμάρων ή κρυσταλλικών ασβεστολίθων.

Στο νότιο τμήμα του φύλλου και στις βόρειες απότομες κλιθείς του ορεινού εξάρματος του Όρλιακα αναπτύσσονται σύγχρονα πλευρικά κορήματα που συνίστανται από ασύνδετες μεταξύ τους ανθρακικές λατύπες με μέγεθος από λίγα εκατοστά μέχρι ογκολίθους της τάξης των 1-2 μέτρων ή και ακόμα περισσότερο.

Τέλος, πολύμεικτα ή μονόμεικτα κατά περίπτωση πλευρικά κορήματα, αποτελούμενα συνήθως από οφιολιθικές, ψαμμιτικές και σπανιότερα ανθρακικές λατύπες, αναπτύσσονται σε τοπικό επίπεδο σε όλη την ορεινή έκταση του ΝΔ τμήματος του χάρτη που δομείται από τους αλπικούς σχηματισμούς την ενότητα της Πίνδου.

Αποθέσεις παγετώνων

Εμφανίζονται σε περιορισμένες θέσεις στην ορεινή περιοχή του ΝΔ τμήματος του φύλλου και αντιπροσωπεύουν σήμερα μεμονωμένες εμφανίσεις με μεγαλύτερη αυτή που αναπτύσσεται στα ανάντη της κοινότητας της Σμίξης. Συνίστανται από κροκαλολατύπες διαμέτρου από 5-10 εκατοστά μέχρι και 0,5 μέτρα που αποτελούνται σχεδόν αποκλειστικά από οφιολιθικά υλικά και σπανιότερα ανθρακικά. Η συγκέντρωση και ο αριθμός των κροκαλών μεταβάλλονται από θέση σε θέση, το συνδετικό υλικό είναι συνήθως αργιλικό και η συνεκτικότητα δεν είναι πολύ μεγάλη αφού σε γενικές γραμμές τα κροκαλοπαγή αυτά παρουσιάζουν ένα σχετικά χαλαρό χαρακτήρα.

Παλαιές χερσαίες αποθέσεις

Εντοπίζονται σχεδόν αποκλειστικά στο βόρειο τμήμα του φύλλου και αναπτύσσονται κυρίως κατά μήκος του ποταμού Αλιάκμονα αλλά και των παραποτάμων του. Εμφανίζονται με τη μορφή αναβαθμίδων που την κύρια ανάπτυξή τους παρουσιάζουν στο εσωτερικό των μαιάνδρων των ποταμών.

Στην πεδινή περιοχή νότια της λίμνης της Καστοριάς, από την κοινότητα του Χιλιόδενδρου μέχρι νότια από την κωμόπολη του Άργους Ορεστικού, καταλαμβάνουν σχετικά μεγάλες εκτάσεις εκατέρωθεν του ποταμού Αλιάκμονα, του παραποτάμου του Βέλα, αλλά και των μικρότερων ρευμάτων που συμβάλλουν σ' αυτούς.

Αντίθετα, νοτιότερα, από το Νέο Κωσταράζιο και μέχρι τη συμβολή του Αλιάκμονα με τον παραπόταμό της Πραμορίτσας, οι εμφανίσεις είναι μεμονωμένες και αναπτύσσονται σε υπολειμματικές μορφές εκατέρωθεν του Αλιάκμονα που σχηματίζει πολλούς μαιάνδρους στο τμήμα αυτό της διαδρομής του.

Αποτελούνται κύρια από μάργες, αργίλους και χαλαρά πολύμεικτα κροκαλοπαγή με πολύ μικρό μέγεθος κροκαλών. Το πάχος των αναβαθμίδων ποικίλει και σε ορισμένες θέσεις φτάνει τα 3 μέτρα. Επικάθηνται ασύμφωνα κυρίως πάνω στους μολασσικούς σχηματισμούς του Τσοτυλίου και της Όντριας, ενώ με τον επόμενο σχηματισμό των "λιμναίων και ποτάμιων αποθέσεων" η σχέση τους ποικίλλει αφού είτε παρουσιάζονται υπερκείμενοι αυτών (στο σύνολό τους ή τα ανώτερα μέλη τους) είτε μεταβαίνουν πλευρικά ο ένας στον άλλο.

Η ηλικία των αναβαθμίδων αυτών είναι δύσκολο να προσδιορισθεί επακριβώς. Με δεδομένο ότι φαίνεται να έχουν περισσότερα κοινά χαρακτηριστικά με τις πλειο-τεταρτογενείς ποταμολιμναίες αποθέσεις ενώ ταυτόχρονα παρουσιάζονται, με τα ανώτερα τους μέλη τουλάχιστον, υπερκείμενες αυτών, μπορεί να τους δοθεί μια γενική τεταρτογενής ηλικία.

Λιμναίες και ποτάμιες αποθέσεις

Οι αποθέσεις αυτές καταλαμβάνουν μεγάλες εκτάσεις στο ανατολικό τμήμα του χάρτη σε μία ζώνη με γενική διεύθυνση Β-Ν. Αντιπροσωπεύουν αποκλειστικά χερσαίες και λιμναίες φάσεις αν και ο ELTGEN (1986) αναφέρει ότι τμήμα αυτών των αποθέσεων στο χωριό Κλήμα και στη ευρύτερη περιοχή της κωμόπολης της Νεάπολης είναι θαλάσσιας φάσης και ανω-πλειοκαινικής ηλικίας.

Αναπτύσσονται, συνήθως με τη μορφή αναβαθμίδων, εκατέρωθεν του ποταμού Αλιάκμονα και των παραποτάμων του Βενέτικου, Γρεβενιώτικου, Πραμορίτσα, Μυρίχου και Πόρου, από τα νότια προς τα βόρεια. Σε μικρότερες υπολειμματικές εμφανίσεις εντοπίζονται και βορειότερα, νοτιοδυτικά της λίμνης της Καστοριάς στον άνω ρου του Αλιάκμονα ποταμού.

Επικάθηνται ασύμφωνα συνήθως πάνω στους μολασσικούς σχηματισμούς του Τσοτυλίου και του Πενταλόφου αλλά και πάνω στους αλπικούς ή προαλπικούς σχηματισμούς του υποβάθρου. Το πάχος τους μεταβάλλεται από θέση σε θέση ενώ κατά μήκος της Πραμορίτσας και του Γρεβενιώτικου (όπου και η κύρια εμφάνιση του σχηματισμού) υπολογίζεται να είναι της τάξης των 100 μέτρων.

Αποτελούνται κύρια από χαλαρούς ψαμμίτες και πολύμεικτα κροκαλοπαγή με κροκάλες μικρού μεγέθους, ερυθρές και υποπράσινες αργίλους και άμμους. Λιθολογικά μοιάζουν αρκετά με τους μολασσικούς σχηματισμούς, διακρίνονται όμως από τις πολύ μικρές κλίσεις των στρωμάτων τους (σχεδόν οριζόντια), από τον μικρότερο βαθμό συνεκτικότητάς τους και τις μεγάλες σχεδόν οριζόντιες επιφάνειες επιπέδωσης που δημιουργούνται στις αποθέσεις αυτές, σε αντίθεση με τις κεκλιμένες επιφάνειες που δημιουργούνται στους μολασσικούς σχηματισμούς.

ΜΟΛΑΣΣΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Γενικά

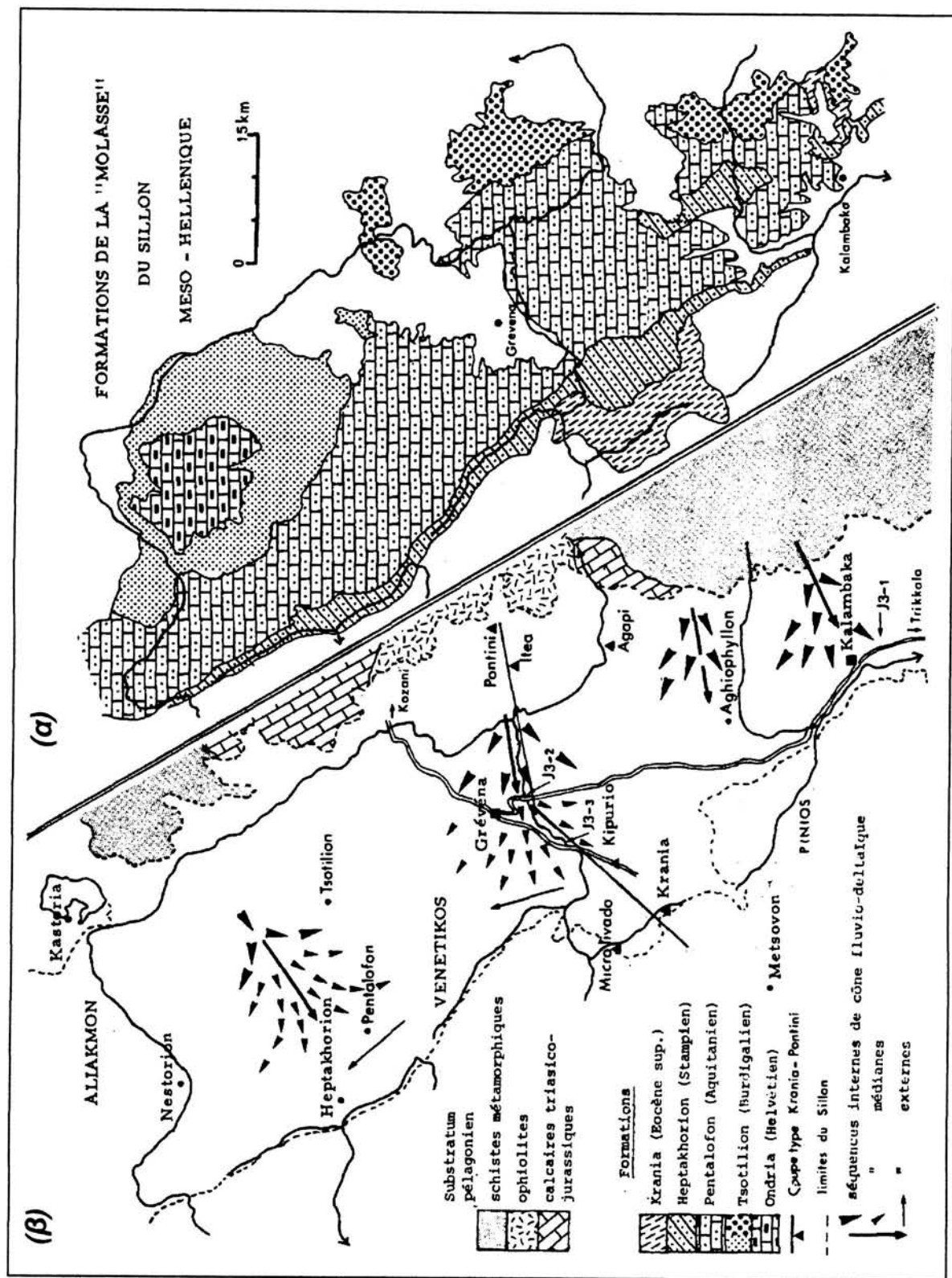
Η μολασσική λεκάνη της Μεσοελληνικής αύλακας συνιστά ένα στενό και επίμηκες βύθισμα που εκτείνεται σε ένα μήκος μεγαλύτερο από 130 χιλιόμετρα από την Αλβανία μέχρι τη θεσσαλική πεδιάδα (BOURCART 1922), απ' όπου και προεκτείνεται προς τα ΝΔ μέχρι την ενότητα Παρνασσού-Γκιώνας (ΜΠΟΡΝΟΒΑΣ 1960) και προς τα ΝΑ μέχρι την Όθρυ (ΜΑΡΙΝΟΣ 1960). Σύμφωνα με τις παλαιότερες απόψεις είχε θεωρηθεί ως μία εσωτερική λεκάνη των ελληνίδων που ακολούθησε παθητικά το τέλος του αλπικού κύκλου με τον ειδικότερο χαρακτηρισμό του υστεροτεκτονικού σταδίου (AUBOUIN 1959, 1974)

Τα νεώτερα όμως δεδομένα, κάτω από το πρίσμα της ερμηνείας της παλαιογεωδυναμικής εξέλιξης της λεκάνης με βάση τη θεωρία των τεκτονικών πλακών (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν. 1988), μας αποκαλύπτουν ότι για το διάστημα από το Ολιγόκαινο μέχρι το Κατώτερο Μειόκαινο αυτή λειτούργησε σαν μια οπισθοτάφρος πίσω από το τότε νησιωτικό τόξο, που περιελάμβανε την Πίνδο, την ενότητα Δυτικής Θεσσαλίας και το κάλυμμα των οφιολίθων της Βόρειας Πίνδου, ενώ κατά την ίδια περίοδο λειτουργούσε δυτικότερα η τάφρος με φλυσχογένεση στο χώρο της Ιόνιας και του Γαβρόβου στο σύγκλινο Ηπείρου-Ακαρνανίας (Εικ. 1-3).

Η λεκάνη αυτή είναι πληρωμένη με θαλάσσια ιζήματα που αποτέθηκαν από το Ανώτερο Ηώκαινο μέχρι και το Μέσο Μειόκαινο (Ελβέτιο). Ο BRUNN (1956) είναι ο πρώτος που με λεπτομέρεια και συστηματικότητα διαχώρισε και περιέγραψε τις διάφορες σειρές των ιζημάτων που το συνολικό τους πάχος αρχικά φαίνεται να υπερβαίνει τα 5.000 μέτρα. Νεώτερες απόψεις που διατυπώνονται όμως με βάση την ιζηματολογική ανάλυση των αποθέσεων και την εξακρίβωση των πλευρικών λιθοστρωματογραφικών σχέσεων των επιμέρους ακολουθιών (DESPRAIRIES 1976, 1979), θεωρούν ότι το συνολικό πάχος δεν πρέπει να υπερβαίνει στην πραγματικότητα τα 3.000 μέτρα και η αντίθετη εικόνα που δίνεται είναι το αποτέλεσμα της ύπαρξης διαδοχικών παλαιοκόνων σε παλαιοδελταϊκές αποθέσεις (Εικ. 1-2), με ανάπτυξη ψαμμιτοκροκαλοπαγών φάσεων κατά μήκος του ανατολικού περιθωρίου και με κύρια έως αποκλειστική τροφοδοσία τους από τα μεταμορφωμένα πετρώματα της Πελαγονικής (s.l.).

Η όλη παλαιογεωγραφική εξέλιξη της λεκάνης καθορίζει στην ουσία το είδος των ιζημάτων που σχηματίζονται στη διάρκεια της λειτουργίας της με τη γενική διαπίστωση ότι κατά την έναρξη της δημιουργίας της λεκάνης στο Ανώτερο Ηώκαινο - Ολιγόκαινο, παρατηρείται μια έντονη ανησυχία που συνοδεύεται από δημιουργία φάσεων με ολισθολίθους και ανορθωμένα στρώματα κατά μήκος του δυτικού περιθωρίου, ενώ από το τέλος του Ολιγοκαίνου παρατηρείται μια σταδιακή εξομάλυνση και ηρεμία μέχρι το Μέσο-Ανώτερο Μειόκαινο οπότε και κλείνει η ιζηματογενής ιστορία της λεκάνης με υφαλογενείς μαργαϊκούς ασβεστόλιθους (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν. 1988).

Πρέπει επίσης να τονισθεί ότι η παλαιογεωγραφική εξέλιξη της λεκάνης δεν είναι ενιαία για το σύνολο της Μεσοελληνικής αύλακας -τόσο σε μια τομή από το δυτικό προς το ανατολικό



Εικ. 1-2. (α): Οι σχηματισμοί της Μεσοελληνικής αύλακας όπως αρχικά ομαδοποιήθηκαν από τον BRÜNN (1956) και (β): Παλαιογεωγραφική αναπαράσταση της Μεσοελληνικής αύλακας κατά το Ακουϊάνιο από τον DESPRAIRES (1976).

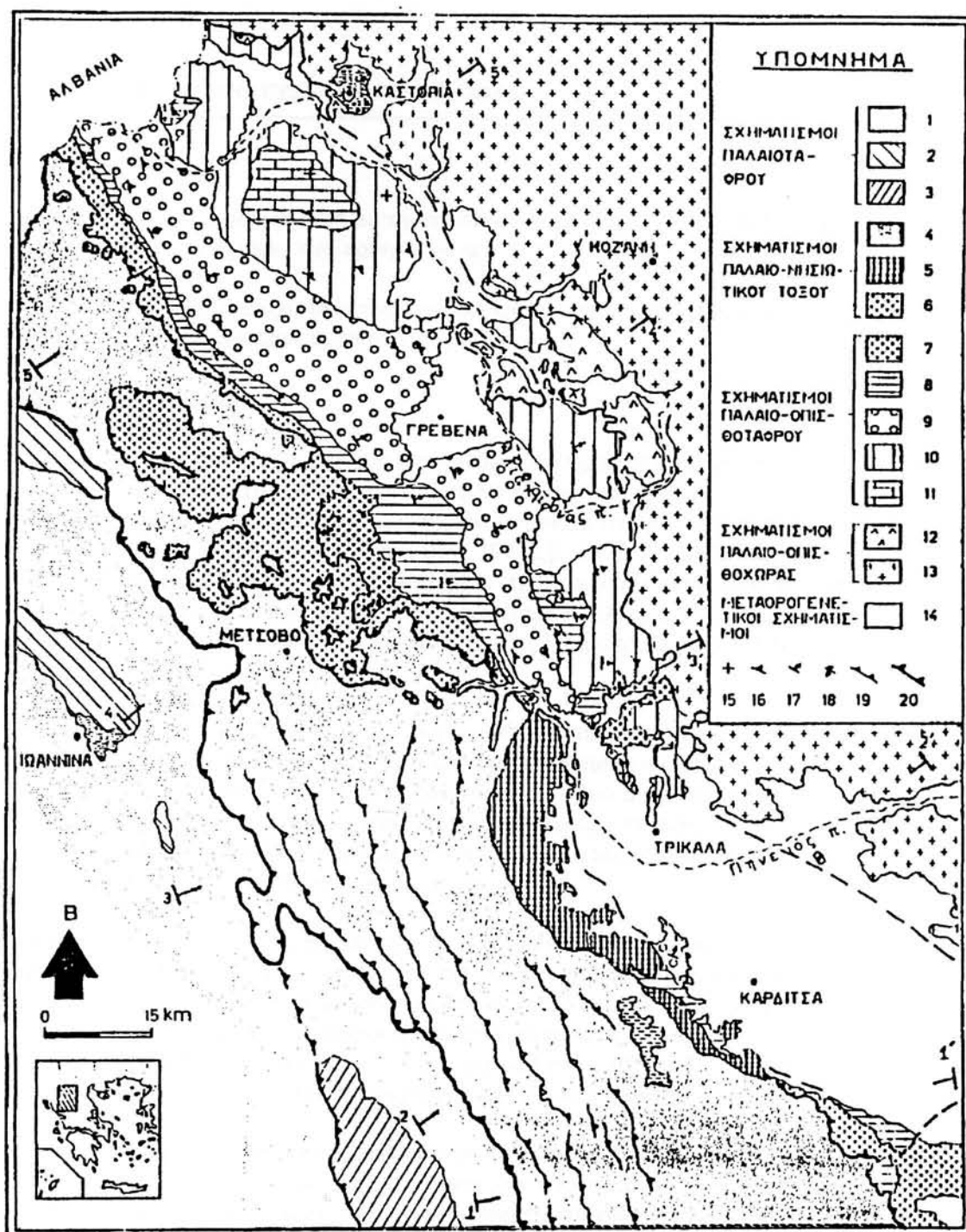
περιθώριο όσο και σε τομή από τα ΒΒΔ προς τα ΝΝΑ- αφού όπως φανερώνουν (BRUNN 1956, DESPRAIRIES 1976, 1979, ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & ΣΙΔΕΡΗΣ 1977, ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ 1986):

- οι επί μέρους στρωματογραφικές στήλες που διαφοροποιούνται σημαντικά από περιοχή σε περιοχή,
- η προέλευση και τροφοδοσία του κλαστικού υλικού κύρια από το ανατολικό περιθώριο και σε μικρότερο βαθμό από το δυτικό,
- η γεωμετρία των ενδομολασσικών ασυμφωνιών που φανερώνει μια μετανάστευση των ενδομολασσικών λεκανών (από τις αρχαιότερες προς τις νεώτερες) από τα δυτικά προς τα ανατολικά στο κεντρικό και βόρειο τμήμα και το αντίθετο στο νότιο και
- η κατανομή των κλίσεων των στρωμάτων με γενικές κλίσεις προς τα ΒΑ που μειώνονται σταδιακά μέχρι να γίνουν σχεδόν οριζόντιες όσο μεταβαίνουμε από το δυτικό προς το ανατολικό περιθώριο και από τα αρχαιότερα προς τα νεώτερα στρώματα,

η Μεσοελληνική αύλακα δεν φαίνεται να αποτελεί μια ενιαία λεκάνη ιζηματογένεσης με συνεχή πλήρωση, αλλά συνιστά ένα παλαιογεωγραφικό χώρο μέσα στον οποίο διαμορφώθηκαν κατά τη διάρκεια της εξέλιξής του πολλές επιμέρους και σχετικά περιορισμένης χρονικής διάρκειας λεκάνες ιζηματογένεσης οι οποίες διαφέρουν μεταξύ τους, τόσο ως προς τη θέση όσο και ως προς την εξέλιξη (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & ΣΙΔΕΡΗΣ 1977). Πιο συγκεκριμένα μια πρώτη διάκριση φανερώνει την ύπαρξη τριών χωριστών υπολεκανών (Εικ. 1-3) κατά μήκος της αύλακας με ιδιαίτερη η κάθε μία εξέλιξη που οριοθετούνται μεταξύ τους από δύο εγκάρσιες μεγάλης κλίμακας ρηξιγενείς ζώνες (που εμφανίζουν σημαντική αναζωπύρωση μέχρι σήμερα) τις οποίες και ακολουθούν στην προς τα ανατολικά εκροή τους σήμερα οι ποταμοί Αλιάκμονας και Πηνειός (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν. 1988).

Η περιοχή του φύλλου ανήκει στο κεντρικό και βόρειο τμήμα της Μεσοελληνικής αύλακας (Εικ. 10) και περιλαμβάνει το σύνολο των σχηματισμών που διέκρινε ο BRUNN (1956), εκτός από τον σχηματισμό Κραριάς. Η ίδια διάκριση έχει διατηρηθεί και στις περιγραφές που θα ακολουθήσουν, αφού ούτως ή άλλως γίνεται αποδεκτή μέχρι σήμερα από το σύνολο των ερευνητών, με τη διαφορά ότι έχει προστεθεί στη βάση της ακολουθίας ο τεκτονοϊζηματογενής σχηματισμός με ολισθολίθους-ρηξιτεμάχη που εμφανίζεται στο ΝΔ τμήμα του φύλλου στην περιοχή του Όρλιακα (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν. 1988), ούτως ώστε να τονισθεί ο ιδιαίτερος γεωδυναμικός χαρακτήρας που προσδίνει στην εξέλιξη του δυτικού περιθωρίου.

Η γενική διάταξη των μολασσικών σχηματισμών στην περιοχή του φύλλου, σε ότι αφορά τη γεωμετρία των ορίων και την εμφάνιση των σχηματισμών στο χάρτη, παρουσιάζεται σχετικά απλή αφού αναπτύσσονται σε μια γενική διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ (με τους παλαιότερους σχηματισμούς να εμφανίζονται κατά μήκος του δυτικού περιθωρίου και τους νεώτερους όσο μεταβαίνουμε προς το ανατολικό) παρουσιάζοντας γενική κλίση των στρωμάτων, εκτός ελαχίστων εξαιρέσεων, προς τα ΒΑ. Εν τούτοις όμως εντοπίζονται σημαντικές διαφοροποιήσεις, όπως θα περιγραφεί στη συνέχεια, ανάμεσα στο βόρειο και το νότιο τμήμα της περιοχής, όπως αυτό χωρίζεται από τον Πραμορίτσα ποταμό που με διεύθυνση Α-Δ συμβάλλει στον Αλιάκμονα ποταμό στο σημείο της αλλαγής της διεύθυνσής του από ΒΒΔ-



Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της Μεσσελληνικής Αύλακας και των γειτονικών της περιοχών με ταξινόμηση τους σύμφωνα με την παλαιογεωδυναμική τους θέση στα πλαίσια του εξελισσόμενου ορογενετικού τόξου των Ελληνίδων. 1. Ενιαίος φλύσχης Γαβρόβου-ονίου 2. Ανθρακικοί σχηματισμοί Ιονίου 3. Ανθρακικοί σχηματισμοί Γαβρόβου 4. Σχηματισμοί Πίνδου 5. Ενότητα Δυτικής Θεσσαλίας 6. Οφιόλιθοι Βορ. Πίνδου, Οφιόλιθοι Όρβου 7. Σχηματισμός Κρανιάς 8. Σχηματισμός Επιταχωρίου 9. Σχηματισμός Πενταλόφου 10. Σχηματισμός Τασυλλίου 11. Σχηματισμός Όντρια 12. Οφιόλιθοι Βούρινου 13. Κρυσταλλικό υπόβαθρο Πελαγονικής s.l. 14. Πάλιο-τεταρτογενές 15. Οριζόντια στρώματα 16. Κλίση στρωμάτων ως 15° 17. Κλίση στρωμάτων μεγαλύτερη από 15° 18. Ανάστροφα στρώματα 19. Εφίπλευσεις 20. Επωθήσεις.

Εικ. 1-3. Παλαιογεωδυναμική αναπαράσταση του ευρύτερου χώρου της Μεσσελληνικής αύλακας και των περιθωρίων της, στα πλαίσια της εξέλιξης του ορογενετικού τόξου των Ελληνίδων (από ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν. 1988).

NNA σε Α-Δ, παράλληλα δηλαδή με τη σημαντική ρηξιγενή ζώνη (όριο των επί μέρους υπολεκανών) που αναφέρθηκε στα προηγούμενα.

Έτσι λοιπόν για την περιοχή μελέτης διακρίθηκαν οι ακόλουθοι μολασικοί σχηματισμοί, από τους νεώτερους προς τους αρχαιότερους:

Σχηματισμός Όντρια

Με το όνομα αυτό χαρακτηρίζεται μια ακολουθία πετρωμάτων που δεν περιλαμβάνουν μόνο τους ασβεστόλιθους της Όντρια με την στενή έννοια του όρου αλλά αποτελούνται από επί μέρους σχηματισμούς που κατά καιρούς αναφέρονται στη βιβλιογραφία με διάφορα ονόματα (BRUNN 1956, SAVOYAT και συν. 1971α,β, 1972, DESPRAIRIES 1976, 1979) και από τους νεώτερους προς τους αρχαιότερους αντιστοιχούν στους: α) σχηματισμούς Όρλια, β) σχηματισμούς Ζευδοστασίου, γ) σχηματισμούς Ομορφοκκλησιάς και δ) σχηματισμούς Χ που περιλαμβάνουν τα μέλη: i) ψαμμίτες Πετροπουλακίου, ii) ασβεστόλιθοι Όντρια και iii) ψαμμιτικές μάργες.

Εντοπίζονται στο ΒΔ τμήμα του φύλλου και οριοθετούνται: ανατολικά από τον Βέλα ποταμό (παραπόταμος του Αλιάκμονα), βόρεια από τον Αλιάκμονα και τους πλειο-τεταρτογενείς σχηματισμούς της πεδινής έκτασης που αναπτύσσεται νότια από την λίμνη της Καστοριάς, νότια και νοτιοδυτικά από την κοινότητα της Δαμασκηνέας, το υψίπεδο της Όντρια και την κοινότητα Νεστορίου ενώ στα βορειοδυτικά αναπτύσσονται εκατέρωθεν από τον άνω ρου του Αλιάκμονα μέχρι την κοινότητα Καλοχωρίου.

Το συνολικό πάχος τόσο όλης της ακολουθίας όσο και των επί μέρους σχηματισμών ποικίλλουν κατά περίπτωση, κυμαινόμενο για το σύνολο των σχηματισμών από 100 μέχρι και περισσότερο από 500 μέτρα. Οι διάφοροι σχηματισμοί είτε μεταβαίνουν ο ένας στον άλλο είτε χωρίζονται μεταξύ τους με γωνιώδεις, ή όχι κατά περίπτωση, μικροασυμφωνίες, ενώ παρατηρούνται έντονες κατακόρυφες και πλευρικές μεταβάσεις, τόσο ανάμεσα στους διάφορους σχηματισμούς όσο και ανάμεσα στους ορίζοντες που τους χαρακτηρίζουν.

Πάνω στους σχηματισμούς αυτούς επικάθηνται ασύμφωνα οι πλειο-τεταρτογενείς λιμναίες και χερσαίες αποθέσεις, όπως μπορεί να παρακολουθήσει κανείς ανάμεσα στην κοινότητα Πενταβρύσου και την κωμόπολη του Άργους Ορεστικού, ενώ οι σχηματισμοί Χ, που αντιπροσωπεύουν τη βάση της ακολουθίας, κάθονται με σαφή γωνιώδη ασυμφωνία πάνω στον υποκείμενο μολασικό σχηματισμό του Τσοτυλίου, όπως χαρακτηριστικά παρατηρείται κοντά στο Νεστόριο.

Τα κορυφαία αυτά μολασσικά στρώματα αποτελούν αποθέσεις ρηχών νερών και έχουν παραμείνει περίπου οριζόντια σε υπολειμματικές εμφανίσεις λόγω της διάβρωσης που ακολούθησε από το Ανώτερο Μειόκαινο μέχρι σήμερα. Τούτο δείχνει ότι το τέλος της ιζηματογένεσης της μολάσσας προήλθε από μία σχετικά σύντομη τεκτονική ανύψωση του χώρου της Μεσοελληνικής αύλακας με απόσυρση της θάλασσας στο Τορτόνιο χωρίς την πλήρωση της λεκάνης με κλαστικό υλικό.

Οι κυριότερες λιθολογικές φάσεις για τους διάφορους σχηματισμούς της ακολουθίας, από τους νεώτερους προς τους παλαιότερους είναι οι ακόλουθες:

Σχηματισμοί Όρλια: Ψαμμιτικές μάργες, χαλαροί ψαμμίτες, βιοκλαστικοί ασβεστόλιθοι και ψαμμίτες με άφθονα *Ostrea*, μαλάκια, εχινόδερμα, φύκη και τρηματοφόρα. Τα νεώτερα ιζήματα της οροφής του σχηματισμού δίνουν μια ηλικία Τορτόνιο. Παρουσιάζουν συνολικό πάχος γύρω στα 90 μέτρα.

Σχηματισμοί Ζευσοστασίον: Ιλυομιγείς, συνεκτικές κυανές μάργες, κροκαλοπαγή, άμμοι και ψαμμίτες με ελασματοβράγχια, γαστερόποδα, κ.α. που δίνουν ηλικία Βουρδιγάλιο. Πάχος περίπου 180 μέτρα.

Σχηματισμοί Ομορφοκκλησιάς: Ψαμμίτες με ενστρώσεις μικροκροκαλοπαγών, ιλυομιγείς μάργες ή εναλλαγές των ανωτέρω που περιέχουν *Pectinidae*, φυτικά λείψανα, τρηματοφόρα, ελασματοβράγχια και φύκη δίνοντας ηλικία Βουρδιγάλιο. Πάχος μερικές εκατοντάδες μέτρα.

Σχηματισμοί Χ: Ασβεστίτικοι ψαμμίτες, κατά τόπους μικρολατυποπαγείς (κύριες εμφανίσεις στο Πετροπουλάκιο), υφαλογενείς ασβεστόλιθοι (χαρακτηριστικές εμφανίσεις στο υψίπεδο της Μεγάλης Όντρια) και ιλυομιγείς ψαμμιτικές μάργες που χαρακτηρίζονται από έντονες αποσφηνώσεις και πλευρικές καταβάσεις. Περιέχουν ελασματοβράγχια, γαστερόποδα, εχινόδερμα, βρυόζωα, φύκη (*Lithothamnium*), τρηματοφόρα (*Miogyrisina*) και μαλάκια (*Ostrea*, *Pecten*) που δίνουν ηλικία Βουρδιγάλιο. Το πάχος μεταβάλλεται έντονα από μερικά μέτρα μέχρι περισσότερα από 450 μέτρα.

Σχηματισμός Τσοτυλίου

Ο σχηματισμός Τσοτυλίου αναπτύσσεται στο κεντρικό και ΒΔ τμήμα της περιοχής του φύλλου σε μία ζώνη που ξεκινάει από τη γραμμή Νεάπολη-Τσοτύλιο στα ανατολικά και προεκτείνεται προς τα ΒΔ μέχρι το Νεστόριο και το Καλοχώρι, έχοντας σαν ΒΑ όριο τον ποταμό Αλιάκμονα. Προς τα ανατολικά καλύπτεται ασύμφωνα από τις χερσαίες και λιμναίες πλειοτεταρτογενείς αποθέσεις, που αναπτύσσονται στη συμβολή του Αλιάκμονα με τον παραπόταμό της Πραμορίτσας, με αποτέλεσμα στο χώρο αυτό να εντοπίζονται μόνο μικρής κλίμακας υπολειμματικές εμφανίσεις του σχηματισμού, εκεί όπου η διάβρωση έχει απομακρύνει τα υπερκείμενα ιζήματα.

Στις περισσότερες περιπτώσεις ο σχηματισμός αυτός εμφανίζεται να υπέρκειται με συμφωνία των μολασσικών ιζημάτων της υποκείμενης ακολουθίας του Πεντάλοφου, η οποία, όπως παρατηρείται ανατολικά από την ομώνυμη κοινότητα, μεταβαίνει μέσω των μεταβατικών μαργών και ψαμμιτών της Μόρφης στις μάργες του σχηματισμού του Τσοτυλίου. Σε ορισμένες θέσεις, στο ΒΔ τμήμα κατά μήκος της γραμμής Άγιοι Ανάργυροι, Νέα Κοτύλη, Νεστόριο η επαφή ανάμεσα στους δύο σχηματισμούς (Πεντάλοφο και Τσοτύλιο) γίνεται με ρήγματα τα οποία τις περισσότερες φορές δεν τέμνουν τους νεώτερους σχηματισμούς της Όντρια, φανερώνοντας έτσι τον συνιζηματογενή χαρακτήρα τους.

Η κατάσταση αυτή δεν φαίνεται να ισχύει για το σύνολο της Μεσοελληνικής Αύλακας αφού

στο νότιο τμήμα της παρατηρείται ασυμφωνία με σημαντικό παλαιοανάγλυφο (RIEDL 1974) που συνοδεύεται από παρουσία χαλαρών κροκαλοπαγών με παρουσία ογκολίθων πάνω από τους σχηματισμούς Επταχωρίου και Πενταλόφου. Ο FAUGERS (1975) επίσης, κατά μήκος του ανατολικού τμήματος της αύλακας αναγνωρίζει μια σειρά από διαδοχικούς κώνους δελταϊκών αποθέσεων που καλύπτουν με απότομη ασυμφωνία τον υποκείμενο σχηματισμό Πενταλόφου.

Το συνολικό πάχος του σχηματισμού μεταβάλλεται από 500 μέχρι 2.000 μέτρα και οι γενικές κλίσεις των στρωμάτων παραμένουν συνήθως μικρές ή οριζόντιες αφού τις περισσότερες φορές δεν υπερβαίνουν τις 5° - 10° ενώ σπάνια φθάνουν τις 30° . Κοντά στην επαφή με το σχηματισμό Πενταλόφου και ιδίως προς το ΒΔ τμήμα αυτής, παρουσιάζουν μια συστηματική φορά βύθισης προς τα ΒΑ. Αντίθετα στο υπόλοιπο τμήμα κλίνουν προς διάφορες διευθύνσεις που σε γενικές γραμμές μεταβάλλονται έτσι ώστε να κλίνουν προς το εσωτερικό της λεκάνης όπως μεταβαίνουν από το δυτικό στο ανατολικό περιθώριο.

Με βάση τις φάσεις και τις σχέσεις των ιζημάτων που χρονικά καλύπτουν το διάστημα Α. Ακουϊτάνιο -Βουρδιγάλιο, διακρίνονται τρεις τομείς (Δυτικός, Αξονικός και Ανατολικός, SAVOYAT και συν. 1971α,β, 1972) με διαφορετικά χαρακτηριστικά και εξέλιξη ο καθένας και με κύριο χαρακτηριστικό τις πλευρικές και κατακόρυφες μεταβάσεις. Οι συνήθεις λιθολογικές φάσεις για κάθε τομέα είναι οι ακόλουθες:

Δυτικός Τομέας: Αποτελείται από μάργες, που περιέχουν άφθονα ελασματοβράγχια και γαστερόποδα και ασβεστιτικούς ψαμμίτες που συνοδεύονται από τοπικές εμφανίσεις κροκαλοπαγών. Οι φάσεις αυτές εντοπίζονται κύρια στην περιοχή Πετροπουλακίου (φύλλο ΝΕΣΤΟΡΙΟ), το δε πάχος τους κυμαίνεται μεταξύ 200 και 450 μέτρων.

Αξονικός Τομέας: Το δυτικό όριο του Τομέα ορίζεται από τη νοητή γραμμή που διέρχεται από τα χωριά Πετροπουλάκιο, Δαμασκηνέα και Αμυγδαλέα (Φύλλο ΝΕΣΤΟΡΙΟ), ενώ το ανατολικό από τα χωριά Κλήμα (Φύλλο ΓΡΕΒΕΝΑ) και Νεάπολη (Φύλλο ΑΡΓΟΣ ΟΡΕΣΤΙΚΟ). Αποτελείται από μάργες, μαργαϊκούς ψαμμίτες και κροκαλοπαγή που περιέχουν ελασματοβράγχια, γαστερόποδα και φύκη. Το πάχος των ιζημάτων του τομέα αυτού συχνά υπερβαίνει τα 1.000 μέτρα. Μιά συνθετική τομή, η οποία σε καμία θέση δεν υφίσταται πλήρης εξ' αιτίας των ισχυρών αποσφηνώσεων και πλευρικών μεταβάσεων, περιλαμβάνει από τα ανώτερα προς τα κατώτερα: α) ανώτερες μάργες Τσοτυλίου, β) Ψαμμίτες Πολυκαστανίου, γ) κατώτερες μάργες Τσοτυλίου και δ) ζώνη μετάβασης από τους σχηματισμούς Πενταλόφου σε αυτούς του Τσοτυλίου.

Ανατολικός Τομέας: Οι φάσεις προς τα βόρεια είναι γενικά ποτάμιες, ενώ προς τα νότια υφαλογενείς έως κροκαλοπαγείς, στις ανατολικές δε παρυφές της λεκάνης έχουν αποτεθεί απ' ευθείας πάνω στο παλαιοανάγλυφο του αλπικού υποβάθρου. Κοντά στο Άργος Ορεστικό εμφανίζεται μια μαργαϊκή σειρά που συνοδεύεται από ενδιαστρώσεις κροκαλοπαγών και ψαμμιτών πάνω από την οποία ακολουθούν οργανογενείς ψαμμιτικοί ασβεστόλιθοι που περιέχουν *Pecten*, *Miogyrsina* κλπ., ενώ η ακολουθία κλείνει με κυανές ιλυομιγείς μάργες. Κοντά στο Βογάτσικο αλλά και γενικότερα στο ανατολικό περιθώριο της λεκάνης οι

αποθέσεις (ιδίως των στρωμάτων βάσης) είναι εξαιρετικά αδρομερείς (λατυποπαγή υποθαλάσσιων κλιτύων, κροκαλοπαγή, χονδρόκοκκοι άμμοι κλπ.). Οι φάσεις μεταβάλλονται σε

λεπτομερέστερες (μάργες, ψαμμίτες κλπ.) όσο μεταβαίνουμε προς τα ανώτερα στρώματα και προς το εσωτερικό της λεκάνης.

Σχηματισμός Πενταλόφου

Καταλαμβάνει ένα σημαντικό τμήμα από την περιοχή μελέτης και αναπτύσσεται σε μία ζώνη με αρχική ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνση και σχετικά μικρό πλάτος εμφάνισης στο ΒΔ τμήμα του φύλλου που μεταβάλλεται σε ΒΔ-ΝΑ έως Α-Δ στο ΝΑ με ταυτόχρονη σημαντική αύξηση του πλάτους εμφάνισης. Η μεταβολή αυτή (μαζί με άλλες σημαντικές διαφοροποιήσεις που θα περιγραφούν στη συνέχεια όπως γεωμετρία στρωμάτων και ασυμφωνιών, λιθολογικές φάσεις, μορφοτεκτονικά χαρακτηριστικά, κλπ.) γίνεται στο σημείο αλλαγής της διεύθυνσης του Αλιάκμονα κατά μήκος του ποταμού Πραμορίτσα, επιβεβαιώνοντας εμμέσως την ύπαρξη μιας σημαντικής ρηξιγενούς ζώνης και χωρίζει τη Μεσοελληνική αύλακα σε επί μέρους λεκάνες.

Στο ΝΑ τμήμα του φύλλου οι μολασικοί σχηματισμοί του Πενταλόφου καλύπτονται ασύμφωνα από τις πλειο-τεταρτογενείς χερσαίες και λιμναίες αποθέσεις, συνήθως με περισσότερο ή λιγότερο σημαντικήγωνιώδη ασυμφωνία αφού τις περισσότερες φορές παρουσιάζουν αρκετή κλίση σε αντίθεση με τα υπερκείμενα ιζήματα που είναι σχεδόν οριζόντια.

Η επαφή με τον υποκείμενο μολασικό σχηματισμό του Επταχωρίου, σε όλο το μήκος της επαφής, χαρακτηρίζεται ως μία "λιθολογική" ασυμφωνία που στην ουσία σηματοδοτεί την έναρξη της τροφοδοσίας από το ανατολικό περιθώριο αφού από τις μάργες του Επταχωρίου περνάμε στα κροκαλοπαγή και τους ψαμμίτες με ενδιαστρώσεις μαργών του Πενταλόφου, επαφή που συνήθως συνοδεύεται και από μορφολογικό "δόντι" εξ' αιτίας της διαφορικής διάβρωσης. Τα πάχη και οι φάσεις διαφοροποιούνται σημαντικά κατά μήκος της αύλακας αφού από τα περίπου 300 μέτρων πάχους αδρομερή συμπαγή κροκαλοπαγή των Μετεώρων στα νότια περνάμε στα κροκαλοπαγή και τους ψαμμίτες του Βενέτικου στο κέντρο απόθεσης του σχηματισμού στην περιοχή των Γρεβενών με πάχη πάνω από 2.000 μέτρα και τέλος στις εναλλαγές μαργών, ψαμμιτών και κροκαλοπαγών που χαρακτηρίζουν τις φάσεις βορειότερα στο ύψος του Επταχωρίου.

Οι κλίσεις του σχηματισμού παρουσιάζουν μια μονότονη σταθερότητα προς τα ΒΑ με τιμές που κυμαίνονται συνήθως γύρω στις 15° - 30° . Μεγαλύτερες τιμές παρατηρούνται συνήθως προς τα εξωτερικότερα τμήματα κοντά στην επαφή με το σχηματισμό Επταχωρίου και σε συγκεκριμένες ζώνες στο εσωτερικό του σχηματισμού. Η μόνη σημαντική διαφοροποίηση εμφανίζεται νότια από τη ρηξιγενή ζώνη της Πραμορίτσας, δυτικά των Γρεβενών στην ευρύτερη περιοχή των κοινοτήτων του Σύδενδρου και των Αμυγδαλαίων στο όριο με την πλειο-τεταρτογενή λεκάνη, όπου παρατηρείται μια αναθόλωση των μολασικών οριζόντων με αποτέλεσμα οι κλίσεις από σχεδόν οριζόντιες στο κέντρο να μεταβάλλονται ακτινωτά προς διάφορες κατευθύνσεις. Η μεταβολή αυτή φαίνεται να συμπίπτει και με το μεγάλο πλάτος εμφάνισης του σχηματισμού που παρατηρείται στην περιοχή αυτή.



Εικ. 1-4. Άποψη από τους σχηματισμούς του Τσοτυλίου που εμφανίζονται στο κεντρικό και βόρειο τμήμα του φύλλου.



Εικ. 1-5. Άποψη του σχηματισμού Πενταλόφου (αναλλαγές κροκαλοπαγών και ψαμμιτών) στην ευρύτερη περιοχή Πενταλόφου.

Αντίστοιχες μεταβολές στη γεωμετρία των στρωμάτων του σχηματισμού εντοπίζονται και στα υπόλοιπα τμήματα της Μεσοελληνικής αύλακας με σημαντικότερη περίπτωση αυτή στην περιοχή βόρεια της Καλαμπάκας όπου ο εν λόγω σχηματισμός δημιουργεί ένα σύγκλινο με μεγάλη ακτίνα καμπυλότητας και άξονα ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνσης.

Μέσα στο σχηματισμό Πενταλόφου, που παρουσιάζει ηλικία Σάττιο-Ακουϊτάνιο, μπορούν να διακριθούν αρκετές επί μέρους ακολουθίες με διαφορετικά χαρακτηριστικά η κάθε μία που βρίσκονται συνήθως σε σχέση πλευρικής ή κατακόρυφης μετάβασης ή σπανιότερα χωρίζονται με μικροασυμφωνίες (BRUNN 1956, SAVOYAT και συν. 1971α,β, 1972). Πιο συγκεκριμένα διακρίνονται δύο κύκλοι αποθέσεων.

1ος Κύκλος: Στη βάση εμφανίζονται τα κροκαλοπαγή και οι ψαμμίτες του Τσάρνου και ακολουθούν οι "ενδιάμεσες" μάργες. Τα κροκαλοπαγή και οι ψαμμίτες είναι πολύμεικτα, μερικές φορές δε περιέχουν και θραύσματα λιγνιτών. Οι ενδιάμεσες μάργες παρουσιάζονται κυανές με λεπτές ενδιαστρώσεις λεπτόκοκκου ψαμμίτη.

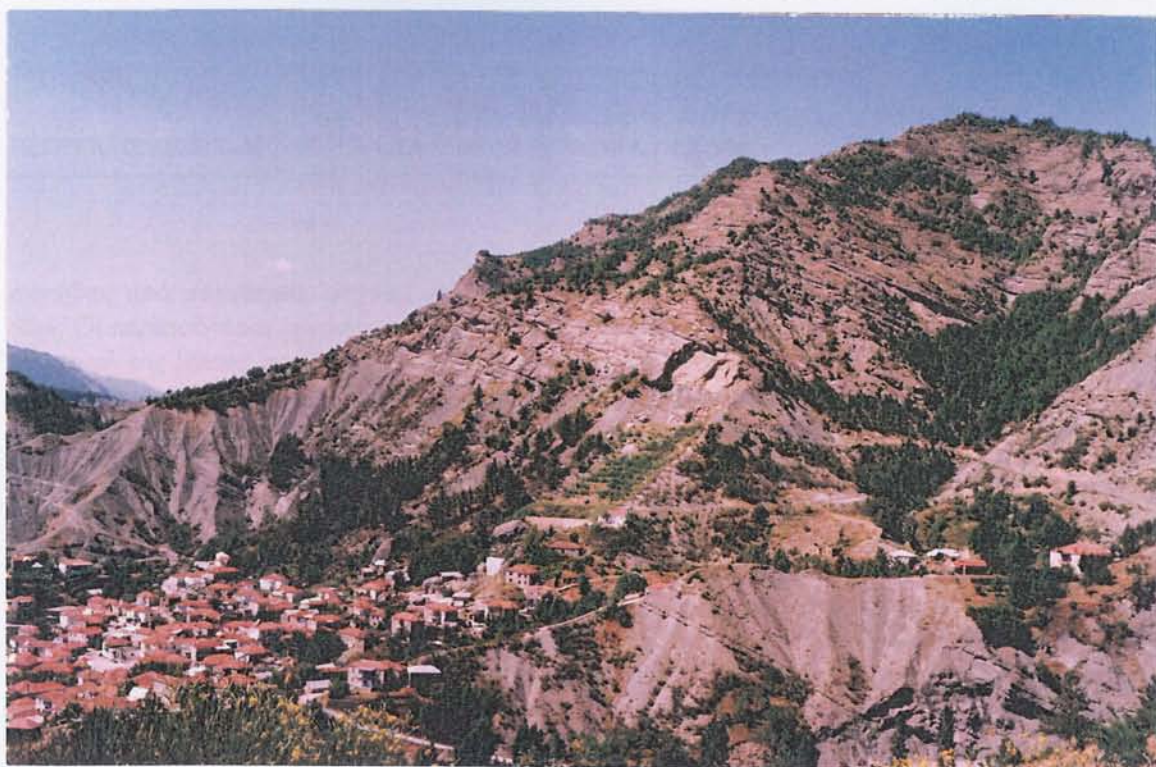
2ος Κύκλος: Περιλαμβάνει την ανώτερη σειρά κροκαλοπαγών και ψαμμιτών (αποτελείται από πολύμεικτα κροκαλοπαγή και τεφροκύανες συνεκτικές μάργες που εναλλάσσονται με λεπτόκοκκους μαργαϊκούς ψαμμίτες) και την ψαμμιτική σειρά (με χαρακτηριστικούς ορίζοντες πολύμεικτων κροκαλοπαγών στη βάση και ψαμμιτικές τράπεζες στην οροφή).

Στην περιοχή του φύλλου ΝΕΣΤΟΡΙΟ οι χαρακτηριστικοί ορίζοντες του 1ου κύκλου και τα κροκαλοπαγή της βάσεως του 2ου κύκλου μειώνονται σε πάχος και σταδιακά εξαφανίζονται, ενώ στα ανώτερα στρώματα του 2ου κύκλου εμφανίζονται τοπικά ασβεστολιθικά λατυποπαγή. Μπορούν να διακριθούν δύο σειρές: Η κατώτερη που είναι αντίστοιχη των ψαμμιτοκροκαλοπαγών του Τσάρνου και συνίσταται από πολυγενή κροκαλοπαγή, χονδρόκοκκους ψαμμίτες και ιλυομιγείς μάργες (Βενέτικος ποταμός) και η ανώτερη που θεωρείται ανάλογη των Μετεώρων και συνίσταται από πολυγενή κροκαλοπαγή σε εναλλαγές με ιλυομιγείς μάργες (Βενέτικος ποταμός).

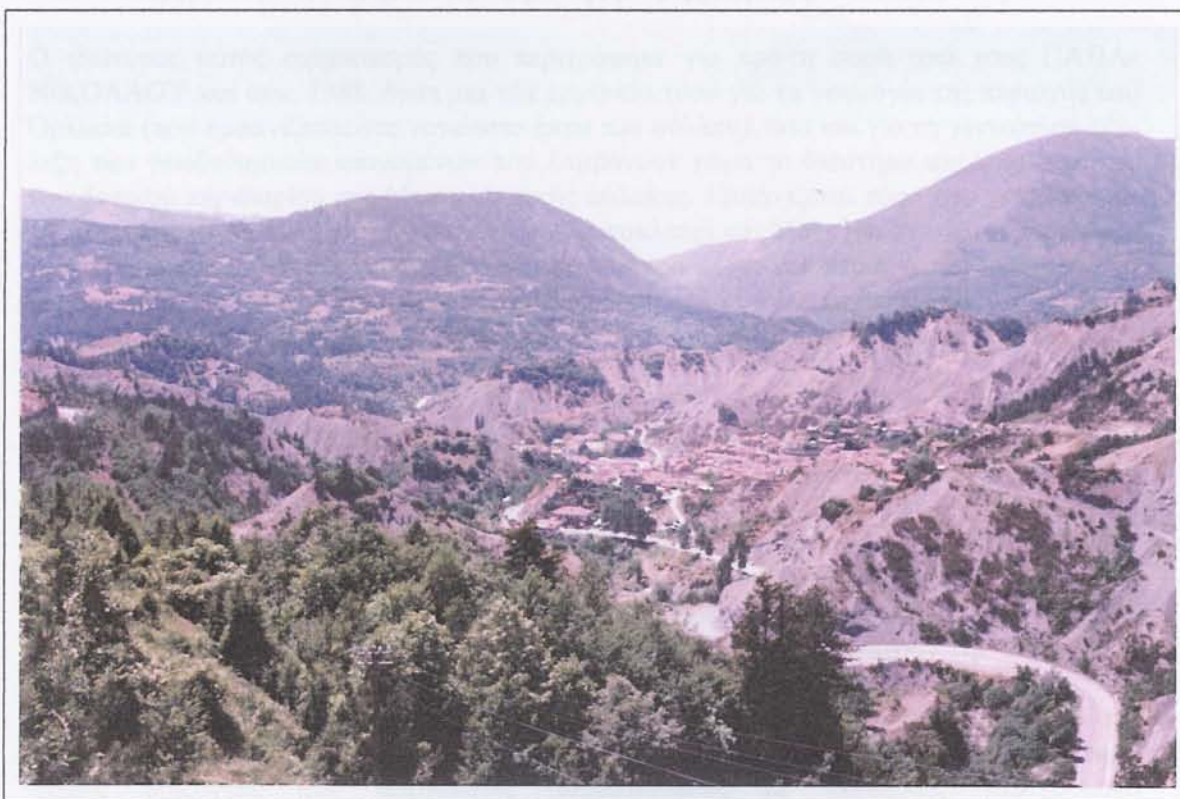
Σχηματισμός Επταχωρίου

Αναπτύσσεται παράλληλα στο αλπικό περιθώριο στο ΝΔ τμήμα του χάρτη σε μία ζώνη με γενική διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, από τον Όρλιακα μέχρι το Επταχώρι, παρουσιάζοντας πλάτος εμφάνισης γύρω στα 2 - 3 χιλιόμετρα. Οι κλίσεις των στρωμάτων συνήθως δεν υπερβαίνουν τις 10° - 15° προς τα ΒΑ με εξαίρεση όταν πλησιάζουμε τα περιθώρια οπότε μπορεί να λαμβάνουν πολύ μεγάλες τιμές (50° - 60° ή και περισσότερο). Επικάθηται ασύμφωνα πάνω στο αλπικό υπόβαθρο και κυρίως πάνω στο σύμπλεγμα των οφιολίθων της βόρειας Πίνδου. Νοτιότερα, εκτός της περιοχής του φύλλου ο ίδιος σχηματισμός καλύπτει με μικρή γωνιώδη ασυμφωνία το σχηματισμό της Κρανιας.

Στη βάση εμφανίζονται κατά τύπους κάποια πολύμεικτα κροκαλοπαγή -σηματοδοτώντας στην ουσία την αρχή της επίκλυσης πάνω στο αλπικό υπόβαθρο- με πάχος γύρω στα 150 μέτρα (BRUNN 1956), που το υλικό τροφοδοσίας τους προέρχεται από το δυτικό περιθώριο (κυρίως οφιολίθοι και ανθρακικά της Πίνδου για την περιοχή του φύλλου). Συνοδεύονται



Εικ. 1-6. Η επαφή (γωνιώδης ασυμφωνία) ανάμεσα στο σχηματισμό Πενταλόφου και το σχηματισμό Επταχωρίου (στα ανάντη του Επταχωρίου).



Εικ. 1-7. Χαρακτηριστικές φάσεις από τις μάργες του σχηματισμού Επταχωρίου.

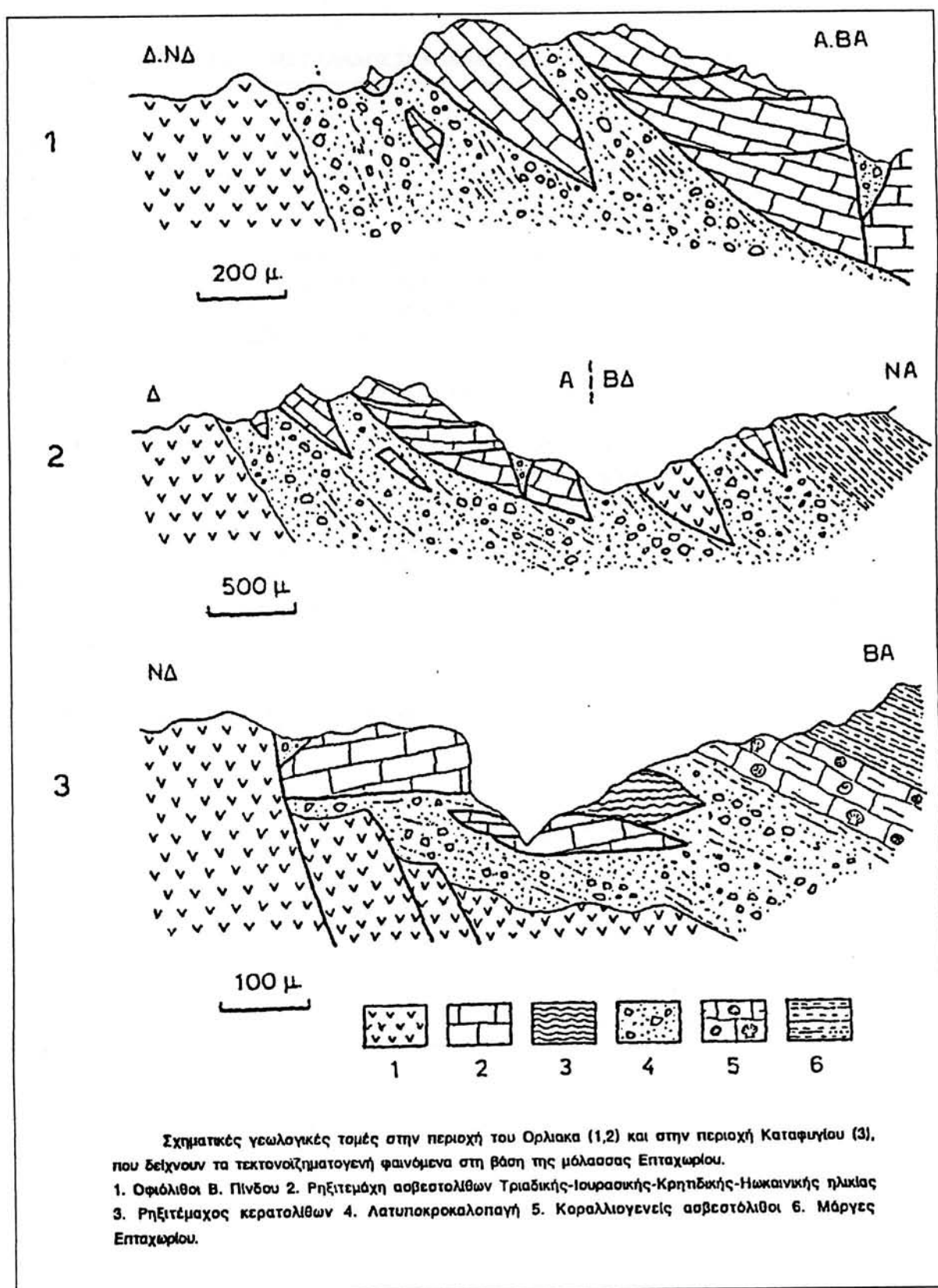
συνήθως από ψαμμιτικές μάργες, χονδρόκοκκους ψαμμίτες και ορίζοντες μικροκροκαλοπαγών. Οι περισσότεροι ερευνητές, βασισμένοι στα απολιθώματα που απαντώνται στον ορίζοντα αυτό της βάσης, αποδέχονται το Στάμπιο (Κατ. Ολιγόκαινο) σαν ηλικία για την επίκλυση. Σημειώνεται όμως ότι νότια από την περιοχή της Κρανιάς οι GEORGIADES-DIKEOULIA et al (1977) με βάση πανίδα από κοράλλια δίνουν μια ηλικία Μέσο Μειόκαινο για τη βάση των κροκαλοπαγών.

Ακολουθεί μια σειρά αποτελούμενη κυρίως από ιλυομιγείς μάργες που συνοδεύονται από μικρές ενστρώσεις ψαμμιτών και μικροκροκαλοπαγών -που πηγή τροφοδοσίας τους αποτελεί επίσης το δυτικό περιθώριο- και σπανιότερα μαργαϊκούς ασβεστόλιθους (BRUNN 1956, SAVOYAT και συν. 1971α,β, 1972). Τόσο το πάχος όσο και οι λιθολογικές φάσεις μεταβάλλονται κατά μήκος της εμφάνισης της ακολουθίας, τόσο μέσα στα όρια της περιοχής του φύλλου όσο και γενικότερα για το σύνολο της Μεσοελληνικής αύλακας. Έτσι λοιπόν από τα 1.500 περίπου μέτρα από ψαμμίτες και κροκαλοπαγή στο νότιο τμήμα της αύλακας ανατολικά από την Κρανιά, περνάμε σταδιακά με πλευρική μετάβαση στα 1.000 περίπου μέτρα από μάργες που εμφανίζονται βορειότερα στην περιοχή της κοινότητας του Επταχωρίου. Γενικά διαπιστώνεται ότι για το διάστημα απόθεσης του σχηματισμού Επταχωρίου στο μεν βόρειο τμήμα της Μεσοελληνικής αύλακας επικρατούν οι χαρακτήρες θαλάσσιας ιζηματογένεσης στο δε νότιο οι φάσεις χαρακτηρίζονται κύρια από την παρουσία αδρομερών κλαστικών υλικών.

Τεκτονοϊζηματογενής σχηματισμός βάσης με ρηξιτεμάχη-ολισθολίθους

Ο ιδιότυπος αυτός σχηματισμός που περιγράφηκε για πρώτη φορά από τους ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν. 1988, δίνει μια νέα ερμηνεία τόσο για τη γεωλογία της περιοχής του Όρλιακα (που εμφανίζεται στο νοτιότατο άκρο του φύλλου), όσο και για τη γενικότερη εξέλιξη των γεωδυναμικών φαινομένων που λαμβάνουν χώρα το διάστημα αυτό κατά μήκος του δυτικού περιθωρίου της Μεσοελληνικής αύλακας. Εμφανίζεται τόσο στο νότιο τμήμα της αύλακας, στην περιοχή των κοινοτήτων Κακοπλεύρι και Μοναχίτι στο νότιο περιθώριο του παλαιο-κόλπου της Κρανιάς, όσο και βορειότερα μέχρι την περιοχή του Όρλιακα. Το πάχος του σχηματισμού ποικίλλει από θέση σε θέση αλλά συνολικά περιλαμβάνει μία ζώνη με πλάτος εμφάνισης περίπου 2 χιλιόμετρα με γενική κλίση 10^0 - 40^0 προς τα ΒΑ και με έντονη ρηγματώση.

Οι γνωστές από τον BRUNN (1956) εμφανίσεις των ασβεστολίθων του Όρλιακα, με την ιδιόμορφη φάση σακχαρωδών συμπαγών έως παχυστρωματωδών ροδόχρωμων ασβεστολίθων, δεν αποτελούν υπόβαθρο των μολασσικών ιζημάτων αλλά ένα σύνολο τεκτονικών ρηξιτεμαχών που με τη μορφή μεγάλου μεγέθους ολισθολίθων, παρεμβάλλονται, μαζί με άλλα μικρότερα ανθρακικά ή οφιολιθικά τεμάχη-ολισθολίθους, ανάμεσα σε ένα μολασσικό σχηματισμό από λατυποκροκαλοπαγή που αναπτύσσεται κάτω από το σχηματισμό Επταχωρίου. Πιο συγκεκριμένα οι μάργες Επταχωρίου είτε υπερκαλύπτουν την κύρια μάζα από λατυποκροκαλοπαγή είτε αναπαύονται δίπλα και πάνω στις ρηξιγενείς επιφάνειες που οριοθετούν τα ρηξιτεμάχη των ασβεστολίθων του Όρλιακα (Εικ. 17). Νοτιότερα στην περιοχή Καταφυγίου, αλλά και στο δρόμο προς το Κηπουριό, παρατηρείται ένας χαρακτηριστικός ορίζοντας από μαργαϊκούς ασβεστόλιθους με κοράλλια, γαστερόποδα



Εικ. 1-8. Σχηματικές γεωλογικές τομές από την περιοχή του Ορλιακα που παρουσιάζουν τα τεκτονοϊζηματογενή φαινόμενα που έλαβαν χώρα στη βάση της μόλασσας του Επταχωρίου (από ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν. 1988).

και ελασματοβράγχια πάχους 5 έως 30 μέτρων, που εκτείνεται σε μήκος μεγαλύτερο από 5 χιλιόμετρα και παρεμβάλλεται ανάμεσα στον τεκτονοϊζηματογενή σχηματισμό και τις μάργες του Επταχωρίου.

Η ηλικία των ασβεστολίθων των ρηξιτεμαχών-ολισθολίθων στην περιοχή του Όρλιακα διαπιστώθηκε με την παρουσία Ρουδιστών και *Orbitolina* ως Άνω Κρητιδικό. Αντίστοιχες φάσεις ασβεστολίθων παρουσιάζονται και στα ρηξιτεμάχη νοτιότερα προς το Καταφύγι όπου εκτός από το Άνω Κρητιδικό πιστοποιείται και το Ηώκαινο. Σημειώνεται ότι ίδιας φάσης και ηλικίας πετρώματα παρατηρήθηκαν σε ολισθολίθους μέσα στον άγριο φλύσχη της Πίνδου και στο μέτωπο του καλύμματος των οφιολίθων (βλ. στα επόμενα).

Τα πετρώματα αυτά πρέπει να αντιστοιχούν σε ένα χώρο εσωτερικότερο της ενότητας της Πίνδου και πιο συγκεκριμένα φαίνεται ότι το κάλυμμα των οφιολίθων της Βόρειας Πίνδου απετέλεσε χώρο νηριτικής ιζηματογένεσης κατά το Ανώτερο Κρητιδικό - Κατώτερο Ηώκαινο που διακόπηκε από τον τεκτονισμό του Ηωκαίνου, τη δημιουργία άγριου φλύσχη στην Πίνδο και τεκτονικού μείγματος από την τοποθέτηση του καλύμματος των οφιολίθων με σχεδόν ολοκληρωτική διάβρωση των νηριτικών αυτών ιζημάτων πριν την έναρξη της ιζηματογένεσης του σχηματισμού Επταχωρίου στο Ολιγόκαινο (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν. 1988).

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΑΛΠΙΚΟΥ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

Γενικά

Το αλπικό υπόβαθρο καταλαμβάνει ένα σημαντικό τμήμα της περιοχής μελέτης και εντοπίζεται σε δύο κύριες εμφανίσεις. Μία στο ΒΑ τμήμα του φύλλου, που έχει σαν όριο τον Αλιάκμονα ποταμό και στην ουσία αποτελεί την ΒΔ προέκταση της ορεινής περιοχής του Άσκιου και μία στο ΝΔ που περιλαμβάνει το όρος Λύγκος που αποτελεί τμήμα της Πινδικής οροσειράς. Μικρότερης κλίμακας εμφανίσεις εντοπίζονται κυρίως στο ανατολικό περιθώριο του φύλλου ανάμεσα στον Αλιάκμονα και το Γρεβενιώτικο ποταμό. Στην ουσία δηλαδή μέσα στα όρια του νεοτεκτονικού χάρτη περιλαμβάνονται και τα δύο περιθώρια της Μεσοελληνικής αύλακας που με γενική διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ καθορίζουν τα όρια της μολασικής λεκάνης κάτω από την οποία χάνονται οι σχηματισμοί του αλπικού υποβάθρου.

Στη γεωτεκτονική δομή και των δύο περιθωρίων συμμετέχουν ενότητες τόσο των εσωτερικών (μεταμορφωμένες και μη) όσο και των εξωτερικών ελληνίδων καθώς και οφιολιθικά πετρώματα από τους ωκεανούς του Αξίου και αυτού της Πίνδου-Κυκλάδων (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ 1986, 1988, 1989). Πιο συγκεκριμένα περιλαμβάνονται οι ακόλουθες ενότητες, από τις τεκτονικά υπερκείμενες προς τις τεκτονικά υποκείμενες, που θα περιγραφούν στη συνέχεια (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ 1986): i) ενότητα Ανατολικής Ελλάδας, ii) ενότητα οφιολίθων Αξίου, iii) ενότητα Αλμωπίας, iv) ενότητα οφιολίθων Βόρειας Πίνδου και v) ενότητα Πίνδου. Σημειώνεται ότι οι μεταμορφωμένοι σχηματισμοί της ενότητας Καστοριάς, που υπόκεινται τεκτονικά της ενότητας της Αλμωπίας περιγράφονται στο επόμενο κεφάλαιο για το ?προαλπικό υπόβαθρο.

Ενότητα Ανατολικής Ελλάδας

Η ενότητα της Ανατολικής Ελλάδας -που ανήκει στις μη μεταμορφωμένες εσωτερικές ελληνίδες- στην περιοχή μελέτης αντιπροσωπεύεται αποκλειστικά από τα ανθρακικά πετρώματα της ανω-κρητιδικής επίκλυσης που απαντώνται σε δύο μικρές υπολειμματικές εμφανίσεις στο ανατολικό περιθώριο του φύλλου νότια από τον Αλιάκμονα ποταμό. Η πρώτη από αυτές -και η μεγαλύτερη- βρίσκεται στα ΝΑ της κοινότητας της Κιβωτού και συνιστά ένα μικρό λόφο που καλύπτεται περιμετρικά με ασυμφωνία από τις λιμναίες και χερσαίες πλειο-τεταρτογενείς αποθέσεις, ξεπροβάλλοντας σαν νησίδα κάτω από αυτές. Η άλλη εμφάνιση απαντάται λίγο νοτιότερα, βόρεια από την κοινότητα της Μηλιάς και του ρέματος της Ντρουμπάντας (παραπόταμος του Αλιάκμονα). Προς τα βόρεια, δυτικά και νότια καλύπτεται ασύμφωνα από τις πλειο-τεταρτογενείς ποταμο-λιμναίες αποθέσεις, ενώ στα ανατολικά επικάθεται ασύμφωνα πάνω σε οφιόλιθους.

Από λιθολογική άποψη αντιπροσωπεύονται από ασβεστόλιθους με ρουδιστές, που απαντώνται κυρίως στους κατώτερους ορίζοντες και λατυποπαγείς τουρβιδιτικούς ή μαργαϊκούς ασβεστόλιθους με *Orbitolina*. Η γεωμετρία τους είναι απλή αφού στην ουσία συνιστούν ένα μονόκλινο με κλίσεις από 20°-50° προς τα ΝΔ και το ορατό πάχος τους δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 500 μέτρα.

Ενότητα οφιολίθων Αξιού

Αντιπροσωπεύεται από μέλη του οφιολιθικού συμπλέγματος του ωκεανού του Αξιού (και συνοδά πετρώματα, όπως ραδιολαρίτες κλπ.), που αναπτύχθηκε ανάμεσα στα τεκτονοστρωματογραφικά πεδία (terrane) των εσωτερικών ελληνίδων (Πελαγονική) και των κιμμερίδων (Ροδόπη) το διάστημα από το Ανώτερο Τριαδικό μέχρι το Ανώτερο Ιουρασικό, για να τοποθετηθεί τεκτονικά στη συνέχεια, κατά την παλαιο-αλπική φάση ορογένεσης, εξωτερικότερα πάνω στις ενότητες των εσωτερικών ελληνίδων (Μαλιακή, “Υποπελαγονική”, Αλμωπία κλπ. - PAPANIKOLAOU 1989).

Απαντάται σε δύο μικρές υπολειμματικές εμφανίσεις, μία στο ανατολικό περιθώριο στην περιοχή όπου εμφανίζονται και οι ασβεστόλιθοι της ανω-κρητιδικής επίκλυσης, που περιγράφηκαν στα προηγούμενα και μία στο βόρειο τμήμα του χάρτη στην περιοχή της λίμνης της Καστοριάς.

Η πρώτη και μεγαλύτερη από αυτές αναπτύσσεται στα ανατολικά, ανάμεσα στις κοινότητες της Μηλιάς και της Κοννινιάς και συνιστά μια επιμήκη εμφάνιση με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Στα νότια, νοτιοδυτικά και βόρεια καλύπτεται ασύμφωνα από τις πλειο-τεταρτογενείς λιμναίες και χερσαίες αποθέσεις, στα δυτικά, όπως προαναφέρθηκε, καλύπτεται ασύμφωνα από τους ασβεστόλιθους της ανω-κρητιδικής επίκλυσης και στα ΒΑ έρχεται σε επαφή με τους μολασικούς σχηματισμούς του Τσοτυλίου με κανονικό ρήγμα διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ.

Η επόμενη εμφάνιση, που εντοπίζεται στο ΒΔ άκρο του χάρτη, αναπτύσσεται στις νοτιοδυτικές όχθες της λίμνης της Καστοριάς και στα νότια καλύπτεται από κορήματα και άλλους σύγχρονους σχηματισμούς. Στα ΝΑ έρχεται σε επαφή με μια μικρή εμφάνιση των μαρμάρων και κρυσταλλικών ασβεστολίθων της ενότητας της Αλμωπίας, είτε με τεκτονική επαφή (επώθηση), είτε με ρήγμα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης που αναπτύσσεται παράλληλα με τις όχθες της

λίμνης.

Το πάχος και των δύο εμφανίσεων είναι αδύνατο να εκτιμηθεί αφού στην ουσία χάνονται κάτω από τους πλειο-τεταρτογενείς και μολασσικούς σχηματισμούς.

Ενότητα Αλμωπίας

Η ενότητα Αλμωπίας -που αποτελεί μια ελαφρά μεταμορφωμένη ενότητα των εσωτερικών ελληνίδων- αντιπροσωπεύεται στην περιοχή του φύλλου από τα ενδιάμεση μέλη της κολόνας τα οποία χαρακτηρίζουν μια παχιά ακολουθία από νηρητικά ιζήματα μιας ανθρακικής πλατφόρμας που συνίστανται από άστρωτα ή παχυστρωματώδη μάρμαρα και κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους με φύκη *Diplopora* και ηλικία Άνω Τριαδικό - Ήουρασικό. Απαντώνται αποκλειστικά στο ΒΑ τμήμα της περιοχής μελέτης και εκτείνονται ανατολικά από τον Αλιάκμονα ποταμό σχηματίζοντας μικρότερες ή μεγαλύτερες μάζες. Η κυριότερη εμφάνιση δομεί ολόκληρο τον ορεινό όγκο που αναπτύσσεται ανάμεσα στις κοινότητες της Μηλίτσας, του Βογατσικού και του Γερμά αλλά εξαπλώνεται και νοτιότερα προς τις κοινότητες του Δρυόβουνου και του Πελεκάνου σε μικρότερης κλίμακας υπολειμματικές εμφανίσεις.

Ολόκληρη η μάζα αυτή προς τα δυτικά καλύπτεται ασύμφωνα από τους πλειο-τεταρτογενείς λιμναίους και χερσαίους σχηματισμούς ή άλλα σύγχρονα ιζήματα (κορήματα κλπ.) και σπανιότερα από τους μολασσικούς σχηματισμούς του Τσοτυλίου. Αντίθετα στα ανατολικά -κατά μήκος των δυτικών παρυφών του παραπόταμου του Αλιάκμονα Πόρου και νοτιότερα προς το Μακροβούνι- έρχεται με σαφή τεκτονική επαφή (επώθηση) πάνω στα μεταμορφωμένα πετρώματα της ενότητας Καστοριάς, η οποία τις περισσότερες φορές συνοδεύεται από μία ζώνη με κατακλαστικά πετρώματα. Η τεκτονική αυτή επιφάνεια είναι σχεδόν οριζόντια ή παρουσιάζει πολύ μικρή κλίση, όχι μεγαλύτερη από 30^0 , προς τα δυτικά.

Οι κλίσεις των στρωμάτων δεν παραμένουν σταθερές και μεταβάλλονται αν και σε γενικές γραμμές, ιδίως στο δυτικό περιθώριο δείχνουν μια σταθερότητα με τιμές που κυμαίνονται γύρω στις 15^0 - 30^0 προς τα νότια ή νοτιοδυτικά. Το συνολικό πάχος είναι αδύνατο να εκτιμηθεί αφού η ακολουθία βυθίζεται κάτω από τους μολασσικούς ή πιο πρόσφατους σχηματισμούς, δεν πρέπει πάντως να υπερβαίνει κατά πολύ τα 1.000-1.500 μέτρα.

Μια μικρότερη, απομονωμένη, εμφάνιση από τα ίδια μάρμαρα εντοπίζεται βορειότερα, στις νοτιοδυτικές όχθες της λίμνης της Καστοριάς, η οποία αναδύεται κάτω από τους αλλούβιους σχηματισμούς και τα κορήματα που την καλύπτουν ασύμφωνα, αν και η επιμήκης ΒΔ-ΝΑ εμφάνιση που παρουσιάζει φανερώνει ότι αποτελεί ένα μικρό τεκτονικό κέρασ που αναπτύσσεται παράλληλα με την όχθη της λίμνης και οριοθετείται από αντίστοιχης διεύθυνσης ρήγματα που αποτελούν προέκταση αυτών που εντοπίζονται λίγο βορειότερα να φέρνουν σε επαφή τα μάρμαρα με τους οφιολίθους. Προς τα βορειοδυτικά, όπως και στα προηγούμενα αναφέρθηκε, η μικρή αυτή εμφάνιση καλύπτεται τεκτονικά από τους οφιολίθους. Λίγο βορειότερα εντοπίζεται με τη μορφή μικρών τεκτονικών παραθύρων κάτω από του οφιολίθους, που συνήθως είναι διατεταγμένα σε γραμμική διάταξη παράλληλα με την όχθη της λίμνης.

Ενότητα οφιολίθων Βόρειας Πίνδου

Η ενότητα των οφιολίθων της βόρειας Πίνδου περιλαμβάνει κατά κύριο λόγο μέλη του οφι-

ολιθικού συμπλέγματος που αναπτύχθηκε στον ωκεανό Πίνδου-Κυκλάδων, ανάμεσα στα τεκτονοστρωματογραφικά πεδία (terrane) των εσωτερικών και εξωτερικών ελληνίδων και επωθήθηκε κατά την κύρια φάση της αλπικής ορογένεσης (Ηώκαινο) πάνω στον φλύσχη της ενότητας της Πίνδου. Πιο συγκεκριμένα η ηλικία τοποθέτησης καθορίζεται στο διάστημα Μέσο-Ανώτερο Ηώκαινο, όπως μας φανερώνουν η μεσο-ηώκαινική ηλικία των ανωτέρων οριζόντων του φλύσχη και η ανω-ηώκαινική ηλικία του ιδιότυπου μολασσικού σχηματισμού του παλαιο-κόλπου της Κρανιάς που καλύπτει ασύμφωνα τους οφιολίθους της Πίνδου.

Δομούν την ορεινή περιοχή στο νοτιοδυτικό τμήμα της περιοχής του φύλλου όπου μαζί με τους υπόλοιπους αλπικούς σχηματισμούς της ενότητας της Πίνδου αναπτύσσονται παράλληλα με το ΝΔ περιθώριο της Μεσοελληνικής αύλακας. Στο τεκτονικό κάλυμμα των οφιολίθων της Βόρειας Πίνδου συμμετέχουν στην ουσία τρεις βασικές ενότητες που θα περιγραφούν στη συνέχεια. Η πρώτη περιλαμβάνει τα τυπικά οφιολιθικά μέλη που σχηματίστηκαν στο χώρο του ωκεανού, η δεύτερη τα μονόμεικτα οφιολιθικά τεκτονικά λατυποπαγή που αναπτύσσονται στη βάση του καλύμματος και η τρίτη ένα σχηματισμό που χαρακτηρίζεται ως τεκτονικό melange και περιέχει έναν αριθμό ρηξιτεμαχών που βρίσκονται τεκτονικά σφηνωμένα στο μέτωπο του καλύμματος.

ΟΦΙΟΛΙΘΟΙ

Εμφανίζονται με τη μορφή ενός εκτεταμένου τεκτονικού καλύμματος που στην περιοχή μελέτης σχηματίζει δύο εμφανίσεις που χωρίζονται από τον φλύσχη της ενότητας της Πίνδου που αναπτύσσεται ανάμεσά τους με τη μορφή ενός επιμήκους τεκτονικού παραθύρου. Η πρώτη, και κύρια, εμφάνιση παρουσιάζει σημαντική επιφανειακή εξάπλωση, της τάξης μερικών εκατοντάδων τετραγωνικών χιλιομέτρων και εντοπίζεται στο νοτιοδυτικότατο άκρο του φύλλου οριοθετούμενη από τις κοινότητες Σαμαρίνα και Λάβδα. Η δεύτερη, και μικρότερη, εμφανίζεται ανατολικότερα με τη μορφή μιας επιμήκους ζώνης, πλάτους εμφάνισης όχι μεγαλύτερου από 500-700 μέτρα, που ακολουθεί -και καθορίζει στην ουσία στην περιοχή αυτή- το ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης ΝΔ περιθώριο της Μεσοελληνικής αύλακας. Μικρότερης κλίμακας εμφανίσεις, με την μορφή διάσπαρτων τεκτονικών ρακών, εντοπίζονται ανάμεσα στις δύο προηγούμενες, ιδίως προς το ανατολικό τμήμα του φύλλου.

Η επιφάνεια του καλύμματος παρουσιάζεται σχεδόν οριζόντια ή με μικρή κλίση (όχι μεγαλύτερη από 20° - 30°) προς τα ΒΑ, αφού τις περισσότερες φορές συναντάται στα ίδια περίπου υψόμετρα με μία μικρή τάση μείωσης από τα ΝΔ (γύρω στα 1.700 μέτρα) προς τα ΒΑ (γύρω στα 1.500 μέτρα). Το συνολικό πάχος της ακολουθίας στην περιοχή μελέτης, που στην ουσία καθορίζεται από το υψόμετρο που βρίσκεται το κάλυμμα και την μορφολογία που αναπτύσσεται πάνω από αυτό, κυμαίνεται από μερικές δεκάδες μέτρα μέχρι και 700-800 μέτρα.

Οι κυριότεροι λιθολογικοί τύποι που απαντώνται στους οφιολίθους της Πίνδου περιλαμβάνουν υπερβασικής και βασικής σύστασης μέλη και αντιπροσωπεύονται από: α) χαρτζβουργίτες, δουνίτες, περιδοτίτες συχνά έντονα σερπεντινιωμένους που εκτείνονται σε όλο σχεδόν το μήκος της επιμήκους εμφάνισης καθώς και στο κεντρικό και δυτικό τμήμα της κύριας εμφάνισης, νοτιοδυτικά από τη γραμμή που ενώνει τις κοινότητες της Σμίξης και της Σαμαρίνας, β) πυροξενίτες και γάβρους που με τη μορφή φλεβών διασχίζουν τα προηγούμενα πετρώματα και αναπτύσσονται τοπικά σε συγκεκριμένες ζώνες ή περιοχές όπως ΒΔ από τη Σαμαρίνα, στις κορυφές Τσούμα και Βασιλίτσα, νότια της Αβδέλλας και αλλού και γ) δια-

βάσες, δολερίτες, σπηλίτες, βασάλτες και pillow lavas που εντοπίζονται στο νότιο τμήμα του φύλλου σε μία ζώνη πλάτους αρκετών χιλιομέτρων από την κοινότητα του Δίστρατου στα δυτικά μέχρι την κορυφή Καντήλα στα ανατολικά.

ΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΟΦΙΟΛΙΘΙΚΟ ΛΑΤΥΠΟΠΑΓΕΣ

Ο τεκτονικός αυτός σχηματισμός αναπτύσσεται συνήθως τοπικά στη βάση του καλύμματος των οφιολίθων, σχηματίζοντας ζώνες με πάχος που κυμαίνεται από 1-2 μέτρα μέχρι αρκετές εκατοντάδες μέτρων. Τις περισσότερες φορές οι ζώνες αυτές δεν είναι χαρτογραφήσιμες στην κλίμακα του χάρτη, αν και υπάρχουν περιπτώσεις που αυτές καταλαμβάνουν σχετικά μεγάλες εκτάσεις, όπως αυτή ανάμεσα στις κοινότητες των Αρμάτων και του Διστράτου στο ΝΔ περιθώριο του χάρτη. Το πλάτος εμφάνισής της κυμαίνεται από 500 μέτρα μέχρι περισσότερο από 1.000-1500 μέτρα ενώ το πραγματικό της πάχος δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 150-200 μέτρα.

Συνιστά ένα μονόμεκτο οφιολιθικό τεκτονικό λατυποπαγές με λατύπες ποικίλου μεγέθους που συνίστανται κυρίως από τεμάχια γάβρων και περιδοτιτών. Στο όριο με τους οφιολίθους σταδιακά από το τεκτονικό λατυποπαγές μεταβαίνουμε σε έντονα κατακερματισμένη μάζα για να περάσουμε τέλος σε πιο υγιές πέτρωμα. Αντίστοιχα χαρακτηριστικά, αν και όχι τόσο καλά εκπεφρασμένα, παρατηρούνται και προς την πλευρά του υποκείμενου φλύσχη της Πίνδου.

ΤΕΚΤΟΝΙΚΟ MELANGE ΜΕ ΡΗΞΙΤΕΜΑΧΗ

Ο ιδιότυπος αυτός σχηματισμός περιλαμβάνει έναν αριθμό από ρηξιτεμάχια που είναι σφηνωμένα τεκτονικά στο μέτωπο και τη βάση του οφιολιθικού καλύμματος. Αντιπροσωπεύει ένα τεκτονικό melange που δημιουργήθηκε από την κίνηση του καλύμματος των οφιολίθων -από το χώρο δημιουργίας τους σε πιο εξωτερικές περιοχές- το οποίο παρέσυρε ή έφερε μαζί του μια σειρά από πετρώματα που κατά τη διάρκεια της κίνησης είτε σφηνώθηκαν τεκτονικά ανάμεσα στους οφιολίθους και το φλύσχη της Πίνδου είτε έπεσαν από το μέτωπο του καλύμματος στους ανώτερους ορίζοντες της φλυσχικής λεκάνης με τη μορφή ολισθολίθων (για να καλυφθούν βέβαια στη συνέχεια από το κάλυμμα).

Απαντώνται κατά μήκος των ορίων των οφιολίθων με το φλύσχη -και το ΒΑ και το ΝΔ- αλλά και διάσπαρτα πάνω σ' αυτόν (κορυφές Όμορφη Ράχη, Πάλια, Σκούρτζα, Αυγό, Διάκος) αντιπροσωπεύοντας υπολείμματα του καλύμματος που διαβρώθηκε και σπανιότερα ολισθολίθους από τα ανώτερα μέλη του φλύσχη (άγριος φλύσχος, βλ. στα επόμενα).

Ενίοτε τέτοια ρηξιτεμάχια απαντώνται και στο εσωτερικό της μάζας των οφιολίθων (περιοχή Αβδέλλας) η οποία και αυτή παρουσιάζεται κατακερματισμένη -με τη μορφή τεκτονικού μακρο-λατυποπαγούς- φανερώνοντας ότι ο τεκτονικός αυτός σχηματισμός αποκτά κατά περιοχές σημαντικό πάχος.

Το μέγεθος των ρηξιτεμαχίων, που συμμετέχουν στο τεκτονικό αυτό melange, ποικίλλει κατά περίπτωση από 100-150 μέτρα μέχρι και 1.000-1.500 μέτρα (Αλατόπετρα, Λάβδα, Σκούρτζα κλπ.). Οι φάσεις που συμμετέχουν είναι ποικίλες και αντιπροσωπεύουν συνήθως: α) μεσο-στρωματώδεις ασβεστόλιθους με μικροπανίδα του Ανωτέρου Κρητιδικού (*Orbitolina*,

Globotruncana κλπ.) στα ανώτερα μέλη, β) λεπτοστρωματώδεις, πλακώδεις ασβεστόλιθους με κερατολίθους και ηλικία Ιουρασικό - Κάτω Κρητιδικό και γ) ιάσπεις με ακτινόζωα και ερυθρούς ή τεφρούς κερατολίθους με ανω-ιουρασική ηλικία.

Η προέλευση των ρηξιτεμαχών αυτών έχει να κάνει με τις γενικότερες απόψεις για την εξέλιξη του ανατολικού περιθωρίου της ενότητας της Πίνδου (AUBOUIN 1959, 1965, PAPANIKOLAOU & DERMITZAKIS 1979, 1981), KOYMANTAKΗΣ και συν. 1980, ΠΛΑΣΤΗΡΑΣ και συν. 1985, ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ 1986, 1988, 1989, ΜΑΥΡΙΔΗΣ και συν. 1987, ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν. 1988, JONES 1990, DOUTSOS et al 1994) που συχνά διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Στην περιγραφή της τεκτονοϊζηματογενούς ακολουθίας που απαντάται στη βάση των μολασσικών σχηματισμών (σελ. 27), σχολιάζεται η προέλευση των τεμαχών αυτών σύμφωνα με τις απόψεις των ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν. (1988), αφού πρόκειται για τα ίδια ρηξιτεμάχη που με τη μορφή των ολισθολίθων "κύλησαν" μέσα στη μολασσική λεκάνη προερχόμενα από το δυτικό περιθώριο που δομείται από το κάλυμμα των οφιολίθων, ήδη επωθημένο (μαζί με ότι άλλο έφερνε μαζί του) πάνω στο φλύσχη της Πίνδου.

Ενότητα Πίνδου

Αντιπροσωπεύεται αποκλειστικά από το σχηματισμό του φλύσχη που εμφανίζεται με τη μορφή ενός μεγάλης κλίμακας επιμήκους τεκτονικού παραθύρου ανάμεσα στις δύο κύριες εμφανίσεις του καλύμματος των οφιολίθων, που περιγράφηκαν στα προηγούμενα. Αναπτύσσεται σε μία ζώνη πλάτους 6 χιλιομέτρων με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, αντίστοιχη δηλαδή με αυτή του περιθωρίου της Μεσοελληνικής αύλακας και της γενικής τεκτονικής δομής των εξωτερικών ελληνίδων στην περιοχή.

Στο ΝΔ άκρο του φύλλου, βόρεια από την κοίτη του Αώου ποταμού και νότια από τις κοινότητες των Αρμάτων και του Δίστρατου, εντοπίζεται επίσης ένα μικρότερης κλίμακας αλλά αντίστοιχης γεωμετρίας τεκτονικό παράθυρο του φλύσχη κάτω από τους οφιολίθους. Το πλάτος εμφάνισης στην περίπτωση αυτή δεν ξεπερνά τα 500-1.000 μέτρα όπως και το μήκος άλλωστε που δεν ξεπερνά τα 6-7 χιλιόμετρα.

Οι λιθολογίες είναι οι χαρακτηριστικές μιας φλυσχικής ακολουθίας και συνίστανται από εναλλαγές μαργών και ψαμμιτών που σπανιότερα περιέχουν ενστρώσεις και ορίζοντες κροκαλοπαγών, σχιστών αργίλων και κλαστικών ασβεστολίθων. Προς τα ανώτερα μέλη (π.χ. κορυφές Σκούρτζα, Αυγό, Διάκος) λαμβάνει τοπικά τη μορφή άγριου φλύσχη με ολισθολίθους ρηξιτεμάχη που συνδέονται με το κάλυμμα των οφιολίθων (βλ. στα προηγούμενα). Η γενική ηλικία του φλύσχη της Πίνδου καθορίζεται ως Δάνιο-Ηώκαινο, αλλά στην περιοχή μελέτης, με βάση την υπάρχουσα πανίδα, εμφανίζονται μόνο οι ανώτεροι στρωματογραφικά ορίζοντες (Ηώκαινο).

Οι κλίσεις των στρωμάτων δεν παραμένουν σταθερές αλλά μεταβάλλονται, αν και στα ανατολικά η όλη δομή φαίνεται να αντιστοιχεί σε ένα απαλό μεγάλης κλίμακας σύγκλινο ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης. Το πραγματικό πάχος είναι δύσκολο να προσδιορισθεί αφ' ενός μεν γιατί στην περιοχή του χάρτη δεν εμφανίζονται υποκείμενοι σχηματισμοί, αφ' ετέρου δε γιατί τα στρώματα είναι πολυπτυχωμένα με ισοκλινείς πτυχές ενώ ταυτόχρονα υφίστανται και αρκετές εφίππευσεις. Πρέπει πάντως να υπερβαίνει κατά θέσεις τα 1.000 μέτρα.

(?)ΠΡΟΑΛΠΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Το προαλπικό υπόβαθρο στην περιοχή μελέτης αντιπροσωπεύεται από τους μεταμορφωμένους σχηματισμούς της **ενότητας Καστοριάς** (ΡΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & ΣΤΟΓΙΑΝΟΒ 1983, ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ 1986, 1989). Η ηλικία των ανωτέρων μελών της ενότητας έχει καθορισθεί με βάση απολιθώματα που έχουν βρεθεί σε κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους στην πρώην Γιουγκοσλαβία και δίνουν ηλικία από Ανώτερο Κάμβριο μέχρι και Δεβόνιο. Στον ελληνικό χώρο δεν εμφανίζονται αντίστοιχες φάσεις οπότε εμμέσως τα ελληνικά μέλη χρονολογούνται γενικά ως Κατώτερο Παλαιοζωικό.

Οι σχηματισμοί αυτοί καταλαμβάνουν μια σχετικά μεγάλη έκταση στο ΒΑ τμήμα του φύλλου και δομούν την ορεινή περιοχή που αναπτύσσεται βόρεια και ανατολικά από τον παραπόταμο του Αλιάκμονα Πόρο. Βρίσκονται τεκτονικά κάτω από τα μάρμαρα της ενότητας της Αλμωπίας (βλ. αντίστοιχο κεφάλαιο) και συνίστανται από χαλαζίτες, μετα-κροκαλοπαγή με πολλά χαλαζιτικά στοιχεία, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, ασβεστιτικούς σχιστόλιθους και σπανιότερα σιπολίνες και δολερίτες. Το πάχος τους είναι αδύνατο να υπολογισθεί αφού στην περιοχή μελέτης αποτελούν τον κατώτερο τεκτονικά σχηματισμό για το ανατολικό περιθώριο της Μεσοελληνικής αύλακας.

Κεφάλαιο 2

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλυθούν τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης και πιο συγκεκριμένα εκείνα τα οποία αποτελούν δείκτες της νεοτεκτονικής εξέλιξης της περιοχής. Γεωμορφολογικές παράμετροι όπως οι ασυμμετρίες του υδρογραφικού δικτύου, η κατανομή και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των επιφανειών επιπέδωσης, η διάταξη των μορφολογικών ασυνεχειών και η κατά βάθος διάβρωση, αποτελούν σημαντικά στοιχεία για την κατανόηση της νεοτεκτονικής εξέλιξης της περιοχής και τον εντοπισμό πιθανών ενεργών δομών.

ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Για την ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου χρησιμοποιήθηκε το φύλλο του τοπογραφικού χάρτη των Γρεβενών κλίμακας 1:100.000 έκδοσης της Γ.Υ.Σ., από το οποίο λήφθηκαν υπόψη οι κλάδοι με συνεχή ή περιοδική ροή (μπλε γραμμές). Η πρώτη διαπίστωση είναι ότι το υδρογραφικό δίκτυο του Αλιάκμονα, που καταλαμβάνει τα 2/3 σχεδόν της περιοχής του χάρτη, χαρακτηρίζεται από μια ασυμμετρία με ανάπτυξη των δευτερευόντων κλάδων κυρίως σε διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ αλλά και σε διεύθυνση Α-Δ. Επίσης διακρίνονται κάποιοι κλάδοι του υδρογραφικού συστήματος του Αώου ποταμού (Ζουζουλιώτικο ρέμα, Βριάζη ρέμα, Βαλείρη ρέμα, Κυψελιώτικο ρέμα) στο δυτικό μέρος του χάρτη, με όριο τον υδροκρίτη διεύθυνσης Β-Ν που διέρχεται από τα όρη Βύσιαν και Λύγκας.

Στην περιοχή του χάρτη των Γρεβενών, ο κύριος κλάδος του ποταμού Αλιάκμονα αναπτύσσεται κυρίως σε διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και στο ύψος της λίμνης της Καστοριάς αλλάζει απότομα διεύθυνση κατά 90^0 και αποκτά διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ. Οι παραπόταμοι του Αλιάκμονα καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση, ιδιαίτερα στο κεντρικό τμήμα του χάρτη, οι επιμέρους μικρότεροι κλάδοι τους παρουσιάζουν διαφορετική διεύθυνση και φορά, εξαρτώμενοι από τη γενικότερη μορφολογία της περιοχής, την τεκτονική και τα είδη των πετρωμάτων που τη δομούν. Αναλυτικότερα, διακρίνονται οι επιμέρους υπολεκάνες απορροής οροθετημένες από τους υπάρχοντες υδροκρίτες (βλ. χάρτη που συνοδεύει το κείμενο).

Ένας από τους μεγαλύτερους παραπόταμους του Αλιάκμονα ο Βενέτικος ποταμός αναπτύσσεται στο νότιο τμήμα του χάρτη με αρχική διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ όπου νότια από το χωριό Σπήλαιον αλλάζει διεύθυνση σε Α-Δ, σχηματίζοντας ορθή γωνία (περιοχή εκτός χάρτη) για να αλλάξει ξανά σε ΒΑ-ΝΔ για να καταλήξει στον Αλιάκμονα με διεύθυνση Α-Δ.

Οι κύριοι κλάδοι του Βενέτικου με μεγάλο μήκος όπως το Φιλιππίο ρεύμα, το Σμιξιώτικο και το Ποταμούλι έχουν διεύθυνση περίπου Α-Δ και είναι παράλληλοι μεταξύ τους ενώ έχουν πολλούς επιμέρους υποκλάδους διεύθυνσης Β-Ν και είναι αναπτυγμένοι στο αλπικό υπόβαθρο που παρουσιάζει έντονο ανάγλυφο. Αντίθετα το τμήμα του κύριου κλάδου του Βενέτικου, είναι αναπτυγμένο σε μολυσσικά ιζήματα με ήπια μορφολογία και παρουσιάζει παράλληλη ανάπτυξη των μικρότερων κλάδων του.

Βορειότερα από τον Βενέτικο ποταμό, αναπτύσσεται ο Γρεβενιώτικος, ο οποίος διασχίζει την πόλη των Γρεβενών, με διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΒΔ πάνω σε Τεταρτογενείς αποθέσεις δίπλα σε μολυσσικά ιζήματα. Οι κύριοι κλάδοι του όπως είναι η Ποταμιά, το Μεγάλο Ρέμα, η Λειψοκούκια και ο Πανερίτικος Λάκκος, με σχεδόν ίδιο μήκος όλοι τους, έχουν διεύθυνση ΔΒΔ-ΝΑ και αναπτύσσονται εγκάρσια με το Γρεβενιώτικο ποταμό πάνω σε μολυσσικά ιζήματα με ήπιο ανάγλυφο και διατηρούν μια παράλληλη συμμετρία μεταξύ τους.

Στο κεντρικό τμήμα του χάρτη δεσπόζει η υπολεκάνη της Πραμορίτσας ποταμού, του οποίου ο κύριος κλάδος έχει διεύθυνση Α-Δ και είναι αναπτυγμένος σε μολυσσικά ιζήματα, ενώ χαρακτηρίζεται από μια ασυμμετρία με μεγαλύτερη ανάπτυξη των δευτερευόντων κλάδων του προς νότο και μικρότερη προς βορρά. Έτσι στο βόρειο τμήμα του ποταμού υπάρχουν λίγοι μονοί κλάδοι, αραιά και παράλληλα αναπτυγμένοι, που χαρακτηρίζονται από διεύθυνση Β-Ν με μικρό μήκος και αναπτύσσονται σε ήπια μορφολογία. Στο νότιο τμήμα της Πραμορίτσας ωστόσο, δεν εμφανίζεται κάποια συμμετρία μεταξύ των κλάδων του, παρά το ότι αναπτύσσονται πάνω σε μολυσσικά ιζήματα.

Ανατολικά του Πεντάλοφου οι κλάδοι των ρευμάτων Ρέμα, Καστανόρρεμα, Μπουχωρίνας και Τσαπουρνιά έχουν διεύθυνση Β-Ν και καταλήγουν με εγκάρσια διεύθυνση στον Πραμορίτσα. Οι επιμέρους κλάδοι του Ρέματος, (Κουτσομήλια, Παλαιοχώρι και Βάθια) παρουσιάζουν διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ η οποία απότομα αλλάζει σε διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ (ρέματα Παλαιομάγειρο, Κουλούρια και Μόκο Μύλος) χωρίς να μεταβάλλεται το υπόβαθρο στο οποίο είναι αναπτυγμένα. Επίσης ΒΔ του Πεντάλοφου παρουσιάζονται απότομες αλλαγές της κατεύθυνσης της ροής μέχρι και 180^0 ενώ η γενικότερη διεύθυνση των κλάδων είναι ΒΔ-ΝΑ.

Στο βόρειο τμήμα του χάρτη οι παραπόταμοι του Αλιάκμονα, οι οποίοι είναι αναπτυγμένοι κυρίως σε μολυσσικά ιζήματα, έχουν μεγάλο μήκος, είναι αραιά και παράλληλα διατεταγμέ-

νοι μεταξύ τους παρουσιάζοντας διεύθυνση BA-NΔ εγκάρσια στον κεντρικό κλάδο του Α-λιάκμονα. Οι κυριότεροι από αυτούς είναι το Ζαμπουραντιώτικο, ο Ξεριάς, ο Βέλας και το Λιμπίνι. Οι υπολεκάνες αυτών των λεκανών είναι αναπτυγμένες σε μολассικά ιζήματα και Τεταρτογενείς αποθέσεις προσδίδοντας ένα ήπιο ανάγλυφο στην περιοχή, με αρκετούς επιμέρους μικρότερους παράλληλους κλάδους, γενικής διεύθυνσης BA-NΔ.

Αναλυτικότερα στην υπολεκάνη απορροής του ρέματος Ζαμπουραντιώτικο, δυτικά της Νέας Κοτύλης εμφανίζεται απότομη αλλαγή της κατεύθυνσης της ροής μέχρι και 180° που σε μικρότερο βαθμό παρουσιάζεται και στην υπολεκάνη του ρέματος Ξεριά.

Ο Βέλας ποταμός παρουσιάζει ασυμμετρία στην ανάπτυξη των κλάδων του με τους μεγαλύτερους σε μήκος κλάδους (Βελής, Δάσος και Τρανός) να εντοπίζονται στο δυτικό τμήμα του και έχουν διεύθυνση Α-Δ, εγκάρσια αναπτυγμένοι ως προς τον κύριο κλάδο.

Το Λιμπίνι ρέμα ενώ έχει αρχική διεύθυνση ΝΔ-ΒΑ καταλήγει στον Αλιάκμονα με διεύθυνση Α-Δ αλλά παρουσιάζει μια γενικότερη συμμετρία των μικρότερων κλάδων του, που δεν έχουν μεγάλο μήκος και είναι παράλληλα διατεταγμένοι μεταξύ τους.

Τέλος ΒΑ του Αλιάκμονα βρίσκονται οι υπολεκάνες των παραποτάμων του Πόρου και Μυρίχου, οι οποίοι αρχικά ρέουν από Βορρά προς Νότο πάνω στο αλπικό υπόβαθρο και κοντά στον Αλιάκμονα πάνω σε Τεταρτογενή ιζήματα. Παρουσιάζουν μεγάλο μήκος και αναπτύσσονται αρχικά σε έντονο απότομο ανάγλυφο ενώ δεν παρουσιάζουν ασυμμετρία στην ανάπτυξη των κλάδων τους.

Στο δυτικό τμήμα του χάρτη περιλαμβάνεται τμήμα μόνο από τις υπολεκάνες απορροής των παραποτάμων του Αώου ποταμού. Έτσι νότια του Επταχωρίου αναπτύσσεται κυρίως σε μολассικά ιζήματα και σπανιότερα στο αλπικό υπόβαθρο ο Ζουζουλιώτικος, που έχει διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ και με τους περισσότερους κλάδους παράλληλα διατεταγμένους μεταξύ τους σε διεύθυνση BA-NΔ. Βόρεια του Δίστρατου αναπτύσσονται ασύμμετρα οι κλάδοι του Βριαζή ρέματος (Κουκουμανίρι, Νεροτρίβη) πάνω στο αλπικό υπόβαθρο με αλλαγή της κατεύθυνσης της ροής από BA-NΔ σε ΒΔ-ΝΑ.

Εξετάζοντας συνολικά τη μορφή του υδρογραφικού δικτύου του Αλιάκμονα ποταμού παρατηρούμε ιδιομορφίες σε διάφορα επιμέρους στοιχεία του, οι οποίες αποτελούν αποκλίσεις-ανωμαλίες από μια φυσιολογική απορροή σε ένα χώρο που δε διαμορφώνεται μόνο από την επίδραση των εξωγενών δυνάμεων αλλά και των ενδογενών. Οι περιπτώσεις αυτές δείχνουν την παρέμβαση της τεκτονικής, η οποία μέσα από τις διαφορικές κινήσεις των επιμέρους ρηξιτεμαχών επηρεάζει την ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου με:

- (i) επιλεγμένες κατευθύνσεις κλάδων σε ορισμένες μόνο διευθύνσεις και με υπέρμετρο μήκος σε σχέση με τους αντίστοιχους κλάδους ίδιας τάξης σε άλλες θέσεις του δικτύου,
- (ii) συμβολή σε συγκεκριμένα σημεία περισσότερων παραποτάμων,
- (iii) ασύμμετρες αναπτύξεις μικρών κλάδων μέσα σε κάθε υπολεκάνη,
- (iv) απότομες αλλαγές κατεύθυνσης ροής μέχρι και 180°.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΛΙΣΕΩΝ

Στην περιοχή του χάρτη των Γρεβενών έγινε ανάλυση των μορφολογικών κλίσεων με στόχο να επισημανθεί η σχέση ανάμεσα στις ιδιαιτερότητες του αναγλύφου και στις ενεργές τεκτονικές δομές. Λήφθηκαν υπόψη οι κλίσεις του εδάφους πάνω στον τοπογραφικό χάρτη σε σχέση και με άλλους γεωλογικούς παράγοντες όπως είναι η λιθολογία, η τεκτονική και η εξέλιξη της δομής. Από την μελέτη του μορφοτεκτονικού χάρτη προκύπτει μια παραστατική εικόνα του αναγλύφου, όπου είναι εμφανής η ανάπτυξη των επιφανειών επιπέδωσης και η διάταξη των μορφολογικών ασυνεχειών, ώστε να μπορούν να εντοπιστούν αμέσως οι περιοχές που παρουσιάζουν κάποια ιδιαιτερότητα (βλ. χάρτη που συνοδεύει το κείμενο). Αναλυτικότερα έχουμε:

Επιφάνειες Επιπέδωσης

Οι επιφάνειες επιπέδωσης χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες:

- α) σε δημιουργικές, οι οποίες προέρχονται από την απόθεση των υλικών,
- β) σε νεώτερες ποτάμιες αναβαθμίδες, οι οποίες αναπτύσσονται σε τεταρτογενείς αποθέσεις,
- γ) σε παλαιότερες χερσαίες αναβαθμίδες, οι οποίες αναπτύσσονται σε μολассικά και αλπικά ιζήματα και
- δ) σε καταστροφικές, οι οποίες έχουν προέλθει από διάβρωση.

Επίσης οι παραπάνω επιφάνειες επιπέδωσης και ιδιαίτερα οι κατηγορίες β), γ) και δ) είναι δυνατόν να διακριθούν σε οριζόντιες και σε κεκλιμένες που έχουν μικρή μορφολογική κλίση προς συγκεκριμένη φορά.

Παρατηρείται ότι οι οριζόντιες επιφάνειες απόθεσης, καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση εκατέρωθεν του κύριου κλάδου του Αλιάκμονα αλλά και των επιμέρους παραποτάμων του κυρίως στο ανατολικό τμήμα του χάρτη. Οι ποτάμιες αναβαθμίδες εντοπίζονται κυρίως στον Πραμορίτσα, στον Γρεβενιώτικο και στον Βέλα παραπόταμο με μέσο υψόμετρο 750 μέτρα και είναι είτε οριζόντιες είτε παρουσιάζουν συγκλίνουσα κλίση προς τους κύριους κλάδους.

Σύμφωνα με Brunn (1956) οι ποτάμιες αναβαθμίδες που συναντώνται σε χαμηλότερα απόλυτα υψόμετρα από την μεγάλη επιφάνεια στα 630m (λιμναίας προέλευσης) είναι τέσσερις. Η επιφάνεια αυτή συναντάται στα Β και ΒΑ μέχρι τα 670m. Η κοιλαδογένεση του Αλιάκμονα και των παραποτάμων του, που αποστραγγίζουν όλη αυτή την περιοχή, πραγματοποιήθηκε σε πέντε χωριστά στάδια. Στη διάρκεια των περιόδων ανάπαυλας, απουσιάζει η εκβάθυνση και επικρατεί η οριζόντια διάβρωση.

Τα υψόμετρα των αναβαθμίδων είναι κυμαινόμενα. Στα βόρεια των λόφων της Κράπας, κάτω από το χωριό Ασπρόκαμπος (ΒΑ των Γρεβενών), οι διαδοχικές αναβαθμίδες κλιμακώνο-

νται στα 485m, 510m, 530m, 575m και 625m δηλαδή στα 10m,35m,55m,100m και 150m πάνω από την σημερινή κοίτη του Αλιάκμονα.

Είναι σίγουρο ότι η συγκεκριμένη διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου με τις αναβαθμί-
δες, ανακλά σε μεγάλο βαθμό, τις φάσεις της σταδιακής ανύψωσης που υπέστη αυτό το
κομμάτι της Μεσοελληνικής Αύλακας, από την εποχή που αποτέθηκαν οι λιμναίοι Βιλλα-
φράγκιοι σχηματισμοί. Αξίζει να αναφερθεί εδώ, ότι ο J.H.Brunn δίνει ιδιαίτερη σημασία
στη μελέτη των αναβαθμίδων του Αλιάκμονα μέχρι την εκβολή αυτού στο Αιγαίο, διότι συ-
νεισφέρει στην κατανόηση της σχέσης των ενδογήινων κινήσεων με τη διακύμανση της
στάθμης της θάλασσας, αλλά και στον προσδιορισμό της ηλικίας σχηματισμού του Αιγαίου.

Οι οριζόντιες καταστροφικές επιφάνειες επιπέδωσης αναπτύσσονται κυρίως στο αλπικό υ-
πόβαθρο της Ενότητας της Πίνδου στο ΒΔ τμήμα του χάρτη σε υψόμετρο από 1.500-2.000
μέτρα, σε μικρότερες εμφανίσεις στο ΒΑ τμήμα ενώ νοτιοδυτικά του χάρτη παρουσιάζουν
μία επιμήκης διάταξη. Οι παλαιότερες χερσαίες αναβαθμίδες αναπτύσσονται κυρίως σε μο-
λασσικά ιζήματα και είναι ανομοιόμορφα κατανεμημένες κυρίως στο κεντροανατολικό τμή-
μα του χάρτη, με μέσο υψόμετρο που δεν ξεπερνά τα 1.000 μέτρα χωρίς να παρουσιάζουν
μία γενική κατεύθυνση. Αναλυτικότερα:

Στην περιοχή της πόλης των Γρεβενών, μέχρι τον Άγιο Γεώργιο επικρατούν οι πρόσφατες
ποτάμιες αναβαθμίδες, οι οποίες καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση και αναπτύσσονται στον
ενδιάμεσο χώρο των παραποτάμων του Γρεβενιώτικου, με μέσο υψόμετρο 650 μέτρα. Ανα-
πτύσσονται κυρίως σε πλείο-πλειστοκαινικές αποθέσεις και είναι άλλοτε οριζόντιες και άλ-
λοτε παρουσιάζουν μια μικρή κλίση προς τα ανατολικά, προσδίδοντας μια ήπια μορφολογία
στην περιοχή της πόλης των Γρεβενών. Δυτικότερα από το χωριό Ροδιά, μέχρι το Μέγαρο
και τους Μαυραναίους εμφανίζονται οι χερσαίες αναβαθμίδες με υψόμετρο που δεν ξεπερνά
τα 1000 μέτρα, οι οποίες είναι κατανεμημένες κατά μήκος των μικρότερων κλάδων του Γρε-
βενιώτικου (Βάλτος, Ποταμιά) και παρουσιάζουν συγκλίνουσα κατεύθυνση προς αυτούς.

Ο Βενέτικος ποταμός παρουσιάζει επιφάνειες επιπέδωσης (ποτάμιες αναβαθμίδες) με μικρή
μορφολογική κλίση μόνο στο ΝΑ τμήμα του χάρτη, οι οποίες έχουν φορά από Νότο προς
Βορρά. Είναι αναπτυγμένες πάνω σε Τεταρτογενή ιζήματα με μέσο υψόμετρο 550 μέτρα
προσδίδοντας στην περιοχή ένα ήπιο ανάγλυφο. Παρατηρούμε ωστόσο ότι στην δυτική υπο-
λεκάνη του με τους κυριότερους παραπόταμους του (Ποταμούλι, Φιλιπιά), απουσιάζουν οι
επιφάνειες επιπέδωσης και αν υφίστανται κυρίως είναι καταστροφικές και δεν έχουν συγκε-
κριμένη διάταξη.

Εξαίρεση αποτελούν οι δύο μικρές οριζόντιες επιφάνειες απόθεσης κατά μήκος των ρεμάτων
Φιλιπιά, Σμιξιώτικο και Ποταμούλι. Η μορφολογία της περιοχής στην υπολεκάνη αυτή είναι
απότομη, με πυκνές ισοϋψείς και έντονη την παρουσία του αλπικού υποβάθρου. Στην περιο-
χή της πόλης Δίστρατο οι επιφάνειες επιπέδωσης είναι ελάχιστες και κυρίως χαρακτηρίζο-
νται ως καταστροφικές σε μεγάλο υψόμετρο, γύρω στα 1.600-1.800 μ. και το ανάγλυφο εί-
ναι αρκετά απότομο, όπως χαρακτηριστικά δείχνει η παρουσία αρκετών μορφολογικών ασυ-
νεχειών.

Κατά μήκος του Ζουζουλιώτικου ποταμού κοντά στο Επταχώρι αναπτύσσονται παλαιές
χερσαίες αναβαθμίδες με μικρή μορφολογική κλίση και συγκλίνουσα κατεύθυνση προς τον

κύριο κλάδο του. Επιπλέον ανάμεσα στα ρέματα Ζουζουλιώτικο, Παλιομάγειρο και Κορλούρια αναπτύσσονται μακρόστενες καταστροφικές επιφάνειες επιπέδωσης, ακολουθώντας τη γενικότερη διεύθυνση αυτών των ρεμάτων, πάνω σε μολασσικές αποθέσεις με μέσο υψόμετρο 1.100 μέτρα σε ένα κατά τα άλλα απότομο ανάγλυφο.

Στην υπολεκάνη του ποταμού Πραμορίτσα, αναπτύσσονται κυρίως πρόσφατες ποτάμιες αναβαθμίδες με μικρή μορφολογική κλίση κατά μήκος του κύριου κλάδου του ποταμού οι οποίες κλίνουν άλλοτε προς τα βόρεια και άλλοτε προς τα νότια, σε ήπιο ανάγλυφο πάνω σε Τεταρτογενείς αποθέσεις με υψόμετρο που δεν ξεπερνά τα 800 μέτρα. Κατά μήκος του παραποτάμου Τσαπουρνιά εμφανίζονται χερσαίες αναβαθμίδες πάνω σε μολασσικά ιζήματα, οι οποίες είναι κατανεμημένες εκατέρωθεν του κύριου κλάδου και κλίνουν άλλοτε προς τα ΒΑ και άλλοτε προς τα ΒΔ. Στην περιοχή του Ρέματος, από το χωριό Κορυφή ως το χωριό Χρυσανγή, οι χερσαίες αναβαθμίδες είναι ανομοιόμορφα κατανεμημένες, ενώ απουσιάζουν στο δυτικό τμήμα της υπολεκάνης όπου το ανάγλυφο είναι και πιο απότομο.

Ο κύριος κλάδος του ποταμού Αλιάκμονα αναπτύσσεται πάνω σε Τεταρτογενείς αποθέσεις και εκατέρωθεν του κυριαρχούν επιφάνειες απόθεσης είτε με μικρή μορφολογική κλίση προς τον κύριο κλάδο είτε οριζόντιες. Στην υπολεκάνη του Ζαμπουραντιώζικου οι επιφάνειες επιπέδωσης έχουν φορά από ΒΔ προς ΝΑ και αναπτύσσονται μόνο στο δυτικό τμήμα του παραποτάμου ενώ το ανατολικό παρουσιάζει πιο απότομο ανάγλυφο χωρίς επιφάνειες. Στο ΝΔ τμήμα της υπολεκάνης υπάρχει στην περιοχή της Μεγάλης Όντριας μια επιφάνεια επιπέδωσης με μικρή μορφολογική κλίση προς τα ΒΑ, η οποία καταλαμβάνει μεγάλη έκταση. Είναι αναπτυγμένη πάνω σε μολασσικά ιζήματα και μάλιστα πάνω στην κορυφή των μαργαϊκών του Όντρια που αποτελούν το τελευταίο ιζήμα της μολασσικής λεκάνης. Επίσης η επιφάνεια παρουσιάζει μορφολογικό δόντι μόνο προς τα δυτικά όπου το ανάγλυφο είναι και πιο απότομο.

Στην υπολεκάνη του Βέλα ποταμού, επικρατούν πολλές επιφάνειες επιπέδωσης με διαφορετική κλίση, χωρίς καμία ιδιαίτερη συμμετρία ακολουθώντας τη διεύθυνση των επιμέρους κλάδων του ποταμού (π.χ. Βελής ρέμα). Αξιοσημείωτο είναι ότι στην ανατολική πλευρά του αναπτύσσονται μόνο χερσαίες αναβαθμίδες με μέσο υψόμετρο γύρω στα 650 μέτρα πάνω σε μολασσικά ιζήματα καθώς και στους επιμέρους μικρότερους κλάδους του και μόνο στη δυτική του πλευρά από το χωριό Μεσόλογγος μέχρι τη συμβολή του στον ποταμό Αλιάκμονα εμφανίζονται πρόσφατες ποτάμιες αναβαθμίδες οι οποίες έχουν γενική κλίση προς τα ΝΑ.

Στην υπολεκάνη του Μαυρυρρέματος επικρατούν οι χερσαίες αναβαθμίδες, πάνω στα μολασσικά ιζήματα με μέσο υψόμετρο 600 μέτρα, κατά μήκος του κύριου κλάδου με κλίση προς τα ΝΑ στο ένα πρυνές και προς τα ΒΔ στο άλλο. Τα όρια επίσης της λεκάνης οριοθετούνται από οριζόντιες καταστροφικές επιφάνειες επιπέδωσης σε μέσο υψόμετρο 800 μέτρων.

Τέλος στην υπολεκάνη του ρέματος του Λιμπίνι οι πρόσφατες αναβαθμίδες με μικρή μορφολογική κλίση παρουσιάζουν κάποια ασυμμετρία, είναι παράλληλες μεταξύ τους και κλίνουν προς τα ΝΑ.

Η περιοχή της πόλης του Άργους Ορεστικού είναι μια επίπεδη οριζόντια επιφάνεια απόθεσης χωρίς μορφολογικές ανωμαλίες και ήπιο ανάγλυφο μέχρι την λίμνη της Καστοριάς.

Στην περιοχή του Πεντάβρυσου κατά μήκος του κύριου κλάδου του Αλιάκμονα αναπτύσσονται ποτάμια αναβαθμίδες με μέσο υψόμετρο γύρω στα 800 μέτρα. Στο δυτικό τμήμα του χάρτη από το Νέο Κωσταράζιο μέχρι το Καλονέρι οι ποτάμια αναβαθμίδες κλίνουν προς τα ΝΔ και έχουν μικρότερο υψόμετρο από 600 έως 700 μέτρα. Χαρακτηριστική τέλος είναι η οριζόντια καταστροφική επιφάνεια πάνω σε αλπικό υπόβαθρο, δυτικά του Γέρμα με μέσο υψόμετρο 1000 μέτρων. Επίσης υπάρχουν δύο οριζόντιες επιφάνειες απόθεσης στους παραποτάμους Πόρος και Μύριχος, οι οποίες καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση. Τέλος ενδιάμεσα στον Πόρο και στον Μύριχο παραπόταμο επικρατούν οριζόντιες καταστροφικές επιφάνειες επιπέδωσης οι οποίες παρουσιάζουν μία επιμήκης διάταξη.

Τέλος, άλλη μια σημαντική παρατήρηση αποτελεί το γεγονός ότι το ΝΔ τμήμα αποτελεί ένα παλιό πανεπίπεδο το οποίο αποτελείται από αλπικό υπόβαθρο της Ενότητας της Πίνδου και υφίσταται σε έντονες διαδικασίες ανόδου και διάβρωσης με λίγες επιφάνειες διάβρωσης, ενώ στο ΒΑ τμήμα που κυριαρχεί το μεταμορφωμένο της Πελαγονικής Ενότητας δεν υπάρχουν επιφάνειες διάβρωσης και απόθεσης

Μορφολογικές Ασυνέχειες

Οι μορφολογικές ασυνέχειες αντιπροσωπεύουν αλλαγές στις τιμές της μέσης μορφολογικής κλίσης που ξεπερνούν το 15%. Συνήθως αντιστοιχούν σε εδαφικές εξάρσεις, χαραδρώσεις και γενικά απότομες επιφάνειες με τιμές μορφολογικών κλίσεων συχνά πάνω από 45%.

Στον χάρτη δεν παρατηρούνται πολλές μορφολογικές ασυνέχειες, ιδιαίτερα στο κεντρικό του τμήμα, όπου οι ισοϋψείς είναι αραιές και το ανάγλυφο ομαλό αναπτυγμένο πάνω σε μολассικά ιζήματα. Ορισμένες παρατηρούνται κυρίως στο ΝΔ του τμήμα του χάρτη στην περιοχή όπου εμφανίζεται το αλπικό υπόβαθρο και απουσιάζουν γενικά οι επιφάνειες επιπέδωσης, εκτός ορισμένων υπολειμμάτων επιφανειών διάβρωσης. Η διεύθυνσή των ασυνεχειών είναι ίδια με αυτή των κλάδων των παραποτάμων και διαφέρει από περιοχή σε περιοχή. Επίσης υπάρχουν ασυνέχειες και στο ΒΑ τμήμα του χάρτη πάνω σε αλπικό υπόβαθρο οριοθετώντας μεγάλες επιφάνειες επιπέδωσης λόγω διάβρωσης.

Κατά βάθος διάβρωση.

Πρόκειται για γραμμικού χαρακτήρα διάβρωση η οποία συνδέεται άμεσα με την κινηματική ενέργεια και την ποσότητα του νερού. Η κινηματική ενέργεια εξαρτάται και από τις μορφολογικές κλίσεις.

Όσο χρονικό διάστημα υφίσταται το καθεστώς της κατά βάθος διάβρωσης, η περιοχή δεν έχει φθάσει σε κατάσταση ισορροπίας, γιατί οι κλίσεις είναι ακόμα μεγάλες. Οι κλίσεις όμως συνδέονται είτε με την ταπείνωση της στάθμης της θάλασσας (π.χ. λόγω ευστατισμού), είτε με την ανύψωση της ξηράς, είτε με συνδυασμό και των δύο. Για την περιοχή μελέτης ο J.H.Brunn (1957) τονίζει τη σημασία των κατακόρυφων κινήσεων που προηγούνται, συνοδεύουν και καθορίζουν τις οριζόντιες ολισθοδιατμητικές κινήσεις. Συνεπώς η κατά βάθος διάβρωση θα πρέπει να συνδέεται με κινήσεις τεκτονικού χαρακτήρα.

Η ανάπτυξη της κατά βάθος διάβρωσης γίνεται συνήθως εγκάρσια προς τη γενική διεύθυνση της μορφολογικής ασυνέχειας σχηματίζοντας διαδοχικές εγκολπώσεις, ενεργεί δε περιφερει-

ακά των επιφανειών επιπέδωσης και αναπτύσσεται μάλιστα εγκάρσια στις ενεργές νεοτεκτονικές δομές (π.χ. ρηξιγενείς ζώνες) .

Η κατά βάθος διάβρωση των σχηματισμών διαπιστώνεται στο μορφοτεκτονικό χάρτη από τις σημειούμενες γραμμές μορφολογικών ασυνεχειών οι οποίες αναπτύσσονται παράλληλα προς ένα κλάδο απορροής του υδρογραφικού δικτύου και παρουσιάζουν ένα σχήμα κλειστού V.

Στον μορφοτεκτονικό χάρτη δεν διακρίνονται γενικά πολλές περιοχές με κατά βάθος διάβρωση. Σχεδόν όλες οι περιπτώσεις εντοπίζονται στο δυτικό άκρο της περιοχής και στο ΒΑ όπου και εμφανίζεται το αλπικό υπόβαθρο. Αντίθετα στο κεντρικό και νοτιοανατολικό τμήμα του χάρτη όπου εμφανίζονται οι μολασσικές και μεταλπικές αποθέσεις απουσιάζουν.

Στην περιοχή της Πραμορίτσας η κατά βάθος διάβρωση περιορίζεται στην κεντρική και κατά πλείστον στην ανατολική περιοχή. Αρχίζοντας από το ύψος της Παναρέτης και προς δυτικά παρατηρείται σημαντική διαφορά βόρεια και νότια της κοίτης της Πραμορίτσας. Νότια αυτής, τα πρηνή της επιφάνειας της Κιβωτού αποτελούν μία από τις δύο χαρακτηριστικές θέσεις κατά βάθος διάβρωσης της περιοχής. Η κατά βάθος διάβρωση είναι νεοδημιουργηθείσα και εντονότατη, τόσο ώστε να συνοδεύεται από πολλές και μεγάλες κατολισθήσεις. Ταυτόχρονα εμφανίζεται σε μεγάλη έκταση, από το δρόμο που οδηγεί προς Κιβωτό (από Παναρέτη) μέχρι και τα πρηνή βόρεια του Πολυδένδρου, και αναπτύσσεται πάνω σε πλειοπλειστοκαινικούς σχηματισμούς .

Αντίθετα τα βόρεια πρηνή χαρακτηρίζονται από ομαλότερες καταστάσεις, δηλαδή επικρατεί η διάβρωση οριζόντιας συνιστώσας και όχι η κατά βάθος. Η κατά βάθος διάβρωση είναι μεγάλη στο ρέμα μεταξύ Παναρέτης και Τραπεζίτσας και αναπτύσσεται πάνω σε σχηματισμό Τσοτυλίου. Έντονη και νεοδημιουργηθείσα είναι η κατά βάθος διάβρωση ΒΑ της Τραπεζίτσας και βόρεια της Παναρέτης πάνω σε τουλάχιστον πλειοκαινικούς σχηματισμούς.

Πιο δυτικά, κατά βάθος διάβρωση συναντάμε στο ρέμα νότια του Αξιόκαστρου. Αυτή, πάλι, συνηγορεί υπέρ της άποψης για τεκτονική δράση στο συγκεκριμένο ρέμα αλλά συμφωνεί και με τους υπόλοιπους γεωμορφολογικούς και τεκτονικούς παράγοντες. Δηλαδή, ουσιαστικά ταυτίζεται με τη θέση όπου η πλειοπλειστοκαινική επιφάνεια επιπέδωσης του Αξιόκαστρου παρουσιάζει μια κάμψη τύπου αντικλίνου η οποία αποτυπώνεται και επάνω στον υδροκρίτη. Επιπλέον στη θέση αυτή παρατηρείται αλλαγή της διεύθυνσης των ρεμάτων 1ης και 2ας τάξης αλλά και μη σταθερή διεύθυνση των αξόνων των πτυχών, γεγονότα που ενισχύουν την άποψη της σύγχρονης τεκτονικής δράσης στην περιοχή

Κεφάλαιο 3

ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

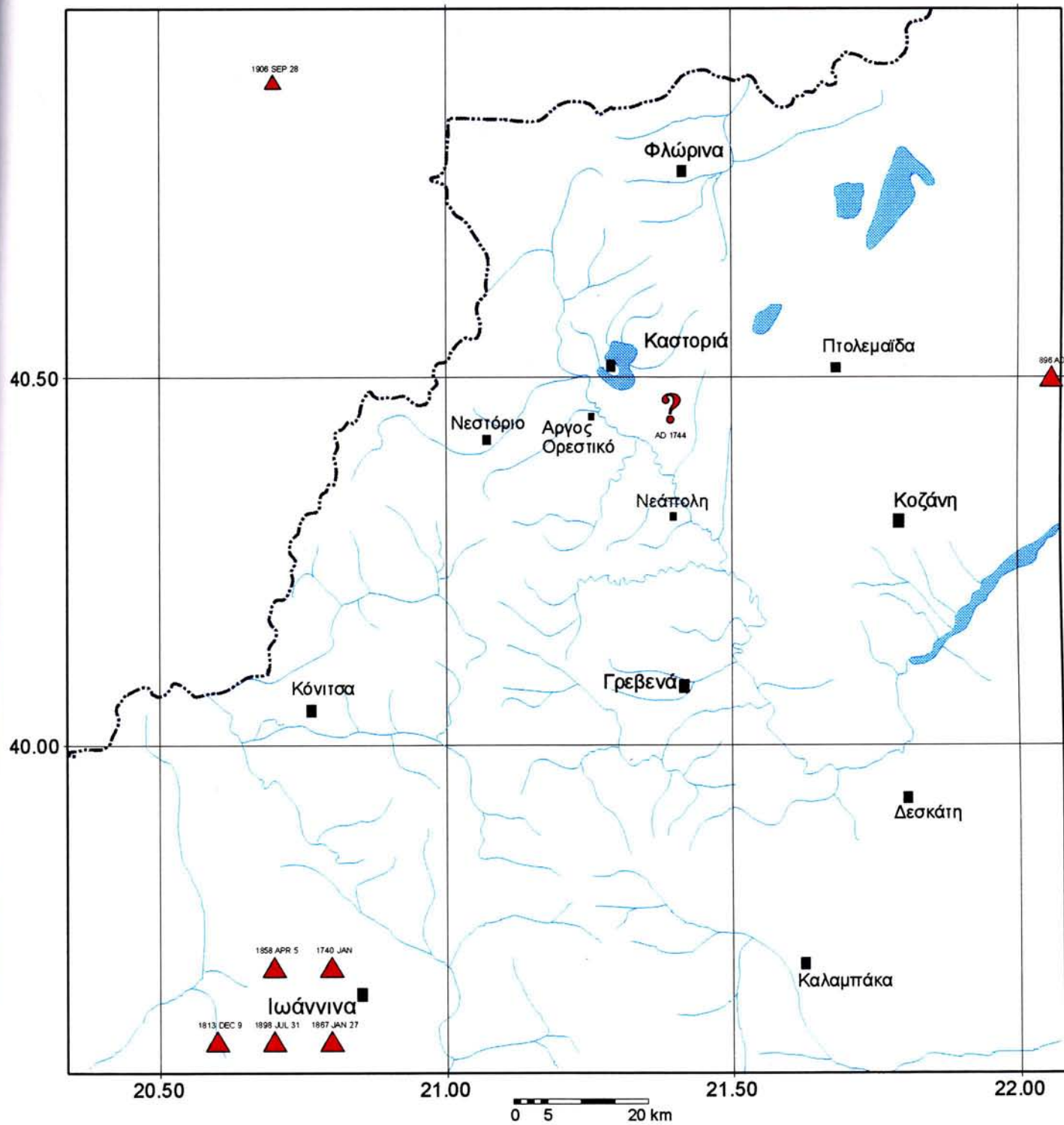
Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιασθούν ορισμένα στοιχεία που αφορούν στη σεισμικότητα της ευρύτερης περιοχής και πιο συγκεκριμένα θα αναλυθούν και θα σχολιασθούν τόσο οι ιστορικές και οι ενόργανες σεισμικές καταγραφές όσο και ο ισχυρός σεισμός της 15ης Μαΐου 1995. Στη συνέχεια οι παρατηρήσεις αυτές θα συσχετισθούν τόσο με τις υπάρχουσες ενεργές τεκτονικές δομές, όσο και με τα τεχνικογεωλογικά στοιχεία των εδαφών θεμελίωσης, με στόχο να παρουσιασθούν κάποια πρώτα συμπεράσματα για την σεισμική επικινδυνότητα της περιοχής του φύλλου.

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ

Το καταγραμμένο ιστορικό σεισμικότητας στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας είναι μικρό, έως ανύπαρκτο. Ειδικότερα για την περιοχή του φύλλου Γρεβενά, δεν αναφέρεται κανένα σεισμικό γεγονός σε οποιοδήποτε κατάλογο ή εργασία. Οι σεισμοί που έχουν απογραφεί για την ευρύτερη περιοχή από τους Παπαζάχο & Παπαζάχου (1989) παρουσιάζονται στην Εικ. 3-1.

Το γεγονός της απουσίας ιστορικών καταγραφών δε θα πρέπει να αποδοθεί μόνο στη φαινομενικά ίσως χαμηλή σεισμικότητα της περιοχής, ή σε συγκεκριμένα σεισμοτεκτονικά της χαρακτηριστικά (π.χ., μεγάλη περίοδος επανάληψης), αλλά και στους αλληλοεπηρεαζόμενους φυσικογεωγραφικούς και πολιτισμικούς παράγοντες. Έτσι, η ανυπαρξία διαχρονικών οικονομικών και πολιτισμικών κέντρων κατά τους ιστορικούς χρόνους είναι ένα στοιχείο που

Εικ. 3-1



▲ $6 \leq M < 7$

▲ $5 \leq M < 6$

Ιστορική Σεισμικότητα (550 π.Χ. - 20ος αι. μ.Χ.), κατά Παπαζάχο & Παπαζάχου, 1989.

συνδέεται και με την ήσσονος στρατηγική και εμπορική σημασία της περιοχής, αλλά και με τις όχι ευνοϊκές κλιματικές και μορφολογικές συνθήκες που απέτρεψαν την εγκατάσταση πληθυσμού. Είναι, άλλωστε, γνωστό ότι, μολοντί ολόκληρος σχεδόν ο ελληνικός χώρος έχει αποδεδειγμένα υψηλή σεισμικότητα, σαν ιστορικά "σεισμόπληκτες" αναφέρονται κυρίως –αν όχι μόνο – οι περιοχές όπου υπήρξε συνεχής ανθρώπινη παρουσία, είτε με τη μορφή πόλεων, εμπορικών κέντρων, ή με τη μορφή τόπων θρησκευτικής λατρείας (Ambraseys 1971).

Στην ευρύτερη περιοχή, καταστρεπτικός σεισμός ($I_0=VIII$) αναφέρεται το 896 μ.Χ. (Παπαζάχος & Παπαζάχου 1989), (Εικ. 3-1) με καταστροφές στη Βέροια ή/και τα Βοδενά. Μια ακόμη αμφιλεγόμενη μαρτυρία, αναφέρεται από τους Ambraseys & Finkel (1993). Πρόκειται για σεισμό που φέρεται να κατέστρεψε την Καστοριά το 1744 μ.Χ., δεδομένου όμως ότι οι ανωτέρω συγγραφείς αποδίδουν στον ίδιο σεισμό και καταστροφή της Δομνίτσας στην περιοχή των Αγράφων, θα πρέπει να υπάρχει ιδιαίτερη επιφύλαξη στο να προστεθεί αυτό το σεισμικό γεγονός στην ιστορική σεισμικότητα της περιοχής.

ΕΝΟΡΓΑΝΕΣ ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΣ

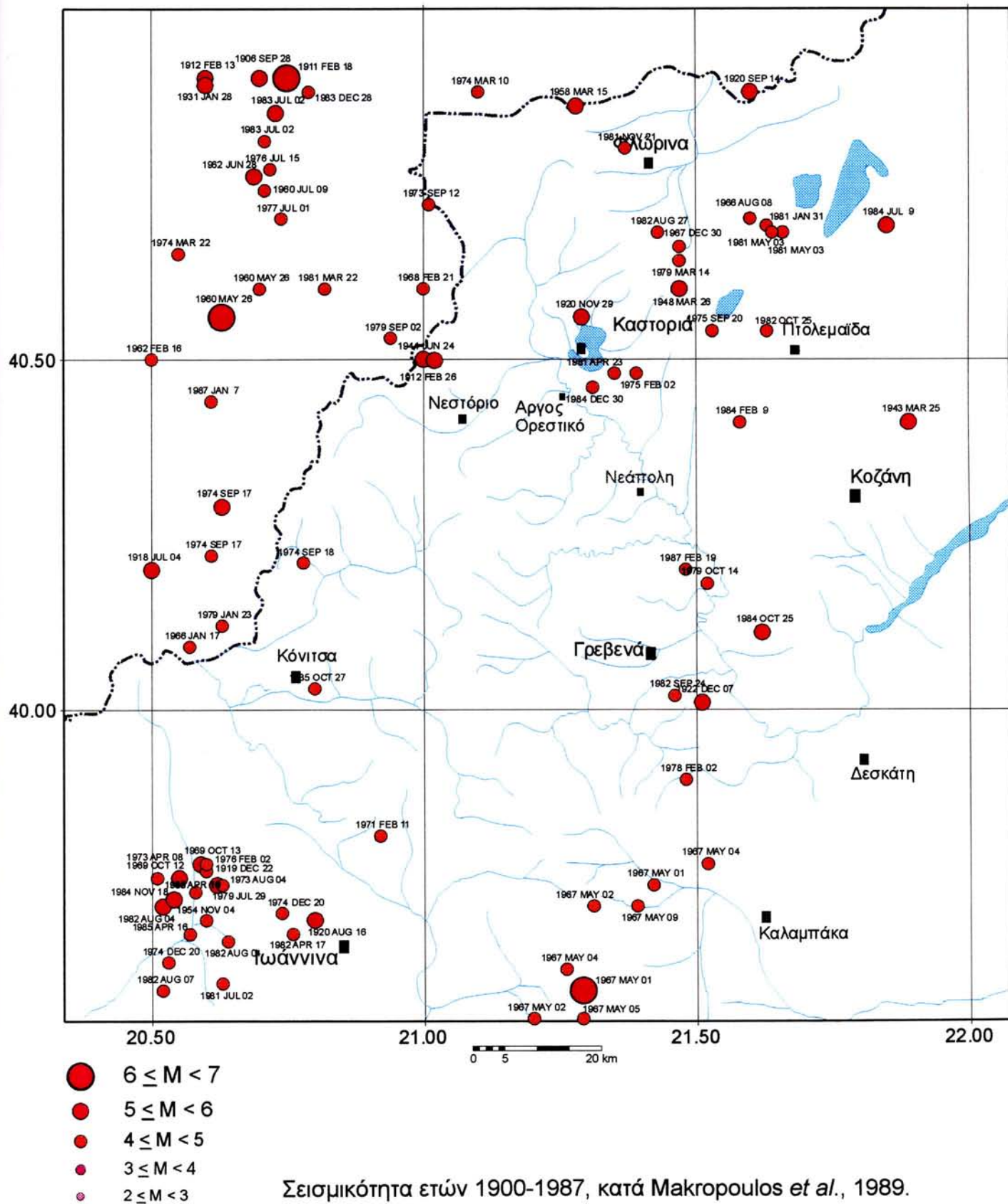
Για την εκτίμηση της σεισμικότητας και των σεισμοτεκτονικών χαρακτηριστικών της περιοχής έρευνας αλλά και της ευρύτερης περιοχής λήφθηκαν υπόψη οι επίσημοι κατάλογοι που εκδίδει το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Αστεροσκοπείου Αθηνών (Μηνιαίο Δελτίο Γεωδυναμικού Ινστιτούτου, ΜΜΔΓΙΑ), οι κατάλογοι των Comninakis & Papazachos (1986), των Makropoulos et al. (1989) και των Παπαζάχος & Παπαζάχου (1989), καθώς και η ηλεκτρονική βάση δεδομένων της USGS/NEIC (1994), ενώ χρησιμοποιήθηκε και ο κατάλογος των Drakopoulos & Delibasis (1982) για τους υπάρχοντες μηχανισμούς γένεσης σεισμών.

Πλήρης καταγραφή σεισμικών γεγονότων υπάρχει μόνο για το διάστημα 1964 έως σήμερα, από την ημερομηνία πρώτης έκδοσης του Δελτίου Γεωδυναμικού Ινστιτούτου Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΜΜΔΓΙΑ). Οι κατάλογοι των Comninakis & Papazachos (1986) και Makropoulos et al. (1989) καλύπτουν το χρονικό διάστημα 1901-1985 και 1900-1987, αντίστοιχα, αναφέρουν δε γεγονότα μέγεθος μεγαλύτερο από $M=4$.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι παρουσιάζονται σημαντικές διαφορές στα στοιχεία των γεγονότων. Οι διαφορές αυτές αφορούν όλα σχεδόν τα χαρακτηριστικά των σεισμών, ήτοι χρόνο γένεσης, επίκεντρο (ϕ , λ), εστιακό βάθος και μέγεθος, και σε αρκετές περιπτώσεις ήταν ιδιαίτερα μεγάλες, ακόμα και σε δονήσεις μεγάλου μεγέθους, όπως λόγου χάρη, ο σεισμός της 25ης Οκτωβρίου 1984. Γι' αυτό το λόγο κρίθηκε σκόπιμο ο κάθε κατάλογος να παρουσιαστεί χωριστά, δεδομένου ότι κάθε απόπειρα στάθμισης των διαφορών θα ήταν αρκετά υποκειμενική. (Εικ. 3-2, 3-3 & 3-4).

Είναι φανερό ότι η μικρή χρονική περίοδος (30 περίπου χρόνια) για την οποία έχουμε πλήρη σεισμικά δεδομένα δεν επαρκεί για ολοκληρωμένη εκτίμηση της σεισμικότητας της περιοχής. Μια καλύτερη εικόνα θα δινόταν εάν υπήρχε απογραφή των δονήσεων μικρού έως μεσαίου μεγέθους (<4) τουλάχιστο για όλο τον παρόντα αιώνα, έτσι ώστε η χωρο-χρονική

Εικ. 3-2



Σεισμικότητα ετών 1900-1987, κατά Μακροπούλος *et al.*, 1989.

διάταξη των οποίων, σε συνδυασμό με τα υπάρχοντα στοιχεία, θα συνεισέφερε στην αποσαφήνιση του σεισμοτεκτονικού καθεστώτος της περιοχής.

Η αναφορά στο ιστορικό των ενόργανα καταγραφμένων σεισμών της περιοχής θα πρέπει να γίνει κάνοντας διάκριση στην προ-1995 σεισμική δραστηριότητα και σε αυτή που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της ακολουθίας του σεισμού της 13ης Μαΐου 1995. Αυτό διότι ο χώρος που διεγέρθηκε από αυτό το σεισμό φάνηκε να καλύπτει ένα κενό (όχι απαραίτητα με την έννοια του σεισμικού κενού (seismic gap) sensu stricto στην περιοχή. Για την ακολουθία του σεισμού της 13ης Μαΐου 1995 θα γίνει συνοπτική αναφορά σε αυτοτελές κεφάλαιο.

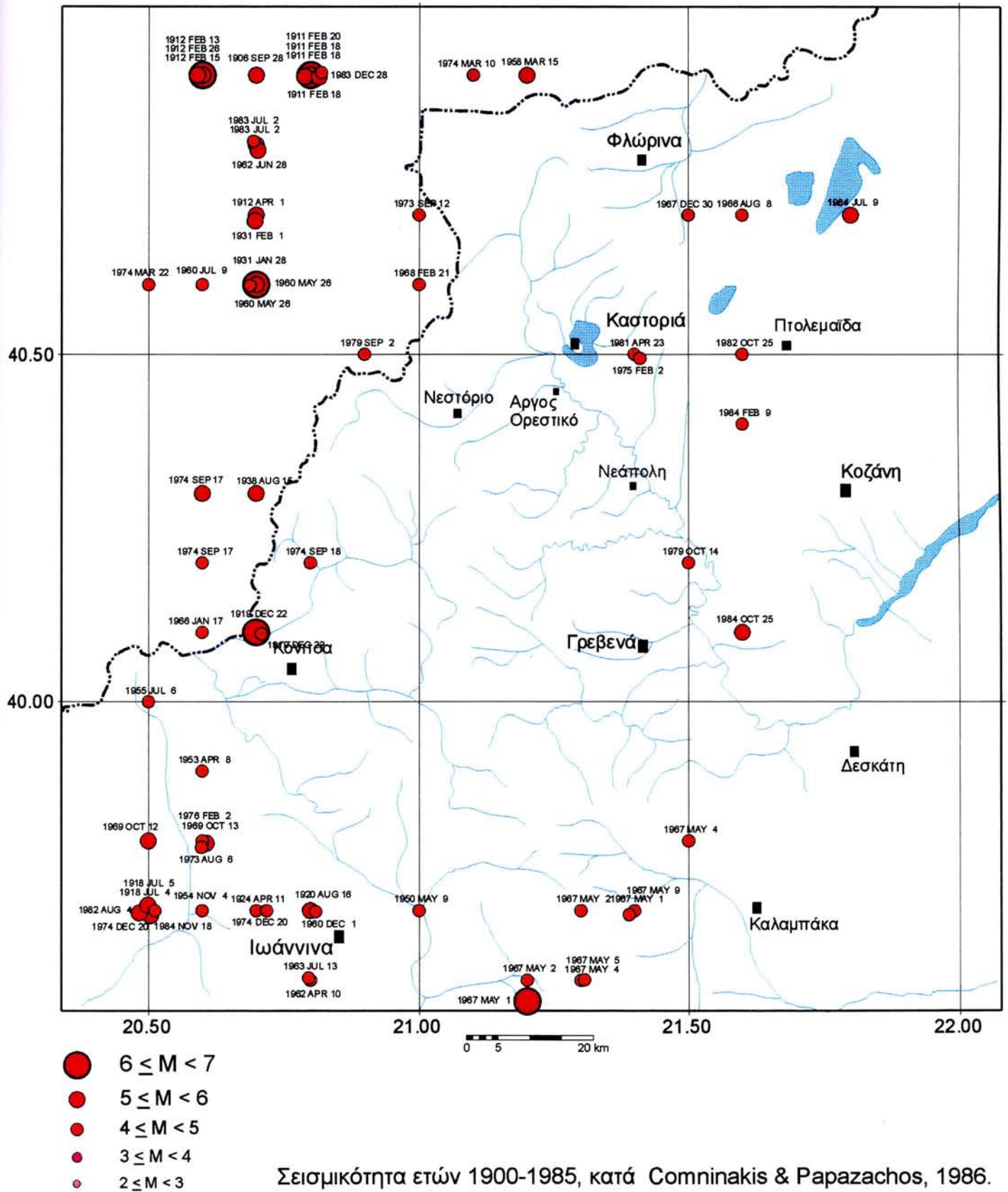
Η σεισμικότητα από τις αρχές του αιώνα μέχρι και το 1995 παρουσιάζεται συγκεντρωμένη σε έξι χώρους, ήτοι τις περιοχές Τρικάλων-Καλαμπάκας, Ιωαννίνων, Κόνιτσας, Καστοριάς, Αμύνταιου, καθώς και την περιοχή δυτικά των Πρεσπών, στην Αλβανία και δεν έχει άμεση σχέση με τη σύγκλιση των λιθοσφαιρικών πλακών κατά μήκος του Ελληνικού τόξου, αλλά με την απόκριση της λιθόσφαιρας στο σύνθετο εντατικό καθεστώς που επικρατεί (intra-plate deformation).

Είναι χρήσιμο να γίνει αναφορά σε ένα χώρο που διεγέρθηκε τον Μάιο του 1967 (κύριος σεισμός 1η Μαΐου 1967, $M_s=6.2$, $h=34$ km) στην περιοχή της Νότιας Πίνδου (Κόζιακας). Η εξάπλωση των επικέντρων αυτής της σεισμικής ακολουθίας καλύπτει μια επιμήκη περιοχή διεύθυνσης BA-NΔ, διαστάσεων 40×15 km (Εικ. 3-2 & 3-3), εκτεινόμενη από τον ποταμό Μουργκάνι, βόρεια της Καλαμπάκας μέχρι τα Τζουμέρκα. Ο μηχανισμός γένεσης του κύριου σεισμού δίνεται στο σεισμοτεκτονικό χάρτη της Ελλάδας, ερμηνευμένος σαν κανονικό ρήγμα, διεύθυνσης BBA-NNA, με το BBA τέμαχος να έχει κατέλθει. Δεδομένης όμως της διάταξης των επικέντρων της σεισμικής ακολουθίας, αλλά και της σχέσης που φαίνεται να έχει, όπως θα αναπτυχθεί στη συνέχεια, με τη σεισμική ακολουθία του 1995, συμπεραίνεται ότι ως κύριο ρήγμα για το συγκεκριμένο σεισμό θα πρέπει να ληφθεί το συζυγές αυτού, με διεύθυνση BA-NΔ.

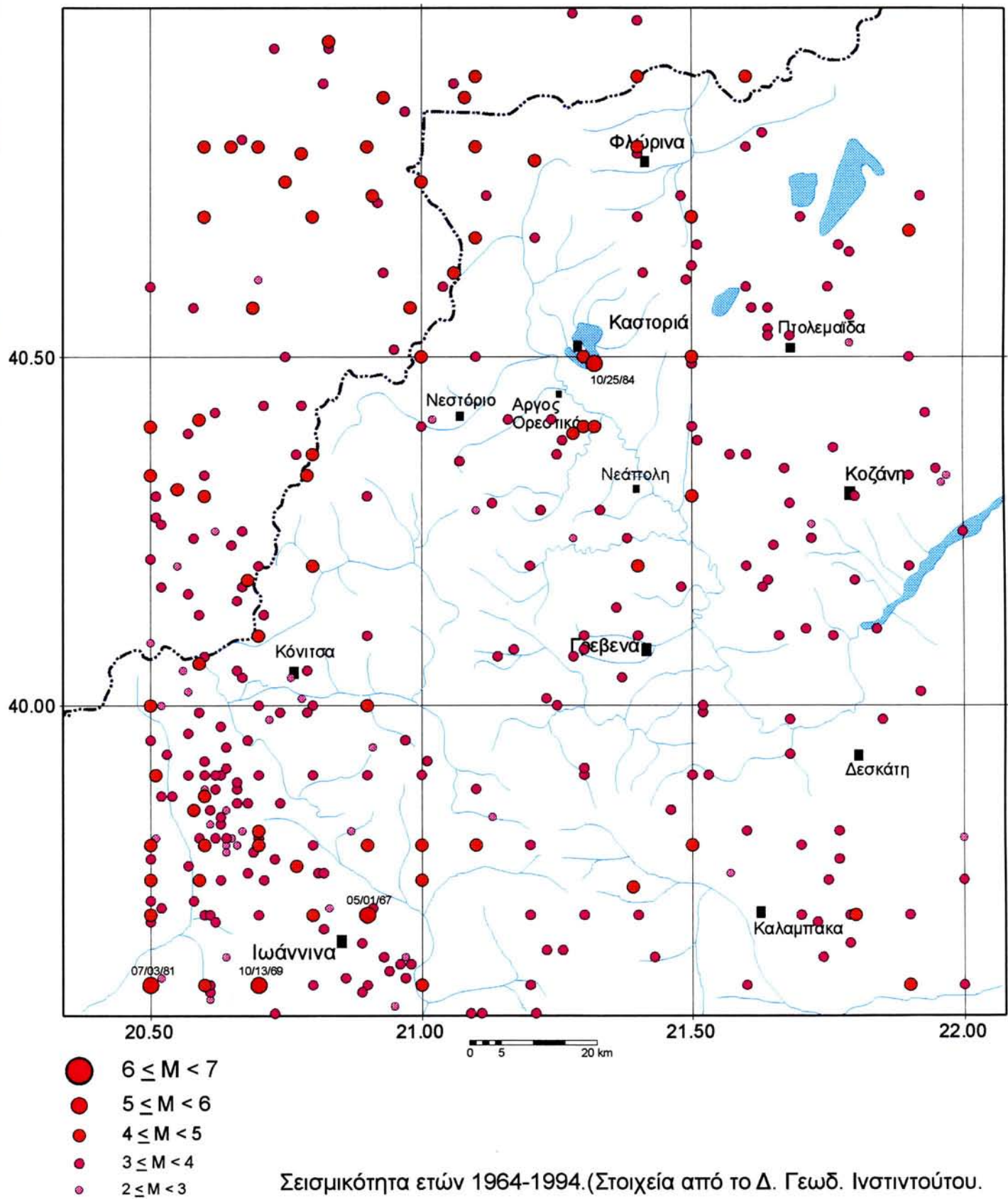
Η υπόθεση αυτή ενισχύεται και από τη συγκριτική εξέταση της ακολουθίας του Μαΐου 1967 με αυτή του Μαΐου 1995. Από την προβολή των επικέντρων, (Εικ. 3-2 & 3-3) φαίνεται ότι ο σεισμογόνος χώρος του 1967 αποτελεί την προς νοτιοδυτικά προέκταση αυτού του 1995. Επίσης, η επίλυση του εστιακού μηχανισμού του σεισμού της 13ης Μαΐου 1995 έδωσε ρήγμα διεύθυνσης BA-NΔ (Makropoulos et al. 1996, Hatzfeld et al. 1996, Pavlides et al. 1995). Άμεση επιφανειακή έκφραση ενός τέτοιου ρήγματος δε φαίνεται να υπάρχει, πλην μερικών ανακατατάξεων στο υδρογραφικό δίκτυο, πιστεύεται όμως ότι πρόκειται για "τυφλή" τεκτονική δομή (Hummmon et al. 1994) εγκάρσια στον αλπικό τεκτονικό ιστό.

Ένα επιπλέον γεγονός που ενισχύει την ανωτέρω υπόθεση είναι το ότι η προς βορειοανατολικά προέκταση της ζώνης αυτής ταυτίζεται με το ρήγμα των Σερβίων, το οποίο είναι μια δεσπόζουσα δομή στην ευρύτερη περιοχή, από τεκτονική και γεωμορφολογική άποψη, με διεύθυνση επίσης BA-NΔ. Δυστυχώς όμως, και παρόλο που το συγκεκριμένο ρήγμα φέρει σημάδια πρόσφατης δραστηριότητας, μέχρι τώρα δεν έχει καταστεί δυνατό να συσχετιστεί με μεγάλο σεισμικό γεγονός, ιστορικά ή ενόργανα καταγραφόμενο

Εικ. 3-3



Εικ. 3-4



Η εξέταση της χρονικής κατανομής της σεισμικότητας της περιοχής των Εικ. 3-2, 3-3 & 3-4 για την περίοδο 1964-94, έδειξε ότι μετά τη σεισμική ακολουθία του 1967 ακολούθησε ένα διάστημα 12 ετών σχετικής ηρεμίας (1968-1980), που έδωσε τη θέση του σε μια πενταετία έξαρσης (1981-85, Εικ. 3-5). Μια αντίστοιχη έξαρση παρατηρείται και από το 1990 και μετά, αν και στην ερμηνεία αυτή χρειάζεται προσοχή με δεδομένο ότι από το 1990 αυξήθηκε και η πυκνότητα του δικτύου, οπότε η εικόνα αυτή μπορεί να είναι το αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού.

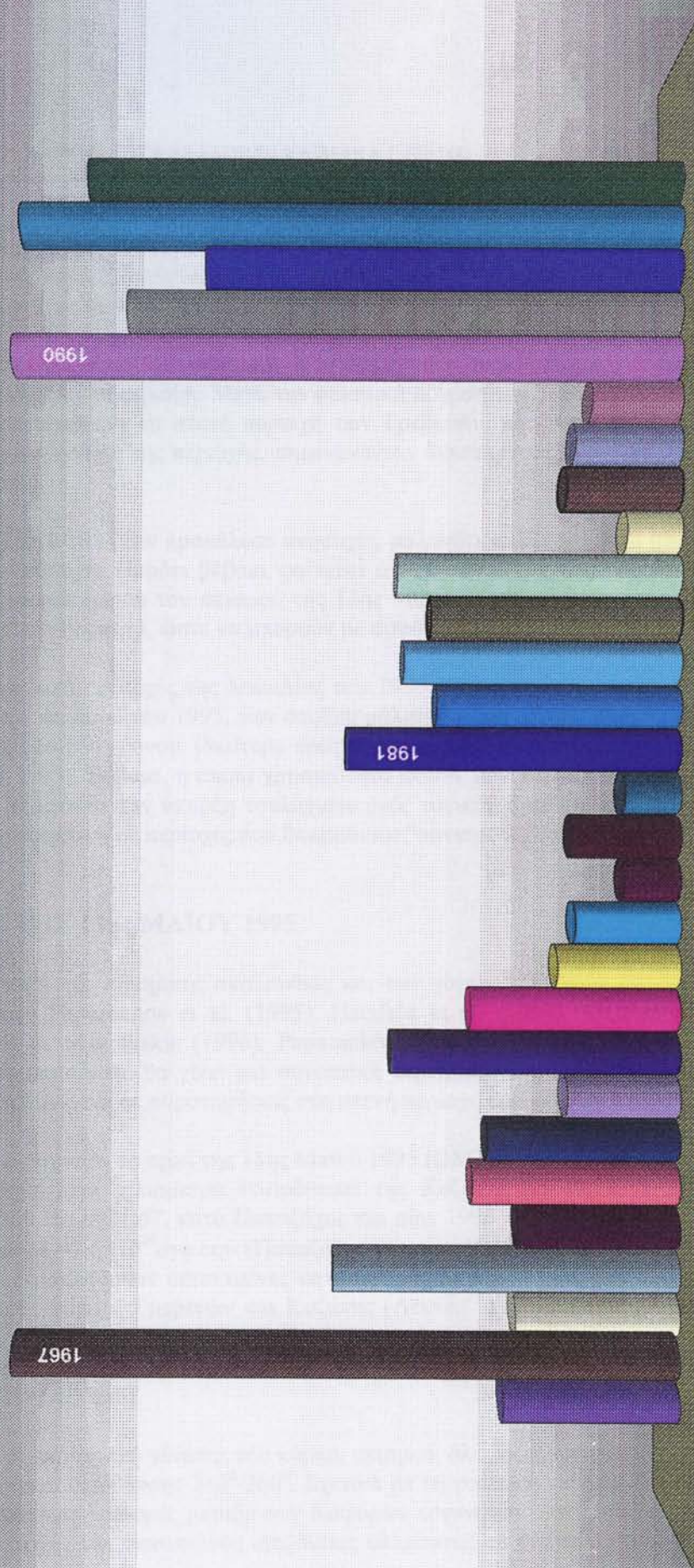
Το 1982 η σεισμική δραστηριότητα στην περιοχή των Γρεβενών είναι ουσιαστικά ανύπαρκτη, με μόνο ένα σεισμικό γεγονός (24/9/82, $M=3.8$) κοντά στην πόλη των Γρεβενών. Την επόμενη χρονιά υπήρξε σχετική δραστηριότητα στην περιοχή Δέκατης (8/8/83, $M=3.6$, 27/8/83, $M=3.7$, 1/9/83, $M=3.6$) και πάλι κοντά στην πόλη των Γρεβενών (14/5/83, $M=3.9$ & 3.7). Το 1984 σημειώθηκε δόνηση στις 12/7 ($M=3.9$) μεταξύ Νεάπολης και Άργους Ορεστικού, ενώ στις 24/10 ακολούθησε άλλη μία δόνηση ($M=3.7$) μεταξύ Κοζάνης και Γρεβενών, στον ίδιο εστιακό χώρο με το σεισμό της 13ης Μαΐου 1995.

Ακριβώς την επόμενη ημέρα (25/10/84) ένας μεγαλύτερος σεισμός έλαβε χώρα. Σύμφωνα με το ΜΜΔΓΙΑ το επίκεντρό του τοποθετήθηκε νότια της Καστοριάς, αλλά οι κατάλογοι των Connikakis & Papazachos (1986) και Makropoulos et al. (1989) τον τοποθετούν αρκετά νοτιότερα, 15-20 km ανατολικά των Γρεβενών. Οι εκτιμήσεις διαφέρουν και ως προς το μέγεθος και το βάθος της εστίας ($M=5.1$ & $h=20$ στο ΜΔΓΙΑ, $M=5.4$ & $h=31$ στους άλλους δύο καταλόγους). Την επόμενη χρονιά (1985) μία μόνο δόνηση σημειώθηκε κοντά στα Γρεβενά (1/8/85, $M=3.6$), ενώ αξιοσημείωτη ήταν η δραστηριότητα στις περιοχές Κόνιτσας και Ιωαννίνων.

Ακολούθησαν μερικά χρόνια σχετικής σεισμικής ηρεμίας, έως το 1990 όπου ο χώρος φαίνεται να διεγείρεται. Σημειώθηκε πάλι έντονη δραστηριότητα στην περιοχή Κόνιτσας και Ιωαννίνων, αλλά υπήρξαν και δονήσεις κοντά στα Γρεβενά (22/6/90, $M=3.1$ και 16/7, $M=3.1$ & 3.1). Το 1991 συνεχίζεται η δραστηριότητα σε Κόνιτσα και Γιάννενα, ενώ σημειώθηκαν δύο ασθενείς δονήσεις μεταξύ Γρεβενών και Νεάπολης στις 20.5 ($M=2.9$) και 11.9 ($M=3.8$). Τον ίδιο χρόνο σημειώθηκαν δύο ακόμα μικρού μεγέθους δονήσεις νοτιοδυτικά της Κοζάνης (7/2/91, $M=3.0$ και 19/5, $M=3.1$) και δύο ακόμα σεισμοί την επόμενη χρονιά (1/4/92, $M=3.5$ και 9/4/92, $M=3.1$) στην ίδια περίπου περιοχή, ενώ τον επόμενο Σεπτέμβριο καταγράφηκε δόνηση μεγέθους 3.4 νοτιοδυτικά των Γρεβενών (3/9/92) και άλλη μία, μεγέθους 3.8, νότια της Νεάπολης. Το επόμενο έτος χαρακτηρίστηκε από έντονη δραστηριότητα στην περιοχή Κόνιτσας.

Στα Γρεβενά εκδηλώθηκε μια ασθενής δόνηση στις 11/9/93 ($M=3.2$) ενώ είχαν προηγηθεί άλλοι μικροσεισμοί, στις 19/1/93 νότια του Άργους Ορεστικού ($M=3.4$) και νοτιοδυτικά της Κοζάνης (11/8/93, $M=3.1$). Την χρονιά που προηγήθηκε του μεγάλου σεισμού της 13ης Μαΐου 1995 η δραστηριότητα στην περιοχή Γρεβενών, Νεάπολης, Άργους Ορεστικού, Νεστορίου, αλλά και ανατολικότερα (Σιάτιστα), ήταν σημαντικά αυξημένη. Στις 6/4/94, 15/9/94, 20/10/94 και 27/10/94 σημειώθηκαν δονήσεις στην περιοχή μεταξύ Νεστορίου - Άργους Ορεστικού - Νεάπολης, με μεγέθη 4.2, 3.3, 3.3 και 3.1 αντίστοιχα. Την ίδια χρονική

Συνολική κατ'ετος εκλυόμενη
σεισμική ενέργεια



Εικ. 3-5

περίοδο (Φθινόπωρο του 1994) τουλάχιστο τρεις μικροσεισμοί σημειώθηκαν στην περιοχή Σιάτιστας (7/9/94, $M=3.2$, 19/9/94, $M=3.3$, 18/10/94, $M=3.3$) και δύο ακόμα νότια και νοτιοδυτικά της Κοζάνης (8/9/94, $M=3.8$, 9/9/94, $M=3.2$, 22/12/94, $M=3.8$)

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η σεισμική, ή τουλάχιστον η μικρο-σεισμική δραστηριότητα δεν ήταν απύσχα από την περιοχή. Μετά την σεισμική έξαρση του 1967, η οποία δε φαίνεται να επηρέασε ιδιαίτερα τη στενή περιοχή των Γρεβενών, και τη σχετική δωδεκαετή (1968-80) σεισμική ησυχία της περιοχής, σημειώνονταν διάσπαρτοι (μικρο) σεισμοί σε όλη Δυτική Μακεδονία.

Ο σεισμός της 25/10/1984 δεν προκάλεσε ανησυχία, μολονότι το μέγεθός του ήταν αξιοσημείωτο για την περιοχή. Παρότι βέβαια φαίνεται ότι το επίκεντρό του τοποθετείται στα πλαίσια του εστιακού χώρου του σεισμού της 13ης Μαΐου 1995, τα βάθη των δύο αυτών γεγονότων διαφέρουν αρκετά, ώστε να μπορούν με ασφάλεια να συσχετιστούν.

Στη συνέχεια και από τις αρχές της δεκαετίας του 1990, σημειώνονται μικροσεισμοί στον εστιακό χώρο του σεισμού του 1995, των οποίων μάλιστα η συχνότητα και το μέγεθος αυξάνει με την πάροδο του χρόνου, ιδιαίτερα προς το τέλος του 1994 (και φυσικά στους πρώτους μήνες του 1995). Βέβαια, η όποια χρησιμότητα αυτών των γεγονότων σαν πρόδρομα φαινόμενα, θα απαιτούσε την ύπαρξη τουλάχιστο ενός τοπικού δικτύου, κάτι το οποίο δεν είναι η συνήθης πρακτική σε περιοχές που θεωρούνται "ασεισμικές".

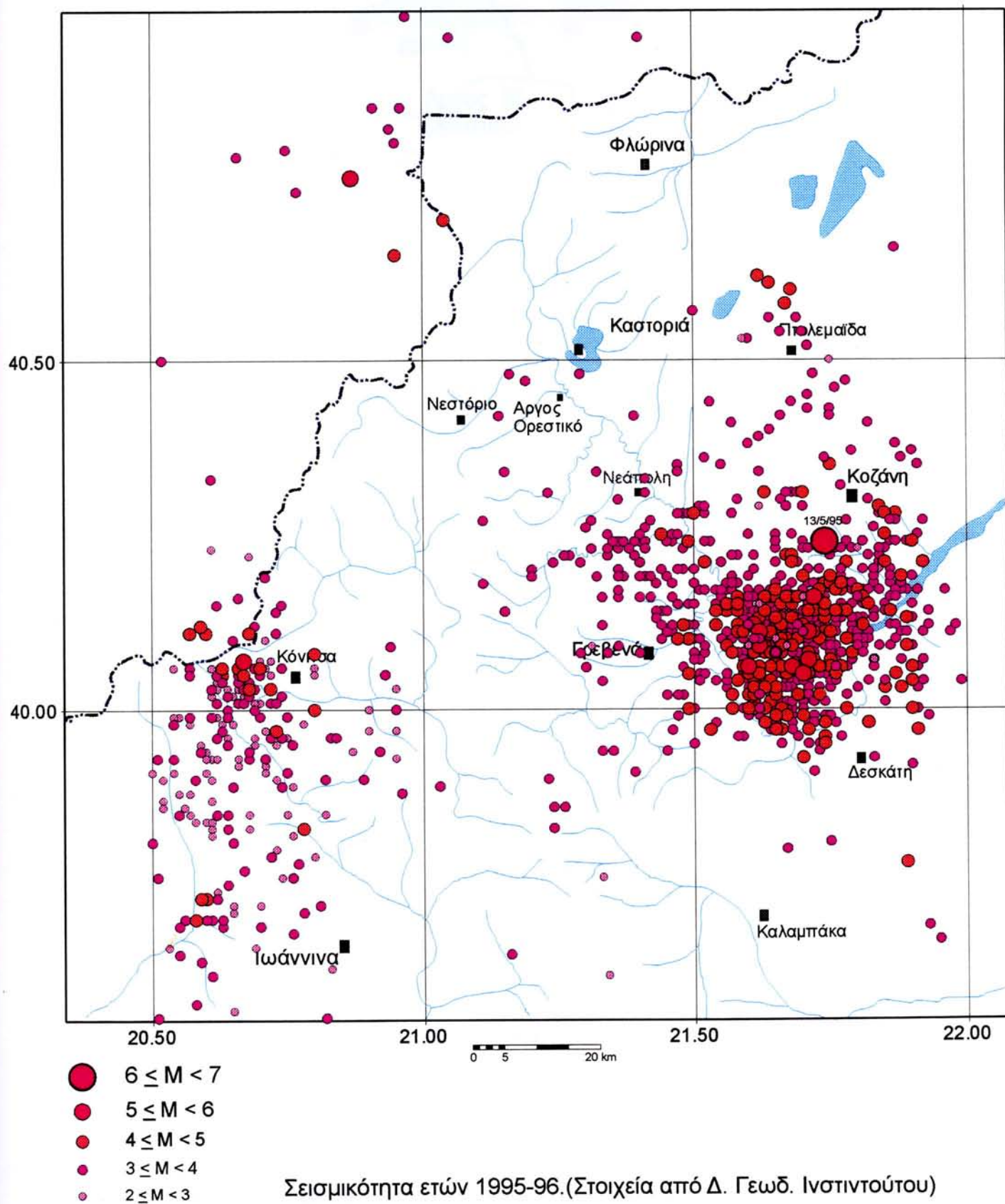
Ο ΣΕΙΣΜΟΣ ΤΗΣ 13ης ΜΑΪΟΥ 1995

Εκτενής περιγραφή της σεισμικής ακολουθίας και των χαρακτηριστικών της γίνεται στις δημοσιεύσεις των Papazachos et al. (1995), Hatzfeld et al. (1996), Makropoulos et al. (1996), Makaris & Stavrakakis (1996), Papazachos et al. (1996) και Stavrakakis et al. (1996). Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια συνοπτική περιγραφή της σεισμικής ακολουθίας, εστιάζοντας στη συνέχεια σε παρατηρήσεις στη στενή περιοχή του φύλλου Γρεβενά.

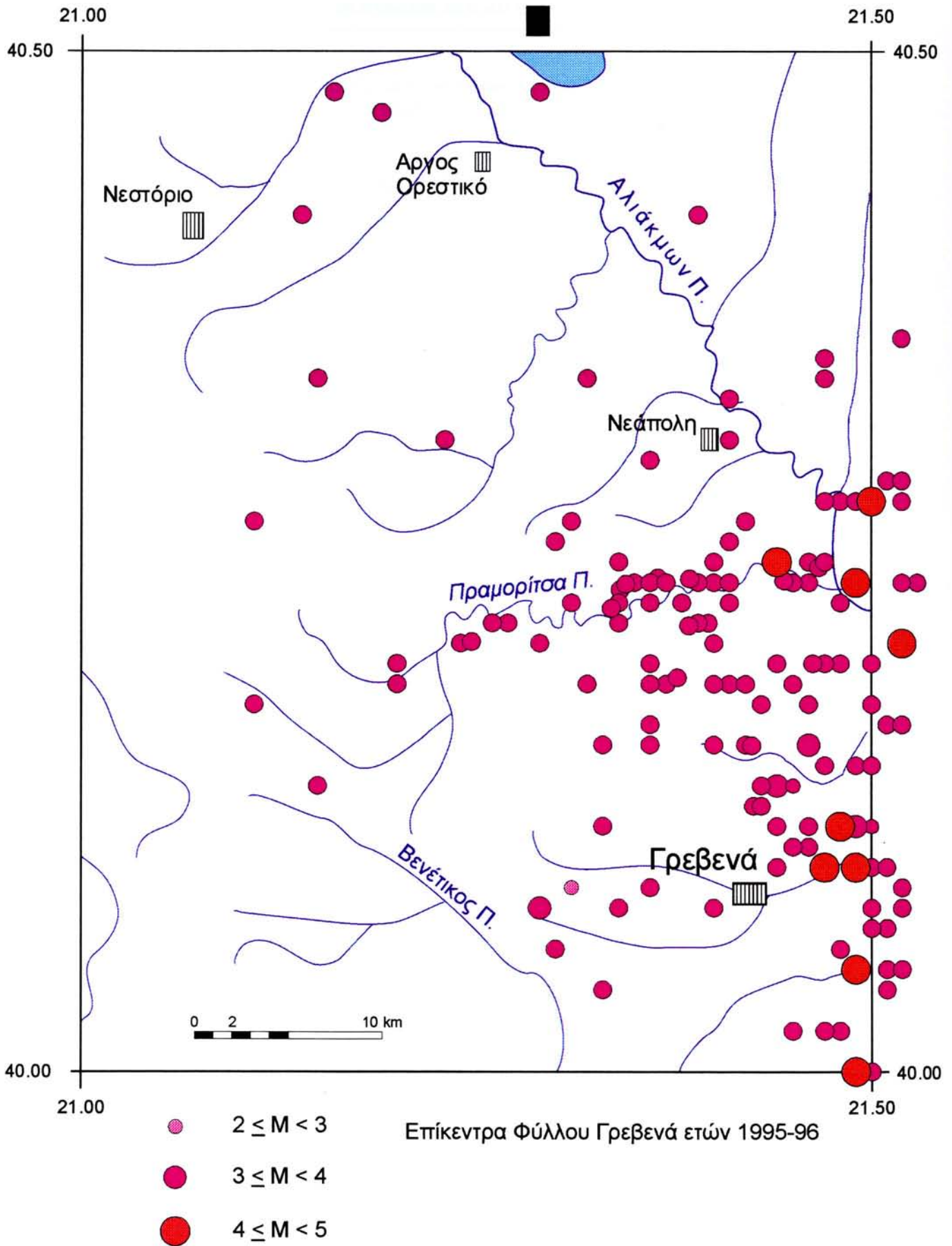
Ο κύριος σεισμός συνέβη το πρωί της 13ης Μαΐου 1995 (GMT 08:47:15'') και το επίκεντρό του τοποθετήθηκε λίγα χιλιόμετρα νοτιοδυτικά της Κοζάνης ($\phi=40.24$, $\lambda=21.74$ κατά ΜΜΔΓΙΑ ή $\phi=40.16$, $\lambda=21.67$, κατά Παπαζάχος και συν. 1995 – Εικ. 3-6). Το μέγεθός του ήταν $M_s=6.6$ -με $M_0=7.6 \times 10^{25}$ dyn.cm- (Παπαζάχος και συν. 1995) και το εστιακό του βάθος ήταν $h=13$ km. Προκλήθηκαν εκτεταμένες καταστροφές σε μια έκταση της τάξης των 200 km² κυρίως στους νομούς Γρεβενών και Κοζάνης (Λέκκας και συν. 1995, Lekkas et al. 1996a, 1996b). Ανθρώπινα θύματα ευτυχώς δεν υπήρξαν, κυρίως λόγω των προσεισμών που έλαβαν χώρα λίγο πριν το κύριο γεγονός και κινητοποίησαν τον πληθυσμό, αλλά και λόγω της ημέρας (Σάββατο).

Αναφορικά με το μηχανισμό γένεσης του κύριου σεισμού, όλοι οι ερευνητές συμφωνούν ότι πρόκειται για ρήγμα διεύθυνσης 240°-260°. Σχετικά με τη γενετική ταξινόμηση του ρήγματος υπάρχουν κάποιες διαφορές μεταξύ των διάφορων ερευνητών, εστιασμένες κυρίως στο ποσοστό συμμετοχής της συνιστώσας οριζόντιας ολίσθησης σε ένα κανονικού χαρακτήρα

Εικ. 3-6



Εικ. 3-7



ρήγμα. Διαφορές επίσης μεταξύ των ερευνητών παρουσιάζονται και όσον αφορά το πρότυπο παραμόρφωσης (deformation model) της λιθόσφαιρας στην περιοχή.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΣΤΑ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Η κατανομή των επικέντρων στην περιοχή που καλύπτεται από το φύλλο Γρεβενά εμφανίζεται συγκεντρωμένη στο ανατολικό – νοτιοανατολικό τμήμα του φύλλου (Εικ. 3-7), με το 95% των επικέντρων να περιορίζονται μεταξύ του ποταμού Βενέτικου, στα δυτικά, και του ποταμού Πραμορίτσα, στο βόρεια. Ειδικότερα για το βόρειο “όριο”, πρέπει να τονιστεί ότι παρατηρείται γραμμική ανάπτυξη των επικέντρων μεγέθους $3 < M < 4$ και εστιακού βάθους $5 \text{ km} < h < 10 \text{ km}$, κατά μήκος του ποταμού Πραμορίτσα. Αυτή η γραμμική διάταξη, σε συνδυασμό με τις παρατηρήσεις και τη νεοτεκτονική χαρτογράφηση οδηγεί στο συμπέρασμα ότι υπάρχει μια ενεργή τεκτονική ζώνη, διεύθυνσης Α-Δ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ. Οι μορφοτεκτονικές παρατηρήσεις (διάταξη υδρογραφικού δικτύου, αποκλίσεις κλάδων, κατανομή επιφανειών ισοπέδωσης, κλπ.) και η χαρτογράφηση των μεταλπικών σχηματισμών της περιοχής, υποδεικνύουν ζώνη με έντονο χαρακτήρα οριζόντιας ολίσθησης (βλ. στα αντίστοιχα κεφάλαια).

ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Σε διεθνές επίπεδο από πολύ νωρίς έχει γίνει φανερή η ανάγκη για την ομαδοποίηση, ταξινόμηση και παρουσίαση των διαφόρων γεωλογικών ενοτήτων με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι δυνατή η χρήση τους τόσο από γεωλόγους όσο και από μηχανικούς. Αυτό ήταν αποτέλεσμα των συνεχώς αυξανόμενων απαιτήσεων αυτών που είχαν σχέση με την κατασκευή διαφόρων τεχνικών έργων, για πλήρη γνώση των συνθηκών αλληλεπίδρασης εδάφους θεμελίωσης - κατασκευής. Οδηγήθηκαν εκεί, ύστερα από σημαντικές αστοχίες σε μεγάλα τεχνικά έργα, που κόστισαν τόσο οικονομικά όσο και σε ανθρώπινες ζωές.

Σε εθνικό επίπεδο μόλις τα τελευταία χρόνια και πάλι ύστερα από μεγάλες καταστροφές σε τεχνικά έργα (κυρίως οδοποιίας), έγινε φανερή η απαίτηση για γνώση της τεχνικογεωλογικής συμπεριφοράς των γεωλογικών σχηματισμών γενικότερα αλλά και ειδικότερα των επιμέρους λιθολογικών τύπων που τους απαρτίζουν.

Δυστυχώς, αν εξαιρέσει κανείς τον τεχνικογεωλογικό χάρτη της Ελλάδας, κλίμακας 1: 500.000, που εκδόθηκε από το Ι.Γ.Μ.Ε., είναι πλήρης η έλλειψη χαρτών ευρύτερων περιοχών, όπως νομών ή διαμερισμάτων, που να παρέχουν τις βασικές τεχνικογεωλογικές πληροφορίες στο σχεδιασμό της χρήσης της γης, αλλά και για μεγάλα τεχνικά έργα. Τέτοιες λύσεις ήρθαν να δώσουν αρχικά οι ΚΟΥΚΗΣ & ΡΟΖΟΣ (1982) και αργότερα διάφορες διδακτορικές διατριβές, όπως του ΡΟΖΟΥ (1991) για το νομό Αχαΐας ή του ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗ (1995) για το λεκανοπέδιο της Αθήνας.

Ο Οργανισμός Αντισεισμικής Προστασίας (Ο.Α.Σ.Π.) έκρινε σκόπιμο την χαρτογράφηση του νεοτεκτονικού χάρτη όλης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:100.000, όπου εκτός από τις ενεργές σήμερα ρηξιγενείς ζώνες, θα παρουσιάζονται και οι τεχνικογεωλογικοί χαρακτήρες των επιμέρους γεωλογικών σχηματισμών που απαντούν. Έτσι, το κεφάλαιο αυτό αφορά την τεχνικογεωλογική θεώρηση των σχηματισμών που απαντούν στο νεοτεκτονικό χάρτη του φύλλου "ΓΡΕΒΕΝΑ", κλίμακας 1:100.000, η σύνταξη του οποίου έγινε απαραίτητη μετά το σεισμό της 13 Μαΐου 1995 που έπληξε την ευρύτερη περιοχή, προκαλώντας τεράστιες υλικές ζημιές.

ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό ο κάθε σχηματισμός εξετάζεται όχι απλά σαν γεωλογική αλλά σαν μία τεχνικογεωλογική ενότητα. Σαν βάση χρησιμοποιείται ο διαχωρισμός των σχηματισμών που έγινε στο κεφάλαιο της στρωματογραφίας. Έτσι για κάθε ένα από αυτούς παρατίθενται τα εύρη τιμών των σημαντικότερων φυσικών ιδιοτήτων και μηχανικών δεικτών καθώς και στοιχεία που αφορούν τη γενικότερη τεχνικογεωλογική και υδρογεωλογική συμπεριφορά της κάθε μίας ενότητας, αλλά και των επιμέρους λιθολογικών τύπων που συμμετέχουν σ' αυτή. Επίσης δίνονται στοιχεία για την ταχύτητα των επιμήκων σεισμικών κυμάτων (V_p) οι τιμές της οποίας προέρχονται από τη βιβλιογραφία όπως από τη βιβλιογραφία ελήφθησαν και οι τιμές των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων των επιμέρους ενοτήτων. Για τα μεταλλικά ιζήματα και κυρίως για τα αλλούβια, τους σχηματισμούς του Πλειοκαίνου και Πλειστοκαίνου και ορισμένων από τα μολασσικά (π.χ. ο σχηματισμός Τσοτυλίου), οι τιμές αναζητήθηκαν και μέσω των τελευταίων μελετών που εκπονήθηκαν από το Ι.Γ.Μ.Ε. και από το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, μετά το σεισμό της 13 Μαΐου 1995. Τέλος η κάθε τεχνικογεωλογική ενότητα χαρακτηρίζεται σύμφωνα και με τον Νέο Αντισεισμικό Σχεδιασμό.

Οι σχηματισμοί που απαντούν στο νεοτεκτονικό χάρτη και στους οποίους γίνεται αναφορά σχετικά με την τεχνικογεωλογική τους συμπεριφορά, είναι οι ακόλουθοι:

Πλειο-Τεταρτογενείς αποθέσεις

ΑΛΟΥΒΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ

Αποθέσεις οι οποίες εμφανίζονται κατά μήκος της κοίτης χειμάρρων, ρεμάτων, του Αλιάκμονα ποταμού και των παραπόταμων του καθώς και στη νότια περιφερειακή ζώνη της λίμνης της Καστοριάς. Μπορούν να διακριθούν δύο βασικές κατηγορίες.

Η πρώτη περιλαμβάνει χαλαρές αποθέσεις με επικράτηση λεπτομερών κλασμάτων και παρατηρείται στη νότια περιφέρεια της λίμνης της Καστοριάς. Αποτελείται από αργίλους, ιλύες και άμμους. Εμφανίζουν ασθενή συνεκτικότητα, με καλή συνήθως διαβάθμιση, μέτριο έως χαμηλό πορώδες και μικρή έως μέτρια υδροπερατότητα με τιμές του K της τάξης των 10^{-2} - 10^{-4} cm/sec. Τα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά τους κυμαίνονται σε μεγάλα όρια, ανάλογα με την κοκκομετρική και την ορυκτολογική τους σύσταση. Έτσι, τοπικά αναμένονται φαινόμενα καθιζήσεων και διογκώσεων. Ειδικότερα, η φέρουσα ικανότητά τους είναι

χαμηλή ($0.7 - 2.0 \text{ Kg/cm}^2$), το όριο υδαρότητας (LL) για τις άμμους κυμαίνεται μεταξύ 15 - 45%, ενώ για τις αργίλους και ιλύες μεταξύ 30 - 70%. Ομοίως το όριο πλαστικότητας (PL) είναι αντίστοιχα 10 - 25% και 15 - 40%, ενώ η συνοχή τους c παρουσιάζεται με χαμηλές τιμές ($0.05 - 2.0 \text{ Kg/cm}^2$).

Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει χαλαρές αποθέσεις με επικράτηση των αδρομερών συστατικών ή αποθέσεις μικτών φάσεων. Πρόκειται για σύγχρονους ποταμοχερσαίους σχηματισμούς από κροκάλες και χάλικες ποικίλου μεγέθους με άμμο και άλλα πιο λεπτομερή υλικά. Είναι σχηματισμοί με αυξημένη υδροπερατότητα ($K=10-10^{-3} \text{ cm/sec}$) όταν επικρατούν οι αδρομερείς φάσεις και παρουσιάζουν σημαντική εποχιακή διακύμανση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα. Η συνεχής εναλλαγή των φάσεων τόσο κατά την οριζόντια όσο και κατά την κατακόρυφη έννοια, είναι αιτία ανομοιόμορφης γεωτεχνικής συμπεριφοράς. Η τελευταία ελέγχεται κυρίως από τα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά των λεπτομερών καθώς και από την διευθέτηση και διαβάθμιση των λιθολογικών τύπων. Γενικά οι πιο λεπτομερείς φάσεις παρουσιάζουν πορώδες $\eta=35 - 40\%$, όριο υδαρότητας $LL=25 - 50\%$, όριο πλαστικότητας $PL=15-25\%$, συνοχή $c=0.1 - 1 \text{ Kg/cm}^2$ και μικρές τιμές γωνίας εσωτερικής τριβής (ϕ).

Η ταχύτητα των επιμηκών σεισμικών κυμάτων V_p , αναμένεται μεταξύ 300 - 1400 m/sec. Λόγω ακριβώς των μικρών τιμών αυτής, αναμένονται προβλήματα κάτω από σεισμική φόρτιση. Έτσι, πρέπει σε περιπτώσεις θεμελιώσεων να γίνεται προσεκτική μελέτη των τοπικών γεωτεχνικών συνθηκών, λαμβάνοντας υπόψη και την πιθανή παρουσία σε μικρό βάθος υδροφόρου ορίζοντα. Σύμφωνα με το Νέο Αντισεισμικό Κανονισμό κατατάσσονται στις κατηγορίες B, X3 και X6

ΠΛΕΥΡΙΚΑ ΚΟΡΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΚΩΝΟΙ ΚΟΡΗΜΑΤΩΝ

Πρόκειται για χαλαρές έως αρκετά συνεκτικές αποθέσεις, ανάλογα αν πρόκειται για νέα ή παλαιά πλευρικά κορήματα και κώνους κορημάτων. Όπως φαίνεται από το γεωλογικό χάρτη, αναπτύσσονται κυρίως στα ανατολικά περιθώρια της μεσοελληνικής αύλακας με το Αλπικό υπόβαθρο ή εντός αυτής σε περιοχές με απότομες μορφολογικές κλίσεις. Η πετρολογική σύσταση του κάθε κώνου είναι συνάρτηση της λιθολογικής σύνθεσης της περιοχής από την οποία προέρχονται τα υλικά. Κυρίως πρόκειται για ανθρακικές, οφιολιθικές και σχιστολιθικές κροκάλες με αργιλικό συνδετικό υλικό, ενώ μπορεί να παρεμβάλλονται φακοειδείς ορίζοντες από αργίλους και άμμους. Στην περίπτωση που απαντούν εντός της μεσοελληνικής αύλακας η σύσταση των κώνων αλλάζει. Το πάχος τους μπορεί να κυμαίνεται από μερικά μέτρα έως μερικά δεκάδες μέτρα.

Γενικά πρόκειται για αδρομερείς σχηματισμούς, ευαίσθητους σε δυναμική φόρτιση, ειδικά σε περιπτώσεις με μεγάλες μορφολογικές κλίσεις, όπου εμφανίζουν προβλήματα κατολισθήσεων και μετακινήσεων, ενώ σε πιο ήπιο ανάγλυφο μπορεί να επιδεικνύουν σχετικά καλύτερη μηχανική συμπεριφορά. Στις θέσεις όπου απαντούν ανθρακικά μπορεί να εμφανίζουν υψηλό πορώδες και μεγάλη υδροπερατότητα.

Ο υψηλός βαθμός ανομοιογένειας δεν επιτρέπει την διαπίστωση εύρους τιμών των φυσικών τους ιδιοτήτων. Όπως όμως και στις αλλουβιακές αποθέσεις, έτσι και σ' αυτή την περίπτωση, η συμπεριφορά τους ελέγχεται σε σημαντικό βαθμό από τις φυσικές ιδιότητες των λεπτομερών. Πάντως επιφανειακά παρουσιάζουν μία μέτρια έως καθόλου συνεκτικότητα αλλά σε υποκείμενους ορίζοντες είναι μεγαλύτερη. Η ταχύτητα των επιμηκών σεισμικών κυμάτων κυμαίνεται μεταξύ 400 - 1500 m/sec. Κατατάσσονται στην Χ5 κατηγορία.

ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ ΠΑΓΕΤΩΝΩΝ

Αντιπροσωπεύουν μεμονωμένες εμφανίσεις στην οροσειρά της Πίνδου στο νοτιοδυτικό τμήμα της περιοχής, με μεγαλύτερη αυτή που απαντά ανάντη της κοινότητας Σμίξης. Πρόκειται για χαλαρές αποθέσεις από κροκαλοπαγίδες οφιολιθικής κυρίως προέλευσης, διαμέτρου από μερικά έως μερικά δεκάδες εκατοστά και με αργιλικό συνδετικό υλικό. Παρουσιάζουν πολύ μειωμένα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά με αποτέλεσμα να είναι επιρρεπείς σε φαινόμενα κατολισθήσεων. Σύμφωνα με το Νέο Αντισεισμικό Κανονισμό κατατάσσονται στην Χ1 κατηγορία.

ΠΑΛΑΙΕΣ ΧΕΡΣΑΙΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ

Εντοπίζονται στο βόρειο τμήμα του φύλλου κατά μήκος του υδρογραφικού δικτύου του Αλιάκμονα με την μορφή αναβαθμίδων. Αποτελούνται από άμμους, αργίλους και χαλαρά πολύμεικτα κροκαλοπαγή που σχηματίζουν επιφανειακά ένα παχύ μανδύα αποσάθρωσης.

Οι σχηματισμοί αυτοί παρουσιάζουν διαφορετικές φυσικές και μηχανικές ιδιότητες. Συγκεκριμένα τα πολύμεικτα κροκαλοπαγή είναι μέσης συνοχής και υδροπερατότητας, η άργιλος χαρακτηρίζεται από μικρή πλαστικότητα, πολύ χαμηλή υδροπερατότητα και μέτρια συνεκτικότητα ενώ η άμμος είναι υδροπερατή και μέτριας πυκνότητας. Ο μανδύας αποσάθρωσης είναι υδροπερατός σχηματισμός και με πολύ μικρή συνοχή.

Πρόκειται για σχηματισμούς όπου η μη επιμελημένη θεμελίωση μπορεί να παρουσιάσει φαινόμενα αστοχίας κάτω από σεισμική φόρτιση. Η ταχύτητα των V_p σεισμικών κυμάτων αναμένεται να είναι 500-2000 m/sec ενώ κατατάσσονται σύμφωνα με το Νέο Αντισεισμικό Κανονισμό στις κατηγορίες Γ, Χ3 και Χ6.

ΛΙΜΝΑΙΕΣ ΚΑΙ ΠΟΤΑΜΙΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ

Πρόκειται για ποτάμιες και λιμναίες αποθέσεις με την μορφή των αναβαθμίδων. Αποτελούνται από χαλαρά κροκαλοπαγή, κυανές έως υποπράσινες αργίλους, άμμους και χαλαρούς ψαμμίτες ενώ στα υψηλότερα τμήματα απαντούν και ερυθροί άργιλοι. Παρουσιάζουν συχνά σαφή εναλλαγή των αδρομερών και λεπτομερών λιθολογικών φάσεων. Στην μεγαλύτερη τους έκταση οι παραπάνω λιθολογικοί τύποι καλύπτονται από ένα μανδύα αποσάθρωσης πάχους μέχρι και 1.5 μέτρων και από φυτική γη όπου κυρίως υπάρχουν αγροτικές καλλιέργειες. Το πάχος των ιζημάτων αυτών υπερβαίνει σε ορισμένες θέσεις τα 150 μέτρα.

Κάθε ένας από τους ανωτέρω σχηματισμούς παρουσιάζει διαφορετική φυσική και μηχανική συμπεριφορά. Έτσι οι άργιλοι χαρακτηρίζονται από μικρή πλαστικότητα, πολύ χαμηλή υδροπερατότητα και μέτρια συνεκτικότητα. Η άμμος, οι χαλαροί ψαμμίτες και τα κροκαλοπαγή είναι υδροπερατά και μέτριας συνεκτικότητας, ενώ ο εδαφικός μανδύας παρουσιάζεται υδροπερατός και με πολύ μικρή συνοχή.

Αποτέλεσμα των διαφορετικών τιμών της υδροπερατότητας είναι η εμφάνιση μικροπηγών σε διάφορες θέσεις εντός του σχηματισμού καθώς επίσης και στην επαφή του με τα υποκείμενα μολασσικά ιζήματα. Οι μεταβολές της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα εκεί όπου τα ιζήματα αυτά παρουσιάζουν σημαντικό πάχος, αλλά και λόγω της παρουσίας του αργιλικού υλικού, έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση επιφανειακά μικρορωγμών, φαινομένων διογκώσεων, μικροκαθιζήσεων και ερπυστικών κινήσεων όπου η μορφολογία το επιτρέπει.

Η τεχνικογεωλογική συμπεριφορά των σχηματισμών του Πλειοκαίνου και Πλειστοκαίνου αποκτάει μεγάλη σημασία στις περιοχές μεγάλων πόλεων, όπως τα Γρεβενά τα οποία έχουν θεμελιωθεί πάνω στον σχηματισμό αυτό. Επίσης όπως φαίνεται και από την καταγραφή των ζημιών του σεισμού της 13/5/95, τα χωριά που επλήγησαν περισσότερο, ήταν θεμελιωμένα πάνω στους συγκεκριμένους σχηματισμούς.

Ειδικότερα οι φυσικομηχανικές ιδιότητες των διάφορων λιθολογικών τύπων κυμαίνονται κατά πολύ. Οι άργιλοι, μάργες και πηλίτες παρουσιάζουν όριο υδαρότητας (LL) μεταξύ 35 - 50%, όριο πλαστικότητας PL=10 - 35%, συνοχή c από 0.5 - 2.0 Kg/cm², δείκτη συμπίεστότητας 0.2 έως 0.4 και γωνία εσωτερικής τριβής $\phi=7^{\circ}$ - 40°. Οι άμμοι και οι ιλυούχοι άμμοι όταν παρουσιάζουν όριο υδαρότητας και όριο πλαστικότητας, αυτά κυμαίνεται από 15 - 40% και 5 - 20% αντίστοιχα. Η συνοχή τους c έχει τιμές μεταξύ 0.2 - 2.0 Kg/cm² και η γωνία εσωτερικής τριβής $\phi = 25^{\circ}$ - 60°. Τέλος οι κροκαλοπαγείς ενστρώσεις έχουν πορώδες $n=2$ - 10%, φαινόμενο βάρος 2.4 - 2.6 gr/cm³, συνοχή $c=25$ - 100 Kg/cm² και $\phi = 35$ - 45°.

Η ταχύτητα των σεισμικών κυμάτων V_p , όπως προκύπτει από βιβλιογραφικά δεδομένα, αναμένεται για τους Πλειο- Πλειστοκαινικούς σχηματισμούς σε εύρη τιμών μεταξύ 1300 - 2000 m/sec. Κατατάσσονται σύμφωνα με τον Νέο Αντισεισμικό Κανονισμό στις κατηγορίες B, X3 και X6.

Μολασσικοί Σχηματισμοί

Οι Μολασσικοί σχηματισμοί καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής μελέτης και αναπτύσσονται σε μία διεύθυνση περίπου ΒΔ-ΝΑ. Αποτελούνται από μάργες, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή που εναλλάσσονται μεταξύ τους, διατηρώντας μία περίπου σταθερή φορά κλίσης προς τα ΒΑ. Γενικά πρόκειται για σχηματισμούς άλλοτε συνεκτικούς και άλλοτε με καθόλου συνεκτικότητα που σχηματίζουν ένα ανάγλυφο με απότομες και βαθιές κοιλάδες και ομαλές ράχες. Η γεωτεχνική τους συμπεριφορά εξαρτάται από τον βαθμό συνεκτικότητάς τους και από το βαθμό εναλλαγής των επιμέρους λιθολογικών τύπων καθώς και το πάχος αυτών. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά των επιμέρους σχηματισμών της Μολασσικής αύλακας.

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΟΝΤΡΙΑ

Όπως ήδη έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο πρόκειται για μία ακολουθία πετρωμάτων που περιλαμβάνει διάφορους λιθολογικούς τύπους. Εμφανίζεται στο ΒΔ τμήμα της περιοχής, όπου επικάθεται ασύμφωνα στο σχηματισμό Τσοτυλίου ενώ ασύμφωνα σ' αυτά απαντούν οι Πλειο-Τεταρτογενείς λιμναίες και χερσαίες αποθέσεις.

Αποτελείται από μία μεγάλη ποικιλία φάσεων, έτσι ώστε να μην μπορεί να περιγραφεί συνολικά η γεωτεχνική συμπεριφορά του. Ειδικότερα συνίσταται από ασβεστιτικούς ψαμμίτες, ψαμμιτικές μάργες, ιλυομιγείς μάργες, άμμους και από βιοκλαστικούς και υφαλογενείς ασβεστόλιθους. Η υδροπερατοτητά τους κυμαίνεται ανάλογα με τη λιθολογική φάση με αποτέλεσμα τη δημιουργία επάλληλων υδροφόρων οριζόντων. Η έντονη κατακόρυφη ετερογένεια του σχηματισμού αυτού ευνοεί φαινόμενα κατολισθήσεων (π.χ. Νέα Κοτύλη) και καταπτώσεων (π.χ. στην περιοχή της Όντριας).

Σε ότι αφορά τη μηχανική τους συμπεριφορά και τις φυσικές τους ιδιότητες οι αμμούχοι ορίζοντες παρουσιάζουν ειδικό βάρος $2.65 - 2.75$, $n = 15 - 50\%$, $c = 0.05 - 1.5 \text{ Kgr/cm}^2$ και $\varphi = 25 - 60^\circ$. Οι ιλυομιγείς μάργες παρουσιάζουν μέση τιμή ορίου υδαρότητας 47% , ορίου πλαστικότητας 18% , συντελεστή συμπίεστικότητας $C_c 0.333$ και διατμητική αντοχή 1.5 Kgr/cm^2 . Οι βιοκλαστικοί και υφαλογενείς ασβεστόλιθοι έχουν γωνία εσωτερικής τριβής $\varphi=35-50^\circ$, ειδικό βάρος $2.0-3.0 \text{ gr/cm}^3$ και αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη $200-600 \text{ Kgr/cm}^2$.

Οι επιμέρους λιθολογίες του σχηματισμού αυτού παρουσιάζουν ικανοποιητικές τιμές σεισμικής επιτάχυνσης και κατατάσσονται στην κατηγορία Α (οι ασβεστόλιθοι και οι ψαμμίτες), Β (οι μάργες και οι άμμοι) και Γ του Νέου Αντισεισμικού Κανονισμού.

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΣΟΤΥΛΙΟΥ

Αποτελείται κυρίως από ιλυομιγείς, κυανές μάργες και ψαμμίτες ενώ κατά θέσεις απαντούν μικροκροκαλοπαγείς ορίζοντες και χονδρόκοκκοι ψαμμίτες. Καλύπτουν ασύμφωνα τους σχηματισμούς του Πενταλόφου, εμφανίζουν ταχείες αποσφηνώσεις και πλευρικές μεταβάσεις φάσεων ενώ το συνολικό πάχος του σχηματισμού φθάνει τα 2000 μέτρα.

Χαρακτηρίζονται από μέτρια και σπανιότερα από μεγάλη συνεκτικότητα, είναι ευαποσάθρωτοι σχηματισμοί, ετερογενείς με συχνές εναλλαγές των επιμέρους φάσεων. Η υδροπερατοτητά τους κυμαίνεται ανάλογα με την λιθολογική φάση. Μεγάλες τιμές παρουσιάζουν οι ψαμμίτες και οι μικροκροκαλοπαγείς ασβεστόλιθοι και έτσι αναμένεται η δημιουργία επάλληλων υδροφόρων οριζόντων, ίσως και υπό πίεση, με φακοειδή μορφή.

Κατά το σεισμό της 13 Μαΐου 1995 παρουσίασαν από μέτρια (ο μικρού πάχους αποσαθρωμένος μανδύας) έως καλή συμπεριφορά. Ειδικότερα οι κροκαλοπαγείς ορίζοντες παρουσιάζουν φαινόμενο βάρος $2.4 - 2.6 \text{ gr/cm}^3$, ειδικό βάρος $2.6 - 2.7 \text{ gr/cm}^3$, διατμητική αντοχή $1.0 - 2.0 \text{ Kgr/cm}^2$ και γωνία εσωτερικής τριβής $\varphi=30 - 40\%$. Οι ιλυομιγείς μάργες

παρουσιάζουν μέση τιμή ορίου υδαρότητας $LL=47\%$, ορίου πλαστικότητας $PL=18\%$, συντελεστή συμπίεστότητας C_c 0.333 και διατμητική αντοχή 1.5 Kgr/cm^2 . Οι συνεκτικοί ιλυομιγείς ψαμμίτες (SM), παρουσιάζουν μέσες τιμές ορίου υδαρότητας $LL=29\%$, ορίου πλαστικότητας $PL=8\%$, δείκτη συμπίεστότητας $C_c=0.171$ και διατμητική αντοχή 2.2 Kgr/cm^2 . Τέλος οι αργιλώδεις άμμοι έχουν $LL = 32\%$, $PI = 8\%$, $C_c = 0.154$ και διατμητική αντοχή $1.0 - 2.0 \text{ Kgr/cm}^2$ (μέσες τιμές).

Γενικά ο σχηματισμός Τσοτυλίου παρουσιάζεται επιρρεπής σε φαινόμενα κατολισθήσεων, εκεί που οι συνθήκες (μορφολογικές υδρογεωλογικές και γεωτεχνικές) το επιτρέπουν. Τέτοιες θέσεις είναι κυρίως τα πρηνή των δρόμων και των κοιλάδων. Η αναμενόμενη ταχύτητα των σεισμικών κυμάτων κυμαίνεται από $1800 - 3000 \text{ m/sec}$. Κατατάσσεται με βάση τον Νέο Αντισεισμικό Κανονισμό στην Α κατηγορία, αλλά λόγω της ευκολίας που αποσθρώνονται μπορούν να καταταχθούν και στην Β κατηγορία.

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΕΝΤΑΛΟΦΟΥ

Το πάχος του σχηματισμού αυτού ανέρχεται σε 4.000 μέτρα και αποτελείται από κροκαλοπαγή και ψαμμίτες σε εναλλαγές με ιλυομιγείς συνεκτικές μάργες και ψαμμίτες και κυανές έως κιτρινοπράσινες μάργες. Επικάθονται ασύμφωνα στον σχηματισμό του Επταχωρίου με την επαφή τους να χαρακτηρίζεται τεχνικογεωλογικώς σαν μία ζώνη μειωμένης γεωτεχνικής συμπεριφοράς. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι μάργες του Επταχωρίου παρουσιάζονται ευαποσάθρωτες σε αντίθεση με τα συνεκτικά κροκαλοπαγή και ψαμμίτες του Πενταλόφου με αποτέλεσμα την παρουσία φαινομένων υποσκαφών που οδηγούν σε καταπτώσεις μεγάλων βραχωδών μαζών. Χαρακτηριστική τέτοια περίπτωση καταπτώσεων βραχωδών μαζών παρατηρείται λίγο έξω από το Επταχώρι, όπου μεγάλοι βράχοι από πολύ συνεκτικά κροκαλοπαγή και ψαμμίτες έχουν καταπέσει και έχουν προκαλέσει σοβαρές υλικές ζημιές στα σπίτια του χωριού προς τα ανάντη.

Οι εναλλαγές των μέτρια έως ισχυρά συνεκτικών οριζόντων με χαλαρούς ορίζοντες, έχει σαν αποτέλεσμα ο σχηματισμός αυτός να παρουσιάζονται φαινόμενα κατολισθήσεων με καταπτώσεις βραχωδών μαζών, περιστροφικών και σφηνοειδών κατολισθήσεων (Εικ. 4-1). Αποτέλεσμα των κατολισθητικών φαινομένων είναι η δημιουργία σοβαρών προβλημάτων κυρίως στην οδοποιία με σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις.

Από πλευράς μηχανικής συμπεριφοράς και φυσικών ιδιοτήτων, τα κροκαλοπαγή έχουν φαινόμενο ειδικό βάρος $2.0 - 2.8 \text{ gr/cm}^3$, αντοχή μεταξύ $50 - 400 \text{ Kgr/cm}^2$, συνοχή $c=10 - 50 \text{ Kgr/cm}^2$ και γωνία εσωτερικής τριβής $\phi=35^\circ - 65^\circ$. Οι μαργαϊκοί ορίζοντες παρουσιάζουν υγρό φαινόμενο βάρος $1.8 - 2.4 \text{ gr/cm}^3$, όριο υδαρότητας $LL=30 - 70\%$, όριο πλαστικότητας $PL=14 - 40\%$, πορώδες $n=35 - 40\%$, συνοχή $c=0.4 - 3.0 \text{ Kgr/cm}^2$ και γωνία εσωτερικής τριβής $\phi=10^\circ - 45^\circ$. Η ταχύτητα των επιμηκών σεισμικών κυμάτων V_p , αναμένεται μεταξύ $2400 - 3000 \text{ m/sec}$. Ανήκει στην κατηγορία Α, ενώ αν είναι αποσθθρωμένοι, κάτι που συμβαίνει συχνά, κατατάσσονται στην Β και Γ κατηγορία.



Εικ. 4-1. Φαινόμενα καταπτώσεων λόγω διαφορεικής διάβρωσης στον σχηματισμό Πενταλόφου σε θέση που απέχει ένα περίπου χιλιόμετρο από την κοινότητα Οροπεδίου του νομού Γρεβενών.



Εικ. 4-2. Τεφρές μάργες του σχηματισμού Επταχωρίου, ένα χιλιόμετρο μετά την ομώνυμη κοινότητα. Λόγω της εύκολης αποσάθρωσης είναι επιρρεπείς σε φαινόμενα κατολισθήσεων και εδαφικών ρωών.

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΠΤΑΧΩΡΙΟΥ

Πρόκειται για μία επικλυσιογενή ακολουθία που κάθετα ασύμφωνα πάνω στο Αλπικό υπό-βαθρο κατά μήκος των δυτικών παρυφών της Μεσοελληνικής Αύλακας. Το πάχος της κυμαίνεται από 1200-1500 μέτρα και συνίσταται από πολυγενή κροκαλοπαγή, ποικιλόχρωμες ψαμμιτικές μάργες και χονδρόκοκκους ψαμμίτες καθώς επίσης από εναλλαγές ιλυομιγών μαργών, μαργαϊκών ασβεστολίθων και αραιών ψαμμιτικών ενδιαστρώσεων.

Χαρακτηρίζονται σαν μέτρια συνεκτικοί και σπανιότερα συνεκτικοί (κυρίως οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και οι ψαμμιτικοί πάγκοι), ευκολοαποσάθρωτοι, που στο σύνολο τους θεωρούνται αδιαπέρατοι ($K = 10^{-2}$ cm/sec στους ψαμμίτες έως 10^{-6} cm/sec στις μάργες). Δημιουργούν πολύ ισχυρό ανάγλυφο και με πυκνό υδρογραφικό δίκτυο. Από πλευράς μηχανικής συμπεριφοράς είναι επιδεκτικοί σε φαινόμενα κατολισθήσεων, εδαφικών ροών και ερπυσμών με συνέπεια να απαιτείται προσεκτικός σχεδιασμός και επιλογή θέσεων θεμελίωσης και λήψη μέτρων προστασίας (Εικ. 4-2 στην προηγούμενη σελίδα).

Ειδικότερα οι επιμέρους ορίζοντες μπορεί να παρουσιάζουν τα παρακάτω φυσικομηχανικά χαρακτηριστικά. Οι αργίλομαργαϊκοί έχουν ειδικό βάρος 2.65 - 2.75, όριο υδαρότητας, $LL = 20 - 60\%$, όριο πλαστικότητας, $PI = 15 - 40\%$, πορώδες 20 - 45%, συνοχή, $c = 0.1 - 2.9$ Kgr/cm² και γωνία εσωτερικής τριβής, ϕ , $7^\circ - 40^\circ$. Οι μαργαϊκοί ορίζοντες έχουν ειδικό βάρος 2.6 - 2.7, LL , 25 - 45%, $PI = 15 - 30\%$, πορώδες, $n = 20 - 50\%$, $c = 0.1 - 2.5$ Kgr/cm² και $\phi = 15^\circ - 45^\circ$. Τέλος οι αμμούχοι ορίζοντες παρουσιάζουν ειδικό βάρος 2.65 - 2.75, $n = 15 - 50\%$, $c = 0.05 - 1.5$ Kgr/cm² και $\phi = 25 - 60^\circ$. Η ταχύτητα των σεισμικών κυμάτων V_p , είναι 1500 - 3000 m/sec. Με βάση τον Νέο Αντισεισμικό Κανονισμό κατατάσσεται στην Β και Γ κατηγορία.

ΤΕΚΤΟΝΟΪΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΒΑΣΗΣ ΜΕ ΡΗΞΙΤΕΜΑΧΗ-ΟΛΙΣΘΟΛΙΘΟΥΣ

Πρόκειται για ένα σύνολο από ρηξιτεμάχη-ολισθόλιθους που περιβάλλονται από μάργες και κροκαλοπαγή της μόλασσας. Στο μεγαλύτερο μέρος της επιφανειακής τους εξάπλωσης τα ρηξιτεμάχη αυτά καλύπτονται από τα μολασσικά ιζήματα του Επταχωρίου. Στη συνέχεια περιγράφονται οι γεωτεχνικοί χαρακτήρες των ανθρακικών τύπου Όρλιακα, επειδή των μολασσικών ιζημάτων έχουν περιγραφεί στον σχηματισμό του Επταχωρίου.

Οι φάσεις τύπου Όρλιακα αντιστοιχούν σε μεσοπλακώδεις έως άστρωτους ασβεστόλιθους με ρουδιστές και χαρακτηρίζονται από έντονη τεκτονική καταπόνηση με πολλές επιφάνειες μικροδιαρρήξεων κατά θέσεις. Το πάχος τους κυμαίνεται από μερικές δεκάδες μέχρι 250 μέτρα.

Φυσικομηχανικά χαρακτηρίζονται από ικανοποιητικούς δείκτες, όπως πυκνότητα $\rho = 2.7 - 2.9$ gr/cm³, μέτρο ελαστικότητας $0.5 - 0.8 \times 10^6$ kg/cm², και φέρουσα ικανότητα 40 - 60 kg/cm². Παρουσιάζουν μεγάλη υδροπερατότητα (K) λόγω του μεγάλου δευτερογενούς πορώδους. Επίσης η αναμενόμενη ταχύτητα των σεισμικών κυμάτων V_p , κυμαίνεται από 3500 - 5000 m/sec. Κατατάσσονται στην Α και Χ2 κατηγορία όταν είναι έντονα καταπονημένα.

Σε σημεία με έντονο ανάγλυφο, τεκτονική καταπόνηση, είναι δυνατό να εκδηλώνονται φαινόμενα αποκολλήσεων και καταπτώσεων βραχωδών μαζών.

Αλπικοί σχηματισμοί

Το αλπικό υπόβαθρο καταλαμβάνει μεγάλο μέρος του φύλλου και απαντά σε δύο κύριες εμφανίσεις, μία στο ΒΑ και μία στο ΝΔ τμήμα της περιοχής έρευνας. Τα δύο αυτά τμήματα ουσιαστικά αντιπροσωπεύουν τα δύο περιθώρια της μεσοελληνικής αύλακας. Πολλές από τις ενότητες που απαντούν στην περιοχή αντιπροσωπεύονται με περισσότερες από μία λιθολογίες. Έτσι στις επόμενες παραγράφους περιγράφεται για κάθε ενότητα η γεωμηχανική συμπεριφορά του κάθε λιθολογικού τύπου, θεωρώντας ότι αντιπροσωπεύουν γεωτεχνικές ενότητες.

ΕΝΟΤΗΤΑ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Στην περιοχή του φύλλου “Γρεβενά” η ενότητα αυτή αντιπροσωπεύεται από τα ανθρακικά πετρώματα του Ανώτερου Κρητιδικού. Είναι ασβεστόλιθοι λεπτο- μεσοστρωματώδεις, μερικές φορές άστρωτοι, με έντονη τεκτονική καταπόνηση. Εμφανίζονται με την μορφή τεκτονικών ρακών ή με ασυμφωνία πάνω στους αρχαιότερους Αλπικούς σχηματισμούς στο βορειο-ανατολικό τμήμα του φύλλου.

Παρουσιάζουν υψηλό δευτερογενές πορώδες, έντονη καρστικοποίηση, με καλή γεωτεχνική συμπεριφορά. Η πυκνότητά τους είναι περίπου $\rho = 2.6 - 2.7 \text{ gr/cm}^3$, μέτρο ελαστικότητας $0.1 - 0.5 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ φέρουσα ικανότητα $30 - 50 \text{ kg/cm}^2$. Όταν υπόκεινται ευαποσάθρωντων σχετικά σχηματισμών ή όταν απαντούν με τη μορφή μικρών τεκτονικών ρακών, μπορεί να παρουσιάζονται φαινόμενα καταπτώσεων. Οι ταχύτητες των σεισμικών κυμάτων V_p , είναι $2500 - 5000 \text{ m/sec}$. Ανήκει στην Α κατηγορία του Νέου Αντισεισμικού Σχεδιασμού.

ΕΝΟΤΗΤΑ ΟΦΙΟΛΙΘΩΝ ΑΞΙΟΥ

Απαντάται σε δύο μικρές υπολειμματικές εμφανίσεις και αντιπροσωπεύεται από μέλη του οφιολιθικού συμπλέγματος. Η γεωτεχνική συμπεριφορά τους είναι όμοια με αυτή των οφιολίθων της Βόρειας Πίνδου.

ΕΝΟΤΗΤΑ ΑΛΜΩΠΙΑΣ

Πρόκειται για κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους και δολομίτες, λεπτοστρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις. Είναι συχνά κερματισμένοι λόγω της έντονης τεκτονικής καταπόνησης, με αποτέλεσμα η δευτερογενής υδροπερατότητα (K) να κυμαίνεται από $10^{-2} - 10^{-5} \text{ cm/sec}$. Το μέτρο ελαστικότητας $3.0 - 6.0 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2$ και η αναμενόμενη φέρουσα ικανότητα $40-50 \text{ Kg/cm}^2$. Σύμφωνα με βιβλιογραφικά δεδομένα, η ταχύτητα των σεισμικών κυμάτων V_p , αναμένεται μεταξύ των $3000 - 5000 \text{ m/sec}$. Τα μόνα προβλήματα από γεωτεχνικής άποψης είναι οι καταπτώσεις βραχωδών μαζών σε πρηνή με μεγάλη κλίση και λόγω υποσκαφών στην επαφή τους με το μεταμορφωμένο υπόβαθρο. Κατατάσσεται με βάση τον Νέο Αντισεισμικό Σχεδιασμό, στην Α κατηγορία.

ΕΝΟΤΗΤΑ ΟΦΙΟΛΙΘΩΝ ΤΗΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΠΙΝΔΟΥ

Στο τεκτονικό κάλυμμα των οφιολίθων της Βόρειας Πίνδου συμμετέχουν στην ουσία τρία βασικά μέλη. Το πρώτο περιλαμβάνει τα τυπικά οφιολιθικά μέλη, το δεύτερο τα μονόμεικτα οφιολιθικά λατυποπαγή που αναπτύσσονται στη βάση του καλύμματος και το τρίτο χαρακτηρίζεται σαν ένα τεκτονικό μείγμα που περιέχει έναν αριθμό ρηξιτεμαχών που βρίσκονται τεκτονικά σφηνωμένα στο μέτωπο του καλύμματος. Για την τεχνικογεωλογική συμπεριφορά του κάθε μέλους είναι δυνατό να αναφερθούν τα ακόλουθα:

Ο φ ι ό λ ι θ ο ι

Αποτελούνται από περιδοτίτες, σερπεντινίτες, γάββρους, δολερίτες, βασάλτες και λάβες. Χαρακτηρίζονται από μεγάλο πάχος, αλλά και έντονη τεκτονική καταπόνηση που σε συνδυασμό με την εξαλλοίωση αυτών, οδηγεί στη δημιουργία μεγάλου πάχους μανδύα αποσαθρώσεως. Επίσης η έντονη ρωγματώσή τους μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία ενός σημαντικού δευτερογενούς πορώδους.

Η εύκολη κατάτμηση, η σαπωνοειδής υφή, η ανώμαλη γεωμετρία της αποσαθρωμένης ζώνης και τα φαινόμενα διογκώσεων κάνουν τα πετρώματα αυτά πολύ προβληματικά σε σχετικά υψηλά πρηνή αλλά και σε θεμελιώσεις. Οι βασάλτες οι δολερίτες και οι λάβες αποσαθρώνονται σε μικρότερο βαθμό από τα υπόλοιπα μέλη του οφιολιθικού συμπλέγματος, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι δεν παρουσιάζουν ανάλογα προβλήματα.

Σε μονοαξονική θλίψη οι τιμές αναμένονται γύρω στα 1000 Kgr/cm², παρουσιάζουν πυκνότητα $\rho = 2,6 - 3,07 \text{ gr/cm}^3$, υδροπερατότητα $K = 10^{-5} - 10^{-9} \text{ cm/sec}$. Οι λάβες παρουσιάζουν καλή γεωτεχνική συμπεριφορά με πυκνότητα $\rho = 2,6 - 2,7 \text{ gr/cm}^3$, μέτρο ελαστικότητας $0,6 - 1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$, φέρουσα ικανότητα 30 - 60 kg/cm² και μικρές τιμές υδροπερατότητας.

Όσον αφορά τη σεισμική φόρτιση, αυτή δεν αναμένεται υψηλή αφού η ταχύτητα των σεισμικών κυμάτων V_p , κυμαίνεται από 4000 - 6000 m/sec. Ανήκουν στην Α κατηγορία ενώ όταν είναι αποσαθρωμένοι στην Γ κατηγορία του Νέου Αντισεισμικού Κανονισμού.

Τ ε κ τ ο ν ι κ ό ο φ ι ο λ ι θ ι κ ό λ α τ υ π ο π α γ έ ς

Αναπτύσσεται στη βάση του καλύμματος των οφιολίθων της Βόρειας Πίνδου, παρουσιάζει πάχος από λίγα μέτρα μέχρι μερικές εκατοντάδες μέτρα και συνίσταται από λατύπες ποικίλου μεγέθους, οφιολιθικής προέλευσης.

Λόγω της τεκτονικής καταπόνησης που έχει υποστεί, παρουσιάζει μία έντονη κατακερματισμένη μάζα που ευνοεί την εκδήλωση κατολισθήσεων και ερπυσμών. Η εκδήλωση τέτοιων φαινομένων μπορεί να επιταχυνθεί από την κυκλοφορία του βρόχινου νερού λόγω του σχετικά μεγάλου δευτερογενούς πορώδους. Η εύκολη κατάτμηση, η ανώμαλη γεωμετρία των διαφόρων διαρρήξεων και η σαπωνοειδής υφή, αποτελούν τις κύριες αιτίες για τα προβλήματα που αναμένονται σε θεμελιώσεις.

Η ταχύτητα των σεισμικών κυμάτων δεν παρουσιάζει ανάλογες τιμές μ' αυτές του υγιούς πετρώματος. Έτσι, αυτή αναμένεται να' ναι μεταξύ 500-2000 m/sec. Τέλος ανήκει στην Β και Χ1 κατηγορία του Νέου Αντισεισμικού Κανονισμού.

Τεκτονικό μίγμα με ρηξιτεμάχη

Πρόκειται για μία σειρά από ρηξιτεμάχη που είναι σφηνωμένα στο μέτωπο, στη βάση και εντός του οφιολιθικού καλύμματος. Οι κύριες μορφές των ρηξιτεμαχών ταξινομούνται σε δύο κύριες κατηγορίες, μία από μεσοστρωματώδη και λεπτοπλακώδη ανθρακικά και μία δεύτερη από ραδιολαρίτες και πηλίτες.

Ανθρακικά

Πρόκειται για ασβεστόλιθους λεπτο-μεσοπλακώδεις, ενίοτε με λεπτές ενδιαστρώσεις ή κονδύλους πυριτιολίθων και σπανιότερα πηλινών. Οι ανώτεροι ορίζοντες αποτελούνται από εναλλαγές πλακωδών ασβεστολίθων, ψαμμιτών, μαργών, πηλινών και σπανιότερα κερατολίθων. Παρουσιάζουν έντονη τεκτονική καταπόνηση με αποτέλεσμα τη δημιουργία πολλών συστημάτων διακλάσεων και μικροδιαρρήξεων. Το πάχος τους ποικίλει από μερικά μέχρι 200 μέτρα.

Οι τεκτονικές, λιθοστρωματογραφικές και γεωμηχανικές συνθήκες σε συνδυασμό με την απότομη μορφολογία οδηγούν σε μία αυξημένη αστάθεια. Έτσι στην κάθε περίπτωση θα πρέπει να εκτιμούνται οι εκάστοτε τοπικές συνθήκες όπως για παράδειγμα η σχέση των γεωμετρικών και λιθοστρωματογραφικών συνθηκών με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των πρανών.

Από φυσικομηχανική συμπεριφορά παρουσιάζουν πυκνότητα $\rho = 2.6 - 2.8 \text{ gr/cm}^3$, μέτρο ελαστικότητας από $0.2 - 4.0 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2$ και χαρακτηρίζονται από αυξημένη δευτερογενή υδροπερατότητα ($K = 10^{-2}$ έως 10^{-6} cm/sec). Η ταχύτητα των σεισμικών κυμάτων (V_p) ανιχνεύεται μεταξύ 2000 και 4000 m/sec. Κατατάσσονται στην Α κατηγορία και στην Χ όταν είναι έντονα καταπονημένοι.

Σε ορισμένες θέσεις όπως στη Σγούντζα, τα ανθρακικά παρουσιάζονται με την μορφή μεσοπαχυστρωματωδών ασβεστολίθων με σημαντικό πάχος (πάνω από 500 μέτρα). Οι ασβεστόλιθοι αυτοί παρουσιάζουν σημαντική περατότητα αναπτύσσοντας καρστικό δίκτυο με καλύτερους γεωτεχνικούς χαρακτήρες από τους προηγούμενους. Προβλήματα αναμένονται στην επαφή τους με τους υποκείμενους σχηματισμούς, που όταν πρόκειται για το φλύσχη της Πίνδου ή οφιόλιθους δημιουργούνται προβλήματα αστάθειας και παρουσιάζονται φαινόμενα ολισθήσεων και καταπτώσεων βραχωδών μαζών. Κατατάσσονται στην κατηγορία Α του Νέου Αντισεισμικού Κανονισμού.

Ραδιολαρίτες - Πηλίτες

Πρόκειται κυρίως για κόκκινους και πράσινους ραδιολαρίτες σε εναλλαγές με κόκκινους και πράσινους πηλίτες, ψαμμίτες και σπανιότερα ασβεστόλιθους. Το πάχος ποικίλει από μερικά μέχρι 100 μέτρα. Παρουσιάζουν ισχυρή τεκτονική καταπόνηση με πλήθος μικροδιαρρήξεων και μικρορηγμάτων, ενώ είναι σαφής ο διαχωρισμός της στρώσης όπου η αποσάθρωση το επιτρέπει.

Οι συνθήκες αυτές σε συνδυασμό με το έντονο μορφολογικό ανάγλυφο, είναι ευνοϊκές για τη δημιουργία κατολισθητικών φαινομένων. Επίσης συχνή είναι η παρουσία ενός μεγάλου πάχους μανδύα αποσάθρωσης με αποτέλεσμα φαινόμενα ερπυσμών και εδαφικών ρωών.

Η πυκνότητα κυμαίνεται $\rho = 2.5 - 2.8 \text{ gr/cm}^3$, μέτρο ελαστικότητας $0.5 - 4.0 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2$, αυξημένες αντοχές που όμως μειώνονται στις ζώνες έντονης τεκτονικής καταπόνησης και σε πρηνή με μεγάλη κλίση. Επίσης η υδροπερατότητα του σχηματισμού είναι πολύ μικρή, αλλά τοπικά σε μεγάλου πάχους μανδύα αποσάθρωσης και όπου επικρατούν οι κερατόλιθοι και οι ασβεστόλιθοι, να έχουμε αυξημένο δευτερογενές πορώδες.

Η αναμενόμενη ταχύτητα των επιμηκών σεισμικών κυμάτων (V_p), αυτή κυμαίνεται μεταξύ 3000 - 4500 m/sec. Έτσι δεν αναμένονται ιδιαίτερα προβλήματα, παρά μόνο όσον αφορά την αστάθεια κατά την σεισμική κίνηση. Κατατάσσονται στην Α κατηγορία ενώ μερικές φορές όταν είναι έντονα αποσαθρωμένοι στην κατηγορία Β και Γ.

ΕΝΟΤΗΤΑ ΠΙΝΔΟΥ

Η ενότητα αυτή εντός της περιοχής του χάρτη αντιπροσωπεύεται από φλύσχη που απαντά με τη μορφή ενός μεγάλου τεκτονικού παράθυρου κάτω από το κάλυμμα των οφιολίθων της Βόρειας Πίνδου.

Ο φλύσχης της Πίνδου αποτελείται από ψαμμίτες, αργίλους, αργιλομάργες και κροκαλοπαγή σε εναλλαγές, με επικράτηση πότε της μίας ή της άλλης φάσης. Κατά θέσεις παρατηρούνται και μικρού πάχους ενδιαστρώσεις ασβεστολιθικών πάγκων.

Πρόκειται για μία ακολουθία έντονα πτυχωμένη, λεπιωμένη και καταπονημένη δημιουργώντας τις περισσότερες φορές απότομα πρηνή ενώ σε άλλες θέσεις καλύπτονται από μεγάλου πάχους μανδύα αποσάθρωσης, κυρίως όταν επικρατούν οι λεπτομερείς φάσεις.

Οι ψαμμίτες είναι συνήθως λεπτόκοκκοι-μεσόκοκκοι, ισχυρά συνεκτικοί και κατακερματισμένοι ώστε να μπορούν να έχουν κατά θέσεις υψηλή δευτερογενή υδροπερατότητα ($10^{-1} - 10^{-3} \text{ cm/sec}$) ενώ παράλληλα έχουν μεγάλη φέρουσα ικανότητα ($20 - 40 \text{ Kgr/cm}^2$).

Τα κροκαλοπαγή αποτελούνται από κροκάλες μεγέθους μέχρι 20 cm, ασβεστιτικής, ψαμμιτικής, κερατολιθικής και οφιολιθικής σύστασης, με ασβεστοψαμμιτική ή αργιλομαργαϊκή συνδετική ύλη που αντίστοιχα τους προσδίδει μεγάλη ή χαμηλή συνεκτικότητα και υδροπερατότητα.

Οι άργιλοι, ιλυόλιθοι και αργιλομάργες αναπτύσσονται σε παχείς ορίζοντες. Η δράση των αποσαθρωτικών και διαβρωτικών παραγόντων έχει σαν αποτέλεσμα το σχηματισμό ενός μεγάλου πάχους μανδύα αποσάθρωσης. Ουσιαστικά πρόκειται για αδιαπέρατα ιζήματα με αναμενόμενη φέρουσα ικανότητα της τάξης των $6 - 20 \text{ Kgr/cm}^2$.

Η ποικιλία στη λιθολογική σύσταση, η έντονη τεκτονική καταπόνηση, η έντονη μορφολογία, οι δυνατές βροχοπτώσεις και οι μεγάλης διάρκειας χιονοπτώσεις, η

διακύμανση της υδροπερατότητας σε συνδυασμό με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των επιφανειών ασυνέχειας και των πρηνών, ευνοούν τη συχνή εκδήλωση φαινομένων κατολισθήσεων. Πρόκειται κυρίως για περιστροφικές ολισθήσεις και ερπυσμούς και λιγότερο για καταπτώσεις και καθιζήσεις που πλήττουν το οδικό δίκτυο αλλά και τους οικισμούς.

Σεισμικά όταν είναι υγιείς, έχουν θετική συμπεριφορά με αναμενόμενη ταχύτητα $V_p=1500-4500$ m/sec. Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι κατά τις σεισμικές κινήσεις ευνοούνται οι εκδηλώσεις των φαινομένων που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο. Κατατάσσονται στην Α και Β κατηγορία. Σε περίπτωση έντονης αποσάθρωσης και τεκτονικής καταπόνησης κατατάσσονται στην Χ1 και Χ6 κατηγορία.

Προαλπικό υπόβαθρο

Πρόκειται για μία μεγάλους πάχους σχιστοποιημένη κατώτερη ακολουθία που αποτελείται από γρανίτες, γνεύσιους και μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και μία υπερκείμενη από σχετικά μικρού βαθμού μεταμόρφωσης από μετακλαστικά πετρώματα όπως φυλλίτες, σερικιτικούς-χλωριτικούς σχιστόλιθους και μετατόφους.

Η εξαλλοίωση τους έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία μεγάλου πάχους κατά θέσεις μανδύα αποσάθρωσης, όπου είναι δυνατό να εκδηλωθούν φαινόμενα ερπυσμών και ρωών εδαφικών υλικών. Επίσης η σχέση της γεωμετρίας των επιφανειών σχιστότητας καθώς και των άλλων τεκτονικών επιφανειών (διακλάσεις, σχισμός) με τη γεωμετρία του πρηνούς μπορεί να οδηγήσει σε εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων.

Οι σχηματισμοί αυτοί έχουν πολύ μικρή υδροπερατότητα ($K = 10^{-9} - 10^{-12}$ cm/sec) αλλά ο αποσαθρωμένος μανδύας τους μπορεί να παρουσιάσει σημαντική υδροφορία. Η φέρουσα ικανότητα κυμαίνεται μεταξύ $10 - 20$ Kgr/cm², με καλύτερη συμπεριφορά όταν η πίεση είναι κάθετη στην επιφάνεια της σχιστότητας και αρνητική όταν είναι παράλληλη. Το μέτρο ελαστικότητας κυμαίνεται μεταξύ $3.5 - 4.5 \times 10^5$ kg/cm².

Οι ταχύτητες των σεισμικών κυμάτων V_p , αναμένονται μεταξύ $2000 - 4500$ m/sec. Κατατάσσονται στην Α, Β και Γ κατηγορία σύμφωνα με το Νέο Αντισεισμικό Κανονισμό.

ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΑ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ

Τα γεωτεχνικά προβλήματα αναμένονται στο φύλλο "Γρεβενά" είτε σαν δευτερογενή φαινόμενα κατά τη διάρκεια σεισμικής φόρτισης είτε ως μεμονωμένα φαινόμενα είναι ουσιαστικά τα ακόλουθα:

- Κατολισθήσεις
- Καταπτώσεις
- Καθιζήσεις
- Ρευστοποιήσεις εδαφών

Στη συνέχεια ακολουθεί μία συνοπτική περιγραφή του κάθε φαινομένου και αναφέρονται οι περιοχές εκείνες που αναμένεται να εκδηλωθούν τέτοια φαινόμενα, ενώ παρουσιάζονται και παραδείγματα για κάθε περίπτωση. Η προσοχή μας πρέπει να εστιάζεται κυρίως στις δύο πρώτες κατηγορίες, αφού η τρίτη δεν εκδηλώνεται σε μεγάλες κλίμακες και η τελευταία λαμβάνει χώρα μόνο κάτω από έντονη σεισμική δράση.

Κατολισθήσεις

Με τον όρο κατολίσθηση νοούνται οι διαταράξεις που μπορεί να υποστεί μία βραχώδη ή εδαφική μάζα. Ο ορισμός αυτός περιλαμβάνει τόσο φαινόμενα καταπτώσεων όσο και φαινόμενα καθιζήσεων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση με τον όρο χαρακτηρίζεται μόνο η μεταβολή που από κινηματική άποψη παρουσιάζει τόσο οριζόντια όσο και κατακόρυφη συνιστώσα.

Η περιοχή του φύλλου “Γρεβενά” έχει κατά επανάληψη πληγεί από κατολισθητικά φαινόμενα. Οι περιοχές που παρουσιάζονται επιρρεπείς σε τέτοια φαινόμενα είναι κατά πρώτον λόγο αυτές που καλύπτονται από τους μολαστικούς σχηματισμούς και κατά δεύτερο λόγο αυτές που καλύπτονται από τους Αλπικούς σχηματισμούς του φλύσχη της Πίνδου και των Οφιολίθων. Οι κυριότερες αιτίες εκδήλωσης αυτών των φαινομένων είναι κυρίως:

- η παρουσία γεωλογικών σχηματισμών με μειωμένες φυσικές και μηχανικές ιδιότητες,
- η εναλλαγή των λιθολογιών τόσο στην οριζόντιο όσο κυρίως στην κατακόρυφη έννοια,
- οι διαδικασίες έντονης αποσάθρωσης και διάβρωσης που μειώνουν πιο πολύ τους γεωμηχανικούς δείκτες και λιγότερο
- η έντονη τεκτονική καταπόνηση κυρίως στους αλπικούς σχηματισμούς και
- οι αυξημένες τιμές της σεισμικής επιτάχυνσης κατά τη διάρκεια μεγάλων σεισμών.

Στη συνέχεια ακολουθούν παραδείγματα κατολισθητικών φαινομένων διαφόρων μορφών που παρατηρήθηκαν στην περιοχή μελέτης. Φυσικά δεν είναι οι μοναδικές περιπτώσεις, αλλά παρουσιάζονται απλά για να τονίσουν την ύπαρξη και το μέγεθος του προβλήματος στην περιοχή. Το ίδιο ισχύει και για τα φαινόμενα αποκολλήσεων και καταπτώσεων που εξετάζονται στη συνέχεια σαν ένα ιδιαίτερο γεωτεχνικό πρόβλημα.



Εικ. 4-3. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά μίας κατολίσθησης.



Εικ. 4-4. Στη φωτογραφία διακρίνεται η κατολίσθηση που προκάλεσε την καταστροφή του επαρχιακού δρόμου Αβδέλας-Σμίκης, ενώ φαίνεται και η κορυφή της κατολίσθησης. Διακρίνεται η νέα διάνοιξη του δρόμου που ακολουθεί την παλιά και η οποία έχει πραγματοποιηθεί διαμέσου των κατολισθέντων υλικών.

ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΕΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΦΥΛΛΟΥ “ΓΡΕΒΕΝΑ”

Π α ν ό ρ α μ α

Στον επαρχιακό δρόμο από Αβδέλλα προς Σμίξη και στην διασταύρωση προς Πανόραμα του νομού Γρεβενών έχουν λάβει χώρα πρόσφατα κατολισθητικά φαινόμενα μεγάλης κλίμακας α. Οι κατολισθήσεις αυτές προκάλεσαν σημαντικές καταστροφές στο δρόμο που αποτελεί τον μοναδικό οδικό άξονα επικοινωνίας των δύο αυτών κοινοτήτων (Εικ. 4-4).

Η περιοχή καλύπτεται από πηλίτες, ψαμμίτες και μάργες του φλύσχη της Πίνδου, οποίος όμως στην θέση όπου έλαβαν χώρα οι κατολισθήσεις, παρουσιάζει σημαντικό πάχος αποσαθρωμένου μανδύα. Το είδος των λιθολογιών του φλύσχη, η γεωμετρία των σχηματισμών σε σχέση με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του πρανού και σε συνδυασμό με τις δυσμενείς κλιματολογικές συνθήκες (πολύ συχνές βροχοπτώσεις και χιονοπτώσεις), είναι παράγοντες που ευνοούν τις διεργασίες αποσάθρωσης και διάβρωσης με αποτέλεσμα την ανάπτυξη σημαντικού πάχους αποσαθρωμένου μανδύα.

Η κατολίσθηση αρχίζει περίπου 15 μέτρα ανάντη του δρόμου Αβδέλλας-Σμίξης και φτάνει μέχρι τα κατάντη που επικρατούν πιο ήπιες. Πρόκειται για μία τυπική περιστροφική κατολίσθηση που φαίνεται να έχει προσβάλλει μόνο τον αποσαθρωμένο μανδύα του φλύσχη, εμφανίζει άλμα περίπου τέσσερα μέτρα στη κορυφή της (Εικ. 4-4) και μέσο πλάτος περίπου 100m. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η καινούργια διάνοιξη του ακολουθεί την παλιά χάραξη και μάλιστα μέσα από τα κατολισθαίνοντα υλικά, ενώ κανένα προληπτικό μέτρο δεν έχει ληφθεί.

Λίγες εκατοντάδες μέτρα μετά την διασταύρωση προς το Πανόραμα-Σμίξη ο δρόμος που έχει πρόσφατα ασφαλοστρωθεί, παρουσιάζει ρωγμές, έχοντας “καθίσει” σε αρκετά σημεία για μήκος περίπου 200m (Εικ. 4-5). Το όλο φαινόμενο οφείλεται σε πολλαπλές τυπικές κατολισθήσεις που έχουν προκληθεί μέσα στον μεγάλο πάχος αποσαθρωμένου μανδύα του φλύσχη της Πίνδου. Το κύριο μέτωπο, όπως και τα άλλα μικρότερα βρίσκονται μέχρι 50m ανάντη του δρόμου ενώ ο δάκτυλος των κατολισθήσεων βρίσκεται κοντά στη βάση της κοιλάδας, 200m προς τα κατάντη.

Η εκδήλωση όλων αυτών των κατολισθητικών φαινομένων οφείλεται κυρίως στη συμπεριφορά των αποσαθρωμένων κλαστικών σχηματισμών του φλύσχη που μοιάζει πολύ με εκείνη των ασύνδετων υλικών που διευκολύνουν την κατείσδυση και κυκλοφορία του νερού με αποτέλεσμα την μείωση της διατμητικής αντοχής τους.

Ε π α ρ χ ι α κ ό ς δ ρ ό μ ο ς
Π ε ν τ ά λ ο φ ο υ - Ε π τ α χ ώ ρ ι ο υ

Στην διαδρομή από τον Πεντάλοφο προς το Επταχώρι και μετά τον Προφήτη Ηλία παρατηρείται στα πρανή ανάντη του δρόμου φαινόμενα κατολισθήσεων (Εικ. 4-6). Μορφολογικά η



Εικ. 4-5. Ρωγμές και καθιζήσεις στον νεοασφαλτωμένο οδικό άξονα Αρδέλας-Σμίξης μετά τη διασταύρωση προς Πανόραμα, που προκλήθηκαν από τυπικές περιστροφικές κατολισθήσεις του φλύσχη.



Εικ. 4-6. Φαινόμενα κατολισθήσεων στον κεντρικό οδικό άξονα Πεντάλοφο-Επταχώρι.

περιοχή χαρακτηρίζεται από πρηνή με σχετικά μεγάλες κλίσεις και βαθιές κοιλάδες, ενώ γεωλογικά καλύπτεται από λιθολογίες του σχηματισμού του Πενταλόφου (ψαμμίτες, κροκαλοπαγή σε εναλλαγές με μαργαϊκούς ορίζοντες). Η κλίση του πρηνούς είναι ομόρροπη με αυτές των στρωμάτων τα οποία παρουσιάζονται επίσης αρκετά διερρηγμένα. Πρόκειται για επίπεδες ολισθήσεις βραχωδών μαζών που ελέγχονται από την στρώση η οποία αποτελεί την κύρια επιφάνεια ολίσθησης, και από τις επιφάνειες διαρρήξεων. Στις ολισθήσεις αυτές καθοριστικός παράγοντας είναι και η κυκλοφορία του νερού που μειώνει τις δυνάμεις που αντιτίθενται στην ολίσθηση.

Οι κατολισθήσεις αυτές έχουν σαν συνέπεια την συχνή πτώση βραχωδών μαζών πάνω στο οδόστρωμα, που παρουσιάζει σημαντική κυκλοφορία κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Σε πολλές περιπτώσεις έχουν κτιστεί τοίχοι αντιστήριξης ή παγίδευσης για την προστασία του δρόμου. Παρόλα αυτά αρκετές φορές παρατηρούνται σημαντικές αστοχίες (Εικ. 4-7).

Ν έ α Κο τ ύ λ η

Η κοινότητα Νέας Κοτύλης βρίσκεται στο νομό Καστοριάς και απαντά στη βορειοδυτική περιοχή του φύλλου “Γρεβενά”. Μορφολογικά η κοινότητα αναπτύσσεται στη βορειοανατολική πλευρά του όρους Βόϊον με μέσο υψόμετρο 1460m. Γεωλογικά η περιοχή χαρακτηρίζεται από την παρουσία σχηματισμών της Μεσοελληνικής Αύλακας και συγκεκριμένα εναλλαγών αργιλομαργών, ασβεστιτικών ψαμμιτών και ψαμμιτομαργών με κλίσεις προς τα βορειοανατολικά. Οι μορφολογικοί παράγοντες σε συνδυασμό με την τεκτονική καταπόνηση των σχηματισμών και με τις δυσμενείς καιρικές συνθήκες, έχουν δημιουργήσει μεγάλου πάχους μανδύα αποσάθρωσης.

Τα κατολισθητικά φαινόμενα που έχουν δημιουργηθεί παλαιότερα αλλά και πρόσφατα, εντοπίζονται στο βόρειο - βορειοδυτικό άκρο του κατοικημένου χώρου. Πρόκειται για κατολισθήσεις στρωματοειδούς τύπου, που έχει προσβάλλει εκτός από τον αποσαθρωμένο μανδύα και τα ανώτερα στρώματα των μολассικών σχηματισμών. Επίσης έχουν προκαλέσει ζημιές στον δασικό δρόμο που περνάει σχεδόν στην κεφαλή των κατολισθήσεων, στον δρόμο Νεστόριου- Νέας Κοτύλης καθώς και στο υδραγωγείο της κοινότητας όπως και σε αρκετά σπίτια.

Η δημιουργία των κατολισθήσεων οφείλεται στη συνδυασμένη δράση πολλών παραγόντων. Από τους φυσικούς παράγοντες σημαντικό ρόλο έπαιξαν και παίζουν η ανομοιογένεια των σχηματισμών που συνιστούν το πρηνές, οι μεγάλες κλίσεις του και οι υψηλές χιονοπτώσεις που έχει η περιοχή. Σημαντικό ρόλο όμως φαίνεται να έπαιξαν και οι ανθρώπινες παρεμβάσεις όπου με την κατασκευή των δύο δρόμων και του υδραγωγείου, αφαίρεσαν σημαντικό όγκο υλικών από τη βάση του πρηνούς.

Ε πα ρ χ ι α κ ό ς δ ρ ό μ ο ς Κ α λ λ ο ν ή ς - Τ ρ ί κ ο ρ φ ο υ

Ο επαρχιακός αυτός δρόμος που ενώνει τις δύο αυτές κοινότητες, διέρχεται μέσα από λιθολογικούς τύπους του σχηματισμού Πεντάλοφου. Η διαδρομή από τη κοινότητα της Καλλο-



Εικ. 4-7. Τοίχος αντιστήριξης και συγκράτησης για προστασία του κεντρικού οδικού άξονα Πενταλόφου-Επταχώρι. Στη φωτογραφία διακρίνεται ότι τα κατολίσθοντα υλικά έχουν ξεπεράσει το ύψος του τοίχου.



Εικ. 4-8. Κατολίσθηση στον επαρχιακό δρόμο Καλλονής-Τρίκορφου.

νής μέχρι την βάση της κοιλάδας που χωρίζει τις δύο κοινότητες, μήκους περίπου δύο χιλιομέτρων, χαρακτηρίζεται από πλήθος κατολισθητικών φαινομένων που προκαλούν ζημιές έως και ολοκληρωτική καταστροφή του επαρχιακού δρόμου (Εικ. 4-8 στην προηγούμενη σελίδα).

Η εκδήλωση των κατολισθητικών φαινομένων είναι αποτέλεσμα συνεργασίας πολλών παραγόντων που οι σπουδαιότεροι είναι:

- οι ομόρροπες κλίσεις πρηνούς και των σχηματισμών,
- η κατακόρυφες διαρρήξεις που ακολουθούν την παράταξη των στρωμάτων,
- οι συχνές εναλλαγές σκληρών ψαμμιτικών πάγκων με ευκολοαποσάθρωτες τεφρές μάργες,
- οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή και η κατασκευή του δρόμου με αποτέλεσμα την διατάραξη της ισορροπίας του πρηνούς.

Καταπτώσεις

Στην περιοχή του φύλλου “Γρεβενά”, φαινόμενα καταπτώσεων παρατηρούνται συχνά. Μπορούν να διακριθούν σε καταπτώσεις εντός του ίδιου σχηματισμού που αποτελείται από εναλλαγές διαφορετικών λιθολογιών και σε καταπτώσεις στην επαφή δύο διαφορετικών σχηματισμών. Οι σχηματισμοί που παρουσιάζονται επιρρεπείς είναι κυρίως αυτοί της Μολασσικής Αύλακας και κατά δεύτερον λόγο οι Αλπικοί.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΦΥΛΛΟΥ “ΓΡΕΒΕΝΑ”

Ε π τ α χ ώ ρ ι

Η πλέον χαρακτηριστική περίπτωση καταπτώσεων που εγκυμονεί και κινδύνους για ανθρώπινες ζωές, είναι αυτή που απαντά στην περιοχή της κοινότητας Επταχωρίου του νομού Καστοριάς. Τα φαινόμενα αυτά που χρονολογούνται τουλάχιστον από το 1935, παρατηρούνται στο πρηνές ανάντη της κοινότητας και έχουν προκαλέσει ζημιές και καταστροφές σε πολλά σπίτια και άλλα κτίσματα. Το πρηνές διαμορφώνεται αμέσως μετά τα τελευταία σπίτια με κατακόρυφο ύψος περίπου 120 μέτρα και με κλίση της τάξης των 50⁰ στα κατώτερα 80 περίπου μέτρα και 80⁰ στο υπόλοιπο τμήμα (Εικ. 4-9).

Γεωλογικά η περιοχή καλύπτεται από τους Μολασσικούς σχηματισμούς και ειδικότερα τις μάργες του Επταχωρίου, τεφρού χρώματος που αποτελούν τον κατώτερο σχηματισμό και από ψαμμίτες και μάργες του Πενταλόφου, ανοικτοκάστανου χρώματος που αποτελούν τον ανώτερο σχηματισμό. Η επαφή των δύο αυτών σχηματισμών απαντά στο μέσο περίπου του προβληματικού πρηνούς. Οι μάργες του Επταχωρίου εμφανίζονται έντονα αποσθαρωμένες στα επιφανειακά στρώματα δίνοντας άφθονο εδαφικό υλικό που μεταφέρεται με την επίδραση της βαρύτητας και με τα βρόχινα νερά προς τα κατόντη. Αντίθετα οι ψαμμίτες του

Πενταλόφου παρουσιάζονται με την μορφή σκληρών πάγκων αλλά έντονα κατακερματισμένων. Έτσι προκαλείται υποσκαφή της απαραίτητης αντιστήριξης στους χονδρόκοκκους ψαμμίτες και στην συνέχεια την κατάπτωσή τους. Το φαινόμενο ευνοείται:

- από την σχεδόν κατακόρυφη κλίση του πρανούς,
- από την ισχυρή αποσάθρωση κατά μήκος των επιφανειών ασυνέχειας που προκαλεί μείωση της διατμητικής αντοχής και
- από το νερό που κατεισδύει στις ρωγμές και ενισχύει τις δυνάμεις απόσπασης των βραχωδών μαζών και διευκολύνει τις διεργασίες αποσάθρωσης στον υποκείμενο σχηματισμό του Επταχωρίου.

Σ π ή λ α ι ο

Στον επαρχιακό δρόμο που οδηγεί από την κοινότητα Ζάκα προς την κοινότητα Σπήλαιο του νομού Γρεβενών και ένα περίπου χιλιόμετρο πριν το Σπήλαιο, παρατηρούνται αποκολλήσεις βραχωδών μαζών από το κατακόρυφο πρανές που έχει δημιουργηθεί μετά τη διάνοιξη του επαρχιακού δρόμου. Η περιοχή βρίσκεται στο δυτικό περιθώριο της Μεσοελληνικής Αύλακας και δομείται από τους ασβεστόλιθους του Ορλιακα οι οποίοι παρουσιάζονται παχυστρωματώδεις έως άστρωτοι, αλλά έντονα καταπονημένοι και διερρηγμένοι. Γεωτεχνικά ο σχηματισμός παρουσιάζεται ικανός στη δημιουργία κατακόρυφου πρανούς, αλλά η παρουσία πολλών συστημάτων διαρρήξεων και η κυκλοφορία του νερού που μειώνει τη διατμητική αντοχή κατά μήκος των επιφανειών ασυνέχειας, δημιουργούν τις κατάλληλες συνθήκες για την αποκόλληση βραχωδών μαζών διαφόρου μεγέθους. Για την αντιμετώπιση του φαινομένου, όπως διακρίνεται και στη φωτογραφία της Εικ. 4-10, έχει τοποθετηθεί ένα προστατευτικό συρμάτινο δίκτυο με σκοπό την συγκράτηση των μικροτεμαχίων που είναι δυνατόν να καταπέσουν στο οδόστρωμα και να προκαλέσουν ατυχήματα.

Π ε ν τ ά λ ο φ ο

Λίγα χιλιόμετρα έξω από το Πεντάλοφο και προς το Επταχώρι και πριν τη θέση του Προφήτη Ηλία, σημαντικά προβλήματα δημιουργούνται στο υπάρχον οδικό δίκτυο που συνδέει τις δύο αυτές κοινότητες από φαινόμενα αποκολλήσεων και καταπτώσεων βραχωδών μαζών σε σχεδόν κατακόρυφα πρανή που έχουν δημιουργηθεί από την διάνοιξη του δρόμου.

Η περιοχή αυτή καλύπτεται από τον μολασσικό σχηματισμό του Πενταλόφου ο οποίος παρουσιάζεται με τη μορφή συνεκτικών ψαμμιτών και κροκαλοπαγών με συχνές εναλλαγές με ανοικτοκάστανες μάργες, πάχους μέχρι 20-30cm. Η κλίση των στρωμάτων παρουσιάζεται μονότονη προς τα βορειοανατολικά με τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 25⁰-50⁰. Ο μηχανισμός εκδήλωσης των καταπτώσεων ευνοείται:

- από τις γεωτεχνικές συνθήκες που υπάρχουν (κερματισμός πετρώματος, κλίση πρανούς),
- από την κυκλοφορία του βρόχινου νερού και



Εικ. 4-9. Καταπτώσεις στην κοινότητα Επταχωρίου που έχουν προκαλέσει καταστροφές στα τελευταία σπίτια της κοινότητας. Στη φωτογραφία διακρίνονται οι πεσμένοι ογκόλιθοι που ξεπερνούν το μέγεθος μιας οικίας.

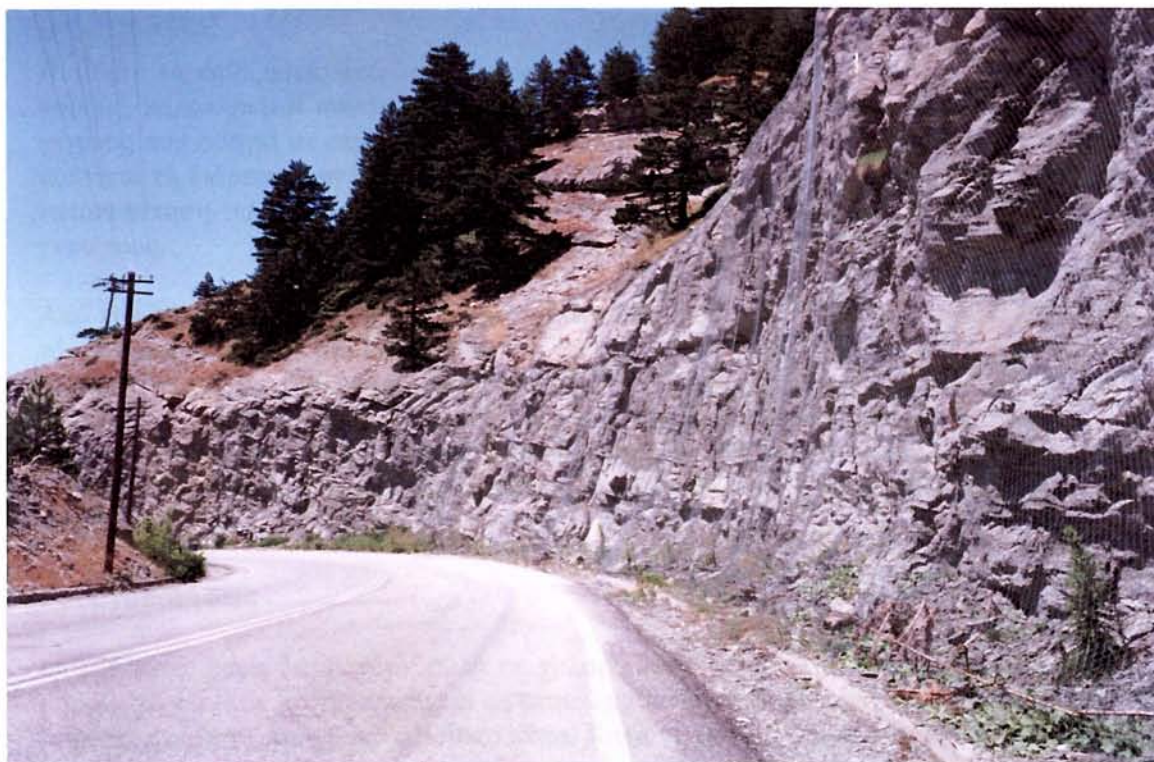


Εικ. 4-10. Το προστατευτικό συρμάτινο δίκτυο που έχει τοποθετηθεί για την συγκράτηση μικροτεμαχών που πέτουν στον επαρχιακό δρόμο Ζάκας-Σπηλαίου.

- από τις υποσκαφές λόγω της παρουσίας των αργιλομαργαϊκών οριζόντων ανάμεσα στους ψαμμίτες και τα κροκαλοπαγή.

Οι πρώτες αποσαθρώνονται και διαβρώνονται πολύ πιο εύκολα από τους τελευταίους με αποτέλεσμα την απώλεια βάσης αυτών και την επικείμενη πτώση τους. Για την προστασία του οδικού δικτύου και την αποφυγή τροχαίων ατυχημάτων έχουν τοποθετηθεί, όπως και στην περίπτωση του Σπήλαιου, συρμάτινα δίκτυα για την συγκράτηση των βραχωδών μαζών που αποκολλούνται (Εικ. 4-11).

Παρόμοιες περιπτώσεις σαν αυτή που περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο, συναντώνται σχεδόν σε όλη την έκταση που καλύπτεται από τον σχηματισμό του Πενταλόφου και σε ψηλά πρανή που παρουσιάζουν αντίρροπη και μεγάλη κλίση σε σχέση με αυτή των στρωμάτων. Αυτό έχει σαν συνέπεια την πολύ συχνή δημιουργία προβλημάτων στο επαρχιακό δίκτυο της περιοχής.



Εικ. 4-11. Το προστατευτικό συρμάτινο δίκτυο το οποίο έχει τοποθετηθεί στον κεντρικό οδικό άξονα Πεντάλοφου-Επταχώρι για την συγκράτηση των βραχωδών μαζών που αποκολλούνται.

Καθιζήσεις

Οι καθιζήσεις ανήκουν στις σημαντικές γεωλογικές καταστροφές που γίνονται όλο και πιο συνήθεις, αφού οι χρήσεις γης επεκτείνονται όλο και πιο πολύ σε περιοχές επιρρεπείς σ’ αυτές. Τρεις είναι βασικές κατηγορίες καθιζήσεων που μπορούν να διακριθούν:

- καθίζηση στην εδαφική επιφάνεια ή κοντά σ’ αυτή,
- καθίζηση λόγω άντλησης και
- καθίζηση από καταρρεύσεις.

Από αυτές τις κατηγορίες, οι δύο πρώτες είναι αυτές που εκδηλώνονται στην περιοχή του φύλλου “Γρεβενά”. Καθιζήσεις στην εδαφική επιφάνεια ή κοντά σ’ αυτή παρατηρούνται όταν λεπτόκοκκα ιζήματα υπόκεινται σε συμπίεση, ή όταν σε αργιλικά υλικά παρατηρείται συστολή και διαστολή λόγω των μεταβολών στο περιεχόμενο σε νερό και όταν παρατηρείται υποχώρηση της εδαφικής επιφάνειας από αποστράγγιση με επακόλουθη αποσύνθεση των πλούσιων σε οργανικά υλικά αποθέσεων.

Αντίθετα οι καθιζήσεις από άντληση οφείλονται στην απομάκρυνση του νερού από τους πόρους, παρατηρείται πτώση στάθμης και ελάττωση της πίεσης των ρευστών των πόρων, γεγονός που οδηγεί σε συμπύκνωση των εδαφικών οριζόντων. Καθιζήσεις παρατηρούνται και κατά τη διάρκεια των σεισμών λόγω που κατά τη σεισμική δόνηση διευκολύνετε η επανατοποθέτηση των δομικών στοιχείων των σχηματισμών με αποτέλεσμα τη μείωση του όγκου τους.

Από την προηγούμενη παράγραφο, γίνεται αντιληπτό ότι διαφορετικές καθιζήσεις είναι δυνατό να εμφανιστούν σε μία μεγάλη έκταση της περιοχής του φύλλου “Γρεβενά”, η οποία καλύπτεται από αλλουβιακούς σχηματισμούς, πλευρικά κορήματα και ποταμοχερσαίες αποθέσεις. Επίσης μπορούν να εμφανιστούν και στους μολασσικούς σχηματισμούς, όταν αυτοί παρουσιάζουν μεγάλο πάχος μανδύα αποσάθρωσης. Η κυριότερη αιτία εκδήλωσή τους είναι η υπεράντληση για αρδευτικούς σκοπούς των υδροφόρων οριζόντων που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους.

Ρευστοποιήσεις

Οι ρευστοποιήσεις λαμβάνουν χώρα σε χαλαρά λεπτομερή ιζήματα (ιλύς, άμμους) με παρουσία νερού όταν αυτά υπόκεινται σε επαναλαμβανόμενες διατμητικές φορτίσεις που μπορούν να αντιστοιχούν με ένα σεισμικό κύμα. Κατά τις ρευστοποιήσεις οι γεωλογικοί σχηματισμοί χάνουν την διατμητική τους αντοχή με αποτέλεσμα να μετατρέπεται η στερεά φάση σε υγρή και να αποκτούν παροδικά συμπεριφορά βαρέως ρευστού. Το φαινόμενο της ρευστοποίησης έχει σαν αποτέλεσμα την απώλεια στήριξης των υπερκείμενων κατασκευών ή τεχνικών έργων, τα οποία μπορούν να βυθιστούν, να ανατραπούν ή να καταρρεύσουν.

Τέτοια φαινόμενα δεν είχαν και δεν έχουν παρατηρηθεί μέχρι σήμερα στην περιοχή μελέτης. Η σεισμική δόνηση της 13/5/95 προκάλεσε όμως την εκδήλωση ρευστοποιήσεων 1.5 Km ανατολικά του χωριού Ρύμνιου στην περιοχή της Κοζάνης. Το φαινόμενο παρατηρήθηκε σε

εδάφη που ήταν κοντά στη τεχνητή λίμνη του Πολυφύτου και που παρουσίαζαν υδροφορία πολύ κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Επειδή ανάλογες γεωτεχνικές και υδρολογικές συνθήκες επικρατούν και στην περιοχή μελέτης, π.χ. νότια της λίμνης της Καστοριάς, καθώς και κατά μήκος του ποταμού Αλιάκμονα, τέτοια φαινόμενα είναι δυνατόν να παρουσιαστούν στις περιοχές αυτές σε πιθανή μελλοντική σεισμική διέγερση αλλά οπωσδήποτε σε περιορισμένη έκταση.

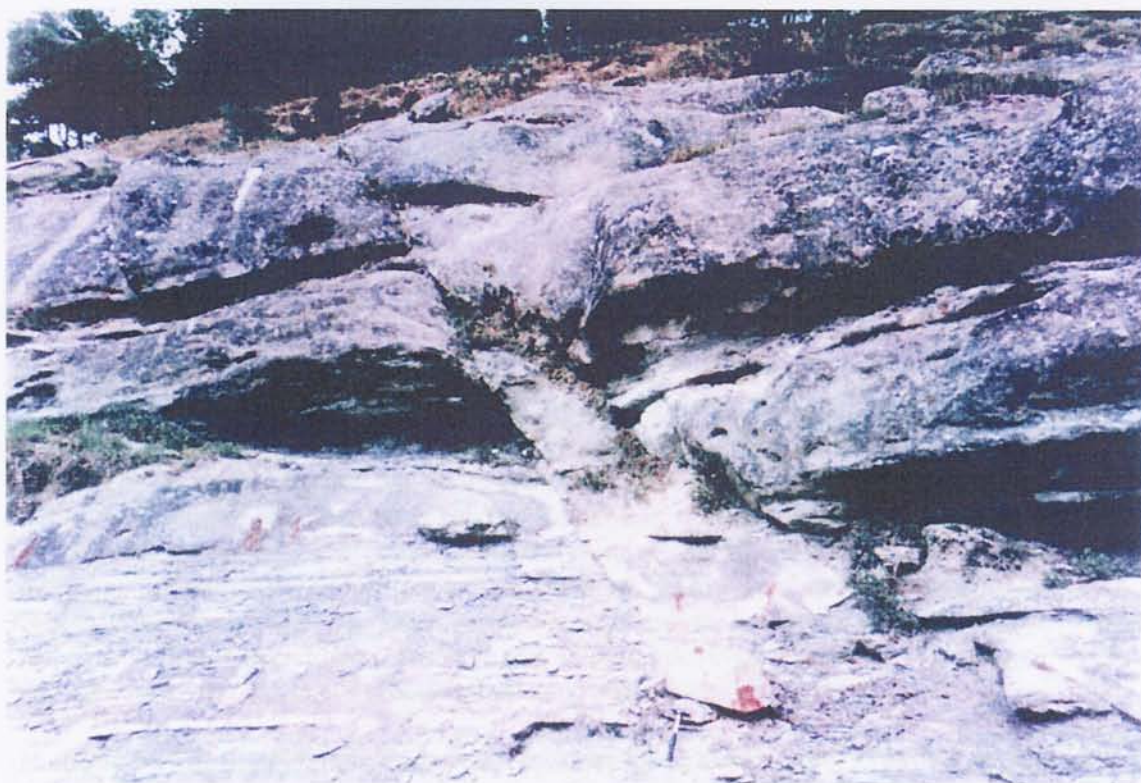
Κεφάλαιο 5

ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται η τεκτονική δομή της περιοχής, με στόχο να προσδιοριστούν οι ενεργές ρηξιγενείς ζώνες που πιθανόν διασχίζουν την περιοχή. Από τα στοιχεία που θα παρατεθούν στη συνέχεια διαπιστώνονται συνοπτικά τα εξής:

- Το κύριο τεκτονικό πρότυπο της περιοχής έχει διαμορφωθεί από τη δημιουργία και εξέλιξη της Μεσοελληνικής αύλακας, από το Ανώτερο Ολιγόκαινο μέχρι σήμερα.
- Μεγάλης κλίμακας ρήγματα ή ρηξιγενείς ζώνες, με εντυπωσιακές κατοπτρικές επιφάνειες, γραμμές προστριβής, μορφολογικές ασυνέχειες κλπ., που απαντώνται σε άλλες τεκτονικά ενεργές περιοχές του ελληνικού χώρου, δεν εντοπίστηκαν στην περιοχή του φύλλου.
- Παρόλα αυτά, η μελέτη των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών της περιοχής, σε συνδυασμό με τα διαθέσιμα τεκτονικά και στρωματογραφικά στοιχεία, φανερώνει ότι η νεοτεκτονική καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη σημερινή εξέλιξη της περιοχής και ότι υπάρχουν πιθανά ενεργές ρηξιγενείς ζώνες, οι οποίες κατά το παρελθόν διαδραμάτισαν σημαντικότερο ρόλο στην εξέλιξη της Μεσοελληνικής αύλακας και συνεχίζουν, πιθανά, να λειτουργούν μέχρι σήμερα.

Στη συνέχεια θα δοθεί μια περιγραφή για την τεκτονική μακροδομή της Μεσοελληνικής αύλακας και ολοκληρώνοντας θα περιγραφούν τα νεοτεκτονικά ρηξιτεμάχια και οι πιθανά ενεργές ρηξιγενείς ζώνες που τα οριοθετούν.



Εικ. 5-1. Ρήγματα πλάγιας ολίσθησης (με σημαντική κατακόρυφη συνιστώσα) πλησίον του Αυγερινού (σχηματισμός Πενταλόφου).



Εικ. 5-2. Ρηξιγενής ζώνη με τεκτονικά λατυποπαγή στην περιοχή Δοτσικού (σχηματισμός Πενταλόφου).

ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΜΕΣΟΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΥΛΑΚΑΣ

Γενικά

Ο BRUNN (1956) μελέτησε συστηματικά και με λεπτομέρεια την δημιουργία και εξέλιξη της Μεσοελληνικής αύλακας την οποία θεωρεί σαν μία εσωτερική λεκάνη των ελληνίδων, η οποία ακολούθησε παθητικά το τέλος του αλπικού κύκλου δίδοντας τον χαρακτηρισμό του υστεροτεκτονικού σταδίου (state tectonique, AUBOUIN 1959, 1974). Η σημαντική συσσώρευση κλαστικών ιζημάτων από την πινδική "κορδιλιέρα" δυτικά και την πελαγονική "κορδιλιέρα" ανατολικά μέσα στη λεκάνη αυτή κατά το διάστημα Αν. Ηώκαινο – Μέσο Μειόκαινο θεωρήθηκε άμεση συνέπεια της κύριας ορογενετικής φάσης των ελληνίδων με την ανάδυση – χέρσευση – διάβρωση των πρόσφατα πτυχωμένων σχηματισμών.

Η εμφάνιση της θεωρίας των τεκτονικών πλακών και η επακόλουθη ανάλυση της στα πλαίσια της σύγκλισης των λιθοσφαιρικών πλακών με τη δημιουργία ορογενετικών τόξων, έδωσε μια νέα σημασία – διάσταση στις αποθέσεις του θεωρούμενου υστεροτεκτονικού, τις οποίες και συσχέτισε με τα άλλα γεωδυναμικά φαινόμενα και διαδικασίες στα υπόλοιπα τμήματα ενός ορογενετικού τόξου. Η ακτουαλιστική γεωδυναμική ανάλυση των ορογενετικών τόξων και η παλαιογεωδυναμική των ορογενετικών τόξων του αλπικού συστήματος εισήγαγε μία νέα αντίληψη και ορολογία που περιλαμβάνει (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ 1986a):

- i. ένα προορογενετικό ο οποίος είναι μακριά από την επίδραση του ορογενετικού τόξου τεκτονικά αποτελεί την προχώρα και ανήκει στην υποβυθιζόμενη πλάκα
- ii. ένα συνορογενετικό χώρο στον οποίο και διακρίνονται:
 - η τάφρος
 - το νησιωτικό τόξο
 - η οπισθοτάφρος
 - το ηφαιστειακό τόξο και
- iii. ένα μεταορογενετικό χώρο, που αποτελεί την οπισθοχώρα είναι έξω από την επίδραση του ορογενετικού τόξου αλλά ανήκει πλέον στην άλλη πλάκα, η οποία επωθείται

Η ερμηνεία της Μεσοελληνικής αύλακας σαν μιας οπισθοτάφρου, κατά το διάστημα Αν. Ολιγόκαινο – Μέσο Μειόκαινο του ορογενετικού τόξου των ελληνίδων έχει αναφερθεί στα πλαίσια γενικότερων συνθέσεων του ελληνικού τόξου (PAPANIKOLAOU & DERMITZAKIS 1981a, b, PAPANIKOLAOU 1984, 1986a).

Σχηματισμοί Παλαιο- οπισθοτάφρου

Οι ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ *et al.*, 1986 εντάσσουν τους σχηματισμούς της μόλασσας σε χώρο παλαιο-οπισθοτάφρου. Σύμφωνα μ' αυτούς η Μεσοελληνική αύλακα οριοθετείται ανάμεσα



Εικ. 5-3. Ρήγμα στους σχηματισμούς Πενταλόφου στην περιοχή της Ροδιάς.



Εικ. 5-4. Ρήγμα στους σχηματισμούς Πενταλόφου (περιοχή λίγο πριν το Πεντάλοφο).

στην οροσειρά της Πίνδου στα δυτικά και στα όρη της Δυτικής Μακεδονίας Άσκιο, Βούρινο, Καμβούνια, Αντιγάσια και Ζάρκο στα ανατολικά.

Το δυτικό περιθώριο της λεκάνης εμφανίζεται κατά μήκος δεκάδων χιλιομέτρων από την Καλαμπάκα έως τα Αλβανικά σύνορα και επανεμφανίζεται στην περιοχή Καναλίων – Μορφοβουνίου, δυτικά της Καρδίτσας και στην περιοχή Σμοκόβου ακόμη νοτιότερα. Αντίθετα το ανατολικό περιθώριο εμφανίζεται σε ικανοποιητικό βαθμό μόνο στην περιοχή βόρεια των Τρικάλων. Στο υπόλοιπο τμήμα, το ανατολικό περιθώριο είναι καλυμμένο από τεταρτογενείς κυρίως αποθέσεις, συχνά με παρουσία ρηξιγενών ζωνών.

Η δομή των ιζημάτων της λεκάνης παρουσιάζει ασυμμετρία με μονοκλινική ακολουθία των στρωμάτων προς τα ΒΑ, έτσι ώστε στο δυτικό περιθώριο να εμφανίζονται οι αρχαιότεροι σχηματισμοί εκτός τοπικών εξαιρέσεων π.χ. Κανάλια Καρδίτσας (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & ΣΙΔΕΡΗΣ, 1977), ενώ στο ανατολικό εμφανίζονται οι νεότεροι σχηματισμοί. Η συνολική αυτή δομή της λεκάνης δείχνει μία περιστροφή των ιζημάτων περί οριζόντιο άξονα με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ κατά μήκος της αύλακας με σχετική ανύψωση του δυτικού περιθωρίου και βύθιση του ανατολικού.

Η συσσώρευση των νεότερων και μεγαλύτερου πάχους ιζημάτων στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης και οι σποραδικά αποκαλυπτόμενες κάτω από τα πρόσφατα ιζήματα ρηξιγενείς επιφάνειες, προδικάζουν την ύπαρξη κατά μήκος του ανατολικού περιθωρίου μιας μεγάλης ρηξιγενούς ζώνης, η οποία πρέπει να έδρασε σαν συνιζηματογενής τεκτονισμός σε όλη τη διάρκεια της μολασσογένεσης στη λεκάνη, ενώ πιθανόν να συνεχίζεται ακόμα και σήμερα δεδομένου ότι συμπίπτει πάνω σ’ αυτή ο σημερινός ρους του Αλιάκμονα ποταμού.

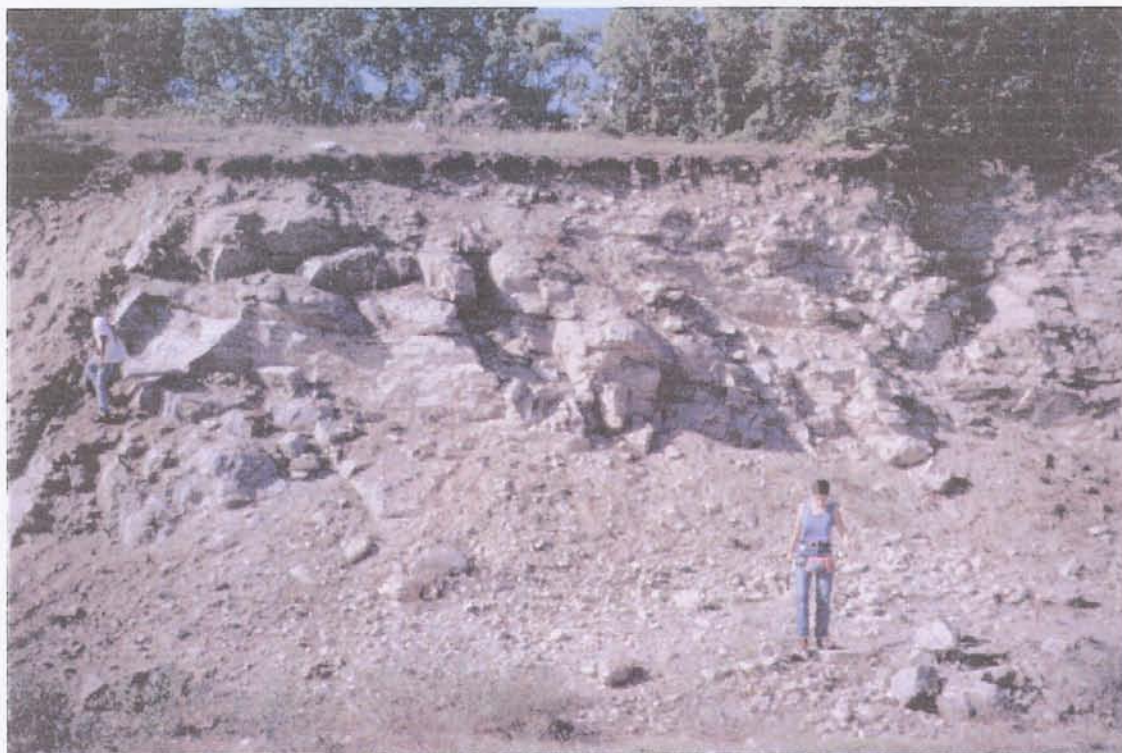
Η σταδιακή αυτή συνιζηματογενής βύθιση του ανατολικού τμήματος της λεκάνης μπορεί να εξηγήσει την επίσης σταδιακή ελάττωση της κλίσης μέχρι οριζοντίωσης των στρωμάτων των μολασσικών σχηματισμών από το δυτικό περιθώριο μέχρι το ανατολικό, στο βόρειο τμήμα της λεκάνης στην περιοχή νότια της Καστοριάς.

Σχηματισμοί Παλαιο-οπισθοχώρας

Στην περιοχή ανατολικά της Μεσοελληνικής αύλακας απαντούν οι σχηματισμοί της ενδιάμεσης τεκτονομεταμορφικής ζώνης (Πελαγονική *s.l.*) όπως γνευσιοσχιστόλιθοι της ενότητας Καστοριάς, μάρμαρα και σχιστόλιθοι Τριαδικοϊουρασικής ηλικίας της ενότητας Αλμωπίας, οφιόλιθοι του τεκτονικού καλύμματος της παλαιο-αλπικής ορογένεσης και μη μεταμορφωμένα ασβεστολιθικά και κλαστικά ιζήματα ανωκρητιδικής ηλικίας που καλύπτουν τα προηγούμενα ασύμφωνα (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ 1986α).

Μετα-ορογενετικοί σχηματισμοί

Οι μετα-ορογενετικοί σχηματισμοί της περιοχής αναπτύσσονται κυρίως στο νότιο τμήμα στην πεδιάδα της Θεσσαλίας, καθώς και στις μικρές λεκάνες Γρεβενών και Καρπερού, όπου απαντούν αδιατάρακτες οριζόντιες αποθέσεις του Πλειοτεταρτογενούς.



Εικ. 5-5. Ρήγμα στους αλπικούς σχηματισμούς που ανήκει στη ρηξιγενή ζώνη του Πραμορίτσα (ανατολικό περιθώριο, ΝΔ της Πανάρετης).



Εικ. 5-6. Λεπτομέρεια από την ίδια ρηξιγενή ζώνη που δείχνει οριζόντιες γραμμές προστριβής και αριστερόστροφη κίνηση.

Γεωδυναμική εξέλιξη

Σύμφωνα με τους ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ *et al.*, 1986, κατά μήκος του δυτικού περιθωρίου η μετάβαση από τον έντονο εφραπτομενικό τεκτονισμό στον τεκτονισμό βαρύτητας έχει γίνει σύμφωνα με τα ακόλουθα διαδοχικά στάδια:

- Δημιουργία μείγματος (melange) στο Ηώκαινο μεταξύ των οφιολίθων και του φλύσχη της Βόρειας Πίνδου.
- Δημιουργία άγριου φλύσχη στο Ανώτερο Ολιγόκαινο – Ακουϊτάνιο στο σύγκλινο Ηπείρου.
- Ολισθόλιθοι και έντονη μορφολογία παλαιοακτών στο δυτικό περιθώριο (Ορλιακας πριν το Ανώτερο Ολιγόκαινο.
- Τέλος της φλυσχικής ιζηματογένεσης στο χώρο των ενοτήτων Ιόνια – Γάβροβο και ελαχιστοποίηση των φαινομένων συνιζηματογενούς τεκτονισμού στο Ακουϊτάνιο, στο χώρο της αύλακας πριν το σχηματισμό Τσοτυλίου, ο οποίος στο νότιο τμήμα της είναι σύμφωνος πάνω στους υποκείμενους σχηματισμούς.

Το κλείσιμο της μολασσογένεσης στην αύλακα κατά το Ανώτερο Τορτόνιο έχει συνδυαστεί και αιτιολογηθεί (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & DERMITZAKIS 1981b) σαν το αποτέλεσμα της μεταπήδησης της ζώνης σύγκλισης των λιθοσφαιρικών πλακών πιο εξωτερικά στο χώρο περίπου της σημερινής Ελληνικής τάφρου. Η σημαντική αυτή αλλαγή συνοδεύτηκε από την αποκοπή του νότιου τμήματος των Ελληνίδων, το οποίο διαμόρφωσε από τότε το σημερινό ενεργό τμήμα του Ελληνικού τόξου, κατά τη ζώνη Μαλιακός – Παγασητικός κόλποι – Πρέβεζα – Λευκάδα σαν προέκταση του ρήγματος της Ανατολίας ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΡΟΣ ΤΑ δυτικά κίνησης της Μικράς Ασίας. Η γεωτεκτονική αυτή επαναδιευθέτηση ήταν επακόλουθο της σύγκρουσης της Αραβικής πλάκας με την Ευρασιατική ανατολικότερα κατά Μέσο Μειόκαινο.

Στα πλαίσια της γεωδυναμικής εξέλιξης της Μεσοελληνικής αύλακας κατά τη νεοτεκτονική περίοδο παρατηρείται μία κλιμακωτή κίνηση τριών μεγάλων ρηξιτεμαχών κατά μήκος της που οριοθετούνται από δύο μεγάλες εγκάρσιες ρηξιγενείς ζώνες. Η μία παρατηρείται ανάμεσα στα όρη Βούρινος και Καμβούνια και τονίζεται από τη σημερινή κοίτη του Αλιάκμονα ποταμού. Η ρηξιγενής αυτή ζώνη συνεχίζει βορειοανατολικά στην περιοχή των Σερβίων διαχωρίζοντας μεγάλα ρηξιτεμάχη με διαφορετική τεκτονική δομή και καταλήγει στην Πιερία βόρεια του Ολύμπου.

Η άλλη ρηξιγενής ζώνη τονίζεται από τη σημερινή κοίτη του Πηνειού ποταμού ανατολικά των Τρικάλων και συνεχίζει ως την κοιλάδα των Τεμπών που διαχωρίζει τον Όλυμπο από την Όσσα, οριοθετώντας ουσιαστικά προς βορρά την πεδιάδα της Θεσσαλίας. Και στις δύο περιπτώσεις τα ποτάμια ξεκινούν δυτικά από την ορεινή Πίνδο αποστραγγίζοντας τις περιοχές απορροής τους προς ΒΑ, στη συνέχεια κάμπτονται με διεύθυνση απορροής προς τα ΝΑ κατά μήκος της αύλακας και τέλος ακολουθούν εκ νέου την ΒΑ διεύθυνση απορροής κατά



Εικ. 5-7. Ρήγμα στους μολασσικούς σχηματισμούς του Τσοτολίου.



Εικ. 5-8. Ρήγμα στους μολασσικούς σχηματισμούς του Πενταλόφου (δυτικά από τα Κριθαράκια).

μήκος των δύο ρηξιγενών ζωνών που προαναφέρθηκαν. Η δομή δείχνει την ύπαρξη μεγάλων εγκάρσιων ως προς την διεύθυνση της αύλακας ρηξιτεμαχών που αποτελούν τεκτονικά δίπολα με ανύψωση των ΒΔ περιοχών και βύθιση των ΝΑ, όπως ακριβώς συμβαίνει και νοτιότερα στα τεκτονικά δίπολα Οίτης – Παρνασσού και Βόρειας Πελοποννήσου (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, 1976) αλλά και στην ενδιάμεση περιοχή το δίπολο της Όθρυος (ΡΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & DERMITZAKIS 1981).

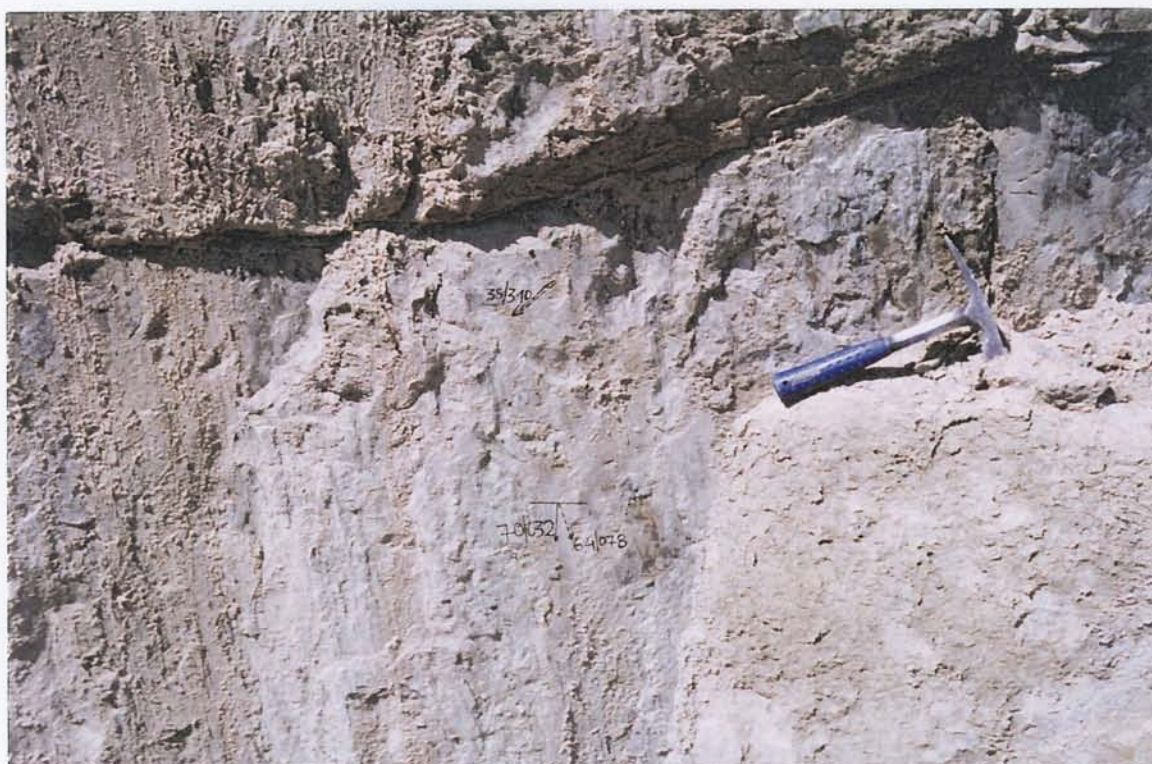
Το ενδιαφέρον είναι ότι η δομή αυτή των τεκτονικών διπόλων που περιστρέφονται γύρω από άξονες διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ και με φορά περιστροφής προς τα ΝΑ που παρατηρείται σε όλη την ηπειρωτική Ελλάδα φαίνεται ότι δεν αποτελεί αποκλειστικά νεοτεκτονική δομή του χρονικού διαστήματος Ανώτερο Μειόκαινο – Σήμερα, αλλά ότι προϋπήρχε τουλάχιστον από το Κατώτερο Μειόκαινο. Τούτο αποδεικνύεται από:

- i. Τη διαφορετική εξέλιξη του τμήματος της λεκάνης βόρεια των Γρεβενών, όπου οι μολассικοί σχηματισμοί είναι μεγάλου πάχους και δεν διαχωρίζονται από σημαντικές ασυμφωνίες.
- ii. Αντίθετα, το ενδιάμεσο τμήμα μεταξύ των Γρεβενών – Καλαμπάκας, όπου υπάρχει σημαντική ασυμφωνία ανάμεσα στο σχηματισμό Τσοτυλίου και των τριών υποκείμενων.
- iii. Στο νότιο τμήμα των περιοχών Τρίκαλα – Καρδίτσα – Δομοκός, όπου στις μοναδικές σημαντικές μολассικές εμφανίσεις στην περιοχή Καναλίων Καρδίτσας έχει παρατηρηθεί σημαντική ασυμφωνία του σχηματισμού Καναλίων (σχηματισμός Πενταλόφου), με τους υποκείμενους σχηματισμούς τους οποίους καλύπτει ολοκληρωτικά φθάνοντας με επίκλυση και απ' ευθείας πάνω στο αλπικό υπόβαθρο του δυτικού περιθωρίου της αύλακας.

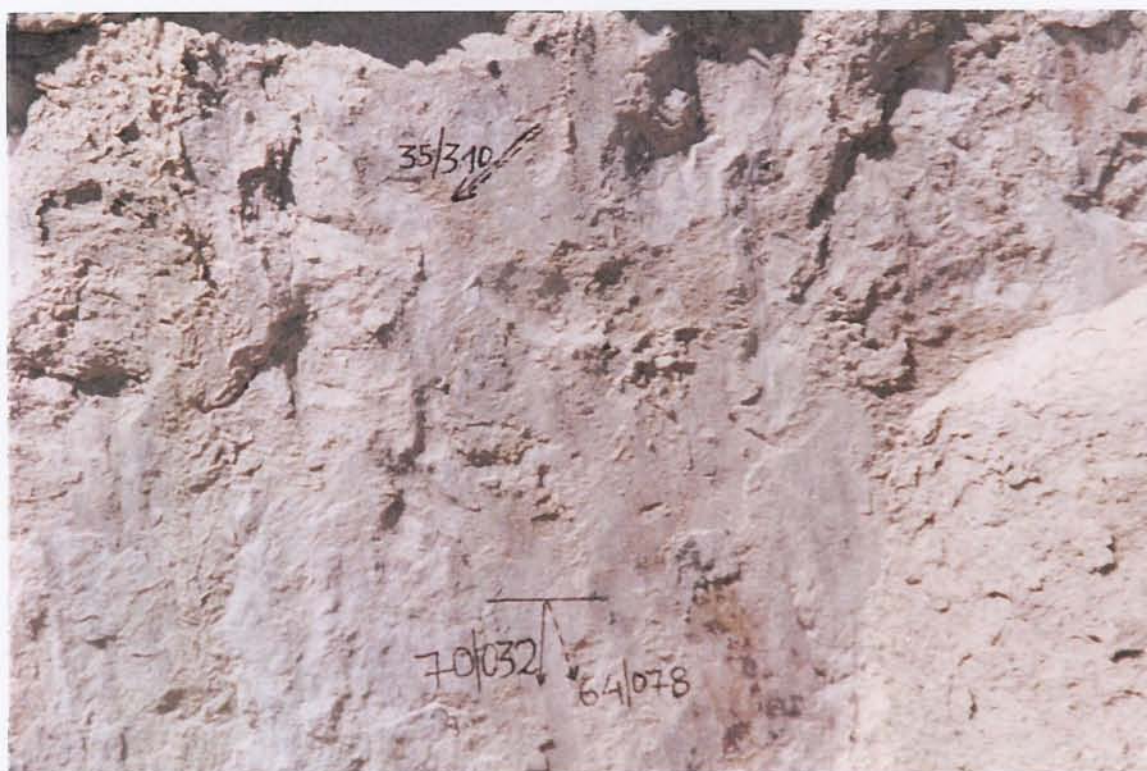
ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΜΑΚΡΟΔΟΜΕΣ

Στον ευρύτερο χώρο της περιοχής μελέτης μπορούν να διακριθούν 3 τεκτονικές μακροδομές, από τα δυτικά προς τα ανατολικά: (i) η οροσειρά της Πίνδου, (ii) η Μεσοελληνική αύλακα και (iii) τα όρη Άσκιο και Βούρινος. Η Μεσοελληνική αύλακα έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και έχει πληρωθεί με θαλάσσια ιζήματα από το Ανώτερο Ηώκαινο (Σχηματισμός Κραριάς) μέχρι το όριο Μέσου – Ανώτερου Μειόκαινου (Σχηματισμός Όντριας) (BRUNN 1956). Η δομή των ιζημάτων της λεκάνης παρουσιάζει ασυμμετρία με μονοκλινική ακολουθία στρωμάτων προς τα ΒΑ. Στη στενή περιοχή μελέτης απαντούν μόνο οι σχηματισμοί Πεντάλοφου (Ακουϊτάνιο) και Τσοτυλίου (Βουρδιγάλιο), οι οποίοι με τη σειρά τους καλύπτονται από χερσαίες ή λιμναίες αποθέσεις (κροκαλοπαγή, μάργες και ψαμμίτες) πλειο-πλειστοκαινικής ηλικίας.

Μέσα στην τεκτονική δομή της Μεσοελληνικής αύλακας υπάρχουν νεοτεκτονικές δομές μικρότερης τάξης. Στην περιοχή μελέτης μπορούν να διακριθούν βασικά δύο νεοτεκτονικές μακροδομές το ρηξιτέμαχος του Τσοτυλίου στα βόρεια και το ρηξιτέμαχος των Γρεβενών στα νότια που οριοθετούνται μεταξύ τους από τη ρηξιγενή ζώνη Πραμορίτσα.



Εικ. 5-9. Ρήγμα στους μολασσικούς σχηματισμούς.



Εικ. 5-10. Ρήγμα στους μολασσικούς σχηματισμούς.



Εικ. 5-11. Ρήγμα στους μολασσικούς σχηματισμούς.



Εικ. 5-12. Ρήγμα στους μολασσικούς σχηματισμούς.

Ρηξιτέμαχος Τσοτυλίου

Το ρηξιτέμαχος Τσοτυλίου οριοθετείται βόρεια και ανατολικά από την κοίτη του Αλιάκμονα ποταμού, νότια δε από τον ποταμό Πραμορίτσα και παρουσιάζει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- i. Αποτελείται από μία μονοκλινική ακολουθία στρωμάτων με σταθερή φορά κλίσης προς τα ΒΑ.
- ii. Στο ρηξιτέμαχος αυτό απαντούν οι νεότεροι μολασσικοί σχηματισμοί (σχηματισμοί Τσοτυλίου και Όντριας) της Μεσοελληνικής αύλακας.
- iii. Η κατεύθυνση των κύριων κλάδων του υδρογραφικού δικτύου είναι από τα ΝΔ προς τα ΒΑ.
- iv. Οι επιφάνειες επιπέδωσης κλίνουν προς τα ΒΑ δηλαδή είναι ομόρροπες των κλίσεων των στρωμάτων.
- v. Οι ρηξιγενείς ζώνες και τα ρήγματα που απαντούν έχουν διευθύνσεις ΒΑ-ΝΔ και ΒΔ-ΝΑ δηλαδή συμπίπτουν με τις διευθύνσεις των κύριων κλάδων του υδρογραφικού δικτύου.
- vi. Στο νότιο τμήμα κοντά στην κοίτη της Πραμορίτσας απαντούν πτυχωμένα στρώματα του σχηματισμού Πενταλόφου με άξονες πτυχών ΒΑ-ΝΔ ή ΒΔ-ΝΑ.

Ρηξιτέμαχος Γρεβενών

Το ρηξιτέμαχος Γρεβενών οριοθετείται βόρεια από τον ποταμό Πραμορίτσα, ανατολικά από την κοίτη του Αλιάκμονα ποταμού, δυτικά και νότια από τον Βενέτικο ποταμό (Εικ. 1,2), παρουσιάζει δε τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- i. Απαντά κυρίως ο σχηματισμός Πενταλόφου όχι όμως οι νεότεροι Τσοτυλίου και Όντριας.
- ii. Οι κλίσεις των στρωμάτων των μολασσικών σχηματισμών δεν είναι σταθερές. Τα στρώματα κλίνουν τόσο προς τα ΒΑ όσο και προς τα ΒΔ και ΝΔ.
- iii. Το υδρογραφικό δίκτυο δεν έχει συγκεκριμένη γεωμετρία. Για παράδειγμα στην περιοχή των Αμυγδαλιών παρουσιάζει ακτινωτή διάταξη.
- iv. Οι ρηξιγενείς ζώνες που απαντούν έχουν διευθύνσεις ΒΑ-ΝΔ και Α-Δ.
- v. Οι διευθύνσεις των ρηγμάτων είναι κυρίως Α-Δ και Β-Ν, και εμφανίζονται συχνά ζεύγη συζυγών ρηγμάτων με διευθύνσεις ΒΒΔ-ΝΝΑ και ΒΒΑ-ΝΝΔ
- vi. Στο βόρειο τμήμα κοντά στον Πραμορίτσα εμφανίζονται πτυχές στο σχηματισμό Πενταλόφου σε διάφορες κλίμακες με άξονες διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ κυρίως.
- vii. Οι επιφάνειες ισοπέδωσης δεν παρουσιάζουν συγκεκριμένη γεωμετρία ως προς την κατανομή τους ούτε συγκεκριμένη φορά κλίσης



Εικ. 5-13. Ρήγμα στους μολασσικούς σχηματισμούς.



Εικ. 5-14. Ρήγμα στους μολασσικούς σχηματισμούς.



Εικ. 5-15. Ρήγμα στους μολασσικούς σχηματισμούς.



Εικ. 5-16. Ρήγμα στους μολασσικούς σχηματισμούς.

Ρηξιγενείς Ζώνες

Στην περιοχή μελέτης απαντούν αρκετές ρηξιγενείς ζώνες κύριο χαρακτηριστικό των οποίων είναι η παρουσία σημαντικής οριζόντιας συνιστώσας. Η πιο σημαντική ρηξιγενής ζώνη όπως προαναφέρθηκε, είναι η ζώνη της Πραμορίτσας. Η ρηξιγενής ζώνη Πραμορίτσα έχει διεύθυνση Α-Δ και έχει διαμορφώσει την κοίτη του ομώνυμου ποταμού. Οι γραμμές προστριβής που παρατηρήθηκαν σε επιφάνειες ρηγμάτων της ρηξιγενούς ζώνης είναι οριζόντιες με αριστερόστροφη κίνηση. Επιφάνειες ρηγμάτων με γραμμές προστριβής εντοπίστηκαν τόσο στη μικρή εμφάνιση των ανωκρητιδικών ασβεστολίθων, όσο και στα κροκαλοπαγή του σχηματισμού Πεντάλοφου (Ακουϊτάνιο). Η συγκεκριμένη ρηξιγενής ζώνη έχει παίξει πολύ σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση αλλά και εξέλιξη του παλαιογεωγραφικού χώρου βόρεια της Πραμορίτσας όπου δέχτηκε τα θαλάσσια ιζήματα των σχηματισμών Τσοτυλίου και Όντριας, Βουρδιγάλιας και Τορτόνιας ηλικίας αντίστοιχα, πάχους 2.000 μέτρων. Δηλαδή παρουσιάζει και σημαντικό κατακόρυφο άλμα.

Όμοια χαρακτηριστικά και δομή παρουσιάζουν οι ρηξιγενείς ζώνες του Δαφνερού και Χρώμιου - Βάρης μερικά χιλιόμετρα ΝΑ της περιοχής μελέτης, οι οποίες έχουν δραστηριοποιηθεί κατά το Τεταρτογενές (FOUNTOULIS *et al.*, 1999), η δε τελευταία, και κατά τους σεισμούς του 1995.

Άλλες ρηξιγενείς ζώνες που παρατηρήθηκαν στη λεκάνη έχουν διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ είναι κατά το πλείστον πλάγιες με αριστερόστροφη οριζόντια συνιστώσα κίνησης και προκαλούν παραμόρφωση στη γεωμετρία τόσο του υδροκρίτη της λεκάνης, όσο και μετάθεση του κύριου κλάδου της Πραμορίτσας. Ρήγματα αυτών των ρηξιγενών ζωνών απαντούν κυρίως στις νότιες περιοχές του υδροκρίτη. Σε όσα από αυτά παρατηρήθηκαν γραμμές προστριβής αυτές είναι πλάγιες με σημαντική οριζόντια συνιστώσα.

Στο βόρειο τμήμα του χάρτη και με την ίδια διεύθυνση (ΒΑ-ΝΔ), απαντούν δύο επίσης ρηξιγενείς ζώνες, οι οποίες παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των μορφοτεκτονικών χαρακτηριστικών, με κυριότερη έκφραση την απότομη αλλαγή στη διεύθυνση των ποταμών. (Ζαμπουραντιώτικο ρέμα, και κλάδος του Αλιάκμονα, νοτιοδυτικά της Καστοριάς), καθώς και μια συστάδα άλλων, στη βορειοδυτική άκρη του χάρτη.

Σημαντικό ρόλο επίσης παίζουν και τα ρήγματα και οι ρηξιγενείς ζώνες με διεύθυνση Α-Δ, μια εκ των οποίων είναι και η προαναφερθείσα της Πραμορίτσας, η οποία πιθανότατα εκτείνεται και ακόμη δυτικότερα, έχοντας μάλλον μετατεθεί από ρηξιγενείς ζώνες λοξές ως προς αυτή. Δύο ακόμη ρηξιγενείς ζώνες της ίδιας διεύθυνσης εντοπίζονται, η μία πλησίον του νοτίου περιθωρίου του ρηξιτεμάχους των Γρεβενών και η οποία καθορίζει τη ροή του Μεγάλου Ρέματος, παραποτάμου του Γρεβενιώτικου. Μια δεύτερη εντοπίζεται βόρεια της Νεάπολης, στο ύψος του χωριού Διαλεκτό.

Συνολικά όσον αφορά τα ρήγματα και τις ρηξιγενείς ζώνες μπορούν να γίνουν οι ακόλουθες παρατηρήσεις:

1. Οι κύριες διευθύνσεις ρηγμάτων και ρηξιγενών ζωνών στην περιοχή είναι Α-Δ και ΒΑ-ΝΔ.
2. Η κοίτη της Πραμορίτσας ταυτίζεται με την ομώνυμη ρηξιγενή ζώνη διεύθυνσης Α-Δ.
3. Παράλληλα της κοίτης ρέουν κι άλλα ρέματα , όπως π.χ. ο Ξερόλακκος , το ρέμα Καλογήρου και ρέματα 1^{ης} και 2^{ης} τάξης βόρεια της κοίτης μεταξύ των περιοχών Τσοτυλίου και Τραπεζίτσας , τα οποία παρουσιάζουν τα ίδια χαρακτηριστικά.
4. Πολλά ρήγματα (στη δυτική περιοχή) συναντώνται στις περιοχές όπου η διεύθυνση των ρευμάτων αλλάζει από ΒΔ-ΝΑ σε ΒΑ-ΝΔ.
5. Οι κύριοι κλάδοι των ποταμών Βενέτικος και Γρεβενιώτικος ταυτίζονται με μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες διεύθυνσης ΑΒΑ-ΔΝΔ και οι οποίες χαρακτηρίζονται ως πιθανά ενεργές. Συνιστούν δε το νότιο περιθώριο του ρηξιτεμάχους των Γρεβενών.
6. Από το σεισμό του 1995, τα επίκεντρα εμφανίζονται στο χώρο που οριοθετείται από τα δύο ρέματα , της Πραμορίτσας και του Βενέτικου . Πιο συγκεκριμένα , κατά μήκος της κοιλάδας της Πραμορίτσας συσσωρεύεται σε γραμμική διάταξη μια πληθώρα επικέντρων ενώ βόρεια της κοίτης τα επίκεντρα σχεδόν εξαφανίζονται.
7. Η τελική διεύθυνση Β-Ν του ρέματος Ξερόλακκος οφείλεται στο ρήγμα ίδιας διεύθυνσης που παρατηρείται πάνω στην κάμψη του κύριου κλάδου.
8. Αρκετά μικρής κλίμακας ρήγματα συναντώνται επάνω στον υδροκρίτη, περιοχή βόρεια του Κουτσόραχου μέχρι και νότια του Λειψίου, καθώς και στο Δοτσικό. Συχνά αυτά συμπίπτουν με μεγάλες και απότομες υψομετρικές διαφορές.
9. Στο βόρειο τμήμα του φύλλου, νότια της λίμνης της Καστοριάς και στη ζώνη όπου η κοίτη του Αλιάκμονα αλλάζει απότομα ροή σε Α-Δ περίπου, εντοπίζεται μια ακόμα πιθανά ενεργή ρηξιγενής γραμμή, που αποτελεί και το βόρειο περιθώριο του ρηξιτεμάχους του Τσοτυλίου.

Από κινηματική άποψη οι ρηξιγενείς αυτές ζώνες φαίνεται να χαρακτηρίζονται και από τη συμμετοχή σημαντικής οριζόντιας κίνησης. Οι ασυμμετρίες των γεωμορφολογικών και τεκτονικών στοιχείων, σε συνδυασμό με την κατανομή των μολασσικών και νεογενών ιζημάτων, φανερώνουν ότι οι ζώνες αυτές χαρακτηρίζονται από μια αριστερόστροφη κίνηση με μετάθεση των περιθωρίων στο μεν βόρειο τμήμα προς τα δυτικά, στο δε νότιο προς τα ανατολικά (σχετική κίνηση).

Στην συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων, οι διευθύνσεις των κύριων κλάδων των ποταμών ταυτίζονται είτε με τις διευθύνσεις ρηξιγενών ζωνών και ρηγμάτων είτε με τις διευθύνσεις αξόνων πτυχών κυρίως μεγάλης ακτίνας καμπυλότητας

Εκτός από τις μεγάλες ρηξιγενείς αυτές ζώνες, από τη μελέτη και ανάλυση των ιδίων στοιχείων, εντοπίζεται και ένας αριθμός μικρότερων ζωνών, τοπικής σημασίας, που βρίσκονται στο εσωτερικό των ρηξιτεμαχών και παρουσιάζουν τα χαρακτηριστικά των πιθανά ενεργών.

Βιβλιογραφία

- AMBRASEYS, N. (1971).** Value of historical records of earthquakes, *Nature*, 232, 6.8.1971, 375-379.
- AMBRASEYS, N., & FINKEL, C. (1993).** Material for the investigation of the Seismicity of the Eastern Mediterranean region during the period 1690-1710, in M. Stucchi (ed.) *Materials of the CEC project. Review of historical Seismicity in Europe*, 1, 173-194, CNR, Milano.
- ΑΝΔΡΟΝΟΠΟΥΛΟΥ Β. & ΚΟΥΚΗΣ Γ., (1979).** Γεωλογική και γεωτεχνική μελέτη περιοχής στρατιωτικών εγκαταστάσεων Αργους Ορεστικού, *Γεωτεχνικές Ερευνες*, No. 9.
- BRUNN, J. (1956).** Contribution a l' etude Geologique du Pinde Septentrional et d' un partie de la Mecedonie Occidentale. *Ann. Geol. Pays Hell.*, VII, 1-158.
- BRUNN, J. (1960).** Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος σε κλίμακα 1:50.000, φύλλο «Πεντάλοφο», ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- CARYDIS, P., HOLEVAS, K., LEKKAS, E. & PAPADOPOULOS, TAX. (1995).** The Grevena (Central - North) Greece Earthquake Series of May 13, 1995. EERI, Special Report, June 1995, p. 1-4.
- CHRISTARAS, B., DIMITRIOU, A. & LEMONI, H. (1998).** Soil quality as a factor of the distribution of damages at the meizoseismal area of the Kozani-grevena 1995 earthquake in Greece. *J.O.G.*, 26, 2-4, 393-412.
- COMNINAKIS, P.E. & PAPAACHOS, B.C. (1986).** A catalogue of earthquakes in Greece and surrounding area for the period 1901-1985, *Publ. Geophys. Lab. Univ. Thessaloniki*, 1, 167 p.
- DESPRAIRIES, A. & VERGELY, P. (1976).** Le sillon mesohellenique et la zone pelagonienne. *Bull. de la Soc. Geol. De France*, 1977, 7, XIX/1, 28-34.
- ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ Δ., (1985).** Έκθεση υδρογεωλογικής αναγνώρισης Μεταλλικής πηγής Ζιάκα Γρεβενών. Εσωτερική έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε.
- DRAKATOS, G., PAPANASTASIOU, D., VOULGARIS, N. & STAVRAKAKIS, G. (1998).** Observations on 3-D crustal

- velocity structure in the Kozani-Grevena area. J.O.G., 26, 2-4, 341-352.
- DRAKOPOULOS, J. & DELIBASIS, N. (1982).** The focal mechanism of earthquakes in the major area of Greece for the period 1947-1981, Publ. Seismol. Lab., Univ. Athens, 2, 72 p.
- HATZFELD, D., and sixteen others (1996).** The Kozani – Grevena (Greece) earthquake of May 13, 1995, revisited from a detailed seismological study, Proc. Int. Meeting: On results, of the May 13, 1995 earthquake of West Macedonia: One year after, Abs., 70-71.
- HATZFELD, D. et al. (1998).** The Kozani-Grevena earthquake of May 13, 1995. A seismological study. J.O.G., 26, 2-4, 245-254.
- HUMMON, C., SCHNEIDER, G., YEATS, R., DOLAN, J., SIEH, K. & HUFTILE, G. (1994).** Wilshire fault: earthquakes in Hollywood?, Geology, 22, 291-294.
- ΚΟΥΚΗΣ Γ. & ΤΣΙΑΜΠΑΟΥ Γ., (1979).** Τεχνικογεωλογικές συνθήκες για την εγκατάσταση πυρηνοληκτρικών σταθμών στον ελληνικό χώρο, Μεταλλειολογικά Μεταλλουργικά Χρονικά, 41/42.
- ΛΕΚΚΑΣ, Ε., ΛΟΖΙΟΣ, Σ., ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ, Ι., ΑΔΑΜΟΠΟΥΛΟΥ, Α., ΚΡΑΝΗΣ, Χ., ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ, Δ. & ΤΣΙΠΟΥΡΑ-ΒΛΑΧΟΥ, Μ. (1995).** Διερεύνηση - Συσχέτιση Γεωδυναμικών κινδύνων - καταστροφών στις σεισμόπληκτες περιοχές Κοζάνης - Γρεβενών. Πρόταση για την ασφαλή ανοικοδόμηση. Εφαρμοσμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 134σελ.
- LEKKAS, E., KRANIS, Ch., FOUNTOULIS, I., LOZIOS, S., & ADAMOPOULOU, E. (1996).** Spatial Distribution of Damage Caused by the Grevena - Kozani Earthquake (W. Macedonia, Greece) of May 13, 1995. International meeting on results of the May 13, 1995 earthquake of West Macedonia: One year after. INQUA, p. 89-92, Kozani.
- LEKKAS, E., KRANIS, Ch., FOUNTOULIS, I., LOZIOS, S. & ADAMOPOULOU, E. (1996).** School buildings and antiseismic planning. The example of Grevena - Kozani earthquake (W. Macedonia, Greece) of May 13, 1995. International meeting on results of the May 13, 1995 earthquake of West Macedonia: One year after. INQUA, p. 85-88, Kozani.
- LEKKAS, E., FOUNTOULIS, I., LOZIOS, S., KRANIS, Ch. & ADAMOPOULOU, E. (1996).** Neotectonic implications of Grevena - Kozani earthquake (May 13, 1995, W. Macedonia, Greece). International meeting on results of the May 13, 1995 earthquake of West Macedonia: One year after. INQUA, p. 76-80, Kozani.
- LEKKAS, E., LOZIOS, S., FOUNTOULIS, I., KRANIS, H. & ADAMOPOULOU, E. (1996).** Urban Planning - Seismic Risk Reduction at Grevena - Kozani (Northern Greece). Applied Geoscience Conference of The Geological Society of London, Abstract, p. 8, Warwick, Birmingham.
- MAKARIS, D. & STAVRAKAKIS, G. (1996).** Rupture process and soil effects of the Kozani strong earthquake of May 13, 1995, Proc. Int. Meeting: On results, of the May 13, 1995 earthquake of West Macedonia: One year after, Abs., 96-98.

- ΜΑΚΡΟΠΟΥΛΟΣ, Κ., ΚΑΣΣΑΡΑΣ, Ι., ΤΖΑΝΙΣ, Α., ΖΙΑΖΙΑ, Μ., ΛΟΥΙΣ, J. & ΔΙΑΓΟΥΡΤΑΣ, D. (1996).** The 13 May 1995 M=6.6 Kozani-Grevena aftershock sequence: towards understanding its dynamics and rupture process, Proc. Int. Meeting: On results, of the May 13, 1995 earthquake of West Macedonia: One year after, Abs., 99-103.
- ΜΑΚΡΟΠΟΥΛΟΣ, Κ.Κ., ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ, J. & LATOUSSAKIS, J. (1989).** A revised and extended earthquake catalogue in Greece since 1900, Geophys. J. Int., 98, 391-394.
- ΜΟΥΝΤΡΑΚΙΣ, D., ΠΑΥΛΙΔΗΣ, S., ΖΟΥΡΟΣ, N., ΑΣΤΑΡΑΣ, TH. & CHATZIPETROS, A. (1998):** Seismic fault geometry and kinematics of the 13 May 1995 W. Macedonia earthquake. J.O.G., 26, 2-4, 175-196.
- ΜΑΝΑΚΟΣ Α., (1994).** Υδρογεωλογική έρευνα οφιολίθων Βούρινου όρους. Εσωτερική έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΝΙΚΟΛΑΟΥ Ν. & ΑΓΓΕΛΙΔΗΣ Χ., (1986).** Έκθεση γεωτεχνικής αναγνώρισης των συνθηκών θεμελίωσης στο Δήμο Γρεβενών. Εσωτερική έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΝΙΚΟΛΑΟΥ Ν., (1987).** Έκθεση γεωτεχνικής εξέτασης στις προτεινόμενες θέσεις ανέγερσης του νέου νεκροταφείου Γρεβενών. Εσωτερική έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΟΡΦΑΝΟΣ Γ., (1967).** Επί των σημειωθείσων κατολισθήσεων εις τας κοινότητας Καστανιά Σερβίων και Κηπουρείο Γρεβενών. Εσωτερική έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΠΑΝΑΓΙΩΤΙΔΗΣ Γ., (1963).** Έκθεση αναγνώρισεως κατολισθήσεων κοινότητας Ζούγουλης Ν. Καστοριάς. Εσωτερική έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΠΑΝΑΓΙΩΤΙΔΗΣ Γ., (1963).** Έκθεση γεωτεχνικής αναγνώρισεως κατολισθήσεων κοινότητας Πευκόφυτου - νομού Καστοριάς. Εσωτερική έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ, D., ΔΡΑΚΑΤΟΣ, G., VOULGARIS, N., & STAVRAKAKIS, G. (1998).** The May 13, 1995, Kozani-Grevena earthquake: source study and its tectonic implication. J.O.G., 26, 2-4, 233-244.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Α. (1986).** Γεωλογία Ελλάδας. 240 σελ. Αθήνα .
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Α. & ΣΙΔΕΡΗΣ, Χ. (1977).** Συμβολή ει την γνώσιν της μολάσσης του ελλαδικού χώρου. Ann. Geol. Pays Hell., XXVIII, 387-417.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Α., ΛΕΚΚΑΣ, Ε., ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η. & ΜΠΡΚΟΥ, Ρ. (1988).** Συμβολή στη γεωδυναμική εξέλιξη της Μεσοελληνικής αύλακας. Δελ. Ελλ. Γεωλ. Ετ., XX, 17-36.
- ΠΑΠΑΖΑΧΟΣ, Β. & ΠΑΠΑΖΑΧΟΥ, Κ. (1989).** Οι σεισμοί της Ελλάδας, Εκδ. Ζήτη, 356σελ., Θεσσαλονίκη.
- ΠΑΠΑΖΑΧΟΣ, Β, ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ, Α., ΣΚΟΡΔΥΛΗΣ, Ε., ΚΑΡΑΚΑΪΣΗΣ, Γ., ΠΑΠΑΙΩΑΝΝΟΥ, Ζ., ΚΑΡΑΚΩΣΤΑΣ, Β., ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΙΟΥ, Ε., ΚΥΡΑΤΖΗ, Α., ΧΑΤΖΗΔΗΜΗΤΡΙΟΥ, Π., ΛΕΒΕΝΤΑΚΗΣ, Γ., ΒΟΪΔΟΜΑΤΗΣ, Φ., ΠΕΦΤΙΤΣΕΛΗΣ, Κ. & ΤΣΑΠΑΝΟΣ, Θ. (1995).** Η Φυσική διαδικασία γένεσης του κύριου σεισμού της Κοζάνης-Γρεβενών της 13ης Μαΐου 1995 (Ms=6.6) και της σεισμικής ακολουθίας του, Α.Π.Θ.-Εργ. Γεωφυσικής, 4, 15 σ.

- PAVLIDES, S.B., ZOUIROS, N.C., CHATZIPETROS, A.A., KOSTOPOULOS D.S & MOUNTRAKIS, D.M. (1995).** The 13 May 1995 western Macedonia (Kozani Grevena) earthquake; preliminary results, *Terra Nova*, 7, 544-549.
- SAVOYAT, E., VERDIER, A., ΜΟΝΟΠΩΛΗΣ, Δ. (1971).** Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος σε κλίμακα 1:50.000, φύλλο «Άργος Ορεστικό», ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- SAVOYAT, E., ΜΟΝΟΠΩΛΗΣ, Δ. (1971).** Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος σε κλίμακα 1:50.000, φύλλο «Νεστόριο», ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- SAVOYAT, E., ΜΟΝΟΠΩΛΗΣ, Δ. (1972).** Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος σε κλίμακα 1:50.000, φύλλο «Γρεβενά», ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- ΣΤΑΜΑΤΗΣ Α., (1995).** Έκθεση για το σεισμό της 13 Μαΐου 1995 στην περιοχή Κοζάνης και Γρεβενών και οι παρατηρήσεις με βάση τις γεωλογικές συνθήκες της περιοχής. Εσωτερική έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε.
- STAVRAKAKIS G., VOULGARIS, N., PAPANASTASSIOU D. & DRAKATOS, G. (1996).** Evolution and fault plane solutions in the Kozani-Grevena region after the earthquake of May 13, 1995, *Proc. Int. Meeting: On results, of the May 13, 1995 earthquake of West Macedonia: One year after*, Abs., 165-168.
- TZITZIPAS A., (1983).** Γεωτεχνική αναγνώριση στην περιοχή Δέκατης (θέση κατασκευής υδατοδεξαμενής υδρεύσεως). Εσωτερική έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε.
- U.S.G.S/NATIONAL EARTHQUAKE INFORMATION CENTER (1994).** Global hypocenter data base, v.3.0.
- ΧΑΝΤΖΗΝΑΚΟΣ Ι., (1987).** Έκθεση γεωτεχνικής εξέτασης συνθηκών ευστάθειας πρανών στην κοινότητα Επταχωρίου Καστοριάς. Εσωτερική έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΧΑΤΖΗΝΑΚΟΣ Ι. & ΠΟΓΙΑΤΖΗ Ε., (1987).** Γεωτεχνική εξέταση στη κοινότητα Δασοχωρίου του νομού Γρεβενών. Εσωτερική έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΧΑΤΖΗΝΑΚΟΣ Ι., (1989).** Έκθεση εξέτασης των συνθηκών ευστάθειας πρανών στη κοινότητα Επταχωρίου του νομού Καστοριάς. Εσωτερική έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε.



**ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ
(Κλίμακα 1:100.000)**

**NEOTECTONIC MAP
OF GREECE
(Scale 1:100.000)**

ΤΕΥΧΟΣ ΠΕΡΙΛΗΨΕΩΝ

ENGLISH ABRIDGED VERSION

Φύλλο
ΓΡΕΒΕΝΑ
GREVENA
Sheet

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Περιοχή Έρευνας - Γεωτεκτονική Τοποθέτηση

Η περιοχή που μελετήθηκε αντιστοιχεί στο χώρο που καταλαμβάνει το τοπογραφικό φύλλο της Γ.Υ.Σ. “ΓΡΕΒΕΝΑ” σε κλίμακα 1:100.000, περιλαμβάνει τμήμα του Νομού Γρεβενών και του Νομού Καστοριάς και οριοθετείται ανατολικά περίπου από την πόλη των Γρεβενών, δυτικά από το Επταχώριο, βόρεια από το νότιο περιθώριο της λίμνης της Καστοριάς και νότια από το Σπήλαιο και την κορυφή του Όρλιακα. Η εκπόνηση του Νεοτεκτονικού Χάρτη έγινε σε κλίμακα 1:50.000 ενώ η παρουσίαση σε κλίμακα 1:100.000, όπως και οι υπόλοιποι Νεοτεκτονικοί Χάρτες οι οποίοι έχουν παρουσιασθεί για τον ελληνικό χώρο.

Από γεωτεκτονική άποψη η περιοχή τοποθετείται στο κεντρικό τμήμα της μολασσικής λεκάνης της Μεσοελληνικής Αύλακας, χώρος που με βάση την σημερινή δομή του ελληνικού τόξου ανήκει στην οπισθοχώρα. Εκτός από τα μολασσικά ιζήματα περιλαμβάνει και σχηματισμούς του αλπικού υποβάθρου που καθορίζουν τόσο το ΒΑ (ενότητες Αλμωπίας και Καστοριάς) όσο και το ΝΔ (ενότητα Πίνδου) περιθώριο της λεκάνης.

Στη γεωλογική δομή της περιοχής μελέτης συμμετέχουν κατά κύριο λόγο τα μολασσικά ιζήματα της Μεσοελληνικής Αύλακας καθώς και νεότερης ηλικίας πλειοτεταρτογενείς μεταλικοί σχηματισμοί. Σε μικρότερο ποσοστό, στο ΒΑ και ΝΔ περιθώριο του φύλλου, εμφανίζονται σχηματισμοί του αλπικού (ή και προαλπικού) υποβάθρου που αντιπροσωπεύονται τόσο από μεταμορφωμένα όσο και μη μεταμορφωμένα πετρώματα.

Γεωλογία - Στρωματογραφία

Πλειοτεταρτογενείς Μεταλικοί Σχηματισμοί

Εντοπίζονται αποκλειστικά κατά μήκος του δυτικού και βόρειου περιθωρίου του φύλλου ακολουθώντας σε διάταξη τον Αλιάκμονα Ποταμό και τους μεγαλύτερους παραποτάμους του. Αντιπροσωπεύονται κυρίως από αλλουβιακές αποθέσεις, πλευρικά κορήματα και κώνους κορημάτων, χερσαίες αναβαθμίδες και λιμναίες αποθέσεις.

Αλλουβιακές αποθέσεις

Αναπτύσσονται κυρίως στο δυτικό και βόρειο τμήμα του φύλλου κατά μήκος της κοίτης του Αλιάκμονα ποταμού και των μεγαλύτερων παραποτάμων. Άλλη μια σημαντική έκταση που καλύπτεται από αντίστοιχες αποθέσεις αποτελεί και το πεδινό τμήμα που αναπτύσσεται ΝΝΑ από τη λίμνη της Καστοριάς μέχρι τους ορεινούς όγκους του υποβάθρου στο ΒΑ τμήμα του φύλλου

Σύγχρονα και παλαιά πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων

Παρουσιάζουν σχετικά μικρή ανάπτυξη και εντοπίζονται σε συγκεκριμένες μόνο θέσεις, στο ορεινό κυρίως τμήμα του χάρτη και στις περιοχές με έντονο ανάγλυφο που δομούνται σχεδόν αποκλειστικά από αλπικά ή προαλπικά πετρώματα.

Αποθέσεις παγετώνων

Εμφανίζονται σε περιορισμένες θέσεις στην ορεινή περιοχή του ΝΔ τμήματος του φύλλου και αντιπροσωπεύουν σήμερα μεμονωμένες εμφανίσεις με μεγαλύτερη αυτή που αναπτύσσεται στα ανάντη της κοινότητας της Σμίξης. Συνίστανται από κροκαλολατύπες διαμέτρου από 510 εκατοστά μέχρι και 0,5 μέτρα που αποτελούνται σχεδόν αποκλειστικά από οφιολιθικά υλικά και σπανιότερα ανθρακικά.

Παλαιές χερσαίες αποθέσεις

Εντοπίζονται σχεδόν αποκλειστικά στο βόρειο τμήμα του φύλλου και αναπτύσσονται κυρίως κατά μήκος του ποταμού Αλιάκμονα αλλά και των παραποτάμων του. Εμφανίζονται με τη μορφή αναβαθμίδων που την κύρια ανάπτυξή τους παρουσιάζουν στο εσωτερικό των μαιάνδρων των ποταμών.

Σχηματισμός Κιβωτού

Αποτελείται κύρια από χαλαρούς ψαμίτες και πολύμεικτα κροκαλοπαγή με κροκάλες μικρού μεγέθους, ερυθρές και υποπράσινες αργίλους και άμμους. Οι αποθέσεις αυτές καταλαμβάνουν μεγάλες εκτάσεις στο ανατολικό τμήμα του χάρτη σε μία ζώνη με γενική διεύθυνση ΒΝ. Αντιπροσωπεύουν αποκλειστικά χερσαίες και λιμναίες φάσεις αν και ο ELTGEN (1986) αναφέρει ότι τμήμα αυτών των αποθέσεων στο χωριό Κλήμα και στη ευρύτερη περιοχή της κωμόπολης της Νεάπολης είναι θαλάσσιες φάσεις και ανωπλειοκαινικής ηλικίας. Επικάθηνται ασύμφωνα συνήθως πάνω στους μολασσικούς σχηματισμούς του Τσοτυλίου και του Πενταλόφου αλλά και πάνω στους αλπικούς ή προαλπικούς σχηματισμούς του υποβάθρου. Το πάχος τους μεταβάλλεται από θέση σε θέση ενώ κατά μήκος της Πραμορίτσας και του Γρεβενιώτικου (όπου και η κύρια εμφάνιση του σχηματισμού) υπολογίζεται να είναι της τάξης των 100 μέτρων.

Μολασσικοί Σχηματισμοί

Η μολασσική λεκάνη της Μεσοελληνικής αύλακας συνιστά ένα στενό και επίμηκες βύθισμα που εκτείνεται σε ένα μήκος μεγαλύτερο από 130 χιλιόμετρα από την Αλβανία μέχρι τη Θεσσαλική πεδιάδα (BOURCART 1922), απ’ όπου και προεκτείνεται προς τα ΝΔ μέχρι την ενότητα Παρνασσού-Γκιώνας (ΜΠΟΡΝΟΒΑΣ 1960) και προς τα ΝΑ μέχρι την Όθρυ (ΜΑΡΙΝΟΣ 1960). Σύμφωνα με τις παλαιότερες απόψεις είχε θεωρηθεί ως μία εσωτερική λεκάνη των ελληνίδων που ακολούθησε παθητικά το τέλος του αλπικού κύκλου με τον ειδικότερο χαρακτηρισμό του υστεροτεκτονικού σταδίου (AUBOUIN 1959, 1974)

Τα νεώτερα όμως δεδομένα με βάση τη θεωρία των τεκτονικών πλακών (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν. 1988), μας αποκαλύπτουν ότι για το διάστημα από το Ολιγόκαινο μέχρι το Κατώτερο Μειόκαινο αυτή λειτούργησε σαν μια οπισθοτάφρος πίσω από το τότε νησιωτικό τόξο, που περιελάμβανε την Πίνδο, την ενότητα Δυτικής Θεσσαλίας και το κάλυμμα των οφιολίθων της Βόρειας Πίνδου, ενώ κατά την ίδια περίοδο λειτουργούσε δυτικότερα η τάφρος με φλυσχογένεση στο χώρο της Ιόνιας και του Γαβρόβου στο σύγκλινο Ηπείρου-Ακαρνανίας.

Η περιοχή του φύλλου ανήκει στο κεντρικό και βόρειο τμήμα της Μεσοελληνικής αύλακας και περιλαμβάνει το σύνολο των σχηματισμών που διέκρινε ο BRUNN (1956), εκτός από τον σχηματισμό Κρανιάς. Η ίδια διάκριση έχει διατηρηθεί και στις περιγραφές που θα ακολουθήσουν, αφού ούτως ή

άλλως γίνεται αποδεκτή μέχρι σήμερα από το σύνολο των ερευνητών, με τη διαφορά ότι έχει προστεθεί στη βάση της ακολουθίας ο τεκτονοϊζηματογενής σχηματισμός με ολισθολίθους- ρηξιτεμάχη που εμφανίζεται στο ΝΔ τμήμα του φύλλου στην περιοχή του Όρλιακα (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν. 1988), ούτως ώστε να τονισθεί ο ιδιαίτερος γεωδυναμικός χαρακτήρας που προσδίνει στην εξέλιξη του δυτικού περιθωρίου.

Η γενική διάταξη των μολασσικών σχηματισμών στην περιοχή του φύλλου, σε ότι αφορά τη γεωμετρία των ορίων και την εμφάνιση των σχηματισμών στο χάρτη, παρουσιάζεται σχετικά απλή αφού αναπτύσσονται σε μια γενική διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ (με τους παλαιότερους σχηματισμούς να εμφανίζονται κατά μήκος του δυτικού περιθωρίου και τους νεώτερους όσο μεταβαίνουμε προς το ανατολικό) παρουσιάζοντας γενική κλίση των στρωμάτων, εκτός ελαχίστων εξαιρέσεων, προς τα ΒΑ. Εν τούτοις όμως εντοπίζονται σημαντικές διαφοροποιήσεις, όπως θα περιγραφεί στη συνέχεια, ανάμεσα στο βόρειο και το νότιο τμήμα της περιοχής, όπως αυτό χωρίζεται από τον ποταμό Πραμορίτσα που με διεύθυνση Α-Δ συμβάλλει στον Αλιάκμονα ποταμό στο σημείο της αλλαγής της διεύθυνσής του από ΒΒΔ-ΝΝΑ σε Α-Δ, παράλληλα δηλαδή με τη σημαντική ρηξιγενή ζώνη (όριο των επί μέρους υπολεκανών) που αναφέρθηκε στα προηγούμενα.

Για την περιοχή μελέτης διακρίθηκαν οι ακόλουθοι μολασικοί σχηματισμοί, από τους νεώτερους προς τους αρχαιότερους:

Σχηματισμός Όντρια

Τα κορυφαία αυτά μολασσικά στρώματα αποτελούν αποθέσεις ρηχών νερών και έχουν παραμείνει περίπου οριζόντια σε υπολειμματικές εμφανίσεις λόγω της διάβρωσης που ακολούθησε από το Ανώτερο Μειόκαινο μέχρι σήμερα. Τούτο δείχνει ότι το τέλος της ιζηματογένεσης της μόλασσας προήλθε από μία σχετικά σύντομη τεκτονική ανύψωση του χώρου της Μεσοελληνικής αύλακας με απόσυρση της θάλασσας στο Τορτόνιο χωρίς την πλήρωση της λεκάνης με κλαστικό υλικό. Οι κυριότερες λιθολογικές φάσεις για τους διάφορους σχηματισμούς της ακολουθίας, από τους νεώτερους προς τους παλαιότερους είναι οι ακόλουθες:

- *Σχηματισμοί Όρλια:* Ψαμμιτικές μάργες, χαλαροί ψαμμίτες, βιοκλαστικοί ασβεστόλιθοι και ψαμμίτες με άφθονα *Ostrea*, μαλάκια, εχινόδερμα, φύκη και τρηματοφόρα. Τα νεώτερα ιζήματα της οροφής του σχηματισμού δίνουν μια ηλικία Τορτόνιο. Παρουσιάζουν συνολικό πάχος γύρω στα 90 μέτρα.
- *Σχηματισμοί Ζευσοστασίου:* Ιλυομιγείς, συνεκτικές κυανές μάργες, κροκαλοπαγή, άμμοι και ψαμμίτες με πανίδα Βουρδιγάλιου. Πάχος περίπου 180 μέτρα.
- *Σχηματισμοί Ομορφοκκλησιάς:* Ψαμμίτες με ενστρώσεις μικροκροκαλοπαγών, ιλυομιγείς μάργες ή εναλλαγές των ανωτέρω που περιέχουν *Pectinidae*, φυτικά λείψανα, τρηματοφόρα, ελασματοβράγχια και φύκη. Πάχος μερικές εκατοντάδες μέτρα.
- *Σχηματισμοί Χ:* Ασβεστιτικοί ψαμμίτες, κατά τόπους, υφαλογενείς ασβεστόλιθοι και ιλυομιγείς ψαμμιτικές μάργες που χαρακτηρίζονται από έντονες αποσφηνώσεις και πλευρικές καταβάσεις. Περιέχουν ελασματοβράγχια, γαστερόποδα, εχινόδερμα, βρυόζωα, φύκη, τρηματοφόρα και μαλάκια που δίνουν ηλικία Βουρδιγάλιο. Το πάχος μεταβάλλεται έντονα από μερικά μέτρα μέχρι περισσότερο από 450 μέτρα.

Σχηματισμός Τσοτυλίου

Ο σχηματισμός Τσοτυλίου αναπτύσσεται στο κεντρικό και ΒΔ τμήμα της περιοχής του φύλλου σε μία ζώνη που ξεκινάει από τη γραμμή Νεάπολη-Τσοτύλιο στα ανατολικά και προεκτείνεται προς τα ΒΔ μέχρι το Νεστόριο και το Καλοχώρι, έχοντας σαν ΒΑ όριο τον ποταμό Αλιάκμονα. Προς τα ανατολικά καλύπτεται ασύμφωνα από τις χερσαίες και λιμναίες πλειοτεταρτογενείς αποθέσεις, που αναπτύσσονται στη συμβολή του Αλιάκμονα με τον παραπόταμό της Πραμορίτσας, με αποτέλεσμα στο χώρο αυτό να εντοπίζονται μόνο μικρής κλίμακας υπολειμματικές εμφανίσεις του σχηματισμού, εκεί όπου η διάβρωση έχει απομακρύνει τα υπερκείμενα ιζήματα. Το συνολικό πάχος του σχηματισμού μεταβάλλεται από 500 μέχρι 2.000 μέτρα και οι γενικές κλίσεις των στρωμάτων παραμένουν συνήθως

μικρές ή οριζόντιες αφού τις περισσότερες φορές δεν υπερβαίνουν τις 5^0 - 10^0 ενώ σπάνια φθάνουν τις 30^0 . Κοντά στην επαφή με το σχηματισμό Πενταλόφου και ιδίως προς το ΒΔ τμήμα αυτής, παρουσιάζουν μια συστηματική φορά βύθισης προς τα ΒΑ. Αντίθετα στο υπόλοιπο τμήμα κλίνουν προς διάφορες διευθύνσεις που σε γενικές γραμμές μεταβάλλονται έτσι ώστε να κλίνουν προς το εσωτερικό της λεκάνης όπως μεταβαίνουμε από το δυτικό στο ανατολικό περιθώριο. Με βάση τις φάσεις και τις σχέσεις των ιζημάτων που χρονικά καλύπτουν το διάστημα Α. Ακουϊτάνιο Βουρδιγάλιο, διακρίνονται τρεις τομείς (Δυτικός, Αξονικός και Ανατολικός, SAVOYAT και συν. 1971α,β, 1972).

Σχηματισμός Πενταλόφου

Καταλαμβάνει ένα σημαντικό τμήμα από την περιοχή μελέτης και αναπτύσσεται σε μία ζώνη με αρχική ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνση και σχετικά μικρό πλάτος εμφάνισης στο ΒΔ τμήμα του φύλλου που μεταβάλλεται σε ΒΔ-ΝΑ έως Α-Δ στο ΝΑ με ταυτόχρονη σημαντική αύξηση του πλάτους εμφάνισης. Η μεταβολή αυτή (μαζί με άλλες σημαντικές διαφοροποιήσεις που θα περιγραφούν στη συνέχεια όπως γεωμετρία στρωμάτων και ασυμφωνιών, λιθολογικές φάσεις, μορφοτεκτονικά χαρακτηριστικά, κλπ.) γίνεται στο σημείο αλλαγής της διεύθυνσης του Αλιάκμονα κατά μήκος του ποταμού Πραμορίτσα, επιβεβαιώνοντας εμμέσως την ύπαρξη μιας σημαντικής ρηξιγενούς ζώνης και χωρίζει τη Μεσοελληνική αύλακα σε επί μέρους λεκάνες.

Μέσα στο σχηματισμό Πενταλόφου, που παρουσιάζει ηλικία Σάττιο-Ακουϊτάνιο, μπορούν να διακριθούν αρκετές επί μέρους ακολουθίες με διαφορετικά χαρακτηριστικά η κάθε μία που βρίσκονται συνήθως σε σχέση πλευρικής ή κατακόρυφης μετάβασης ή σπανιότερα χωρίζονται με μικροασυμφωνίες (BRUNN 1956, SAVOYAT και συν. 1971α,β, 1972). Τα πάχη και οι φάσεις διαφοροποιούνται σημαντικά κατά μήκος της αύλακας αφού από τα περίπου 300 μέτρων πάχους αδρομερή συμπαγή κροκαλοπαγή των Μετεώρων στα νότια περνάμε στα κροκαλοπαγή και τους ψαμμίτες του Βενέτικου στο κέντρο απόθεσης του σχηματισμού στην περιοχή των Γρεβενών με πάχη πάνω από 2.000 μέτρα και τέλος στις εναλλαγές μαργών, ψαμμιτών και κροκαλοπαγών που χαρακτηρίζουν τις φάσεις βορειότερα στο ύψος του Επταχωρίου.

Σχηματισμός Επταχωρίου

Αναπτύσσεται παράλληλα στο αλπικό περιθώριο στο ΝΔ τμήμα του χάρτη σε μία ζώνη με γενική διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, από τον Όρλιακα μέχρι το Επταχώρι, παρουσιάζοντας πλάτος εμφάνισης γύρω στα 2-3 χιλιόμετρα. Οι κλίσεις των στρωμάτων συνήθως δεν υπερβαίνουν τις 10^0 - 15^0 προς τα ΒΑ με εξαίρεση όταν πλησιάζουμε τα περιθώρια οπότε μπορεί να λαμβάνουν πολύ μεγάλες τιμές (50^0 - 60^0 ή και περισσότερο). Επικάθεται ασύμφωνα πάνω στο αλπικό υπόβαθρο και κυρίως πάνω στο σύμπλεγμα των οφιολίθων της βόρειας Πίνδου. Νοτιότερα, εκτός της περιοχής του φύλλου ο ίδιος σχηματισμός καλύπτει με μικρή γωνιώδη ασυμφωνία το σχηματισμό της Κρανιάς. Οι περισσότεροι ερευνητές, βασισμένοι στα απολιθώματα που απαντώνται στον ορίζοντα αυτό της βάσης, αποδέχονται το Στάμπιο (Κατ. Ολιγόκαινο) σαν ηλικία για την επίκλυση. Σημειώνεται όμως ότι νότια από την περιοχή της Κρανιάς οι GEORGIADES-DIKEOULIA et al (1977) με βάση πανίδα από κοράλλια δίνουν μια ηλικία Μέσο Μειόκαινο για τη βάση των κροκαλοπαγών.

Τόσο το πάχος όσο και οι λιθολογικές φάσεις μεταβάλλονται κατά μήκος της εμφάνισης της ακολουθίας, τόσο μέσα στα όρια της περιοχής του φύλλου όσο και γενικότερα για το σύνολο της Μεσοελληνικής αύλακας. Έτσι λοιπόν από τα 1.500 περίπου μέτρα από ψαμμίτες και κροκαλοπαγή στο νότιο τμήμα της αύλακας ανατολικά από την Κρανιά, περνάμε σταδιακά με πλευρική μετάβαση στα 1.000 περίπου μέτρα από μάργες που εμφανίζονται βορειότερα στην περιοχή της κοινότητας του Επταχωρίου.

Τεκτονοϊζηματογενής σχηματισμός βάσης με ρηξιτεμάχη-ολισθολίθους

Εμφανίζεται τόσο στο νότιο τμήμα της αύλακας, στην περιοχή των κοινοτήτων Κακοπλεύρι και Μοναχίτι στο νότιο περιθώριο του παλαιοκόλπου της Κρανιάς, όσο και βορειότερα μέχρι την περιοχή του

Όρλιακα. Το πάχος του σχηματισμού ποικίλλει από θέση σε θέση αλλά συνολικά περιλαμβάνει μία ζώνη με πλάτος εμφάνισης περίπου 2 χιλιόμετρα με γενική κλίση $10^{\circ}40'$ προς τα ΒΑ και με έντονη ρηγμάτωση.

Οι εμφανίσεις των ασβεστολίθων του Όρλιακα, με την ιδιόμορφη φάση σακχαρωδών συμπαγών έως παχυστρωματωδών ροδόχρωμων ασβεστολίθων, δεν αποτελούν υπόβαθρο των μολασσικών ιζημάτων αλλά ένα σύνολο τεκτονικών ρηξιτεμαχών που με τη μορφή μεγάλου μεγέθους ολισθολίθων, παρεμβάλλονται, μαζί με άλλα μικρότερα ανθρακικά ή οφιολιθικά τεμάχια-ολισθολίθους, ανάμεσα σε ένα μολασσικό σχηματισμό από λατυποκροκαλοπαγή που αναπτύσσεται κάτω από το σχηματισμό Επταχωρίου.

Η ηλικία των ασβεστολίθων των ρηξιτεμαχών-ολισθολίθων στην περιοχή του Όρλιακα διαπιστώθηκε με την παρουσία Ρουδιστών και *Orbitolina* ως Άνω Κρητιδικό. Αντίστοιχες φάσεις ασβεστολίθων παρουσιάζονται και στα ρηξιτεμάχια νοτιότερα προς το Καταφύγι όπου εκτός από το Άνω Κρητιδικό πιστοποιείται και το Ηώκαινο.

Σχηματισμοί Αλπικού Υποβάθρου

Το αλπικό υπόβαθρο καταλαμβάνει ένα σημαντικό τμήμα της περιοχής μελέτης και εντοπίζεται σε δύο κύριες εμφανίσεις. Μία στο ΒΑ τμήμα του φύλλου, που έχει σαν όριο τον Αλιάκμονα ποταμό και στην ουσία αποτελεί την ΒΔ προέκταση της ορεινής περιοχής του Άσκιου και μία στο ΝΔ που περιλαμβάνει το όρος Λύγκος που αποτελεί τμήμα της Πινδικής οροσειράς. Μικρότερης κλίμακας εμφανίσεις εντοπίζονται κυρίως στο ανατολικό περιθώριο του φύλλου ανάμεσα στον Αλιάκμονα και το Γρεβενιώτικο ποταμό. Στην ουσία δηλαδή μέσα στα όρια του νεοτεκτονικού χάρτη περιλαμβάνονται και τα δύο περιθώρια της Μεσοελληνικής αύλακας που με γενική διεύθυνση ΒΒΔΝΝΑ καθορίζουν τα όρια της μολασσικής λεκάνης κάτω από την οποία χάνονται οι σχηματισμοί του αλπικού υποβάθρου.

Ενότητα Ανατολικής Ελλάδας

Η ενότητα της Ανατολικής Ελλάδας που ανήκει στις μη μεταμορφωμένες εσωτερικές ελληνίδες στην περιοχή μελέτης αντιπροσωπεύεται αποκλειστικά από τα ανθρακικά πετρώματα της ανωκρητιδικής επίκλυσης που απαντώνται σε δύο μικρές υπολειμματικές εμφανίσεις στο ανατολικό περιθώριο του φύλλου νότια από τον Αλιάκμονα ποταμό.

Από lithολογική άποψη αντιπροσωπεύονται από ασβεστόλιθους με ρουδιστές, που απαντώνται κυρίως στους κατώτερους ορίζοντες και λατυποπαγείς τουρβιδιτικούς ή μαργαϊκούς ασβεστόλιθους με *Orbitolina*. Η γεωμετρία τους είναι απλή αφού στην ουσία συνιστούν ένα μονόκλινο με κλίσεις από $20^{\circ}50'$ προς τα ΝΔ και το ορατό πάχος τους δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 500 μέτρα.

Ενότητα οφιολίθων Αζιού

Αντιπροσωπεύεται από μέλη του οφιολιθικού συμπλέγματος του ωκεανού του Αζιού (και συνοδά πετρώματα, όπως ραδιολαρίτες κλπ.), που αναπτύχθηκε ανάμεσα στα τεκτονοστρωματογραφικά πεδία (terrane) των εσωτερικών ελληνίδων (Πελαγονική) και των κιμμερίδων (Ροδόπη) το διάστημα από το Ανώτερο Τριαδικό μέχρι το Ανώτερο Ιουρασικό, για να τοποθετηθεί τεκτονικά στη συνέχεια, κατά την παλαιοαλπική φάση ορογένεσης, εξωτερικότερα πάνω στις ενότητες των εσωτερικών ελληνίδων (Μαλιακή, “Υποπελαγονική”, Αλμωπία κλπ. PAPANIKOLAOU 1989).

Ενότητα Αλμωπίας

Η ενότητα Αλμωπίας που αποτελεί μια ελαφρά μεταμορφωμένη ενότητα των εσωτερικών ελληνίδων αντιπροσωπεύεται στην περιοχή του φύλλου από τα ενδιάμεσα μέλη της κολόνας τα οποία χαρακτηρίζουν μια παχιά ακολουθία από νηρητικά ιζήματα μιας ανθρακικής πλατφόρμας που συνίστανται από άστρωτα ή παχυστρωματώδη μάρμαρα και κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους με φύκη *Diplopora* και

ηλικία Άνω Τριαδικό – Ήουρασικό. Απαντώνται αποκλειστικά στο ΒΑ τμήμα της περιοχής μελέτης και εκτείνονται ανατολικά από τον Αλιάκμονα ποταμό σχηματίζοντας μικρότερες ή μεγαλύτερες μάζες. Η κυριότερη εμφάνιση δομεί ολόκληρο τον ορεινό όγκο που αναπτύσσεται ανάμεσα στις κοινότητες της Μηλίτσας, του Βογατσικού και του Γερμά αλλά εξαπλώνεται και νοτιότερα προς τις κοινότητες του Δρυόβουνου και του Πελεκάνου σε μικρότερης κλίμακας υπολειμματικές εμφανίσεις.

Ενότητα οφιολίθων Βόρειας Πίνδου

Δομούν την ορεινή περιοχή στο νοτιοδυτικό τμήμα της περιοχής του φύλλου όπου μαζί με τους υπόλοιπους αλπικούς σχηματισμούς της ενότητας της Πίνδου αναπτύσσονται παράλληλα με το ΝΔ περιθώριο της Μεσοελληνικής αύλακας. Στο τεκτονικό κάλυμμα των οφιολίθων της Βόρειας Πίνδου συμμετέχουν στην ουσία τρεις βασικές ενότητες που θα περιγραφούν στη συνέχεια. Η πρώτη περιλαμβάνει τα τυπικά οφιολιθικά μέλη που σχηματίστηκαν στο χώρο του ωκεανού, η δεύτερη τα μονόμεικτα οφιολιθικά τεκτονικά λατυποπαγή που αναπτύσσονται στη βάση του καλύμματος και η τρίτη ένα σχηματισμό που χαρακτηρίζεται ως τεκτονικό melange και περιέχει έναν αριθμό ρηξιτεμαχών που βρίσκονται τεκτονικά σφηνωμένα στο μέτωπο του καλύμματος.

Ενότητα Πίνδου

Αντιπροσωπεύεται αποκλειστικά από το σχηματισμό του φλύσχη που εμφανίζεται με τη μορφή ενός μεγάλης κλίμακας επιμήκους τεκτονικού παραθύρου ανάμεσα στις δύο κύριες εμφανίσεις του καλύμματος των οφιολίθων, που περιγράφηκαν στα προηγούμενα. Αναπτύσσεται σε μία ζώνη πλάτους 6 χιλιομέτρων με διεύθυνση ΒΔΝΑ, αντίστοιχη δηλαδή με αυτή του περιθωρίου της Μεσοελληνικής αύλακας και της γενικής τεκτονικής δομής των εξωτερικών ελληνίδων στην περιοχή.

(?) Προαλπικό Υπόβαθρο

Το προαλπικό υπόβαθρο στην περιοχή μελέτης αντιπροσωπεύεται από τους μεταμορφωμένους σχηματισμούς της ενότητας Καστοριάς (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & ΣΤΟΛΙΑΝΟΥ 1983, ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ 1986, 1989). Η ηλικία των ανωτέρων μελών της ενότητας έχει καθορισθεί με βάση απολιθώματα που έχουν βρεθεί σε κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους στην πρώτη Γιουγκοσλαβία και δίνουν ηλικία από Ανώτερο Κάμβριο μέχρι και Δεβόνιο. Στον ελληνικό χώρο δεν εμφανίζονται αντίστοιχες φάσεις οπότε εμμέσως τα ελληνικά μέλη χρονολογούνται γενικά ως Κατώτερο Παλαιοζωικό.

Γεωμορφολογία

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται ανάλυση των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών της περιοχής μελέτης και πιο συγκεκριμένα εκείνων που αποτελούν δείκτες της νεοτεκτονικής εξέλιξης της περιοχής. Γεωμορφολογικές παράμετροι όπως οι ασυμμετρίες του υδρογραφικού δικτύου, η κατανομή και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των επιφανειών επιπέδωσης, η διάταξη των μορφολογικών ασυνεχειών και η κατά βάθος διάβρωση, αποτελούν σημαντικά στοιχεία για την κατανόηση της νεοτεκτονικής εξέλιξης της περιοχής και τον εντοπισμό πιθανών ενεργών δομών.

Υδρογραφικό δίκτυο

Στην περιοχή του χάρτη των Γρεβενών, ο κύριος κλάδος του ποταμού Αλιάκμονα αναπτύσσεται κυρίως σε διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και στο ύψος της λίμνης της Καστοριάς αλλάζει απότομα διεύθυνση κατά 90° και αποκτά διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ. Οι παραπόταμοι του Αλιάκμονα καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση, ιδιαίτερα στο κεντρικό τμήμα του χάρτη, οι επιμέρους μικρότεροι κλάδοι τους παρουσιάζουν διαφορετική διεύθυνση και φορά, εξαρτώμενοι από τη γενικότερη μορφολογία της περιοχής, την τεκτονική και τα είδη των πετρωμάτων που τη δομούν. Αναλυτικότερα, διακρίνονται οι επιμέρους υπολεκάνες απορροής οροθετημένες από τους υπάρχοντες υδροκρίτες.

Εξετάζοντας συνολικά τη μορφή του υδρογραφικού δικτύου του Αλιάκμονα ποταμού παρατηρούνται ιδιομορφίες σε διάφορα επιμέρους στοιχεία του, οι οποίες αποτελούν αποκλίσεις-ανωμαλίες από μια φυσιολογική απορροή σε ένα χώρο που δε διαμορφώνεται μόνο από την επίδραση των εξωγενών δυνάμεων αλλά και των ενδογενών. Οι περιπτώσεις αυτές δείχνουν την παρέμβαση της τεκτονικής, η οποία μέσα από τις διαφορικές κινήσεις των επιμέρους ρηξιτεμαχών επηρεάζει την ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου με επιλεγμένες κατευθύνσεις κλάδων σε ορισμένες μόνο διευθύνσεις και με υ-
 πέρμετρο μήκος σε σχέση με τους αντίστοιχους κλάδους ίδιας τάξης σε άλλες θέσεις του δικτύου, συμβολή σε συγκεκριμένα σημεία περισσότερων παραποτάμων, ασύμμετρες αναπτύξεις μικρών κλάδων μέσα σε κάθε υπολεκάνη, απότομες αλλαγές κατεύθυνσης ροής μέχρι και 180° .

Ανάλυση μορφολογικών κλίσεων

Στην περιοχή του χάρτη των Γρεβενών έγινε ανάλυση των μορφολογικών κλίσεων με στόχο να επισημανθεί η σχέση ανάμεσα στις ιδιαιτερότητες του αναγλύφου και στις ενεργές τεκτονικές δομές. Λήφθηκαν υπόψη οι κλίσεις του εδάφους πάνω στον τοπογραφικό χάρτη σε σχέση και με άλλους γεωλογικούς παράγοντες όπως είναι η λιθολογία, η τεκτονική και η εξέλιξη της δομής. Από την μελέτη του μορφοτεκτονικού χάρτη προκύπτει μια παραστατική εικόνα του αναγλύφου, όπου είναι εμφανής η ανάπτυξη των επιφανειών επιπέδωσης και η διάταξη των μορφολογικών ασυνεχειών, ώστε να μπορούν να εντοπιστούν αμέσως οι περιοχές που παρουσιάζουν κάποια ιδιαιτερότητα.

Επιφάνειες Επιπέδωσης. Παρατηρείται ότι οι οριζόντιες επιφάνειες απόθεσης, καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση εκατέρωθεν του κύριου κλάδου του Αλιάκμονα αλλά και των επιμέρους παραποτάμων του κυρίως στο ανατολικό τμήμα του χάρτη

Οι *ποτάμιες αναβαθμίδες* εντοπίζονται κυρίως στον Πραμορίτσα, στον Γρεβενιώτικο και στον Βέλα παραπόταμο με μέσο υψόμετρο 750 μέτρα και είναι είτε οριζόντιες είτε παρουσιάζουν συγκλίνουσα κλίση προς τους κύριους κλάδους.

Οι *οριζόντιες καταστροφικές επιφάνειες επιπέδωσης* αναπτύσσονται κυρίως στο αλπικό υπόβαθρο της Ενότητας της Πίνδου στο ΒΔ τμήμα του χάρτη σε υψόμετρο από 1.500-2.000 μέτρα, σε μικρότερες εμφανίσεις στο ΒΑ τμήμα ενώ νοτιοδυτικά του χάρτη παρουσιάζουν μία επιμήκης διάταξη. Στην περιοχή της πόλης των Γρεβενών, μέχρι τον Άγιο Γεώργιο επικρατούν οι πρόσφατες ποτάμιες αναβαθμίδες, οι οποίες καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση και αναπτύσσονται στον ενδιάμεσο χώρο των παραποτάμων του Γρεβενιώτικου, με μέσο υψόμετρο 650 μέτρα.

Στην υπολεκάνη του ποταμού Πραμορίτσα, αναπτύσσονται κυρίως πρόσφατες ποτάμιες αναβαθμίδες με μικρή μορφολογική κλίση κατά μήκος του κύριου κλάδου του ποταμού οι οποίες κλίνουν άλλοτε προς τα βόρεια και άλλοτε προς τα νότια, σε ήπιο ανάγλυφο πάνω σε Τεταρτογενείς αποθέσεις με υψόμετρο που δεν ξεπερνά τα 800 μέτρα.

Η περιοχή της πόλης του Άργους Ορεστικού είναι μια επίπεδη οριζόντια επιφάνεια απόθεσης χωρίς μορφολογικές ανωμαλίες και ήπιο ανάγλυφο μέχρι την λίμνη της Καστοριάς. Τέλος, άλλη μια σημαντική παρατήρηση αποτελεί το γεγονός ότι το ΝΔ τμήμα του χάρτη αποτελεί ένα παλιό πανεπίπεδο το οποίο αποτελείται από αλπικό υπόβαθρο της Ενότητας της Πίνδου και υφίσταται έντονες διαδικασίες

ανόδου και διάβρωσης με λίγες επιφάνειες διάβρωσης, ενώ στο ΒΑ τμήμα που κυριαρχεί το μεταμορφωμένο της Πελαγονικής Ενότητας δεν υπάρχουν τέτοιου είδους επιφάνειες.

Μορφολογικές Ασυνέχειες

Οι μορφολογικές ασυνέχειες αντιπροσωπεύουν αλλαγές στις τιμές της μέσης μορφολογικής κλίσης που ξεπερνούν το 15%. Συνήθως αντιστοιχούν σε εδαφικές εξάρσεις, χαραδρώσεις και γενικά απότομες επιφάνειες με τιμές μορφολογικών κλίσεων συχνά πάνω από 45%.

Στον χάρτη δεν παρατηρούνται πολλές μορφολογικές ασυνέχειες, ιδιαίτερα στο κεντρικό του τμήμα, όπου οι ισοϋψείς είναι αραιές και το ανάγλυφο ομαλό αναπτυγμένο πάνω σε μολασσικά ιζήματα. Ορισμένες παρατηρούνται κυρίως στο ΝΔ του τμήμα του χάρτη στην περιοχή όπου εμφανίζεται το αλπικό υπόβαθρο και απουσιάζουν γενικά οι επιφάνειες επιπέδωσης, εκτός ορισμένων υπολειμμάτων επιφανειών διάβρωσης. Η διεύθυνσή των ασυνεχειών είναι ίδια με αυτή των κλάδων των παραποτάμων και διαφέρει από περιοχή σε περιοχή. Επίσης υπάρχουν ασυνέχειες και στο ΒΑ τμήμα του χάρτη πάνω σε αλπικό υπόβαθρο οριοθετώντας μεγάλες επιφάνειες επιπέδωσης λόγω διάβρωσης.

Κατά βάθος διάβρωση

Η κατά βάθος διάβρωση των σχηματισμών διαπιστώνεται στο μορφοτεκτονικό χάρτη από τις σημειούμενες γραμμές μορφολογικών ασυνεχειών οι οποίες αναπτύσσονται παράλληλα προς ένα κλάδο απορροής του υδρογραφικού δικτύου και παρουσιάζουν ένα σχήμα κλειστού V.

Στον μορφοτεκτονικό χάρτη δεν διακρίνονται γενικά πολλές περιοχές με κατά βάθος διάβρωση. Σχεδόν όλες οι περιπτώσεις εντοπίζονται στο δυτικό άκρο της περιοχής και στο ΒΑ όπου και εμφανίζεται το αλπικό υπόβαθρο. Αντίθετα στο κεντρικό και νοτιοανατολικό τμήμα του χάρτη όπου εμφανίζονται οι μολασσικές και μεταλπικές αποθέσεις απουσιάζουν.

Στην περιοχή της Πραμορίτσας η κατά βάθος διάβρωση περιορίζεται στην κεντρική και κατά πλείστον στην ανατολική περιοχή. Αρχίζοντας από το ύψος της Παναρέτης και προς δυτικά παρατηρείται σημαντική διαφορά βόρεια και νότια της κοίτης του ποταμού.

Σεισμολογικά Δεδομένα

Ιστορική σεισμικότητα

Το καταγραμμένο ιστορικό σεισμικότητας στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας πολύ φτωχό. Ειδικότερα για την περιοχή του φύλλου Γρεβενά, δεν αναφέρεται κανένα σεισμικό γεγονός σε οποιοδήποτε κατάλογο ή εργασία. Οι σεισμοί που έχουν απογραφεί για την ευρύτερη περιοχή από τους Παπαζάχο & Παπαζάχου (1989) παρουσιάζονται στην Εικ. 3-1. Στην ευρύτερη περιοχή, καταστρεπτικός σεισμός ($I_0=VIII$) αναφέρεται το 896 μ.Χ. (Παπαζάχος & Παπαζάχου 1989), (Εικ. 3-1) με καταστροφές στη Βέροια ή/και τα Βοδενά. Μια ακόμη αμφιλεγόμενη μαρτυρία, αναφέρεται από τους Ambraseys & Finkel (1993). Πρόκειται για σεισμό που φέρεται να κατέστρεψε την Καστοριά το 1744 μ.Χ., δεδομένου όμως ότι οι ανωτέρω συγγραφείς αποδίδουν στον ίδιο σεισμό και καταστροφή της Δομνίτσας στην περιοχή των Αγράφων, θα πρέπει να υπάρχει ιδιαίτερη επιφύλαξη στο να προστεθεί αυτό το σεισμικό γεγονός στην ιστορική σεισμικότητα της περιοχής.

Ενόργανες σεισμικές καταγραφές

Πλήρης καταγραφή σεισμικών γεγονότων υπάρχει μόνο για το διάστημα 1964 έως σήμερα, από την ημερομηνία πρώτης έκδοσης του Δελτίου Γεωδυναμικού Ινστιτούτου Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΜΜΔΓΙΑ). Οι κατάλογοι των Compninakis & Papazachos (1986) και Makropoulos et al. (1989) καλύπτουν το χρονικό διάστημα 1901-1985 και 1900-1987, αντίστοιχα, αναφέρον δε γεγονότα μέγεθος μεγαλύτερο από $M=4$.

Η αναφορά στο ιστορικό των ενόργανα καταγραμμένων σεισμών της περιοχής θα πρέπει να γίνει κάνοντας διάκριση στην προ-1995 σεισμική δραστηριότητα και σε αυτή που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της ακολουθίας του σεισμού της 13ης Μαΐου 1995. Αυτό διότι ο χώρος που διεγέρθηκε από αυτό το σεισμό φάνηκε να καλύπτει ένα κενό (όχι απαραίτητα με την έννοια του σεισμικού κενού (seismic gap) sensu stricto στην περιοχή. Η σεισμικότητα από τις αρχές του αιώνα μέχρι και το 1995 παρουσιάζεται συγκεντρωμένη σε έξι χώρους, ήτοι τις περιοχές Τρικάλων-Καλαμπάκας, Ιωαννίνων, Κόνιτσας, Καστοριάς, Αμύνταιου, καθώς και την περιοχή δυτικά των Πρεσπών, στην Αλβανία και δεν έχει άμεση σχέση με τη σύγκλιση των λιθοσφαιρικών πλακών κατά μήκος του Ελληνικού τόξου, αλλά με την απόκριση της λιθόσφαιρας στο σύνθετο εντατικό καθεστώς που επικρατεί (intraplate deformation).

Η εξέταση της χρονικής κατανομής της σεισμικότητας της περιοχής για την περίοδο 1964-1994, έδειξε ότι μετά τη σεισμική ακολουθία του 1967 ακολούθησε ένα διάστημα 12 ετών σχετικής ηρεμίας (1968-1980), που έδωσε τη θέση του σε μια πενταετία έξαρσης (1981-85). Μια αντίστοιχη έξαρση παρατηρείται και από το 1990 και μετά, αν και στην ερμηνεία αυτή χρειάζεται προσοχή με δεδομένο ότι από το 1990 αυξήθηκε και η πυκνότητα του δικτύου, οπότε η εικόνα αυτή μπορεί να είναι το αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού.

Στη συνέχεια και από τις αρχές της δεκαετίας του 1990, σημειώνονται μικροσεισμοί στον εστιακό χώρο του σεισμού του 1995, των οποίων μάλιστα η συχνότητα και το μέγεθος αυξάνει με την πάροδο του χρόνου, ιδιαίτερα προς το τέλος του 1994 (και φυσικά στους πρώτους μήνες του 1995). Βέβαια, η όποια χρησιμότητα αυτών των γεγονότων σαν πρόδρομα φαινόμενα, θα απαιτούσε την ύπαρξη τουλάχιστο ενός τοπικού δικτύου, κάτι το οποίο δεν είναι η συνήθης πρακτική σε περιοχές που θεωρούνται "ασεισμικές".

Ο σεισμός της 13ης Μαΐου 1995

Ο κύριος σεισμός συνέβη το πρωί της 13ης Μαΐου 1995 (GMT 08:47:15'') και το επίκεντρό του τοποθετήθηκε λίγα χιλιόμετρα νοτιοδυτικά της Κοζάνης ($\phi=40.24$, $\lambda=21.74$ κατά ΜΜΔΓΙΑ ή $\phi=40.16$, $\lambda=21.67$, κατά Παπαζάχος και συν. 1995 – Εικ. 3-6). Το μέγεθός του ήταν $M_s=6.6$ με $M_0=7.6 \times 10^{25}$ dyn.cm (Παπαζάχος και συν. 1995) και το εστιακό του βάθος ήταν $h=13$ km. Προκλήθηκαν εκτεταμένες καταστροφές σε μια έκταση της τάξης των 200 km² κυρίως στους νομούς Γρεβενών και Κοζάνης (Λέκκας και συν. 1995, Lekkas et al. 1996a, 1996b). Ανθρώπινα θύματα ευτυχώς δεν υπήρξαν, κυρίως λόγω των προσεισμών που έλαβαν χώρα λίγο πριν το κύριο γεγονός και κινητοποιήσαν τον πληθυσμό, αλλά και λόγω της ημέρας (Σάββατο).

Εκτενής περιγραφή της σεισμικής ακολουθίας και των χαρακτηριστικών της γίνεται στις δημοσιεύσεις των Papazachos et al. (1995), Hatzfeld et al. (1996), Makropoulos et al. (1996), Makaris & Stavrakakis (1996), Papazachos et al. (1996) και Stavrakakis et al. (1996).

Η κατανομή των επικέντρων στην περιοχή που καλύπτεται από το φύλλο Γρεβενά εμφανίζεται συγκεντρωμένη στο ανατολικό – νοτιοανατολικό τμήμα του φύλλου (Εικ. 3-7), με το 95% των επικέντρων να περιορίζονται μεταξύ του ποταμού Βενέτικου, στα δυτικά, και του ποταμού Πραμορίτσα, στο βόρεια. Ειδικότερα για το βόρειο "όριο", πρέπει να τονιστεί ότι παρατηρείται γραμμική ανάπτυξη των επικέντρων μεγέθους $3 < M < 4$ και εστιακού βάθους 5 km < h < 10 km, κατά μήκος του ποταμού Πραμορίτσα. Αυτή η γραμμική διάταξη, σε συνδυασμό με τις παρατηρήσεις και τη νεοτεκτονική χαρτογρά-

φηση οδηγεί στο συμπέρασμα ότι υπάρχει μια ενεργή τεκτονική ζώνη, διεύθυνσης Α-Δ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ. Οι μορφοτεκτονικές παρατηρήσεις (διάταξη υδρογραφικού δικτύου, αποκλίσεις κλάδων, κατανομή επιφανειών ισοπέδωσης, κλπ.) και η χαρτογράφηση των μεταλπικών σχηματισμών της περιοχής, υποδεικνύουν ζώνη με έντονο χαρακτήρα οριζόντιας ολίσθησης.

Τεχνικογεωλογικά Στοιχεία

Σαν βάση για την περιγραφή των τεχνικογεωλογικών στοιχείων χρησιμοποιείται ο διαχωρισμός των σχηματισμών που έγινε στο κεφάλαιο της στρωματογραφίας. Έτσι για κάθε ένα από αυτούς παρατίθενται τα εύρη τιμών των σημαντικότερων φυσικών ιδιοτήτων και μηχανικών δεικτών καθώς και στοιχεία που αφορούν τη γενικότερη τεχνικογεωλογική και υδρογεωλογική συμπεριφορά της κάθε μίας ενότητας, αλλά και των επιμέρους λιθολογικών τύπων που συμμετέχουν σ’ αυτή. Επίσης δίνονται στοιχεία για την ταχύτητα των επιμήκων σεισμικών κυμάτων (V_p) οι τιμές της οποίας προέρχονται από τη βιβλιογραφία όπως από τη βιβλιογραφία ελήφθησαν και οι τιμές των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων των επιμέρους ενοτήτων. Όλα τα συλλεγόμενα στοιχεία παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Αναμενόμενα γεωτεχνικά προβλήματα και φυσικές καταστροφές

Τα γεωτεχνικά προβλήματα αναμένονται στο φύλλο “Γρεβενά” είτε σαν δευτερογενή φαινόμενα κατά τη διάρκεια σεισμικής φόρτισης είτε ως μεμονωμένα φαινόμενα είναι ουσιαστικά τα ακόλουθα:

Κατολισθήσεις

Η περιοχή του φύλλου “Γρεβενά” έχει κατά επανάληψη πληγεί από κατολισθητικά φαινόμενα. Οι περιοχές που παρουσιάζονται επιρρεπείς σε τέτοια φαινόμενα είναι κατά πρώτον λόγο αυτές που καλύπτονται από τους μολασσικούς σχηματισμούς και κατά δεύτερο λόγο αυτές που καλύπτονται από τους Αλπικούς σχηματισμούς του φλύσχη της Πίνδου και των Οφιολίθων. Οι κυριότερες αιτίες εκδήλωσης αυτών των φαινομένων είναι κυρίως:

- Στον επαρχιακό δρόμο από Αβδέλλα προς Σμίξη και στην διασταύρωση προς Πανόραμα του νομού Γρεβενών έχουν λάβει χώρα πρόσφατα κατολισθητικά φαινόμενα μεγάλης κλίμακας.
- Στην διαδρομή από τον Πεντάλοφο προς το Επταχώρι και μετά τον Προφήτη Ηλία παρατηρούνται στα πρανή ανάντη του δρόμου φαινόμενα κατολισθήσεων.
- Νέα Κοτύλη: Τα κατολισθητικά φαινόμενα που έχουν δημιουργηθεί παλαιότερα αλλά και πρόσφατα, εντοπίζονται στο βόρειο βορειοδυτικό άκρο του κατοικημένου χώρου. Πρόκειται για κατολισθήσεις στρωματοειδούς τύπου, που έχει προσβάλλει εκτός από τον αποσαθρωμένο μανδύα και τα ανώτερα στρώματα των μολασσικών σχηματισμών
- Επαρχιακός δρόμος ΚαλλονήςΤρίκορφου: Η διαδρομή από τη κοινότητα της Καλλο και ολοκληρωτική καταστροφή του επαρχιακού δρόμου.

Καταπτώσεις

Στην περιοχή του φύλλου “Γρεβενά”, φαινόμενα καταπτώσεων παρατηρούνται συχνά. Μπορούν να διακριθούν σε καταπτώσεις εντός του ίδιου σχηματισμού που αποτελείται από εναλλαγές διαφορετικών λιθολογιών και σε καταπτώσεις στην επαφή δύο διαφορετικών σχηματισμών. Οι σχηματισμοί

που παρουσιάζονται επιρρεπείς είναι κυρίως αυτοί της Μολασσικής Αύλακας και κατά δεύτερον λόγο οι αλπικοί. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις καταπτώσεων είναι οι εξής:

- *Επταχώρι*: Η πλέον χαρακτηριστική περίπτωση καταπτώσεων που εγκυμονεί και κινδύνους για ανθρώπινες ζωές, είναι αυτή που απαντά στην περιοχή της κοινότητας Επταχωρίου του νομού Καστοριάς. Τα φαινόμενα αυτά που χρονολογούνται τουλάχιστον από το 1935, παρατηρούνται στο πρηνές ανάντη της κοινότητας και έχουν προκαλέσει ζημιές και καταστροφές σε πολλά σπίτια και άλλα κτίσματα.
- *Σπήλαιο*: Στον επαρχιακό δρόμο που οδηγεί από την κοινότητα Ζάκα προς την κοινότητα Σπήλαιο του νομού Γρεβενών και ένα περίπου χιλιόμετρο πριν το Σπήλαιο, παρατηρούνται αποκολλήσεις βραχωδών μαζών από το κατακόρυφο πρηνές που έχει δημιουργηθεί μετά τη διάνοιξη του επαρχιακού δρόμου.
- *Πεντάλοφο*: Λίγα χιλιόμετρα έξω από το Πεντάλοφο και προς το Επταχώρι και πριν τη θέση του Προφήτη Ηλία, σημαντικά προβλήματα δημιουργούνται στο υπάρχον οδικό δίκτυο που συνδέει τις δύο αυτές κοινότητες από φαινόμενα αποκολλήσεων και καταπτώσεων βραχωδών μαζών σε σχεδόν κατακόρυφα πρηνή που έχουν δημιουργηθεί από την διάνοιξη του δρόμου.

Καθιζήσεις

Διαφορικές καθιζήσεις είναι δυνατό να εμφανιστούν σε μία μεγάλη έκταση της περιοχής του φύλλου “Γρεβενά”, η οποία καλύπτεται από αλλουβιακούς σχηματισμούς, πλευρικά κορήματα και ποταμο-χερσαίες αποθέσεις. Επίσης μπορούν να εμφανιστούν και στους μολασσικούς σχηματισμούς, όταν αυτοί παρουσιάζουν μεγάλο πάχος μανδύα αποσάθρωσης. Η κυριότερη αιτία εκδήλωσή τους είναι η υπεράντληση για αρδευτικούς σκοπούς των υδροφόρων οριζόντων που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους.

Ρευστοποιήσεις

Τέτοια φαινόμενα δεν είχαν και δεν έχουν παρατηρηθεί μέχρι σήμερα στην περιοχή μελέτης. Η σεισμική δόνηση της 13/5/95 προκάλεσε όμως την εκδήλωση ρευστοποιήσεων 1.5 Km ανατολικά του χωριού Ρύμνιου στην περιοχή της Κοζάνης. Το φαινόμενο παρατηρήθηκε σε εδάφη που ήταν κοντά στη τεχνητή λίμνη του Πολυφύτου και που παρουσίαζαν υδροφορία πολύ κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Επειδή ανάλογες γεωτεχνικές και υδρολογικές συνθήκες επικρατούν και στην περιοχή μελέτης, π.χ. νότια της λίμνης της Καστοριάς, καθώς και κατά μήκος του ποταμού Αλιάκμονα, τέτοια φαινόμενα είναι δυνατόν να παρουσιαστούν στις περιοχές αυτές σε πιθανή μελλοντική σεισμική διέγερση αλλά οπωσδήποτε σε περιορισμένη έκταση.

Πίνακας 1: Γεωτεχνικές ιδιότητες σχηματισμών φύλλου "Γρεβενά"

Σχηματισμός	n (%)	K (cm/sec)	LL (%)	PL (%)	Shear (kgr/cm ²)	Bear (kgr/cm ²)	c (kgr/cm ²)	φ (°)	Vp m/sec	NEDC
Αλλούβια 1		10 ² 10 ⁴	1545	1025			0.052.0			
Αλλούβια 2			3070	1540					3001400	B, X3,X6
Αλλούβια3	3540	1010 ³	2540	2550			0.11.0			
Κορήματα									4001500	X5
Παγετώδεις										X1
Παλ. αναβ..									5002000	C, X3, X6
Κιβωτός 1.			3550	1035			0.52.0	740		
Κιβωτός.2			1540	520			0.22.0	2560	13002000	B. X3, X6
Κιβωτός.3	210						25100	3545		
Όντρια			47	18	0.051.5			2560		B, C
Τσοτύλι			47	18	12					
			29	8	2.2			3040	18003000	A (B)
			32	8	12					
Πεντάλοφο c							1050	3565		
Πεντάλοφο m	3540		3070	1440			0.43		24003000	A (B, C)
Επταχώρι m	2045	2060	1540				0.12.9	740		
Εptachori s	1550						0.051.5	2560	15003000	B, C
Όρλιακας									35005000	A, X2
Αν. Ελλάδα						3050			25005000	A
Αξιός(*)										
Αλμωπία		10 ² 10 ⁵				4050			30005000	A
B. Πίνδοςο		10 ⁵ 10 ⁹				3060			40006000	A(C)
B.										
Πίνδοςmelc		10 ² 10 ⁶							20004000	A(X)
B. Πίνδοςp									300045000	A(B,C)
Πίνδος s	10 ¹ 10 ³					2040			15004500	A, B (X1, X6)
Προαλπικά	10 ⁹ 10 ¹²					1020			25004500	A, B, C

ΥΠΟΜΝΗΜΑ: Σχηματισμός: ονομασία σχηματισμού (στους αλλουβιακούς σχ. και στο σχ. Κιωτού 1, 2, και 3 αντιστοιχούν σελεπτομερείς, μεσομερείς και αδρομερείς φάσεις) (m: μαργαϊκό, s: άμμος/ψαμμίτης, c: κροκαλοπαγές, p: πηλτικό); n= πορώδες; K: περατότητα; LL: όριο υδαρότητας; PL: όριο πλαστικότητας; Shear: διατμητική αντοχή; Bear: φέρουσα ικανότητα, c: συνοχή, φ: γωνία εσωτερικής τριβής; Vp: ταχύτητα σεισμικών κυμάτων; NEAK: Κατάταξη σύμφωνα με το Νέο Αντισεισμικό Κανονισμό (σε πα-
ρενθέση: κατάταξη των αποσαθρωμένων τμημάτων των σχηματισμών).

(*): ίδιο με Πίνδος - ο

ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Γεωδυναμική εξέλιξη της Μεσοελληνικής αύλακας

Σύμφωνα με τους ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ *et al.*, 1986, κατά μήκος του δυτικού περιθωρίου η μετάβαση από τον έντονο εφαπτομενικό τεκτονισμό στον τεκτονισμό βαρύτητας έχει γίνει σύμφωνα με τα ακόλουθα διαδοχικά στάδια:

1. Δημιουργία μείγματος (melange) στο Ηώκαινο μεταξύ των οφιολίθων και του φλύσχη της Βόρειας Πίνδου.
2. Δημιουργία άγριου φλύσχη στο Ανώτερο Ολιγόκαινο – Ακουϊτάνιο στο σύγκλινο Ηπείρου.
3. Ολισθόλιθοι και έντονη μορφολογία παλαιοακτών στο δυτικό περιθώριο (Όρλιακας πριν το Ανώτερο Ολιγόκαινο).
4. Τέλος της φλυσχικής ιζηματογένεσης στο χώρο των ενοτήτων Ιόνια – Γάβροβο και ελαχιστοποίηση των φαινομένων συνιζηματογενούς τεκτονισμού στο Ακουϊτάνιο, στο χώρο της αύλακας πριν το σχηματισμό Τσοτυλίου, ο οποίος στο νότιο τμήμα της είναι σύμφωνος πάνω στους υποκείμενους σχηματισμούς.

Στα πλαίσια της γεωδυναμικής εξέλιξης της Μεσοελληνικής αύλακας κατά τη νεοτεκτονική περίοδο παρατηρείται μία κλιμακωτή κίνηση τριών μεγάλων ρηξιτεμαχών κατά μήκος της που οριοθετούνται από δύο μεγάλες εγκάρσιες ρηξιγενείς ζώνες. Η μία παρατηρείται ανάμεσα στα όρη Βούρινος και Καμβούνια και τονίζεται από τη σημερινή κοίτη του Αλιάκμονα ποταμού. Η ρηξιγενής αυτή ζώνη συνεχίζει βορειοανατολικά στην περιοχή των Σερβίων διαχωρίζοντας μεγάλα ρηξιτεμάχη με διαφορετική τεκτονική δομή και καταλήγει στην Πιερία βόρεια του Ολύμπου.

Η άλλη ρηξιγενής ζώνη τονίζεται από τη σημερινή κοίτη του Πηνειού ποταμού ανατολικά των Τρικάλων και συνεχίζει ως την κοιλάδα των Τεμπών που διαχωρίζει τον Όλυμπο από την Όσσα, οριοθετώντας ουσιαστικά προς βορρά την πεδιάδα της Θεσσαλίας. Και στις δύο περιπτώσεις τα ποτάμια ξεκινούν δυτικά από την ορεινή Πίνδο αποστραγγίζοντας τις περιοχές απορροής τους προς ΒΑ, στη συνέχεια κάμπτονται με διεύθυνση απορροής προς τα ΝΑ κατά μήκος της αύλακας και τέλος ακολουθούν εκ νέου την ΒΑ διεύθυνσης απορροής κατά μήκος των δύο ρηξιγενών ζωνών που προαναφέρθηκαν. Η δομή δείχνει την ύπαρξη μεγάλων εγκάρσιων ως προς την διεύθυνση της αύλακας ρηξιτεμαχών που αποτελούν τεκτονικά δίπολα με ανύψωση των ΒΔ περιοχών και βύθιση των ΝΑ, όπως ακριβώς συμβαίνει και νοτιότερα στα τεκτονικά δίπολα Οίτης – Παρνασσού και Βόρειας Πελοποννήσου (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, 1976) αλλά και στην ενδιάμεση περιοχή το δίπολο της Όθρυς (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & DERMITZAKIS 1981).

Νεοτεκτονικές Μακροδομές

Στον ευρύτερο χώρο της περιοχής μελέτης μπορούν να διακριθούν 3 τεκτονικές μακροδομές, από τα δυτικά προς τα ανατολικά: (i) η οροσειρά της Πίνδου, (ii) η Μεσοελληνική αύλακα και (iii) τα όρη Άσκιο και Βούρινος. Η Μεσοελληνική αύλακα έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και έχει πληρωθεί με θαλάσσια ιζήματα από το Ανώτερο Ηώκαινο (Σχηματισμός Κρανιάς) μέχρι το όριο Μέσου – Ανώτερου Μειόκαινου (Σχηματισμός Όντριας) (BRUNN 1956). Η δομή των ιζημάτων της λεκάνης παρουσιάζει ασυμμετρία με μονοκλινική ακολουθία στρωμάτων προς τα ΒΑ. Στη στενή περιοχή μελέτης απαντούν

μόνο οι σχηματισμοί Πεντάλοφου (Ακουϊτάνιο) και Τσοτυλίου (Βουρδιγάλιο), οι οποίοι με τη σειρά τους καλύπτονται από χερσαίες ή λιμναίες αποθέσεις (κροκαλοπαγή, μάργες και ψαμμίτες) πλειοπλειστοκαινικής ηλικίας.

Ρηξιτέμαχος Τσοτυλίου

Το ρηξιτέμαχος Τσοτυλίου οριοθετείται βόρεια και ανατολικά από την κοίτη του Αλιάκμονα ποταμού, νότια δε από τον ποταμό Πραμορίτσα και παρουσιάζει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

1. Αποτελείται από μία μονοκλινική ακολουθία στρωμάτων με σταθερή φορά κλίσης προς τα ΒΑ.
2. Απαντούν οι νεότεροι μολασσικοί σχηματισμοί (σχηματισμοί Τσοτυλίου και Όντριας) της Μεσοελληνικής αύλακας.
3. Η κατεύθυνση των κύριων κλάδων του υδρογραφικού δικτύου είναι από τα ΝΔ προς τα ΒΑ.
4. Οι επιφάνειες επιπέδωσης κλίνουν προς τα ΒΑ δηλαδή είναι ομόρροπες των κλίσεων των στρωμάτων.
5. Οι ρηξιγενείς ζώνες και τα ρήγματα που απαντούν έχουν διευθύνσεις ΒΑ-ΝΔ και ΒΔ-ΝΑ δηλαδή συμπίπτουν με τις διευθύνσεις των κύριων κλάδων του υδρογραφικού δικτύου.
6. Στο νότιο τμήμα κοντά στην κοίτη της Πραμορίτσας απαντούν πτυχωμένα στρώματα του σχηματισμού Πενταλόφου με άξονες πτυχών ΒΑ-ΝΔ ή ΒΔ-ΝΑ.

Ρηξιτέμαχος Γρεβενών

Το ρηξιτέμαχος Γρεβενών οριοθετείται βόρεια από τον ποταμό Πραμορίτσα, ανατολικά από την κοίτη του Αλιάκμονα ποταμού, δυτικά και νότια από τον Βενέτικο ποταμό, παρουσιάζει δε τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

1. Απαντά κυρίως ο σχηματισμός Πενταλόφου όχι όμως οι νεότεροι Τσοτυλίου και Όντριας.
2. Οι κλίσεις των στρωμάτων των μολασσικών σχηματισμών δεν είναι σταθερές. Τα στρώματα κλίνουν τόσο προς τα ΒΑ όσο και προς τα ΒΔ και ΝΔ.
3. Το υδρογραφικό δίκτυο δεν έχει συγκεκριμένη γεωμετρία. Για παράδειγμα στην περιοχή των Αμυγδαλιών παρουσιάζει ακτινωτή διάταξη.
4. Οι ρηξιγενείς ζώνες που απαντούν έχουν διευθύνσεις ΒΑ-ΝΔ και ΑΔ.
5. Οι διευθύνσεις των ρηγμάτων είναι κυρίως ΑΔ και ΒΝ, και εμφανίζονται συχνά ζεύγη συζυγών ρηγμάτων με διευθύνσεις ΒΒΔ-ΝΝΑ και ΒΒΑ-ΝΝΔ.
6. Στο βόρειο τμήμα κοντά στον Πραμορίτσα εμφανίζονται πτυχές στο σχηματισμό Πενταλόφου σε διάφορες κλίμακες με άξονες διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ κυρίως.
7. Οι επιφάνειες ισοπέδωσης δεν παρουσιάζουν συγκεκριμένη γεωμετρία ως προς την κατανομή τους ούτε συγκεκριμένη φορά κλίσης.

Ρηξιγενείς Ζώνες

Στην περιοχή μελέτης απαντούν αρκετές ρηξιγενείς ζώνες κύριο χαρακτηριστικό των οποίων είναι η παρουσία σημαντικής οριζόντιας συνιστώσας. Η πιο σημαντική ρηξιγενής ζώνη όπως προαναφέρθηκε, είναι η ζώνη της Πραμορίτσας. Η ρηξιγενής ζώνη Πραμορίτσα έχει διεύθυνση Α-Δ και έχει διαμορφώσει την κοίτη του ομώνυμου ποταμού. Οι γραμμές προστριβής που παρατηρήθηκαν σε επιφάνειες ρηγμάτων της ρηξιγενούς ζώνης είναι οριζόντιες με αριστερόστροφη κίνηση. Επιφάνειες ρηγμάτων με γραμμές προστριβής εντοπίστηκαν τόσο στη μικρή εμφάνιση των ανωκρητιδικών ασβεστολίθων, όσο και στα κροκαλοπαγή του σχηματισμού Πεντάλοφου (Ακουϊτάνιο). Η συγκεκριμένη ρηξιγενής ζώνη έχει παίξει πολύ σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση αλλά και εξέλιξη του παλαιογεωγραφικού χώρου βόρεια της Πραμορίτσας όπου δέχτηκε τα θαλάσσια ιζήματα των σχηματισμών Τσοτυλίου

και Όντριας, Βουρδιγάλιας και Τορτόνιας ηλικίας αντίστοιχα, πάχους 2.000 μέτρων. Δηλαδή παρουσιάζει και σημαντικό κατακόρυφο άλμα.

Άλλες ρηξιγενείς ζώνες που παρατηρήθηκαν στη λεκάνη έχουν διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ είναι κατά το πλείστον πλάγιες με αριστερόστροφη οριζόντια συνιστώσα κίνησης και προκαλούν παραμόρφωση στη γεωμετρία τόσο του υδροκρίτη της λεκάνης, όσο και μετάθεση του κύριου κλάδου της Πραμορίτσας. Ρήγματα αυτών των ρηξιγενών ζωνών απαντούν κυρίως στις νότιες περιοχές του υδροκρίτη. Σε όσα από αυτά παρατηρήθηκαν γραμμές προστριβής αυτές είναι πλάγιες με σημαντική οριζόντια συνιστώσα.

Συνολικά όσον αφορά τα ρήγματα και τις ρηξιγενείς ζώνες μπορούν να γίνουν οι ακόλουθες παρατηρήσεις:

- Οι κύριες διευθύνσεις ρηγμάτων και ρηξιγενών ζωνών στην περιοχή είναι Α-Δ και ΒΑ-ΝΔ.
- Η κοίτη της Πραμορίτσας ταυτίζεται με την ομώνυμη ρηξιγενή ζώνη διεύθυνσης ΑΔ.
- Πολλά ρήγματα (στη δυτική περιοχή) συναντώνται στις περιοχές όπου η διεύθυνση των ρευμάτων αλλάζει από ΒΔ-ΝΑ σε ΒΑ-ΝΔ.
- Οι κύριοι κλάδοι των ποταμών Βενέτικος και Γρεβενιώτικος ταυτίζονται με μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες διεύθυνσης ΑΒΑ-ΔΝΔ και οι οποίες χαρακτηρίζονται ως πιθανά ενεργές. Συνιστούν δε το νότιο περιθώριο του ρηξιτεμάχους των Γρεβενών.
- Από το σεισμό του 1995, τα επίκεντρα εμφανίζονται στο χώρο που οριοθετείται από τα δύο ρέματα, της Πραμορίτσας και του Βενέτικου. Πιο συγκεκριμένα, κατά μήκος της κοιλάδας της Πραμορίτσας συσσωρεύεται σε γραμμική διάταξη μια πληθώρα επικέντρων ενώ βόρεια της κοίτης τα επίκεντρα σχεδόν εξαφανίζονται.
- Αρκετά μικρής κλίμακας ρήγματα συναντώνται επάνω στον υδροκρίτη, περιοχή βόρεια του Κουτσόραχου μέχρι και νότια του Λειψίου, καθώς και στο Δοτσικό. Συχνά αυτά συμπίπτουν με μεγάλες και απότομες υψομετρικές διαφορές.
- Στο βόρειο τμήμα του φύλλου, νότια της λίμνης της Καστοριάς και στη ζώνη όπου η κοίτη του Αλιάκμονα αλλάζει απότομα ροή σε ΑΔ περίπου, εντοπίζεται μια ακόμα πιθανά ενεργή ρηξιγενής γραμμή, που αποτελεί και το βόρειο περιθώριο του ρηξιτεμάχους του Τσοτυλίου.

Από κινηματική άποψη οι ρηξιγενείς αυτές ζώνες φαίνεται να χαρακτηρίζονται και από τη συμμετοχή σημαντικής οριζόντιας κίνησης. Οι ασυμμετρίες των γεωμορφολογικών και τεκτονικών στοιχείων, σε συνδυασμό με την κατανομή των μολασικών και νεογενών ιζημάτων, φανερώνουν ότι οι ζώνες αυτές χαρακτηρίζονται από μια αριστερόστροφη κίνηση με μετάθεση των περιθωρίων στο μεν βόρειο τμήμα προς τα δυτικά, στο δε νότιο προς τα ανατολικά (σχετική κίνηση).

ENGLISH ABRIDGED VERSION

Geology - Stratigraphy

The majority of the outcropping formations within the area covered by the neotectonic map belongs to the molassic sediments of the Meso-Hellenic Trough, partially covered by newer, plioquaternary formations. Only at the NE and SW corners of the map do some alpine (or pre-alpine) rocks occur, either sedimentary or metamorphic.

Post-Alpine formations

Plio-Quaternary deposits

These outcrops occupy the western and northern margins of the map, mainly along Aliakmon River and its major tributaries. They comprise alluvium, scree, talus cones, fluvial terraces and lacustrine sediments

Alluvial deposits (Holocene)

They comprise loose material: pebbles, gravel and clay. They form zones of variable width along Aliakmon River and its major tributaries. The breadth of these zones varies from a few tens of m. to two km, mainly within the alluvial plain. Another area covered by alluvium is the plain SSE of Kastoria Lake, up to the foot of the mountains at the NE part of the map.

Recent and older scree and talus cones

Their occurrence is limited to locations of high relief, where alpine or pre-alpine rocks mainly occur. They come in successive generations, with the older being generally more consolidated, usually in clay matrix, while the younger are loose and monomictic, contrary to the older ones, which are mostly multimictic.

Carbonate scree cover an area at the NE part of the map, close to Ambelokipi, Neo Kostarazi, Vogatsiko and Poros, while further to the east, in the vicinity of Sissani, Dryovouno and Pelekanos, the deposits are multimictic, consisting of schist, quartzite, dolerite, gneiss, marble and other clasts of various composition. Another outcrop of multimictic scree is found NW of Kastoria Lake -this is composed of heterometric ophiolitic, marble and crystalline limestone clasts. Heterogeneity is also high in the scree cover that develops at the northern foot of Mt Orliakas. In this case the clast size may reach up to boulder size (1-2 m) or even more. Finally, at the SW part of the map, the scree that develops there is made mostly of clasts that originate in the formation of the Pindos Unit --ophiolites, sandstones and more rarely, limestones.

Tills

These are isolated outcrops of angular conglomerates and breccia, close to Smixi, at the SW part of the map. Clast size is from 5-10 cm to 0.5 m and the composition is mainly ophiolitic, with a small percentage of limestone. These deposits are generally loose and the prevailing matrix is clay.

Older terrestrial deposits

They crop out only at the northern part of the map, along Aliakmon River, in the form of fluvial terraces and consist of marls, clays, loose multimictic fine conglomerates. They overlie unconformably the molassic sediments while their relation to the "Lacustrine and Fluvial Deposits" is more complex; they are found either to overlie the latter or to truncate laterally.

Kivotos Formation

These sediments occupy a large part of the eastern portion of the map, along an E-W trending zone. Their facies is mainly lacustrine and fluvial; however, Eltgen (1986) reported that a part of these deposits is of marine origin, in the vicinity of Klima and Neapoli. The age of the latter was determined as Upper Pliocene.

They form terraces along Aliakmon, Venetikos, Greveniotikos, Pramoritsa, Myrihos and Poros rivers, or isolated outcrops SW of Kastoria Lake. They overlie the molassic formations of Tsotyli and Pentalofos, and the basement alpine and pre-alpine formations, too, and their thickness may reach up to 100 m. They consist of sandstones and conglomerates, red and greenish clays and sands and bear lithological similarities to the molassic deposits, but can be distinguished through their gentle dips, the significantly lower degree of cohesiveness, and the extended, sub-horizontal erosional surfaces that develop on them.

Molassic Formations

Generalities

The molassic basin of the Meso-Hellenic Trough (MHT) is a 130-km long basin from Albania to the Plain of Thessaly and further to the SW, up to the Parnassos-Giona Unit, and the SE, up to Mt Othrys. Formerly believed to have been a closed basin, it is now regarded as the back-arc basin that was present from Oligocene to Lower Miocene. It is filled with marine deposits of U. Eocene - M. Miocene age (Helvetian), of a total thickness that was estimated to be around 5000 m. (Brunn, 1956). This turned out to be an over-estimation and later evaluations suggested that it does not exceed 3000 m.

The Meso-Hellenic Trough was not a uniform depositional environment; it included several short-lived sub-basins, which can be grouped in three main systems, separated by large transverse fault zones (Papanikolaou et al., 1988). The area covered by this map belongs to the northern and central parts of the MHT (Fig. 10) and includes all the formations distinguished by Brunn (1956), except the Krania formation. We have retained this formation classification, which has been accepted by all researchers so far and we have added one tectono-sedimentary formation at the base of the stratigraphic column, which outcrops at the SW part of the map, in the neighbourhood of Orliakas.

The generalized trend of the molassic formations is NW-SE, with the older formations cropping out at the western boundary and the younger ones at the eastern. In this sense, the overall bedding dip is towards the NE, save for some cases. However, there are certain, important differences between the northern and southern portions of the area, separated by Pramoritsas River, a W-E flowing major tributary of Aliakmon River. This river runs along one of the transverse fault zones mentioned in the previous paragraphs.

The next sections contain brief descriptions of the molassic formations, from the younger to the older. These formations are the following:

Ontria Formation

These sediments, the facies of which reflect shallow-water deposition, outcrop at the NW part of the sheet and the overall thickness of the formation varies between 100 and 500 m. The transition between successive formations is either gradual or through unconformities. Lateral transitions and truncations are also common.

It comprises a series of lithological facies, which are, in increasing age:

Orlia formation: sandy marls, unconsolidated sandstones, bioclastic limestones and sandstones bearing abundant macro- and microfossils. The youngest beds of the member are of Tortonian age. Its thickness is around 90 m.

Zevgostasio formation: blue compact silty marls, conglomerates, sands and sandstones with gastropods, mollusks, etc., of Burdigalian age. Thickness: about 180 m.

Omorfoklissia formation: Sandstones with intercalations of fine conglomerates, and/in alternation with silty marls. Age: Burdigalian; thickness: a few hundreds of m.

X formation: Calclitic sandstones, locally brecciated, reef limestones and silty-sandy marls with frequent truncations and lateral transitions. Age: Burdigalian; thickness: highly varying, from a few m. to more than 450 m. It is the oldest one of this series and there is a clear angular unconformity between it and the underlying Tsotyli Formation.

Tsotyli Formation

It develops at the central and NW parts of the area, within a zone that starts from Neapoli-Tsotyli and extends through Nestorio and Kalohori. It is transgressively covered by the "Lacustrine and Fluvial Deposits" and overlies unconformably the Pentalofo Formation. Note also that these two formations are brought in contact through a series of synsedimentary faults, as is the case in the vicinity of Ag. Anargyroi, Nea Kotyli and Nestorio. The overall thickness of the Formation varies between 500 and 2000 m. and presents relatively low dips (no more than 10-15°, rarely exceeding 30°). Dip direction is usually towards the centre of the basin, except in the NW part where it is steadily towards the NE.

Three sectors have been distinguished, based on their semi-independent temporal and stratigraphical evolution and consequent lithological differentiation.

Western Sector: it comprises marls that contain abundant bivalves and gastropods, and calcitic sandstones accompanied by local conglomeratic outcrops. The thickness of these facies is between 200-450 m.

Axial Sector: the prevailing sediments here are marls, marly sandstones and conglomerates rich in macrofossils. It is dominated by rapid and frequent internal lateral transitions and its thickness is about 1000 m. It can be broken down into the following members: a. Upper Tsotyli Marls, b. Polykastano Sandstones, c. Lower Tsotyli Marls, and d. transition beds between the Pentalofos and Tsotyli Formations.

Eastern Sector: The facies at the northern portion of the sector are mostly fluvial, while at the southern part they are paleo-reef. The sediments have been directly deposited on the alpine substratum at the eastern extremities of the basin. There is a general upward fining of the facies, with coarse conglomerates and sandstones at the base, which gradually give on to marls and sandstones towards the stratigraphically higher beds. There is also a marl series that outcrops close to Argos Orestiko, followed by organogenic limestones rich in bivalves, and blue silty marls.

Pentalofos Formation

It occupies a significant part of our study area, developing along a zone with a NNW-SSE direction and the NW part of the map, which shifts to NW-SE and eventually E-W towards the south. The breadth of the outcrop increases towards the S, SE, too.

Its contact with the underlying Eptahori formation is characterized as a "lithological" discontinuity, in the sense that it marks the onset of sediment accumulation from the eastern margin of the basin. This contact is usually marked by a morphological escarpment, because of differential erosion. Thickness and lithology vary greatly: from the approx. 300 m. of coarse conglomerates in the south (Meteora), we pass on to conglomerates and sandstones with a thickness of about 2000 m. in the vicinity of Grevena and to alternations of marls, sandstones and conglomerates further to the north, at Eptahori.

Bedding dips are usually low to medium (15°-30°) towards the NE. This situation is disturbed only along the Pramoritsa fault zone, where a doming of the molassic sediments is observed and the dips are distributed radially.

The age of the Formation is Chattian-Aquitanian, and a number of individual sequences within it can be distinguished. Generally speaking, two depositional cycles can be described:

1st cycle: conglomerates and Tsarnos sandstones (multimictic, usually bearing coal seams) at the base, followed by the "intermediate marls" (blue marls with thin sandstone horizons).

2nd cycle: "Upper", multimictic conglomerates, sandstones, gray-blue marls and marly sandstones, followed by the "sandstone series" (sandstones intercalated with multimictic conglomerates, capped by sandstone banks).

Eptahori formation

This formation outcrops along the basin margin, at the SW part of the map, from Orliakas to Eptahori. Its dips are in the range of 10°-15°, but close to the margin they may be up to 50°-60°NE. It has been deposited on the alpine substratum, mainly on the ophiolite complex of Northern Pindos. A little further to the south (outside the map limits) it lies unconformably on the Krania formation.

The onset of transgression on the alpine basement is marked by the occurrence of multimictic conglomerates with clasts of Pindic origin. They are usually accompanied by sandy marls, coarse sandstones and fine conglomerates. This last facies contains fauna that was ascribed to L. Oligocene; however, corals located at the base of the formation in the area of Krania gave an age of M. Miocene (Georgiades-Dikaoulia, 1977). This series is followed by silty marls and sandstone and fine conglomerate horizons, and more rarely, marly limestones (Brunn, 1956). Its thickness, as well as its facies, vary greatly: from c.1500 m. of sandstones and conglomerates at the southern part, we pass on to c.1000 m. of marls close to Eptahori.

Tectono-sedimentary basal formation with blocks-olistoliths

This peculiar formation that was first described by Papanikolaou et al. (1988) outcrops at the southern portion of the Trough, close to Kakoplevri and Monahiti (southern margin of the Krania paleo-gulf) and in the vicinity of Orliakas. It is intensely faulted and its dips are in the range of 10°-40°NE.

It consists of the Orliakas limestones (massive to thick-bedded pinkish limestones) which are a faulted multi-block in the form of large-(or small-)scale olistoliths that intervene within molassic deposits that underlies the Eptahori Formation. A characteristic bank of marly limestones that bear corals is located between the tectono-sedimentary formation and the Eptahori marls. The age of this formation was found to be U. Cretaceous, based on Rudists and Orbitolina fossils.

This formation must correspond to a paleo-deposition environment developed on the ophiolitic nappe of N. Pindos, which was subsequently disturbed by intense tectonism in the Eocene, the formation of wild flysch the advance of alpine nappes.

Alpine basement formations

Alpine rocks outcrop at the NE and SW parts of the map. The former belong in the northwestern extension of Mt Askio and the latter form Mt. Lykos. Smaller outcrops are found between Aliakmon and Greveniotikos Rivers.

The alpine rocks of the area belong to the following geotectonic units: a. Eastern Greece Unit, b. Axios Ophiolites Unit, c. Almopia Unit, d. Northern Pindos Ophiolites Unit, and e. Pindos Unit. (The metamorphics of Kastoria Unit, which underlies Almopia are described in the chapter of pre-alpine formations). In other words both the members of the internal and the external Hellenides participate in the regional geotectonic setting, as well as ophiolitic rocks from the Axios and the Pindos-Cyclades oceans (Papanikolaou, 1986, 1988, 1989).

Eastern Greece Unit

It belongs to the non-metamorphic external Hellenides and is represented (in the area of the map) by carbonates of the Upper Cretaceous transgression. Remnant outcrops of it are found at the eastern edge of the map, south of Aliakmon River. The carbonates comprise rudist-bearing limestones and brecciated turbiditic or marly limestones with a visible thickness of less than 500 m, and gentle SW dips.

Axios Ophiolites Unit

It comprises members of the Axios ocean ophiolites, as well as accompanying sediments. This complex developed between the tectonostratigraphic terranes of the internal Hellenides and Kimerrides (Rhodope) from U. Triassic to U. Jurassic and was later thrust upon the internal Hellenides.

The occurrence of this unit consists of two remnant outcrops, one at the eastern and another at the northern parts. The former is found between the villages of Milia and Kokkinia. It is transgressively covered by the upper cretaceous limestones of the Eastern Greece Unit. It is also juxtaposed against the molassic formation of Tsotyli through a normal NW-SE fault. The latter is located at the southwestern coast of Kastoria Lake, where it tectonically overlies the crystalline limestones of the Almopia Unit.

Almopia Unit

This unit, which is a slightly metamorphosed internal hellenide, is represented by the mid-section of its column that consists of massive or thick-bedded marbles and crystalline limestones that contain *Diplopora*. Their age is A. Triassic - ?Jurassic. Outcrops of it are only found in the NE part of the map. Towards the west, this carbonate mass has been buried under the plio-quadernary fluvial and lacustrine deposits, recent scree and the Tsotyli formation. In the east, it is found thrust on the Kastoria Unit. A smaller outcrop is situated on the southwestern banks of Kastoria Lake and corresponds to a small-scale horst, bounded by NW-SE faults,

Bedding dip is usually gentle (15°-30°) but dip direction is not constant. Its thickness must exceed 1000-1500 m.

Northern Pindos Ophiolites Unit

It is the complex which includes rocks that belong in the Pindos-Cyclades ocean. During the Middle to Upper Eocene, it was thrust upon the flysch of the Pindos Unit. These rocks form the SW part of the

area, which is also the western margin of the molassic basin. Three sub-units can be discerned and these are the following

Ophiolites. They form an extended nappe that outcrops in two areas, the main one between Samarina and Lavdas, and another a little further to the east. The lithological types present are the typical ones of such a sequence: ultramafic and mafic rocks --hartzbourgites, dunites and serpentized peridotites-hornblendites and gabbros in veins that disrupt the former, and diabases, dolerites, spilites, basalts and pillow lavas. The thickness of the nappe ranges between a few tens of m. and 700-800 m. and is found at altitudes of 1700 m. asl. that decrease to 1500 towards the NE.

Tectonic Ophiolitic Breccia. It is a monomictic (ophiolitic) breccia that usually develops at the base of the ophiolite nappe and its thickness varies greatly, from a few m. to several hundreds of m.

Tectonic Melange. This peculiar member comprises a number of fault blocks wedged at the front and the base of the ophiolitic nappe. This melange was formed through the sliding of the ophiolite nappe, when rock blocks were trapped along the thrust surface or carried by the nappe. It occurs in isolated outcrops, along the flysch/ophiolites contact and in remnant blocks floatin in the flysch. The size of these blocks varies between 100-150 m. and 1000-1500 m (Alatopetra, Lavdas, Skourtsa, etc.). There is a wide variation of lithofacies that include: medium-bedded upper cretaceous limestones, thin-bedded, chert-bearing limestones jasper and cherts.

Pindos Unit

It is represented exclusively by its flysch, whose thickness (in this area) must exceed 1000 m. The lithological composition is typical of such a formation, consisting of marl and sandstone alternations, with rare intercalations of conglomerates, shales and clastic limestones. Towards its upper members it becomes locally "wild flysch" that contains olistoliths connected to the ophiolite nappe. It is multi-folded and, with frequent reversed-limb thrusts.

(?) Pre-Alpine Basement

The older rocks in the study area belong to the Kastoria Unit (Papanikolaou & Stojanov, 1983, Papanikolaou, 1986, 1989). The age of the Unit, based on datings from crystalline limestones in the former Yugoslavia, is Upper Cambrian to Devonian. No datable outcrops have been found in Greece.

These rocks comprise quartzites, meta-conglomerates, mica schists, calcitic schists, sipolines and dolerites. They crop out the NE part of the map and are tectonically overlain by the marbles of the Almopia Unit. The total thickness of the unit cannot be estimated, as it is the oldest one in the area and its basement remains unknown.

Geomorphology

This unit includes descriptions of a number of geomorphological parameters that reflect in one way or another the neotectonics of the area. These features are the drainage network, erosional and depositional surfaces, slope gradient and slope discontinuities, and stream incision.

Drainage network

The largest part of the map is occupied by the drainage basin of Aliakmon River, which, as a whole, is characterized by an overall asymmetry in the development of its tributaries. The NW part of the map is drained by tributaries of the Aoos River.

A certain number of observations from the drainage network can be mentioned and these are the following

- The main branch of Aliakmon River flows initially from NW to SE and at the latitude of Kastoria, it turns sharply (90°) to the NE.
- One of the major tributaries of Aliakmon, Venetikos River, flows at the southern part of the map towards the SE before it turns to E, south of Spilaio. After a few kilometres, it turns again towards the SW, before it meets Aliakmon River.
- Greveniotikos River, which flows through the town of Grevena, has a WSW-ENE direction. Its network is mainly orthogonal and the streams run in the molassic deposits.
- The catchment of Pramoritsas River dominates the central part of the map; the main stream flows from W to E and the whole development of its network is highly asymmetrical, with very few tributaries on the northern side and well-developed network on the southern side.
- The rivers at the northern part of the map flow from SW to NE, normal to the main branch of Aliakmon River.
- The western part of the map is drained by the tributaries of Aoos River, which flow along a NNW-SSE and NW-SE directions.

There is a number, therefore, of peculiarities concerning the drainage network of Aliakmon. In most cases these can be attributed to the influence of tectonics, as (1) the selectivity in flow direction, (2) asymmetry in catchments, (3) sharp changes in flow direction.

Slope Gradient - Planation Surfaces

Planation surfaces can be grouped in the following categories: (1) constructional, (2) recent fluvial terraces, (3) older fluvial terraces, and (4) destructional/erosional.

The majority of the horizontal planation surfaces develop along Aliakmon River. They are quite extended and mostly correspond to fluvial terraces. Most of the horizontal erosional surfaces develop on the alpine rocks of the Pindos Unit at the NW part of the map and at altitude of 1500-2000 m.

In the vicinity of Grevena and up to Ag. Georgios most of the planation surfaces develop on recent fluvial terraces at a mean altitude of 650 m. At certain cases they are gently dipping to the E.

Within the Pramoritsas catchment most of the planation surfaces develop on recent fluvial terraces, at a mean altitude of 800 m. Their dips are either southerly or northerly.

There are large depositional surfaces along Aliakmon River. They are either horizontal or dip gently towards the river.

The vicinity of Argos Orestiko corresponds to a large depositional surface, extending up to Kastoria Lake.

The SW part of the map is a remnant of an old peneplain developed on the alpine rocks of Pindos Unit. This area is subjected to uplift, as evidenced by the incised streams that dissect it.

Morphological Discontinuities (Escarment)

Such features are rare in the study area. Only a handful is observed at the SW part of the map, where the alpine basement crops out. Another location with some discontinuities is at the NE part of the map, again on alpine rocks.

Stream Incision

It is almost absent from the study area, save for some locations at the western and NE parts of the map, where the alpine rocks outcrop.

Seismological Data

Historical Seismicity

The earthquake record for the area until the beginning of the 20th century is very poor. This may be due either to the actual lack of earthquake activity or to the non-existence of long-lived population and cultural centres.

The most destructive recorded earthquake took place in 896 AD (Io=VIII) (Papazachos & Papazachou, 1989), causing damage to Veroia and/or Voden. Another, somewhat ambivalent report refers to an event in 1744 AD, which is thought to have destroyed Kastoria. However, solid evidence about this event has not come to light.

Instrumentally Recorded Seismicity

The 1900-1995 seismicity in the broader area is relatively low. Earthquake epicentres are concentrated in six areas: Trikala-Kalambaka, Ioannina, Konitsa, Kastoris, Amyntaio-Prespes, and Greek-Albanian border region.

A 6.2 earthquake took place at southern Pindos (Koziakas) in May 1967. The epicentral location, distribution of aftershock activity and fault plane solution of the event allows for

Further investigation revealed that the 1967 hypocentral distribution lies at the SW prolongation of the 1995 earthquake sequence. It is therefore believed that since there is no surficial fault to be related to the 1967 earthquakes, it should be a blind transverse structure.

A prominent morphotectonic feature in the broader area is Servia fault; it lies at the NE prolongation of the aforementioned zone. However, despite the fact that this fault bears signs of recent activity. It has not been definitely related to a known earthquake event.

Figures 3-2, 3-3, 3-3 and 3-4 show the earthquake activity in the period 1964-94. Figure 3-5, which illustrates the temporal variation of earthquake activity, shows that after the 1967 sequence a period of relative calmness ensued (1968-80). This was disturbed by a period of increased seismicity (1981-85) and a similar disturbance may be observed after 1990. For this last case however, we should bear in mind that it might be apparent, as the density of the seismic network increased in the early 90s.

Very few earthquakes have been felt in Grevena, except for small to medium ones, as on 24.9.82 ($M=3.8$), 14.5.83 ($M=3.9$), 12.7.84 ($M=3.9$) and 24.10.84 ($M=3.7$). There is some ambiguity about an event that took place on the 25.10.84. According to NOA, it was located S of Kastoria, but Comninakis & Papazachos (1986) and Makropoulos *et al.* (1989) placed it 15-20 km E of Grevena. Its magnitude was 5.1 (NOA) or 5.4 (other two catalogues). Other events felt in Grevena were on the 22.6.90 ($M=3.1$); 16/7/90 ($M=3.1$); 11.9.91 ($M=3.8$); 1.4.92 ($M=3.5$); 3.9.92 ($M=3.4$ and 3.8); 11.9.93 ($M=3.2$); 6.4.94 ($M=4.2$); and a number of others, especially in the period 1993-94.

The earthquake Sequence of May 1995

Extensive analysis of this earthquake sequence is made in the papers presented by Papazachos *et al.* (1995), Hatzfeld *et al.* (1996), Makropoulos *et al.* (1996), Makaris & Stavrakakis (1996), Papazachos *et al.* (1996), Stavrakakis *et al.* (1996), and elsewhere.

In the following lines we shall give a brief account of the earthquake sequence and our observation in the area covered by the map.

The main shock occurred on 13.5.1995, 08:47:15'' GMT. Its epicentre lay at 40.24N, 21.74E (NOA) or 40.16N, 21.67E (Papazachos *et al.*, 1995) and its magnitude was $M_s=6.6$. The seismic moment was $M_o=7.6 \cdot 10^{25}$ dyn/cm and the focal depth was $h=13$ km. The meizoseismal area has an extent of 200km². Luckily enough, there were no victims, basically because of a number of warning foreshocks and the time and day (late Saturday morning).

The fault that produced the earthquake was found to have a strike of 240-260°. There is some disagreement, however, mainly as to whether the fault was normal or oblique-normal and the most appropriate local deformation model responsible for the active deformation of the area.

The epicentral distribution of the map is mostly restricted to the eastern part of it. Ninety-five per cent of the epicentres are located between Venetikos and Pramoritsas River, on the west and south, respectively (Fig. 3-7). Note also the linear distribution of shocks with magnitudes $3 < M < 4$ and focal depth $5 < h < 10$ along Pramoritsas River. Such distribution of shocks, all of which belong to the May 1995 sequence, coupled with the results drawn from neotectonic mapping, allows us to conclude safely that there is an active, E-W to ENE-WSW-trending faults zone that controls the flow of the river.

Geotechnical properties of formations

This unit includes an overview of the geotechnical parameters of each formation, as each was distinguished in the chapter of Stratigraphy. Most of the data come from literature sources, especially from numerous geotechnical investigations and appears in tabulated form. The table also includes the ranking of each formation according to the New earthquake Design Code (NEDC).

Most of the formations are highly inhomogeneous. For this reason it has not been always possible to establish universal parameters for each one. The characteristics of each formation are given in Table 4.1.

The following paragraphs contain an outline of the most important problems that may arise, in terms of the prevailing geotechnical conditions and the event of seismic loading.

- The alluvial formation is prone to local subsidence and swelling, mainly because of its heterogeneity, shallow water table, low bearing capacity and low V_p .
- The scree and talus cones are sensitive to landslides, both because they are commonly loose and because they occur on high-gradient slopes. Similar is the case for the tillites.
- Seismic loading may as well cause failure to the older terrestrial deposits.
- The fluctuation of the water table within the Lacustrine and Fluvial Formation may lead to fracturing, settlement and creep.
- The Ontria formation presents sliding problems.
- Tsotyli formation is easily weathered; landslides on steep slopes are frequent. Similar are the conditions in the Pentalofo formation.
- Eptahori formation is quite problematic; it favours high relief and dense drainage network. It is susceptible to landslides, creep and mud flow.
- Some rockfalls have been observed in the limestones of Eastern Greece Unit.
- Rockfalls are also observed within the Almopia Unit, usually because of undercutting.
- The thick soil mantle on the ophiolites presents numerous geomechanical problems.

The most important landslide and rockfall phenomena have been observed at the following locations:

- Panorama (between Smixi-Avdella). Landslides in the Pindos Unit flysch.
- Pentalofo - Eptahori. Landslides and rockfalls on the road connecting the two villages.
- Nea Kotyli. Slides that affect the regolith and the underlying molasse.
- Kalloni - Trikorfo
- Eptahori: perhaps the most hazardous location. Numerous landslides in the last sixty years.
- Spilaio: detachment of boulders from vertical slopes.

Table 4.1 Geotechnical parameters of formations in "Grevena" sheet.

Formation	n (%)	K (cm/sec)	LL (%)	PL (%)	Shear (kgr/cm ²)	Bear (kgr/cm ²)	c (kgr/cm ²)	φ (°)	Vp m/sec	NEDC
Alluvial 1		10 ⁻² -10 ⁻⁴	15-45	10-25			0.05-2.0			
Alluvial 2			30-70	15-40					300-1400	B, X3,X6
Alluvial-3	35-40	10-10 ⁻³	25-40	25-50			0.1-1.0			
Scree									400-1500	X5
Tillites										X1
Older ter.									500-2000	C, X3, X6
Lacu-Fl.			35-50	10-35			0.5-2.0	7-40		
Lacu-Fl.-2			15-40	5-20			0.2-2.0	25-60	1300-2000	B. X3, X6
Lacu-Fl.-3	2-10						25-100	35-45		
Ontria			47	18	0.05-1.5			25-60		B, C
Tsotyli			47	18	1-2					
			29	8	2.2			30-40	1800-3000	A (B)
			32	8	1-2					
Pentalofo c							10-50	35-65		
Pentalofo m	35-40		30-70	14-40			0.4-3		2400-3000	A (B, C)
Eptahori m	20-45	20-60	15-40				0.1-2.9	7-40		
Eptahori s	15-50						0.05-1.5	25-60	1500-3000	B, C
Orliakas									3500-5000	A, X2
E.Greece						30-50			2500-5000	A
Axios(*)										
Almopia		10 ² -10 ⁻⁵				40-50			3000-5000	A
N. Pindos-o		10 ⁻⁵ -10 ⁻⁹				30-60			4000-6000	A(C)
N.Pind-mel-c		10 ⁻² -10 ⁻⁶							2000-4000	A(X)
N. Pind-p									3000-45000	A(B,C)
Pindos -s	10 ⁻¹ -10 ⁻³					20-40			1500-4500	A, B (X1, X6)
Prealpine	10 ⁻⁹ -10 ⁻¹²					10-20			2500-4500	A, B, C

KEY: Formation: formation name (in the alluvial and lacustrine formations 1, 2, and 3 are for the fine, middle and coarse facies, respectively) (m: marly, s: sandy/sandstone, c: conglomeratic, p: pelitic); n= porosity; K: permeability; LL: liquid limit; PL: plasticity limit; Shear: shear strength; Bear: bearing capacity, c: cohesion, φ: internal friction angle; Vp: body-wave velocity; NEDC: New Earthquake Design Code Ranking (Ranking in brackets is for the weathered portions of the formations).

(*): same as Pindos-o

Tectonics

Neotectonic Macrostructures

Three neotectonic macrostructures can be discerned in the broader area. These are: (I) the Pindos mountain range, (ii) the Meso_hellenic Trench and (iii) Mts Askio and Vourinos. Within the area covered by the map, two are the most important blocks that could be distinguished

Tsotyli multi-block

This morphotectonic structure is bounded on the north and east by Aliakmon River, and on the south by Pramoritsas River. The formations within this block are the youngest of the molassic sequence and dip steadily towards NE. The faults and fault zones within this block trend NE-SW and NW-SE and control the flow directions of the drainage network. The planation surfaces have NE-ward dips. Finally, close to the southern margin, where the Pentalofos formation occurs, the sediments are folded in NE-SE-trending folds.

Grevena block

It lies south of the Tsotyli block and is bounded by Pramoritsa River on the north, Aliakmon River on the east and Venetikos River of the south and west. This block is built of the Pentalofos formation; the younger ones, these of Tsotyli and Ontria. The bedding dip is not constant, as dip directions are either towards the NE, NW or SW. There is no systematic geometrical arrangement to characterize the drainage network. The faults and fault zones within this block trend NE-SE and E-W. The molassic formations close to the northern boundary of the block are folded in NE-SE-trending folds.

Fault zones

The boundary between the two neotectonic macrostructures of Grevena and Tsotyli is the Pramoritsa fault zone. It is an active structure, as evidenced by geologic, tectonic, morphological and seismological data. The kinematics of this fault zone is closer to a strike-slip fault, as striations measured displayed sinistral offset. This fault zone has played a decisive role in the neotectonic evolution of the area as it forms part of the southern boundary of the paleogeographical area that the deposition of the Tsotyli and Ontria formations took place. Therefore, it is expected that the vertical separation of this fault zone is also considerable.

Two sub-parallel fault zones, which control the flow of Greveniotikos and Venetikos Rivers, are located south of the Pramoritsas fault zones. Their strikes are ENE-WSW.

Another probable fault zone must run along an E-W trend south of Lake Kastoria, possibly forcing Aliakmon River to turn sharply along this direction. This structure can be considered to form the northern boundary of the Tsotyli macrostructure.

All these fault zones seem to incorporate a significant component of transcurrent slip --if this is not the prevailing one. Judging from the asymmetry in the geomorphological and structural features and the distribution of neogene-quaternary and molassic formations, these zones should be primarily considered as sinistral strike-slip structures.

The following general observations can be stated for the study area.

- The predominant fault zone strikes are E-W and NE-SW
- Pramoritsa River flows along an active E-W fault zone
- A number of faults are responsible for the sharp turn in the flow directions of the rivers in the map.
- The 1995 epicentres of the Kozani-Grevena earthquake sequence in area of the map are confined between the fault zones of Pramoritsa and Greveniotikos, in other words within the Grevena block.