

**ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ
(ΓΕΩΤ.Ε.Ε.)**

**ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΑΡΜΑΡΟ**

**Θεσσαλονίκη
25 - 26 Μαΐου 1989**

**ΠΡΑΚΤΙΚΑ
ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ**

**ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
1990**

ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΡΙΚΩΝ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ ΜΑΡΜΑΡΟΥ ΣΤΑ ΟΡΙΑ ΤΩΝ ΖΩΝΩΝ ΑΛΜΩΠΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗΣ

Εισηγητές: Β. ΧΡΗΣΤΑΡΑΣ * - Γ. ΣΟΥΛΙΟΣ *

ΣΥΝΟΨΗ

Η Ελλάδα είναι μια προνομιούχα χώρα ως προς την ποιότητα και ποσότητα των αποθεμάτων μαρμάρου και συμμετέχει στη διεθνή αγορά ως μια από τις σημαντικότερες μαρμαροπαραγωγές χώρες. Τα τελευταία χρόνια η παραγωγή μαρμάρου έχει αυξηθεί λόγω της ζήτησης, δημιουργώντας την ανάγκη αναζήτησης νέων κοιτασμάτων. Όμως η ορθή χρήση δομικών υλικών στις κατασκευές, όπως τα μάρμαρα, προϋποθέτει μελέτη καταλληλότητας ως προς τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι ακριβώς η εκτίμηση καταλληλότητας μερικών ανεκμετάλλευτων μέχρι στιγμής εμφανίσεων μαρμάρου, δυτικά της Έδεσσας, ως προς τις φυσικές και μηχανικές τους ιδιότητες.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από την Αρχαιότητα, το μάρμαρο στην Ελλάδα αποτέλεσε βασικό δομικό υλικό. Στο γεγονός αυτό συνετέλεσε η παρουσία σημαντικών μαρμαροφόρων κοιτασμάτων καθώς και η υψηλή ποιότητά τους που τα καθιστά μοναδικά στον κόσμο. Είναι γνωστό άλλωστε το λευκό πεντελικό μάρμαρο, από το οποίο κτίστηκαν τα μεγαλύτερα μνημεία της αρχαιοελληνικής και ρωμαϊκής περιόδου καθώς και το λευκό μάρμαρο της Πάρου που χρησιμοποιήθηκε για να φιλοτεχνηθούν η Αφροδίτη της Μήλου και ο Ερμής του Πραξιτέλη.

Τα τελευταία χρόνια η χρησιμοποίηση των μαρμάρων σε παγκόσμια κλίμακα έχει αυξηθεί σημαντικά με αποτέλεσμα την αντίστοιχη αύξηση του ρυθμού παραγωγής. Όμως για τη σωστή χρησιμοποίηση ενός μαρμάρου στις κατασκευές είναι απαραίτητη, ως γνωστόν, η ακριβής γνώση της ορυκτολογικής σύστασης καθώς και η ακριβής γνώση των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων που θα καθορίσουν την καταλληλότητά του.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι ακριβώς η αναζήτηση νέων μαρμαροφόρων περιοχών και η διερεύνηση της δυνατότητας να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή δομικών υλικών.

2. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Οι μαρμαροφόρες περιοχές που μελετήσαμε βρίσκονται δυτικά της Έδεσσας και συγκεκριμένα βρίσκονται μεταξύ λίμνης Βεγορίτιδας, τεταγών του Άγρα, νότιων παρυφών του Βόρρα και βόρειων παρυφών του Βέρμιου. Το οδικό δίκτυο της περιοχής διευκολύνει την προσπέλαση στις εξεταζόμενες μαρμαροφόρες περιοχές.

Από γεωλογική άποψη η περιοχή βρίσκεται στο όριο των ζωνών της Αλμωπίας και της Πελαγονικής (Εικ. 1), οι οποίες αποτελούνται από τους εξής σχηματισμούς:

— Ζώνη Αλμωπίας: κυρίως από ιζήματα της μεσο-άνω κρητιδικής επίκλυσης (που άρχισε με κροκαλοπαγή και συνεχίστηκε με τεφρούς ψαμμιτικούς και κροκαλοπαγείς ασβεστόλιθους) και τον επικείμενο φλύσχη (άνω Μαιστριχτίου - κάτω Παλαιοκαινού) (Mercier 1966, Soulios 1978). Επίσης υπάρχουν και εμφανίσεις οφειολίθων και σχιστολίθων (του άνω Ιουρασικού) και μαρμάρων (Τριαδικού - Ιουρασικού) (Soulios 1978).

— Ζώνη Πελαγονική: από το κρυσταλλοσχιτώδες υπόβαθρο πάνω στο οποίο βρίσκονται τοποθετημένα τα μάρμαρα, (Τριαδικού - Ιουρασικού), η σχιστοκερατολιθική διάπλαση με τους οφιολίθους (άνω Ιουρασικό), οι Επικλυσιγενείς ασβεστόλιθοι (άνω Κρητιδικό) και ο φλύσχος (άνω Μαιστρίχτιο - Ηώκαινο) (Mercier 1966, Μουντράκης - Σούλιος 1978, Soulios 1978).

Τεκτονικά η ζώνη Αλμωπίας βρίσκεται επωθημένη πάνω στην πελαγονική και χαρακτηρίζεται κυρίως από τις εσωτερικές της λεπιώσεις, η δε πελαγονική από τα μεγάλα επωθητικά φαινόμενα με γενική διεύθυνση από ανατολικά προς δυτικά και από τα μεγάλα ρήγματα με γενική διεύθυνση από ανατολικά προς δυτικά και από τα μεγάλα ρήγματα με γενική βορειοδυτική διεύθυνση. Έτσι και οι δύο ζώνες στο εξεταζόμενο τμήμα τους έχουν πολύπλοκη γεωλογική δομή.

κής σύστασης. Είναι αναγκαίο να σημειωθεί ότι με τον εμπορικό οίκο «Μάρμαρο» εννοούμε κάθε πέτρωμα που θα μπορούσε να λειανθεί και να κοπεί σε μεγάλους ογκόλιθους σχήματος ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου.

α) Κροκαλοπαγή. (θέσεις 1,2, Εικ. 1). Πρόκειται για σχηματισμό της ζώνης της Αλμωπίας, τοποθετημένο κατά μήκος του μετώπου επώθησης (11X2km περίπου) που καταλαμβάνει την ευρύτερη περιοχή μεταξύ των χωριών Κεδρώνας και Νησί. Λιθολογικά είναι τυπικό ανωκρητιδικό επικλισιγενές ασβεστολιθικό κροκαλοπαγές με περίπου στρογγυλές κροκάλες διαμέτρου περίπου 2-10 cm. Στο μικροσκόπιο εμφανίζει σχεδόν ομοιόμορφη διάταξη προς όλες τις διευθύνσεις και δείχνει σχετικά συμπαγές. Το χρώμα του υλικού είναι τεφρό, όμως η διακύμανση του χρώματος των κροκαλών, σε διάφορες αποχρώσεις, δίνει μια όμορφη εμφάνιση σε λειασμένη τομή του πετρώματος.

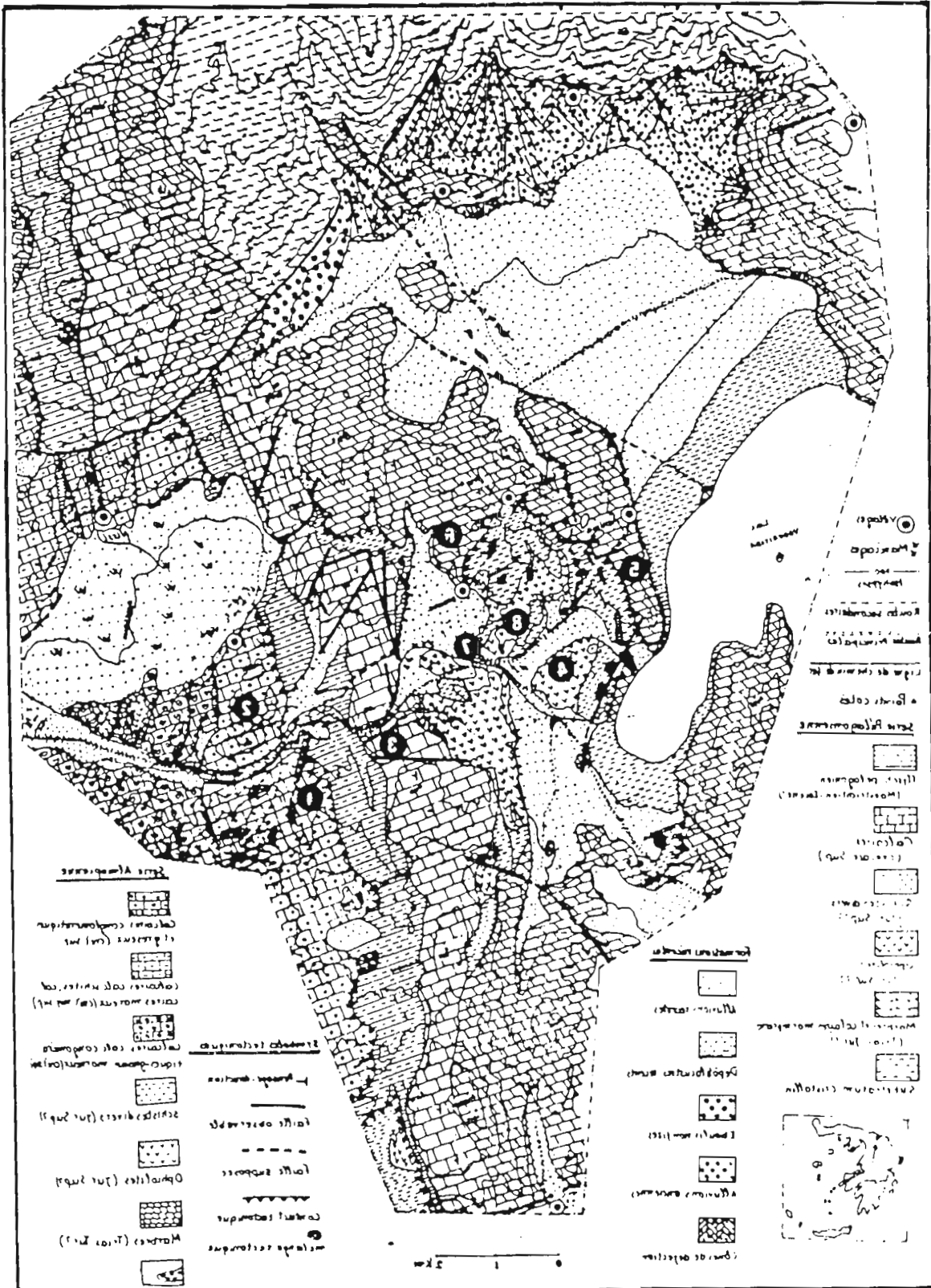
β) Τεφροί Ασβεστόλιθοι (θέσεις 3,7). Πρόκειται για τεφρούς απολιθωματοφόρους ασβεστόλιθους της Πελαγονικής ζώνης, ηλικίας Σαντονίου - Καμπαίου, με απολιθώματα ρουδιστών. Εμφανίζονται σε μια επιμήκη λωρίδα μήκους 15km και πλάτους 1-2km περίπου με διεύθυνση ΒΒΑ-ΝΝΔ. Στο μικροσκόπιο εμφανίζονται μικροκρυσταλλικοί με ομοιόμορφη διάταξη των κρυστάλλων προς όλες τις διευθύνσεις.

γ) Δολομιτικά μάρμαρα (θέσεις 5,6). Πρόκειται για μεγάλης έκτασης σχηματισμό που καταλαμβάνει εκτάσεις στα χωριά Άρνισσα, Ξανθόγεια, Δροσιά, Παναγίτσα, Ζέρβη και έχει και μεμονωμένες εμφανίσεις λόγω λεπώσεως στις περιοχές των χωριών Βρυτά, Κεδρώνας και δυτικότερα. Η ηλικία τους είναι Τριαδικο-Ιουρασική. Στο μεγαλύτερο τμήμα τους είναι έντονα τεκτονισμένα και δεν βρίσκονται εύκολα θέσεις που μπορούν να χαρακτηριστούν ως «κοιτάσματα μαρμάρου». Υπάρχουν όμως και περιοχές, ιδίως γύρω από το χωριό Δροσιά, όπως επίσης και στις λεπιακές εμφανίσεις, όπου μπορούν να χαρακτηριστούν μαρμαροφόρες. Στο μικροσκόπιο τα δολομιτικά μάρμαρα εμφανίζονται ως πολύ μικροκρυσταλλικά, ομογενή, και συμπαγή.

δ) Σερπεντίνες (θέσεις 4,8). Πρόκειται για εμφανίσεις της πελαγονικής ζώνης που προήλθαν από τη ζώνη της Αλμωπίας κατά την επώθηση της δεύτερης επάνω στην πρώτη. Τα δείγματα που μελετήσαμε προέρχονται από μια οφειολιθική εμφάνιση νότια του χωριού Δροσιά και βορειοδυτικά του χωριού Κεδρώνας. Στο μικροσκόπιο το υλικό εμφανίζεται ομοιόμορφα σερπεντινωμένο και δεν δείχνει σημαντικά ίχνη μικρορωγμών. Παρ' όλη την σερπεντινίωση το υλικό εμφανίζεται συμπαγές.

4. ΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ (ΟΙ ΚΑΤΑΤΜΗΣΕΙΣ)

Γενικά οι μαρμαροφόρες περιοχές που μελετήσαμε είναι έντονα τεκτονισμένες, ως αποτέλεσμα της γενικότερης γεωλογικής εξέλιξης της περιοχής.



Εικ. 1. Γεωλογικός χάρτης της μελετούμενης περιοχής. Αριθμούνται οι θέσεις που εξετάστηκαν (Soulios 1978)

Fig 1 Geological map of the studied area. The positions of study are indicated

Το κατατμητικό σύστημα ποικίλλει ως προς την πυκνότητα. Παρουσιάζονται περιοχές με πυκνό κατατμητικό σύστημα της τάξης των 2 κατατμήσεων ανά μέτρο καθώς και περιοχές με αραιότερο κατατμητικό σύστημα όπου οι διακλάσεις απέχουν 1,5-2m τουλάχιστον μεταξύ τους.

Οι περιοχές αυτές που παρουσιάζουν αραιό κατατμητικό σύστημα, αξίζει να μελετηθούν με λεπτομέρεια γιατί σε συνδυασμό με την καλή ποιότητα των υλικών μπορεί να αποτελέσουν νέες θέσεις εκμετάλλευσης.

Από την μελέτη των ροδοδιαγραμμάτων, γωνιών και διευθύνσεων κλίσεων των κατατμητικών συστημάτων της εικόνας 2, που έγιναν σε αντιπροσωπευτικές θέσεις των εμφανίσεων που μελετήσαμε, παρατηρούμε ότι:

α) Τα κροκαλοπαγή της ζώνης Αλμωπίας (Εικ. 1 θέση 2) και τα δολομιτικά μάρμαρα της Πελαγονικής (Εικ. 1, θέσεις 5,6) διατρέχονται από σχεδόν παρόμοιο κατατμητικό σύστημα με γενικές διευθύνσεις κλίσης 1) νοτιοανατολική ii) νοτιοδυτική iii) βορειοδυτική (Εικ. 2 β., ε,ζ). Πρέπει να σημειωθεί ότι όσον αφορά τα κροκαλοπαγή, κοντά στο μέτωπο επώθησης (εικ. 1, θέση 1), το κατατμητικό σύστημα διαφοροποιείται (Εικ. 2α).

β) Οι τεφροί απολιθωματοφόροι ασβεστόλιθοι της Πελαγονικής (θέση 3) και οι δυτικότερα ευρισκόμενοι οφειόλιθοι (θέση 4) έχουν παρόμοιο σύστημα κατατμήσεων, που διαφέρει από αυτό των κροκαλοπαγών και των δολομιτικών μαρμάρων. Οι γενικές διευθύνσεις κλίσης των κατατμήσεων αυτών είναι i) νοτιοδυτική, ii) βορειοδυτική και iii) βορειοανατολική.

γ) Οι γωνίες κλίσης των κατατμήσεων της περιοχής στις περισσότερες διευθύνσεις είναι μεγάλες, $70^\circ \pm 10^\circ$.

5. ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Οι δοκιμές έγιναν σε κυλινδρικά δοκίμια διαμέτρου 2,4 cm και ύψος 4,8cm. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τρία δοκίμια από κάθε θέση, για κάθε δοκιμή. Στα δοκίμια αυτά προσδιορίστηκαν:

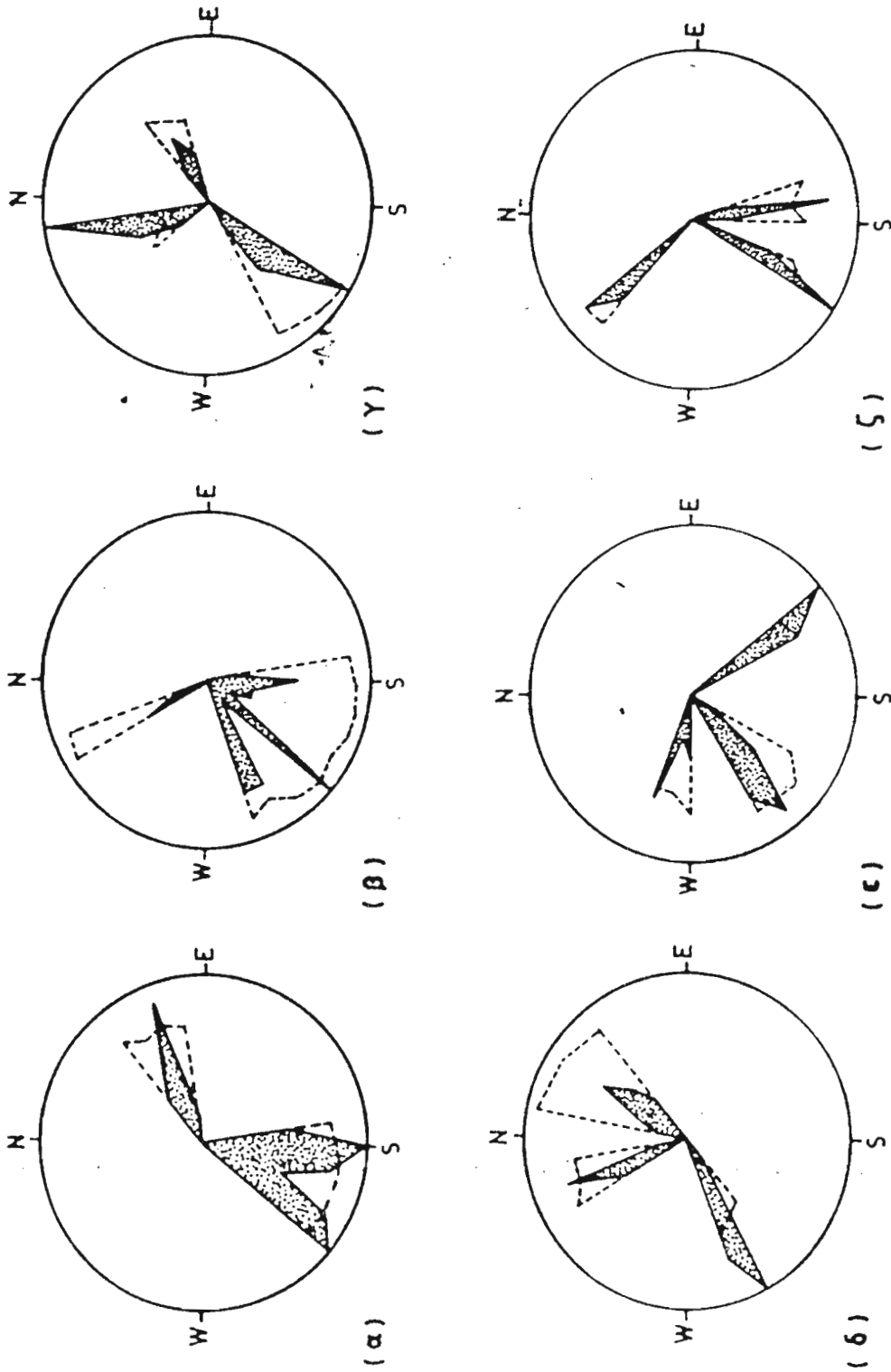
α) Το ξηρό ειδικό βάρος ($d_{110^\circ\text{C}}$, ASTM C 97-47) ως ο λόγος του ξηρού βάρους του δοκιμίου (μετά από ξήρανση 24h σε 110°C) προς τον όγκο του.

β) Η υδροαπορροφητικότητα (Ab, ASTM C 97-47) ως ο λόγος του βάρους του απορροφούμενου νερού (μετά από 24ωρο εμβαπτισμό του δοκιμίου σε νερό, σε συνθήκες κενού) προς τον όγκο του δοκιμίου.

γ) Η ταχύτητα των υπερήχων (v , σε mm/μsec) δια μέσου της μάζας του δοκιμίου, η οποία είναι συνδεδεμένη με το ειδικό βάρος το μέτρο ελαστικότητας και το συντελεστή Poisson του υλικού.

δ) Η αντοχή σε μοναξονική θλίψη (σ_c ASTM C 170-50) σε πρέσσα 10 th, ως ο λόγος του αξονικού φορτίου προς την επιφάνεια φόρτισης.

Από τα δεδομένα των δοκιμών αυτών, που δίνονται στον Πίνακα I, παρατηρούμε, ότι η συμπεριφορά των πετρωμάτων είναι από καλή μέχρι πο-



Εικ. 2. Ροδοδιαγράμματα διευθύνσεων και γωνιών κλίσεων (α): θέση 1, (β): θέση 2, (γ): θέση 3, (δ): θέση 4, (ε): θέση 5 και (ζ): θέση 6.

Fig. 2. Pododiagrams of dips and dip directions.

Πίνακας Ι. Πειραματικά δεδομένα φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων.
Table I. Experimental data of physical and mechanical properties.

Πέτρωμα	Ab	d_{110}	ν	σ_c
Κροκαλοπαγές (θέση 1)	0.69	2.50	3.83	678
(θέση 2)	0.68	2.52	3.90	699
Τεφροί ασβεστόλιθοι (θέση 3)	0.22	2.84	7.15	1280
(θέση 7)	0.14	2.83	7.06	1210
Σερπεντίνες (θέση 4)	0.25	2.74	6.83	1240
(θέση 8)	0.25	2.74	8	1330

Πίνακας ΙΙ. Προδιαγραφές κατά ASTM και ΕΛΟΤ για τα μάρμαρα εξωτερικών επενδύσεων.

Table II. ASTM and "ΕΛΟΤ" standards for exterior marble.

Ιδιότητα	ΕΛΟΤ 5&3	ASTM C 503-67
Υδροαπορροφητικότητα (max)	0.50% *	0.75%
Φαινόμενο βάρος (min)		
ασβεστόλιθος	2.60g/cm ³	2.60g/cm ³
δολομίτης	2.80g/cm ³	2.80g/cm ³
σερπεντίνης	2.70g/cm ³	2.70g/cm ³
τραβερίνης		2.30g/cm ³
Αντοχή σε θλίψη (min)	510kg/cm ²	530kg/cm ²
Αντοχή σε κάμψη (min)	68kg/cm ²	71kg/cm ²
Αντοχή σε τριβή (min)		10
(μόνο για επένδυση δαπέδων)		
* > 0.5% ⇒ δοκιμή αντοχής σε παγετό		

λύ καλή. Η υδροαπορροφητικότητά τους είναι πολύ μικρή και η αντοχή τους σε φορτίσεις μεγάλη. Η ταχύτητα διέλευσης των υπερήχων είναι επίσης υψηλή και οφείλεται προφανώς στον συμπαγή χαρακτήρα των πετρωμάτων αυτών. Γενικά τα δεδομένα των δοκιμών είναι αρκετά υψηλότερα από τις κατώτερες τιμές που προβλέπονται κατά ASTM και κατά ΕΛΟΤ για μάρμαρα εξωτερικών επενδύσεων (ASTM C 503-67, ΕΛΟΤ 583, Πιν. II). Είναι χαρακτηριστικό ότι και τα δεδομένα του ασβεστολιθικού κροκαλοπαγούς που μελετήσαμε αν και είναι κατώτερα από αυτά των υπολοίπων μαρμάρων, εντούτοις είναι πολύ υψηλότερα από τις κατώτερες τιμές που προβλέπονται από τις Αμερικάνικες και Ελληνικές προδιαγραφές ASTM και ΕΛΟΤ. Το γεγονός αυτό ευνοεί τη χρησιμοποίησή τους για επενδύσεις κατακορύφων επιφανειών, αν όχι δαπέδων, λόγω της όμορφης εμφάνισης που παρουσιάζουν λειασμένες τομές του υλικού που οφείλονται στη διακύμανση των αποχρώσεων των κροκαλών. Ένα σημείο που μας απασχόλησε, όσον αφορά τις κροκάλες, ήταν η ικανότητα αποχωρισμού. Μη έχοντας ειδικές συσκευές ελέγχου, που προβλέπονται από τις διεθνείς προδιαγραφές, δοκιμάσαμε ειδικά τα κροκαλοπαγή δοκίμια σε τριβή σε ηλεκτρικούς σμυριδοτροχούς διαφορετικής κοκκομετρίας και διαπιστώσαμε ότι το υλικό ήταν αρκετά συμπαγές και δεν παρουσίαζε έντονα φαινόμενα αποχωρισμού των κροκαλών. Βέβαια ποσοτική εκτίμηση της δοκιμής δεν ήταν δυνατό να γίνει. Επίσης όσον αφορά τον σερπεντίνη παρ' όλο που δεν πρόκειται για υγιή δουνίτη ή περιδοτίτη, εντούτοις σε ορισμένες θέσεις εμφανίζεται αρκετά συμπαγής με καλή φυσική και μηχανική συμπεριφορά. Όσον αφορά τους τεφρούς ασβεστόλιθους, η παρουσία απολιθωμάτων σε συνδυασμό με τις πολύ καλές φυσικές και μηχανικές ιδιότητες που παρουσιάζουν κρίνονται ως ένα ενδιαφέρον επενδυτικό υλικό. Τέλος σχετικά με τα δολομιτικά μάρμαρα, το λευκό τους χρώμα σε συνδυασμό με τις πολύ καλές φυσικο-μηχανικές ιδιότητες που αφορούν τη χαμηλή υδροαπορροφητικότητα και υψηλή μηχανική αντοχή τα καθιστούν ενδιαφέροντα για χρήση.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Πρέπει να επισημάνουμε ότι η μελέτη αυτή δεν αποσκοπούσε να ερευνηθεί λεπτομερειακά την προτεινόμενη περιοχή αλλά να δώσει μια πρώτη εκτίμηση των γεωτεχνικών δεδομένων. Έτσι αναμφισβήτητα χρειάζεται συστηματική μελέτη, κυρίως των περιοχών που εμφανίζουν αραιό καταμητικό σύστημα.

Από την μελέτη των παραπάνω μαρμαροφόρων περιοχών, που εκτείνονται γεωγραφικά δυτικά της Έδεσσας μέχρι τη λίμνη Βεγορίτιδα, παρατηρούμε ότι:

α) Πρόκειται για ενδιαφέρουσες μαρμαροφόρες περιοχές τόσο ως προς

τον όγκο των αποθεμάτων, όσο και ως προς την εμφάνιση και τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες.

β) Το κατατμητικό σύστημα των κροκαλοπαγών και των δολομιτών εμφανίζει τρεις κύριες διευθύνσεις κλίσης, νοτιοανατολική, νοτιοδυτική και βορειοδυτική ενώ στους τεφρούς ασβεστόλιθους και στους σερπεντίνες οι διευθύνσεις κλίσης των κατατμήσεων είναι γενικά νοτιοδυτικές, βορειοδυτικές και βορειοανατολικές. Η πυκνότητα των κατατμήσεων εμφανίζει μεγάλη διακύμανση. Δυστυχώς υπάρχουν περιοχές όπου το κατατμητικό σύστημα είναι αρκετό πυκνό με απόσταση κατατμήσεων μικρότερη του μέτρου, που σε πολλές περιπτώσεις φθάνει τους πενήντα πόντους. Όμως υπάρχουν και περιοχές όπου η απόσταση των κατατμήσεων είναι της τάξης των 1.5-2m γεγονός που είναι πολύ συχνό στους γκρίζους ασβεστόλιθους.

γ) Η διάταξη των κρυστάλλων δεν εμφανίζει συγκεκριμένο προσανατολισμό και επομένως η συμπεριφορά των παραπάνω μαρμάρων είναι περίπου όμοια προς όλες τις διευθύνσεις. Ειδικότερα πρέπει να αναφερθώ στους οφειόλιθους που στο μικροσκόπιο εμφανίζονται ομοιόμορφα σερπεντινωμένοι και στα κροκαλοπαγή που εμφανίζουν σχεδόν ομοιόμορφη διάταξη στο χώρο.

δ) Τα αποτελέσματα όλων των γενομένων δοκιμών εμπίπτουν στα αποδεκτά όρια τα προβλεπόμενα από την Ελληνική προδιαγραφή, ΕΛΟΤ 583 και την Αμερικάνικη προδιαγραφή ASTM C 503-67.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ASTM C 170-50 (1976). Test for compressive strength of natural building stone. In Annual book of ASTM standards, part 19, 1978, Philadelphia.
- ASTM C 97-94 (1977). Test for absorption and bulk specific gravity of natural building stone. in Annual book of ASTM stadards, part 19, 1978, Philadelphia.
- ASTM C 503-67 (1977). Specification for exterior marble. in Annual book of ASTM standards, part 19, 1978, Philadelphia.
- ΕΛΟΤ 583. Κατασκευές εξωτερικών επενδύσεων με μάρμαρα. Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης, Αθήνα.
- MERCIER, J. 1966). Etude géologique des zones internes des Hellenides en Macedoine centrale (Grece). Contribution á l' etude du métamorphisme et de l' évolution magmatique des zones internes des Hellenides. Thèse d Etat, Paris, Ann. geol. Pays Hellen., (1968), 20, 1-792.

- ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ. - ΣΟΥΛΙΟΣ, Γ. (1978). Περί μιας επωθημένης σχιστοκερατολιθικής διαπλάσεως με οφειόλιθους και της παρουσίας οφειολιθικών μαγμάτων στην περιοχή της Άρνισσας. Η σημασία αυτών για την τεκτορογενετική εξέλιξη της Πελαγονικής ζώνης. Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ. Τομ. XIII/2, σελ. 18-33, Αθήνα.
- SOULIOS, G. (1978). Nouvelles donnees sur la géologie et l'hydrogéologie de la région d Arnissa. Vallée d Edessaïos (Macedoine - Grece). Thèse doct., Acad Montpellier, 130 p., Montpellier.