

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ – ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ -ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΑΣ Η. ΤΣΟΥΤΣΙΚΑ

**ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΦΥΣΙΚΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ,
ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΟΔΟΠΟΙΑΣ**

ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2005

*Αφιερώνεται στη μάνα μου
Και στα αδέρφια μου
Δημήτρη και Γιώργο*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	4
2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
3. ΑΔΡΑΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ.....	8
3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ	8
3.2 ΕΙΔΗ ΑΔΡΑΝΩΝ	10
3.2.1 Με βάση την προέλευσή τους	10
3.2.2 Με βάση την πηγή απόληψης	10
3.2.3 Με βάση το ειδικό τους βάρος.....	13
3.2.4 Με βάση το μέγεθος των κόκκων.....	15
3.3 ΧΡΗΣΕΙΣ ΑΔΡΑΝΩΝ	16
3.4 ΔΟΚΙΜΕΣ – ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ	18
3.4.1 Γενικές Ιδιότητες.....	18
3.4.2 Δοκιμές Προσδιορισμού Γεωμετρικών Ιδιοτήτων	19
3.4.3 Δοκιμές Προσδιορισμού Φυσικών και Μηχανικών Ιδιοτήτων	22
3.4.4 Δοκιμές Προσδιορισμού των Ιδιοτήτων σε Θερμικές και Καιρικές Μεταβολές	25
3.4.5 Δοκιμές Προσδιορισμού των Χημικών Ιδιοτήτων	27
3.5 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ-ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	29
3.5.1 Πυριγενή πετρώματα.....	29
3.5.2 Ιζηματογενή πετρώματα	30
3.5.3 Μεταμορφωμένα ή Κρυσταλλοσχιστόδη πετρώματα.....	31
4. ΑΔΡΑΝΗ ΒΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΒΑΣΕΩΝ	33
4.1 ΓΕΝΙΚΑ	33
4.2 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΑΔΡΑΝΩΝ ΣΤΙΣ ΒΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΥΠΟΒΑΣΕΙΣ	36
4.2.1 Εύκαμπτα οδοστρώματα.....	36
4.2.2 Δύσκαμπτα οδοστρώματα.....	38
4.3 ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ	39
4.3.1 Αδρανή υλικά βάσης και υποβάσης σύμφωνα με νεότερες προδιαγραφές	41
4.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΟΥ ΚΑΙ ΈΛΕΓΧΟΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΕΛΟΤ EN 13242.....	41
4.5 ΤΟ ΝΕΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΑΔΡΑΝΩΝ ΒΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΒΑΣΕΩΝ ΕΛΟΤ EN 13242	43
4.5 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ	44
4.5.1 Εξόρυξη	44
4.5.2 Θραύση-Κοσκίνιση	44
5. ΑΔΡΑΝΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ.....	46
5.1 ΓΕΝΙΚΑ	46
5.2 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΑΔΡΑΝΩΝ ΣΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ.....	46
5.3 ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ	47
5.3.1 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά.....	48
5.3.2 Μηχανικά χαρακτηριστικά	49
5.3.3 Φυσικά χαρακτηριστικά	50
5.3.4 Ανθεκτικότητα σε καιρικές και θερμικές μεταβολές.....	50
5.3.5 Πετρογραφικά και ορυκτολογικά χαρακτηριστικά	50
5.3.6 Χημικά χαρακτηριστικά.....	52
5.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΟΥ ΚΑΙ ΈΛΕΓΧΟΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΕΛΟΤ EN 12620.....	53
5.5 ΤΟ ΝΕΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΑΔΡΑΝΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΕΛΟΤ EN 12620.....	55
5.6 ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΕΛΟΤ EN 12620 ΑΠΟ ΤΟΝ ΚΤΣ 97	57
6. ΑΔΡΑΝΗ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΩΝ.....	60

6.1	ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΑΣΦΑΛΤΟΣ	60
6.1.1	Αντιυδρόφιλα υλικά.....	61
6.1.2	Τροποποιημένη ασφαλτός	62
6.2	Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΑΔΡΑΝΩΝ ΣΤΟ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑ	63
6.3	ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ	65
6.4	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΟΥ ΚΑΙ ΈΛΕΓΧΟΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΕΛΟΤ EN 13043.....	66
6.4.1	Χονδρόκοκκα – Λεπτόκοκκα αδρανή	67
6.4.2	Παιπάλη ή Filler.....	68
6.5	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΟΥ ΚΑΙ ΈΛΕΓΧΟΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΠΤΠ Α-260	69
6.5.1	Ορισμός-Σκοπός	69
6.5.2	Υλικά κατασκευής της Α-260.....	69
6.6	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΟΥ ΚΑΙ ΈΛΕΓΧΟΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΠΤΠ Α-265	74
6.6.1	Ορισμός	74
6.6.2	Αδρανή υλικά	75
6.6.3	Απαιτήσεις αδρανών υλικών για ασφαλικό σκυρόδεμα σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13043	76
6.7	ΑΔΡΑΝΗ ΓΙΑ ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΑ	77
6.7.1	Γενικά.....	77
6.7.2	Ισχύουσες Ελληνικές Προδιαγραφές	78
6.7.3	Πηγές σκληρών αδρανών – Χαρακτηριστικά αυτών.....	80
7.	ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	83
7.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	83
7.2	ΓΡΑΝΙΤΗΣ ΝΥΜΦΟΠΕΤΡΑΣ (ΔΕΙΓΜΑ ΝΥ)	85
7.2.1	Γεωλογικά χαρακτηριστικά	85
7.2.2	Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά	85
7.2.3	Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά	85
7.3	ΓΡΑΝΙΤΗΣ ΚΑΒΑΛΑΣ (ΔΕΙΓΜΑ ΚΑΒ)	90
7.3.1	Γεωλογικά χαρακτηριστικά	90
7.3.2	Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά	90
7.3.3	Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά	90
7.4	ΜΥΛΩΝΙΤΙΩΜΕΝΟΣ ΓΡΑΝΙΤΗΣ, ΦΩΛΕΑ ΚΑΒΑΛΑΣ (ΔΕΙΓΜΑ ΦΛΚ)	94
7.4.1	Γεωλογικά χαρακτηριστικά	94
7.4.2	Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά	94
7.4.3	Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά	94
7.5	ΑΝΔΕΣΙΤΗΣ, ΠΕΤΡΩΤΑ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ (ΔΕΙΓΜΑ ΡΥΠ)	97
7.5.1	Γεωλογικά χαρακτηριστικά	97
7.5.2	Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά	97
7.5.3	Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά	97
7.6	ΑΝΔΕΣΙΤΗΣ, ΆΒΑΣ ΈΒΡΟΥ (ΔΕΙΓΜΑ CΕΡ-2)	101
7.6.1	Γεωλογικά χαρακτηριστικά	101
7.6.2	Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά	101
7.6.3	Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά	101
7.7	ΑΜΦΙΒΟΛΙΤΗΣ, ΒΑ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΒΟΛΒΗΣ (ΔΕΙΓΜΑ ΑΜΒ).....	105
7.7.1	Γεωλογικά χαρακτηριστικά.....	105
7.7.2	Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά	105
7.7.3	Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά	105
7.8	ΑΜΦΙΒΟΛΙΤΗΣ, Β ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΒΟΛΒΗΣ (ΔΕΙΓΜΑ ΜΒ)	108
7.8.1	Γεωλογικά χαρακτηριστικά	108
7.8.2	Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά	108
7.8.3	Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά	108
7.9	ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ, ΛΑΤΟΜΕΙΟ ΤΙΤΑΝ, ΔΡΥΜΟΣ (ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΤΙΤ-00, ΤΙΤ-01).....	111
7.9.1	Γεωλογικά χαρακτηριστικά	111
7.9.2	Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά	111
7.9.3	Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά	111
7.10	ΜΑΡΜΑΡΟ, Β ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΒΟΛΒΗΣ (ΔΕΙΓΜΑ ΜΑΒ).....	115

7.10.1	Γεωλογικά χαρακτηριστικά	115
7.10.2	Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά	115
7.10.3	Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά	115
7.11	ΜΑΡΜΑΡΟ, ΑΜΥΓΔΑΛΕΩΝ ΚΑΒΑΛΑΣ (ΔΕΙΓΜΑ ΑΒΚ)	118
7.11.1	Γεωλογικά χαρακτηριστικά	118
7.11.2	Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά	118
7.11.3	Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά	118
7.12	ΜΑΡΜΑΡΟ, ΆΝΩ ΠΟΝΤΟΛΙΒΑΔΟ ΚΑΒΑΛΑΣ (ΔΕΙΓΜΑ ΑΛΜ)	121
7.12.1	Γεωλογικά χαρακτηριστικά	121
7.12.2	Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά	121
7.12.3	Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά	121
7.13	ΜΑΡΜΑΡΟ, ΞΕΡΙΑΣ ΚΑΒΑΛΑΣ (ΔΕΙΓΜΑ ΚΞ)	125
7.13.1	Γεωλογικά χαρακτηριστικά	125
7.13.2	Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά	125
7.13.4	Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά	125
8.	ΦΥΣΙΚΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ.....	129
9.	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ	135
9.1	Ασβεστόλιθος και Μάρμαρα.....	135
9.2	Πυριγενή και μεταμορφωμένα πετρώματα.....	137
10.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	141
11.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	143
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....		147
ABSTRACT		150

1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διατριβή ειδίκευσης εκπονήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών της κατεύθυνσης «Πετρολογία – Γεωχημεία» του τομέα Ορυκτολογίας – Πετρολογίας – Κοιτασματολογίας του τμήματος Γεωλογίας της Σχολής Θετικών Επιστημών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Η τριμελής επιτροπή αποτελείται από τον επίκουρο καθηγητή κ. Τ. Σολδάτο (επιβλέποντα), τον επίκουρο καθηγητή κ. Α. Κορωναίο και από τον καθηγητή κ. Α. Τσιραμπίδη.

Το αντικείμενο της παρούσας διατριβής ειδίκευσης είναι τα αδρανή πετρώματα, οι ιδιότητές τους και η χρήση τους σε κατασκευαστικά έργα όπως η οδοποιία.

Κατά την υπαίθρια έρευνα συλλέχθηκαν δείγματα και από τις τρεις κατηγορίες πετρωμάτων (πυριγενή, ιζηματογενή και μεταμορφωμένα). Η εργαστηριακή έρευνα περιλάμβανε μακροσκοπική και μικροσκοπική εξέταση καθώς και εξέταση των φυσικομηχανικών τους ιδιοτήτων. Τέλος, έγινε προσπάθεια να συσχετιστούν τα ορυκτολογικά χαρακτηριστικά των πετρωμάτων με τις φυσικομηχανικές ιδιότητές τους. Οι λεπτές τομές κατασκευάστηκαν στο εργαστήριο του τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ. Οι φυσικές και μηχανικές ιδιότητες των πετρωμάτων μετρήθηκαν είτε στο εργαστήριο της εταιρίας BIOTEP είτε σε εξωτερικά αναγνωρισμένα εργαστήρια.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή κ. Γ. Χριστοφίδη για τη συμπαράστασή του και τη σημαντική βοήθειά του στο πέρας αυτής της διατριβής. Τα μέλη της τριμελούς επιτροπής, τον επίκουρο καθηγητή κ. Τ. Σολδάτο, τον επίκουρο καθηγητή κ. Α. Κορωναίο και τον καθηγητή κ. Α. Τσιραμπίδη, επίσης ευχαριστώ θερμά για την βοήθεια τους.

Ευχαριστώ τον καθηγητή του τμήματος Φυσικής κ. Γ. Βουτσά για τις αναλύσεις των ασβεστολιθικών δειγμάτων και τον καθηγητή κ. Σ. Δημητριάδη για τις υποδείξεις του στα μεταμορφωμένα πετρώματα.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά τους κ.κ.:

Γενικό διευθυντή Βορείου Ελλάδας της εταιρίας BIOTEP Γ. Ανθή για τις συζητήσεις και τις υποδείξεις του σε θέματα λατομείου και σε κατασκευαστικά θέματα.

Α. Τερζίδη για τη σημαντική βοήθειά του σε θέματα χαρτών και χρήσης GPS, και την ηθική του συμπαράσταση.

Ν. Κωνσταντινίδη για τη δειγματοληψία του γρανίτη της Καβάλας.

Γ. Nassir για τη συμβολή του στις περισσότερες δειγματοληψίες και τις υποδείξεις του κατά την υπαίθρια έρευνα.

Σ. Νταμπίζια, Δρ. Γεωλόγο του ΙΓΜΕ για το πλήθος των εργασιών και μελετών που μου παραχώρησε, καθώς και τις πολύτιμες συμβουλές του.

Δ. Κατσίκας, μέλος ΕΤΕΠ του Τομέα Ορυκτολογίας – Πετρολογίας – Κοιτασματολογίας για την παρασκευή των λεπτών τομών.

Άρτεμις Τερζίδου, για τη ηθική συμπαράστασή της κατά το διάστημα εκπόνησης αυτής της διατριβής.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου για την πολύτιμη συμπαράστασή της.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο άνθρωπος από την αρχαιότητα χρησιμοποίησε πετρώματα «πέτρες» για την καλυτέρευση των συνθηκών διαβίωσής του. Ένα από τα πρώτα εργαλεία του ανθρώπου ήταν και οι πέτρες, αρχικά ακατέργαστες και στη συνέχεια κατεργασμένες ανάλογα με τη χρήση που έδινε σε αυτές όπως εργαλεία, κατοικίες, και αργότερα έργα τέχνης (αριστουργήματα) όπως γνωρίζουμε από την Αρχαία Ελλάδα, αλλά και από τους άλλους λαούς π.χ. Αιγύπτιους, Σουμερίους κλπ. Τα μνημεία που κατασκεύασαν (Ακρόπολη, Παρθενώνας, ναοί, στάδια, Πυραμίδες) αποτελούν μέχρι σήμερα αντικείμενο θαυμασμού και αντικείμενο μελέτης.

Στη σημερινή εποχή τα πετρώματα χρησιμοποιούνται ως αδρανή (αλλά και για άλλες χρήσεις) κατά κόρον. Οι γνώσεις μας για τα αδρανή ολοένα και αυξάνουν ώστε να μπορούμε με βεβαιότητα να μιλήσουμε για την καταλληλότητα ή όχι των πετρωμάτων για συγκεκριμένη χρήση. Οι εργαστηριακές δοκιμές που εφαρμόζονται στα πετρώματα για την καταλληλότητά τους ή όχι ως αδρανών έχουν στόχο την καλυτέρευση της ποιότητας της κατασκευής. Η ορυκτολογική και πετρογραφική έρευνα των πετρωμάτων μπορεί να μας δώσει ενδιαφέρουσες πληροφορίες για την περαιτέρω συνέχιση των δοκιμών ή όχι.

Ο συνεχώς αυξανόμενος ρυθμός ανάπτυξης, αλλά και η ανάγκη για άυξηση του χρόνου ζωής των κατασκευών οδήγησε στη θέσπιση νόμων για τα αδρανή πετρώματα και τις κατηγοριοποιήσεις αυτών. Η συνεχώς αυξανόμενη εκμετάλλευση των πετρωμάτων (τεράστιες ποσότητες αδρανών πετρωμάτων για την κατασκευή σημαντικών έργων στη χώρα μας, π.χ. Ολυμπιακά έργα, Εγνατία Οδός, Ιόνιος Οδός) αλλά και το πρόβλημα της απόθεσης των υλικών των οικοδομικών απορριμμάτων (π.χ. από κατεδαφίσεις παλαιών κτιρίων, από καταστροφή παλαιών οδοστρωμάτων), οδήγησε στην ανακύκλωση αυτών και στην επαναχρησιμοποίησή τους. Σύμφωνα με εκτιμήσεις η ποσότητα των οικοδομικών απορριμμάτων στη χώρα μας είναι 2 εκατ. τόνοι ετησίως. Από αυτά μόνο το 5% ανακυκλώνεται. Τα υπόλοιπα καταλήγουν σε ανεξέλεγκτους χώρους απόθεσης επιβαρύνοντας έτσι το περιβάλλον και τα υπόγεια ύδατα. Τα ανακυκλούμενα αδρανή λοιπόν είναι μια καλή λύση από πολλές πλευρές.

Ένα άλλο επίσης σημαντικό πρόβλημα είναι το νομοθετικό πλαίσιο που ισχύει στην Ελλάδα. Σε όλη τη χώρα, αλλά κυρίως στην περιοχή της Αττικής, υπάρχει έντονο πρόβλημα με τα λατομεία αδρανών υλικών. Ουσιώδη προβλήματα είναι:

1. καθορισμός και η ενεργοποίηση των λατομικών ζωνών.
2. Οι σωστές μελέτες για την αδειοδότηση και ο αυστηρός έλεγχος για την τήρησή τους, πράγμα που θα βοηθήσει στην αλλαγή εντύπωσης που έχει η κοινή γνώμη για την ορθή και ελεγχόμενη λειτουργία των λατομείων και αποκατάσταση του περιβάλλοντος.
3. εντατικός έλεγχος των λατομικών προϊόντων με βάση τις προδιαγραφές που έχουν θεσπιστεί για κάθε χρήση.
4. Θεσμική ρύθμιση για τη λειτουργία και αποκατάσταση λατομείων ή δανειοθαλάμων που εξυπηρετούν δημόσια τεχνικά έργα. Αυστηρός έλεγχος για την εμπορία των προϊόντων τους, που με άνισους όρους, ανταγωνίζονται τα νομίμως λειτουργούντα λατομεία αδρανών υλικών της περιοχής.
5. Δυνατότητα οικονομικής λειτουργίας υπόγειων εκμεταλλεύσεων, ιδίως σε περιοχές που είναι δεδομένη η αδυναμία εξεύρεσης κατάλληλης λατομικής ζώνης.
6. Εντοπισμός και αξιοποίηση λατομείων με κατάλληλο πέτρωμα για την παραγωγή σκληρών αδρανών.

3. ΑΔΡΑΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ

3.1 Ορισμός

Αδρανή ονομάζονται τα κοκκομετρικώς διαβαθμισμένα ορυκτής ή βιομηχανικής προέλευσης υλικά που χρησιμοποιούνται είτε με συγκολλητικό μέσο (σκυρόδεμα, ασφαλτόμιγμα) είτε αυτούσια (έρμα σιδηροδρομικών γραμμών, στραγγιστηρίων, φράγματα, αναβαθμίδες ποταμών, λιμενικά έργα) σε ποικίλα τεχνικά έργα. Τα αδρανή υλικά προσφέρουν όγκο και υψηλότερη αντοχή στις διάφορες τεχνικές κατασκευές. Δεν αντιδρούν χημικά με τις διάφορες συγκολλητικές ύλες, αλλά παρουσιάζουν φυσική συνοχή εξαιτίας της γεωμετρικής ταξινόμησης των κόκκων τους και του βάρους τους.

Για τη συγγραφή του κεφαλαίου αυτού χρησιμοποιήθηκε ως βάση ο Οδηγός Δομικών Υλικών του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (Τ.Ε.Ε.), καθώς και άλλη βιβλιογραφία που αναφέρεται.

Οι απαραίτητες συνθήκες για να χρησιμοποιηθεί μια απόθεση πετρώματος ως θραυστό αδρανές είναι:

- α) Να παρουσιάζει φυσικομηχανικές ιδιότητες εντός των ορίων των προδιαγραφών.
- β) Να βρίσκεται σε σημαντική ποσότητα εκμετάλλευσης για τουλάχιστον 10 χρόνια και κατά προτίμηση πάνω από 20.
- γ) Να υπάρχει ζήτηση στην αγορά.
- δ) Το κόστος μεταφοράς να είναι ανταγωνιστικό (μικρή απόσταση από αστικό κέντρο).
- ε) Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον από την εξόρυξη, κατεργασία και μεταφορά να είναι μέσα σε αποδεκτά όρια.
- στ) Η εξόρυξη, κατεργασία και μεταφορά να επιτρέπεται από τις αρμόδιες κρατικές αρχές και να είναι σύμφωνη με την ισχύουσα νομοθεσία (ΤΣΙΡΑΜΠΙΔΗΣ 2003).

3.1.1 Ορισμός των αδρανών σύμφωνα με τα νομοθετικά διατάγματα

Το πρώτο νομοθετικό διάταγμα το οποίο κατάτασσε από νομική άποψη τις διάφορες ορυκτές ύλες για παραγωγή και εκμετάλλευση των συγκεκριμένων προϊόντων ήταν το 210/1973. Σύμφωνα με το νόμο αυτό οι ορυκτές πρώτες ύλες διακρίνονται σε μεταλλευτικά ορυκτά και σε λατομικά ορυκτά. Λατομικά ορυκτά

θεωρούνται τα μάρμαρα, οι ασβεστόλιθοι, οι δολομίτες με περιεκτικότητα σε $MgO < 21\%$, οι σχιστόλιθοι, οι μάργες, οι άργιλοι, οι καολίνες, οι ιλλίτες, οι μοντμοριλονίτες, οι μπετονίτες, η κιμωλία, η γύψος, το αλάβαστρο, ο φλύσχης, οι τόφφοι, οι αμφιβολίτες, οι χαλαζίτες, οι οφιόλιθοι, οι ολιβίνες, οι περιδοτίτες, οι γρανίτες, οι συηνίτες, οι διορίτες, οι τραχείτες, οι ρυόλιθοι, οι δακίτες, οι ανδεσίτες, οι βασάλτες, οι περλίτες, η θηραϊκή γη κ.λπ. Ο νόμος αυτός 210/1973 κατατάσσει τα πετρώματα σύμφωνα με τη γεωλογική ταξινόμηση των πετρωμάτων. Ο νόμος αυτός ασχολείται αποκλειστικά με τα μεταλλευτικά ορυκτά και με την αδειοδότηση περιοχών για εκμετάλλευση ανάλογων ορυκτών.

Ο πρώτος νόμος που αναφέρεται στην εκμετάλλευση λατομείων αδρανών ορυκτών είναι ο Ν. 386/1976. Ο επόμενος νόμος που αναφέρεται στην εκμετάλλευση λατομείων είναι ο Ν. 669/77 ο οποίος είναι ουσιαστικά συμπλήρωμα του νόμου 210/1973, ασχολείται με τα λατομικά ορυκτά και τα διακρίνει σε βιομηχανικά ορυκτά, μάρμαρα και αδρανή υλικά. Η σημερινή κατάσταση για αδειοδότηση λατομείων αδρανών υλικών ορίζεται από το νόμο 1428/1984 ο οποίος εισάγει και την έννοια της λατομικής περιοχής αδρανών υλικών (ΦΕΚ 43/Α'/11.4.1984). Ο νόμος αυτός τροποποιήθηκε με το νόμο 2115/1993 ο οποίος ισχύει μέχρι σήμερα (ΦΕΚ 15/Α'/15.2.1993). Σύμφωνα με το νόμο 1428/1984 αδρανή υλικά είναι τα υλικά διαφόρων διαστάσεων που προέρχονται από την εξόρυξη κατάλληλων πετρωμάτων ή την απόληψη φυσικών αποθέσεων θραυμάτων τους και που χρησιμοποιούνται όπως έχουν ή μετά από θραύση ή λειοτριβήση ή ταξινόμηση για την παρασκευή σκυροδεμάτων ή κονιαμάτων, ενώ με μορφή σκύρων ή μεγαλύτερων τεμαχίων χρησιμοποιούνται στην οδοποιία, σε λοιπά τεχνικά έργα, σε οικοδομές. Τέλος, αδρανή θεωρούνται και τα ασβεστολιθικά πετρώματα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ασβέστη ή υδραυλικών κονιών ή συλλιπασμάτων μεταλλουργίας. Στην έννοια των αδρανών υλικών περιλαμβάνονται και οι δομικοί λίθοι, λαξευτοί ή όχι. Το τελευταίο προστέθηκε με το άρθρο 1 του Ν.2115/1993 (ΦΕΚ 15/Α'/15.2.1993). Ορίζεται όμως και η έννοια του λατομικού χώρου: «η ενιαία έκταση γης στην οποία έχει δικαίωμα εντοπισμού κοιτάσματος ή εκμετάλλευσης λατομικών ορυκτών ένας μόνο εκμεταλλευτής» και η έννοια του λατομείου: «η έκταση γης μέσα στο λατομικό χώρο, όπου αναπτύσσονται λατομικές εργασίες».

3.2 Είδη αδρανών

Τα αδρανή υλικά διακρίνονται σε οικογένειες με τα εξής κριτήρια:

3.2.1 Με βάση την προέλευσή τους

- Φυσικής προέλευσης.
- Τεχνητά ή βιομηχανικά.
- Ανακυκλωμένα.

Φυσικής προέλευσης είναι τα αδρανή τα οποία έχουν ληφθεί από το φυσικό περιβάλλον και δεν έχουν υποστεί τίποτε περισσότερο από μηχανική επεξεργασία θραύσης, πλυσίματος και διαλογής (π.χ. θραυστά πετρώματα, αλλουβιακοί σχηματισμοί, ποτάμιες λιμναίες ή θαλάσσιες αποθέσεις, αποθέσεις άμμων ή χαλίκων, λάβα, ηφαιστειακοί τόφφοι, λατομικά προϊόντα κ.λπ.).

Τεχνητά ή βιομηχανικά είναι τα αδρανή που έχουν προκύψει ως προϊόντα ή παραπροϊόντα βιομηχανικής δραστηριότητας από χημική ή θερμική επεξεργασία πρώτων υλών ορυκτής ή άλλης προέλευσης (π.χ. τέφρες, σκωρίες, υπολείμματα καύσεων, άργιλοι, βερμικουλίτης, περλίτης, διατομίτης, υλικά στίλβωσης, αργιλικοί σχιστόλιθοι, σχιστοπηλοί κ.λπ.).

Ανακυκλωμένα είναι τα αδρανή που προκύπτουν από την επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση δομικών υλικών από υφιστάμενες κατασκευές (υλικά κατεδάφισης σκυροδέματος, τοιχοποιίας, ασφαλικών έργων κ.λπ.).

3.2.2 Με βάση την πηγή απόληψης

- «Φυσικά» ή συλλεκτά αδρανή
- Αδρανή λατομείων

Οι παραπάνω κατηγορίες αναφέρονται στα πρωτογενή αδρανή φυσικής προέλευσης, ανεξάρτητα αν ακολουθεί άλλη κατεργασία που μπορεί να τα μετατρέψει σε τεχνητά – βιομηχανικά.

«Φυσικά» ή συλλεκτά αδρανή ονομάζονται τα αδρανή που η λήψη τους γίνεται από φυσικές αποθέσεις (π.χ. ποτάμια, ορυχεία κ.λπ.). Είναι τα γνωστά χαλίκια, τα αμμοχάλικα ή η φυσική άμμος, που βρίσκονται σε ελαφρώς σταθεροποιημένη μορφή

στις παλαιές κοίτες ή όχθες χειμάρρων, στα υψίπεδα που δημιουργήθηκαν κατά τη μετά-παγετώδη περίοδο, στις εκβολές ποταμών ή χειμάρρων ή σε παραλίες. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως έχουν ή να επεξεργαστούν παραπέρα ανάλογα με τις απαιτήσεις (π.χ. θραύση, πλύσιμο, κ.λπ.). Επειδή σε αυτά τα υλικά υπάρχει αυξημένος ο κίνδυνος αργιλικής παιπάλης, έχουν κατά κανόνα αυξημένες απαιτήσεις ως προς αυτή. Τα υλικά φυσικών αποθέσεων χρησιμοποιήθηκαν και χρησιμοποιούνται ευρέως ως υλικά υποβάσεων και βάσεων. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και για την παραγωγή ασφαλτομιγμάτων, αφού προηγουμένως απαλλαγούν (με προκοσκίνισμα και πλύση) από το χρώμα ή την ιλύ που πιθανόν περιέχουν και κατόπιν θραυστούν, ώστε να αποκτήσουν την επιθυμητή κοκκομετρική διαβάθμιση.

Τα υλικά φυσικών αποθέσεων είναι "χαλαρά" και γι' αυτό εξορύσσονται με τη βοήθεια εκσκαφέα ή ισχυρού φορτωτή. Τα αδρανή υλικά φυσικών αποθέσεων είναι μίγμα διάφορων πετρωμάτων κυρίως ασβεστολιθικών, ψαμμιτικών και γρανιτικών. Εξαιτίας αυτής ακριβώς της σύνθεσής τους τα θραυστά σκύρα έχουν καλύτερες μηχανικές ιδιότητες από αυτές των ασβεστολιθικών πετρωμάτων και θα πρέπει να προτιμούνται για τάπητες κυκλοφορίας, όταν βέβαια υπάρχει έλλειψη από άλλα σκληρότερα πετρώματα. Το πρόβλημα στα αδρανή υλικά φυσικών αποθέσεων είναι η μορφή των κόκκων που δεν πρέπει να είναι αποστρογγυλεμένη αν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε τάπητες κυκλοφορίας (ΝΙΚΟΛΑΪΔΗΣ 1996).

Αδρανή λατομείων ονομάζονται τα αδρανή που προκύπτουν από εξόρυξη και θραύση όγκων πετρώματος. Είναι η κύρια κατηγορία αδρανών υλικών που χρησιμοποιούνται στον Ελλαδικό χώρο. Τα θραυστά αδρανή παράγονται σε λατομεία από διάφορα πετρώματα με κατάλληλες μηχανικές και χημικές ιδιότητες. Τα πετρώματα ανάλογα με τον τρόπο που σχηματίζονται κατατάσσονται σε τρεις γενικές κατηγορίες: τα πυριγενή, τα ιζηματογενή και τα μεταμορφωμένα ή κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα.

Τα **πυριγενή πετρώματα** σχηματίστηκαν από τη πήξη (στερεοποίηση) του μάγματος. Το μάγμα είναι ένα φυσικό διάπυρο πυριτικό τήγμα το οποίο περιέχει διαλυμένα αέρια ή και στερεά υλικά. Οι διάφορες ιδιότητες του μάγματος όπως είναι η ταχύτητα ανάπτυξης των κρυστάλλων, ο σχηματισμός υάλου κατά την ταχεία ψύξη, το ιξώδες, και η εκρηκτικότητα της λάβας κατά την έκχυσή της στην επιφάνεια της γης, εξαρτώνται από την ατομική δομή του πυριτικού τήγματος. Με κριτήριο το βάθος στερεοποίησης του

μάγματος μέσα στη γη διακρίνονται σε βαθυγενή ή πλουτωνίτες (η πήξη του μάγματος γίνεται σε βάθος), σε έκχυτα ή ηφαιστίτες (η πήξη του μάγματος γίνεται στην επιφάνεια της γης) και σε φλεβικά ή υποηφαιστειακά (η πήξη γίνεται σε ενδιάμεσες θέσεις μεταξύ πλουτωνικών και ηφαιστειακών πετρωμάτων). Τα πετρώματα των τριών αυτών κατηγοριών διακρίνονται μεταξύ τους από το βαθμό κρυσταλλικότητας και το μέγεθος των κόκκων των ορυκτών τους, τα οποία εξαρτώνται από τη διαφορετική θέση στερεοποίησης του μάγματος. Ο βαθμός κρυσταλλικότητας εξαρτάται από την ταχύτητα ψύξης, τη σύσταση και το ιζώδες του μάγματος. Αν η ταχύτητα ψύξης είναι βραδεία δημιουργούνται μεγάλοι κρύσταλλοι και τα πετρώματα χαρακτηρίζονται ως αδρόκοκκα, όπως τα γρανιτικά πετρώματα, αν όμως η ψύξη είναι πολύ γρήγορη σχηματίζονται λεπτοί κρύσταλλοι (δεν διακρίνονται με γυμνό μάτι) και τα πετρώματα χαρακτηρίζονται ως λεπτόκοκκα, όπως ο βασάλτης (ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΔΗΣ & ΚΟΡΩΝΑΙΟΣ 2004).

Τα **ιζηματογενή πετρώματα** είναι τα πιο διαδομένα πετρώματα στην επιφάνεια της γης. Αποτελούν το 7,9% του συνολικού όγκου των πετρωμάτων του φλοιού της γης. Σχηματίζονται από απόθεση και συγκόλληση ή μη υλικών αποσάθρωσης, που αιωρούνται στο νερό (πυθμένας θαλασσών) ή στον αέρα, κλαστικά ιζήματα. Από απόθεση υλικών ηφαιστειακής προέλευσης, ηφαιστειοκλαστίτες, από καταβύθιση των συστατικών ιόντων διάφορων διαλυμάτων, εξαιτίας της εξάτμισης, χημικά ιζήματα, και τέλος από συσσώρευση των σκελετικών στοιχείων διάφορων ζωικών ή φυτικών οργανισμών, βιογενή ιζήματα. Τυπικά ιζηματογενή πετρώματα είναι: οι ασβεστόλιθοι, οι δολομίτες, οι ψαμμίτες, τα κροκαλοπαγή και λατυποπαγή πετρώματα, οι εβαπορίτες, οι βωξίτες, οι λατερίτες κ.ά. (ΤΣΙΡΑΜΠΙΔΗΣ 1993).

Τα **μεταμορφωμένα πετρώματα** προέρχονται από άλλα πετρώματα τα οποία προϋπήρχαν και τα οποία παραμένοντας σε στερεή κατάσταση τροποποιήθηκαν ορυκτολογικά, ιστολογικά ή χημικά υπό την επίδραση υψηλών πιέσεων και θερμοκρασιών. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται μεταμόρφωση και συμβαίνει σε ορισμένο βάθος στο φλοιό της γης, κάτω από τη ζώνη διάβρωσης και διαγένεσης. Στη μεταμόρφωση δεν περιλαμβάνεται η διάβαση των πετρωμάτων από κάποιο στάδιο εκτεταμένης τήξης τους, γιατί κάτι τέτοιο οδηγεί στη δημιουργία μάγματος που μετά τη στερεοποίησή του θα δημιουργηθεί πυριγενές και όχι μεταμορφωμένο πέτρωμα. Όμως κατά τη διαδικασία της μεταμόρφωσης δεν αποκλείεται η συμμετοχή και μιας ρευστής φάσης ή ακόμα και η τήξη μικρού ποσοστού του αρχικού πετρώματος. Κάποιο πέτρωμα

είναι δυνατό αν έχει υποστεί τη διεργασία της μεταμόρφωσης περισσότερες από μια φορές. Ένα τέτοιο πέτρωμα ονομάζεται πολυμεταμορφωμένο. Από τα παραπάνω προκύπτει πως τα μεταμορφωμένα πετρώματα αρχικά μπορεί να ήταν πυριγενή ή ιζηματογενή ή ήδη μεταμορφωμένα πετρώματα. Τέτοια πετρώματα είναι: οι αργιλικοί σχιστόλιθοι από μεταμόρφωση ιζηματογενών αργιλικών πρωτολίθων, τα μάρμαρα από ασβεστόλιθους, οι χαλαζίτες από αρχικά ψαμμιτικά ή πιο αδρόκοκκα κλαστικά πετρώματα, οι γνεύσιοι είτε από γρανίτες, γρανοδιορίτες ή τα αντίστοιχα ηφαιστειακά είτε από ιζηματογενή πετρώματα, οι αμφιβολίτες από γάββρους ή βασάλτες κ.ά. (ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗΣ 1988).

Τα περισσότερα πυριγενή και ορισμένα μεταμορφωμένα πετρώματα είναι συνήθως πολύ σκληρά, από τα οποία εξάγονται άριστης ποιότητας θραυστά αδρανή για όλες τις στρώσεις των οδοστρωμάτων και ιδιαίτερα για τους τάπητες κυκλοφορίας. Από τα πλέον γνωστά ιζηματογενή πετρώματα είναι ο ασβεστόλιθος και ο δολομίτης, από τους οποίους εξάγονται θραυστά αδρανή κατώτερης όμως ποιότητας των πυριγενών ή μεταμορφωμένων πετρωμάτων που όμως είναι αποδεκτά για πολλές χρήσεις ως υποστρώματα. Στον πίνακα 3.1 παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα των αδρανών υλικών με βάση την πηγή λήψης και την προέλευσή τους.

3.2.3 Με βάση το ειδικό τους βάρος

- Κανονικού ειδικού βάρους.
- Ελαφροβαρή.
- Βαρέα.

Κανονικού ειδικού βάρους είναι τα αδρανή με ειδικό βάρος $2-3 \text{ Mg/m}^3$. Είναι τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα αδρανή για τεχνικά έργα (ασφαλτικά, οδοστρώσεις, παραγωγή σκυροδέματος, κονιαμάτων, κ.λπ.).

Ελαφροβαρή είναι τα αδρανή με ειδικό βάρος $< 2 \text{ Mg/m}^3$

Βαρέα είναι τα αδρανή με ειδικό βάρος $> 3 \text{ Mg/m}^3$. Έχουν ειδικές χρήσεις (πχ. κατασκευές από σκυρόδεμα για προστασία από την ακτινοβολία κ.λπ.).

Πίνακας 3.1. Προελεύσεις αδρανών πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

Υλικό – Προέλευση	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Θραυστά αδρανή προϊόντα εξόρυξης λατομείων.	Κατά κανόνα υγιές υλικό, αν η εξόρυξη και παραγωγική διαδικασία γίνεται με επιμέλεια, παρουσιάζουν σταθερή και ελεγχόμενη δομή.	Τα λεπτόκοκκα κλάσματα περιέχουν ποσοστό παιπάλης πολύ μεγαλύτερο από αντίστοιχα φυσικά αδρανή.
Θραυστά αδρανή, προϊόντα θραύσης φυσικών αποθέσεων (ποταμοί, χείμαρροι, λίμνες κ.λπ.).	Υλικό μεγάλης σκληρότητας. Δημιουργεί προϊόντα με χαμηλό ποσοστό παιπάλης.	Προσμίξεις αργίλου και αλλουβιακών σχηματισμών. Επιβάλλεται πλύσιμο πριν τη θραύση. Ενδεχόμενη παρουσία, κυρίως στα ποταμίσια υλικά, υψηλού ποσοστού άμορφου SiO ₂ που αντιδρά με τα αλκάλια του τσιμέντου. Χρειάζονται εξέταση πριν την χρήση τους σε σκυρόδεμα ή σε κονιάματα (αλκαλοπυριτική αντίδραση).
Φυσικά αδρανή, προϊόντα ταξινόμησης φυσικών αποθέσεων (ποταμοί, χείμαρροι, λίμνες κ.λπ.).	Τα λεπτόκοκκα φυσικά αδρανή έχουν πολύ χαμηλό ποσοστό παιπάλης.	Προσμίξεις χώματος. Επιβάλλεται το πλύσιμο. Λεία επιφάνεια και στρογγυλεμένο σχήμα κόκκων.
Άμμος θαλάσσης	Λεπτόκοκκη άμμος, κατάλληλη για κονιάματα.	Υπαρξη κοχυλίων και χλωριόντων. Επιβάλλεται το πλύσιμο πριν την χρήση.
Τεχνητά αδρανή από επεξεργασία πετρωμάτων (π.χ. κίσηρη, περλίτη κ.λπ.).	Ελαφροβαρή αδρανή για οδοποιία και ελαφροβαρές σκυρόδεμα.	Χρειάζονται βιομηχανική επεξεργασία.
Σκωρίες (slags)	Αποτελούν λύση για παραγωγή αντισιδηρών αδρανών οδοποιίας.	Πρέπει να εξετάζονται οι ιδιότητες πριν τη χρήση τους.
Ανακυκλωμένα αδρανή από θραύση παλαιών κατασκευών (σκυρόδεμα, ασφαλοτάπητες).	Περιβαλλοντικά και οικονομικά πλεονεκτήματα. Αποτελούν καλή λύση για υλικά υπόβασης ή για παραγωγή άοπλου σκυροδέματος σε κατασκευές (σκυρόδεμα καθαριότητας C8/10).	Δύσκολη η προδιαλογή τους (π.χ. διαχωρισμός σκυροδέματος από χάλυβα οπλισμού). Πρέπει πριν τη χρήση τους να προσδιορίζεται το % SO ₃ , καθώς και το % χλωριόντων που πιθανών να είναι αυξημένο .

Τα ελαφροβαρή αδρανή μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις ομάδες: (ΤΣΙΡΑΜΠΙΔΗΣ 2003).

α) Φυσικά ελαφρά αδρανή. Παρασκευάζονται με θραύση και κοκκομετρική διαβάθμιση φυσικών πετρωμάτων όπως κίσηρης, σκωρίας, ηφαιστειακής τέφρας κ.ά.

β) Επεξεργασμένα δομικά ελαφρά αδρανή. Παρασκευάζονται με πυροεπεξεργασία σχιστοπηλού, αργίλου ή αργιλλικού σχιστολίθου σε περιστρεφόμενους κλιβάνους ή μηχανές τεφροποίησης.

γ) Επεξεργασμένα μονωτικά υπέρ-ελαφρά αδρανή. Παρασκευάζονται με πυροεπεξεργασία βερμικουλίτη, περλίτη και διατομίτη.

δ) Παραπροϊόντα ως ελαφρά αδρανή. Παρασκευάζονται με θραύση και κοκκομετρική διαβάθμιση αφρώδους ή κοκκώδους σκωρίας υψικαμίνων και ιπτάμενης τέφρας.

Τα ελαφρά αδρανή φυσικά ή επεξεργασμένα παρουσιάζουν μεγάλο εύρος τιμών του φαινόμενου ειδικού βάρους που είναι όμως πάντα χαμηλότερο από το αντίστοιχο των βαριών αδρανών. Τα ελαφρά αδρανή χρησιμοποιούνται για μονωτικούς σκοπούς, στην παρασκευή του τσιμέντου, για ελαφροβαρή θερμομονωτικά σκυροδέματα κ. ά.

Οι κύριες ιδιότητες των υλικών που χρησιμοποιούνται ως ελαφρά αδρανή είναι: α) το μικρό βάρος το οποίο διευκολύνει το φυσικό χειρισμό των δομικών υλικών, β) η θερμική και ακουστική μόνωση, που είναι το αποτέλεσμα των κενών ή των πόρων τους, γ) η αντοχή στη φωτιά, που είναι η περιορισμένη πιθανότητα διάσπασης σε θερμοκρασίες κάτω του σημείου τήξης του αδρανούς, δ) η σκληρότητα, που είναι η ελάχιστη τάση ραγίσματος ή θραύσης, όταν ελαφρό αδρανές χρησιμοποιείται σε κατασκευαστικές εφαρμογές.

3.2.4 Με βάση το μέγεθος των κόκκων

- Χονδρόκοκκα.
- Λεπτόκοκκα.
- Παιπάλη.

Χονδρόκοκκα (σύμφωνα με τους Ευρωπαϊκούς Κανονισμούς Αδρανών Υλικών) είναι τα αδρανή με μέγεθος κόκκων $D > 2 \text{ mm}$ (ογκόλιθοι, κροκάλες, έρμα, χαλίκι, γαρμπίλι, ρυζάκι).

Λεπτόκοκκα (σύμφωνα με τους Ευρωπαϊκούς Κανονισμούς Αδρανών Υλικών) είναι τα αδρανή με μέγεθος κόκκων $D = 2 - 0,063 \text{ mm}$ (διάφορα είδη άμμων).

Παιπάλη (σύμφωνα με τους Ευρωπαϊκούς Κανονισμούς Αδρανών Υλικών) είναι το διαβαθμισμένο λεπτομερές αδρανές υλικό με μέγεθος κόκκων $D < 0,063 \text{ mm}$. Προστιθέμενο σε δομικά υλικά προσδίδει συγκεκριμένες ιδιότητες.

Τα παραπάνω Νέα Ευρωπαϊκά Πρότυπα αδρανών πρόκειται σύντομα να αντικαταστήσουν τα ισχύοντα Ελληνικά, τα οποία έχουν υιοθετήσει τις Αμερικανικές προδιαγραφές (AASHTO ή ASTM) κατά τις οποίες:

Χονδρόκοκκο αδρανές ορίζεται αυτό του οποίου οι κόκκοι συγκρατούνται στο κόσκινο των 4,75 mm (κόσκινο Νο 4) ή στο κόσκινο των 5,00 mm κατά τις Βρετανικές και Γερμανικές προδιαγραφές.

Λεπτόκοκκο αδρανές ορίζεται αυτό του οποίου οι κόκκοι διέρχονται από το κόσκινο των 4,75 mm ή 5,00 mm (ανάλογα με τις προδιαγραφές) και συγκρατούνται στο κόσκινο των 0,075 mm (κόσκινο Νο 200). Το λεπτόκοκκο αδρανές έχει κοινώς διαστάσεις άμμου.

Παιπάλη (Filler) ορίζεται το αδρανές υλικό που διέρχεται από το κόσκινο των 0,075 mm (κόσκινο Νο 200), έχει δηλαδή μορφή σκόνης.

3.3 Χρήσεις Αδρανών

Με βάση τις χρήσεις τους τα αδρανή μπορούν να καταταχθούν σε έξι (6) βασικές κατηγορίες:

- Αδρανή υλικά για βάσεις και υποβάσεις σταθεροποιημένες ή όχι στην οδοποιία.
- Αδρανή για την παρασκευή σκυροδέματος.
- Αδρανή για την παραγωγή ασφαλτομιγμάτων.
- Αδρανή κονιαμάτων.
- Αδρανή για ογκόλιθους σε υδραυλικά και λιμενικά έργα.
- Αδρανή για έρμα σιδηροδρομικής γραμμής.

Αδρανή υλικά για βάσεις και υποβάσεις σταθεροποιημένες ή όχι στην οδοποιία (θα εξεταστούν αναλυτικά στο Κεφάλαιο 4).

Αδρανή για την παρασκευή σκυροδέματος (θα εξεταστούν αναλυτικά στο Κεφάλαιο 5).

Αδρανή για την παραγωγή ασφαλτομιγμάτων (θα εξεταστούν αναλυτικά στο Κεφάλαιο 6).

Αδρανή κονιαμάτων. Τα αδρανή κονιαμάτων είναι κοκκώδη υλικά φυσικά, τεχνητά ή ανακυκλωμένα, τα οποία με την προσθήκη ενός ή περισσότερων συνδετικών υλικών (κονιών), νερού και άλλων ειδικών προσθέτων σχηματίζουν κονίαμα. Με βάση την πηγή λήψης τους μπορεί να είναι φυσικά ή θραυστά. Τα συνηθέστερα κλάσματα

είναι τα λεπτόκοκκα και η παιπάλη. Τα κονιάματα μπορεί να είναι ανάλογα με τη χρήση: κονιάματα δόμησης – τοιχοποιίας, επιχρισμάτων, ισοπεδωτικά (δαπέδων), επισκευαστικά, κονιάματα συγκολλητικά (π.χ. κόλλες), και ειδικά κονιάματα. Η προσθήκη των αδρανών στα κονιάματα συνιστάται για οικονομικούς και τεχνικούς λόγους. Τα κονιάματα που παράγονται χωρίς προσθήκη αδρανών, συστέλλονται κατά την πήξη και την σκλήρυνση, με αποτέλεσμα τη δημιουργία επιφανειακών ρωγματώσεων. Από οικονομική άποψη τα αδρανή υλικά είναι πιο φθηνά από τις κονίες. Τα αδρανή υλικά θα πρέπει να ικανοποιούν ορισμένες απαιτήσεις για να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν στα κονιάματα. Δεν πρέπει να περιλαμβάνουν επιβλαβείς προσμίξεις που θα επηρεάζουν την σταθερότητα, αντοχή και λοιπές ιδιότητες των κονιαμάτων. Επίσης η υγρασία τους είναι καθοριστικός παράγοντας. Η υγρασία δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 3%. Θα πρέπει πάντα να υπολογίζεται πριν τον καθορισμό των αναλογιών ενός κονιάματος. Όλα τα αδρανή κονιαμάτων από άποψη κοκκομετρικής διαβάθμισης χαρακτηρίζονται από το ελάχιστο μέγεθος κόκκου d και το μέγιστο μέγεθος κόκκου D . Τα συνηθέστερα κλάσματα είναι (d/D) 0/1 mm, 0/2 mm, 0/4 mm, 0/8 mm, 2/4 mm, 2/8 mm.

Αδρανή για ογκόλιθους σε υδραυλικά και λιμενικά έργα. Χονδρόκοκκα κυρίως αδρανή και ογκόλιθοι που χρησιμοποιούνται σε λιμενικά και άλλα υδραυλικά έργα. Τέτοιου είδους έργα είναι η κατασκευή λιμένων, κρηπιδωμάτων, κυματοθραυστών, μόλων, καθώς και υδραυλικά έργα ποταμών και θαλάσσιων διωρύγων, έργα προστασίας ακτών, διευθέτηση ποταμών που εκβάλλουν στη θάλασσα κ.α. Σύμφωνα με τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα μπορεί να είναι φυσικά, τεχνητά ή ανακυκλωμένα αδρανή ή μίγματα αυτών. Οι φυσικοί ογκόλιθοι προέρχονται από πετρώματα και έχουν υποστεί μόνο μηχανική κατεργασία. Οι τεχνητοί ογκόλιθοι προέρχονται αρχικά από πετρώματα, έχουν όμως προκύψει από βιομηχανική επεξεργασία (θερμική ή άλλη). Δεν συμπεριλαμβάνονται τεμάχια οπλισμένου σκυροδέματος. Οι ανακυκλωμένοι ογκόλιθοι είναι αδρανή που έχουν προκύψει από επεξεργασία ανόργανων υλικών τα οποία προηγουμένως είχαν χρησιμοποιηθεί σε κατασκευές. Η εκλογή των βράχων θωράκισης είναι σημαντικός παράγοντας για την ανθεκτικότητα των υδραυλικών έργων. Πρέπει επίσης να εξετάζουμε τις κλιματολογικές συνθήκες, τον κυματισμό στη συγκεκριμένη περιοχή, τις ελεύθερες

ταλαντώσεις, τις παλίρροιες, τα ρεύματα, τη φυσική και χημική δράση της θάλασσας και του νερού πάνω στα αδρανή υλικά όπως επίσης και τις δυνάμεις που ασκούνται. Ειδικά, οι βράχοι θωράκισης που χρησιμοποιούνται στη στέψη ενός κυματοθραύστη θα πρέπει να προέρχονται από πετρώματα που θραύονται σε μεγάλα τεμάχια με λίγες ή καθόλου ρωγμές και διακλάσεις. Αυτό επιβάλλεται σε περιοχές με έντονους παγετώνες και αυτό γιατί οι ογκόλιθοι ενός κυματοθραύστη δεν πρέπει να θραύονται σε μικρότερα τμήματα υπό την επίδραση της ψύξης και της απόψυξης.

Αδρανή για υποστρώματα σιδηροδρομικών γραμμών. Γωνιώδη θραυστά υλικά, τα οποία χρησιμοποιούνται χωρίς συνδετικό υλικό στην κατασκευή σιδηροδρομικών υποστρωμάτων. Τα σκύρα σιδηροδρομικών γραμμών που προορίζονται για τραίνα υψηλών ταχυτήτων, προέρχονται από τη θραύση εκρηξιγενών (ηφαιστειακών και πλουτωνικών) πετρωμάτων (με εξαίρεση τα πετρώματα τύπου ελαφρόπετρας και ποζολάνης), καθώς και ορισμένων μεταμορφωμένων που να έχουν την απαιτούμενη σκληρότητα. Γι' αυτή τη χρήση αποκλείονται τα ιζηματογενή πετρώματα. Αντιθέτως, για σιδηροδρομικές γραμμές, όπου κυκλοφορούν τραίνα συνήθων ταχυτήτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σκληροί ασβεστόλιθοι ή δολομίτες.

3.4 Δοκιμές – Προδιαγραφές

Τα αδρανή ανάλογα με τη χρήση τους εξετάζονται για διάφορες ιδιότητες (φυσικές, χημικές, μηχανικές, πετρογραφική και ορυκτολογική ανάλυση κ.λπ.). Παρακάτω παρουσιάζονται όλες οι δοκιμές εξέτασης των αδρανών ανεξαρτήτως χρήσης, γίνεται σχολιασμός για τη σημασία των δοκιμών και αναφέρεται η μέθοδος ελέγχου και η αντίστοιχη προδιαγραφή.

3.4.1 Γενικές Ιδιότητες

Δοκιμή	Ορυκτολογία και Πετρογραφική Περιγραφή
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορισμός των φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών των αδρανών που παρατηρούνται με πετρογραφικές μεθόδους ανάλυσης.
Σημασία-Εφαρμογές	Εφαρμόζεται σε όλα τα αδρανή τα οποία περιέχουν πιθανόν χημικώς ασταθή ορυκτά ή ορυκτά που είναι δυνατόν να επηρεάσουν ιδιότητες και την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Προηγείται της αλκαλοπυριτικής αντίδρασης.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ASTM 294, ASTM 295, ΕΛΟΤ EN 932-3

Δοκιμή	Διαφυγή επικίνδυνων ουσιών
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορισμός επικίνδυνης ουσίας Χ, εκφραζόμενη σε μm^3
Σημασία-Εφαρμογές	Επικίνδυνες ουσίες: Εκπομπή Ραδιενέργειας (για αδρανή από ραδιενεργές πηγές, τα οποία προορίζονται για χρήση σκυροδέματος σε κτίρια) Διαφυγή βαρέων μετάλλων Διαφυγή πολυαρωματικών ενώσεων του άνθρακα Διαφυγή άλλων επικίνδυνων συστατικών Εφαρμόζεται όταν απαιτείται ή σε περίπτωση αμφιβολιών. Τα αδρανή που προέρχονται από ορυκτές πρώτες ύλες είναι συνήθως ακίνδυνα.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	Council Directive 76/769/EEC

3.4.2 Δοκιμές Προσδιορισμού Γεωμετρικών Ιδιοτήτων

Δοκιμή	Κοκκομετρική ανάλυση
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Ποσοτική κατάταξη των κόκκων με βάση το μέγεθος τους
Σημασία-Εφαρμογές	Η κοκκομετρική διαβάθμιση αναφέρεται είτε στα επιμέρους κλάσματα που με ανάμιξη δίνουν το τελικό μίγμα των αδρανών, είτε στο τελικό μίγμα προς εφαρμογή. Σε συνδυασμό με τους δείκτες πλακοειδούς και επιμήκυνσης καθορίζει το ποσοστό του όγκου των κενών μεταξύ των κόκκων του συμπυκνωμένου αδρανούς. Η συνολική διαβάθμιση σε συνάρτηση με το γωνιώδες, την τραχύτητα, τους δείκτες πλακοειδούς και επιμήκυνσης, το ειδικό βάρος των κόκκων και την φαινόμενη πυκνότητα καθορίζει την ρεολογία του μίγματος, τη συνεκτικότητά του, την τάση απόμειξης και την ικανότητα να μεταφέρει τα κάθετα φορτία στα υποκείμενα στρώματα χωρίς οριζόντιες τάσεις.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΣΚ-320, ASTM C-136, ΕΛΟΤ EN 933-1
Δοκιμή	Ποσοστό παιπάλης
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορισμός ποσοστού κόκκων με μέση διάσταση μικρότερη από το όριο προδιαγραφής (0,075 mm κατά τις Αμερικάνικες Προδιαγραφές AASHTO, ASTM ή 0,063 mm κατά το Νέο Ευρωπαϊκό Πρότυπο των αδρανών EN).
Σημασία-Εφαρμογές	Η παιπάλη εμπεριέχεται στα χονδρόκοκκα και κυρίως στα λεπτόκοκκα αδρανή σε ποσοστά που ποικίλλουν ανάλογα με την προέλευση του υλικού και την παραγωγική διαδικασία. Σε πολλές εφαρμογές απαιτείται ποσοστό πολύ χαμηλό, ώστε να μην επηρεαστούν συγκεκριμένες ιδιότητες (π.χ. σκυρόδεμα). Σε άλλες εφαρμογές απαιτείται σε επιπλέον ποσότητα από αυτή που περιέχεται στα αδρανή οπότε και προστίθεται με μορφή παιπάλης (π.χ. κονιάματα, οδοστρώματα)
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΣΚ- 305, ASTM C-117, ΕΛΟΤ EN 933-1
Δοκιμή	Καθαρότητα
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορίζεται με υγρή κοσκίνιση, το ποσοστό κόκκων που διέρχεται από το κόσκινο 0,5 mm ή το κόσκινο 1,6 mm.
Σημασία-Εφαρμογές	Εφαρμόζεται σε σκύρα για έρμα σιδηροδρομικής γραμμής. Στην Ελλάδα, οι προδιαγραφές του ΟΣΕ, αναφέρουν τη Γαλλική μέθοδο NF P 18-591. Όμως από τον Ιούνιο του 2004 οφείλουμε να ακολουθούμε το EN 13450.

Πρότυπο-Προδιαγραφή	NF P 18-591, ΕΛΟΤ EN 933-1
Δοκιμή	Blaine
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορισμός επιφάνειας ανά μονάδα βάρους με βάση τη διαφορά πίεσης που προκαλείται από τη ροή αέρα μέσω κελιού που περιέχει πρότυπα συμπυκνωμένο υλικό.
Σημασία-Εφαρμογές	Έχει εφαρμογή στα πληρωτικά και στα τσιμέντα. Είναι μέτρο της λεπτότητας και του σχήματος των κόκκων του αδρανούς και είναι συμπληρωματικό μέγεθος της κοκκομετρικής διαβάθμισης.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 196-6
Δοκιμή	Δείκτης Πλακοειδούς
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορισμός μέγιστου ποσοστού πλατυσμένων κόκκων σε κάθε κοκκομετρικό κλάσμα d_i/D_i . Αυτό αντιστοιχεί σε % διερχόμενων κόκκων από ραβδωτό κόσκινο με απόσταση ράβδων $D_i/2$.
Σημασία-Εφαρμογές	Οι επιμήκεις και πλατυσμένοι κόκκοι πρέπει να αποφεύγονται επειδή είναι δυνατόν να υπάρχει ανομοιόμορφη κατανομή τάσεων, εξαιτίας σχήματος με αποτέλεσμα τον κίνδυνο θραύσης των αδρανών. Επιπλέον το κυβικό σχήμα επιτυγχάνει τη βέλτιστη γεωμετρική κατανομή των κόκκων με αποτέλεσμα τη μέγιστη δυνατή συμπύκνωση. Η δοκιμή του δείκτη σχήματος είναι εναλλακτική του δείκτη πλακοειδούς.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 933-3, BS 812
Δοκιμή	Δείκτης Σχήματος
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορισμός μέγιστου ποσοστού επιμηκυσμένων κόκκων. Αυτό αντιστοιχεί σε % κόκκων των οποίων ο λόγος μήκος /πλάτος είναι μεγαλύτερος από 3/1 (με βάση το σχέδιο προτύπου ΕΛΟΤ 408 το % αντιστοιχεί σε ποσοστό των κόκκων που η μέγιστη προς ελάχιστη διάσταση είναι μεγαλύτερη από 3:1).
Σημασία-Εφαρμογές	Παρόμοια δοκιμή με αυτήν του Δείκτη Πλακοειδούς (βλ. παραπάνω).
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 933-4, BS 812
Δοκιμή	Μήκος Κόκκων
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορισμός του μήκους των κόκκων με χρήση καλίμπρας.
Σημασία-Εφαρμογές	Η δοκιμή εφαρμόζεται κυρίως σε σκύρα για έρμα σιδηροδρομικής γραμμής.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	Προδιαγραφές Ο.Σ.Ε., ΕΛΟΤ EN 13450
Δοκιμή	Λόγος Μήκος/Πάχος > 3
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορισμός ποσοστού τεμαχίων επί της μάζας ή του αριθμού, τα οποία έχουν λόγο Μ/Π μεγαλύτερο του 3.
Σημασία-Εφαρμογές	Η δοκιμή εφαρμόζεται σε βράχους θωράκισης-ογκόλιθους.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 13383-2 (άρθρο 7)
Δοκιμή	Ποσοστό θραυσμένων επιφανειών
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορισμός ποσοστού θραυστών επιφανειών που δημιουργούνται ύστερα από θραύση φυσικών αδρανών ή γενικά μη συμπαγών πετρωμάτων.
Σημασία-Εφαρμογές	Τα φυσικά αδρανή (ποτάμιες ή λιμναίες αποθέσεις) έχουν συνήθως στρογγυλεμένο σχήμα και λεία επιφάνεια. Προκειμένου να προκύψουν νέες υγιείς επιφάνειες απαιτείται θραύση. Όσο μεγαλύτερο είναι αυτό το ποσοστό των θραυστών κόκκων τόσο

	περισσότερες είναι οι νέες επιφάνειες που προκύπτουν. Οι θραυστοί κόκκοι έχουν μεγαλύτερη τραχύτητα και καλύτερη πρόσφυση με το συνδετικό υλικό (τσιμέντο, ασφαλτο, κ.λπ.).
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 933-5
Δοκιμή	Συντελεστής Ροής Αδρανών
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορισμός του χρόνου ροής (σε δευτερόλεπτα) συγκεκριμένου όγκου αδρανούς υλικού δια μέσου δεδομένου ανοίγματος ειδικής πρότυπης συσκευής. Με τον τρόπο αυτό προσδιορίζεται το γωνιώδες των κόκκων, καθώς και ο συντελεστής θραύσης.
Σημασία-Εφαρμογές	Το γωνιώδες, κυρίως, των λεπτόκοκκων αδρανών επηρεάζει σημαντικά την ρεολογία του μίγματος στην περίπτωση που αυτά συμμετέχουν με κάποιο συνδετικό υλικό για τη δημιουργία ρευστού μίγματος (κονίαμα, σκυρόδεμα, ασφαλτοσκυρόδεμα κ.λπ.). Η δοκιμή εφαρμόζεται τόσο στις άμμους όσο και στα χονδρόκοκκα κλάσματα αδρανών με μέγεθος κόκκων > 4 mm.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 933-6
Δοκιμή	Περιεκτικότητα σε κελύφη
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορισμός μέγιστου ποσοστού κατά βάρος προσμίξεων σε κελύφη.
Σημασία-Εφαρμογές	Η δοκιμή εφαρμόζεται σε φυσικά αδρανή (λιμναίων ή ποτάμιων αποθέσεων) ή σε αδρανή θαλάσσιας προέλευσης που χρησιμοποιούνται κυρίως στο σκυρόδεμα ή σε κονιάματα. Τα όστρακα ή κελύφη εξαιτίας της οργανικής φύσης τους, δημιουργούν κυρίως, προβλήματα πήξης.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 933-7
Δοκιμή	Ποιοτικός Προσδιορισμός Παιπάλης: Ισοδύναμο Άμμου
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Έμμεσος και συγκριτικός προσδιορισμός ποσοστού κόκκων λεπτόκοκκου κλάσματος, όχι κατ' ανάγκη αργιλικών, που παραμένουν σε αιώρηση σε υδατικό διάλυμα μετά από συγκεκριμένη ώρα, σε σχέση με το σύνολο των κόκκων.
Σημασία-Εφαρμογές	Δίνει ένδειξη για την ύπαρξη βλαπτικών αργιλικών συστατικών στην άμμο (κλάσμα 0/4) και στα υλικά βάσεων, υποβάσεων οδοστρωμάτων. Στην Ευρωπαϊκή μέθοδο (EN 933-8) εξετάζεται το κλάσμα (0/2 mm), σε περίπτωση που πρέπει να εξεταστεί το κλάσμα 0/4 τότε η άμμος υπόκειται σε ειδική επεξεργασία που περιγράφεται στο παράρτημα Α της μεθόδου.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΣΚ- 346, ASTM D-2419, ΕΛΟΤ EN 933-8
Δοκιμή	Μπλε του Μεθυλενίου
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Έμμεσος προσδιορισμός των κόκκων, όχι κατ' ανάγκη αργιλικών, που έχουν την ικανότητα απορρόφησης διαλύματος μπλε του μεθυλενίου.
Σημασία-Εφαρμογές	Δίνει αντίστοιχη ένδειξη με την δοκιμή Ισοδυναμού άμμου. Ο συνδυασμός των δύο μεθόδων, όπου αυτό είναι εφικτό, δίνει πιο αξιόπιστα αποτελέσματα για τον χαρακτηρισμό του εξεταζόμενου δείγματος. Εκτελείται στα κλάσματα 0/2 και 0/0,125 mm.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 933-9
Δοκιμή	Κοκκομετρική ανάλυση με αραιόμετρο (Stokes)
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορισμός της κοκκομετρικής κατανομής της παιπάλης με βάση την ταχύτητα καθίζησης των κόκκων μέσα σε ρευστό.

Σημασία-Εφαρμογές	Δίνει άμεση ένδειξη για την ύπαρξη βλαπτικών αργιλικών συστατικών, που κατά κανόνα είναι πολύ λεπτόκοκκα. Είναι δοκιμή που κυρίως χρησιμοποιείται σε εδάφη και στα αδρανή βάσεων και υποβάσεων.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ASTM E 105

3.4.3 Δοκιμές Προσδιορισμού Φυσικών και Μηχανικών Ιδιοτήτων

Δοκιμή	Αντοχή σε φθορά κατά micro-Deval (συντελεστής micro-Deval)
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορισμός του μέγιστου ποσοστού φθοράς χονδρόκοκκου κλάσματος κατά την εκτέλεση πρότυπης δοκιμής στην συσκευή micro-Deval παρουσία νερού.
Σημασία-Εφαρμογές	Τροποποιημένη δοκιμή εκτελείται μέχρι τώρα στην Ελλάδα, στα αδρανή για έρμα σιδηροδρομικής γραμμής. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι τιμές της νέας Ευρωπαϊκής δοκιμής με την υφιστάμενη στην Ελλάδα δοκιμή δεν έχουν αντιστοιχία (στο κεφάλαιο για το έρμα αναφέρονται οι τιμές). Σύμφωνα με τους Ευρωπαϊκούς Κανονισμούς η δοκιμή θα εκτελείται στα αδρανή για ασφαλικά μίγματα, για βάσεις και για υποβάσεις.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 1097-1
Δοκιμή	Αντοχή σε φθορά κατά Deval
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορισμός της ποσότητας των κόκκων των μικρότερων από 1,6 mm που παράγονται μετά την αμοιβαία τριβή και μέτριες κρούσεις των κόκκων στην συσκευή Deval. Πρέπει να αναφερθεί ότι υπάρχουν δύο τύποι δοκιμών : Ξηρά δοκιμή ή με παρουσία νερού.
Σημασία-Εφαρμογές	Εκτελείται στα αδρανή για έρμα σιδηροδρομικής γραμμής. Η δοκιμή (ξηρή ή υγρή) χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με την δοκιμή Los Angeles για τον προσδιορισμό της σκληρότητας του σκύρου, στην περίπτωση που ο δείκτης Los Angeles κατά την Γαλλική μέθοδο προσδιορισμού (NF P 18- 573) είναι ≤ 24 %.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	NF P 18- 577
Δοκιμή	Αντοχή σε θρυμματισμό κατά Los Angeles (συντελεστής Los Angeles)
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορισμός του μέγιστου ποσοστού φθοράς χονδρόκοκκου κλάσματος αδρανών υλικών κατά την εκτέλεση πρότυπης δοκιμής θρυμματισμού με τριβή και κρούση.
Σημασία-Εφαρμογές	Χαμηλές τιμές του συντελεστή Los Angeles αποτελούν ένδειξη υγείας πετρώματος. Γενικά κατά τη θραύση και τη συνεπαγόμενη μείωση του μεγέθους του υλικού, προκύπτει τελικό προϊόν που παρουσιάζει καλύτερη ανθεκτικότητα σε θρυμματισμό, αφού μειώνονται οι πιθανές ασυνέχειες της μάζας του, βελτιώνεται το σχήμα, λειοτριβούνται και αποβάλλονται ασθενείς και ψαθυροί κόκκοι. Αποτελεί δοκιμή αναφοράς για τον προσδιορισμό του ποσοστού φθοράς των αδρανών σε τριβή και κρούση.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΣΚ- 345, ΕΛΟΤ EN 1097-2, ASTM C 535, ASTM C 131
Δοκιμή	Αντοχή σε θρυμματισμό με την μέθοδο Schlagversuch
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Συγκεκριμένο κλάσμα αδρανών (8/12,5 mm) τοποθετείται σε μεταλλική μήτρα, όπου εφαρμόζεται επαναλαμβανόμενο κρουστικό φορτίο και προσδιορίζεται η φθορά του αδρανούς.

Σημασία-Εφαρμογές	Πρόκειται για Γερμανική Δοκιμή, εναλλακτική της Δοκιμής Los Angeles. Έχει εφαρμογή στα αδρανή σκυροδέματος πολύ υψηλών αντοχών (HPC), καθώς και στα αδρανή οδοποιίας. Συνιστάται σε «σκληρά αδρανή» με Los Angeles < 25. Στην Ελλάδα προς το παρόν δεν εφαρμόζεται.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 1097-2 (2η μέθοδος), BS-81 Part-11
Δοκιμή	Φαινόμενο βάρος και ποσοστό όγκου κενών
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορισμός μάζας αδρανών ανά μονάδα όγκου πρότυπα συμπακνωμένη ή μη.
Σημασία-Εφαρμογές	Σε συνδυασμό με το φαινόμενο ειδικό βάρος προσδιορίζεται ο όγκος των κενών του συμπακνωμένου ή μη μίγματος αδρανών. Εφαρμόζεται σε αδρανή με μέγιστο κόκκο < 63 mm. Με βάση τις Ευρωπαϊκές προδιαγραφές η δοκιμή αυτή εφαρμόζεται μόνο στα ελαφροβαρή αδρανή, σε αντίθεση στην Ελλάδα εκτελείται σε όλους τους τύπους. Ειδικά για τα πληρωτικά ο προσδιορισμός γίνεται με κηροζίνη σύμφωνα με το EN 1097-3B.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 1097-3, ASTM C-29
Δοκιμή	Πορώδες ξηρού και συμπακνωμένου πληρωτικού (Rigden)
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορισμός του όγκου των κενών ανάμεσα στους κόκκους: πρότυπα συμπακνωμένου και ξηρού πληρωτικού, με χρήση ειδικής συσκευής.
Σημασία-Εφαρμογές	Εφαρμόζεται σε πληρωτικά και στο κλάσμα < 0,125 mm άμμων που χρησιμοποιούνται σε ασφαλτομίγματα και περιέχουν διερχόμενο ποσοστό από το κόσκινο 0,063 mm > 10%.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 1097-4
Δοκιμή	Φυσική Υγρασία Αδρανών
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορισμός του % ποσοστού υγρασίας που περιέχεται στο δείγμα αδρανών που εξετάζεται με ξήρανση του υλικού στους 110±5 °C.
Σημασία-Εφαρμογές	Ο προσδιορισμός της φυσικής υγρασίας αποτελεί προκαταρκτική δοκιμή για πλήθος άλλων δοκιμών. Ιδιαίτερη σημασία έχει ο προσδιορισμός της στα αδρανή που συμμετέχουν σε χρήσεις με συνδετικό υλικό (ασφαλτομίγματα, σκυροδέματα, κονιάματα, κ.λπ.). Με αυτό τον τρόπο ρυθμίζεται το ποσοστό του νερού που συμμετέχει στα παραπάνω μίγματα.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ASTM C 566, ΕΛΟΤ EN 1097-5
Δοκιμή	Φαινόμενο Ειδικό βάρος & Υδαταπορροφητικότητα
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορισμός του Ειδικού βάρους των κόκκων συμπεριλαμβανομένων των απροσπένεστων ή των συνολικών κενών τους στο συνολικό όγκο. Υδαταπορροφητικότητα κόκκων στα κενά του όγκου τους.
Σημασία-Εφαρμογές	Η υδαταπορροφητικότητα είναι έμμεσος τρόπος χαρακτηρισμού του πορώδους των κόκκων και της απορροφητικότητας γενικά (π.χ. σε ασφαλτο).
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΣΚ-301, ΣΚ-302, ASTM C-127, ASTM C-128, ΕΛΟΤ EN 1097-6
Δοκιμή	Όριο Υδαρότητας
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε νερό στο όριο μεταξύ υδαρούς και στερεής κατάστασης. Χρησιμοποιώντας τη συσκευή Casagrande, ως όριο υδαρότητας ορίζεται η

	περιεκτικότητα σε νερό κατά την οποία το εδαφικό υλικό μετά από 25 χτυπήματα ρέει κατά μια απόσταση 1 mm.
Σημασία-Εφαρμογές	Εφαρμόζεται στα αδρανή υλικά βάσεων- υποβάσεων.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ASTM D 854
Δοκιμή	Όριο πλαστικότητας
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε νερό στην οποία το εδαφικό υλικό βρίσκεται στο όριο μεταξύ πλαστικής και ημιστερεάς μορφής.
Σημασία-Εφαρμογές	Εφαρμόζεται στα αδρανή υλικά βάσεων- υποβάσεων.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ASTM D 4318
Δοκιμή	Δείκτης Πλαστικότητας
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Είναι η αριθμητική διαφορά μεταξύ του ορίου υδαρότητας και ορίου πλαστικότητας
Σημασία-Εφαρμογές	Εφαρμόζεται στα αδρανή υλικά βάσεων- υποβάσεων
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ASTM D 4318
Δοκιμή	Τροποποιημένη μέθοδος Proctor
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορίζει τη σχέση μεταξύ της πυκνότητας και της περιεχόμενης υγρασίας, και συνεπώς τη βέλτιστη υγρασία με τη μέγιστη πυκνότητα (με τη χρησιμοποίηση κόπανου βάρους 4,54 kg και ύψους πτώσης 457 mm). Μέθοδος Α, Β, Γ & Δ.
Σημασία-Εφαρμογές	Εφαρμόζεται στα αδρανή υλικά βάσεων - υποβάσεων
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ASTM D 1557, AASHTO T-180
Δοκιμή	Καλιφορνιακός λόγος Φέρουσας Ικανότητας (CBR)
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Τρία δείγματα συμπτυνώνονται μέχρι 95-100% της μέγιστης ξηράς πυκνότητας και γίνεται υδρεμποτισμός για 96 ώρες. Κατόπιν έμβολο διεισδύσης φορτίου 44,5N επικάθεται επάνω στο δοκίμιο με ταχύτητα 1,3 mm/min. C.B.R.= διορθωμένη τιμή πίεσης x 100 πρότυπη πίεση
Σημασία-Εφαρμογές	Εφαρμόζεται στα αδρανή υλικά βάσεων - υποβάσεων
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ASTM D 1883, AASHTO T-193, BS 1377
Δοκιμή	Αντίσταση σε θλίψη (ACV – Aggregate Compression Value)
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Χονδρόκοκκα αδρανή τοποθετούνται σε μεταλλική μήτρα. Στις δύο πρώτες δοκιμές υποβάλλονται σε θλίψη, ενώ στην τρίτη σε επαναλαμβανόμενο κρουστικό φορτίο. Στην πρώτη και στην τρίτη δοκιμή προσδιορίζεται η φθορά ως ποσοστό ενώ στη δεύτερη η δύναμη που προκαλεί φθορά 10%.
Σημασία-Εφαρμογές	Χαρακτηρίζει την ικανότητα των αδρανών να ανθίστανται στον θρυμματισμό από την επιβολή φορτίων κατά την κατασκευή και τη λειτουργία του έργου (π.χ. ασφαλτοτάπητας, βάση, υπόβαση κ.λπ. κατά τη διάστρωση με οδοστρωτήρα και στη διάρκεια του χρόνου, εξαιτίας της κυκλοφορίας.)
Πρότυπο-Προδιαγραφή	BS 812/75 Part 3 (ACV)
Δοκιμή	Προσδιορισμός δύναμης για 10% λεπτόκοκκα (TFV – Ten percent Fines Value)
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Παρόμοια δοκιμή με αντοχή σε θλίψη (βλ. παραπάνω).
Σημασία-Εφαρμογές	Παρόμοια δοκιμή με αντοχή σε θλίψη (βλ. παραπάνω).
Πρότυπο-Προδιαγραφή	BS 812/75 Part 3 (TFV)

Δοκιμή	Αντίσταση σε κρούση (AIV – Aggregate Impact Value)
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Παρόμοια δοκιμή με αντοχή σε θλίψη (βλ. παραπάνω).
Σημασία-Εφαρμογές	Παρόμοια δοκιμή με αντοχή σε θλίψη (βλ. παραπάνω).
Πρότυπο-Προδιαγραφή	BS 812/75 Part 3 (AIV)
Δοκιμή	Αντοχή σε στίλβωση (PSV – Polished Stone Value)
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Αδρανές πακτωμένο σε ειδική μήτρα υφίσταται επιταχυνόμενη στίλβωση από περιστρεφόμενο ελαστικό τροχό υπό σταθερή φόρτιση και συνεχή παροχή σμύριδας και νερού. Στη συνέχεια μετράται η ολισθηρότητα με τη συσκευή του Βρετανικού εκκρεμούς
Σημασία-Εφαρμογές	Με αυτές τις δοκιμές χαρακτηρίζεται η ικανότητα των υλικών να ανθίστανται στη λείανση από τους τροχούς των οχημάτων με την πάροδο του χρόνου. Χρησιμοποιούνται στα αδρανή ασφαλτοτάπητα.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	BS 812/75, ΕΛΟΤ EN 1097-8
Δοκιμή	Αντοχή σε απότριψη (AAV – Aggregates Abrasion Value)
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορίζεται η φθορά χονδρόκοκκων αδρανών πακτωμένων με ρητίνη σε μήτρα μορφής δίσκου που λειαινόνται με περιστρεφόμενο ελαστικό δίσκο υπό σταθερό φορτίο και με συνεχή παροχή λειαντικής άμμου και νερού στη διεπιφάνεια.
Σημασία-Εφαρμογές	Παρόμοια δοκιμή με αντοχή σε στίλβωση (βλ. παραπάνω)
Πρότυπο-Προδιαγραφή	BS 812/75, ΕΛΟΤ EN 1097-8
Δοκιμή	Αντοχή σε απότριψη κατά Nordic Test (A_N)
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Δοκιμή ανθεκτικότητας στην καταπόνηση από τροχούς με καρφιά.
Σημασία-Εφαρμογές	Έχει εφαρμογή στις Σκανδιναβικές Χώρες για αδρανή ασφαλικού τάπητα ή τάπητα οδοστρωμάτων από σκυρόδεμα.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 1097-9
Δοκιμή	Αντοχή σε θλίψη
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Μητρικό πέτρωμα συγκεκριμένων διαστάσεων σχήματος κυβικού ή καρότου υποβάλλεται σε θλίψη.
Σημασία-Εφαρμογές	Η δοκιμή εφαρμόζεται στα αδρανή σκυροδέματος, σύμφωνα με τον ισχύοντα κανονισμό, καθώς και στους βράχους θωράκισης.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ 408 § 3.1, ΕΛΟΤ EN 13383-2

3.4.4 Δοκιμές Προσδιορισμού των Ιδιοτήτων σε Θερμικές και Καιρικές Μεταβολές

Δοκιμή	Ανθεκτικότητας σε κύκλους ψύξης-απόψυξης
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Δείγμα χονδρόκοκκων αδρανών (d/D) (συνήθη κλάσματα: 4/8, 8/16, 16/32 mm), αφού πρώτα έχει εμβαπτιστεί σε νερό, υποβάλλεται σε 10 κύκλους ψύξης- απόψυξης. Η ανθεκτικότητα του σε ψύξη-απόψυξη προσδιορίζεται με βάση την ποσότητα του δείγματος με μέγιστο κόκκο <d/2
Σημασία-Εφαρμογές	Οι δοκιμές προσομοιάζουν κύκλους ψύξης-απόψυξης και καθορίζουν την ανθεκτικότητα του υλικού σε παγετό σε συνδυασμό με τη υδαταπορροφητικότητά του με την

	πετρογραφική του δομή, καθώς και με τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής. Είναι αναγκαίες προκειμένου για αδρανή εκτεθειμένα σε έντονες ατμοσφαιρικές επιδράσεις (εναλλαγές ακραίων θερμο-υγρομετρικών συνθηκών). Έχουν εφαρμογή σε όλα τα αδρανή. Επιβάλλεται ο έλεγχος όταν η υδαταπορροφητικότητα είναι μεγαλύτερη από όρια που επιβάλλουν οι προδιαγραφές των αντίστοιχων υλικών στις τοπικές συνθήκες.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 1367-1
Δοκιμή	Ανθεκτικότητα στην αποσάθρωση με χρήση θειικού μαγνησίου (Υγεία πετρώματος)
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορίζεται η φθορά του υλικού, όταν υποστεί κύκλους εμβάπτισης σε διάλυμα θειικού μαγνησίου.
Σημασία-Εφαρμογές	Παρόμοια δοκιμή με ανθεκτικότητα σε ψύξη-απόψυξη (βλ. παραπάνω).
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 1367-2, ASTM C 88
Δοκιμή	Δοκιμή Βρασμού «Sonnenbrand» του βασάλτη και αποσύνθεση σκυρίας σιδήρου
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Βρασμός για επιταχυνόμενη εμφάνιση αντίδρασης Sonnenbrand του βασάλτη. Μετράται η απώλεια μάζας και η αύξηση του Συντελεστή Los Angeles και της Τιμής Κρούσης.
Σημασία-Εφαρμογές	Η αντίδραση Sonnenbrand εμφανίζεται σε ορισμένους βασάλτες σε ατμοσφαιρικές συνθήκες με αποτέλεσμα την αποσάθρωσή τους. Εμφανίζεται με τη μορφή τεφρών στιγμάτων και συνοδεύεται από σχηματισμό ρωγμών στο πέτρωμα με επακόλουθη την επιτάχυνση της αποσάθρωσης, εξαιτίας της «αναπνοής». Ο χρόνος της αντίδρασης είναι από μερικούς μήνες μέχρι και δεκαετίες. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να συμβεί ακαριαία.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 1367-3
Δοκιμή	Προσδιορισμός σταθερότητας όγκου - συστολή ξήρανσης αδρανών
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Εκτίμηση της επίδρασης των αδρανών στη συστολή του σκυροδέματος. Αυτή η δοκιμή βασίζεται στη μέτρηση της μεταβολής των διαστάσεων δοκιμίων σκυροδέματος πρότυπης σύνθεσης (με $D < 20$ mm).
Σημασία-Εφαρμογές	Εφαρμόζεται μόνο στα αδρανή σκυροδέματος. Είναι σκόπιμο να γίνεται σε χώρες της Ευρώπης, όπου υπάρχει κίνδυνος ολικής ξήρανσης και που το σκυρόδεμα παρουσιάζει πιθανότητα ρωγμάτωσης από συστολή οφειλόμενη στα αδρανή
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 1367-4
Δοκιμή	Προσδιορισμός της ανθεκτικότητας αδρανών σε θερμικό shock
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Καθορίζει τη διαφορά του συντελεστή Los Angeles των αδρανών πριν και μετά τη θέρμανσή τους σε 700° C.
Σημασία-Εφαρμογές	Εφαρμόζεται σε αδρανή ασφαλτομιγμάτων τα οποία υποβάλλονται σε θερμικό shock. (Κατά την παραγωγή ασφαλτομιγμάτων τα αδρανή στεγνώνονται πρώτα σε κλίβανο με φλόγιστρο).
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 1367-5

3.4.5 Δοκιμές Προσδιορισμού των Χημικών Ιδιοτήτων

Δοκιμή	Χημική ανάλυση
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Καθορίζεται η σύσταση και τα βλαπτικά συστατικά.
Σημασία-Εφαρμογές	Προσδιορίζονται οι οργανικές προσμίξεις και τα επιβλαβή συστατικά των αδρανών υλικών. Ανάλογα με την χρήση τους εφαρμόζεται το κατάλληλο άρθρο της μεθόδου .
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 1744-1
Δοκιμή	Προσδιορισμός Ευδιάλυτων Χλωριόντων (μέθοδος Volhard)
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορίζεται η περιεκτικότητα σε ευδιάλυτα χλωριόντα των αδρανών με τιτλοδότηση Volhard
Σημασία-Εφαρμογές	Αποκλειστική εφαρμογή σε αδρανή θαλάσσιας προέλευσης που θα χρησιμοποιηθούν σε σκυρόδεμα. Αποτελεί πρότυπη μέθοδο (εναλλακτική μέθοδος EN1744-1, άρθρο 8)
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 1744-1 (άρθρο 7)
Δοκιμή	Προσδιορισμός Ευδιάλυτων Χλωριόντων (Ποτενσιομετρική μέθοδος)
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορίζεται η περιεκτικότητα σε ευδιάλυτα χλωριόντα των αδρανών με χρήση ποτενσιόμετρου.
Σημασία-Εφαρμογές	Εφαρμόζεται στα αδρανή σκυροδέματος, κατόπιν ειδικών απαιτήσεων (σκυρόδεμα εκτεθειμένο σε θαλάσσια άλατα κ.λπ.).
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 1744-1 (άρθρο 8)
Δοκιμή	Προσδιορισμός των ευδιάλυτων στο νερό SO₃
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορίζεται η περιεκτικότητα σε ευδιάλυτα SO ₃ από το σχηματισμό του ιζήματος BaSO ₃ σε όξινο περιβάλλον.
Σημασία-Εφαρμογές	
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 1744-1 (άρθρο 10)
Δοκιμή	Προσδιορισμός ολικού Θείου
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορίζεται η περιεκτικότητα σε ολικό θείο με χρήση βρώμιου και νιτρικού οξέος.
Σημασία-Εφαρμογές	Εφαρμόζεται στα αδρανή σκυροδέματος, καθώς και σε αδρανή βάσεων και υποβάσεων με ή όχι συνδετικό υλικό. Η ύπαρξη θειούχων ενώσεων σε αδρανή υλικά είναι δυνατό να προκαλέσει διογκώσεις στο σκυρόδεμα.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 1744-1 (άρθρο 11)
Δοκιμή	Προσδιορισμός ευδιάλυτων σε οξέα SO₃
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορισμός της περιεκτικότητας των SO ₃ με χρήση HCl .
Σημασία-Εφαρμογές	Εφαρμόζεται στα αδρανή σκυροδέματος και βάσεων-υποβάσεων με ή όχι συνδετικό υλικό
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 1744-1 (άρθρο 12)
Δοκιμή	Προσδιορισμός οργανικών προσμίξεων
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορισμός της ύπαρξης οργανικών προσμίξεων με χρωματογραφική μέθοδο ελέγχου.
Σημασία-Εφαρμογές	Οι οργανικές προσμίξεις παρεμποδίζουν την πήξη και σκλήρυνση του σκυροδέματος ή κονιάματος και είναι δυνατόν να χρωματίσουν τις επιφάνειες αυτών. Εφαρμόζεται σε αδρανή σκυροδέματος, κονιάματος και βάσεων-υποβάσεων με ή όχι συνδετικό υλικό.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 1744-1 (άρθρο 15-1), ASTM C-33

Δοκιμή	Προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε φουλβικό οξύ
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Το φουλβικό οξύ αποτελεί βλαπτική οργανική πρόσμιξη. Προσδιορίζεται η ποσότητά του συγκρίνοντας το δείγμα με πρότυπο χρωματογραφικό δίσκο.
Σημασία-Εφαρμογές	Έχει εφαρμογή σε αδρανή σκυροδέματος, κονιάματος και βάσεων - υποβάσεων με ή όχι συνδετικό υλικό. Στην Ελλάδα προς το παρόν δεν εφαρμόζεται.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 1744-1 (άρθρο 15-2)
Δοκιμή	Προσδιορισμός των οργανικών προσμίξεων λεπτόκοκκων αδρανών με δοκιμές κονιάματος
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορισμός της επιρροής των οργανικών προσμίξεων στην αντοχή, καθώς και στο χρόνο πήξης κονιάματος.
Σημασία-Εφαρμογές	Έχει εφαρμογή σε αδρανή κονιάματος, σκυροδέματος και βάσεων - υποβάσεων με ή όχι συνδετικό υλικό που δεν πληρούν τις απαιτήσεις των άρθρων 15.1 ή και 15.2
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 1744-1 (άρθρο 15.3), ASTM C 87
Δοκιμή	Προσδιορισμός διάσπασης πυριτικού δι-ασβεστίου και σιδήρου - Αποσύνθεση αερόψυκτων σκωριών υψικαμίνου
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Οι επιφάνειες της θραυσμένης σκωρίας υψικαμίνου, όταν υποβάλλονται σε υπεριώδη ακτινοβολία δίνουν φαινόμενα φθορισμού στην περιοχή του ορατού φωτός. Η όψη και το χρώμα του φθορισμού επιτρέπουν τον διαχωρισμό των σκωριών που είναι δυνατόν να υποστούν διάσπαση του πυριτικού.
Σημασία-Εφαρμογές	Έχουν εφαρμογή σε σκωρίες υψικαμίνου που παράγονται με ψύξη στον αέρα. Χαρακτηρίζουν τη σταθερότητα όγκου και την τάση για αποσάθρωση του υλικού. Εφαρμόζεται σε αδρανή σκυροδέματος, ασφαλτομιγμάτων, αδρανή βάσεων - υποβάσεων και σε βράχους θωράκισης.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 1744-1 (άρθρα 19.1 και 19.2)
Δοκιμή	Σταθερότητα όγκου - Αποσύνθεση σκωριών σιδήρου
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορισμός της ιδιότητας αποσύνθεσης της σκωρίας που οφείλεται στην καθυστερημένη ενυδάτωση της ασβέστου ή της μαγνησίας, μετρώντας τη διαφορά του όγκου σε ένα συμπυκνωμένο δοκίμιο, πριν και μετά τη διέλευσή του μέσα σε ένα ατμόλουτρο.
Σημασία-Εφαρμογές	Έχει εφαρμογή σε σκωρίες ηλεκτροκαμίνων χαλυβουργίας, που χρησιμοποιούνται για αδρανή ασφαλτομιγμάτων, βάσεων-υποβάσεων και σε βράχους θωράκισης.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 1744-1 (άρθρο 19.3), ΕΛΟΤ EN 13383-2
Δοκιμή	Δυνητική Βλαπτικότητα Αδρανών σύμφωνα με την αλκαλοπυριτική αντίδραση
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορίζονται οι αλλοιώσεις του σκυροδέματος οι οποίες οφείλονται στην αντίδραση ορισμένων συστατικών των αδρανών υλικών με τα αλκάλια του τσιμέντου. Πριν την εξέταση απαιτείται η ορυκτολογική και πετρογραφική εξέταση του αδρανούς
Σημασία-Εφαρμογές	Εφαρμόζεται κυρίως σε νέες πηγές λήψης αδρανών υλικών που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε σκυρόδεμα. Τις τελευταίες δεκαετίες εφαρμόζεται και στην Ελλάδα και σε αδρανή παλαιών πηγών για έργα που έχουν υψηλές απαιτήσεις ανθεκτικότητας.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ASTM C-227, CEN Report CR1901

Δοκιμή	Bitumen Number
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορίζει την φαινόμενη πυκνότητα ενός μίγματος νερού/πληρωτικού, εκφραζόμενη αριθμητικά. Δηλώνει την ποσότητα νερού, όπου ανακατωμένη με 100 g πληρωτικού, δίνει μίγμα καθορισμένου φαινόμενου ιξώδους.
Σημασία-Εφαρμογές	Έχει εφαρμογή σε πληρωτικά που χρησιμοποιούνται για αδρανή ασφαλτομιγμάτων, ώστε να ελέγχεται κανονικά η παραγωγή.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 13179-2
Δοκιμή	Delta Ring & Ball
Ελεγχόμενη ιδιότητα	Προσδιορίζει την διαφορά (αύξηση) του σημείου μάλθωσης του μίγματος ασφάλτου και πληρωτικού, σε σχέση με το σημείο μάλθωσης της ασφάλτου και εκφράζεται σε °C.
Σημασία-Εφαρμογές	Έχει εφαρμογή σε filler που χρησιμοποιούνται για αδρανή ασφαλτομιγμάτων. Αναλύει τη διαδικασία που χρησιμοποιείται για να προσδιοριστεί το αποτέλεσμα της σκλήρυνσης του πληρωτικού όταν ανακατώνεται με άσφαλο.
Πρότυπο-Προδιαγραφή	ΕΛΟΤ EN 13179-1

3.5 Κατηγορίες Πετρωμάτων-Παραγωγή και Χρήση Αδρανών Υλικών

Τα πετρώματα, (πυριγενή, ιζηματογενή και μεταμορφωμένα) ανάλογα με τον τρόπο δημιουργίας τους, τον ιστό τους, το μέγεθος των κόκκων τους, το είδος των ορυκτών τους και την αναλογία των ορυκτών, και την τυχόν σχιστότητα που παρουσιάζουν, εμφανίζουν και διαφορετικές φυσικές μηχανικές και χημικές ιδιότητες. Παρακάτω παραθέτονται διάφορα πετρώματα για παραγωγή και χρήση τους ως αδρανών υλικών. Κάποια πετρώματα είναι γνωστά ως κατάλληλα για συγκεκριμένη χρήση π.χ. ο ασβεστόλιθος για παραγωγή σκυροδέματος, ο ανδεσίτης για αντιολισθηρή χρήση. Σε κάθε περίπτωση όμως πριν από τη χρήση ενός πετρώματος από μια συγκεκριμένη περιοχή, το πέτρωμα υποβάλλεται σε αναλύσεις και εργαστηριακές δοκιμές (ανάλογα με τη χρήση) για την καταλληλότητά του ή όχι.

3.5.1 Πυριγενή πετρώματα

Πετρώματα	Γρανίτες, Διορίτες, Γάββροι
Κατηγορία	Πλουτωνικά
Ιστός	Ολοκρυσταλλικός.
Κύρια ορυκτά	Χαλαζίας, άστριοι, μαρμαρυγίες, αμφίβολοι, πυρόξενοι
Πλεονεκτήματα	Συμπαγή. Μεγάλη σκληρότητα. Ανθεκτικά στην αποσάθρωση και τον παγετό
Μειονεκτήματα	Δαπανηρή κατεργασία
Σκυρόδεμα-Κονιάματα	Ναι, για την πλειοψηφία τους

Βάσεις-Υποβάσεις	Ιδανικά
Ασφαλτικά-Αντιολισθηρά	Ιδανικά
Πετρώματα	Ρυόλιθοι, Δακίτες, Τραχείτες, Ανδεσίτες, Βασάλτες, Δολερίτες
Κατηγορία	Ηφαιστειακά
Ιστός	Πορφυριτικός, Οφιτικός (δολερίτες)
Κύρια ορυκτά	Χαλαζίας, άστριοι, βιοτίτης, αμφίβολοι, πυρόξενοι, ολιβίνης
Πλεονεκτήματα	Μεγάλη σκληρότητα και αντοχή σε θλίψη, όταν δεν είναι αποσαθρωμένοι
Μειονεκτήματα	Δαπανηρή κατεργασία. Σε συνθήκες παγετού εξαλλοιώσεις και ρηγματώσεις (βασάλτες). Μειωμένη ανθεκτικότητα σε αποσάθρωση (δολερίτες)
Σκυρόδεμα-Κονιάματα	Πιθανή χρήση κατόπιν ελέγχων. Η ύπαρξη άμορφου SiO ₂ οδηγεί σε αλκαλοπυριτική αντίδραση και αποσάθρωση του σκυροδέματος
Βάσεις-Υποβάσεις	Ναι
Ασφαλτικά-Αντιολισθηρά	Ιδανικά
Πετρώματα	Φυσικές ύαλοι (κίσσηρης, περλίτης)
Κατηγορία	Ηφαιστειακά
Ιστός	Κίσσηρώδης, περλιτική υφή
Πλεονεκτήματα	Ελαφροβαρή αδρανή για οδοποιία και ελαφροβαρές σκυρόδεμα.
Μειονεκτήματα	Αποσαθρωμένα τεμάχια δημιουργούν προβλήματα διόγκωσης και μείωσης αντοχής. Χρειάζονται βιομηχανική επεξεργασία.
Σκυρόδεμα-Κονιάματα	Ιδανικό για ελαφροβαρές σκυρόδεμα (περλιτομπετόν)
Βάσεις-Υποβάσεις	Όχι
Ασφαλτικά-Αντιολισθηρά	Όχι

3.5.2 Ιζηματογενή πετρώματα

Πέτρωμα	Ηφαιστειακοί τόφφοι
Κατηγορία	Ηφαιστειοκλαστικά ιζήματα
Μέγεθος κόκκων	< 0,3 mm
Πλεονεκτήματα	Ανάμιξη με ασβέστη δίνει υδραυλικό κονίαμα
Μειονεκτήματα	Δεν είναι αδρανές υλικό (αντιδρά με το τσιμέντο)
Σκυρόδεμα-Κονιάματα	Όχι
Βάσεις-Υποβάσεις	Πιθανή χρήση κατόπιν ελέγχων
Ασφαλτικά-Αντιολισθηρά	Όχι
Πετρώματα	Λατύπες-Κροκάλες, Λατυποπαγή-Κροκαλοπαγή
Κατηγορία	Κλαστικά ιζήματα
Μέγεθος κόκκων	> 2 mm
Πλεονεκτήματα	Υλικό μεγάλης σκληρότητας. Χαμηλό ποσοστό παιπάλης
Μειονεκτήματα	Προσμίξεις αργίλου και αλλουβιακών σχηματισμών. Επιβάλλεται το πλύσιμο πριν από τη θραύση. Ενδεχόμενη παρουσία, κυρίως στα ποτάμια υλικά, υψηλού ποσοστού άμορφου SiO ₂ που αντιδρά με τα αλκάλια του τσιμέντου. Χρειάζονται εξέταση πριν την χρήση τους σε σκυρόδεμα ή σε κονιάματα (αλκαλοπυριτική αντίδραση)

Σκυρόδεμα-Κονιάματα	Πιθανή χρήση κατόπιν ελέγχων
Βάσεις-Υποβάσεις	Πιθανή χρήση κατόπιν ελέγχων
Ασφαλτικά-Αντιολισθηρά	Οι λατύπες ναι
Πετρώματα	Άμμοι, Ψαμμίτες
Κατηγορία	Κλαστικά ιζήματα
Μέγεθος κόκκων	2 - 1/16 mm
Πλεονεκτήματα	Χαμηλό ποσοστό παιπάλης
Μειονεκτήματα	Προσμίξεις χώματος. Επιβάλλεται το πλύσιμο
Σκυρόδεμα-Κονιάματα	Ναι
Βάσεις-Υποβάσεις	Πιθανή χρήση κατόπιν ελέγχων
Ασφαλτικά-Αντιολισθηρά	Πιθανή χρήση κατόπιν ελέγχων
Πετρώματα	Ασβεστόλιθοι
Κατηγορία	Χημικά ή βιογενή ιζήματα
Κύρια συστατικά	Ασβεστίτης
Πλεονεκτήματα	Αφθονούν στην Ελλάδα. Χαμηλό κόστος θραύσης και κατεργασίας. Ικανοποιούν τις αντοχές των συνήθων κατασκευών
Μειονεκτήματα	Μονόμεικτα πετρώματα. Λειαίνονται ομοιόμορφα. Ακατάλληλα για αντιολισθηρή στρώση.
Σκυρόδεμα-Κονιάματα	Ναι, για την πλειοψηφία τους. Καλή συνοχή με την τσιμεντόπαστα
Βάσεις-Υποβάσεις	Ναι
Ασφαλτικά-Αντιολισθηρά	Όχι, για την τελική ασφαλτική ή αντιολισθηρή στρώση. Πιθανή χρήση για τις υποκείμενες ασφαλτικές στρώσεις
Πετρώματα	Δολομίτες
Κατηγορία	Χημικά ή βιογενή ιζήματα
Κύρια συστατικά	Δολομίτης
Πλεονεκτήματα	Αφθονούν στην Ελλάδα. Χαμηλό κόστος θραύσης και κατεργασίας. Ικανοποιούν τις αντοχές των συνήθων κατασκευών
Μειονεκτήματα	Μονόμεικτα πετρώματα. Λειαίνονται ομοιόμορφα. Ακατάλληλα για αντιολισθηρή στρώση.
Σκυρόδεμα-Κονιάματα	Όχι
Βάσεις-Υποβάσεις	Πιθανή χρήση κατόπιν ελέγχων
Ασφαλτικά-Αντιολισθηρά	Όχι

3.5.3 Μεταμορφωμένα ή Κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα

Πετρώματα	Γνεύσιοι
Ιστός	Γνευσιακή υφή (κατά το μάλλον ή ήττον)
Κύρια ορυκτά	Χαλαζίας, άστριοι, μαρμαρυγίες
Πλεονεκτήματα	Συμπαγή. Μεγάλη σκληρότητα. Προσβάλλονται δύσκολα από χημικές ενώσεις
Μειονεκτήματα	Σχιστότητα. Δαπανηρή κατεργασία. Αυξημένη τιμή του δείκτη πλακοειδούς
Σκυρόδεμα-Κονιάματα	Ναι, αν είναι ορθογνεύσιοι
Βάσεις-Υποβάσεις	Ναι
Ασφαλτικά-	Πιθανή χρήση κατόπιν ελέγχων

Αντιολισθηρά	
Πετρώματα	Μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι, Φυλλίτες
Ιστός	Λεπιδοβλαστικός, πορφυροβλαστικός
Κύρια ορυκτά	Χαλαζίας, μαρμαρυγίες
Πλεονεκτήματα	Υδατοστεγανά. Ανθεκτικά στην αποσάθρωση
Μειονεκτήματα	Μεγάλη σχιστότητα
Σκυρόδεμα-Κονιάματα	Όχι
Βάσεις-Υποβάσεις	Πιθανή χρήση κατόπιν ελέγχων
Ασφαλτικά-Αντιολισθηρά	Όχι
Πετρώματα	Χαλαζίτες
Ιστός	Γρανοβλαστικός
Κύρια ορυκτά	Χαλαζίας
Πλεονεκτήματα	Μεγάλη σκληρότητα
Μειονεκτήματα	Δεν απαντώνται συχνά. Δαπανηρή κατεργασία
Σκυρόδεμα-Κονιάματα	Πιθανή χρήση κατόπιν ελέγχων
Βάσεις-Υποβάσεις	Ναι
Ασφαλτικά-Αντιολισθηρά	Πιθανή χρήση κατόπιν ελέγχων
Πετρώματα	Σερπεντινίτες
Ιστός	Διαβλαστικός
Κύρια ορυκτά	Σερπεντίνης
Πλεονεκτήματα	
Μειονεκτήματα	Μη ανθεκτικά στον παγετό, αποσάθρωση και λείανση. Ύπαρξη αμιάντου
Σκυρόδεμα-Κονιάματα	Όχι
Βάσεις-Υποβάσεις	Πιθανή χρήση κατόπιν ελέγχων
Ασφαλτικά-Αντιολισθηρά	Όχι
Πετρώματα	Μάρμαρα
Ιστός	Γρανοβλαστικός
Κύρια ορυκτά	Ασβεστίτης, δολομίτης
Πλεονεκτήματα	Αφθονούν στην Ελλάδα. Χαμηλό κόστος θραύσης και κατεργασίας. Ανθεκτικά στην αποσάθρωση
Μειονεκτήματα	Σε υγρά κλίματα, επιφανειακή διαλυτότητα. Απότριψη και εύκολη αποσάθρωση των χονδρόκοκκων
Σκυρόδεμα-Κονιάματα	Ναι, για την πλειοψηφία τους. Καλή συνοχή με το τσιμέντο
Βάσεις-Υποβάσεις	Ναι
Ασφαλτικά-Αντιολισθηρά	Όχι, για την τελική ασφαλική ή την αντιολισθηρή στρώση. Πιθανή χρήση για τις υποκείμενες ασφαλικές στρώσεις

4. ΑΔΡΑΝΗ ΒΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΒΑΣΕΩΝ

4.1 Γενικά

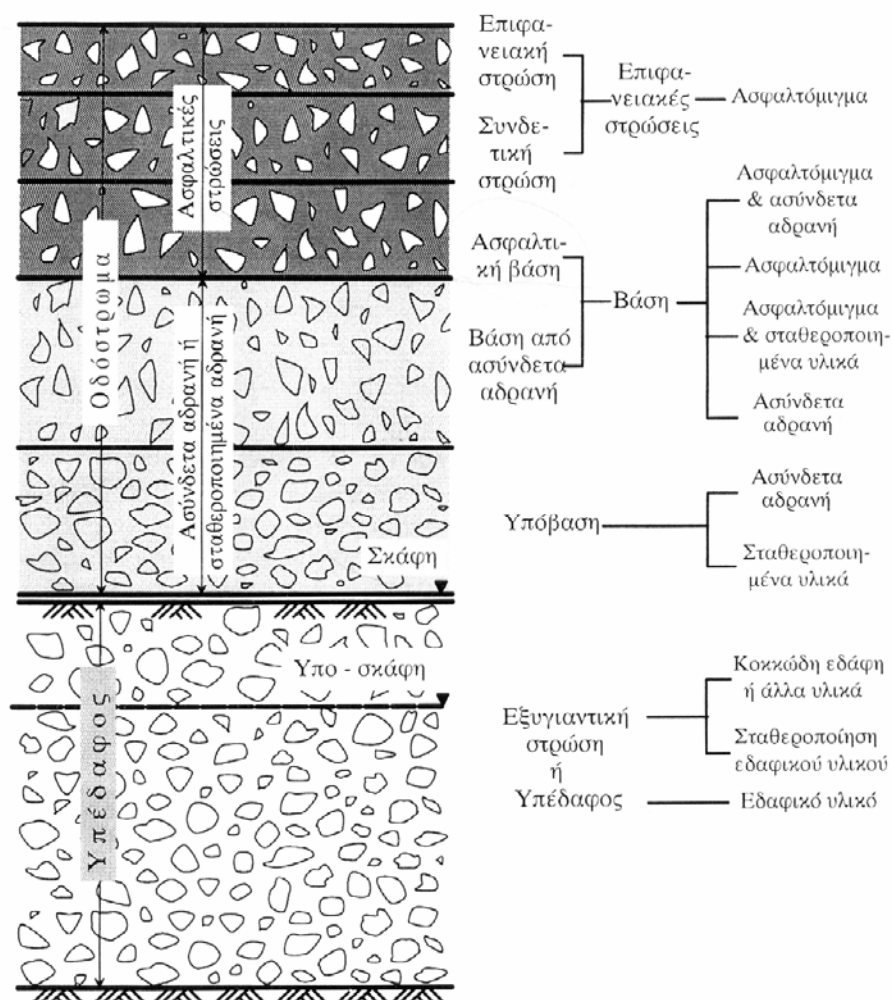
Στην οδοποιία χρησιμοποιούνται αδρανή υλικά, ασύνδετα ή σταθεροποιημένα με συνδετικό υλικό, για την κατασκευή στρώσεων βάσεων ή υποβάσεων.

Οδόστρωμα είναι το σύνολο των επάλληλων στρώσεων που είναι τοποθετημένες πάνω από το φυσικό έδαφος για τη δημιουργία της οδού. Το οδόστρωμα είναι μια σύνθετη κατασκευή που έχει να επιτελέσει διάφορες λειτουργίες οι οποίες είναι ανόμοιες μεταξύ τους. Το γεγονός αυτό κάνει την κατασκευή αρκετά πολύπλοκη.

Ο αντικειμενικός σκοπός του οδοστρώματος είναι να παραλάβει τα φορτία της κυκλοφορίας και να τα κατανείμει στο υπέδαφος. Βασική επιδίωξη είναι οι μεταβιβαζόμενες στο υπέδαφος τάσεις να μειώνονται σε τέτοιο βαθμό έτσι ώστε να μην επιφέρουν ουσιαστικές παραμορφώσεις ή μετατοπίσεις στην εδαφική στρώση του υπεδάφους. Επιπρόσθετα, η δομή του οδοστρώματος θα πρέπει να είναι σχεδόν αδιαπέραστη από το νερό έτσι ώστε να προστατεύεται το έδαφος έδρασης, αλλά και οι στρώσεις από ασύνδετα αδρανή (μη σταθεροποιημένες στρώσεις). Τέλος, η επιφάνεια του οδοστρώματος θα πρέπει να παρέχει μια αντολισθηρή και ανθεκτική, στη λειαντική δράση των ελαστικών, ομαλή επιφάνεια κύλισης. Έτσι, κάθε στρώση ή ομάδα στρώσεων έχει να επιτελέσει ένα ξεχωριστό ρόλο.

Τα οδοστρώματα μπορεί να είναι εύκαμπτα ή δύσκαμπτα. Η δομή του εύκαμπτου οδοστρώματος, γενικότερα, αποτελείται από δυο χαρακτηριστικές ομάδες στρώσεων με διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες και συμπεριφορά α) την ομάδα των στρώσεων από ασύνδετα ή/και σταθεροποιημένα αδρανή (βάση και υπόβαση), που εδράζεται πάνω στο υπέδαφος, και β) την ομάδα των στρώσεων από ασφαλτομίγματα (επιφανειακή στρώση) που εδράζεται πάνω στην προηγούμενη ομάδα. Ορισμένες φορές, εξαιτίας ύπαρξης πολύ ασθενούς υπεδάφους, κατασκευάζεται και εξυγιαντική στρώση μεταξύ υπόβασης και υπεδάφους. Στρώσεις **υπόβασης** είναι όλες οι στρώσεις που τοποθετούνται, αν κριθούν αναγκαίες, πάνω στο υπέδαφος ή την εξυγιαντική στρώση. Στρώσεις **βάσης** είναι οι στρώσεις που βρίσκονται μεταξύ της υπόβασης ή του υπεδάφους και των επιφανειακών ασφαλιστικών στρώσεων (Σχήμα 4.1).

Δύσκαμπτα ή άκαμπτα οδοστρώματα είναι τα οδοστρώματα με μεγάλη ακαμψία που κατασκευάζονται από σκυρόδεμα. Εξαιτίας της μεγάλης ακαμψίας που διαθέτουν, σε αντίθεση με τα εύκαμπτα οδοστρώματα, οι τοπικές καθιζήσεις που πιθανόν να εμφανιστούν κάτω από αυτά, δεν αντανakλώνται στην επιφάνεια κύλισης. Οι βασικές δομικές στρώσεις



Σχήμα 4.1: Βασικές δομές ενός εύκαμπτου οδοστρώματος (ΝΙΚΟΛΑΪΔΗΣ 1996).

ενός τυπικού δύσκαμπτου οδοστρώματος είναι δύο: α) η στρώση πάνω στην οποία θα εδράσει η πλάκα του σκυροδέματος και ονομάζεται υπόβαση και β) η πλάκα από σκυρόδεμα, η επιφάνεια της οποίας είναι και η επιφάνεια κύλισης του οδοστρώματος (ΝΙΚΟΛΑΪΔΗΣ 1996).

Σε ορισμένες χώρες κατασκευάζονται τα λεγόμενα «μικτά» δύσκαμπα οδοστρώματα. Αυτά αποτελούνται από τρεις διακεκριμένες δομικές στρώσεις: την υπόβαση, την πλάκα σκυροδέματος με συνεχή οπλισμό και την ασφαλική στρώση πάχους 10 cm.

Τα αδρανή υλικά που χρησιμοποιούνται σε βάσεις ή υποβάσεις μπορεί να είναι τα εξής:

Φυσικά αδρανή ή θραυστά (αδρανή λατομείων): αδρανή που προέρχονται από ορυκτές πηγές, τα οποία έχουν υποστεί μόνο μηχανική κατεργασία. Σύμφωνα με την ΠΤΠ Ο-150 (1966) και ΠΤΠ Ο-155 (1966) (Ελληνικές Προδιαγραφές που ισχύουν μέχρι σήμερα) τα αδρανή της υπόβασης μπορούν να είναι φυσικά ή θραυστά, ενώ τα αδρανή της βάσης πρέπει να είναι μόνο θραυστά. Τα αδρανή θα αποτελούνται από σκληρά, υγιή, ανθεκτικά τεμάχια της προσδιοριζόμενης κοκκομετρικής καμπύλης. Το κλάσμα του υλικού που συγκρατείται στο κόσκινο τετραγωνικής οπής 4,75 mm (No 4) ονομάζεται χονδρόκοκκο υλικό, ενώ το διερχόμενο από το κόσκινο 4,75 mm (No 4) ονομάζεται λεπτόκοκκο υλικό ή άμμος. Το υλικό πρέπει να είναι καθαρό, απαλλαγμένο από φυτικές και αργλικές προσμίξεις, από πλακοειδή, αποσθρωμένα ή εύθρυπτα και σχιστολιθικά τεμάχια. Οι κόκκοι πρέπει να έχουν όσο το δυνατό κυβική μορφή. Τα αδρανή υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της βάσης είναι πάντοτε καλύτερης ποιότητας από αυτά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της υπόβασης. Οι απαιτήσεις των αδρανών υλικών και οι εξεταζόμενες δοκιμές εξετάζονται στην παράγραφο 4.4.

Σύμφωνα με το ευρωπαϊκό πρότυπο έχουμε επίσης και τις ακόλουθες κατηγορίες:

Τεχνητά αδρανή: αδρανή ορυκτής αρχικής προέλευσης, τα οποία έχουν προκύψει από βιομηχανική επεξεργασία, συμπεριλαμβανομένης της θερμικής ή άλλης μετατροπής.

Ανακυκλωμένα αδρανή: αδρανή που έχουν προκύψει από επεξεργασία ανόργανων υλικών, τα οποία έχουν προηγουμένως χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή.

4.2 Ο ρόλος των αδρανών στις βάσεις και υποβάσεις

Τα αδρανή υλικά που χρησιμοποιούνται στις στρώσεις βάσεων ή υποβάσεων θα πρέπει να ικανοποιούν ορισμένες απαιτήσεις για να μπορέσουν να εξασφαλίσουν ικανοποιητική ευστάθεια κάτω από επαναλαμβανόμενα φορτία. Ανάλογα με το είδος του οδοστρώματος (εύκαμπτα ή άκαμπτα) ο ρόλος των αδρανών στις βάσεις και υποβάσεις διαφοροποιείται. Αναλυτικότερα (ΝΙΚΟΛΑΪΔΗΣ 1996):

4.2.1 Εύκαμπτα οδοστρώματα

Βάση: Η βάση στο σύνολο της είναι η βασικότερη δομική στρώση ενός εύκαμπτου οδοστρώματος και κατασκευάζεται μεταξύ της υπόβασης ή του υπεδάφους και των επιφανειακών ασφαλικών στρώσεων. Επειδή η βάση υπόκειται σε υψηλές καταπονήσεις, τα αδρανή που την αποτελούν, θα πρέπει να παρουσιάζουν ιδιότητες που να εξασφαλίζουν την αντοχή της σε υψηλές επαναλαμβανόμενες πιέσεις που επιβάλλει η κυκλοφορία, επιπλέον την δυνατότητα αποστράγγισης, την αντοχή στις καταπονήσεις χωρίς να υποστούν μόνιμες παραμορφώσεις, καθώς και αυξημένη ανθεκτικότητα έναντι του παγετού.

Ειδικότερα επιτελεί τις εξής βασικές λειτουργίες:

- α) Παρέχει τη βασική δομική στρώση η οποία παραλαμβάνει και κατανέμει τα φορτία της κυκλοφορίας στις υποκείμενες στρώσεις.
- β) Μειώνει τις κάθετες θλιπτικές τάσεις που εξασκούνται στο υπέδαφος (και διαμέσου της υπόβασης, εάν υπάρχει) σε τέτοιο βαθμό ώστε να μπορούν να παραληφθούν από τη φέρουσα ικανότητα του υπεδάφους και να μην προκαλούν ανεπίτρεπτα μεγάλες παραμορφώσεις.
- γ) Παρέχει στο οδόστρωμα τη δυσκαμψία και την αντοχή αυτού στην κόπωση.
- δ) Παρέχει μια καλή επιφάνεια έτοιμη να δεχθεί τις επιφανειακές ασφαλικές στρώσεις.
- ε) Οι στρώσεις της βάσης από ασύνδετα αδρανή ή σταθεροποιημένα αδρανή συμβάλλουν στην αποτελεσματικότερη συμπίκνωση των υπερκείμενων ασφαλικών στρώσεων.

Υπόβαση: Η υπόβαση είναι η πρώτη στρώση που τοποθετείται, εάν κριθεί αναγκαία, πάνω στο υπέδαφος ή την εξυγιαντική στρώση. Η υπόβαση υπόκειται σε μικρότερες καταπονήσεις, για το λόγο αυτό τα αδρανή μπορεί να είναι χαμηλότερης ποιότητας, ωστόσο τα αδρανή υλικά θα πρέπει πάντα να εξασφαλίζουν στις στρώσεις τις εξής βασικές λειτουργίες:

- α) Μεταβιβάζει τα φορτία στο υπέδαφος.
- β) Εξασφαλίζει την άνετη κυκλοφορία των εργοταξιακών οχημάτων.
- γ) Προστατεύει τα υλικά της βάσης από "μόλυνση" αυτών με εδαφικό υλικό (άργιλος, ιλύς, οργανικά υλικά κ.λπ.).
- δ) Δρα ως αντιπαγετική προστατευτική στρώση στην περίπτωση που το έδαφος είναι παγοπληκτικό.

ε) Μπορεί να λειτουργήσει και ως στρώση αποστράγγισης των υδάτων που πιθανόν να διαπεράσουν τις υπερκείμενες στρώσεις προστατεύοντας το υπέδαφος. Αυτό είναι πολύ πιθανόν να συμβεί στις περιπτώσεις που οι υπερκείμενες ασφαλικές στρώσεις είναι μικρού πάχους ή/και τα χρησιμοποιηθέντα ασφαλιστικά όχημα όχι τόσο κλειστής υφής.

Στην περίπτωση κατά την οποία η υπόβαση λειτουργεί ως αποστραγγιστική στρώση είναι απαραίτητη η χρήση υδρομονωτικής μεμβράνης στη διεπιφάνεια με το υπέδαφος. Ο ρόλος της μεμβράνης είναι καθαρά προστατευτικός και στεγανωτικός. Δηλαδή, με την τοποθέτηση αυτής προστατεύεται η αποτελεσματική λειτουργία της αποστραγγιστικής υπόβασης, εξαιτίας αποκλεισμού της μεταφοράς λεπτόκοκκων υλικών από το έδαφος στην υπόβαση και αποφεύγεται η μείωση της φέρουσας ικανότητας του υπεδάφους και πιθανότατα η διόγκωση από την αύξηση της υγρασίας, εξαιτίας των επιφανειακών υδάτων που θα διαπεράσουν τις υπερκείμενες στρώσεις. Στις περιπτώσεις που η υπόβαση καλείται να παίξει το ρόλο αποστραγγιστικής στρώσης συνιστάται όπως ελέγχεται η ταχύτητα αποστράγγισης της στρώσης αυτής. Το πάχος της υπόβασης θα πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να μην αναπτύσσονται υψηλές θλιπτικές και διατμητικές τάσεις στο υπέδαφος, υπό την επίδραση των φορτίων των εργοταξιακών οχημάτων, ικανές να προκαλέσουν αισθητές παραμορφώσεις. Το ακριβές πάχος καθορίζεται αναλόγως της μεθοδολογίας διαστασιολόγησης.

Είναι σύνηθες, όταν το υπέδαφος είναι αρκετά καλό (περίπου $CBR > 7\%$), η υπόβαση να παραλείπεται και να κατασκευάζεται μόνο η βάση από ασύνδετα αδρανή.

Στην περίπτωση που η υπόβαση χρησιμοποιείται ως αντιπαγετική στρώση το πάχος αυτής καθορίζεται από το εκτιμώμενο ή υπολογισθέν βάθος διείσδυσης του παγετού.

4.2.2 Δύσκαμπτα οδοστρώματα

Πλάκα σκυροδέματος (βάση): Η πλάκα σκυροδέματος σε ένα δύσκαμπτο οδόστρωμα έχει σκοπό να παραλαμβάνει και να μεταβιβάζει τις τάσεις του κυκλοφοριακού φόρτου στο υπέδαφος και τις τάσεις που προέρχονται από τη μεταβολή της θερμοκρασίας και της υγρασίας του σκυροδέματος. Τα αδρανή είναι θραυστά ή φυσικά και οι ιδιότητές τους καθορίζονται από το πρότυπο ΕΛΟΤ 408. Τα αδρανή της βάσης πρέπει να προστατεύσουν την κατασκευή της άκαμπτης πλάκας από σκυρόδεμα από άντληση δηλαδή να έχουν υψηλή αντίσταση στην διαβρωτική δράση του νερού, να προσφέρουν αποστράγγιση, να είναι ανθεκτικά στη φθορά έναντι παγετού, να μην προκαλούν μεταβολή όγκου (διόγκωση – συρρίκνωση) και γενικότερα να βελτιώνουν την δομική (φέρουσα) ικανότητα της κατασκευής.

Υπόβαση: Τα αδρανή της υπόβασης είναι κοκκώδη φυσικά ή θραυστά αδρανή σταθεροποιημένα ή όχι με τσιμέντο (κεφάλαιο 4.3) όμοια με αυτά που χρησιμοποιούνται για υποβάσεις και βάσεις σε εύκαμπτα οδοστρώματα. Τα αδρανή της υπόβασης δεν συνεισφέρουν τόσο στην αύξηση της δομικής αντοχής του οδοστρώματος όσο κυρίως παρέχουν την ομοιομορφία της φέρουσας ικανότητας για αποφυγή τοπικών αστοχιών. Επιπλέον, πρέπει να προσφέρουν μία καλή επιφάνεια για την κυκλοφορία των βαρέων οχημάτων που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή. Οι περιπτώσεις που αναμένεται μη ομοιόμορφη συμπεριφορά του υπεδάφους είναι:

α) Η ύπαρξη θερμοκρασιών κάτω του μηδενός. Για την προστασία των εδαφών θα πρέπει το πάχος της υπόβασης και της πλάκας να είναι μεγαλύτερο του βάθους διείσδυσης του παγετού και το επίπεδο του υδροφόρου ορίζοντα να διατηρείται σε κάποιο βάθος κάτω από τη στάθμη της σκάφης.

β) Κακή αποστράγγιση της κατασκευής. Στα δύσκαμπτα οδοστρώματα επιβάλλεται η ύπαρξη ικανοποιητικού συστήματος αποστράγγισης. Παρακράτηση

νερού κάτω από την επιφάνεια της πλάκας είναι η πιθανότερη αιτία θραύσης των γωνιαίων τμημάτων αυτής και εμφάνισης ρωγμών στην επιφάνεια, εξαιτίας λόγω διαστολής του ύδατος που έχει παρακρατηθεί.

γ) Διόγκωση-συρρίκνωση του υπεδάφους, εξαιτίας ύπαρξης αργιλικών υλικών. Το φαινόμενο της διόγκωσης-συρρίκνωσης του υπεδάφους αποφεύγεται με τη διατήρηση του υδροφόρου ορίζοντα σε βάθος μεγαλύτερο από 60 cm από τη σκάφη, τη δημιουργία ικανοποιητικού συστήματος αποστράγγισης υπόγειων και επιφανειακών υδάτων, τη σταθεροποίηση του εδάφους και την κατασκευή επιχώματος. Η περίπτωση αυτή συμβαίνει σε περιοχές με υψηλές θερμοκρασίες και περιόδους ξηρασίας εφόσον το οδόστρωμα πρόκειται να κατασκευαστεί σε αργιλώδη εδάφη.

δ) Η άντληση των λεπτόκοκκων υλικών από το υπέδαφος. Η άντληση αυτών αποτελεί έναν από τους κυριότερους παράγοντες εμφάνισης ρηγματώσεων στις γωνίες ή τις ακμές της πλάκας. Το φαινόμενο αυτό αποφεύγεται με την κατασκευή υπόβασης με υλικά χωρίς μεγάλο ποσοστό παιπάλης και ο δείκτης πλαστικότητας (PI) να είναι μικρότερος του 6. Οι LISTER & MAGGS (1982) υποστήριξαν ότι παρέχεται μεγαλύτερη διασφάλιση, αν τα υλικά σταθεροποιούνται με **τσιμέντο**.

4.3 Πρότυπα και προδιαγραφές

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των βάσεων από ασύνδετα αδρανή είναι, κατ' αποκλειστικότητα, θραυστά αδρανή υλικά. Τα θραυστά αδρανή μπορεί να είναι από πετρώματα ή φυσικές αποθέσεις ή σκωρίες ή υλικά που προέρχονται από ανακύκλωση οδοστρωμάτων με την προϋπόθεση ότι πληρούν τις απαιτήσεις των προδιαγραφών.

Σε αντίθεση με τα υλικά της βάσης, τα υλικά της υπόβασης μπορεί να είναι άθραυστα αδρανή φυσικών αποθέσεων (αμμοχάλικο). Όμως, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και οποιοδήποτε άλλο από τα προαναφερθέντα υλικά βάσης ή ακόμη και μπάζα οικοδομών.

Τα υλικά βάσης και υπόβασης από ασύνδετα αδρανή είναι γνωστά στην Ελλάδα ως υλικά "3A", σταθεροποιημένου τύπου. Η ονομασία 3A προήλθε από την προδιαγραφή που καθόριζε, αρχικά, τις χαρακτηριστικές ιδιότητες των υλικών αυτών. Το 1966 η προδιαγραφή αυτή αντικαταστάθηκε με την ΠΤΠ Ο-155 για υλικά βάσεων και την ΠΤΠ

O-150 για υλικά υποβάσεων. Η μόνη ουσιαστική διαφορά μεταξύ των δύο προδιαγραφών είναι ότι η πρώτη αναφέρεται σε θραυστά αδρανή, ενώ η δεύτερη σε μη θραυστά αδρανή. Οι προδιαγραφές αυτές ισχύουν μέχρι και σήμερα δίχως καμία αναθεώρηση.

Ο όρος υλικά σταθεροποιημένου τύπου χρησιμοποιείται στην Ελλάδα με την ευρύτερη έννοια του όρου, γιατί με την προσθήκη νερού στο μίγμα, αυτό αποκτά κάποια συνοχή εξαιτίας της ύπαρξης ποσοστού παιπάλης. Η προσθήκη επαρκούς ποσότητας ύδατος διαβρέχει την επιφάνεια των αδρανών, μειώνει τις τριβές που αναπτύσσονται μεταξύ των κόκκων και έτσι επιτυγχάνεται καλύτερη συμπίκνωση και συνεπώς σταθερότερη στρώση από άποψη μηχανικής συμπεριφοράς. Η σταθερότητα ή ευστάθεια των στρώσεων οφείλεται αποκλειστικά και μόνο στη σύμπλεξη των αδρανών, πράγμα που επιβάλλει τη χρήση καλής κοκκομετρικής διαβάθμισης αυτών. Ουσιαστική σταθεροποίηση επέρχεται μόνο με την προσθήκη συνδετικού υλικού, που στην περίπτωση αυτή είναι κυρίως τσιμέντο (ή ασφαλτος) ή ασφατικό γαλάκτωμα.

Οι μέθοδοι ελέγχου με τις οποίες εξετάζονται τα αδρανή σύμφωνα με την ΠΤΠ Ο-150 και ΠΤΠ Ο-155 είναι οι ακόλουθοι:

AASHO T-2	Δειγματοληψία
AASHO T-27	Κοκκομετρική ανάλυση αδρανών
AASHO T-176	Ισοδύναμο άμμου
AASHO T-96	Φθορά κατά Los Angeles
AASHO T-104	Ανθεκτικότητα στην αποσάθρωση (υγεία)
AASHO T-11	Υλικό διερχόμενο από το κόσκινο No 200 (παιπάλη)
AASHO T-89	Όριο υδαρότητας
AASHO T-90	Όριο πλαστικότητας
AASHO T-91	Δείκτης πλαστικότητας
AASHO T-180	Σχέση υγρασίας - πυκνότητας

4.3.1 Αδρανή υλικά βάσης και υποβάσης σύμφωνα με νεότερες προδιαγραφές

Πρέπει να αναφερθεί ότι οι Ελληνικές προδιαγραφές που προαναφέρθηκαν, δεν έχουν αναθεωρηθεί από το 1966, συνεπώς κρίνεται σκόπιμο να γίνει αναφορά στα όρια των αναθεωρημένων προδιαγραφών που χρησιμοποιούνται σήμερα σε άλλες χώρες όπως στις Η.Π.Α. και τη Μ. Βρετανία.

Βασική διαφορά μεταξύ των ελληνικών προδιαγραφών και των αναθεωρημένων Αμερικανικών προδιαγραφών κατά ASTM είναι ότι, στις αναθεωρημένες χρησιμοποιείται ένας μόνον τύπος μίγματος αδρανών για τη βάση και ένας τύπος για την υπόβαση, έναντι των πέντε διαφορετικών που προτείνονται από τις ελληνικές προδιαγραφές. Τα αδρανή και για τους δύο τύπους είναι θραυστά (τουλάχιστον το 75% των αδρανών που συγκρατούνται στο κόσκινο των 9,5 mm θα πρέπει να έχουν δύο ή περισσότερες θραυστές επιφάνειες). Οι κοκκομετρικές διαβαθμίσεις που προτείνονται από τις αναθεωρημένες προδιαγραφές έχουν στενότερα όρια και επιτρέπουν μικρότερο ποσοστό παιπάλης. Το τελευταίο έχει ως αποτέλεσμα να εκμηδενίζεται η πιθανότητα διόγκωσης ή παγοπληξίας της στρώσης. Ειδικότερα, για την αποφυγή διόγκωσης και κυρίως της παγοπληξίας, το ποσοστό της παιπάλης δε θα πρέπει να ξεπερνά το 60% του υλικού που διέρχεται από το κόσκινο 0,063 mm καθώς επίσης, η παιπάλη δε θα πρέπει να εμπεριέχει υλικό διαμέτρου <0,02 mm σε ποσοστό μεγαλύτερο του 3%.

4.4 Χαρακτηριστικά υλικού και έλεγχοι ποιότητας με βάση το ΕΛΟΤ EN 13242

Το νέο Ευρωπαϊκό πρότυπο είναι το ΕΛΟΤ EN 13242 «Αδρανή υλικών σταθεροποιημένων με υδραυλικές κονίες ή μη σταθεροποιημένων για χρήση στα τεχνικά έργα και την οδοποιία».

Οι μέθοδοι ελέγχου με τις οποίες θα ελέγχονται τα αδρανή είναι οι ακόλουθες.

AASHTO T-2, ΕΛΟΤ EN 932-1:1996	Μέθοδοι δειγματοληψίας
-----------------------------------	------------------------

ΕΛΟΤ EN 932-2:2000	Μέθοδος μείωσης εργαστηριακών δειγμάτων
ASTM C –136, AASHO T-27, ΕΛΟΤ EN 933-1:1998	Κοκκομετρική ανάλυση
ΕΛΟΤ EN 933-5:1999	Ποσοστό θραυσμένων επιφανειών σε χονδρόκοκκα αδρανή
ASTM D –1140, AASHO T-11 ΕΛΟΤ EN 933-1:1998	Ποσοτικός προσδιορισμός παιπάλης
AASHO T-176 ΕΛΟΤ EN 933-8:2000	Ποιοτικός προσδιορισμός παιπάλης – δοκιμή ισοδυνάμου άμμου
ΕΛΟΤ EN 933-9:1999	Ποιοτικός προσδιορισμός παιπάλης-δοκιμή μπλε του μεθυλενίου
BS 812 ΕΛΟΤ EN 933-3:1997	Προσδιορισμός δείκτη πλακοειδούς
ΕΛΟΤ EN 933-4:2000	Προσδιορισμός δείκτη σχήματος
E 105-86	Μέθοδος μέτρησης Καλιφορνιακού δείκτη CBR
NF P 18-577	Δοκιμή Deval
ΕΛΟΤ EN 1097-1:1996	Προσδιορισμός αντοχής σε φθορά (Δοκιμή Micro –Deval)
ΕΛΟΤ EN 1097-2:1999	Δοκιμή κρούσης (Impact Value)
ASTM C –131 AASHO T-96 ΕΛΟΤ EN 1097-2:1999	Προσδιορισμός αντοχής σε θρυμματισμό (Δοκιμή Los Angeles)
ΕΛΟΤ EN 1367-1:2000	Προσδιορισμός αντοχής σε ψύξη – απόψυξη
AASHO T-104 ΕΛΟΤ EN 1367-2:1999	Δοκιμή θειικού μαγνησίου (Υγεία)
ΕΛΟΤ EN 1367-3:2001	Δοκιμή βρασμού “Sonnenbrand” βασάλτη και αποσύνθεση σκωρίας σιδήρου
ASTM D –854 AASHO T-100 ΕΛΟΤ EN 1097-6:2000	Προσδιορισμός πυκνότητας κόκκων και υδαταπορροφητικότητας
ΕΛΟΤ EN 932-3:1996	Διαδικασία και ορολογία για απλοποιημένη πετρογραφική περιγραφή
ΕΛΟΤ EN 1744-1:1999	Χημική ανάλυση
ΕΛΟΤ EN 1744-3:2003	Προετοιμασία με εκχύλιση (eluates by leaching)
ΕΛΟΤ EN 196-2:1995	Χημική ανάλυση τσιμέντου
ASTM D 4318 AASHO T-89	Όριο υδαρότητας
ASTM D 4318 AASHO T-90	Όριο πλαστικότητας
AASHO T-91	Δείκτης πλαστικότητας
ASTM D –1557 AASHTO T-180	Proctor τροποποιημένη μέθοδος, Μέθοδος Δ, Σχέση υγρασίας – πυκνότητας
Council Directive 76/769/EEC	Διαφυγή επικίνδυνων ουσιών, οι οποίες εκφράζονται σε μm^3

4.5 Το νέο Ευρωπαϊκό Πρότυπο Αδρανών Βάσεων και Υποβάσεων ΕΛΟΤ EN 13242

Το νέο Ευρωπαϊκό Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13242 συστήνει τις ακόλουθες δοκιμές οι οποίες δεν περιλαμβάνονται στους Ελληνικούς κανονισμούς και πρότυπα, θα ισχύσουν όμως όταν τεθεί σε ισχύ το Ευρωπαϊκό πρότυπο:

- Δείκτης σχήματος.
- Ποσοστό θραυσμένων ή σπασμένων τεμαχίων / επιφανειών.
- Ποσοτικός προσδιορισμός παιπάλης (ως παιπάλη θα θεωρείται το κλάσμα που διέρχεται από το κόσκινο 0,063 mm).
- Ποιοτικός προσδιορισμός παιπάλης (εισάγεται η Δοκιμή μπλε του μεθυλενίου).
- Υδαταπορροφητικότητα .
- Φαινόμενο βάρος και % όγκου κενών.
- Αντοχή σε κρούση.
- Αντοχή σε φθορά.
- Δοκιμή micro-Deval .
- Αντοχή σε ψύξη-απόψυξη.
- Δοκιμή βρασμού Sonnenbrand.
- Θεικό άλας ευδιάλυτο με οξύ.
- Ολικό θείο.
- Υλικά που αλλάζουν το ρυθμό πήξης και σκλήρυνσης των σταθεροποιημένων μιγμάτων.
- Σταθερότητα όγκου σκωριών σιδήρου.
- Σταθερότητα όγκου - Αποσύνθεση σιδήρου ή πυριτικού διασβεστήου των αερόψυκτων σκωριών υψικαμίνου.
- Υδατοδιαλυτά συστατικά.
- Βλαβερά συστατικά: οργανικά και εκτεταμένα στερεά, μέταλλα ή πλαστικά.
- Διαφυγή επικίνδυνων ουσιών, ιδιαίτερα βαρέων μετάλλων.
- Πετρογραφική δομή.

Η ουσιαστική αλλαγή είναι ότι το νέο ευρωπαϊκό πρότυπο εισάγει την ορυκτολογική και πετρογραφική εξέταση του προοριζόμενου πετρώματος για χρήση αδρανών. Το πέτρωμα πρέπει να είναι απαλλαγμένο από ξένες προσμίξεις, σβώλους αργίλου, εύθρυπτα και αποσαθρωμένα τεμάχια. Η πετρογραφική εξέταση και η κατηγοριοποίηση του πετρώματος μπορούν συχνά να δώσουν σαφείς πληροφορίες για τη συμπεριφορά του πετρώματος σε διάφορες καιρικές συνθήκες. Μη επιθυμητά πετρώματα είναι ο σχιστόλιθος, ο φυλλίτης, η κιμωλία, η μάργα, ο αργιλικός σχιστόλιθος και πετρώματα συνδεδεμένα χαλαρά με αργιλικά ορυκτά.

4.5 Στοιχεία παραγωγικής διαδικασίας

Η διαδικασία παραγωγής αδρανών υλικών από πέτρωμα γίνεται στα λατομεία και περιλαμβάνει τις ακόλουθες φάσεις:

4.5.1 Εξόρυξη

Η εξόρυξη των πετρωμάτων που προορίζονται για παραγωγή αδρανών για βάσεις και υποβάσεις θα πρέπει να γίνεται σε υγιείς όγκους στο λατομείο αποφεύγοντας α) όλα τα μη καθαρά και μη υγιή τμήματα του πετρώματος, β) τις περιοχές επαφής με γειτονικά μη υγιή πετρώματα, γ) τα αποσαθρωμένα και εύθρυπτα τμήματα του πετρώματος.

4.5.2 Θραύση-Κοσκίνιση

Η παραγωγή του θραυστού υλικού για βάσεις και υποβάσεις θα πρέπει να γίνεται με τροφοδότηση του συγκροτήματος θραύσης-κοσκίνισης με καθαρό υλικό, απαλλαγμένο από σβώλους και κωμούς αργίλου όπως και κάθε ξένης πρόσμιξης.

Το θραυστό υλικό παράγεται κατόπιν μιας ή περισσότερων θραύσεων, γεγονός που εξαρτάται από την προέλευσή του και τις ισχύουσες προδιαγραφές. Γι' αυτόν το σκοπό θα χρησιμοποιούνται τα κατάλληλα πολλαπλά θραυστικά συγκροτήματα, ανάλογα της προέλευσης του αδρανούς υλικού, της ορυκτολογικής και πετρογραφικής σύστασης αυτού, της σκληρότητας, της αντοχής σε τριβή και κρούση, της αρχικής κοκκομετρικής διαβάθμισης και αυτής που επιδιώκεται. Εκτός από την κοκκομετρική διαβάθμιση επιδιώκεται και συγκεκριμένη μορφή ή σχήμα των κόκκων. Οι κόκκοι πρέπει να έχουν σχήμα όσο το δυνατό πιο κοντά στο κυβικό ή στο σφαιρικό και όχι στο

επιμηκυμένο. Οι έλεγχοι καθορισμού της μορφής ή του σχήματος των κόκκων των αδρανών είναι αυτοί που καθορίζουν το «Δείκτη Πλακοειδούς-Flakiness Index» και το «Δείκτη Επιμήκυνσης-Elongation Index». Οι έλεγχοι αυτοί εκτελούνται σε θραυστά αδρανή κατά κανόνα, γιατί η μορφή αυτών επηρεάζεται αποκλειστικά και μόνο από τον τρόπο θραύσης τους. Συγκεκριμένα από τον αριθμό και το είδος των σπαστήρων, το είδος και τη φύση του πετρώματος, καθώς και το μέγεθος του όγκου που ρίχνεται για θραύση.

Στην περίπτωση όπου τεμάχια του προς θραύση υλικού, περιβάλλονται από ισχυρή συγκολλημένη άργιλο που δεν μπορεί να αποχωριστεί με μηχανικά μέσα, τότε δεν θα χρησιμοποιείται αυτό το υλικό ή θα υποβάλλεται σε πλύσιμο. Η λύση αυτή χρησιμοποιείται κυρίως σε αδρανή φυσικών αποθέσεων.

Ένα σύνθετο συγκρότημα θραύσης-κοσκίνισης αδρανών υλικών για παραγωγή αποτελείται από:

- α) Προδιαλογέα για απομάκρυνση των βλαπτικών αργιλικών συστατικών.
- β) Θραυστήρες πρωτογενούς θραύσης: περιστροφικούς, κρουστικούς με ρότορα (οι πλέον διαδομένοι στην Ελλάδα), θραυστήρες σιαγώνων (για αποφυγή δημιουργίας πολύ λεπτόκοκκου υλικού).
- γ) Κόσκινα τετράγωνης ή ορθογώνιας βροχίδας.
- δ) Ταινίες που απομακρύνουν το κάθε κλάσμα του υλικού και το αποθηκεύουν σε σωρούς με βάση το μέγιστο κόκκο του κάθε κλάσματος π.χ. σκύρα, γαρμπίλι, ρυζάκι.

Θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην εκλογή και στην ρύθμιση των μηχανημάτων θραύσης-κοσκίνισης, ώστε το τελικό προϊόν να παρουσιάζει σταθερότητα ποιοτικών χαρακτηριστικών και να είναι απαλλαγμένο από υψηλό ποσοστό ασβεστολιθικής παιπάλης, αργιλικές προσμίξεις και υπερμεγέθεις κόκκους.

Σε περίπτωση που το υλικό ύστερα από τη θραύση-κοσκίνιση δεν ικανοποιεί την απαιτούμενη κοκκομετρική διαβάθμιση θα πρέπει να παράγεται με ανάμιξη και σύνθεση διαφορετικών κοκκομετρικών κλασμάτων με συγκεκριμένες αναλογίες έτσι ώστε το τελικό προϊόν να συμμορφώνεται με τις προδιαγραφές.

5. ΑΔΡΑΝΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

5.1 Γενικά

Το σκυρόδεμα αποτελείται από αδρανή με συγκεκριμένη κοκκομετρική διαβάθμιση και τσιμέντο ως συγκολλητικό υλικό. Τα αδρανή για παρασκευή τσιμέντου αποτελούνται από φυσικά ή επεξεργασμένα αδρανή χαμηλής πυκνότητας όπως κίσσηρη, σκωρία, ηφαιστειακή τέφρα, διατομίτης, σχιστοπηλός, άργιλος, βερμικουλίτης και τελικά προϊόντα καύσης ανθράκων (MASON 1989). Το νέο ευρωπαϊκό πρότυπο τσιμέντου, ΕΛΟΤ EN 197, προβλέπει μεγάλο αριθμό προϊόντων τσιμέντου. Τα τσιμέντα αυτά δεν θα παράγονται ούτε θα κυκλοφορούν όλα κατ' ανάγκη σε κάθε χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Κάθε χώρα παρασκευάζει τσιμέντο ανάλογα με το κλίμα της και τις πηγές πρώτων υλών που διαθέτει. Τα συστατικά του τσιμέντου μπορεί να είναι τα εξής: κλίνκερ (K), ποζολάνη φυσική (P), ποζολάνη φυσική ψημένη (Q), ιπτάμενη τέφρα πυριτική (V), ιπτάμενη τέφρα ασβεστούχος (W), ψημένος σχιστόλιθος (T), ασβεστόλιθος (L), σκωρία υψικαμίνου (S), πυριτική παιπάλη (D). Οι βασικοί τύποι τσιμέντου είναι: τσιμέντο πόρτλαντ (CEM I), τσιμέντο πόρτλαντ σύνθετο (CEM II), σκωριοτσιμέντο (CEM III), ποζολανικό (CEM IV) και σύνθετο τσιμέντο (CEM V). Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 197-1 στην ονοματολογία του τσιμέντου θα αναφέρονται ο τύπος του τσιμέντου, η περιεκτικότητα των συστατικών, ο τύπος των συστατικών, η κατηγορία αντοχών και η πρώιμη αντοχή.

5.2 Ο ρόλος των αδρανών στο σκυρόδεμα

Σύμφωνα με την κλασική αντίληψη, τα αδρανή υλικά αποτελούν το σκελετό του σκυροδέματος. Καλύπτοντας στο σύνολο τους (χονδρόκοκκα και λεπτόκοκκα) το 60-75 % του όγκου του σκυροδέματος (70-85% του βάρους του) επηρεάζουν καθοριστικά τις ιδιότητές του, τόσο στη νωπή όσο και στη σκληρυμένη μορφή.

Εφόσον είναι γενικά λιγότερο παραμορφώσιμα σε σχέση με την τσιμεντόπαστα, αντιστέκονται στη διάδοση και ανάπτυξη των μικρορωγματώσεων που προκαλούνται από τη συστολή ξήρανσης. Με τον τρόπο αυτό συμβάλλουν και βελτιώνουν την αντοχή του τσιμεντοπολτού.

Τα αδρανή υλικά θα πρέπει να ικανοποιούν ορισμένες απαιτήσεις για να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν στο σκυρόδεμα. Θα πρέπει να αποτελούνται από κόκκους υγιείς, ανθεκτικούς και απαλλαγμένους από βλαπτικές αργιλικές προσμίξεις οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν τόσο την ενυδάτωση του τσιμέντου όσο και την πρόσφυση των κόκκων των αδρανών με την τσιμεντόπαστα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η φύση των δεσμών που αναπτύσσονται στην διεπιφάνεια αδρανών και τσιμεντόπαστας, οδηγούν στις μηχανικές αντοχές του σκυροδέματος.

Συνεπώς, η εκλογή του αδρανούς είναι ένας σημαντικός παράγοντας για τη σύνθεση και την ποιότητα του σκυροδέματος ο οποίος πρέπει να εξετάζεται σε συνάρτηση με τις επιδιωκόμενες απαιτήσεις και ιδιαίτερα λαμβάνοντας υπόψη την ανθεκτικότητα. Τα αδρανή που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή σκυροδέματος δεν πρέπει να επηρεάζουν δυσμενώς τη διαδικασία της πήξης και σκλήρυνσης, την αντοχή του σκυροδέματος, την ευστάθεια του όγκου και την κατάσταση της επιφάνειας του σκυροδέματος, καθώς και την προστασία του οπλισμού έναντι της διάβρωσης.

Οι κανονισμοί και οι προδιαγραφές που αφορούν τόσο το σκυρόδεμα, όσο και τα αδρανή (φυσικά-χημικά χαρακτηριστικά, εργαστηριακές δοκιμές) έχουν τις ρίζες τους στο 1954 με το Βασιλικό Διάταγμα (Β.Δ./54) και το Γερμανικό DIN-1045. Ακολούθησε ο Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος του 1985, του 1997 και του 2002 (ΚΤΣ-85, ΚΤΣ-97, ΚΤΣ-97 / Προσαρμογή 2002) και τέλος αυτό που θα εφαρμόζεται από το 2005 είναι το νέο Ευρωπαϊκό Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 206-1 και το EN 12620 που αφορά τα αδρανή.

5.3 Πρότυπα και προδιαγραφές

Τα αδρανή σκυροδέματος θα πρέπει να ικανοποιούν τους παρακάτω κανονισμούς και πρότυπα: α) ΚΤΣ-97 «Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος 1997» και β) Σχέδιο Ελληνικού Προτύπου ΕΛΟΤ 408 «Θραυστά αδρανή για συνήθη σκυροδέματα». Η προδιαγραφή αυτή αφορά θραυστά αδρανή με φαινόμενο ειδικό βάρος 2,4-3, δηλαδή δεν αναφέρεται στα ελαφρά και βαριά αδρανή.

Αναφορικά με την ονοματολογία των αδρανών, ανάλογα με το μέγεθος του κόκκου, αυτά διαχωρίζονται σε

- **Άμμος:** Το υλικό που διέρχεται από το κόσκινο 9,5 mm ή 3/8'' σε ποσοστό 100% και από το κόσκινο Νο4 σε ποσοστό τουλάχιστον 95% (ορισμός από ΚΤΣ-97).
- **Ρύζι:** Το υλικό που διέρχεται από το κόσκινο 9,5 mm ή 3/8'' (εμπειρικός ορισμός αγοράς).
- **Γαρμπίλι:** Το υλικό που διέρχεται από το κόσκινο 12,5 mm ή 1/2'' (εμπειρικός ορισμός αγοράς).
- **Χαλίκι:** Το υλικό που διέρχεται από το κόσκινο 25 mm ή 1'' (εμπειρικός ορισμός αγοράς).

Σύμφωνα με τα παραπάνω, τα αδρανή που προορίζονται για σκυρόδεμα πρέπει να εξετάζονται για τα ακόλουθα χαρακτηριστικά.

5.3.1 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά

Δείκτης σχήματος: Οι κόκκοι των αδρανών πρέπει να έχουν όσο το δυνατό μορφή πλησιέστερα στην κυβική ή στη σφαιρική. Οι κόκκοι των αδρανών που έχουν σχέση μεγαλύτερη προς μικρότερη διάσταση πάνω από 3:1 θεωρούνται πως έχουν δυσμενή μορφή. Για χονδρόκοκκα αδρανή πάνω από 5 mm το ποσοστό των κόκκων με δυσμενή μορφή δεν πρέπει να ξεπερνάει το 50% κατά βάρος. Ο έλεγχος γίνεται σε αντιπροσωπευτικό δείγμα περίπου 500 g και μετρούνται οι διαστάσεις των κόκκων με το παχύμετρο.

Κοκκομετρική διαβάθμιση: Η κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος των θραυστών αδρανών (μέγιστου μεγέθους κόκκου 30 mm) που προορίζονται για σκυρόδεμα πρέπει να είναι εντός των ορίων που αναφέρονται στον ΕΛΟΤ 408.

Ποσοτικός προσδιορισμός παιπάλης (υλικό διερχόμενο από το κόσκινο Νο 200, 0,075 mm): Για τα κλάσματα χαλίκι, γαρμπίλι, ρύζι το διερχόμενο ποσοστό πρέπει να είναι <1%. Για τη θραυστή άμμο το ποσοστό είναι <16% για οπλισμένο σκυρόδεμα και <20% για άοπλο σκυρόδεμα. Για τη φυσική άμμο το ποσοστό αυτό είναι <5%.

Τιμή ισοδυνάμου άμμου: Η άμμος δεν πρέπει να περιέχει λεπτόκοκκες προσμίξεις μεγέθους αργίλου σε μεγάλο ποσοστό. Ειδικότερα, η τιμή του ισοδυνάμου άμμου ανάλογα με τις συνθήκες πρέπει να είναι ≥ 75 (για δυσμενείς συνθήκες), ≥ 70 (για επιμελημένη παραγωγή) και ≥ 65 (για συνήθεις κατασκευές). Αν η τιμή του

ισοδυνάμου άμμου είναι χαμηλότερη, τότε μπορεί να προκληθεί μείωση της αντοχής του σκυροδέματος και ρηγμάτωση αυτού κατά την αρχική φάση της σκλήρυνσής του.

Επιπλέον στο Ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12620 αναφέρονται και τα εξής χαρακτηριστικά (δοκιμές): Προσδιορισμός του δείκτη πλακοειδούς, προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε κελύφη, ποιοτικός προσδιορισμός παιπάλης (δοκιμή μπλε του μεθυλενίου).

5.3.2 Μηχανικά χαρακτηριστικά

Η αντοχή του μητρικού πετρώματος πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 650 kg/cm² (65 MPa). Αδρανή που έχουν συμβατική αντοχή μητρικού πετρώματος από 450 kg/cm² (45 MPa) έως 650 kg/cm² (65 MPa) μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο σκυρόδεμα με την προϋπόθεση της ιδιαίτερα προσεκτικής μελέτης σύνθεσης. Επίσης, πρέπει να ελεγχθεί η υγεία του πετρώματος και η ανθεκτικότητα αυτού έναντι του κύκλου κατάψυξης και απόψυξης. Η συμβατική αντοχή του μητρικού πετρώματος ελέγχεται με αντιπροσωπευτικά κυβικά δοκίμια (7cm x 7cm x 7cm) ή κυλινδρικών πυρήνων Φ75 και ύψους 75 mm απαλλαγμένα από ασυνέχειες π.χ. διακλάσεις. Για την αριθμητική επεξεργασία των αποτελεσμάτων απορρίπτεται μια τυχόν μέγιστη ακραία τιμή (μεγαλύτερη από το 35% του γενικού μέσου όρου), επίσης απορρίπτεται και τυχόν ελάχιστη ακραία τιμή (μικρότερη από το 35% του γενικού μέσου όρου). Μετά τις τυχόν αυτές τιμές ο μέσος όρος καλείται συμβατική αντοχή μητρικού πετρώματος και πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 650 kg/cm² ή 450 kg/cm². Για επιχρισμένο σκυρόδεμα επιτρέπεται η χρήση αδρανών με αντοχή μητρικού πετρώματος μικρότερη του 45 MPa.

Η ανθεκτικότητα σε τριβή και κρούση ή αλλιώς δοκιμή Los Angeles πρέπει να είναι μικρότερη από 40%.

Επιπλέον στο Ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12620 αναφέρονται και οι εξής δοκιμές: Αντοχή σε κρούση (AIV), αντοχή σε φθορά κατά micro Deval (συντελεστής micro Deval), αντοχή σε στίλβωση (PSV) και αντοχή σε απότριψη (AAV).

5.3.3 Φυσικά χαρακτηριστικά

Φυσική υγρασία: Προσδιορίζεται με ξήρανση του υλικού στους 110°C. Με βάση την υγρασία διορθώνονται οι αναλογίες του νερού και των αδρανών στο σκυρόδεμα.

Φαινόμενο και μικτό ειδικό βάρος-Υδατοαπορροφητικότητα: Οι ελληνικές προδιαγραφές θεωρούν κατάλληλα τα αδρανή με ειδικό βάρος 2,4 – 3. Δεν υπάρχει όριο για την υδατοαπορροφητικότητα.

Φαινόμενο βάρος και ποσοστό όγκου κενών: Δεν προδιαγράφονται όρια.

5.3.4 Ανθεκτικότητα σε καιρικές και θερμικές μεταβολές

Η ανθεκτικότητα στην αποσάθρωση (υγεία αδρανών) εξετάζεται, ειδικά αν το σκυρόδεμα είναι εκτεθειμένο σε έντονες καιρικές συνθήκες και εφόσον δεν υφίσταται επαρκής πείρα για τα αδρανή (άνω της 5ετίας). Η δοκιμή αυτή είναι μία χημική δοκιμασία με θειικό άλας (MgSO_4 ή Na_2SO_4). Η άμμος που θα υποβάλλεται σε αυτή τη δοκιμή πρέπει να παρουσιάζει απώλεια <10% ενώ τα χονδρόκοκκα αδρανή δεν πρέπει να παρουσιάζουν απώλεια <12%. Αν το εξεταζόμενο υλικό δεν ανταποκρίνεται στις παραπάνω απαιτήσεις μπορεί να γίνει δεκτό με τον όρο ότι θα πληροί τις απαιτήσεις ελέγχου στον κύκλο ψύξης-απόψυξης και θα παρουσιάζει συντελεστή ανθεκτικότητας >80%.

Οι ΝΤΑΜΠΙΤΖΙΑΣ κ.α. (2003) θεωρούν τη δοκιμή υγείας «άδικη» για το αδρανές ισχυριζόμενοι ότι η δοκιμή με το θειικό άλας δεν μπορεί να αποτελεί δείκτη ανταπόκρισης του αδρανούς κάτω από φυσικές συνθήκες. Στη θέση της προτείνουν τη δοκιμή ανθεκτικότητας σε κύκλους ψύξης-απόψυξης, η οποία περιλαμβάνεται στο Ευρωπαϊκό πρότυπο ως εναλλακτική δοκιμή αντί της δοκιμής υγείας.

Επιπλέον στο Ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12620 εκτός της δοκιμής ανθεκτικότητας σε κύκλους ψύξης-απόψυξης αναφέρεται και η δοκιμή σταθερότητας όγκου-συστολή ξήρανσης.

5.3.5 Πετρογραφικά και ορυκτολογικά χαρακτηριστικά

Τα αδρανή του σκυροδέματος πρέπει να προέρχονται από ανθεκτικά πετρώματα που δεν μεταβάλουν τη σύσταση, τον όγκο και την αντοχή τους, εξαιτίας παρουσίας

νερού ή παγετού. Πετρώματα τα οποία αποσαθρώνονται εύκολα όπως οι αργιλικοί σχιστόλιθοι, είναι ακατάλληλα για αδρανή, εξαιτίας του κινδύνου σημαντικής μείωσης της ευστάθειας και της αντοχής του σκυροδέματος από τη διόγκωση και μερική αποσάθρωση αυτών από την επαφή τους με το νερό ή τον αέρα.

Όταν το τσιμέντο είναι αργιλικό, το πέτρωμα προέλευσης των αδρανών δεν πρέπει να είναι αλκαλικής ή αργιλικής φύσης. Ειδικότερα, πρέπει να αποφεύγονται πετρώματα και ορυκτά που μπορεί να προκαλέσουν αντίδραση με τα αλκάλια του τσιμέντου. Τέτοια πετρώματα μπορεί να είναι οι δολομίτες, ζεόλιθοι, υαλώδεις έως κρυπτοκρυσταλικοί ρυόλιθοι, δακίτες, λατίτες και ανδεσίτες. Επικίνδυνα ορυκτά είναι ο οπάλιος, χαλκηδόνιος, τριδυμίτης και χριστοβαλίτης. Στα παραπάνω ορυκτά και πετρώματα εξαιτίας του περιεχόμενου άμορφου πυριτίου υπάρχει κίνδυνος διόγκωσης, ρηγμάτωσης και μείωσης της αντοχής του σκυροδέματος.

Η αποσάθρωση του σκυροδέματος, εξαιτίας αλκαλοπυριτικής αντίδρασης οφείλεται σε αντίδραση των αλκαλίων του τσιμέντου με συγκεκριμένο είδος πυριτικών αδρανών που περιέχουν άμορφο SiO_2 . Η αντίδραση αυτή προκαλεί διόγκωση στην οποία οφείλεται η αποσάθρωση του σκυροδέματος. Το φαινόμενο αυτό έχει μεγάλες διαστάσεις στη Β. Ευρώπη και Αμερική, όπου χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο πυριτικά αδρανή. Ο κίνδυνος για τη χώρα μας είναι πολύ μειωμένος, γιατί κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούμε ασβεστολιθικά αδρανή και επιπλέον όπου χρησιμοποιούνται πυριτικά αδρανή αυτά δεν είναι ενεργά. Τρόποι αντιμετώπισης είναι η χρησιμοποίηση τσιμέντων με χαμηλά αλκάλια και ο εμπεριστατωμένος έλεγχος της πηγής των αδρανών πριν από τη χρήση τους (ΓΕΩΡΓΙΟΥ 2004).

Σε περιπτώσεις αμφιβολιών για τη βλαπτικότητα πετρωμάτων με τα αναφερόμενα ορυκτολογικά συστατικά τότε τα αδρανή πρέπει να ελέγχονται σύμφωνα με τη δοκιμή «δυνητική βλαπτικότητα των αδρανών κατά την αλκαλοπυριτική αντίδραση» σύμφωνα με την Προδιαγραφή ASTM C 289. Σε κάθε περίπτωση πριν την πραγματοποίηση της αλκαλοπυριτικής αντίδρασης πρέπει να προηγείται η ορυκτολογική και πετρογραφική εξέταση του πετρώματος.

5.3.6 Χημικά χαρακτηριστικά

Πρέπει να ελέγχεται η περιεκτικότητα στις πιο κάτω ενώσεις οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν βλάβες στο σκυρόδεμα σε ορισμένες συνθήκες του περιβάλλοντος:

Ενώσεις του θείου (θειικό ασβέστιο με τη μορφή ανυδρίτη ή γύψου, θειούχο ασβέστιο), εξαιτίας του κινδύνου διόγκωσης του σκυροδέματος.

Ενώσεις σιδήρου, εξαιτίας του κινδύνου διόγκωσης του σκυροδέματος ή οξείδωσης του σιδήρου.

Νιτρικά άλατα και αλογόνα σε ποσοστό $>0,2\%$ κατά βάρος των αδρανών (εκφρασμένα σε χλωριούχα), εξαιτίας του κινδύνου διάβρωσης του χάλυβα.

Ενώσεις μολύβδου ή ψευδαργύρου. Οι ενώσεις του μολύβδου μπορεί να προκαλέσουν επιτάχυνση στην πήξη και μείωση αντοχής του σκυροδέματος και οι ενώσεις του ψευδαργύρου μπορεί να προκαλέσουν επιβράδυνση στην πήξη και μείωση αντοχής του σκυροδέματος.

Χλωριούχες και φωσφορικές ενώσεις, εξαιτίας του μηχανισμού στην πήξη και στην σκλήρυνση. Για φυσική άμμο από θάλασσα που δεν έχει πλυθεί η περιεκτικότητα σε χλωριούχα άλατα εκφρασμένη σε ισοδύναμο ποσοστό CaCl_2 θα πρέπει να είναι $<1\%$.

Πυριτικό αργίλασβέστιο, αργιλονάτριο, αργιλοκάλιο.

Τα αδρανή πρέπει να εξετάζονται και για τις παρακάτω επιβλαβείς προσμίξεις:

Η περιεκτικότητα των **εύθρυπτων και μαλακών κόκκων** δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει το 3% κατά βάρος για κάθε κλάσμα αδρανών.

Οι **σβώλοι αργίλου** δεν επιτρέπεται να υπερβαίνουν το 0,25% κατά βάρος για κάθε κλάσμα αδρανών.

Τεμάχια **γαιανθράκων και λιγνιτών** δεν επιτρέπεται να υπερβαίνουν το 1% κατά βάρος για κάθε κλάσμα αδρανών. Σε περίπτωση ανεπίχριστου σκυροδέματος το ποσοστό αυτό περιορίζεται σε 0,5%.

Κόκκοι **κερατολίθου** με ειδικό βάρος $< 2,35 \text{ g/cm}^3$ ή κόκκοι που αποσαθρώνονται μετά από πέντε κύκλους της δοκιμής υγείας δεν επιτρέπεται να υπερβαίνουν το ποσοστό 5% κατά βάρος και το 1% σε περίπτωση σκυροδέματος που είναι εξαιρετικά εκτεθειμένο σε καιρικές συνθήκες.

Η άμμος δεν πρέπει να περιέχει **οργανικές προσμίξεις** που μπορεί να εμποδίσουν την πήξη και τη σκλήρυνση του σκυροδέματος, να χρωματίσουν την επιφάνειά του ή τέλος να προκαλέσουν τη διόγκωσή του. Ο έλεγχος πρέπει να γίνεται με τη χρωματομετρική δοκιμή σύμφωνα με την Αμερικάνικη Προδιαγραφή ASTM C88. Σε περίπτωση αρνητικού αποτελέσματος η καταλληλότητα των αδρανών ελέγχεται με τη δοκιμή «επρροή οργανικών προσμίξεων σε λεπτόκοκκα αδρανή επί της αντοχής κονιάματος» σύμφωνα με την Αμερικάνικη Προδιαγραφή ASTM C87.

Στο Ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12620 αναφέρονται και οι εξής δοκιμές: Ελαφροβαρείς προσμίξεις, οργανικές προσμίξεις λεπτόκοκκων αδρανών στην αντοχή κονιάματος, προσδιορισμός των ευδιάλυτων σε οξύ θεικών ενώσεων, προσδιορισμός του ολικού θείου, προσδιορισμός του CO₂.

5.4 Χαρακτηριστικά υλικού και έλεγχοι ποιότητας με βάση το ΕΛΟΤ EN 12620

Το νέο Ευρωπαϊκό πρότυπο, ΕΛΟΤ EN 12620 “Αδρανή για παρασκευή σκυροδέματος συμπεριλαμβανομένων αυτών που χρησιμοποιούνται σε οδούς και οδοστρώματα”, περιλαμβάνει τις ακόλουθες μεθόδους ελέγχου αδρανών σκυροδέματος:

ΣΚ-319, ΣΚ-324, ASTM D75, AASHTO-T2, EN 932-1:1996	Δειγματοληψία αδρανών υλικών, Δοκιμές προσδιορισμού γενικών χαρακτηριστικών, Μέθοδοι δειγματοληψίας αδρανών υλικών
AASHTO T-248, ASTM C702, ΕΛΟΤ EN 932-2:2000	Δοκιμές προσδιορισμού γενικών χαρακτηριστικών, Μέθοδοι μείωσης εργαστηριακών δειγμάτων
ΣΚ-320, AASHTO- T27, ASTM C –136, ΕΛΟΤ EN 933-1:1998	Κοκκομετρική ανάλυση, Δοκιμές προσδιορισμού των γεωμετρικών χαρακτηριστικών αδρανών (Προσδιορισμός της κοκκομετρίας, Κοκκομετρική ανάλυση με κοσκίνιση)
ΣΚ-305, ΕΛΟΤ EN 933-1:1998, AASHTO T11	Προσδιορισμός ποσοστού παιπάλης διερχόμενης από το κόσκινο (63 μm)
ASTM C-566, ΕΛΟΤ EN 1097-5:2000	Προσδιορισμός φυσικής υγρασίας, Δοκιμές προσδιορισμού μηχανικών και φυσικών χαρακτηριστικών αδρανών (Προσδιορισμός φυσικής υγρασίας με ξήρανση σε ξηραντήριο ανακυκλούμενου αέρα)
ΣΚ 301, ΣΚ-302, ASTM C 127, ASTM C128, ΕΛΟΤ EN 1097-6:2000	Προσδιορισμός ειδικού βάρους και υδαταπορροφητικότητας χονδρόκοκκων και λεπτόκοκκων αδρανών, Δοκιμές προσδιορισμού μηχανικών και φυσικών χαρακτηριστικών αδρανών (Προσδιορισμός ειδικού βάρους και υδαταπορροφητικότητας)

ΣΚ-346, ASTM D-2419, ΕΛΟΤ EN 933-8:2000	Δοκιμή Ισοδυνάμου άμμου, Δοκιμές προσδιορισμού γεωμετρικών χαρακτηριστικών. Ποιοτικός προσδιορισμός παιπάλης (Δοκιμή Ισοδυνάμου άμμου)
ΕΛΟΤ EN 933-9:1999	Δοκιμές προσδιορισμού γεωμετρικών χαρακτηριστικών. Ποιοτικός προσδιορισμός παιπάλης (Δοκιμή μπλε του μεθυλενίου)
ASTM C-29 ΕΛΟΤ EN 1097-3:1999	Προσδιορισμός του φαινόμενου βάρους αδρανών υλικών. Δοκιμές προσδιορισμού των μηχανικών και φυσικών χαρακτηριστικών (Προσδιορισμός του χαλαρού φαινόμενου βάρους και των κενών μεταξύ των κόκκων)
ΕΛΟΤ 408 § 3.1, E-102	Αντοχή μητρικού πετρώματος
ΕΛΟΤ 408 § 2, ΕΛΟΤ EN 933-4:2000	Προσδιορισμός του δείκτη σχήματος, Δοκιμές προσδιορισμού γεωμετρικών χαρακτηριστικών των αδρανών (Προσδιορισμός του σχήματος των αδρανών, Δείκτης σχήματος)
ΕΛΟΤ EN 933-3:1997	Δοκιμές προσδιορισμού γεωμετρικών χαρακτηριστικών των αδρανών (Προσδιορισμός του δείκτη πλακοειδούς)
ΕΛΟΤ EN 933-7:1999	Δοκιμές προσδιορισμού των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των αδρανών (Προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε κελύφη)
ΕΛΟΤ EN 1097-1:1996	Δοκιμές προσδιορισμού μηχανικών και φυσικών χαρακτηριστικών των αδρανών (Δοκιμή micro-Deval)
ΣΚ-345, AASHTO T 96, ASTM C 535 & C131, ΕΛΟΤ EN 1097-2:1998	Προσδιορισμός αντοχής σε φθορά και σε κρούση (Δοκιμή Los Angeles), Δοκιμές προσδιορισμού μηχανικών και φυσικών χαρακτηριστικών των αδρανών (Δοκιμή Los Angeles)
ΕΛΟΤ EN 1097-2:1998	Δοκιμές προσδιορισμού μηχανικών και φυσικών χαρακτηριστικών των αδρανών (Μέθοδοι προσδιορισμού αντοχής σε θρυμματισμό, Δοκιμή Schlagversuch)
ΕΛΟΤ EN 1097-8:2000	Δοκιμές προσδιορισμού μηχανικών και φυσικών χαρακτηριστικών των αδρανών (Δοκιμή προσδιορισμού της τιμής στίλβωσης)
ΕΛΟΤ EN 1097-8 (Annexe A)	Δοκιμές προσδιορισμού μηχανικών και φυσικών χαρακτηριστικών των αδρανών (Δοκιμή προσδιορισμού τιμής απότριψης των αδρανών)
ΕΛΟΤ EN 1097-9:1999	Δοκιμές προσδιορισμού μηχανικών και φυσικών χαρακτηριστικών των αδρανών (Προσδιορισμός της αντίστασης σε φθορά, εξαιτίας απότριψης η οποία προκαλείται από λάστιχα με καρφιά-Σκανδιναβική μέθοδος)
ΣΚ-306	Προσδιορισμός των εύθρυπτων και μαλακών κόκκων
ΣΚ-363, ASTM C-33 ΕΛΟΤ EN 1744-1:1999 (άρθρο 15-1)	Προσδιορισμός των οργανικών προσμίξεων στην άμμο σκυροδέματος με χρωματογραφική μέθοδο. Προσδιορισμός χημικών χαρακτηριστικών των αδρανών (Χημική ανάλυση, Προσδιορισμός των οργανικών προσμίξεων με υδροξείδιο του νατρίου)
ΕΛΟΤ EN 1744-1:1999 (άρθρο 15-2)	Προσδιορισμός των χημικών χαρακτηριστικών αδρανών - Χημική Ανάλυση - Προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε φουλβικό οξύ
ASTM C-87,	Προσδιορισμός της επιρροής οργανικών προσμίξεων

ΕΛΟΤ EN 1744 (άρθρο 15-3)	λεπτόκοκκων αδρανών στην αντοχή κονιάματος, Προσδιορισμός χημικών χαρακτηριστικών των αδρανών (Χημική ανάλυση, Προσδιορισμός των επιβλαβών οργανικών προσμίξεων με δοκιμή σε κονίαμα)
ΕΛΟΤ EN 1744-1:1999 (άρθρο 7)	Προσδιορισμός χημικών χαρακτηριστικών των αδρανών (Χημική ανάλυση, Προσδιορισμός των ευδιάλυτων στο νερό χλωριόντων-Μέθοδος Volhard)
ΕΛΟΤ EN 1744-1:1999 (άρθρο 8)	Προσδιορισμός χημικών χαρακτηριστικών των αδρανών (Χημική ανάλυση, Προσδιορισμός των ευδιάλυτων στο νερό χλωριόντων-Ποτενσιομετρική Μέθοδος)
ΕΛΟΤ EN 1744-1:1999 (άρθρο 11)	Προσδιορισμός χημικών χαρακτηριστικών των αδρανών (Χημική ανάλυση, Προσδιορισμός του ολικού θείου)
ΕΛΟΤ EN 1744-1 (άρθρο 12)	Προσδιορισμός χημικών χαρακτηριστικών των αδρανών (Χημική ανάλυση, Προσδιορισμός των ευδιάλυτων σε οξύ θειικών ενώσεων)
ΕΛΟΤ EN 1744-1 (άρθρο 19.1, 19.2)	Προσδιορισμός χημικών χαρακτηριστικών των αδρανών (Χημική ανάλυση, Προσδιορισμός διάσπασης πυριτικού διασβεστίου και σιδήρου)
ΣΚ –321, ASTM C-88 ΕΛΟΤ EN 1367-2:1999	Προσδιορισμός αντοχής σε αποσάθρωση με θειικό μαγνήσιο (Δοκιμή υγείας), Δοκιμές προσδιορισμού των ιδιοτήτων των αδρανών σε θερμικές και καιρικές μεταβολές (Δοκιμή θειικού μαγνησίου)
ΕΛΟΤ EN 1367-1:2000	Δοκιμές προσδιορισμού των ιδιοτήτων των αδρανών σε θερμικές και καιρικές μεταβολές (Αντοχή σε ψύξη-απόψυξη)
ΕΛΟΤ EN 1367-4:1999	Δοκιμές προσδιορισμού των ιδιοτήτων των αδρανών σε θερμικές και καιρικές μεταβολές (Προσδιορισμός συστολής ξήρανσης)
ASTM C-295 ΕΛΟΤ EN 932-3:1996	Πετρογραφική και ορυκτολογική εξέταση, Πετρογραφική περιγραφή
ASTM C-22	Δυνητική βλαπτικότητα αδρανών σύμφωνα με την μέθοδο της αλκαλοπυριτικής αντίδρασης
Council Directive 76/769/EEC	Διαφυγή επικίνδυνων ουσιών εκφραζόμενες σε μm^3

5.5 Το νέο Ευρωπαϊκό Πρότυπο Αδρανών Σκυροδέματος ΕΛΟΤ EN 12620

Τα Νέα Ευρωπαϊκά Πρότυπα Αδρανών (που σύντομα θα γίνουν και εθνικά) θα αντικαταστήσουν τις ισχύουσες Ελληνικές Προδιαγραφές και Πρότυπα. Τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα που χαρακτηρίζονται ως «Εναρμονισμένα Πρότυπα» θα έχουν υποχρεωτική εφαρμογή. Σύμφωνα με απόφαση της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.) τα αδρανή σκυροδέματος που θα διακινούνται σε όλες τις χώρες κράτη-μέλη της Ε.Ε. θα πρέπει υποχρεωτικά να είναι πιστοποιημένα και να φέρουν σήμανση CE. Η καταληκτική

ημερομηνία απόσυρσης των ασύμβατων Εθνικά Προτύπων και η υποχρεωτική εφαρμογή της σήμανσης CE ήταν η 1/6/2004. Κάτι τέτοιο δεν έχει γίνει ακόμη στη χώρα μας. Η σήμανση CE α) είναι απαραίτητη για τη διακίνηση των αδρανών υλικών και πρέπει να εμφανίζεται στα δελτία αποστολής, β) δηλώνει ότι τα αδρανή υλικά μπορούν αν πωλούνται στην αγορά και γ) δηλώνει ότι τα αδρανή καλύπτουν τις ελάχιστες απαιτήσεις στα κύρια χαρακτηριστικά. Επομένως, η σήμανση CE δηλώνει ασφάλεια και καταλληλότητα για κάθε κατηγορία και όχι κατ' ανάγκη ποιότητα προϊόντος.

Το Πρότυπο περιλαμβάνει:

- Πεδίο εφαρμογής.
- Πρότυπα μεθόδων ελέγχου.
- Όρους και διευκρινίσεις.
- Γεωμετρικές απαιτήσεις.
- Φυσικές απαιτήσεις.
- Χημικές απαιτήσεις.
- Αξιολόγηση της συμμόρφωσης.
- Ονοματολογία και περιγραφή των αδρανών.
- Σήμανση.

Σύμφωνα με αυτό το πρότυπο ως αδρανή υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

- Φυσικά αδρανή, ορυκτής προέλευσης, τα οποία μπορεί να έχουν υποστεί και μηχανική κατεργασία (ασβεστολιθικά, φυσικών αποθέσεων π.χ. ποτάμια).
- Τεχνητά αδρανή, κυρίως ορυκτής αρχικής προέλευσης, τα οποία έχουν προκύψει από βιομηχανική κατεργασία (σκωρία, ιπτάμενη τέφρα).
- Ανακυκλωμένα αδρανή, από κατεδαφίσεις σκυροδέματος και τοιχοποιία.

Οι μέθοδοι δοκιμών χωρίζονται σε έξι κατηγορίες ανάλογα με το ελεγχόμενο χαρακτηριστικό:

- **Γενικά χαρακτηριστικά.**
- **Γεωμετρικά χαρακτηριστικά.**
- **Φυσικά χαρακτηριστικά.**
- **Μηχανικά χαρακτηριστικά.**
- **Ιδιότητες των αδρανών σε θερμικές και καιρικές μεταβολές.**

- **Χημικά χαρακτηριστικά.**

Μια άλλη διάκριση των ιδιοτήτων είναι σε τρεις βασικές κατηγορίες όπου απαιτούνται αντίστοιχες μέθοδοι ελέγχου:

- **Γενικές ιδιότητες αδρανών :**

Κοκκομετρία

Σχήμα κόκκων.

Παιπάλη (περιεκτικότητα και ποιότητα).

Ειδικό βάρος και υδατοαπορροφητικότητα.

Αλκαλοπυριτική δράση των αδρανών.

Πετρογραφία – Ορυκτολογία του πετρώματος από το οποίο προέρχονται τα αδρανή.

Επικίνδυνες ουσίες (εκπομπή ραδιενέργειας, αποδέσμευση βαρέων μετάλλων).

- **Ιδιότητες αδρανών για χρήσεις επιφάνειας ή άλλη τελική χρήση:**

Αντίσταση σε φθορά και κρούση.

Αντίσταση σε φθορά.

Αντίσταση σε στίλβωση.

Αντίσταση σε απότριψη.

Περιεκτικότητα της άμμου σε CO₂.

Ανθεκτικότητα σε ψύξη – απόψυξη.

Περιεκτικότητα σε χλωριόντα.

- **Ιδιότητες αδρανών που προέρχονται από ιδιαίτερες πηγές :**

Περιεκτικότητα κελυφών.

Σταθερότητα όγκου.

Περιεκτικότητα σε χλωριόντα όπως θαλάσσιες αποθέσεις.

Ενώσεις που περιέχουν θείο όπως σκωρίες.

Οργανικές και ελαφροβαρείς προσμίξεις.

5.6 Διαφοροποιήσεις του ΕΛΟΤ EN 12620 από τον ΚΤΣ 97

Υπάρχουν αρκετές και σημαντικές διαφορές ανάμεσα στον ΚΤΣ 97 και το πρότυπο ΕΛΟΤ 408 με το Ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12620. Με το Ευρωπαϊκό πρότυπο αλλάζει η ορολογία των αδρανών, οι περιγραφές των προϊόντων, τα πρότυπα

μεγέθη κόσκινων, οι μέθοδοι ελέγχου, ο έλεγχος παραγωγής εργοστασίου και η σήμανση CE. Ενδεικτικά αναφέρουμε τις κύριες διαφοροποιήσεις:

1) Ο ΚΤΣ 97 αναφέρει ότι τα αδρανή τα οποία χρησιμοποιούνται για την παραγωγή σκυροδέματος θα πρέπει να έχουν φαινόμενο ειδικό βάρος $2,4-3 \text{ Mg/m}^3$. Αντίθετα, το νέο Ευρωπαϊκό Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12620, περιλαμβάνει τα αδρανή σκυροδέματος με ξηρή πυκνότητα $>2 \text{ Mg/m}^3$.

2) Ο ΚΤΣ 97 αναφέρει ότι τα αδρανή δεν πρέπει να προέρχονται από τη θραύση παλαιού σκυροδέματος. Το νέο πρότυπο περιλαμβάνει τα φυσικά, τεχνητά ή ανακυκλωμένα.

3) Ο ΚΤΣ 97 ορίζει τα κλάσματα των αδρανών: χαλίκι, γαρμπίλι, ρυζάκι και άμμο. Με βάση το νέο πρότυπο η ονομασία των αδρανών ορίζεται ως d/D όπου d= το μικρότερο μέγεθος κοσκίνου σε mm και D= το μεγαλύτερο μέγεθος κοσκίνου σε mm.

4) Ως παιπάλη ορίζεται το κλάσμα που διέρχεται από το κόσκινο 0,063 mm και όχι από το 0,075 mm (No 200) όπως ορίζονταν στον ΚΤΣ 97.

5) Το νέο πρότυπο δεν προσδιορίζει μοναδική τιμή του χαρακτηρισμού των αδρανών για κάθε χρήση. Αντίθετα, ορίζει κατηγορίες μέγιστων τιμών και καθορίζει ελάχιστη συχνότητα ελέγχων.

6) Το νέο πρότυπο χρησιμοποιεί εναλλακτικές δοκιμές για έλεγχο του ίδιου χαρακτηριστικού π.χ. Ανθεκτικότητα στην αποσάθρωση με θεικό μαγνήσιο (δοκιμή υγείας) ή αντίσταση στην ψύξη-απόψυξη. Για τον ποιοτικό προσδιορισμό της παιπάλης μπορεί να εφαρμοστεί ένα από τα παρακάτω: Ολικό ποσοστό παιπάλης $<3\%$, ή τιμή ισοδυνάμου άμμου $>$ καθορισμένο κατώτερο όριο ή τιμή μπλε του μεθυλενίου $>$ καθορισμένο όριο ή πολυετής πείρα για την καταλληλότητα αυτής της άμμου.

7) Το νέο πρότυπο εισάγει νέες δοκιμές όπως την αντοχή σε απότριψη, την αντοχή σε στίλβωση, το δείκτη πλακοειδούς, την περιεκτικότητα σε κελύφη, τη δοκιμή μπλε του μεθυλενίου, την περιεκτικότητα σε CO_2 .

8) Το νέο πρότυπο καταργεί τη σειρά των Αμερικάνικων κόσκινων στη δοκιμή της κοκκομετρικής ανάλυσης και εισάγει καινούργια σειρά κόσκινων (έχουν διάτρητη τετραγωνική μεταλλική πλάκα από τα 125 mm έως τα 4 mm).

9) Στο νέο πρότυπο οι δοκιμές ισοδυνάμου άμμου και μπλε του μεθυλενίου εφαρμόζονται στο κλάσμα 0/2 mm της άμμου και όχι στο υλικό του διερχόμενου από το κόσκινο Νο 4 (4,76 mm) του ΚΤΣ 97.

10) Εισάγει την ονοματολογία του αδρανούς και την ορυκτολογική και πετρογραφική εξέταση.

Σημαντικές παρατηρήσεις είναι: Επιτρέπει τη χρησιμοποίηση ανακυκλούμενων αδρανών δίνοντας έτσι λύση στο πρόβλημα α) της εξοντωτικής εκμετάλλευσης, β) της αντιαισθητικής εικόνας των θέσεων εξόρυξης (εικόνα σεληνιακού τοπίου σε κάποιες περιοχές), αν και τα τελευταία χρόνια γίνεται αποκατάσταση του τοπίου (φύτευση δέντρων) και γ) στο πρόβλημα της απόθεσης των υλικών κατεδάφισης των οικοδομών, αφού αυτά μετά από επεξεργασία μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Βελτιώνει ή εισάγει νέες δοκιμές με τελικό αποτέλεσμα την καλύτερη ποιότητα των κατασκευών (π.χ. Ολυμπιακά έργα, Εγνατία οδός, Ιόνιος οδός κ.λπ.).

Δίνει σημαντικό ρόλο στους γεωλόγους, αφού επιβάλλει την πετρογραφική εξέταση - ορυκτολογική ανάλυση των αρχικών πετρωμάτων των αδρανών και την ονοματολογία του πετρώματος.

6. ΑΔΡΑΝΗ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΩΝ

6.1 Τι είναι η άσφαλτος

Πριν εξετάσουμε αναλυτικά τα αδρανή των ασφαλτικών σκυροδεμάτων και το ρόλο που παίζουν στο ασφαλτικό μίγμα θα δούμε συνοπτικά τι είναι η άσφαλτος. Η άσφαλτος ίσως είναι από τα πιο παλιά και διαδομένα δομικά υλικά. Χρησιμοποιείται εδώ και περίπου 6.000 χρόνια ως μονωτικό και συνδετικό υλικό. Οι Σουμέριοι τη χρησιμοποιούσαν στην κατασκευή πλοίων και οι Βαβυλώνιοι ως συνδετικό υλικό στην κατασκευή κτιρίων. Οι Αιγύπτιοι τη χρησιμοποιούσαν στην ταρίχευση των νεκρών και στην υγρομόνωση των δεξαμενών. Οι Πέρσες γύρω στο 3.000 π.Χ. χρησιμοποιούσαν άσφαλτο στην κατασκευή δρόμων. Τέλος, ο Ηρόδοτος και ο Πλίνιος περιγράφουν τον τρόπο εξαγωγής και χρήσης αυτής. Η άσφαλτος που χρησιμοποιήθηκε μέχρι και τις αρχές του εικοστού αιώνα ήταν φυσικό προϊόν. Αρχικά βρέθηκε στη Νεκρά Θάλασσα και αργότερα στις ακτές της Βενεζουέλας και στη νήσο της Τριάδος. Φυσική άσφαλτος υπάρχει και με μορφή πετρώματος. Τέτοια πετρώματα είναι ασβεστολιθικά ή ψαμμιτικά εμπλουτισμένα με άσφαλτο. Βρέθηκαν στην Αλμπέρτα του Καναδά, στην ανατολική Βενεζουέλα, στη Γιούτα, στην Καλιφόρνια, στο Νέο Μεξικό και στο Κεντάκυ των ΗΠΑ, στη νήσο Μπούτον της Ινδονησία, στην Αλβανία (περιοχή Σελενίτζα κοντά στην Αυλώνα), στη Ρουμανία (περιοχή Ντέρνα), στο Καζακστάν και σε διάφορες άλλες περιοχές με μικρότερα αποθέματα. Στην Ελλάδα απαντάται σε μικρές ποσότητες στις νήσους Παξούς και Αντίπαξους και στη Μαραθούπολη.

Εκτός από τη φυσική άσφαλτο υπάρχει και η τεχνητή άσφαλτος που παράγεται από την κλασματική απόσταξη πρωτογενούς πίσσας ή αργού πετρελαίου. Από την κλασματική απόσταξη πρωτογενούς πίσσας παράγεται ο πισσίτης ή πισσάσφαλτος ή κοινώς πίσσα ενώ από την κλασματική απόσταξη του αργού πετρελαίου παράγεται η πετρελαϊκή άσφαλτος ή κοινώς άσφαλτος. Και τα δύο προϊόντα είναι οπτικώς όμοια, έχουν παρόμοιες ιδιότητες με τη φυσική άσφαλτο και χρησιμοποιούνται για τις ίδιες εφαρμογές (κατασκευή οδοστρωμάτων, υγρομονώσεις, μόνωση φραγμάτων, προστασία από διάβρωση, παραγωγή βερνικιών κ.λπ.). Διαφέρουν όμως στη φυσική και στη χημική σύσταση, καθώς και στην οσμή. Η πίσσα έχει εντονότερη αρωματική οσμή από την άσφαλτο.

Ο όρος “bitumen” παρόλο που δεν χρησιμοποιείται στην ελληνική ορολογία, χρησιμοποιείται ευρέως στο εξωτερικό από αρκετές χώρες. Σύμφωνα με τον αγγλικό ορισμό, “bitumen” ορίζεται “ένα ιξώδες υγρό ή στερεό, που αποτελείται κυρίως από υδρογονάνθρακες και παράγωγά τους, το οποίο είναι διαλυτό στο τριχλωροαιθυλένιο, είναι κατ’ ουσία μη πτητικό και μαλακώνει σταδιακά, όταν θερμαίνεται. Είναι χρώματος μαύρου ή καστανού και έχει μονωτικές και συγκολλητικές ιδιότητες. Αποκτάται από διύλιση πετρελαίου, αλλά βρίσκεται και ως φυσικό απόθεμα ή ως συστατικό της φυσικής ασφάλτου, στην οποία συνυπάρχει με ορυκτά υλικά”.

Οι ασφαλτοι οδοστρωσίας ταξινομούνται με βάση το βαθμό διεισδυτικότητας αυτών (penetration grade) με μονάδα μέτρησης το “ pen ” (1 pen=0,1 mm). Η ταξινόμηση και ο καθορισμός του τύπου της ασφάλτου γίνεται με τη δοκιμή της διεισδυτικότητας. Η δοκιμή συνίσταται στον καθορισμό του βάθους διείσδυσης πρότυπης βελόνης μέσα σε δοκίμιο ασφάλτου (κυλινδρικό δοχείο με 55 mm διάμετρο και 53 mm ύψος). Η βελόνη υπό την επίδραση του ίδιου του βάρους της και συμπληρωματικού φορτίου (συνολικό βάρος $100 \pm 0,05$ g) αφήνεται ελεύθερη να εισχωρήσει για 5 δευτερόλεπτα στο δοκίμιο της ασφάλτου. Η θερμοκρασία είναι σταθερή 25°C. Το βάθος διείσδυσης μετράται σε μονάδες pen. Είναι φανερό ότι όσο μεγαλύτερο είναι το βάθος διείσδυσης τόσο μαλακότερη είναι η ασφαλτος. Οι συνήθεις τύποι ασφάλτων οδοστρωσίας είναι οι: 40/50 pen, 60/70 pen, 80/100 pen, 120/150 pen, 200/300 pen. Το ποια ασφαλτος θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από τις θερμοκρασίες περιβάλλοντος του έργου και τον τύπο του ασφαλτομίγματος. Ο κάθε τύπος ασφάλτου παρουσιάζει διαφορετικές τιμές και σε άλλες χαρακτηριστικές ιδιότητες όπως σημείο μάλθωσης, σημείο ανάφλεξης, ολκιμότητα κ.λπ.

6.1.1 Αντιυδρόφιλα υλικά

Τα αντιυδρόφιλα υλικά είναι κυρίως οργανικές ενώσεις που χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση της πρόσφυσης της ασφάλτου στην επιφάνεια των αδρανών, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο αποφλοιώσης (stripping) της ασφάλτου από την επιφάνεια των αδρανών. Η χρήση των αντιυδρόφιλων υλικών βρίσκει εφαρμογή και στις ασφατικές επαλείψεις (CAWSEY & GOURLET 1989, WOODSIDE & MACOAL 1989), όπου υπάρχει απαίτηση για άριστη και διαρκή πρόσφυση, αλλά και στα θερμά ασφαλτομίγματα (ANDERSON et al. 1982, CHRISTENSEN & ANDERSON 1985)

όπου υπάρχει απαίτηση διατήρησης της ευστάθειας του ασφαλτομίγματος. Και στις δύο περιπτώσεις βελτιώνεται η πρόσφυση ασφάλτου-αδρανών και αυξάνεται η αντίσταση του μίγματος στην καταστρεπτική δράση του νερού, στην περίπτωση που είχαν χρησιμοποιηθεί υδρόφιλα αδρανή. Η συνοχή του συστήματος ασφάλτος-αδρανή σε περίπτωση εμφάνισης νερού στο μίγμα διατηρείται ή βελτιώνεται με τον εξής τρόπο: μεταξύ των κατά κανόνα υδρόφιλων αδρανών και της ελαιόφιλης ασφάλτου παρεμβάλλεται το αντιυδρόφιλο υλικό που αναπτύσσει ισχυρό δεσμό μεταξύ της ασφάλτου και της επιφάνειας των αδρανών. Για κάθε κατηγορία των αδρανών ασβεστολιθικά, πυριτικά, ασβεστοπυριτικά, υπάρχει και ο κατάλληλος τύπος αντιυδρόφιλου υλικού.

Τα αντιυδρόφιλα υλικά χωρίζονται σε α) ανιονικού τύπου όπως οργανικά οξέα (κρεόζωτο), λιπαρά οξέα (ελαϊκό οξύ, στεατικό οξύ) και β) κατιονικού τύπου όπως αμίνες και άλατα τεταρτογενούς αμμωνίου. Τα οργανικά οξέα συνήθως χρησιμοποιούνται με αδρανή που φέρουν στην επιφάνειά τους θετικό ηλεκτροστατικό φορτίο όπως ασβεστόλιθοι, δολομίτες, λατερίτες. Τα λιπαρά οξέα συνήθως χρησιμοποιούνται με αδρανή που δεν είναι ηλεκτροστατικά φορτισμένα όπως χαλαζίτης, ρυόλιθος. Τέλος, όλα τα κατιονικού τύπου αντιυδρόφιλα υλικά χρησιμοποιούνται με αδρανή που είναι φορτισμένα αρνητικά όπως τα περισσότερα πυριτικά πετρώματα. Ο ρόλος των αντιυδρόφιλων υλικών είναι ο εξής: το υδρόφοβο μέρος των μορίων των αντιυδρόφιλων υλικών διαλύεται στην ασφαλτο και το ηλεκτροστατικά φορτισμένο άκρο σχηματίζει ισχυρό δεσμό με την επιφάνεια του αδρανούς. Ο δεσμός αυτός είναι ισχυρότερος από αυτόν που θα σχηματιζόταν μεταξύ ασφάλτου (κατά βάση όξινη) και αδρανών κάτω από φυσιολογικές συνθήκες έστω και αν τα αδρανή ήταν θετικά φορτισμένα. Στην περίπτωση που εμφανιστεί νερό στο σύστημα ασφάλτου-αδρανών, το υδρόφιλο άκρο των μορίων που έχει ήδη σχηματίσει δεσμό με την επιφάνεια του αδρανούς δεν επιτρέπει την αποκόλληση της ασφάλτου από την επιφάνεια του αδρανούς.

6.1.2 Τροποποιημένη ασφαλτος

Είναι η ασφαλτος της οποίας οι χαρακτηριστικές ιδιότητες έχουν βελτιωθεί με την προσθήκη φυσικών ή χημικών ουσιών. Η ανάγκη βελτίωσης της ασφάλτου έγινε

αισθητή τα τελευταία χρόνια, εξαιτίας των αυξανόμενων απαιτήσεων στην οδοποιία για μεγαλύτερη ασφάλεια στις οδούς, για άνεση οδήγησης, για μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος, για μείωση των εργασιών συντήρησής του (οικονομικοί λόγοι). Η συνολική βελτίωση της ασφάλτου είναι η μείωση της ευπάθειας στις αλλαγές της θερμοκρασίας, η αύξηση του μέτρου δυσκαμψίας, η βελτίωση της ελαστικότητας και της συγκολλητικής της ικανότητας. Η προσθήκη στα ασφαλτικά μίγματα, σχετικά μικρών ποσοτήτων κατάλληλων μακρομοριακών ενώσεων (πολυμερών), όπως δείχνει η διεθνής πρακτική, φαίνεται να είναι ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για να βελτιωθεί η συμπεριφορά της ασφάλτου και να ανταποκρίνεται στις νέες τεχνολογικές απαιτήσεις. Με την προσθήκη αυτών των ενώσεων αυξάνεται η αντοχή του ασφαλτομίγματος στην παραμένουσα παραμόρφωση σε υψηλές θερμοκρασίες, βελτιώνεται η ελαστικότητα του ασφαλτομίγματος, αυξάνεται το μέτρο δυσκαμψίας του και η πρόσφυση μεταξύ ασφάλτου και αδρανών (δηλ. δεν αποκολλούνται τα αδρανή από την επιφάνεια του οδοστρώματος). Οι τροποποιητές της ασφάλτου είναι οι εξής: τα ελαστομερή, τα θερμοπλαστικά (πολυαιθυλένιο, πολυπροπυλένιο), τα θερμοσκληρυνόμενα (ρητίνες), τα οξειδωτικά (άλατα μαγγανίου, μαγνησίου), φυσικές ή τεχνητές ίνες, φυσικές ή χημικές παιπάλες, αναγωγικά (άνθρακας, φθοριούχα άλατα), και υδρογονάνθρακες. Οι τροποποιημένες άσφαλτοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλους τους τομείς της οδοποιίας και των κατασκευών, καθώς και στους διαδρόμους προσγείωσης των αεροδρομίων. Επίσης χρησιμοποιούνται στην κατασκευή ασφαλτοκονιαμάτων για ειδικές χρήσεις (αντιολισθηρά, στραγγιστικά). Εκτός από την τροποποιημένη άσφαλτο, ένας άλλος παράγοντας που παίζει τεράστιο ρόλο στην οδική ασφάλεια και στη βελτίωση του οδοστρώματος είναι τα αδρανή υλικά (σκληρά αδρανή για αντιολισθηρή επιφάνεια) που θα αναφερθούν αναλυτικά στο κεφάλαιο 6.8.

6.2 Ο ρόλος των αδρανών στο ασφαλτόμιγμα

Τα ασφαλτικά μίγματα χρησιμοποιούνται στην κατασκευή έργων οδοποιίας, αεροδρομίων και γενικότερα όπου πρόκειται να κυκλοφορήσουν ή να σταθμεύσουν τροχοφόρα. Τα αδρανή υλικά φέρουν ουσιαστικά το φορτίο ενός ασφαλτικού έργου ενώ αποτελούν το 90-95% κατά βάρος του συμπακνωμένου ασφαλτομίγματος. Ως εκ τούτου οι ιδιότητές τους είναι κρίσιμης σημασίας, ώστε το ασφαλτόμιγμα (και τελικά

το κατασκευαζόμενο έργο) να μπορέσει να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις και συνθήκες του έργου για τις οποίες σχεδιάστηκε (ΝΙΚΟΛΑΪΔΗΣ 1996).

Ο ρόλος τους στο ασφαλτόμιγμα είναι σημαντικός:

- Ανθίστανται στην παραμένουσα παραμόρφωση και στη ρηγμάτωση από κόπωση.
- Μεταφέρουν τα φορτία κάθετα στα υποκείμενα στρώματα με την ελάχιστη δυνατή συνδρομή του ασφαλικού συνδετικού, διατηρώντας το έργο στο οποίο συμμετέχουν στην αρχική του μορφή και προσδίδοντάς του ειδικές ιδιότητες ανάλογα με τη χρήση και τις απαιτήσεις σχεδιασμού.

Επιπλέον τα ασφαλτομίγματα που προορίζονται για τάπητες κυκλοφορίας θα πρέπει:

- Να ανθίστανται στη λειαντική δράση των ελαστικών των αυτοκινήτων.
- Να ανθίστανται στην καταστροφική επίδραση των καιρικών συνθηκών παρέχοντας καλή αντιολισθηρή επιφάνεια με μεγάλη διάρκεια ζωής.
- Να παρέχουν ομαλή επιφάνεια με όσο το δυνατόν μικρότερη συντήρηση.

Τα πιο γνωστά ασφατικά μίγματα είναι αυτά που παρασκευάζονται με εν θερμώ ανάμιξη αδρανών υλικών και ασφαλικού συνδετικού σε συγκροτήματα ανάμιξης. Τα ασφατικά συγκροτήματα αποτελούνται από τρία τμήματα: της τροφοδοσίας, της ξήρανσης-θέρμανσης και της ανάμιξης. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι ασφατικών συγκροτημάτων, τα συγκροτήματα παραγωγής ανά παρτίδες και αυτά της συνεχούς ροής. Ανάλογα με τον τύπο, τα αδρανή υλικά είτε πρώτα θερμαίνονται και μετά ζυγίζονται και αναμιγνύονται είτε πρώτα ζυγίζονται και μετά θερμαίνονται και αναμιγνύονται είτε θερμαίνονται και ταυτόχρονα αναμιγνύονται.

Από τα αδρανή υλικά η κοκκομετρική διαβάθμιση, το σχήμα και η τραχύτητα αυτών επηρεάζουν την εργασιμότητα και την ποιότητα του ασφαλτομίγματος. Τα αδρανή που χρησιμοποιούνται για ασφατικά μίγματα πρέπει να προέρχονται πάντα από θραύση και να μη χρησιμοποιούνται στην πρωτογενή τους μορφή, ώστε να προκύπτουν υγιείς γωνιώδεις και τραχείς επιφάνειες και το σχήμα των κόκκων να είναι ομοιόμορφο. Όταν στο ασφαλτόμιγμα περιέχονται σφαιρικά και λεία αδρανή (σε μεγάλο ποσοστό) αυξάνεται η εργασιμότητά του, αλλά μειώνεται η ευστάθειά του. Σκοπός όμως του ασφαλτομίγματος είναι η μεγάλη ευστάθεια. Η προσθήκη φυσικής πυριτικής άμμου βελτιώνει την εργασιμότητα του ασφαλτομίγματος, ενώ αντίθετα το

υψηλό ποσοστό παιπάλης τη μειώνει. Ανάλογα με την χρήση για την οποία προορίζονται (ασφαλτικά σκυρωτά, ασφαλτικές βάσεις ή ασφαλτικά σκυροδέματα) προδιαγράφονται επιτρεπτά όρια για τις ιδιότητές τους.

6.3 Πρότυπα και προδιαγραφές

Οι κρίσιμες παράμετροι που χαρακτηρίζουν ένα αδρανές υλικό για χρήση σε ασφαλικό μίγμα είναι η κοκκομετρική διαβάθμιση, το σχήμα των κόκκων, η επιφανειακή υφή, οι προσμίξεις, η σαθρότητα του πετρώματος, η απορροφητικότητα και η χημική συγγένεια με το ασφαλικό συνδετικό.

Αναλυτικότερα:

α) Ανάλογα με τη χρήση, το ασφαλτόμικμα των αδρανών θα πρέπει να ακολουθεί κάποια κοκκομετρική διαβάθμιση που θα του προσδώσει συγκεκριμένες ιδιότητες, σύμφωνα με τη μελέτη σύνθεσης. Τα αδρανή θα πρέπει να προσκομίζονται σε όσο το δυνατόν περισσότερες διαφορετικές διαβαθμίσεις μεγέθους. Κατ' ελάχιστο, σύμφωνα με τις ΠΤΠ Α-250, ΠΤΠ Α-260, ΠΤΠ Α-265, τα αδρανή για ασφαλικά σκυροδέματα θα πρέπει να προσκομίζονται σε δύο κλάσματα τουλάχιστο, για τις ασφαλτικές βάσεις σε δύο κλάσματα εφόσον δεν υπάρχει καλή ομοιομορφία και υποχρεωτικά σε πάνω από δύο κλάσματα για την διαβάθμιση Ε και για τα ασφαλικά σκυρωτά σε ένα κλάσμα.

β) Οι κόκκοι πρέπει να έχουν κυβικό γωνιώδες σχήμα, με αμελητέο ποσοστό πεπλατυσμένων και επιμήκων κόκκων. Το κυβικό σχήμα πετυχαίνει τη βέλτιστη γεωμετρική τακτοποίηση των κόκκων, ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή συμπίκνωση. Το γωνιώδες εξασφαλίζει αυξημένη ικανότητα φυσικής στήριξης των κόκκων μεταξύ τους και μειώνει την καταπόνηση του ασφαλικού συνδετικού. Αντίθετα οι επιμήκεις και πεπλατυσμένοι κόκκοι πρέπει να αποφεύγονται, επειδή εξαιτίας του σχήματος οι τάσεις κατανέμονται ανομοιόμορφα με κίνδυνο θραύσης τους.

γ) Οι κόκκοι των χονδρόκοκκων κλασμάτων πρέπει να έχουν επιφάνεια τραχεία και όχι λειασμένη, όπως μπορεί να συμβαίνει στα πρωτογενή φυσικά αδρανή. Πρέπει να έχει αντοχή στη στίλβωση, ώστε να μπορεί να διατηρήσει την τραχύτητα της επιφάνειάς τους στο χρόνο.

δ) Τα χονδρόκοκκα κλάσματα θα πρέπει να είναι απαλλαγμένα από αποσαθρωμένα τεμάχια και περιβλήματα. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται η αντοχή του ασφαλοτάπητα στην απότριψη της επιφάνειάς του από τους τροχούς των οχημάτων και αποφεύγεται η αυλάκωση και αποδιοργάνωση του οδοστρώματος.

ε) Το πορώδες των υλικών πρέπει να είναι μικρό, ώστε να μην απορροφούν εσωτερικά άσφαλτο. Σε αντίθετη περίπτωση την άσφαλτο που θα απορροφήσουν θα την αποβάλλουν αργότερα κατά τη λειτουργία του έργου προκαλώντας ‘γυάλισμα’ του δρόμου.

ς) Πρέπει να παρουσιάζουν αυξημένη αντίσταση στην αφαίρεση της ασφαλικής μεμβράνης, όπως ο ασβεστόλιθος, οι δολομίτες και οι πυριτικοί σχιστόλιθοι. Προβληματικά αδρανή θεωρούνται ο χαλαζίας και μερικοί γρανίτες.

η) Επίσης, πρέπει να είναι απαλλαγμένα από επιβλαβείς αργιλικές και οργανικές προσμίξεις, επικαλύψεις των κόκκων, σβώλους και εύθρυπτα τεμάχια. Ειδικά, οι αργιλικές προσμίξεις είναι ισχυρά υδρόφιλες, με τάση διόγκωσης και αποδιοργάνωσης του έργου.

Οι επίσημες προδιαγραφές που ισχύουν στην Ελλάδα για αδρανή ασφαλικών έργων είναι οι Πρότυπες Τεχνικές Προδιαγραφές ΠΤΠ Α-250, ΠΤΠ Α-260, ΠΤΠ Α-265 από το 1966. Για την περίπτωση των αντιολισθηρών στρώσεων κυκλοφορίας έχει εκδοθεί σχετική οδηγία από το ΥΠΕΧΩΔΕ (1985).

6.4 Χαρακτηριστικά υλικού και έλεγχοι ποιότητας με βάση το ΕΛΟΤ EN 13043

Το νέο Ευρωπαϊκό πρότυπο είναι το ΕΛΟΤ EN 13043 «Αδρανή ασφαλτομιγμάτων και επιφανειακών επιστρώσεων οδών, αεροδρομίων και άλλων περιοχών κυκλοφορίας οχημάτων». Το πρότυπο αυτό δεν καθορίζει απαγορευτικά όρια, που θα παραμείνει θέμα τοπικής νομοθεσίας, αλλά προσδιορίζει κοινή ορολογία σε όλη την Ευρωπαϊκή Ένωση για κατηγορίες ανάλογα με την εξεταζόμενη ιδιότητα των αδρανών. Εξαιτίας της παλαιότητας των Πρότυπων Τεχνικών Προδιαγραφών του ΥΠΕΧΩΔΕ, παραθέτονται και οι νέες προδιαγραφές που θα ισχύσουν σύντομα στη χώρα μας.

Οι μέθοδοι ελέγχου με τους οποίους θα ελέγχονται τα αδρανή σκυροδέματος είναι οι ακόλουθοι:

6.4.1 Χονδρόκοκκα – Λεπτόκοκκα αδρανή

AASHTO T-2, ASTM D75, ΕΛΟΤ EN 932-1:1996	Μέθοδοι δειγματοληψίας
AASHTO T-248, ASTM C702, ΕΛΟΤ EN 932-2:2000	Μέθοδος μείωσης εργαστηριακών δειγμάτων
AASHTO T-27, ASTM C132 ΕΛΟΤ EN 933-1:1998	Κοκκομετρική ανάλυση
AASHTO T-11, ASTM C117, ΕΛΟΤ EN 933-1:1998	Προσδιορισμός παιπάλης
ΕΛΟΤ EN 933-9: 1999	Μπλε του μεθυλενίου
ΕΛΟΤ EN 933-8:2000	Ισοδύναμο άμμου
ΕΛΟΤ EN 933-3:1997, BS 812 part 105	Προσδιορισμός δείκτη πλακοειδούς
ΕΛΟΤ EN 933-4:2000, BS 812 part 106	Προσδιορισμός δείκτη σχήματος
ΕΛΟΤ EN 933-5:1999	Ποσοστό επιφανειών από θραύση
ΕΛΟΤ EN 933-6:2001	Γωνιώδεις λεπτόκοκκων αδρανών
AASHTO T-96, ASTM C131, ΕΛΟΤ EN 1097-2:1998	Αντοχή σε θρυμματισμό (Los Angeles)
ΕΛΟΤ EN 1097-2:1998, BS 812 part 112	Δοκιμή κρούσης (Impact Value)
AASHTO T-279, ASTM D3319, ΕΛΟΤ EN 1097-8:2000, BS 812 part 114	Δοκιμή αντίστασης σε στίλβωση (PSV)
ΕΛΟΤ EN 1097-8 annex A, BS 812 part 113	Αντοχή σε επιφανειακή απότριψη (AAV)
ΕΛΟΤ EN 1097-1:1996	Αντίσταση σε φθορά (micro-Deval)
ΕΛΟΤ EN 1097-9:1999	Αντίσταση σε απότριψη από τροχούς με καρφιά
AASHTO T-255, ASTM C566, ΕΛΟΤ EN 1097-5:2000	Περιεχόμενη υγρασία
AASHTO T84, T85, ASTM C128, C127, ΕΛΟΤ EN 1097-6:2000	Ειδικά βάρη και υδατοαπορροφητικότητα
AASHTO T-19, ASTM C29, ΕΛΟΤ EN 1097-3:1999	Φαινόμενο βάρος
AASHTO T-103, ΕΛΟΤ EN 1367-1:2000 ή - 2:1999	Ανθεκτικότητα σε κύκλους ψύξης – απόψυξης

AASHTO T-104, ASTM C88, ΕΛΟΤ EN 1367-2:1999	Δοκιμή θειικού μαγνησίου
ΕΛΟΤ EN 1367-5:2002	Αντίσταση σε θερμικό shock
ΕΛΟΤ EN 12697-11:2003	Συνάφεια προς ασφαλτικά συνδετικά
ΕΛΟΤ EN 1367-3:2001, ΕΛΟΤ EN 1097-2:1998	Δοκιμή βρασμού "Sonnenbrand" βασάλτη και αποσύνθεση σκωρίας σιδήρου
ΕΛΟΤ EN 1744-1:1999	Χονδρόκοκκες ελαφροβαρείς προσμίξεις
ΕΛΟΤ EN 1744-1	Αποσύνθεση διασβεστούχου πυριτίου για σκωρίες υψικαμίνων
ΕΛΟΤ EN 1744-1	Αποσύνθεση για σκωρίες υψικαμίνων
ΕΛΟΤ EN 1744-1	Σταθερότητα όγκου αδρανών από σκωρία σιδήρου
ΕΛΟΤ EN 196-2:1995	Σταθερότητα όγκου αδρανών από σκωρία σιδήρου (προσδιορισμός οξειδίου του μαγνησίου)
ΕΛΟΤ EN 1367-1:2000	Προσδιορισμός αντοχής σε ψύξη-απόψυξη
ΕΛΟΤ EN 932-3:1996	Διαδικασία και ορολογία για απλοποιημένη πετρογραφική περιγραφή
Οδηγία 76/769/EEC	Διαφυγή επικινδύνων ουσιών, οι οποίες εκφράζονται σε mg m^{-3}

6.4.2 Παιπάλη ή Filler

ΕΛΟΤ EN 1097-7:2000	Προσδιορισμός φαινομένου ειδικού βάρους του filler
ΕΛΟΤ EN 13179-1:2001	Delta ring and ball
ΕΛΟΤ EN 1097-4:2000	Προσδιορισμός του πορώδους ξηρού συμπυκνωμένου filler (Rigden)
ΕΛΟΤ EN 13179-2:2001	Αριθμός ασφατενίου πρόσθετου filler
ΕΛΟΤ EN 1744-1:1999	Διαλυτότητα στο νερό
EN 1744-4	Ευπάθεια στο νερό
ΕΛΟΤ EN 196-21:1994	Περιεκτικότητα ανθρακικών filler
ΕΛΟΤ EN 459-2:2002	Περιεκτικότητα υδροξειδίου του ασβεστίου μικτού filler
ΕΛΟΤ EN 1744-1:1999	Απώλεια πύρωσης ιπτάμενης τέφρας
ΕΛΟΤ EN 1097-3:1999	Φαινόμενο βάρος χαλαρής συμπύκνωσης σε κηροζίνη
ΕΛΟΤ EN 196-6:1994	Ειδική επιφάνεια κατά Blaine

6.5 Χαρακτηριστικά υλικού και έλεγχοι ποιότητας με βάση τις ΠΤΠ Α-260

6.5.1 Ορισμός-Σκοπός

Η προδιαγραφή ΠΤΠ Α-260 περιλαμβάνει τη σύνθεση και κατασκευή ασφαλικών βάσεων με ασφαλτόμιγμα που παρασκευάζεται εν θερμώ για την κατασκευή οδών, αεροδρομίων κ.λπ. Η ασφαλική βάση αποτελείται από ασφαλτόμιγμα που παρασκευάζεται εν θερμώ σε μόνιμη εγκατάσταση, με ανάμιξη θερμών και ξηρών αδρανών με θερμή καθαρή άσφαλτο ως συνδετικό υλικό. Διαφέρει από το ασφαλικό σκυρόδεμα στην κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών υλικών και στο ποσοστό των κενών.

Η ασφαλική βάση χρησιμεύει για την παραλαβή των φορτίων της στρώσης κυκλοφορίας και την κατανομή τους στις υποκείμενες στρώσεις. Η συμπεριφορά της είναι όμοια με τη βάση από θραυστά υλικά και δεν πρέπει να χρησιμοποιείται ως στρώση κυκλοφορίας. Αρκετές φορές είναι απαραίτητο η ασφαλική βάση να δίνεται στην κυκλοφορία για να εμφανιστούν τυχόν προβλήματα και μετά να διαστρώνεται η στρώση κυκλοφορίας.

6.5.2 Υλικά κατασκευής της Α-260

α) Ως συνδετικό υλικό του ασφαλτομίγματος χρησιμοποιείται αποκλειστικά καθαρή άσφαλτος τύπων 50-60, 60-70, 80-100, 120-150, 180-220. Ο τύπος ασφάλτου καθορίζεται κάθε φορά από τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, τη σύνδεση του ασφαλικού μίγματος, τη φέρουσα ικανότητα των υποκείμενων στρώσεων, το είδος της κυκλοφορίας π.χ. βαριά κυκλοφορία, ελαφριά κυκλοφορία.

β) Ως αδρανή υλικά πρέπει να χρησιμοποιούνται θραυστά υλικά ή θραυστά και φυσικά αδρανή ανακατωμένα.

Οι εξεταζόμενες ιδιότητες των αδρανών για χρήση τους σε ασφαλική βάση ΠΤΠ Α-260, καθώς και οι προδιαγραφές σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 13043 περιγράφονται παρακάτω.

Γενικά χαρακτηριστικά

- Δειγματοληψία: Σύμφωνα με την ΠΤΠ Α-260 απαιτείται ποσότητα 30-40 kg για χονδρόκοκκα και 10 kg για λεπτόκοκκα με ελάχιστη συχνότητα α) καθημερινά για έλεγχο, β) τουλάχιστο 3-5 ημέρες πριν την έναρξη παραγωγής ασφαλτομίγματος, γ) σε κάθε αλλαγή πηγής λήψης ή ποιότητας. Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 13043 απαιτείται ποσότητα $M=6 \cdot D^{1/2} \cdot p_b$ και προηγείται όλων των δοκιμών.
- Μείωση εργαστηριακού δείγματος: Εξαρτάται από τις υπόλοιπες δοκιμές.

Γεωμετρικά χαρακτηριστικά

- Κοκκομετρική διαβάθμιση: Σύμφωνα με την ΠΤΠ Α-260, η δειγματοληψία γίνεται με ελάχιστη συχνότητα α) καθημερινά για έλεγχο, β) τουλάχιστο 3-5 ημέρες πριν την έναρξη παραγωγής ασφαλτομίγματος, γ) σε κάθε αλλαγή πηγής λήψης ή ποιότητας. Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 13043, επιτρέπεται μίγμα δύο γειτονικών διαβαθμίσεων ή και μίγμα αδρανών.
- Ποσοτικός προσδιορισμός παιπάλης: Σύμφωνα με την ΠΤΠ Α-260 πρέπει να διέρχεται 0-4% από το κόσκινο No 200 (0,075 mm), για τις διαβαθμίσεις Α ως Δ, και 0-8% για τη διαβάθμιση Ε. Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 13043, η παιπάλη προσδιορίζεται στο κόσκινο 0,063 mm.
- Δείκτης πλακοειδούς και δείκτης σχήματος: Σύμφωνα με την ΠΤΠ Α-260, πρέπει να έχουν όσο το δυνατό κυβική μορφή και να είναι απαλλαγμένα από πλακοειδείς και επιμήκεις κόκκους. Όσον αφορά το δείκτη σχήματος δεν υπάρχει σαφές όριο. Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 13043, το υλικό προσδιορίζεται από την τιμή του δείκτη πλακοειδούς (Flakiness Index) και συμπληρωματικά από το δείκτη σχήματος (Shape Index) αν απαιτηθεί. Η δοκιμή εφαρμόζεται στα χονδρόκοκκα αδρανή.
- Ποσοστό θραυσμένων επιφανειών: Σύμφωνα με την ΠΤΠ Α-260, τα αδρανή μπορεί να είναι θραυστά υλικά ή φυσικά με θραύση ή μίγμα αυτών. Στην περίπτωση των φυσικών θραυστών χαλικιών πρέπει πάνω από το 70% του υλικού που συγκρατείται στο κόσκινο 4,76 mm (No 4'') να έχει τουλάχιστον μια επιφάνεια από θραύση (για τις διαβαθμίσεις Α – Γ) και πάνω από το 50% του υλικού που συγκρατείται στο κόσκινο 4,76 mm (No 4'') να έχει τουλάχιστον μια επιφάνεια από

θραύση (για τις διαβαθμίσεις Δ – Ε). Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 13043, όταν απαιτείται προσδιορίζεται και προδιαγράφεται η κατηγορία.

- Δοκιμή ισοδυνάμου άμμου: Σύμφωνα με την ΠΤΠ Α-260, η τιμή του ισοδυνάμου άμμου του υλικού που διέρχεται από το κόσκινο Νο 4 (4,76 mm) δεν πρέπει να υπερβαίνει το 50%. Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 13043, δεν υπάρχει αναφορά. Ο έλεγχος γίνεται με τη μέθοδο μπλε του μεθυλενίου.
- Δοκιμή μπλε του μεθυλενίου: Σύμφωνα με την ΠΤΠ Α-260, δεν προδιαγράφεται απαίτηση. Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 13043, αν η παιπάλη στο λεπτόκοκκο αδρανές (0-2 mm) ή στο μίγμα αδρανών (με μέγιστο κόκκο $D \leq 8$ mm) είναι $<3\%$ δεν απαιτείται έλεγχος. Αν είναι μεταξύ 3% και 10%, προσδιορίζεται η τιμή του μπλε του μεθυλενίου για το κλάσμα $<0,125$ mm. Αν είναι πάνω από 10%, τότε θεωρείται ότι περιέχει παιπάλη (filler) και εμπίπτει σε αυτές τις απαιτήσεις.
- Συντελεστής ροής αδρανών – Γωνιώδες λεπτόκοκκων αδρανών: Σύμφωνα με την ΠΤΠ Α-260, τα αδρανή μπορεί να είναι φυσικά ή λατομικά από θραύση ή μίγμα αυτών, ενώ δεν προδιαγράφεται απαίτηση. Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 13043, προσδιορίζεται ο χρόνος ροής σε δευτερόλεπτα συγκεκριμένου όγκου αδρανούς δια μέσου ανοίγματος ειδικής πρότυπης συσκευής. Με τον τρόπο αυτό προσδιορίζεται το γωνιώδες των κόκκων, καθώς και ο συντελεστής θραύσης.

Φυσικά χαρακτηριστικά

- Αντοχή σε φθορά και κρούση κατά Los Angeles (συντελεστής Los Angeles) και αντοχή σε κρούση (Impact Value): Σύμφωνα με την ΠΤΠ Α-260, η φθορά σε τριβή και κρούση (συντελεστής Los Angeles) πρέπει να είναι $<40\%$, ενώ δεν υπάρχει σαφές επιτρεπτό όριο για την τιμή αντοχής σε κρούση (Impact Value). Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 13043, προδιαγράφεται η κατηγορία. Εναλλακτική δοκιμή είναι ο προσδιορισμός της τιμής αντοχής σε κρούση (Impact Value).
- Αντοχή σε φθορά κατά micro-Deval: Σύμφωνα με την ΠΤΠ Α-260, δεν προδιαγράφεται απαίτηση. Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 13043, προσδιορίζεται, όταν απαιτείται.
- Προσδιορισμός ειδικού βάρους (φαινόμενο και μικτό) – Ποσοστό όγκου κενών: Σύμφωνα με την ΠΤΠ Α-260, εννοούνται τα αδρανή κανονικού βάρους με μέσο

φαινόμενο ειδικό βάρος 2,6 – 2,7. Δεν προδιαγράφεται σαφής απαίτηση. Τα ειδικά βάρη πρέπει να ελέγχονται για τον υπολογισμό της μελέτης σύνθεσης ασφαλτομίγματος. Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 13043, η τιμή του ειδικού βάρους προσδιορίζεται και πρέπει να δηλώνεται. Σε συνδυασμό με το φαινόμενο ειδικό βάρος ο όγκος των κενών του μίγματος αδρανών, εφαρμόζεται σε αδρανή με μέγιστο κόκκο <63 mm. Με βάση το ευρωπαϊκό πρότυπο η δοκιμή εφαρμόζεται μόνο στα ελαφροβαρή αδρανή, ενώ στην Ελλάδα εφαρμόζεται σε όλους τους τύπους. Ειδικά, για την ποσότητα της παιπάλης, αν είναι πάνω από 10% πρέπει να προσδιορίζεται και για το κλάσμα 0,125 mm κατόπιν ξηράς κοσκίνισης.

- Προσδιορισμός του όγκου κενών ξηρού συμπυκνωμένου filler (παιπάλης): Σύμφωνα με την ΠΤΠ A-260, δεν προδιαγράφεται απαίτηση. Προσδιορίζεται ο όγκος των κενών ανάμεσα στους κόκκους πρότυπα συμπυκνωμένου και ξηρού filler με χρήση ειδικής συσκευής. Επίσης, εφαρμόζεται και στο κλάσμα της άμμου 0,125 mm με διερχόμενο ποσοστό από το κόσκινο 0,063 mm >10%.
- Δοκιμή Delta ring and ball: Σύμφωνα με την ΠΤΠ A-260, δεν προδιαγράφεται απαίτηση. Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 13043 προσδιορίζεται η διαφορά (αύξηση) του σημείου μάλθωσης του μίγματος ασφάλτου και παιπάλης σε σχέση με το σημείο μάλθωσης της ασφάλτου και εκφράζεται σε °C.
- Δοκιμή Bitumen number: Σύμφωνα με την ΠΤΠ A-260, δεν προδιαγράφεται απαίτηση. Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 13043 ο “αριθμός ασφάλτου” δηλώνει την ποσότητα νερού, που ανακατωμένη με 100 g παιπάλης, δίνει μίγμα καθορισμένου φαινόμενου ιξώδους, που εκφράζεται αριθμητικά.

Δοκιμές Προσδιορισμού Ανθεκτικότητας

- Υδατοαπορροφητικότητα: Σύμφωνα με την ΠΤΠ A-260, δεν προδιαγράφεται απαίτηση. Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 13043, χρησιμοποιείται ως δοκιμή προδιαλογής του υλικού για χαρακτηρισμό ανθεκτικότητας στη δοκιμή ψύξης – απόψυξης και πρέπει να δηλώνεται.
- Ανθεκτικότητα στην αποσάθρωση με χρήση θεικού μαγνησίου (δοκιμή υγείας) και ανθεκτικότητα σε κύκλους ψύξης – απόψυξης: Σύμφωνα με την ΠΤΠ A-260, η

απώλεια βάρους των αδρανών του μίγματος μετά τη δοκιμή αποσάθρωσης (υγείας) σε πέντε κύκλους δεν πρέπει να υπερβαίνει το 12%, ενώ δεν προδιαγράφεται απαίτηση για την ανθεκτικότητα σε κύκλους ψύξης – απόψυξης. Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 13043, αν η υδατοαπορροφητικότητα είναι $<0,5\%$ το αδρανές θεωρείται ανθεκτικό σε κύκλους ψύξης – απόψυξης και δεν απαιτείται παραπέρα έλεγχος.

- Προσδιορισμός της ανθεκτικότητας των αδρανών σε θερμικό σοκ: Σύμφωνα με την ΠΤΠ Α-260, δεν προδιαγράφεται απαίτηση. Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 13043, η τιμή πρέπει να δηλωθεί, αν υπάρξει απαίτηση.
- Συνάφεια με ασφαλικά συνδετικά υλικά: Σύμφωνα με την ΠΤΠ Α-260, δεν προδιαγράφεται απαίτηση. Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 13043, η τιμή πρέπει να δηλωθεί αν υπάρξει απαίτηση.
- Δοκιμή βρασμού «Sonnenbrand» και αποσύνθεση σκωρίας σιδήρου: Σύμφωνα με την ΠΤΠ Α-260, δεν προδιαγράφεται απαίτηση. Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 13043, αν υπάρχουν ενδείξεις για αποσάθρωση του βασάλτη σε ατμοσφαιρικές συνθήκες πρέπει να προσδιορίζεται μετά το βρασμό η απώλεια μάζας και η τιμή κρούσης (Impact Value) ή η τιμή του συντελεστή Los Angeles.

Χημικά χαρακτηριστικά

- Προσδιορισμός Υδατοαπορροφητικότητας: Σύμφωνα με την ΠΤΠ Α-260, δεν προδιαγράφεται απαίτηση. Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 13043, χρησιμοποιείται ως δοκιμή προδιαλογής του υλικού για χαρακτηρισμό ως ανθεκτικό σε ψύξη-απόψυξη. Ελέγχεται αν το υλικό εμπίπτει στην απαιτούμενη κατηγορία.
- Προσδιορισμός διάσπασης πυριτικού διασβεστίου και σιδήρου – Αποσύνθεση αερόψυκτων σκωριών υψικαμίνου: Σύμφωνα με την ΠΤΠ Α-260, δεν προδιαγράφεται απαίτηση. Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 13043, πρέπει να προσδιορίζονται, όταν απαιτούνται και δεν πρέπει να παρουσιάζονται τέτοια φαινόμενα.
- Προσδιορισμός σταθερότητας όγκου – Αποσύνθεση σκωριών σιδήρου: Σύμφωνα με την ΠΤΠ Α-260, δεν προδιαγράφεται απαίτηση. Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 13043, πρέπει να προσδιορίζεται, όταν απαιτείται.

- Προσδιορισμός χονδρόκοκκων και ελαφροβαρών οργανικών προσμίξεων. Άλλες προσμίξεις: Σύμφωνα με την ΠΤΠ Α-260, πρέπει να είναι καθαρά, χωρίς αποσαθρωμένα τεμάχια, αργλικές επικαλύψεις και σβώλους, και γενικά προσμίξεις που μπορεί να επηρεάσουν την ευστάθεια και την αντοχή του ασφαλτομίγματος. Δεν προδιαγράφονται σαφείς απαιτήσεις. Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 13043, πρέπει να προσδιορίζεται, όταν απαιτείται.
- Πετρογραφική και ορυκτολογική εξέταση αδρανών: Σύμφωνα με την ΠΤΠ Α-260, δεν υπάρχουν συστάσεις για πετρώματα ή ορυκτά που μπορεί να επηρεάσουν τις ιδιότητες και την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 13043, εφαρμόζεται σε όλα τα αδρανή που υπάρχουν ενδείξεις για ασταθή ορυκτά ή ορυκτά που μπορεί να επηρεάσουν τις ιδιότητες και την ποιότητα του τελικού προϊόντος, π.χ πιθανή ύπαρξη ισχυρά απορροφητικών κόκκων επικίνδυνων για την ανθεκτικότητα σε ψύξη – απόψυξη. Τα πετρώματα που πρέπει να αποφεύγονται είναι οι σχιστόλιθοι, φυλλίτες, μάργες, κιμωλία και κόκκοι συσσωματωμένοι με άργιλο.

6.6 Χαρακτηριστικά υλικού και έλεγχοι ποιότητας με βάση την ΠΤΠ Α-265

6.6.1 Ορισμός

Ασφαλικό σκυρόδεμα ονομάζεται το ομοιογενές μίγμα που παράγεται με ανάμιξη θερμών και ξηρών αδρανών χονδρόκοκκων, λεπτόκοκκων, παιπάλης και ασφάλτου ως συνδετικού σε μόνιμη εγκατάσταση.

Το ασφαλικό σκυρόδεμα χρησιμοποιείται για την κατασκευή στρώσεων κυκλοφορίας, συνδετικών και ισοπεδωτικών.

Στρώση κυκλοφορίας ονομάζεται η ανώτερη στρώση του οδοστρώματος, η οποία υφίσταται την άμεση επίδραση της κυκλοφορίας, αφού παραλαμβάνει τα φορτία. Αυτή πρέπει να παρουσιάζει μεγάλη ευστάθεια, υδατοστεγανότητα, ανθεκτικότητα στις επιδράσεις του καιρού και αντοχή στη φθορά από την κυκλοφορία.

Στρώση συνδετική ονομάζεται η στρώση κάτω από τη στρώση κυκλοφορίας, η οποία συνδέει τη στρώση κυκλοφορίας με την υποκείμενη κατασκευή. Οι απαιτήσεις για τη συνδετική στρώση διαφέρουν από αυτές της στρώσης κυκλοφορίας, μιας και η

συνδετική στρώση δεν υπόκειται στη φθορά της στρώσης κυκλοφορίας. Έτσι, επιτρέπεται η χρησιμοποίηση αδρανών όχι τόσο σκληρών όπως στην στρώση κυκλοφορίας.

Στρώση ισοπεδωτική ονομάζεται η στρώση από ασφαλτικό σκυρόδεμα μεταβλητού πάχους που χρησιμοποιείται για να καλύψει τις ανωμαλίες της επιφάνειας του οδοστρώματος. Οι απαιτήσεις είναι ίδιες με αυτές της συνδετικής στρώσης.

6.6.2 Αδρανή υλικά

Χονδρόκοκκο αδρανές

Το χονδρόκοκκο αδρανές (υλικό συγκρατούμενο στο κόσκινο τετραγωνικής οπής πλευράς 2 mm ή No 10, σύμφωνα με την ΠΤΠ Α-265), πρέπει να είναι θραυστό υλικό ή χαλίκι που παράγεται κατόπιν πολλαπλής θραύσης, να έχει ομοιόμορφη ποιότητα, να είναι συμπαγές, απαλλαγμένο από αποσαθρωμένα τεμάχια, σβώλους αργίλου, αργιλούχες επικαλύψεις και γενικώς περιβλήματα και προσμίξεις που μπορεί να επηρεάσουν την ευστάθεια και ανθεκτικότητα του σκυροδέματος. Οι κόκκοι πρέπει να είναι όσο το δυνατό κυβικής μορφής και η αναλογία των επιμήκων και πλακοειδών να είναι ασήμαντη. Στην περίπτωση που θα χρησιμοποιηθεί θραυστό χαλίκι πρέπει τουλάχιστον το 50% που συγκρατείται στο κόσκινο No 4 (4,76 mm) να έχει μια επιφάνεια που προέρχεται από θραύση.

Λεπτόκοκκο αδρανές

Το λεπτόκοκκο αδρανές (υλικό διερχόμενο από το κόσκινο No 10 και συγκρατούμενο στο κόσκινο No 200 σύμφωνα με την ΠΤΠ Α-265), πρέπει να είναι από θραυστή ή φυσική άμμο ή μίγμα αυτών. Πρέπει να αποτελείται από καθαρούς σκληρούς και ανθεκτικούς γωνιώδεις κόκκους με τραχεία επιφάνεια, απαλλαγμένο από σβώλους αργίλου, ή άλλων επιβλαβών ουσιών. Σύμφωνα με την ΠΤΠ Α-265 σε οδούς βαριάς κυκλοφορίας στη στρώση κυκλοφορίας δεν θα χρησιμοποιείται ασβεστολιθική άμμος, παρά μόνο σε συνδυασμό με ίση ποσότητα πυριτικής άμμου, φυσικής ή θραυστής, της οποίας οι κόκκοι θα είναι σκληροί, ανθεκτικοί, γωνιώδεις και με τραχεία επιφάνεια.

Παιπάλη

Παιπάλη ορίζεται το υλικό που διέρχεται από το κόσκινο Νο 200 (0,075 mm). Η παιπάλη πρέπει να προέρχεται από υγιείς ασβεστόλιθους ή άλλα κατάλληλα πετρώματα χωρίς καμία πρόσμιξη αργίλου. Το ποσοστό της δεν πρέπει να υπερβαίνει το 3%.

Απαιτήσεις μίγματος αδρανών υλικών

Το μίγμα αδρανών που προκύπτει από τη σύνθεση των παραπάνω πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Να έχουν καλή κοκκομετρική διαβάθμιση.
- Η φθορά σε τριβή και κρούση (συντελεστής Los Angeles) στις 500 στροφές να μην υπερβαίνει το 40%.
- Η ανθεκτικότητα σε αποσάθρωση (δοκιμή υγείας) με θειικό νάτριο να μην υπερβαίνει το 9%.
- Το ισοδύναμο άμμου (υλικό διερχόμενο από το κόσκινο Νο 4) να είναι μεγαλύτερο του 55.

6.6.3 Απαιτήσεις αδρανών υλικών για ασφαλικό σκυρόδεμα σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13043

Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13043 κάποιες δοκιμές από τις ισχύουσες έχουν τροποποιηθεί, ενώ κάποιες άλλες έχουν προστεθεί. Έτσι, τα αδρανή πετρώματα που προορίζονται για χρήση σε ασφαλικό σκυρόδεμα θα εξετάζονται και για τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Η παιπάλη θα προσδιορίζεται από το κόσκινο 0,063 mm και όχι από το κόσκινο 0,075 mm που ισχύει μέχρι σήμερα.
- Θα προσδιορίζεται η τιμή του Δείκτη πλακοειδούς και συμπληρωματικά από το Δείκτη σχήματος.
- Εισάγονται νέες δοκιμές όπως η Αντίσταση σε στίλβωση PSV, Αντίσταση σε απότριψη AAV και αντοχή στη φθορά κατά micro-Deval για τις στρώσεις κυκλοφορίας. Τα αδρανή θα ελέγχονται επιπλέον και στις εξής δοκιμές: αντοχή σε θερμικό shock, συνάφεια με συνδετικά υλικά, δοκιμή Sonnenbrand of basalt,

αποδιοργάνωση πυριτικού διασβεστίου αερόψυκτης σκωρίας καμίνου και σιδήρου αερόψυκτης σκωρίας καμίνου, σταθερότητα όγκου σκωρίας σιδήρου.

- Προσδιορίζεται η υδατοαπορροφητικότητα. Είναι δοκιμή προδιαλογής του υλικού για χαρακτηρισμό σε ψύξη – απόψυξη.
- Αντοχή σε ψύξη – απόψυξη. Αν η υδατοαπορροφητικότητα είναι $<0,5\%$ το υλικό θεωρείται ανθεκτικό σε κύκλους ψύξης – απόψυξης και δεν γίνεται παραπέρα έλεγχος.
- Εισάγει την Πετρογραφική εξέταση αδρανούς. Η εξέταση θα δείξει την πιθανή ύπαρξη ασθενών ή ισχυρά απορροφητικών κόκκων, επικίνδυνων για την ανθεκτικότητα σε ψύξη-απόψυξη. Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να ελέγχονται τα σχετικά χαρακτηριστικά του υλικού. Πρέπει να αποφεύγονται: σχιστόλιθοι, μαρμαρυγίες, φυλλίτες, κιμωλία, μάργα, πυρόλιθος, πορόλιθος ή κόκκοι συσσωματωμένοι με άργιλο.

6.7 Αδρανή για αντιολισθηρά

6.7.1 Γενικά

Το πρόβλημα της ολισθηρότητας των οδοστρωμάτων οδήγησε στην ανάγκη κατασκευής αντιολισθηρών στρώσεων και στην έρευνα «σκληρών» αδρανών που χρησιμοποιούνται σε αυτή. Για την κατασκευή των αντιολισθηρών στρώσεων χρησιμοποιούνται αδρανή ειδικών χρήσεων. Τέτοια θεωρούνται εκείνα που εκτός από ιδιαίτερα μηχανικά και φυσικά χαρακτηριστικά παρουσιάζουν υψηλή αντοχή και κυρίως ανθεκτικότητα (HARRISON & BLOODWORTH 1994). Ο ρόλος των αδρανών στην αντιολισθηρή στρώση είναι να δώσουν σε αυτήν μεγάλη διάρκεια ζωής και να έχουν μεγάλη αντίσταση στην ολίσθηση. Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει να διατηρούν την μικροϋφή και τη μακροϋφή του ασφαλοτάπητα.

Με τον όρο μικροϋφή εννοούμε την αδρότητα της επιφάνειας των αδρανών υλικών του ασφαλοτάπητα ή του σκυροδέματος. Αντιστοιχεί σε τραχύτητα επιφάνειας της τάξης των 0,2 mm. Η μικροϋφή εξαρτάται από την προέλευση και την πετρογραφική σύσταση των αδρανών. Η ικανότητα των αδρανών να ανθίστανται στη λείανση της επιφάνειας, χαρακτηρίζεται από την τιμή του δείκτη στίλβωσης PSV (Polished Stone Value).

Με τον όρο μακροϋφή εννοούμε το ανάγλυφο της επιφάνειας κυκλοφορίας και συναρτάται με τη σύσταση του τάπητα και ιδιαίτερα με την κοκκομετρική σύνθεση των αδρανών. Η μακροϋφή χαρακτηρίζει το ανάγλυφο της επιφάνειας κυκλοφορίας και υφίσταται και αυτή φθορά εξαιτίας της δράσης των φορτίων. Σε νέους τάπητες καλής ποιότητας, η τραχύτητα της επιφάνειας είναι της τάξεως του 1 mm. (ΜΟΥΡΑΤΙΔΗΣ et al. 1998). Και οι δυο ιδιότητες, μικροϋφή και μακροϋφή, είναι απαραίτητες για την εξασφάλιση μιας επιφάνειας κυκλοφορίας με ικανοποιητικά χαρακτηριστικά αντιολισθηρότητας. Ιδιαίτερα σημαντικός και καθοριστικός είναι ο ρόλος τους, όταν το οδόστρωμα είναι βρεγμένο και καλύπτεται από ένα λεπτό υδάτινο στρώμα που εμποδίζει την επαφή ελαστικού-τάπητα και κατά συνέπεια και την ανάπτυξη δυνάμεων τριβής.

Τα παραπάνω φαίνονται σχηματικά στο παρακάτω σχήμα.

Επιφάνεια		Κλίμακα υφής	
		Μακρο-	Μικρο-
Α		Τραχεία	Αδρή
Β		Τραχεία	Λεία
Γ		Ομαλή	Αδρή
Δ		Ομαλή	Λεία

Σχήμα 6.8.1. Χαρακτηρισμοί της επιφανειακής υφής των οδοστρωμάτων (ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε. 1998).

6.7.2 Ισχύουσες Ελληνικές Προδιαγραφές

Οι ισχύουσες προδιαγραφές του ΥΠΕΧΩΔΕ (1985), όσον αφορά τα μηχανικά χαρακτηριστικά των αδρανών που προορίζονται για αντιολισθηρές στρώσεις, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

		Κυκλοφορία	Ελαφρά	Μέση	Βαριά	Πολύ Βαριά
Μηχανικές ιδιότητες	Κατηγορία θέσης	Ημερήσιος κυκλοφοριακός φόρτος ανά λωρίδα	<500	<500-3000	3000-8000	>8000
			<75	75-450	450-1200	>1200
PSV	A	Επικίνδυνες θέσεις	>50	>55	>60	>65
PSV	B	Συνήθεις θέσεις	>45	>50	>55	>60
PSV	Γ	Εύκολες θέσεις	-	45	-	-
LAHV	Ανεξαρτ. Θέσης		<30	<28	<26	<24
AAV	Ανεξαρτ. Θέσης		<14	<12	<10	<8

- PSV: Αντίσταση σε λείανση.
- LAHV: Δείκτης αντίστασης σε τριβή και κρούση.
- AAV: Δείκτης αντίστασης σε απότριψη.
- A. Επικίνδυνες θέσεις:
Προσεγγίσεις σε σηματοδότες, διαβάσεις πεζών και διασταυρώσεις.
Κυκλικοί κόμβοι και προσεγγίσεις σε κόμβους.
Τμήματα με κλίση >5% και μήκος πάνω από 100 m.
Καμπύλες σε οριζοντιογραφία με ακτίνα μικρότερη από 150 m ή ακτίνα μεγαλύτερη από 150 m και μέχρι 300 m αν συνδυάζεται με κυρτή κατακόρυφη καμπύλη με ακτίνα μέχρι 800 m σε δρόμους με ταχύτητα πάνω από 65 km/h
- B. Συνήθεις θέσεις:
Τμήματα ευθύγραμμα ή με ακτίνα καμπυλότητας μεγαλύτερη από 150 m με κλίση μικρότερη από 5% σε αυτοκινητοδρόμους, κεντρικές αστικές αρτηρίες και κυρίως υπεραστικούς δρόμους, άλλους δρόμους με βαριά κυκλοφορία.
- Γ. Εύκολες θέσεις:
Τμήματα ευθύγραμμα σε δρόμους με ελαφρά ή μέση κυκλοφορία με ελαφρές κλίσεις και καμπύλες μεγάλης ακτίνας, χωρίς επικίνδυνες διασταυρώσεις και άλλα χαρακτηριστικά που θα μπορούσαν να δημιουργήσουν επικίνδυνες συνθήκες.

Επιπλέον πρέπει να ισχύουν και οι απαιτήσεις που θέτει η ΠΤΠ Α-265 (στρώσεις κυκλοφορίας) για τις δοκιμές υγείας <9%, ισοδυνάμου άμμου >55% και ο δείκτης πλακοειδούς στο υλικό το >6,3 mm να είναι ≤30%.

6.7.3 Πηγές σκληρών αδρανών – Χαρακτηριστικά αυτών

Μέχρι στιγμής έχει γίνει αρκετή έρευνα για τη σημασία της αντιολισθηρής στρώσης, την εύρεση και την αξιολόγηση των σκληρών πετρωμάτων για αντιολισθηρές στρώσεις (ΚΑΖΑΚΟΠΟΥΛΟΣ 1992, ΛΟΙΖΟΣ et al. 1996, ΠΑΛΑΙΟΚΩΣΤΑΣ & ΒΕΡΑΝΗΣ 1998, ΒΙΔΑΚΗΣ & ΠΑΠΑΤΡΕΧΑΣ 1998, ΜΟΥΡΑΤΙΔΗΣ et al. 1998, ΝΙΚΟΛΑΪΔΗΣ et al. 1999, ΝΤΑΜΠΙΤΖΙΑΣ et al. 1999, ΝΤΑΜΠΙΤΖΙΑΣ et al. 2001). Όπως φαίνεται από τις προδιαγραφές του ΥΠΕΧΩΔΕ η έρευνα για τη εύρεση και αξιολόγηση των σκληρών αδρανών πρέπει να στραφεί σε πετρώματα που πληρούν ορισμένες τιμές όσον αφορά τις τιμές PSV: Αντίσταση σε λείανση, LAAV: Δείκτης αντίστασης σε τριβή και κρούση, AAV: Δείκτης αντίστασης σε απότριψη.

Τέτοια πετρώματα είναι τα όξινα και βασικά plutωνικά, τα όξινα ενδιάμεσα και βασικά ηφαιστειακά, χαλαζίτες και ψαμμίτες. Εδώ πρέπει να προστεθούν και οι συμπαγείς σκουριές υψικαμίνων.

Σύμφωνα με τους ΜΟΥΡΑΤΙΔΗ et al. (1998) από τις βασικές προϋποθέσεις που πρέπει να ικανοποιεί κάποιο πέτρωμα προκειμένου να χρησιμοποιηθεί ως αδρανές σε έργα οδοποιίας, είναι εκείνες που αναφέρονται στη μηχανική αντοχή. Ειδικότερα, για τους ασφαλοτάπητες κυκλοφορίας, τα χαρακτηριστικά των αδρανών για την καταλληλότητά τους είναι τα μηχανικά χαρακτηριστικά. Σε γενικές γραμμές τα πυριγενή πετρώματα αποτελούν τα καλύτερα μητρικά πετρώματα για τη λήψη σκληρών αδρανών. Τα περισσότερο συμπαγή και λεπτοκρυσταλλικά από αυτά περιγράφονται διεθνώς ως trap (rock) και σ' αυτά περιλαμβάνονται δακίτες, ανδεσίτες, βασάλτες, διαβάσεις κ.ά.

Τα μηχανικά χαρακτηριστικά εξετάζονται με τις ακόλουθες δοκιμές, αντοχή σε στίλβωση, αντοχή σε απότριψη, αντοχή σε τριβή και κρούση κατά Los Angeles. Τα μηχανικά αυτά χαρακτηριστικά εξαρτώνται (ΜΟΥΡΑΤΙΔΗΣ et al. 1998, ΝΤΑΜΠΙΤΖΙΑΣ et al. 2003) από την ορυκτολογική σύσταση, τον ιστό, την υγεία, το μέγεθος των κρυστάλλων, τις επιφάνειες ασυνέχειας ή αδυναμίας, το μέγεθος και την αναλογία των ανομοιογενών ως προς τη σκληρότητα συστατικών.

Ορυκτολογική σύσταση

Όσον αφορά την αντίσταση σε λείανση (PSV) μεγάλο ρόλο παίζει το ποσοστό συμμετοχής των ορυκτών στο πέτρωμα και η διαφορά στη σκληρότητά τους. Οι NTAMΠΙΤΖΙΑΣ et al. (2003) αναφέρουν ότι σε ένα αδρανές με 2-3 ορυκτά διαφορετικής σκληρότητας σε ίσες αναλογίες το PSV είναι καλύτερο όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά σκληρότητας των ορυκτών του. Αν όμως η συμμετοχή του ενός ή των δύο ορυκτών είναι πολύ μικρή τότε το αδρανές δεν θα έχει καλό PSV. Όσον αφορά την αντοχή στη φθορά (LA και AAV) ανθεκτικά ορυκτά είναι αυτά που είναι σκληρά και δεν έχουν τέλειο σχισμό.

Ιστός

Η συνοχή, ο τρόπος ανάπτυξης και το μέγεθος των κρυστάλλων επηρεάζουν τις μηχανικές ιδιότητες ενός πετρώματος. Για παράδειγμα ο συμπαγής και αδρόκοκκος ψαμμίτης στη θέση «Όρυγμα Μετσόβου» που περιέχει 20% ασβεστίτη έχει πολύ καλές τιμές PSV, αλλά τιμές LA και AAV εκτός προδιαγραφών. Αντίθετα, ο λεπτόκοκκος ψαμμίτης στη θέση «Δεμάτι Μετσόβου» με 10% ασβεστίτη έχει καλές τιμές LA και AAV, αλλά τιμές PSV εκτός προδιαγραφών. Ένας διαβάσης όμως με οφιτικό ιστό παρουσιάζει εξαιρετικές τιμές και στους τρεις δείκτες.

Αναφορικά με το μέγεθος των κρυστάλλων τα μεσόκοκκα πετρώματα έχουν συνήθως υψηλότερους (καλύτερους) δείκτες PSV από ότι τα λεπτόκοκκα και τα αδρόκοκκα (π.χ. μεσόκοκκος-αδρόκοκκος γάββρος) (NTAMΠΙΤΖΙΑΣ et al. 2003).

Κλειστές επιφάνειες ασυνέχειας ή αδυναμίας

Η παρουσία κλειστών επιφανειών ασυνέχειας ή αδυναμίας (διακλάσεις) αυξάνουν το δείκτη PSV, ενώ αντίθετα η απουσία συστήματος διακλάσεων ή φολίδωσης αυξάνει την αντοχή του αδρανούς σε φθορές (LA και AAV) (NTAMΠΙΤΖΙΑΣ et al. 2003).

Από έρευνες του ΙΓΜΕ (NTAMΠΙΤΖΙΑΣ et al. 1999, NTAMΠΙΤΖΙΑΣ et al. 2001) και από έρευνες της Εγνατίας ΑΕ (ΜΟΥΡΑΤΙΔΗΣ et al. 1998, ΝΙΚΟΛΑΪΔΗΣ et al. 1999) έχουν βρεθεί πολλές περιοχές με αδρανή που θεωρούνται σκληρά

(κατάλληλα για αντιολισθηρά και σκύρα του ΟΣΕ) στην Κεντρική και Ανατολική Μακεδονία και κατά μήκος της Εγνατίας Οδού.

Σύμφωνα με τους NTAMPIITZIA et al. (2003) πετρώματα του ελληνικού χώρου που θα μπορούσαν ενδεχομένως να χρησιμοποιηθούν ως αντιολισθηρά είναι συνοπτικά:

- Οφιολιθικά: Οι δουνίτες και πυροξενίτες με ποσοστό σερπεντινίωσης >20% δίνουν συνήθως PSV<50, ενώ με ποσοστό σερπεντινίωσης <10% δίνουν συνήθως PSV στο όριο 55. Οι πυροξενίτες δεν είναι κατάλληλα αντιολισθηρά υλικά, επειδή είναι αδρόκοκκα πετρώματα. Διαβάσεις και γάββροι έχουν εξαιρετικά αντιολισθηρά χαρακτηριστικά. Μονζοδιορίτες, νορίτες και χαλαζιακοί διορίτες θεωρούνται εξίσου κατάλληλα υλικά.
- Ενδιάμεσα ηφαιστειακά: Οι ανδεσίτες, δακίτες κ.λπ. έχουν πολύ καλούς δείκτες αντοχής στη φθορά οι οποίοι όμως εξαρτώνται από το ποσοστό συμμετοχής και το μέγεθος των φαινοκρυστάλλων.
- Γρανίτες: Οι γρανίτες αποτελούνται κυρίως από χαλαζία και αστρίους που έχουν μικρή διαφορά στη σκληρότητα και όπως αναμένεται έχουν χαμηλές τιμές PSV (σχεδόν πάντα <50). Επιπλέον, πρέπει να ελέγχονται ως προς το δείκτη πλακοειδούς.
- Μεταμορφωμένα: Μεταβασίτες – πρασινίτες, χωρίς έντονη σχιστότητα δίνουν συχνά καλές τιμές PSV και αποδεκτούς δείκτες φθοράς. Οι χαλαζίτες δίνουν χαμηλό PSV (κοντά στο 50) και πολύ καλούς δείκτες φθοράς.
- Ιζηματογενή: Οι ψαμμίτες και οι αρκόζες δίνουν γενικά ικανοποιητικά αποτελέσματα.

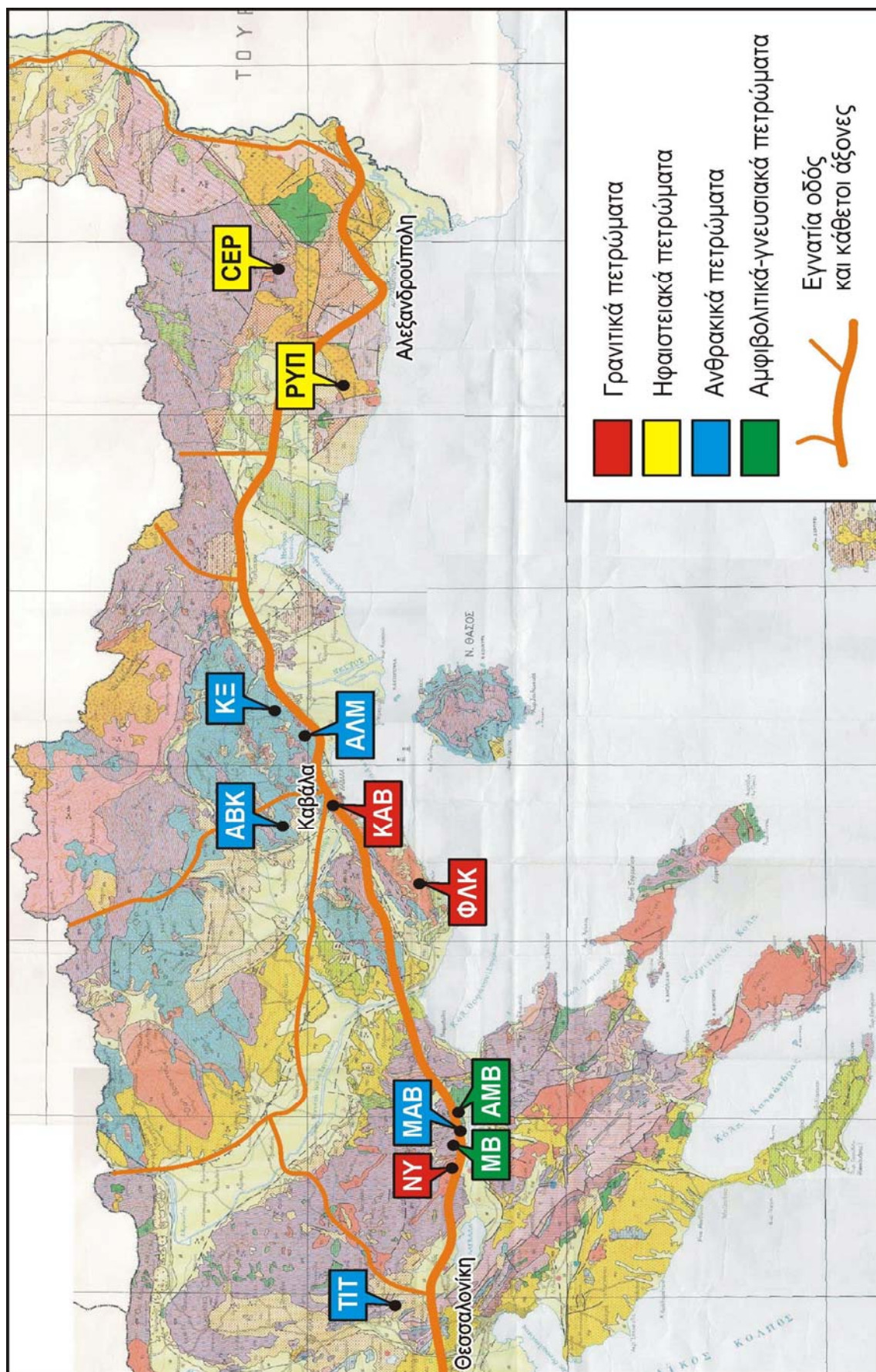
7. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

7.1 Εισαγωγή

Για τις ανάγκες αυτής της διατριβής συλλέχθηκαν 12 δείγματα, των οποίων εξετάστηκαν τα πετρογραφικά, ορυκτολογικά και φυσικομηχανικά χαρακτηριστικά. Τα δείγματα συλλέχθηκαν από παράπλευρες περιοχές της Εγνατίας Οδού στην Κεντρική και Ανατολική Μακεδονία και Θράκη. Κάποια από αυτά χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη αδρανών για τις ανάγκες κατασκευής της Εγνατίας Οδού, ενώ κάποια άλλα είχαν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν. Τα κριτήρια επιλογής ήταν η θέση τους σε πιθανόν απαγορευμένη ζώνη εκμετάλλευσης (π.χ. συνθήκη RAMSAR), ο βαθμός ευκολίας για εκμετάλλευση και εξόρυξη, η πιθανή ποσότητα (όπως υπολογίστηκε από τους χάρτες τους ΙΓΜΕ), η ευκολία πρόσβασης, και η κατηγορία των πετρωμάτων. Τα δείγματα που συλλέχθηκαν και εξετάστηκαν ανήκουν και στις τρεις κατηγορίες πετρωμάτων, πυριγενή (πλουτωνικά και ηφαιστειακά), ιζηματογενή και μεταμορφωμένα και είναι τα εξής: γρανίτες (ΝΥ, ΚΑΒ, ΦΛΚ), ανδεσίτες (ΡΥΠ, CΕΡ-2), αμφιβολίτες (ΑΜΒ, ΜΒ), ασβεστόλιθοι (ΤΙΤ) και μάρμαρα (ΜΑΒ, ΑΒΚ, ΑΛΜ, ΚΞ). Τα δείγματα αυτά, τα οποία στη συνέχεια περιγράφονται αναλυτικά, φαίνονται συνοπτικά στον πίνακα 7.1 και στο γενικό χάρτη της ΒΑ Ελλάδος του σχήματος 7.1.

Πίνακας 7.1. Συνοπτικός πίνακας των μελετηθέντων πετρωμάτων.

Δείγμα	Πέτρωμα	Περιοχή
ΝΥ	Γρανίτης	Νυμφόπετρα Βόλβης
ΚΑΒ	Γρανίτης	Καβάλα
ΦΛΚ	Μυλωνιτιωμένος γρανίτης	Φωλεά Καβάλας
ΡΥΠ	Ανδεσίτης	Πετρωτά Έβρου
CΕΡ-2	Ανδεσίτης	Άβαντας Έβρου
ΑΜΒ	Αμφιβολίτης	Βόλβη
ΜΒ	Αμφιβολίτης	Βόλβη
ΤΙΤ	Ασβεστόλιθος	Δρυμός
ΜΑΒ	Μάρμαρο	Βόλβη
ΑΒΚ	Μάρμαρο	Αμυγδαλών Καβάλας
ΑΛΜ	Μάρμαρο	Άνω Ποντολίβαδο Καβάλας
ΚΞ	Μάρμαρο	Ξεριάς Καβάλας



Σχ. 7.1. Γενικός γεωλογικός χάρτης της ΒΑ Ελλάδος, όπου απεικονίζονται οι διάφορες θέσεις δειγματοληψίας.

7.2 Γρανίτης Νυμφόπετρας (Δείγμα NY)

7.2.1 Γεωλογικά χαρακτηριστικά

Βορειοδυτικά της λίμνης Βόλβης και σε απόσταση 1,5 km δυτικά από το χωριό Βαγιοχώρι βρίσκεται το νότιο τμήμα του γρανίτη τύπου Αρναίας (Σχ. 7.2). Γεωλογικά βρίσκεται στη Σερβομακεδονική μάζα και ανήκει στην τρίτη φάση μαγματισμού που έλαβε χώρα στο Μεσοζωικό, θεωρείται σύγχρονος με την κύρια αλπική πτύχωση του Ιουρασικού και εμφανίζεται ως προς αυτήν συγκινητικός. Ο γρανίτης διακόπτει τη συνέχεια των μεταμορφωμένων πετρωμάτων του κρυσταλλοσχιστώδους (ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ 1985). Οι KOCKEL et al. (1971, 1977) που μελέτησαν το γρανίτη της Αρναίας θεωρούν ότι το γρανιτικό σώμα βόρεια της λίμνης Βόλβης αναπτύσσεται παράλληλα στην επικρατούσα ΒΔ σχιστότητα των κρυσταλλοσχιστωδών πετρωμάτων της Σερβομακεδονικής ζώνης. Το τμήμα του γρανίτη που εκτείνεται νότια της λίμνης Βόλβης έχει μελετηθεί από τον OLADEJI (1997). Το δείγμα συλλέχθηκε από τομή της διάνοιξης της Εγνατίας Οδού, τμήμα Νυμφόπετρα-Ρεντίνα (Φωτ. 7.2.1).

7.2.2 Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά

Ο γρανίτης είναι λευκού χρώματος, μακροσκοπικά μοιάζει με απλίτη ή απλιτικό γρανίτη. Είναι λεπτόκοκκο πέτρωμα, έντονα τεκτονισμένο, με πυκνό σύστημα διακλάσεων. Χαρακτηριστικό του είναι η παρουσία σε ελάχιστο ποσοστό φεμικών ορυκτών (Φωτ. 7.2.2).

7.2.3 Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά

Για τη μικροσκοπική εξέταση του γρανίτη κατασκευάστηκαν λεπτές τομές, NY-1, NYΠ-1, NY-2, και NYK-1 οι οποίες εμβαδομετρήθηκαν. Ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων των εμβαδομετρήσεων φαίνονται στον πίνακα 7.2. Ο ιστός του πετρώματος παρουσιάζει ανομοιομορφία ως προς το μέγεθος των ορυκτών, οι κόκκοι του χαλαζία εμφανίζονται σε πάρα πολύ μικρό μέγεθος, δεν είναι δηλαδή ο τυπικός γρανιτικός ιστός (Φωτ. 7.2.3 και 7.2.4).

Τα κύρια ορυκτά αυτού του γρανίτη είναι χαλαζίας, καλιούχος άστριος και πλαγιόκλαστο. Υπάρχουν επίσης μοσχοβίτης και επίδοτο.

Ο χαλαζίας εμφανίζεται συνήθως σε πολύ μικρούς κρυστάλλους, αλλοτριόμορφους, με κυματοειδή κατάσβεση. Το μέγεθος των κόκκων του είναι από 0,1 mm μέχρι 0,5 mm και συμμετέχει κατά μέσον όρο με ποσοστό 60,2%.

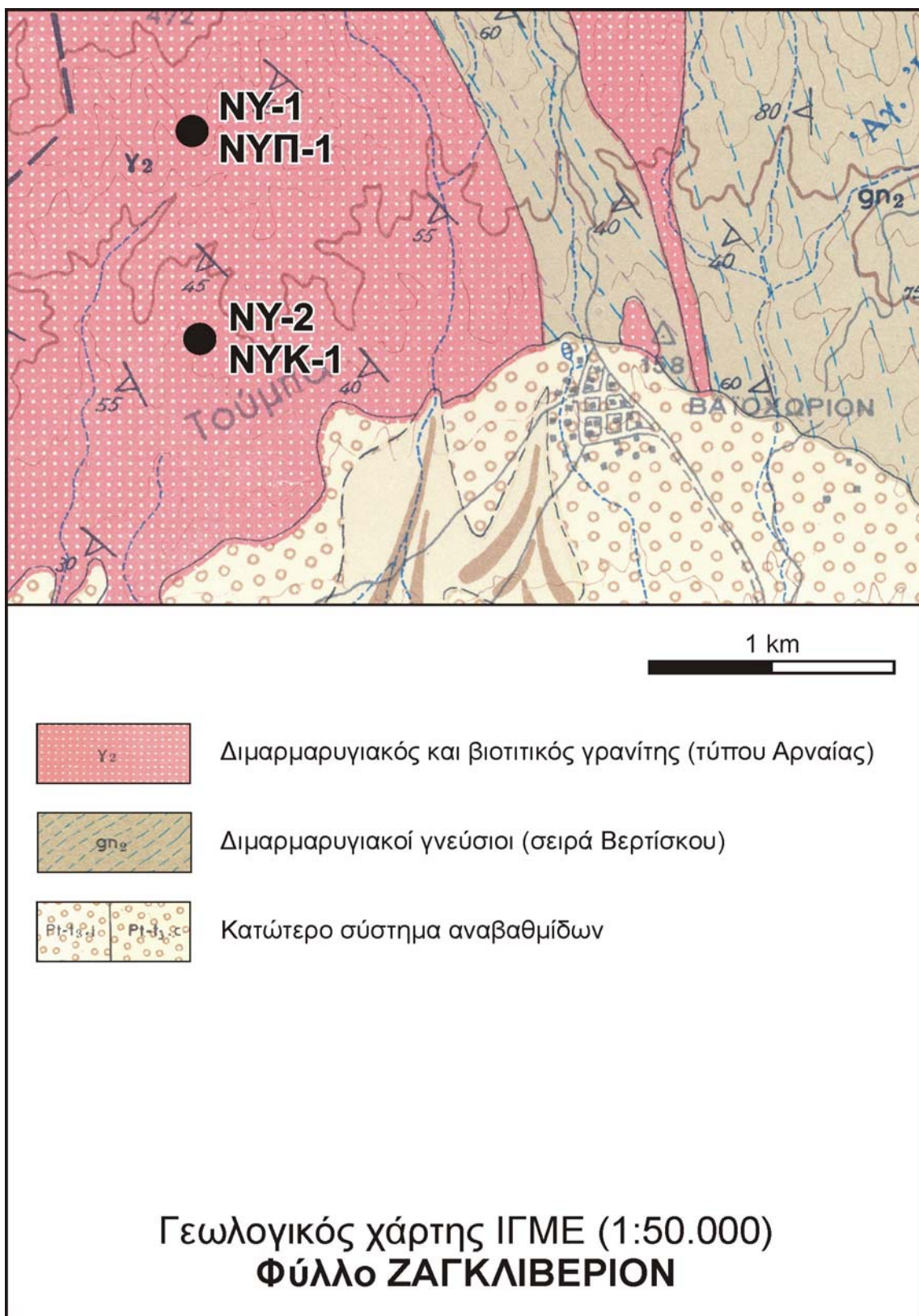
Ο καλιούχος άστριος είναι ορθόκλαστο, ενώ βρέθηκε και μικροκλινής. Το ορθόκλαστο έχει περθίτες και παρουσιάζει διδυμίες κατά Carlsbad και Baveno. Οι κρύσταλλοι έχουν μέγεθος συνήθως από 1 mm μέχρι 2 mm ενώ στο δείγμα NYK-1 βρέθηκαν κρύσταλλοι μεγέθους από 0,5 mm έως 4 mm. Επίσης κάποιοι κρύσταλλοι βρέθηκαν καολινιωμένοι. Οι κρύσταλλοι του μικροκλινή έχουν μέγεθος από 0,25 mm μέχρι 1,5 mm. Οι καλιούχοι άστριοι συμμετέχουν κατά μέσον όρο με ποσοστό 32,6%.

Το πλαγιόκλαστο έχει αλβιτική διδυμία και αρκετοί κρύσταλλοί του είναι σερικιτιωμένοι. Το μέγεθος των κρυστάλλων του κυμαίνεται από 0,25 mm μέχρι 1,5 mm ενώ στο δείγμα NY-2 βρέθηκε κρύσταλλος μεγέθους 2,2 mm. Συμμετέχει κατά μέσον όρο με ποσοστό 6,6%.

Ο μοσχοβίτης και το επίδοτο εμφανίζονται με πολύ μικρό ποσοστό με τη μορφή μικρών διάσπαρτων κρυστάλλων.

Πίνακας 7.2 Αναλογία και μέγεθος των ορυκτών του γρανίτη της Νυμφόπετρας.

Ορυκτό	Ποσοστό (%)	Μέγεθος (mm)
Χαλαζίας	60,2	<0,1 - 1
Καλιούχος άστριος	32,6	0,25-4
Πλαγιόκλαστο	6,6	0,25-2,2
Μοσχοβίτης	0,5	0,3-0,5
Υπόλοιπα	0,1	



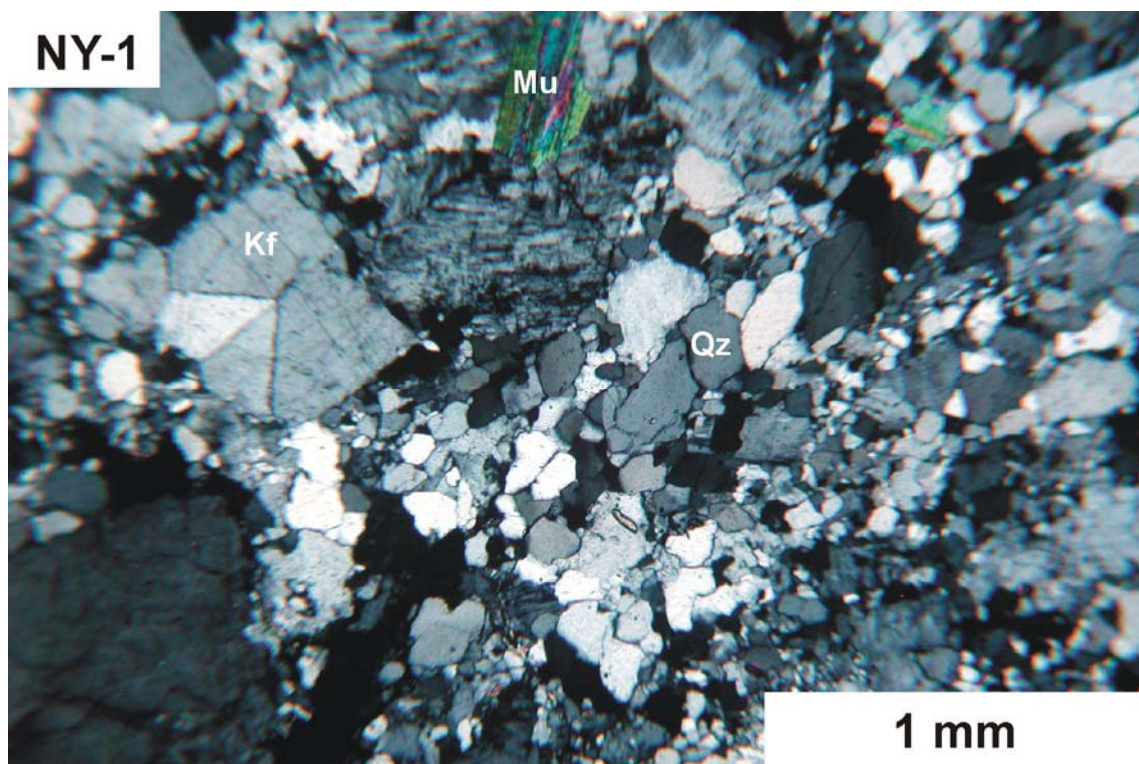
Σχ. 7.2. Απόσπασμα από το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ (1:50.000). Φύλλο Ζαγκλιβέριον.



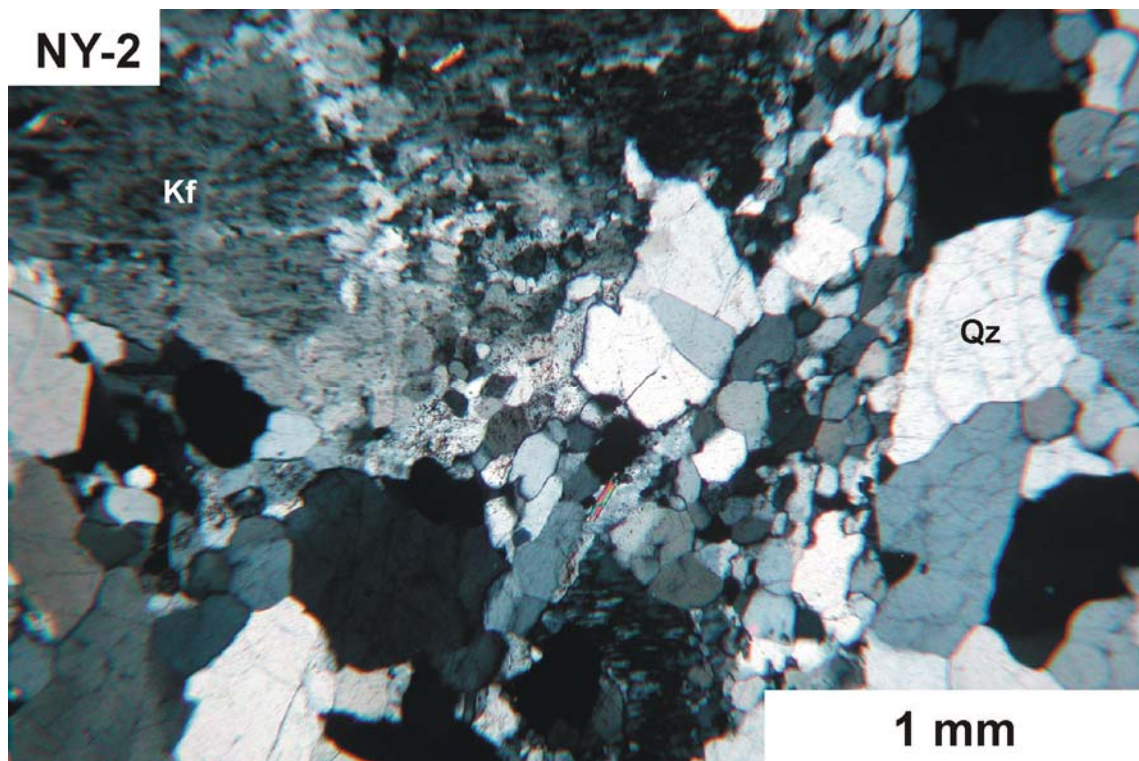
Φωτ. 7.2.1. Τομή του υπό κατασκευή τμήματος Νυμφόπετρας-Ρεντίνας της Εγνατίας Οδού από όπου συλλέχθηκε το δείγμα NY.



Φωτ. 7.2.2. Γρανίτης Νυμφόπετρας. Μακροσκοπικό δείγμα.



Φωτ. 7.2.3. Γρανίτης Νυμφόπετρας. Μικροσκοπική φωτογραφία. Επάνω αριστερά διακρίνεται κρύσταλλος Κ-αστρίου (Kf) με διδυμία Baveno. Qz: Χαλαζίας, Mu: Μοσχοβίτης. Nicols X.



Φωτ. 7.2.4. Γρανίτης Νυμφόπετρας. Μικροσκοπική φωτογραφία. Qz: Χαλαζίας, Kf: Κ-άστριος. Nicols X.

7.3 Γρανίτης Καβάλας (Δείγμα KAB)

7.3.1 Γεωλογικά χαρακτηριστικά

Ο γρανίτης της Καβάλας είναι ένας επιμήκης γρανιτικός όγκος που εκτείνεται κατά μήκος της Εθνικής οδού Θεσσαλονίκης-Καβάλας. Εμφανίζει φαινόμενα έντονης σχιστοποίησης έως μυλωνιτίωσης. Παρατηρούνται φαινόμενα μεταμόρφωσης επαφής (γρανάτης, επίδοτο, διοψίδιος) ενώ στην περιοχή εμφανίζονται και πολυάριθμες απλιτικές φλέβες. Το δείγμα του γρανίτη της Καβάλας συλλέχθηκε από την περιοχή Άγιος Σίλας εκεί όπου κατασκευάζεται τώρα το νέο νοσοκομείο της Καβάλας. Ο γρανίτης αυτός εμφανίστηκε στην επιφάνεια μετά από εκσκαφή των προσχώσεων για την κατασκευή των θεμελίων του νοσοκομείου (Σχ. 7.3).

7.3.2 Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά

Ο γρανίτης της Καβάλας (φωτ. 7.3.1) έχει σκουρότερο χρώμα από το γρανίτη της Νυμφόπετρας, εξαιτίας της παρουσίας φεμικών ορυκτών. Περιέχει μεγακρυστάλλους αστρίων (φαίνονται μακροσκοπικά) μεγέθους έως και 2 cm. Έχει γνευσιακή υφή και είναι έντονα τεκτονισμένος.

7.3.3 Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά

Μικροσκοπικά είναι εμφανής η γνευσιακή υφή του πετρώματος με φαινοκρύσταλλους αστρίων να περιβάλλονται από μια λεπτόκοκκη θεμελειώδη μάζα που αποτελείται κυρίως από χαλαζία. Υπάρχει δηλαδή ανομοιομορφία όσον αφορά το μέγεθος των κρυστάλλων.

Ο γρανίτης που εξετάζεται αποτελείται από χαλαζία, καλιούχο άστριο, πλαγιόκλαστο και βιοτίτη, ενώ επουσιωδώς περιέχει μοσχοβίτη, κεροσίλβη, επίδοτο, αλλανίτη, τιτανίτη, απατίτη, ζirkόνιο και αδιαφανή ορυκτά. Η εκατοστιαία αναλογία των ορυκτών φαίνεται στον πίνακα 7.3.

Ο χαλαζίας παρουσιάζει κυματοειδή κατάσβεση, οι κρύσταλλοί του είναι αλλοτριόμορφοι και συχνά γεμίζει τα κενά άλλων ορυκτών. Αρκετές φορές εμφανίζεται ανακρυσταλλωμένος. Το μέγεθος των κρυστάλλων κυμαίνεται από πολύ λεπτόκοκκο έως 1 mm.

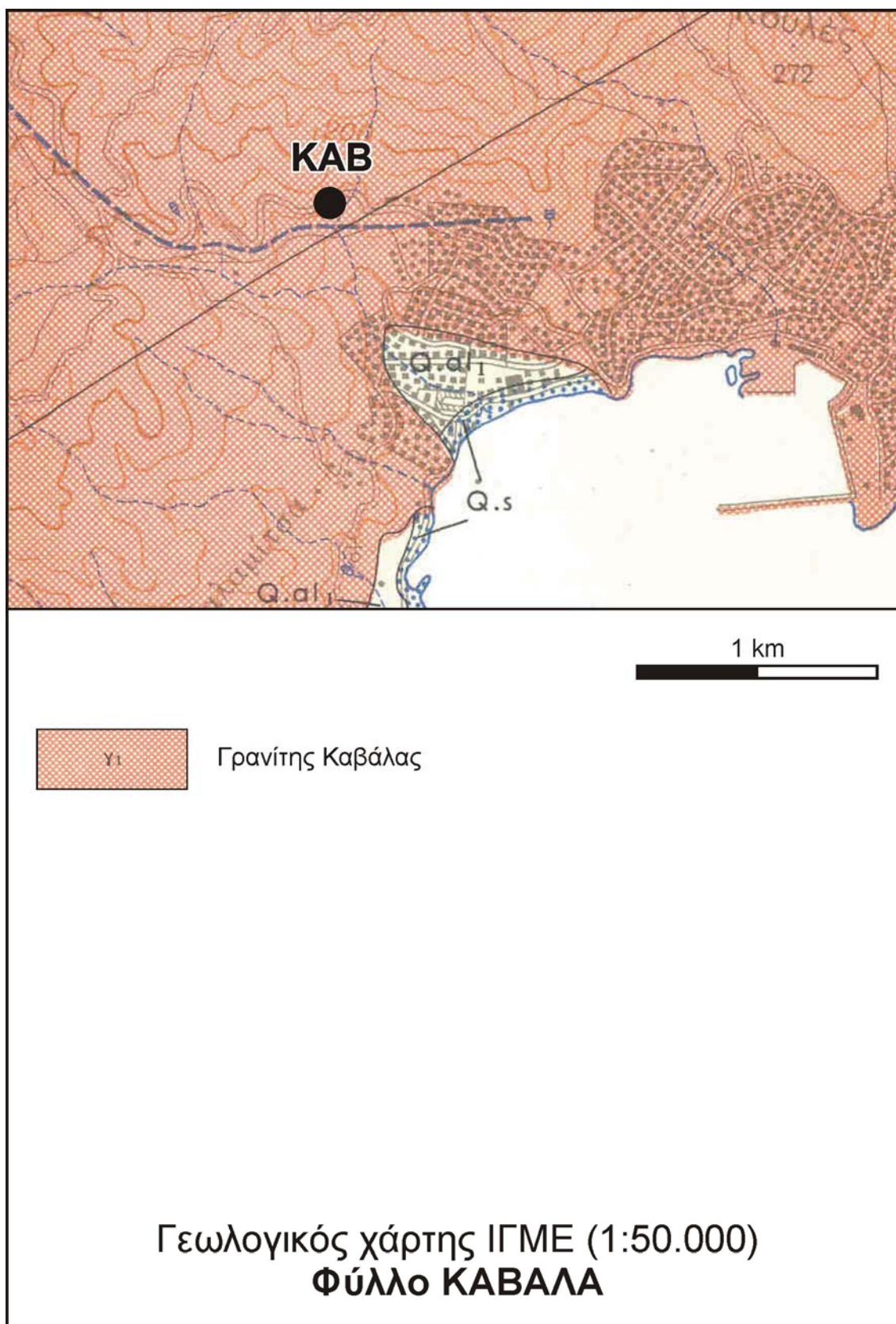
Οι καλιούχοι άστριοι είναι ορθόκλαστα και μικροκλινής. Οι κρύσταλλοι έχουν μέγεθος 0,25-0,5 mm και ορισμένοι εγκλείουν πλαγιόκλαστο.

Τα πλαγιόκλαστα έχουν μεγάλο μέγεθος, παρουσιάζουν διδυμίες και ενίοτε ζώνωση. Το μέγεθός τους κυμαίνεται από 0,3 mm μέχρι 2 mm.

Ο βιοτίτης έχει καστανό χρώμα και ορισμένοι κρύσταλλοι παρουσιάζουν γώνιασμα (kinking) που δείχνει τεκτονική καταπόνηση του πετρώματος. Ο βιοτίτης εμφανίζεται με τη μορφή μεμονωμένων κρυστάλλων μεγέθους 0,25 mm και με τη μορφή συσσωματωμάτων.

Πίνακας 7.3 Αναλογία και μέγεθος των ορυκτών του γρανίτη της Καβάλας.

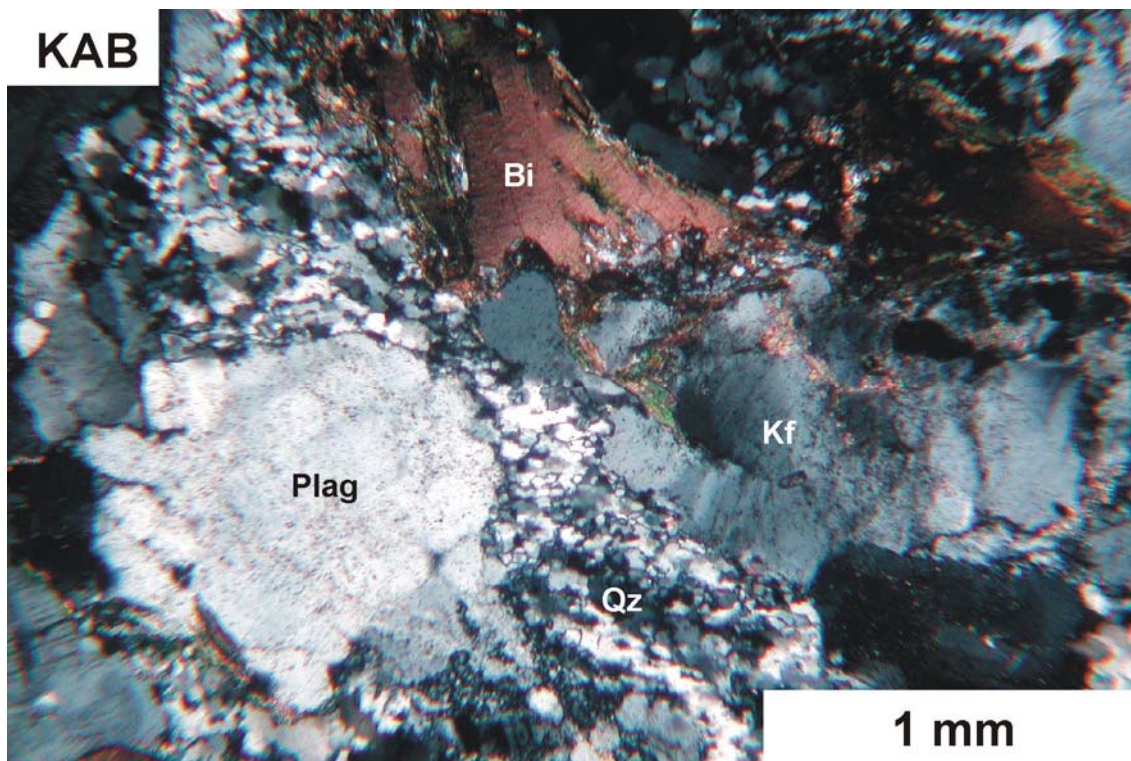
Ορυκτό	Ποσοστό (%)	Μέγεθος (mm)
Χαλαζίας	49,6	<0,1-1
Καλιούχος άστριος	23,5	0,25-0,5
Πλαγιόκλαστο	15,7	0,3-2 και 4
Βιοτίτης	9,8	0,25 και συσσωματώματα
Μοσχοβίτης	0,8	0,5-1
Κεροστίλβη	0,1	
Υπόλοιπα	0,5	



Σχ. 7.3. Απόσπασμα από το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ (1:50.000). Φύλλο Καβάλα.



Φωτ. 7.3.1. Γρανίτης Καβάλας. Μακροσκοπικό δείγμα.



Φωτ. 7.3.2. Γρανίτης Καβάλας. Μικροσκοπική φωτογραφία. Qz: Χαλαζίας, Kf: Κ-άστριος, Plag: Πλαγιόκλαστο, Bi: Βιοτίτης. Nicols X.

7.4 Μυλωνιτιωμένος γρανίτης, Φωλεά Καβάλας (Δείγμα ΦΛΚ)

7.4.1 Γεωλογικά χαρακτηριστικά

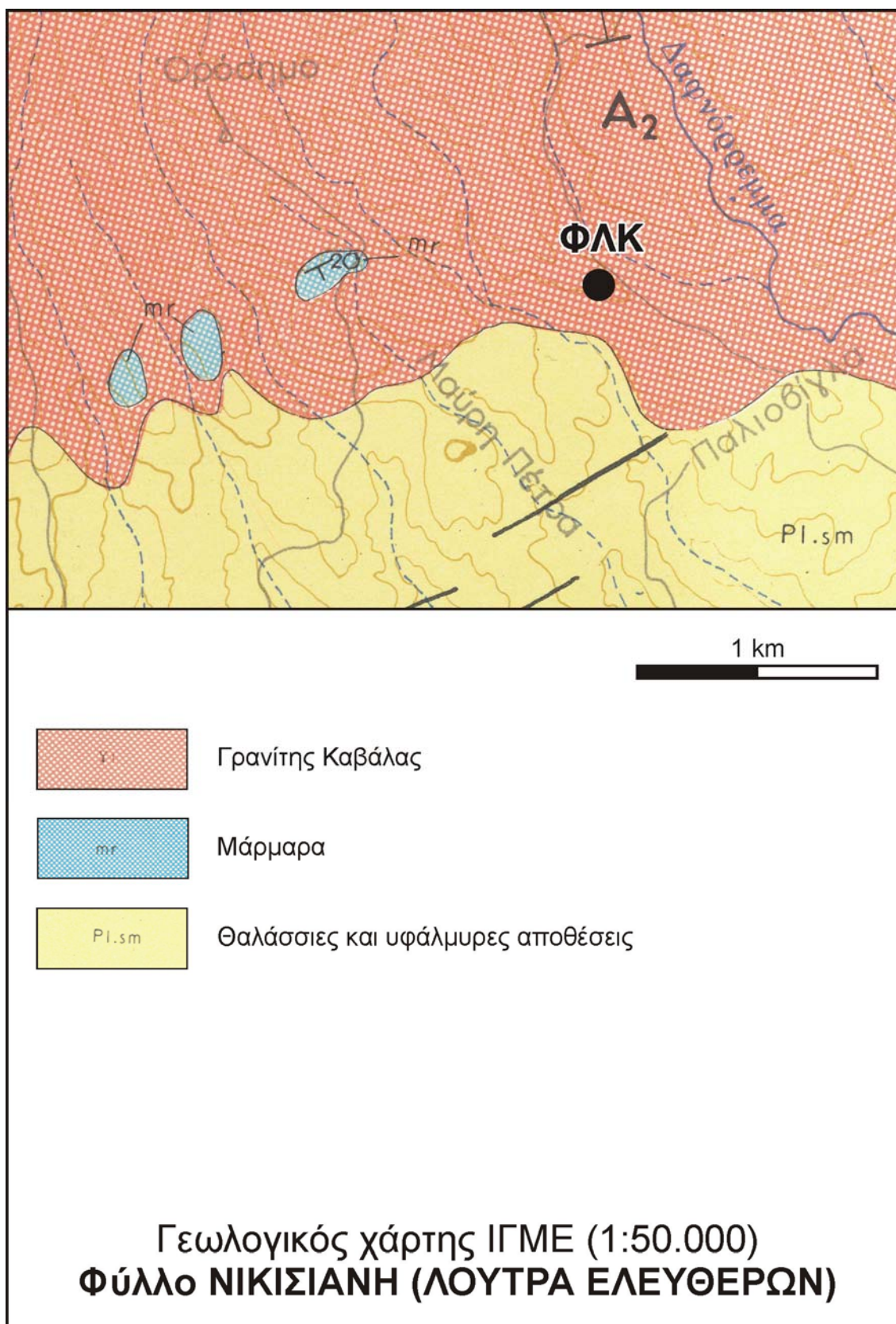
Ο γρανίτης Συμβόλου-Καβάλας είναι ένας επιμήκης γρανιτικός όγκος που εμφανίζεται κατά μήκος της Εθνικής Οδού Θεσσαλονίκης – Καβάλας από το Ορφάνι μέχρι και μετά την Καβάλα. Το πάχος κυμαίνεται από μερικά έως αρκετά χιλιόμετρα. Σε πολλές θέσεις στα εξωτερικά του τμήματα εμφανίζει φαινόμενα έντονης σχιστοποίησης έως μυλωνιτίωσης, ενώ αναφέρονται και φαινόμενα θερμικής μεταμόρφωσης επαφής (γρανάτης, επίδοτο) (NEIVA et al. 1996). Οι NTAMΠΙΤΖΙΑΣ et al. (2001), πιστεύουν ότι οι όγκοι των μαρμάρων που απαντούν στην περιοχή, εξαιτίας του σχήματός τους, της διευθέτησής τους προς μία κατεύθυνση, του έντονου τεκτονισμού της περιοχής, της έλλειψης ζώνης μεταμόρφωσης και της παρουσίας υπερμυλωνιτιωμένου υλικού στην επαφή τους με το γρανίτη, φαίνεται ότι έπαιξαν σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό ενός τεκτονικού λατυποπαγούς γρανιτικής σύστασης, με άριστες αντιστοιχιστικές ιδιότητες.

7.4.2 Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά

Πρόκειται για μυλωνιτιωμένο γρανίτη τεφρού χρώματος (Φωτ. 7.4.1). Οι NTAMΠΙΤΖΙΑΣ et al. (2001) το θεωρούν τεκτονικό λατυποπαγές γρανιτικής σύστασης.

7.4.3 Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά

Το πέτρωμα αποτελείται από μεγάλους κρυστάλλους αστρίων (ορθόκλαστο και μικροκλινή) και κρυστάλλους πλαγιοκλάστου μεταξύ των οποίων υπάρχει θεμελιώδης μάζα που παρουσιάζει ένα είδος ρευστικής υφής από πολύ λεπτόκκοκο χαλαζία και σερικιτικό υλικό (Φωτ. 7.4.2). Υπάρχουν όμως και κρύσταλλοι χαλαζία μεγέθους 1 mm και χλωρίτης.



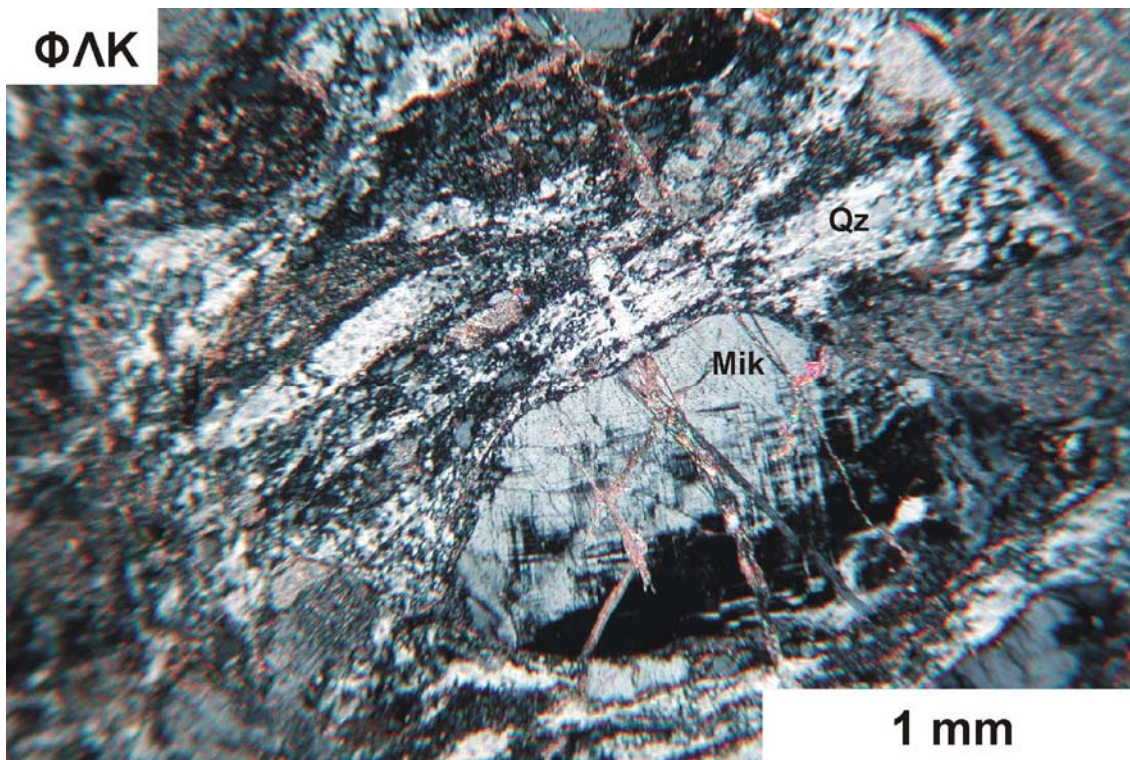
Σχ. 7.4. Απόσπασμα από το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ (1:50.000). Φύλλο Νικίσιανη (Λουτρά Ελευθερών).

ΦΛΚ



Φωτ. 7.4.1. Μυλωνιτιωμένος γρανίτης (Φωλεά Καβάλας). Μακροσκοπικό δείγμα.

ΦΛΚ



Φωτ. 7.4.2. Μυλωνιτιωμένος γρανίτης (Φωλεά Καβάλας). Μικροσκοπική φωτογραφία.
Qz: Χαλαζίας, Mik: Μικροκλινής. Nicols X.

7.5 Ανδεσίτης, Πετρωτά Κομοτηνής (Δείγμα ΡΥΠ)

7.5.1 Γεωλογικά χαρακτηριστικά

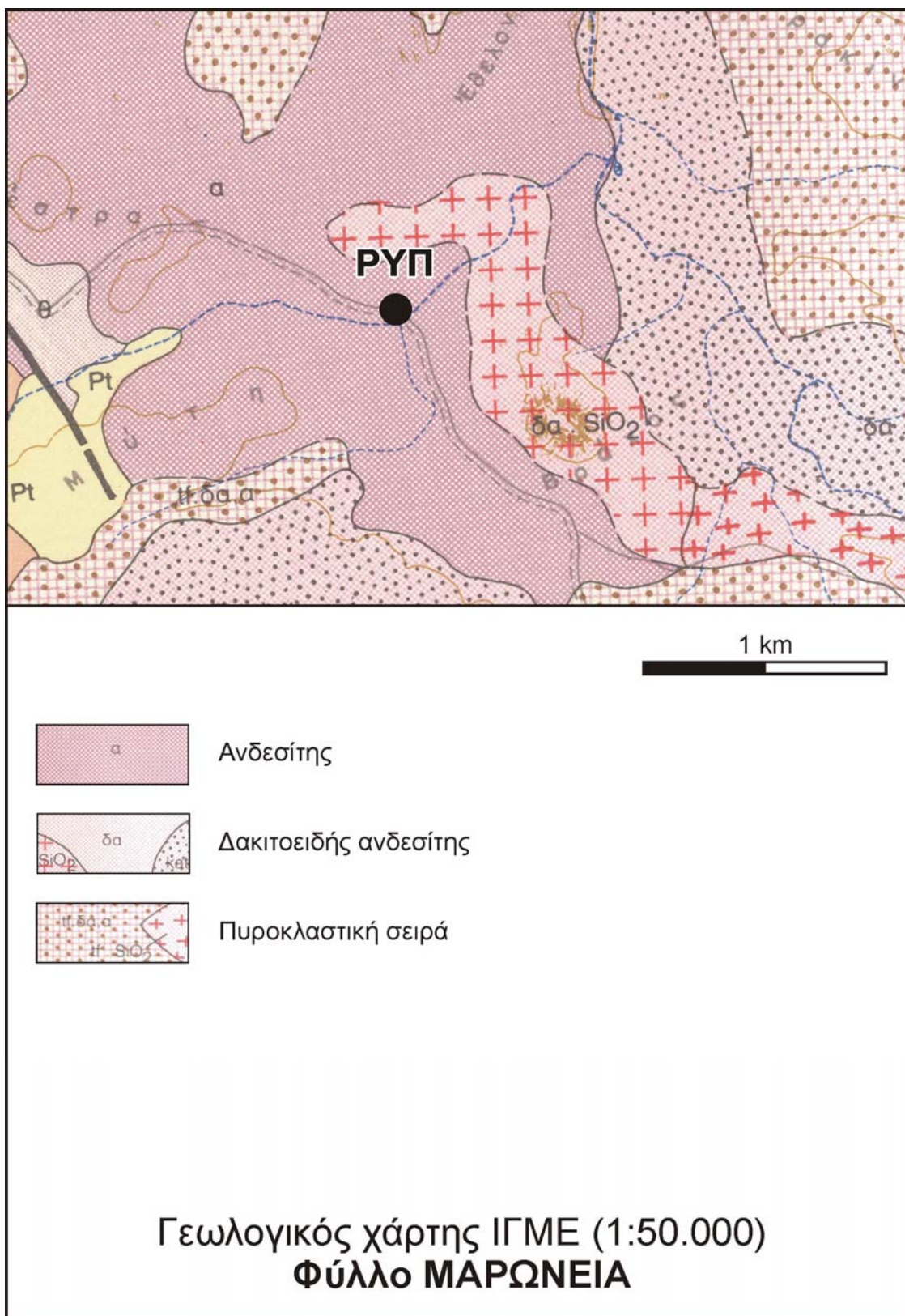
Στην ευρύτερη περιοχή των Πετρωτών εμφανίζονται ηφαιστειακά πετρώματα. Οι κύριοι πετρολογικοί σχηματισμοί είναι δακτιοειδείς ανδεσίτες, ανδεσίτες με ζώνες έντονων εξαλλοιώσεων, τόφφοι και τοφφίτες (NTAMΠΙΤΖΙΑΣ et al. 2001). Στην περιοχή των Πετρωτών λειτουργούσε λατομείο/δανειοθάλαμος αδρανών για τις ανάγκες της Εγνατίας Οδού κατά την κατασκευή αυτού του τμήματός της. Το δείγμα του ανδεσίτη (ΡΥΠ) συλλέχθηκε από το εγκαταλειμμένο πλέον λατομείο (Σχ. 7.5, Φωτ. 7.5.1). Στο χώρο αυτό εμφανίζονται και ζώνες υδροθερμικής εξαλλοίωσης. Στις ζώνες αυτές το σύνολο σχεδόν του ανδεσίτη και δακτιοανδεσίτη, έχει μετατραπεί σε ένα μίγμα φυλλοπυριτικών ορυκτών (σερικήτης, χλωρίτης) και υδροθερμικού SiO_2 .

7.5.2 Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά

Το υγιές πέτρωμα ανδεσίτη μακροσκοπικά είναι σκούρου χρώματος, μικροκρυσταλλικό και με λίγους μικρού μεγέθους φαινοκρυστάλλους (Φωτ. 7.5.2). Ο ανδεσίτης των Πετρωτών είναι πιο λεπτόκοκκος από τον ανδεσίτη του Άβαντα.

7.5.3 Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά

Μικροσκοπικά ο ανδεσίτης παρουσιάζει πορφυριτικό ιστό, με φαινοκρυστάλλους εντελώς εξαλλοιωμένων πλαγιокλάστων, μεγέθους από <1 mm έως 2 mm, λίγο γυαλί, ενώ σποραδικά παρατηρούνται υπολειμματικοί κρύσταλλοι πυροξένου.



Σχ. 7.5. Απόσπασμα από το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ (1:50.000). Φύλλο Μαρώνεια.

ΡΥΠ

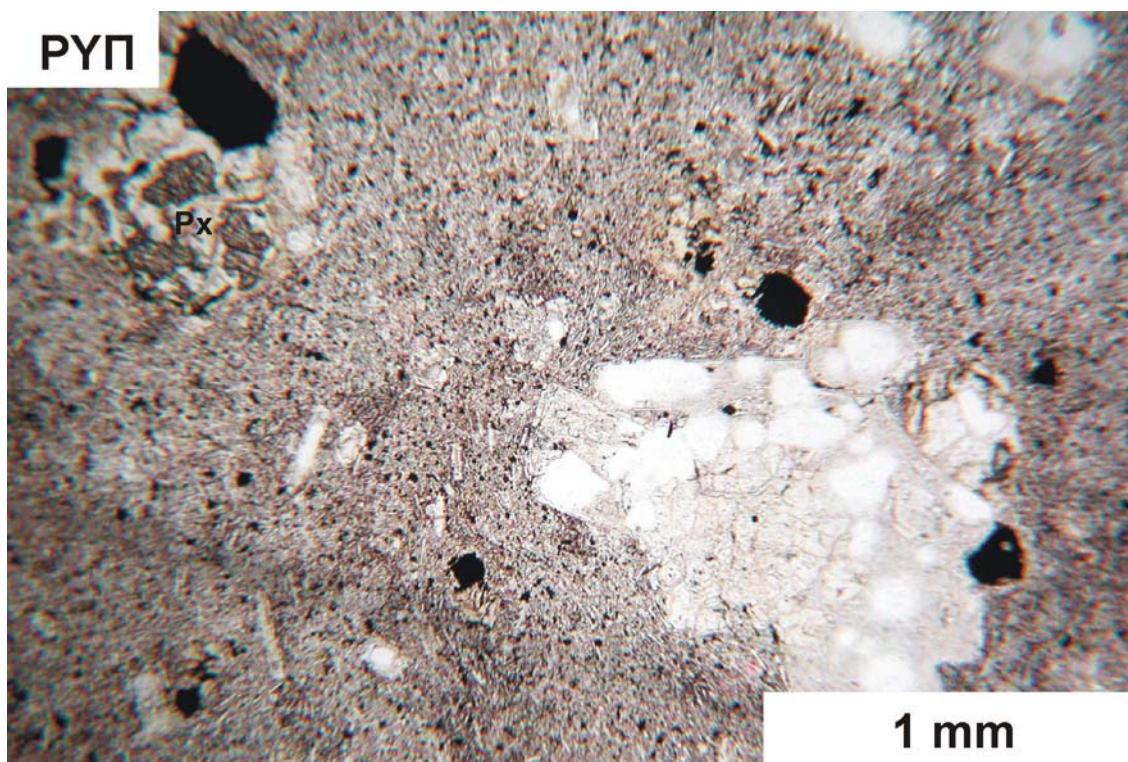


Φωτ. 7.5.1. Παλιό λατομείο/δανειοθάλαμος στην περιοχή Πετρωτών Κομοτηνής από όπου συλλέχθηκε το δείγμα ΡΥΠ.

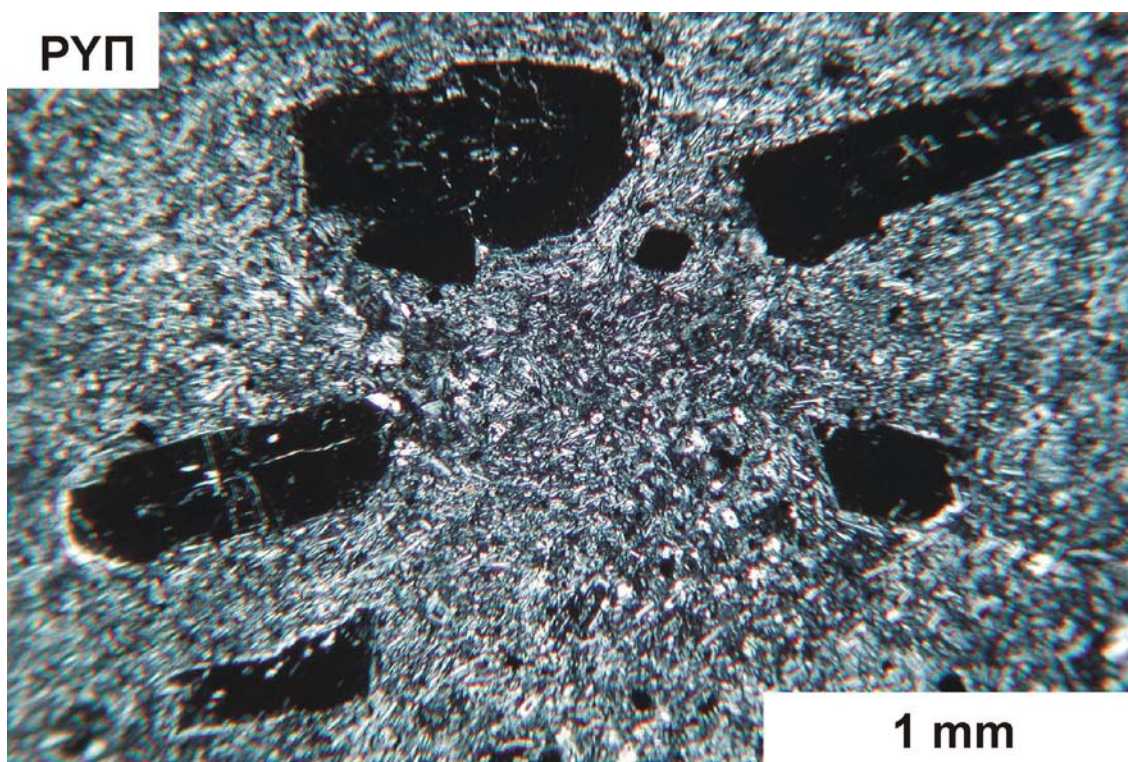
ΡΥΠ



Φωτ. 7.5.2. Ανδεσίτης (Πετρωτά Κομοτηνής). Μακροσκοπικό δείγμα.



Φωτ. 7.5.3. Ανδεσίτης (Πετρωτά Κομοτηνής). Μικροσκοπική φωτογραφία. Επάνω αριστερά διακρίνεται υπολειμματικός κρύσταλλος πυροξένου (Px). Nicols //.



Φωτ. 7.5.4. Ανδεσίτης (Πετρωτά Κομοτηνής). Μικροσκοπική φωτογραφία. Διακρίνονται οι εντελώς εξαλλοιωμένοι κρύσταλλοι πλαγιокλάστων. Nicols X.

7.6 Ανδεσίτης, Άβας Έβρου (δείγμα CEP-2)

7.6.1 Γεωλογικά χαρακτηριστικά

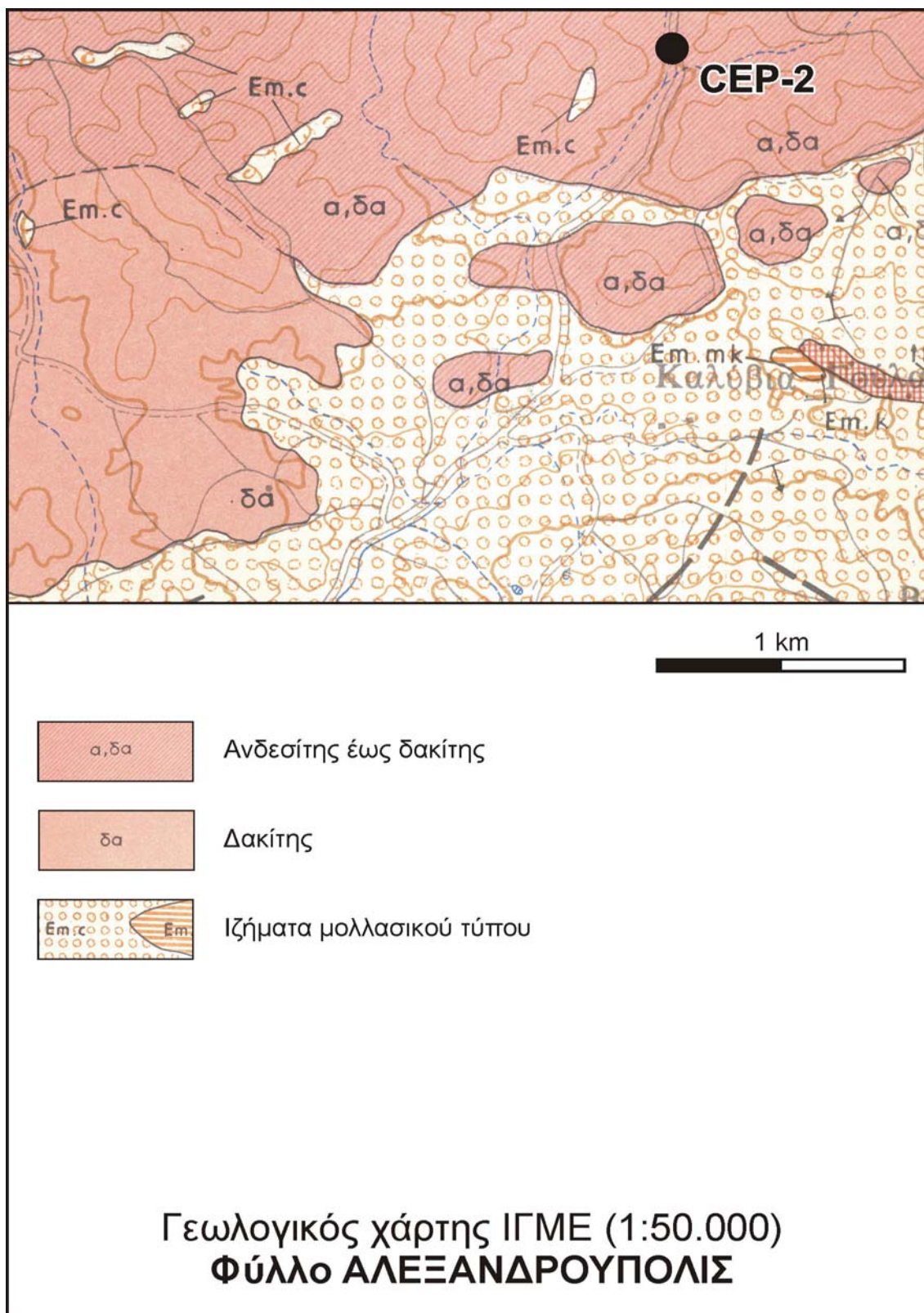
Στην ευρύτερη περιοχή εμφανίζονται αρκετά ηφαιστειακά πετρώματα. Σύμφωνα με το χάρτη του ΙΓΜΕ τα ηφαιστειακά πετρώματα είναι δακίτες και ανδεσίτες. Το δείγμα συλλέχθηκε από τομή δίπλα από το δρόμο που οδηγεί προς Αισύμη μετά το Άβαντα (Σχ. 7.6, Φωτ. 7.6.1). Το πέτρωμα είναι υγίες, καθόλου αλλοιωμένο και καθόλου τεκτονισμένο. Χαρακτηριστικό του είναι οι στηλοειδείς κατατμήσεις.

7.6.2 Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά

Ο ανδεσίτης είναι σκούρου χρώματος με αρκετούς φαινοκρυστάλλους πλαγιокλάστου, βιοτίτη και κεροστίλβης (φαίνονται μακροσκοπικά) (Φωτ. 7.6.2). Ο ανδεσίτης του Άβαντα είναι πιο αδρόκοκκος από τον ανδεσίτη των Πετρωτών.

7.6.3 Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά

Ο ανδεσίτης παρουσιάζει πορφυριτικό ιστό, με φαινοκρυστάλλους πλαγιокλάστων, βιοτίτη και κεροστίλβης και δευτερογενή ορυκτά αλλοίωσης ασβεστίτη και χλωρίτη (Φωτ. 7.6.3 και 7.6.4). Τα πλαγιόκλαστα παρουσιάζουν διδυμία και ζώνωση και το μέγεθός τους κυμαίνεται από 0,2 mm έως 1 mm. Οι κρύσταλλοι βιοτίτη και κεροστίλβης έχουν μέγεθος από 1 mm ή και μικρότερο έως 2,5 mm.



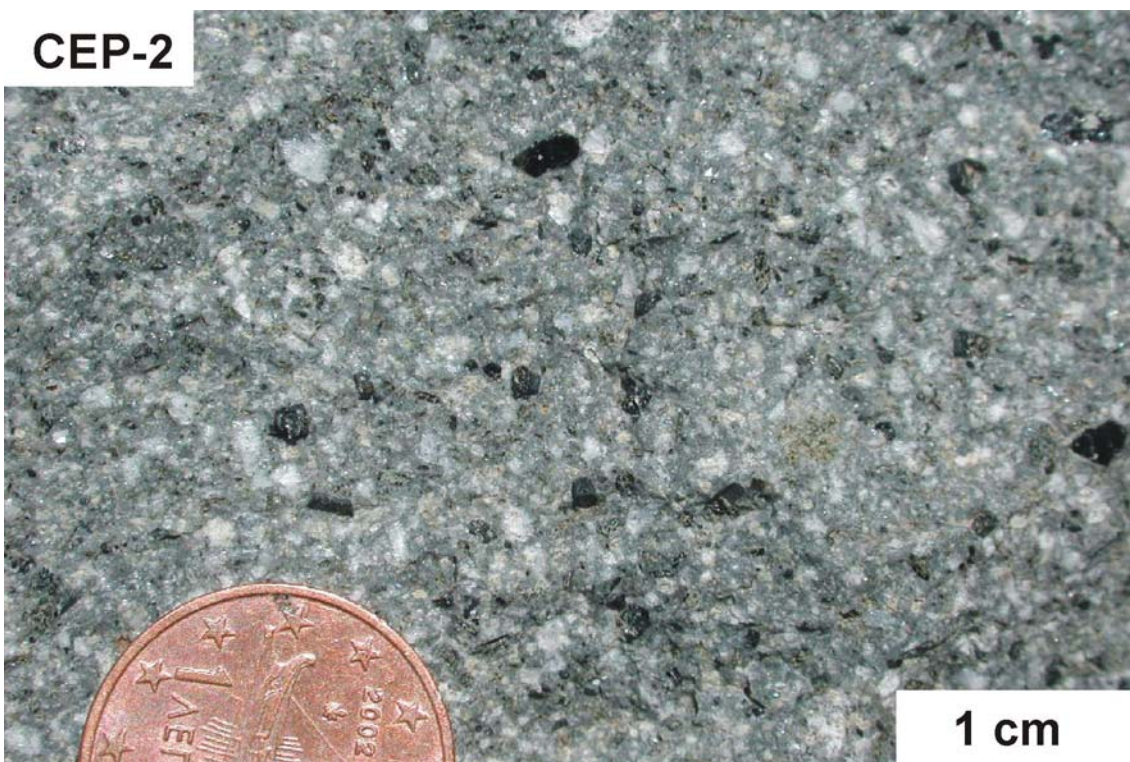
Σχ. 7.6. Απόσπασμα από το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ (1:50.000). Φύλλο Αλεξανδρούπολις.

CEP-2

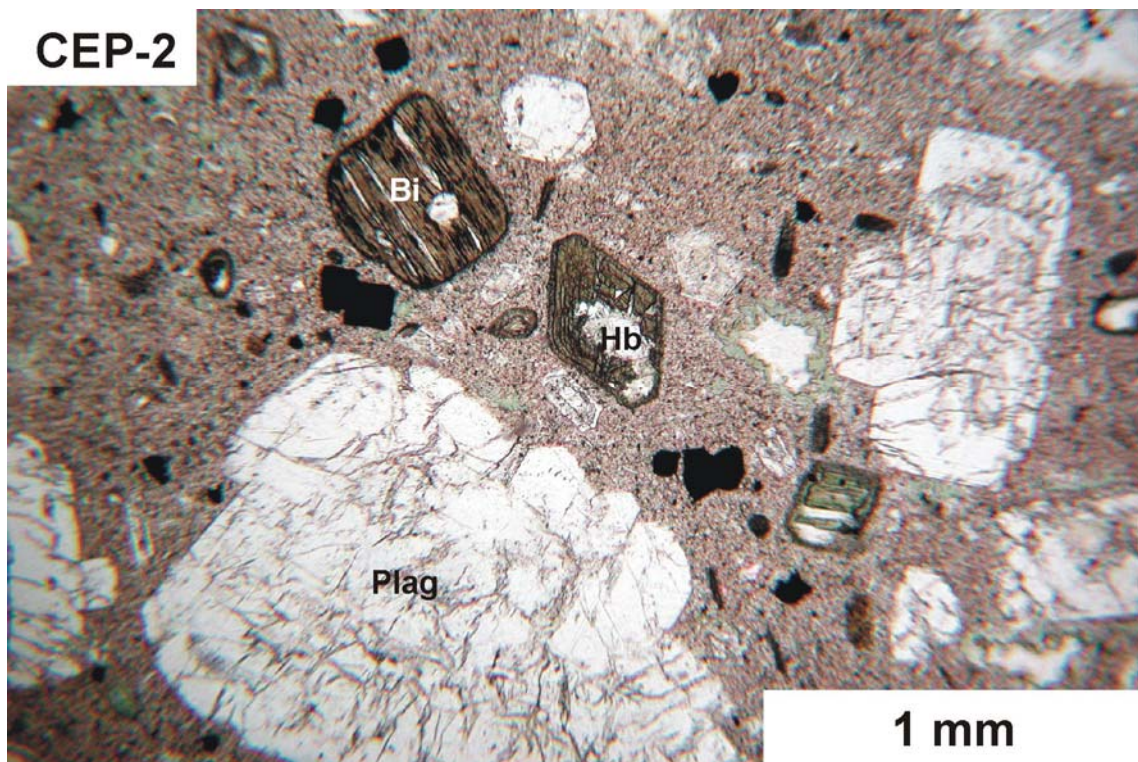


Φωτ. 7.6.1. Τομή του δρόμου Άβαντα-Αισύμης, από όπου συλλέχθηκε το δείγμα CEP-2.

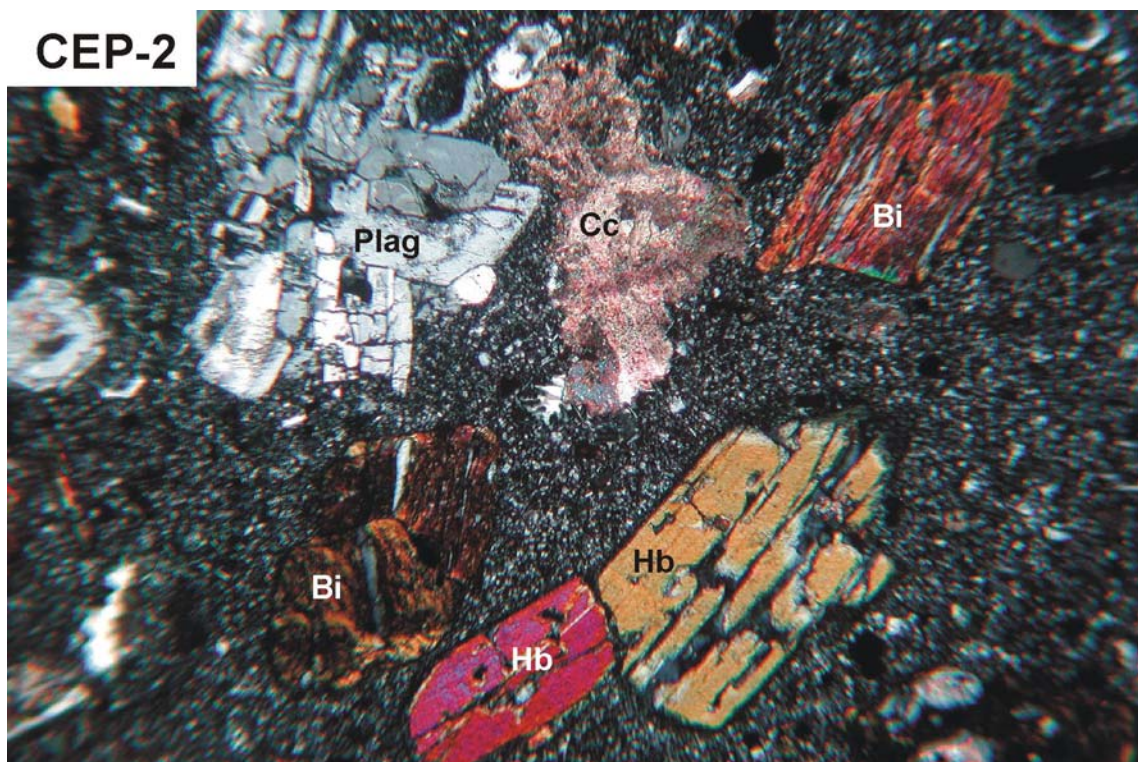
CEP-2



Φωτ. 7.6.2. Ανδεσίτης (Άβαντας Έβρου). Μακροσκοπικό δείγμα.



Φωτ. 7.6.3. Ανδεσίτης (Άβαντας Έβρου). Μικροσκοπική φωτογραφία. Plag: Πλαγιόκλαστο, Bi: Βιοτίτης, Hb: Κεροστίλβη. Nicols //.



Φωτ. 7.6.4. Ανδεσίτης (Άβαντας Έβρου). Μικροσκοπική φωτογραφία. Plag: Πλαγιόκλαστο, Bi: Βιοτίτης, Hb: Κεροστίλβη, Cc: Ασβεστίτης. Nicols X.

7.7 Αμφιβολίτης, ΒΑ της λίμνης Βόλβης (δείγμα AMB)

7.7.1 Γεωλογικά χαρακτηριστικά

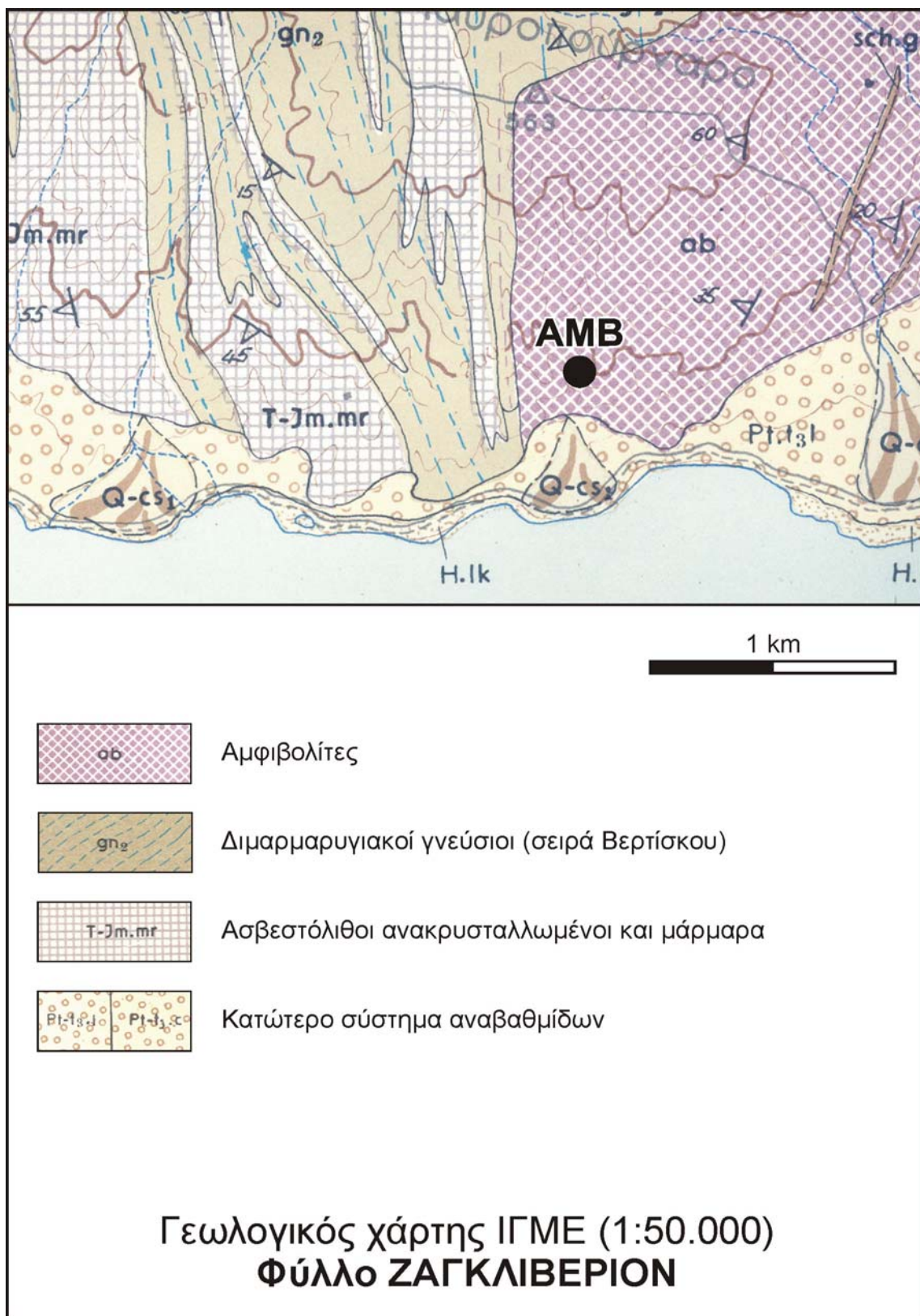
Ο αμφιβολίτης ανήκει στη Σερβομακεδονική ζώνη, στην ενότητα του Βερτίσκου. Το δείγμα AMB συλλέχθηκε ανατολικά από το χωριό Μεγάλη Βόλβη και 500 m περίπου βόρεια της επαρχιακής οδού Νυμφόπετρας-Ρεντίνας (Σχ. 7.7).

7.7.2 Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά

Ο αμφιβολίτης είναι σκούρου χρώματος (πρασινόμαυρος) με καλή στρώση και επίπεδη γραμμωτή υφή (Φωτ. 7.7.1). Έχει μεγάλη σκληρότητα. Δεν είναι αποσαθρωμένος και όπου εμφανίζεται αποσάθρωση αυτή περιορίζεται σε μερικά σημεία μόνο στην επιφάνεια.

7.7.3 Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά

Τα κύρια ορυκτά συστατικά του πετρώματος είναι πλαγιόκλαστα και κεροστίλβη. Τα πλαγιόκλαστα παρουσιάζουν διδυμία. Βρέθηκαν επίσης μικρού μεγέθους κρύσταλλοι χαλαζία και ζοϊσίτη (Φωτ. 7.7.2). Ο αμφιβολίτης παρουσιάζει γρανοβλαστικό ιστό. Το μέγεθος των κρυστάλλων κεροστίλβης κυμαίνεται από 0,4 mm έως 1,7 mm και των πλαγιοκλάστων από 0,3 mm έως 1,3 mm.



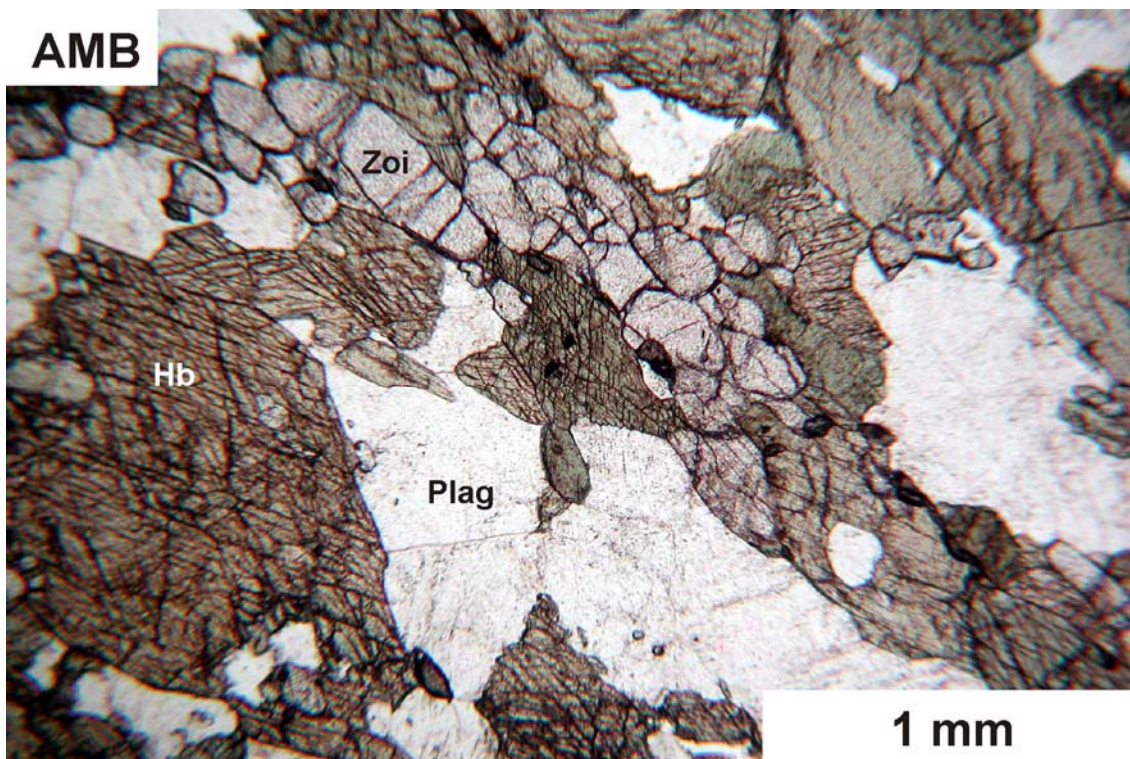
Σχ. 7.7. Απόσπασμα από το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ (1:50.000). Φύλλο Ζαγκλιβέριον.

AMB



Φωτ. 7.7.1. Αμφιβολίτης (BA της λίμνης Βόλβης). Μακροσκοπικό δείγμα.

AMB



Φωτ. 7.7.2. Αμφιβολίτης (BA της λίμνης Βόλβης). Μικροσκοπική φωτογραφία.
Plag: Πλαγιόκλαστο, Hb: Κεροστίλβη, Zoi: Ζοϊσίτης. Nicols //.

7.8 Αμφιβολίτης, Β της λίμνης Βόλβης (δείγμα MB)

7.8.1 Γεωλογικά χαρακτηριστικά

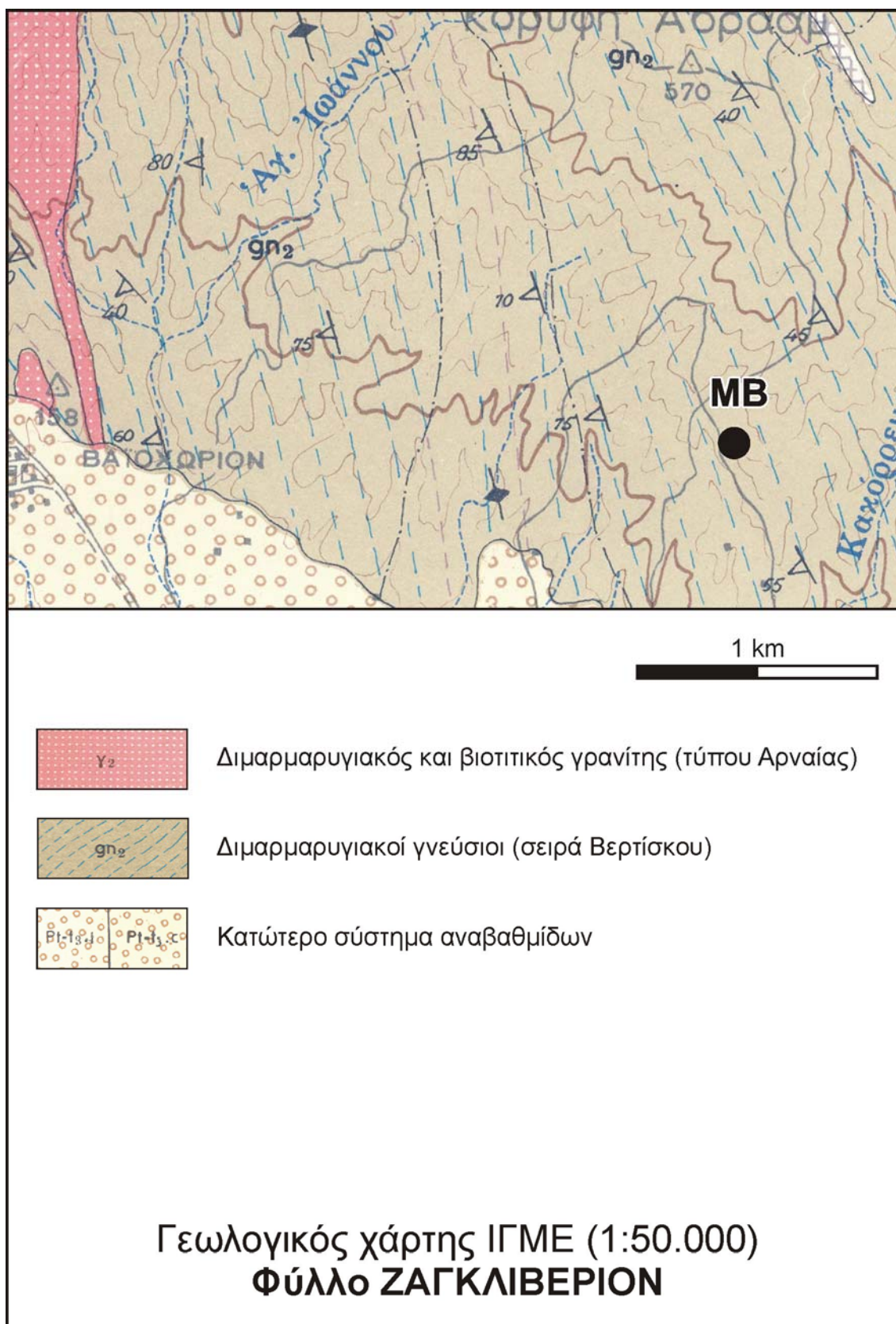
Το πέτρωμα ανήκει στη Σερβομακεδονική ζώνη, στην ενότητα του Βερτίσκου. Σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ το πέτρωμα είναι γνεύσιος, όμως τοπικά παρουσιάζονται και εναλλαγές προς αμφιβολίτη. Το πέτρωμα χαρακτηρίζεται από έντονη σχιστότητα και μέτρια ως έντονη διάρρηξη. Επίσης, χαρακτηρίζεται από μικρό έως μέσο βαθμό αποσάθρωσης, ενώ τοπικά και σε αρκετά σημεία εμφανίζεται έντονα και βαθιά αποσαθρωμένο. Το δείγμα MB συλλέχθηκε ανατολικά του χωριού Βαϊοχώριο από τομή της διάνοιξης της Εγνατίας Οδού, τμήμα Νυμφόπετρας-Ρεντίνας (Σχ. 7.8).

7.8.2 Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά

Είναι σκοτεινότεφο ή σκούρο καστανό, λεπτόκοκκο έως μεσόκοκκο πέτρωμα (Φωτ. 7.8.1).

7.8.3 Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά

Μικροσκοπικά τα κύρια ορυκτά που βρέθηκαν είναι πλαγιόκλαστο και κεροστύλβη. Επίσης, συμμετέχει χαλαζίας και ζοϊσίτης. Ο ιστός του πετρώματος είναι γρανοβλαστικός. Από τη μικροσκοπική παρατήρηση προκύπτει ότι πρόκειται για αμφιβολίτη.



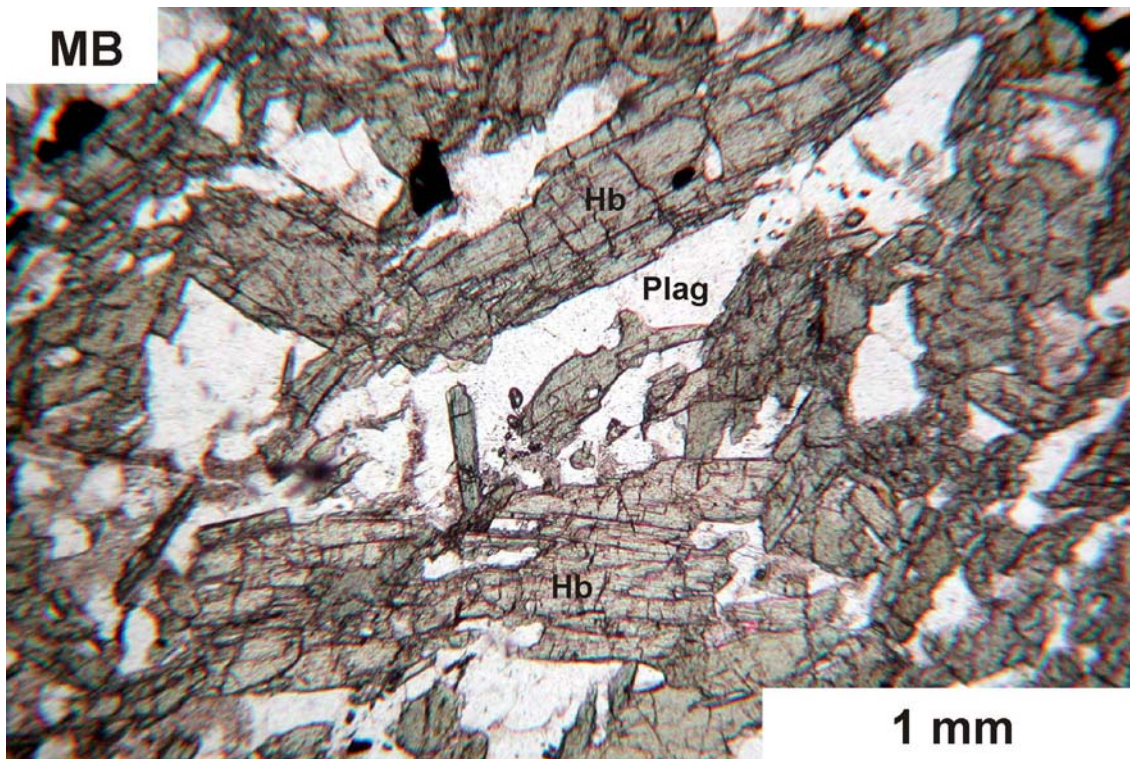
Σχ. 7.8. Απόσπασμα από το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ (1:50.000). Φύλλο Ζαγκλιβέριον.

MB



Φωτ. 7.8.1. Αμφιβολίτης (B της λίμνης Βόλβης). Μακροσκοπικό δείγμα.

MB



Φωτ. 7.8.2. Αμφιβολίτης (B της λίμνης Βόλβης). Μικροσκοπική φωτογραφία.
Plag: Πλαγιόκλαστο, Hb: Κεροστίλβη. Nicols //.

7.9 Ασβεστόλιθος, Λατομείο TITAN, Δρυμός (δείγματα TIT-00, TIT-01)

7.9.1 Γεωλογικά χαρακτηριστικά

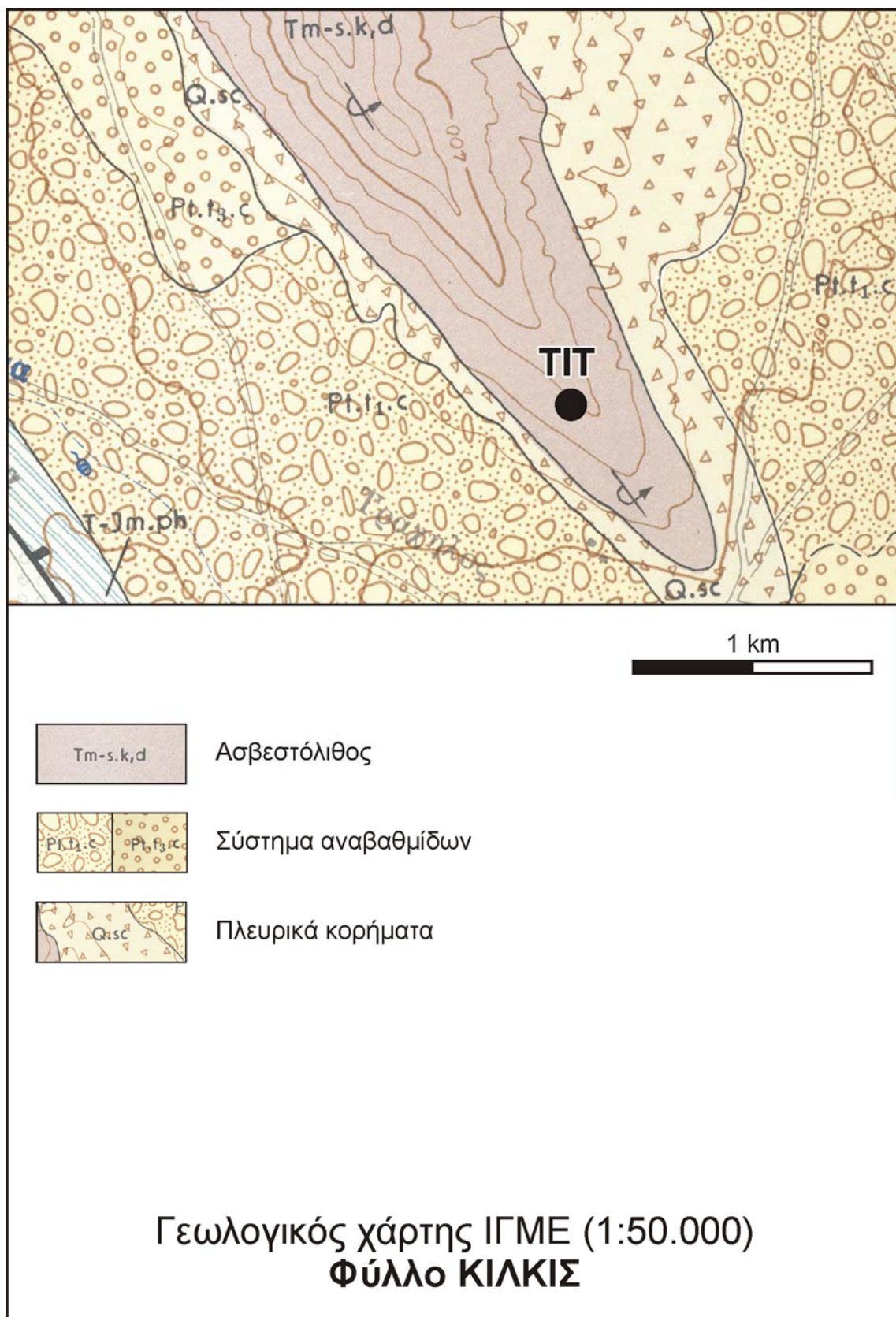
Ο σχηματισμός αυτός αποτελείται από μέσο και άνω τριαδικούς ασβεστόλιθους και δολομίτες της ενότητας Ντεβέ Κοράν-Δουμπιών. Έχει ανάπτυξη ΒΒΔ-ΝΝΑ και σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ περιλαμβάνει: Α) σκοτεινότεφρο στρωματώδη ασβεστόλιθο με φακούς από κοκκινωπό έως ροδόχρωμο πλατυκονδυλώδη ασβεστόλιθο, Β) λευκό, άστρωτο ή παχυστρωματώδη ανακρυσταλλωμένο ασβεστόλιθο, Γ) κίτρινο έως λευκό παχυστρωματώδη δολομίτη που εναλλάσσεται με μαύρους σιδηρούχους λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθους και Δ) σκοτεινότεφρο λεπτοστρωματώδη ασβεστόλιθο που εναλλάσσεται με υπόλευκα ψαμμιτικά στρώματα και λεπτόκοκκα λατυποπαγή. Τα δείγματα TIT-00 και TIT-01 συλλέχθηκαν από το υπάρχον λατομείο του TITAN (δανειοθάλαμος Δρυμού) (Σχ. 7.9).

7.9.2 Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά

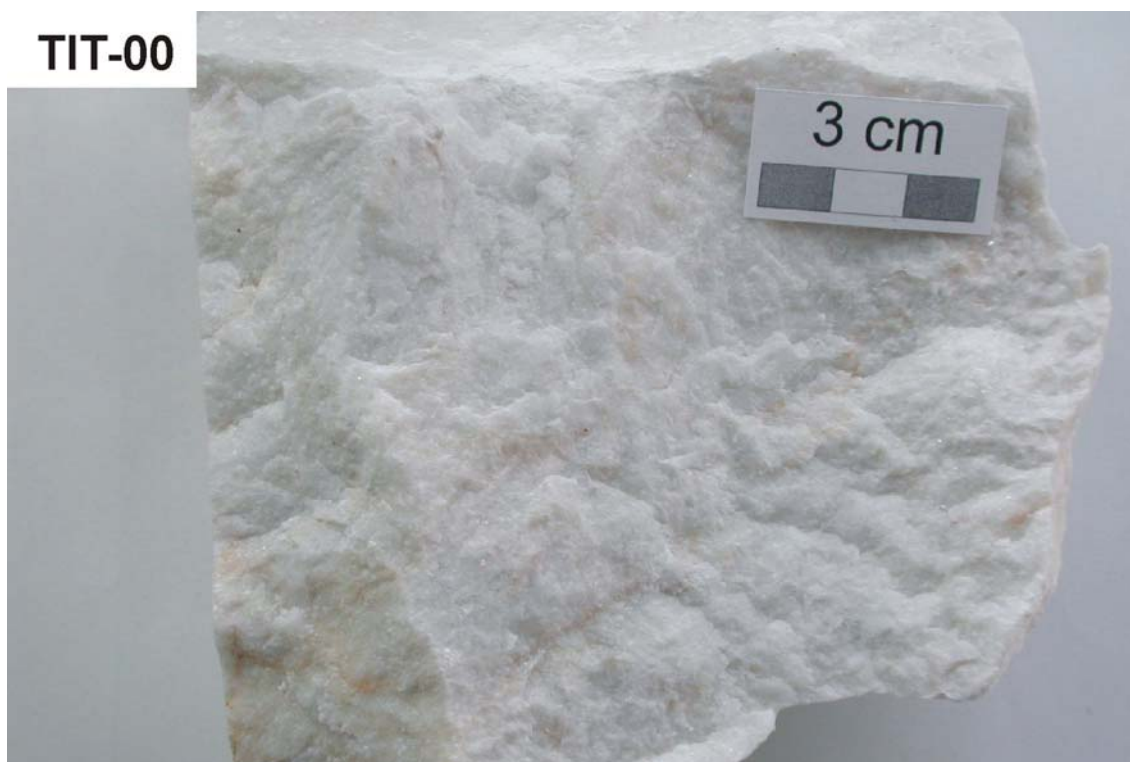
Το δείγμα TIT-00 είναι λευκοκίτρινος ασβεστόλιθος (Φωτ. 7.9.1) και το δείγμα TIT-01 είναι τεφρός ασβεστόλιθος (Φωτ. 7.9.2).

7.9.3 Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά

Το δείγμα TIT-00 περιέχει ασβεστίτη και ελάχιστο μοσχοβίτη. Το μέγεθος των κρυστάλλων ασβεστίτη κυμαίνεται από 0,1 mm έως 1 mm (Φωτ. 7.9.3). Το δείγμα TIT-01 περιέχει ασβεστίτη, ελάχιστο δολομίτη (3%) και μοσχοβίτη. Είναι πολύ πιο λεπτόκοκκο από το προηγούμενο (Φωτ. 7.9.4).



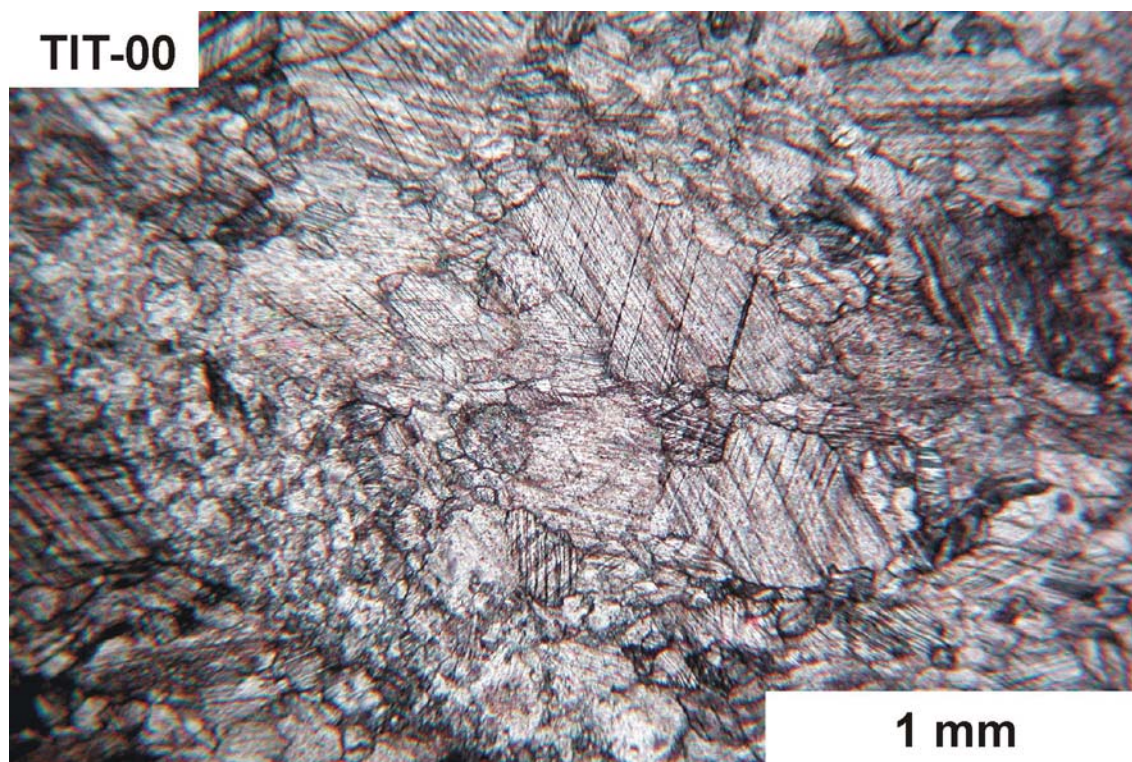
Σχ. 7.9. Απόσπασμα από το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ (1:50.000). Φύλλο Κιλκίς.



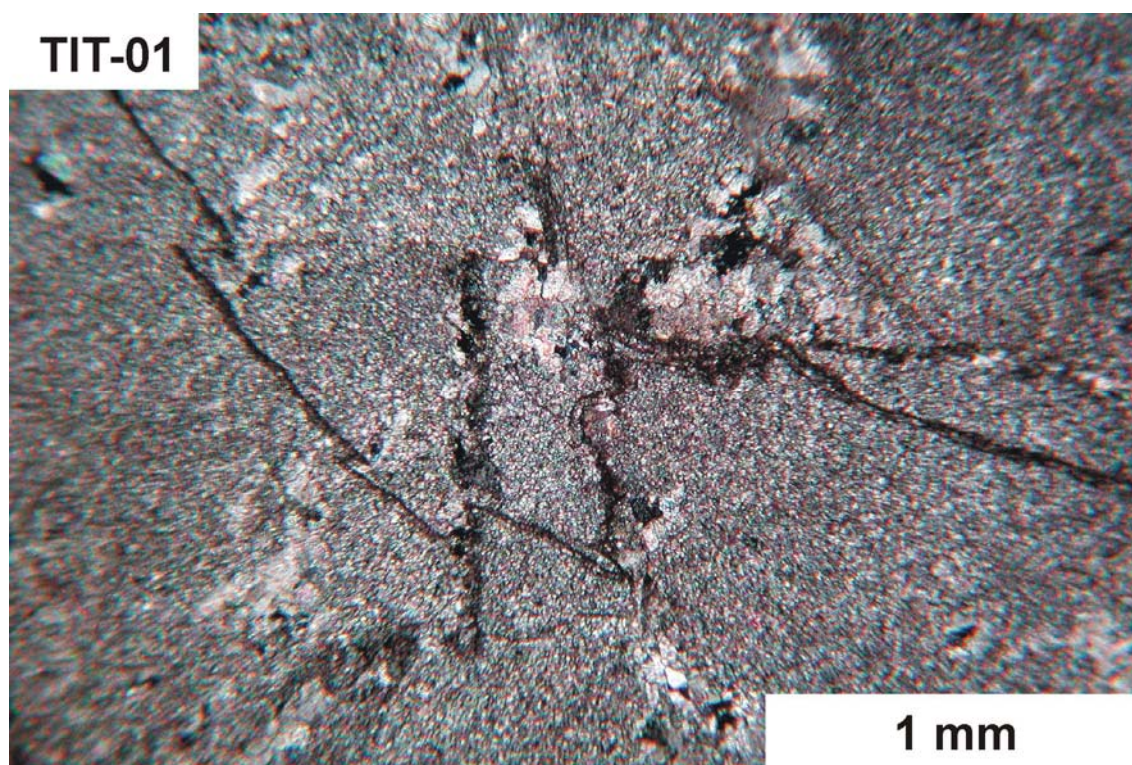
Φωτ. 7.9.1. Ασβεστόλιθος (λατομείο ΤΙΤΑΝ, Δρυμός). Μακροσκοπικό δείγμα.



Φωτ. 7.9.2. Ασβεστόλιθος (λατομείο ΤΙΤΑΝ, Δρυμός). Μακροσκοπικό δείγμα.



Φωτ. 7.9.3. Ασβεστόλιθος. Μικροσκοπική φωτογραφία. Nicols //.



Φωτ. 7.9.4. Ασβεστόλιθος. Μικροσκοπική φωτογραφία. Nicols X.

7.10 Μάρμαρο, Β της λίμνης Βόλβης (δείγμα ΜΑΒ)

7.10.1 Γεωλογικά χαρακτηριστικά

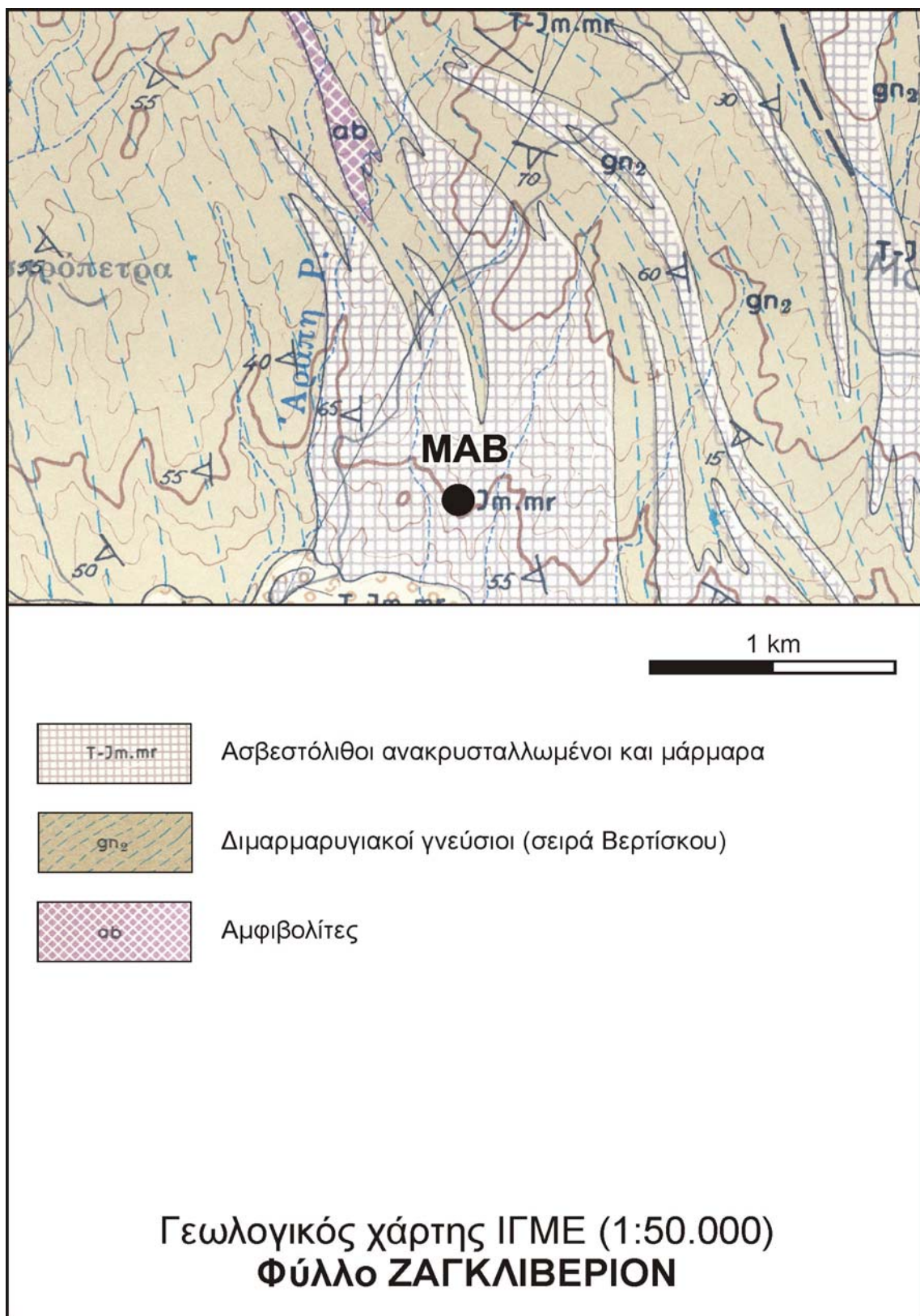
Το πέτρωμα ανήκει στη Σερβομακεδονική ζώνη, στην ενότητα του Βερτίσκου. Τα μάρμαρα εμφανίζονται συμπαγή, παχυστρωματώδη, αδροκρυσταλλικά, λευκού χρώματος. Τοπικά εμφανίζονται ενστρώσεις γνευσίων, σχιστολίθων και αμφιβολιτών. Το δείγμα συλλέχθηκε 3,5 km περίπου ανατολικά του χωριού Μεγάλη Βόλβη και 1 km βόρεια της επαρχιακής οδού Νυμφόπετρας-Ρεντίνας (Σχ. 7.10).

7.10.2 Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά

Το δείγμα είναι λευκό, λεπτόκοκκο έως μεσόκοκο μάρμαρο (Φωτ. 7.10.1).

7.10.3 Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά

Τα ορυκτά συστατικά είναι ασβεστίτης και δολομίτης σε αναλογία 57:43, όπως προέκυψε από την ακτινογραφική εξέταση και ελάχιστος μοσχοβίτης (Φωτ. 7.10.2). Το μέγεθος των κρυστάλλων κυμαίνεται από 0,1 mm έως 2,3 mm, ενώ οι κρύσταλλοι του μοσχοβίτη έχουν μέγεθος <0,5 mm.



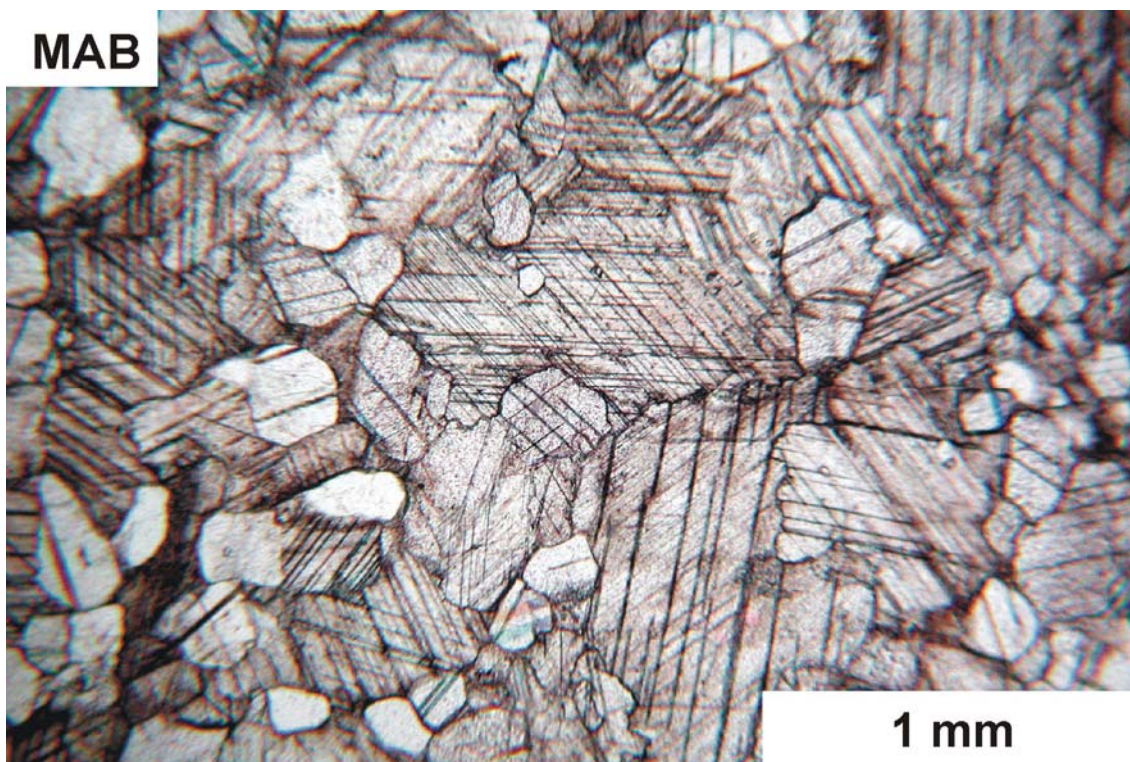
Σχ. 7.10. Απόσπασμα από το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ (1:50.000). Φύλλο Ζαγκλιβέριον.

MAB



Φωτ. 7.10.1. Μάρμαρο (B της λίμνης Βόλβης). Μακροσκοπικό δείγμα.

MAB



Φωτ. 7.10.2. Μάρμαρο (B της λίμνης Βόλβης). Μικροσκοπική φωτογραφία. Nicols //.

7.11 Μάρμαρο, Αμυγδαλεών Καβάλας (δείγμα ABK)

7.11.1 Γεωλογικά χαρακτηριστικά

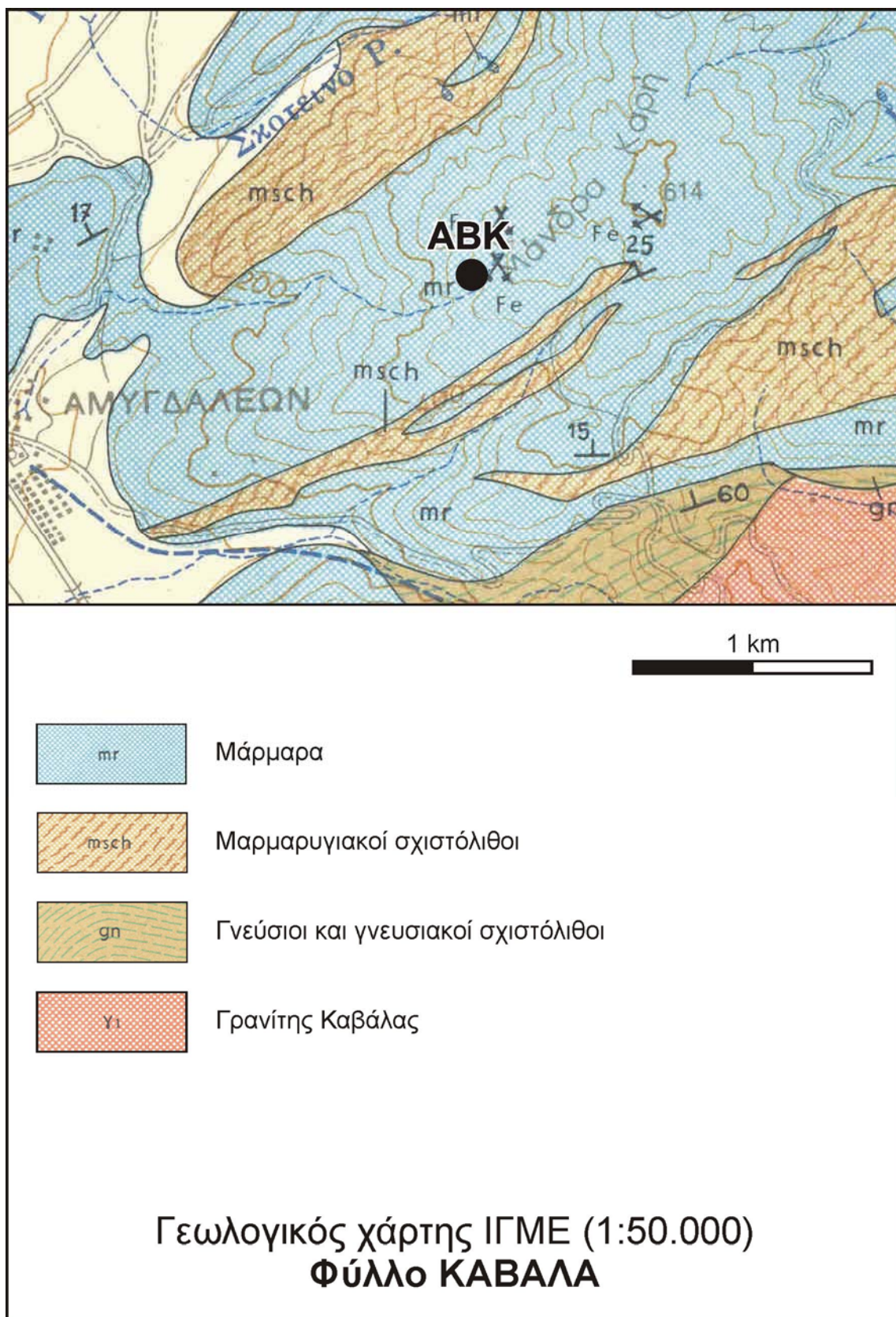
Το πέτρωμα γεωλογικά ανήκει στη Μάζα Ροδόπης και συγκεκριμένα στα μάρμαρα Καβάλας. Σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ πρόκειται για λεπτοστρωματώδη μάρμαρα, ανοικτότεφρα έως σκοτεινότεφρα. Κατά θέσεις εναλλάσσονται με μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους. Υπάρχουν επίσης και συμπαγή λευκά μάρμαρα. Το δείγμα συλλέχθηκε ΒΑ του χωριού Αμυγδαλεών από λατομείο αδρανών που βρίσκεται σε λειτουργία (Σχ. 7.11).

7.11.2 Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά

Το δείγμα είναι συμπαγές, λευκό λεπτόκοκκο μάρμαρο (Φωτ. 7.11.1).

7.11.3 Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά

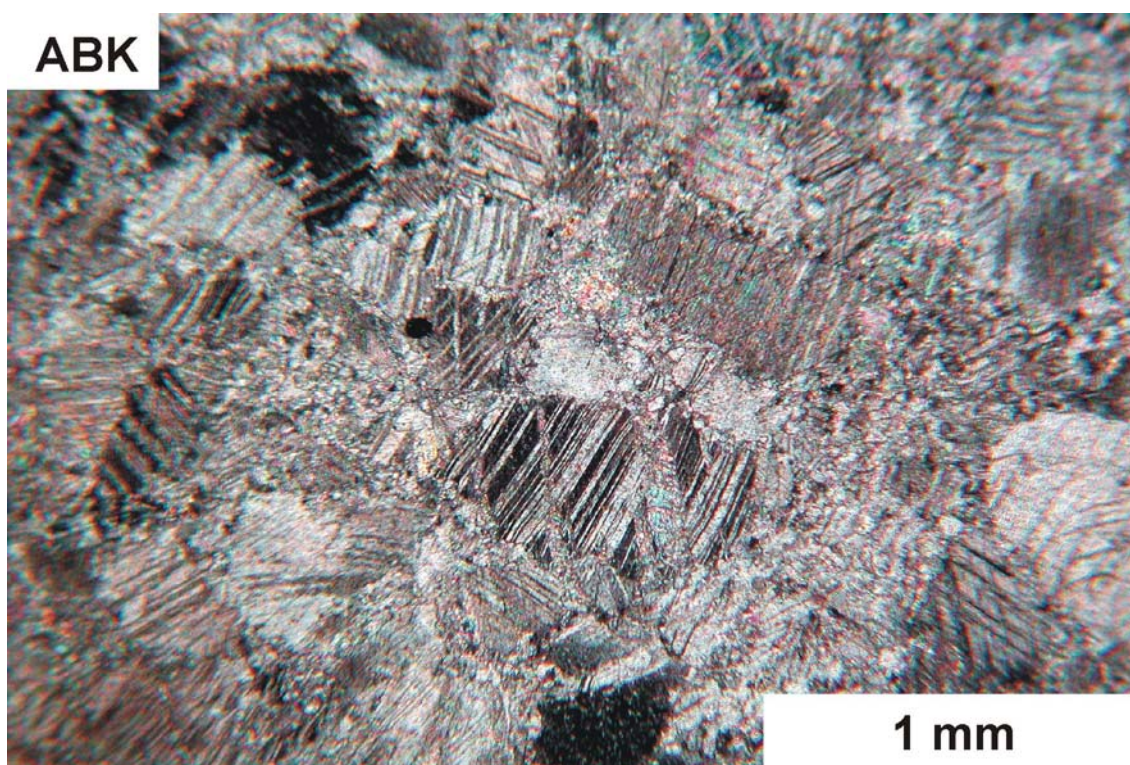
Το πέτρωμα αποτελείται από ισομεγέθεις κρυστάλλους ασβεστίτη μεγέθους 0,5-1 mm και ενδιάμεσα σε ίσο περίπου ποσοστό υπάρχει πιο λεπτόκοκκο υλικό ασβεστίτη (Φωτ. 7.11.2). Από την ακτινογραφική εξέταση διαπιστώθηκαν ίχνη δολομίτη (<1%).



Σχ. 7.11. Απόσπασμα από το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ (1:50.000). Φύλλο Καβάλα.



Φωτ. 7.11.1. Μάρμαρο (Αμυγδαλεώνας Καβάλας). Μακροσκοπικό δείγμα.



Φωτ. 7.11.2. Μάρμαρο (Αμυγδαλεώνας Καβάλας). Μικροσκοπική φωτογραφία. Nicols X.

7.12 Μάρμαρο, Άνω Ποντολίβαδο Καβάλας (δείγμα ΑΛΜ)

7.12.1 Γεωλογικά χαρακτηριστικά

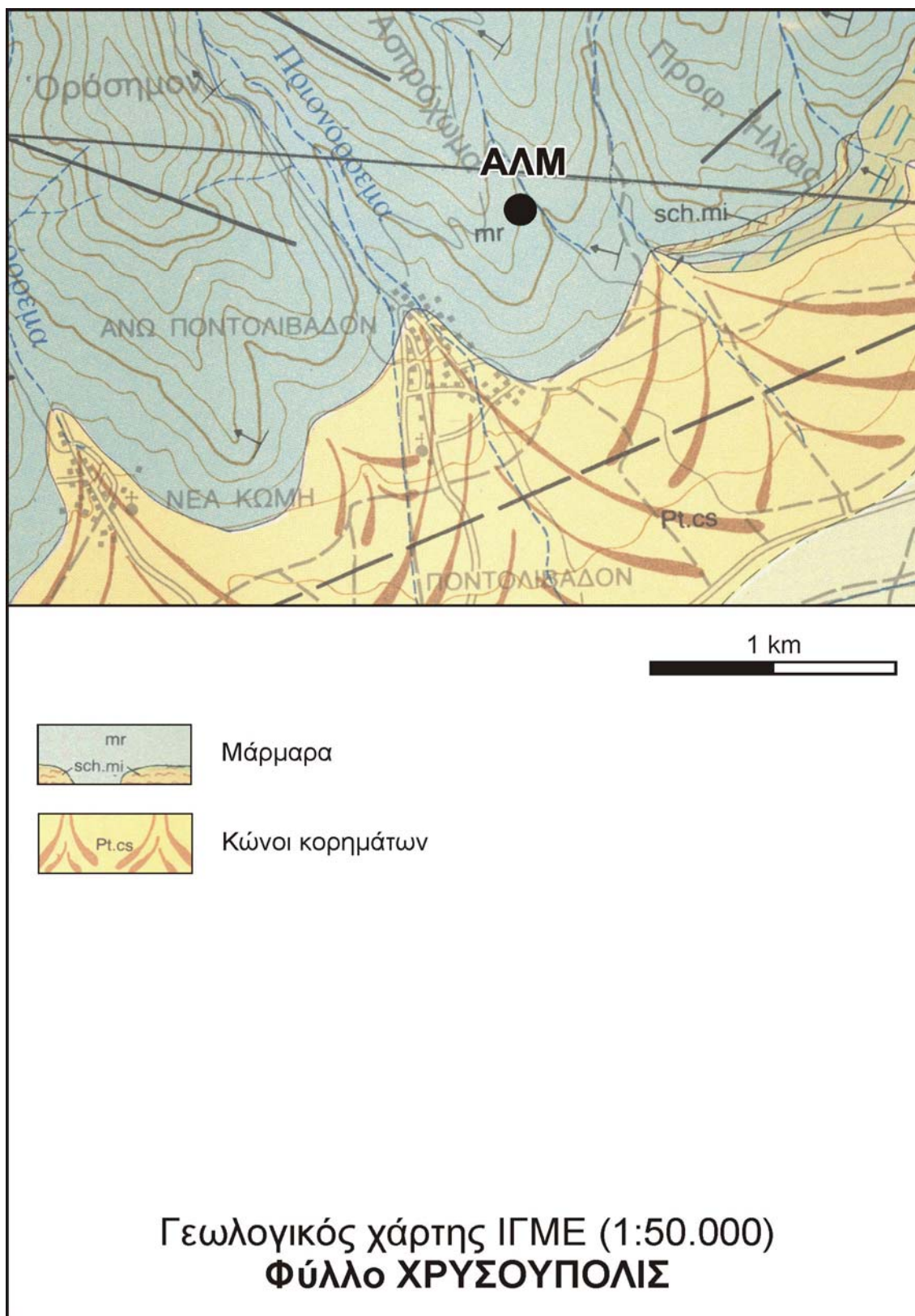
Το πέτρωμα γεωλογικά ανήκει στη Μάζα Ροδόπης και συγκεκριμένα στα μάρμαρα Καβάλας. Σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ τα μάρμαρα είναι λευκά έως ανοικτότεφρα και παχυστρωματώδη. Στα κατώτερα μέλη κοντά στις επαφές με τους γνευσίους συναντώνται στρώματα ή φακοί από τεφρά μάρμαρα. Στη μεταβατική ζώνη γνευσίων/μαρμάρων συναντάμε μικρές στρώσεις και φακούς μαρμαρυγιακών σχιστολίθων με επικράτηση των μοσχοβιτικών. Το δείγμα συλλέχθηκε από λατομείο ΒΑ του χωριού Άνω Ποντολίβαδο που λειτουργούσε για τις ανάγκες της Εγνατίας Οδού κατά τη φάση κατασκευής του συγκεκριμένου τμήματος (Σχ. 7.12 και Φωτ.7.12.1).

7.12.2 Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά

Το δείγμα είναι συμπαγές, υποκίτρινο, λεπτόκοκκο μάρμαρο (Φωτ. 7.12.2).

7.12.3 Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά

Το πέτρωμα αποτελείται από ισομεγέθεις κρυστάλλους ασβεστίτη μεγέθους 1-1,8 mm, ενώ ενδιάμεσα σε μικρότερο ποσοστό υπάρχει πιο λεπτόκοκκο υλικό ασβεστίτη (Φωτ. 7.12.3 και 7.13.4). Από την ακτινογραφική εξέταση διαπιστώθηκαν δολομίτης και χαλαζίας σε ίχνη (<0,5%).



Σχ. 7.12. Απόσπασμα από το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ (1:50.000). Φύλλο Χρυσούπολις.

ΑΛΜ

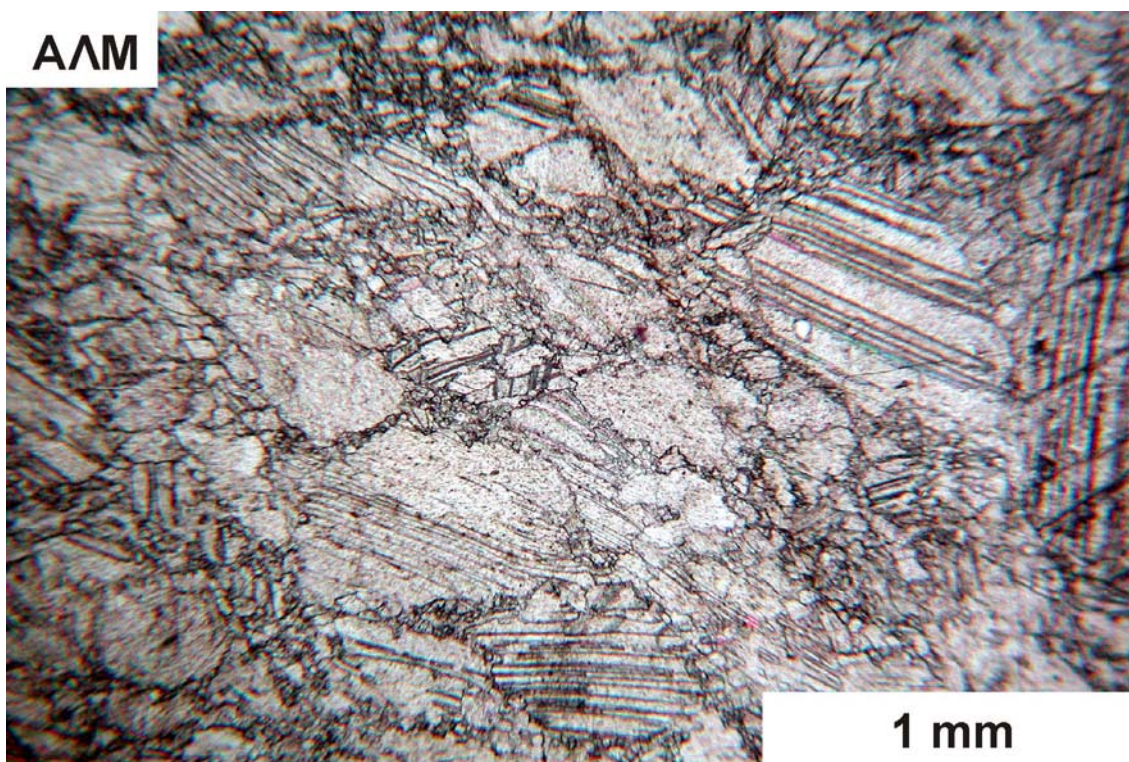


Φωτ. 7.12.1. Παλιό λατομείο ΒΑ του χωριού Άνω Ποντολίβαδο από όπου συλλέχθηκε το δείγμα ΑΛΜ.

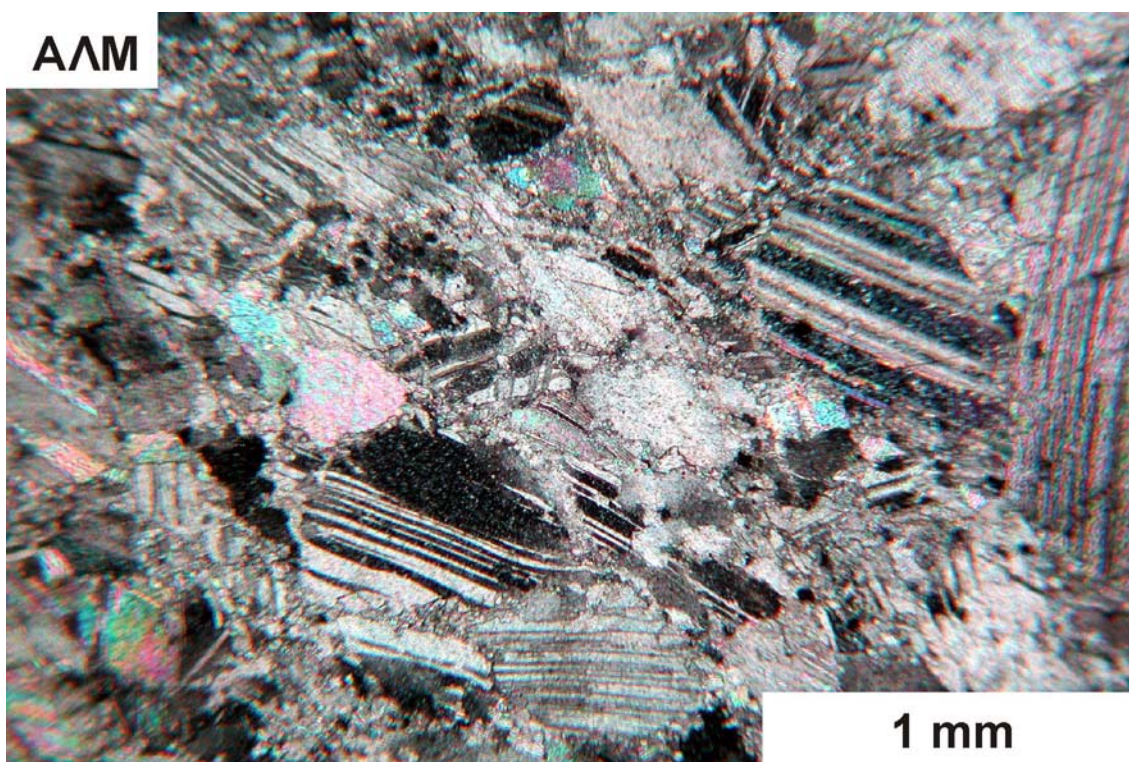
ΑΛΜ



Φωτ. 7.12.2. Μάρμαρο (Άνω Ποντολίβαδο Καβάλας). Μακροσκοπικό δείγμα.



Φωτ. 7.12.3. Μάρμαρο (Άνω Ποντολίβαδο Καβάλας). Μικροσκοπική φωτογραφία. Nicols //.



Φωτ. 7.12.4. Μάρμαρο (Άνω Ποντολίβαδο Καβάλας). Μικροσκοπική φωτογραφία. Nicols X.

7.13 Μάρμαρο, Ξεριάς Καβάλας (δείγμα ΚΞ)

7.13.1 Γεωλογικά χαρακτηριστικά

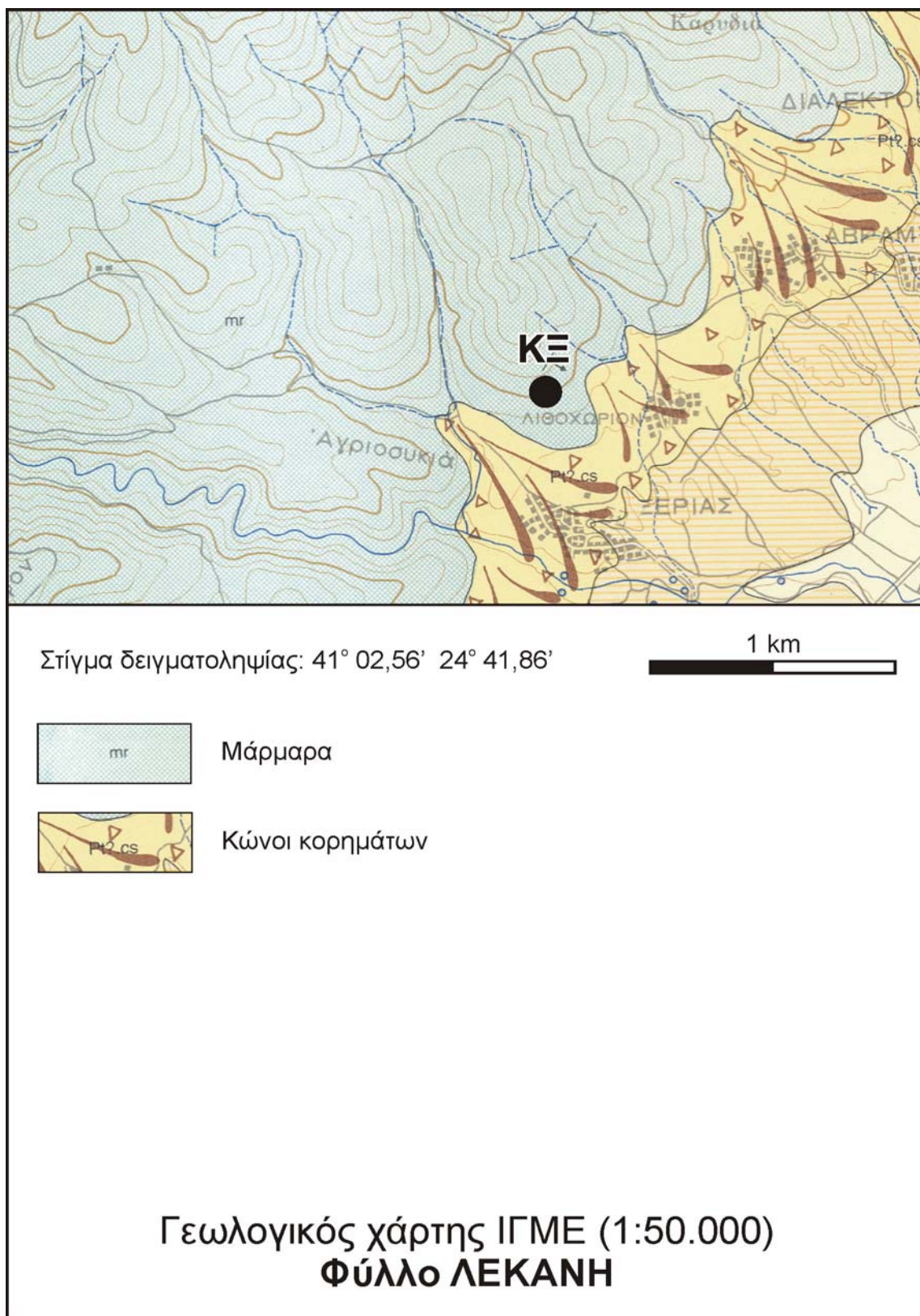
Το πέτρωμα ανήκει στη Μάζα Ροδόπης, στα γνωστά μάρμαρα Καβάλας. Σύμφωνα με το χάρτη του ΙΓΜΕ τα μάρμαρα έχουν λεπτή στρώση ή είναι συμπαγή λευκά μάρμαρα μεγάλου πάχους (πιθανόν προέρχονται από υφαλογενείς ασβεστόλιθους). Υπάρχουν τοπικά αποσφηνωμένες μεταβάσεις από τα συμπαγή μάρμαρα, σε τεφρά μάρμαρα με καλή στρώση, μαρμαρυγιακούς σχιστολίθους και γνευσίους. Το δείγμα συλλέχθηκε από λατομείο που λειτουργεί ΒΔ του χωριού Ξεριάς (Σχ. 7.13, Φωτ. 7.13.1).

7.13.2 Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά

Το δείγμα είναι λευκότεφρο, λεπτόκοκκο μάρμαρο (Φωτ. 7.13.2).

7.13.4 Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά

Το πέτρωμα αποτελείται από πολύ λεπτόκοκκους κρυστάλλους ασβεστίτη, ενώ σε μικρότερο ποσοστό υπάρχουν και μεγαλύτεροι διάσπαρτοι κρύσταλλοι μεγέθους έως 1 mm (Φωτ. 7.13.3 και 7.13.4). Από την ακτινογραφική εξέταση διαπιστώθηκαν δολομίτης και χαλαζίας σε ίχνη (<1%).



Σχ. 7.13. Απόσπασμα από το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ (1:50.000). Φύλλο Λεκάνη.

ΚΞ

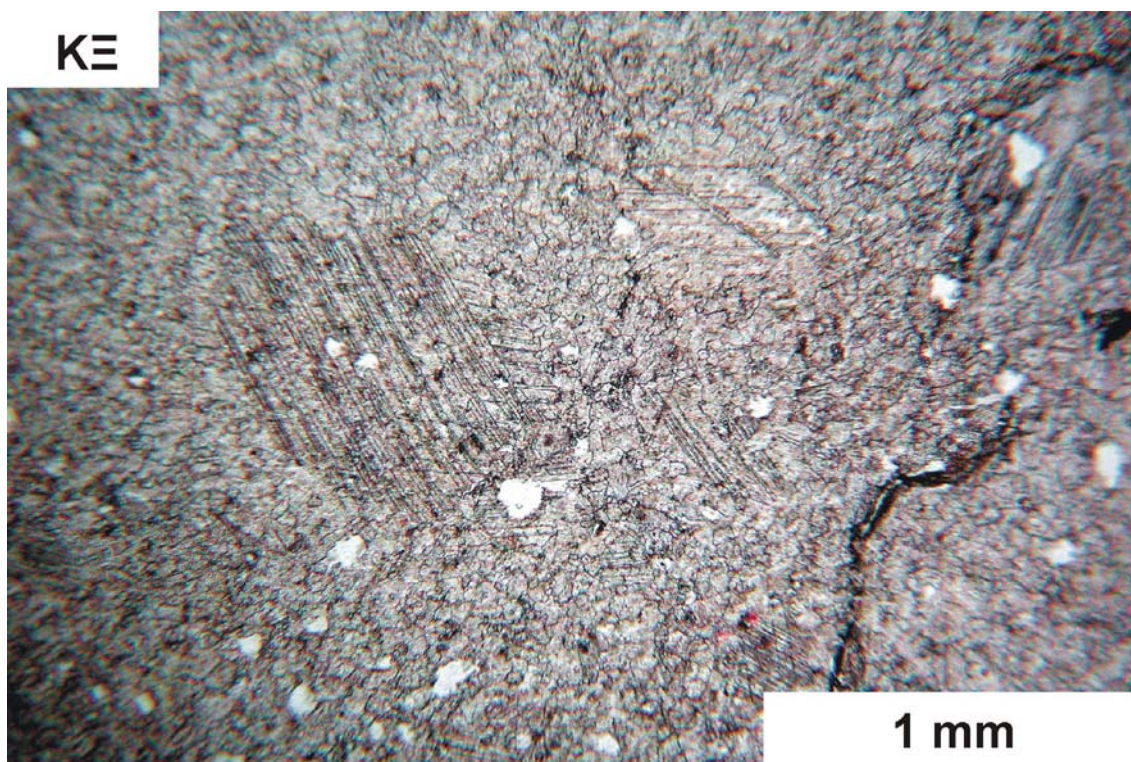


Φωτ. 7.13.1. Λατομείο αδρανών υλικών ΒΔ του χωριού Ξεριάς από όπου συλλέχθηκε το δείγμα ΚΞ.

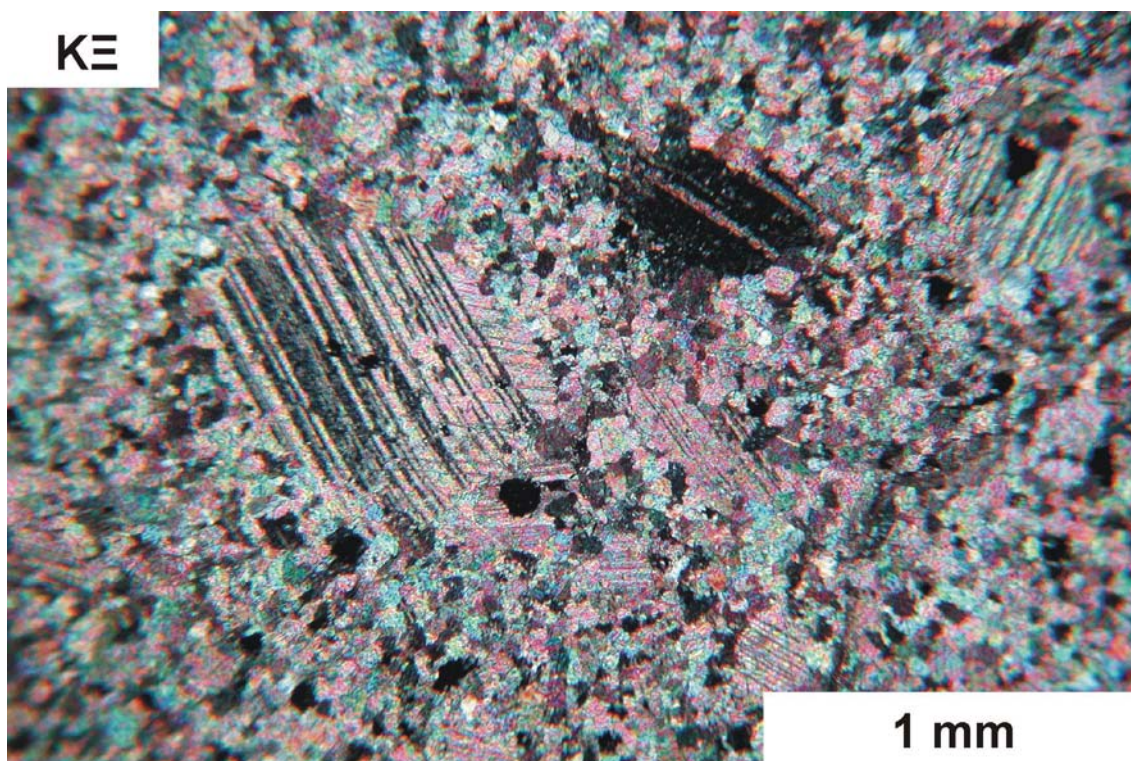
ΚΞ



Φωτ. 7.13.2. Μάρμαρο (Ξεριάς Καβάλας). Μακροσκοπικό δείγμα.



Φωτ. 7.13.3. Μάρμαρο (Ξεριάς Καβάλας). Μικροσκοπική φωτογραφία. Nicols //.



Φωτ. 7.13.4. Μάρμαρο (Ξεριάς Καβάλας). Μικροσκοπική φωτογραφία. Nicols X.

8. ΦΥΣΙΚΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

Τα πετρώματα εξετάστηκαν ως προς τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητές τους ανάλογα με την πιθανή χρήση τους. Έτσι, ο ρυόλιθος και ο ανδεσίτης δεν υποβλήθηκαν π.χ. σε δοκιμές αντοχής μητρικού πετρώματος μιας και αυτά τα πετρώματα δεν θα χρησιμοποιούνταν για αδρανή σκυροδέματος. Αντίθετα, εξετάστηκαν ως προς τις δοκιμές που δείχνουν καταλληλότητα ή όχι για αδρανή σε ασφαλτομίγματα ή σε αντιστοιχισμένες στρώσεις. Τα μάρμαρα και οι ασβεστόλιθοι όμως εξετάστηκαν ως προς τις ιδιότητες που δείχνουν καταλληλότητα ή όχι για αδρανή σκυροδέματος.

1. Γρανίτης Νυμφόπετρας, Δείγμα: ΝΥ

Φαινόμενο ειδικό βάρος	2,64 (g/cm ³)
Υγεία στο λεπτόκοκκο κλάσμα	5,77 (%)
Υγεία στο χονδρόκοκκο κλάσμα	5,01 (%)
Ισοδύναμο άμμου	67 (%)
Los Angeles Διαβάθμισης Α (υλικό 3Α)	36,3% (Δείγμα από βάθος>3 m)
Los Angeles Διαβάθμισης Β (χαλίκι)	39,89% (Δείγμα από επιφάνεια) 36,36% (Δείγμα από βάθος 2 m) 33% (Δείγμα από βάθος>3 m)
Θλιπτική αντοχή μητρικού πετρώματος	82,82 MPa
Οργανικές ουσίες	Απουσία οργανικών
Αλκαλοπυριτική αντίδραση	Αβλαβές
Ποσοστό σβόλων αργίλου και εύθρυπτων κόκκων	0,29%

Παρατηρήσεις: Το πέτρωμα είναι λεπτόκοκκο, με χαρακτηριστικό γνώρισμα την απουσία φεμικών συστατικών. Είναι έντονα τεκτονισμένο, με πυκνό σύστημα διακλάσεων.

2. Γρανίτης Καβάλας, Δείγμα: KAB

Φαινόμενο ειδικό βάρος	2,68 (g/cm ³)
Υγεία στο λεπτόκοκκο κλάσμα	1,3%
Ισοδύναμο άμμου (υλικό 3A, προερχόμενο από μία θραύση)	36%
Los Angeles Διαβάθμισης A (υλικό 3A, προερχόμενο από μία θραύση)	32,6%
Los Angeles Διαβάθμισης B (υλικό γαρμπίλι, προερχόμενο από διπλή θραύση)	16,1%
Υδατοαπορροφητικότητα (υλικό, προερχόμενο από διπλή θραύση)	0,9% χαλίκι, 1% γαρμπίλι, 2,3% άμμος
Δείκτης στίλβωσης PSV	54
Δείκτης λείανσης AAV	3,2%
Αλκαλοπυριτική αντίδραση	αβλαβές

Παρατηρήσεις: Το πέτρωμα περιέχει μεγακρυστάλλους αστρίων και βιοτίτη σε ποσοστό 9,8%, καθώς και μοσχοβίτη και κεροστίλβη.

3. Μυλωνιτιωμένος Γρανίτης Φωλεάς Καβάλας, Δείγμα: ΦΛΚ

Φαινόμενο ειδικό βάρος	2,66 (g/cm ³)
Υγεία στο λεπτόκοκκο κλάσμα	1,5%
Los Angeles Διαβάθμισης B	16%
Υδατοαπορροφητικότητα	1,9%
Δείκτης στίλβωσης PSV	67,5
Δείκτης λείανσης AAV	6%
Δοκιμή Micro Deval MDE	10,1
Δείκτης πλακοειδών	15%

4. Ανδεσίτης Πετρωτών Έβρου, Δείγμα: ΡΥΠ

Φαινόμενο ειδικό βάρος	2,68 (g/cm ³)
Υγεία στο λεπτόκοκκο κλάσμα	1,7%
Υγεία στο χονδρόκοκκο κλάσμα	1%
Ισοδύναμο άμμου	75%
Los Angeles Διαβάθμισης Β (χαλίκι)	24%
Υδατοαπορροφητικότητα	3,1%
Δείκτης στίλβωσης PSV	56
Δείκτης λείανσης AAV	4,4%
Δοκιμή Micro Deval MDE	19,1
Δείκτης πλακοειδών	23%

5. Ανδεσίτης Άβαντα Έβρου, Δείγμα: CEP-2

Φαινόμενο ειδικό βάρος	2,54 (g/cm ³)
Υγεία στο λεπτόκοκκο κλάσμα	3%
Υγεία στο χονδρόκοκκο κλάσμα	7,2%
Ισοδύναμο άμμου	77%
Los Angeles Διαβάθμισης Β (χαλίκι)	17%
Υδατοαπορροφητικότητα	3,56%
Δείκτης στίλβωσης PSV	60
Δείκτης λείανσης AAV	5%
Δοκιμή Micro Deval MDE	14,7

6. Αμφιβολίτης Βόλβης, Δείγμα: AMB

Φαινόμενο ειδικό βάρος	2,69 (g/cm ³)
Υγεία στο χονδρόκοκκο κλάσμα	1,6%
Los Angeles Διαβάθμισης B (χαλίκι)	22%
Δείκτης στίλβωσης PSV	58
Δείκτης λείανσης AAV	4%

7. Αμφιβολίτης Βόλβης, Δείγμα: MB

Φαινόμενο ειδικό βάρος	2,58 (g/cm ³)
Υγεία στο χονδρόκοκκο κλάσμα	10,36%
Ισοδύναμο άμμου	29%
Los Angeles Διαβάθμισης B (χαλίκι)	49,9%

Παρατηρήσεις: Ο αμφιβολίτης MB δεν εξετάστηκε για άλλες ιδιότητες, εξαιτίας του ότι οι παραπάνω τιμές (χαμηλή τιμή Ισοδυνάμου άμμου και υψηλές τιμές στις δοκιμές Υγείας και Los Angeles) είναι απαγορευτικές για οποιαδήποτε χρήση ως αδρανές πέτρωμα. Αυτά τα αποτελέσματα συμφωνούν και με την εικόνα του στο ύπαιθρο (έντονα αποσαθρωμένος).

8. Ασβεστόλιθος Δρυμού, Δείγμα: TIT

Φαινόμενο ειδικό βάρος	2,71 (g/cm ³) χαλίκι, 2,64 (g/cm ³) άμμος
Υδατοαπορροφητικότητα	0,22% σύντριμα, 0,83% άμμος
Δυσμενή μορφή (Δείκτης πλακοειδών)	8,6%
Θλιπτική αντοχή (αντοχή μητρικού πετρώματος)	124 MPa
Ισοδύναμο άμμου	69%
Los Angeles Διαβάθμισης B	24,14%
Υγεία στο λεπτόκοκκο κλάσμα	1,54%
Υγεία στο χονδρόκοκκο κλάσμα	0,17%
Ποσοστό σβόλων αργίλου και εύθρυπτων κόκκων	0,02%
Εξέταση για παρουσία οργανικών	Απουσία οργανικών

9. Μάρμαρο Βόλβης, Δείγμα: MAB

Φαινόμενο ειδικό βάρος	2,58 (g/cm ³) χαλίκι, 2,66 (g/cm ³) άμμος
Υδατοαπορροφητικότητα	0,01% σύντριμα, 1,79% άμμος
Θλιπτική αντοχή (αντοχή μητρικού πετρώματος)	118,5 MPa
Ισοδύναμο άμμου	70
Los Angeles	28,12%
Υγεία στο λεπτόκοκκο κλάσμα	0,29%
Υγεία στο χονδρόκοκκο κλάσμα	0,10%

10. Μάρμαρο Αμυγδαλεόνας Καβάλας, Δείγμα: ABK

Φαινόμενο ειδικό βάρος	2,71 (g/cm ³) χαλίκι, 2,73 (g/cm ³) άμμος
Ισοδύναμο άμμου	87%
Los Angeles Διαβάθμισης B	25,9%
Υγεία στο λεπτόκοκκο κλάσμα	0,9%
Υγεία στο χονδρόκοκκο κλάσμα	0,2%

11. Μάρμαρο Άνω Ποντολίβαδον Καβάλας, Δείγμα: AAM

Φαινόμενο ειδικό βάρος	2,72 (g/cm ³) χαλίκι 2,74 (g/cm ³) άμμος
Ισοδύναμο άμμου	80%
Los Angeles Διαβάθμισης B	32,7%
Υγεία στο λεπτόκοκκο κλάσμα	1,4
Υγεία στο χονδρόκοκκο κλάσμα	0,6
Θλιπτική αντοχή	91 MPa
Υδατοαπορροφητικότητα	0,7% χαλίκι 1,69% άμμος

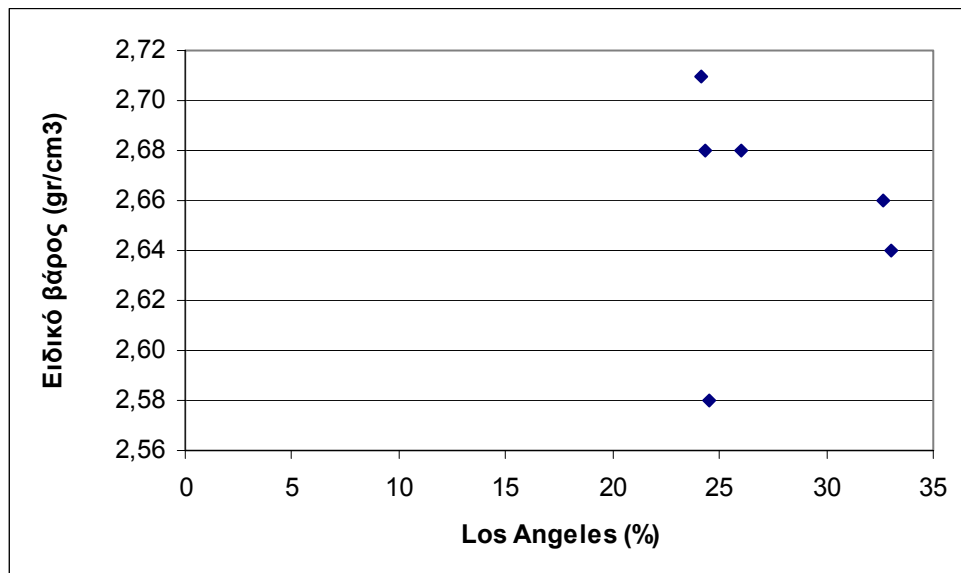
12. Μάρμαρο Ξεριά Καβάλας, Δείγμα: ΚΞ-1

Φαινόμενο ειδικό βάρος	2,68 (g/cm ³) χαλίκι 2,73 (g/cm ³) άμμος
Απορροφητικότητα	0,4%
Ισοδύναμο άμμου	74%
Los Angeles	24,3%
Υγεία στο λεπτόκοκκο κλάσμα	0,55%
Υγεία στο χονδρόκοκκο κλάσμα	0,52%

9. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ

9.1 Ασβεστόλιθος και Μάρμαρα

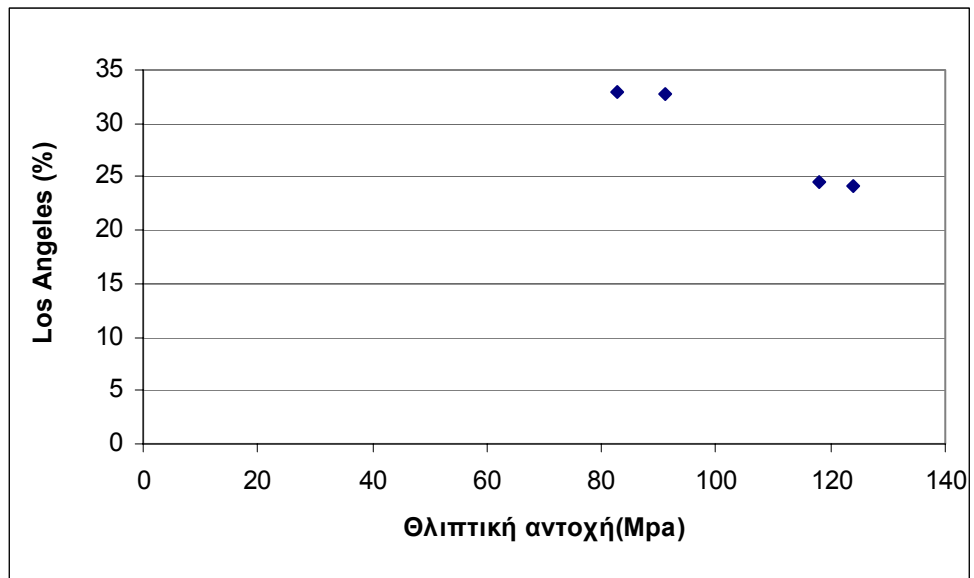
1) Για τα ανθρακικά πετρώματα (δείγματα ΑΛΜ, ΑΒΚ, ΚΞ, ΜΑΒ, ΤΙΤ) παρατηρούμε (Σχ. 9.1) ότι όσο μεγαλύτερο είναι το ειδικό βάρος των δειγμάτων τόσο μειώνεται η τιμή του δείκτη Los Angeles. Αυτό σημαίνει ότι το πέτρωμα όσο μεγαλύτερο ειδικό βάρος έχει, τόσο μεγαλύτερη αντοχή έχει στη φθορά από τριβή και κρούση, είναι δηλαδή περισσότερο ανθεκτικό.



Σχήμα 9.1: Συσχέτιση ειδικού βάρους και δείκτη Los Angeles.

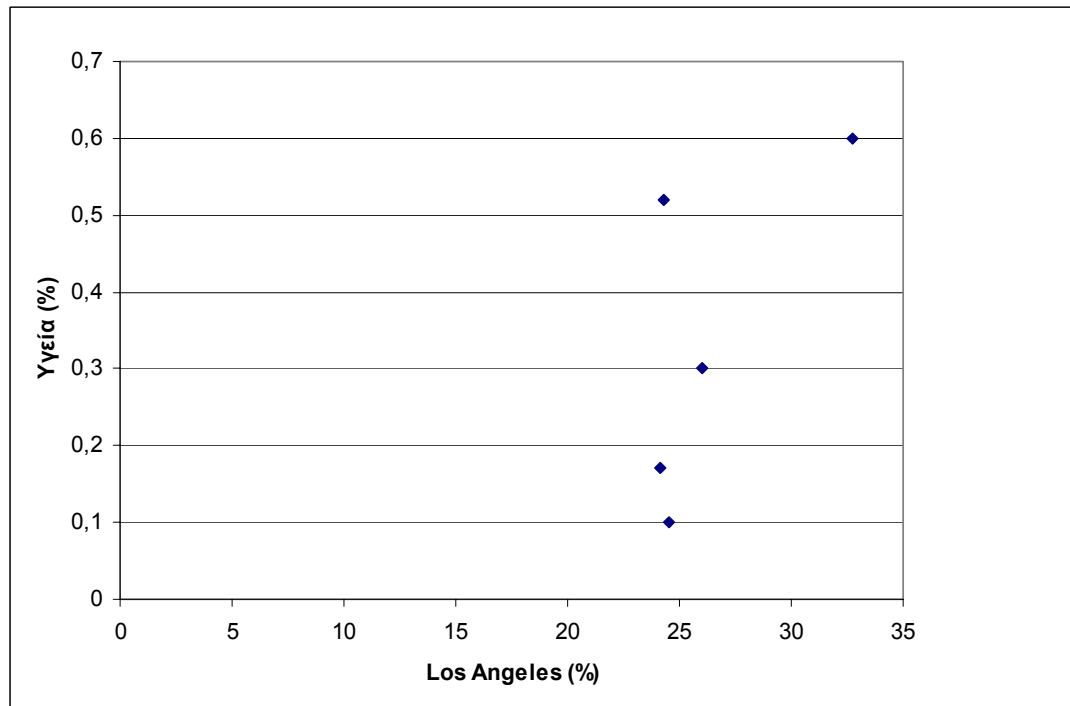
2) Όσο μεγαλύτερες τιμές έχει ένα πέτρωμα στη θλιπτική αντοχή τόσο μειώνεται η τιμή του δείκτη Los Angeles (Σχ. 9.2).

3) Παρατηρήθηκε ότι το δείγμα ΑΛΜ που έχει μεγάλο ποσοστό κόκκων διαμέτρου 1 mm έως 1,8 mm και μικρό ποσοστό κόκκων <1 mm δίνει υψηλότερη τιμή Los Angeles από τα δείγματα ΑΒΚ και ΚΞ που έχουν περίπου ίσο ποσοστό κόκκων λεπτόκοκκων <1 mm και κόκκων μεγέθους 0,5 – 1 mm (δείγμα ΑΒΚ) ή έχουν μεγαλύτερο ποσοστό λεπτόκοκκων κόκκων μεγέθους 1 mm (δείγμα ΚΞ).



Σχήμα 9.2: Συσχέτιση τιμών θλιπτικής αντοχής και τιμών δείκτη Los Angeles.

4) Στα ασβεστολιθικά δείγματα δεν βρέθηκε κάποια συσχέτιση μεταξύ των τιμών του δείκτη Los Angeles και των τιμών του δείκτη Υγείας (Σχ. 9.3).



Σχήμα 9.3: Συσχέτιση τιμών δείκτη υγείας και τιμών δείκτη Los Angeles.

5) Και τα πέντε δείγματα ασβεστολιθικών πετρωμάτων έδειξαν ότι είναι κατάλληλα για χρήση ως αδρανή στην υπόβαση – βάση και κατάλληλα ως αδρανή στο σκυρόδεμα. Στα δείγματα αυτά δεν πραγματοποιήθηκαν δοκιμές που δείχνουν καταλληλότητα ή όχι για χρήση ως αδρανή αντιολισθηρών ασφαλικών στρώσεων, εξαιτίας του ότι τα πετρώματα αυτά είναι μονόμεικτα οπότε λειαινούνται ομοιόμορφα.

9.2 Πυριγενή και μεταμορφωμένα πετρώματα

Τα πυριγενή και μεταμορφωμένα πετρώματα θεωρούνται κατάλληλα πετρώματα για χρήση ως αδρανή σε ασφαλικές και αντιολισθηρές στρώσεις.

Από το γρανίτη της Νυμφόπετρας (NY) συλλέχθηκαν διάφορα δείγματα, καθώς αυξανόταν το βάθος εκσκαφής του πετρώματος. Στα δείγματα αυτά, οι τιμές του δείκτη Los Angeles, μειώνονται (που σημαίνει μεγαλύτερη αντοχή του πετρώματος σε φθορά και κρούση), όσο αυξάνει το βάθος εκμετάλλευσης του πετρώματος. Συγκεκριμένα, η τιμή του δείκτη Los Angeles από 39,89% του δείγματος που συλλέχθηκε από την επιφάνεια, μειώνεται στο 36,36% από το δείγμα που συλλέχθηκε από βάθος 2 m και στο 33% από το δείγμα που προέρχεται από βάθος >3 m. Αυτό είναι λογικό, γιατί όσο πιο ανηπερέαστο από επιφανειακές συνθήκες είναι ένα δείγμα τόσο πιο «υγιές» είναι. Η τιμή αυτή (33%), αν και υψηλή, εντούτοις δεν είναι απαγορευτική μιας και η απαίτηση του δείκτη Los Angeles για χρήση του πετρώματος ως αδρανές στο σκυρόδεμα είναι <40% ενώ για χρήση του ως αδρανές σε βάση και υπόβαση είναι <50%.

Ο γρανίτης της Καβάλας (KAB) αντίθετα έδωσε πολύ καλά αποτελέσματα. Η τιμή του δείκτη Los Angeles υπολογίστηκε σε 32% σε υλικό που προερχόταν από μία θραύση. Το ίδιο υλικό όμως προερχόμενο από διπλή θραύση έδωσε τιμή Los Angeles 16%, μειώθηκε δηλαδή στο μισό. Η τιμή αυτή επιβεβαιώθηκε και από δεύτερη δοκιμή Los Angeles που έδωσε το ίδιο αποτέλεσμα (προκάλεσε εντύπωση το γεγονός ότι η τιμή από διπλή θραύση είναι το μισό της αρχικής). Αυτό εξηγείται, γιατί όταν το υλικό προέρχεται από 2 θραύσεις απομακρύνονται τα τεμάχια που δεν είναι υγιή και μένει μόνο το υγιές υλικό, σκληρό και συμπαγές.

Όσον αφορά τις διαφορές και στις τιμές των άλλων ιδιοτήτων των δύο παραπάνω πετρωμάτων (καλύτερες τιμές ο γρανίτης της Καβάλας), έχουμε να

παρατηρήσουμε ότι ο γρανίτης της Νυμφόπετρας είναι έντονα τεκτονισμένος και έχει πυκνό σύστημα διακλάσεων σε σχέση με το γρανίτη της Καβάλας. Επιπλέον, ο γρανίτης της Νυμφόπετρας δεν έχει φεμικά συστατικά (μακροσκοπικά μοιάζει με απλιτικό γρανίτη) και είναι λεπτόκοκκος. Αντίθετα, ο γρανίτης της Καβάλας περιέχει αρκετό βιοτίτη και φαινοκρύσταλλους αστρίων που περιβάλλονται από μια λεπτόκοκκη θεμελειώδη μάζα που αποτελείται κυρίως από χαλαζία. Υπάρχει δηλαδή ανομοιομορφία όσον αφορά το μέγεθος των κρυστάλλων.

Στο γρανίτη της Νυμφόπετρας δεν πραγματοποιήθηκαν δοκιμές καταλληλότητας για χρήση του ως αντιολισθηρό υλικό, (δοκιμές αντίστασης στη στίλβωση, PSV και αντίστασης στην ολίσθηση, AAV). Υπάρχουν όμως ενδείξεις ότι θα έχει χαμηλή τιμή PSV και άρα είναι ακατάλληλο για χρήση του ως αντιολισθηρό. Οι ενδείξεις αυτές είναι:

α) Η ορυκτολογική του σύσταση: αποτελείται από χαλαζία και αστρίους σχεδόν στο σύνολό του, η διαφορά σκληρότητας των δύο αυτών ορυκτών είναι περίπου μια μονάδα στην κλίμακα Mohs και όπως εξηγήθηκε στην παράγραφο 6.8.3 η τιμή του δείκτη PSV θα είναι χαμηλή.

β) Η υψηλή τιμή του δείκτη Los Angeles: συνήθως τα πετρώματα που έχουν χαμηλή τιμή του δείκτη Los Angeles, έχουν ικανοποιητική, δηλαδή υψηλή τιμή του δείκτη PSV.

γ) Παρουσιάζει έντονη σχιστοποίηση, οπότε αναμένεται να έχει πρόβλημα στην τιμή του δείκτη πλακοειδούς.

δ) Είναι λεπτόκοκκο πέτρωμα, ενώ συνήθως τα μεσόκοκκα πετρώματα έχουν υψηλότερο δείκτη αντίστασης στη στίλβωση (PSV).

Ο μυλωνιτωμένος γρανίτης της Φωλιάς Καβάλας δίνει άριστα αποτελέσματα σε όλες τις εξεταζόμενες ιδιότητες.

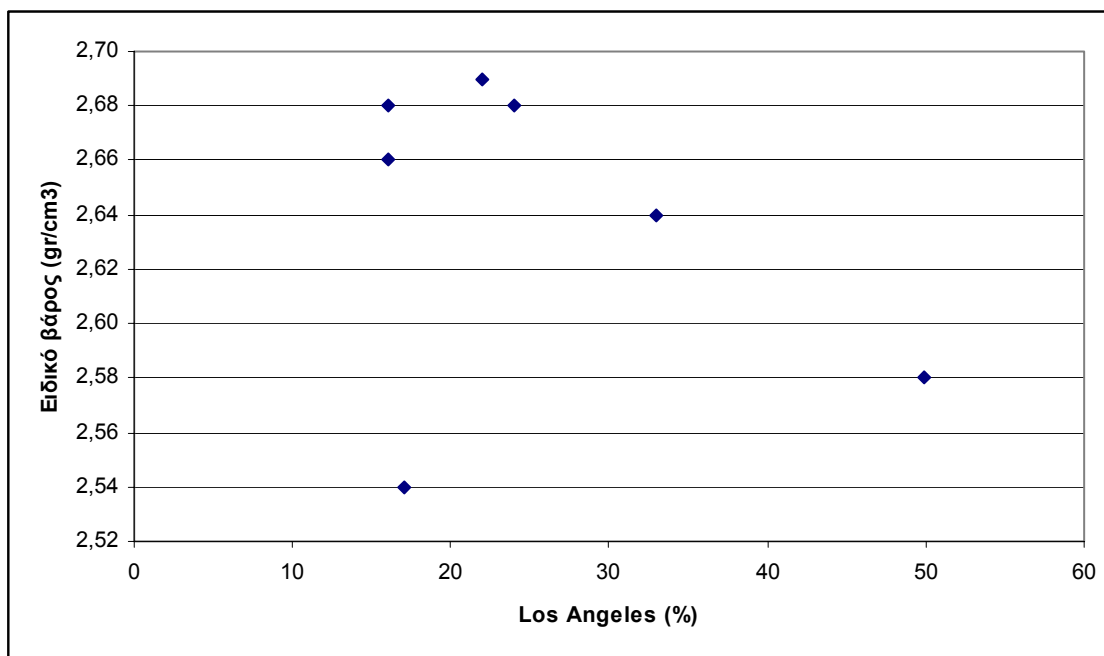
Οι ανδεσίτες των Πετρωτών και του Άβαντα δίνουν καλές τιμές στις εξεταζόμενες ιδιότητες και δείχνουν καταλληλότητα για χρήση τους ως αντιολισθηρά. Η διαφορά στις τιμές PSV των δύο ανδεσιτών (56 του ανδεσίτη των Πετρωτών και 60 του ανδεσίτη του Άβαντα) μπορεί να αποδοθεί στο μέγεθος και στο ποσοστό των φαινοκρυστάλλων. Ο ανδεσίτης των Πετρωτών έχει λίγους και μικρού μεγέθους

φαινοκρυστάλλους, ενώ ο ανδρεσίτης του Άβαντα έχει περισσότερους και μεγαλύτερους σε μέγεθος φαινοκρυστάλλους.

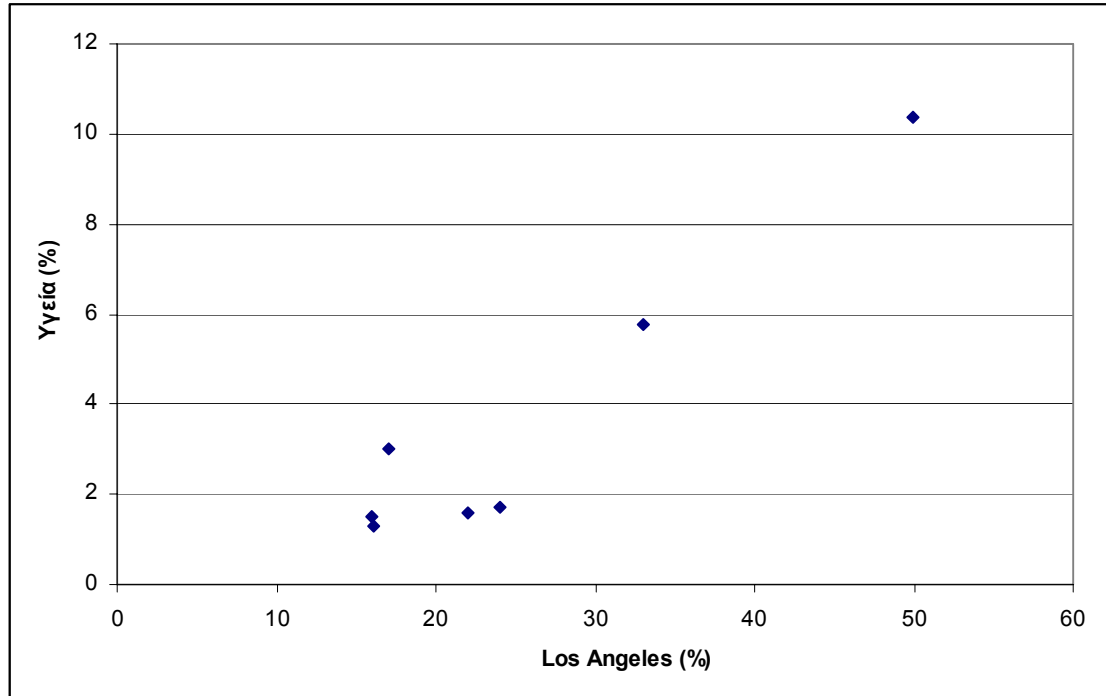
Από τα μεταμορφωμένα πετρώματα (αμφιβολίτες) το δείγμα AMB έδειξε καταλληλότητα για χρήση του ως αντιολισθηρό, ενώ το δείγμα MB είναι ακατάλληλο για οποιαδήποτε χρήση ως αδρανές. Η μεγάλη διαφορά στα αποτελέσματα αυτών των δύο δειγμάτων οφείλεται στο μεγάλο βαθμό αποσάθρωσης του δείγματος MB. Αν και το δείγμα AMB έδωσε πολύ καλά αποτελέσματα δεν έχει υπολογιστεί πιθανή ύπαρξη αμιάντου στο δείγμα.

Από τη συσχέτιση των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων των παραπάνω δειγμάτων προέκυψε ότι η τιμή του δείκτη Los Angeles μειώνεται όσο αυξάνεται το ειδικό βάρος του πετρώματος (Σχ. 9.4).

Ακόμη, ο δείκτης «υγεία» ενός πετρώματος μειώνεται όσο μειώνεται η τιμή του δείκτη Los Angeles. Αυτό σημαίνει ότι όσο πιο ανθεκτικό είναι ένα πέτρωμα στη φθορά από τριβή και κρούση τόσο καλύτερα αντιστέκεται στην αποσάθρωση (Σχ. 9.5).



Σχήμα 9.4: Συσχέτιση του ειδικού βάρους με το δείκτη Los Angeles των πετρωμάτων που εξετάζονται.



Σχήμα 9.5: Συσχέτιση του δείκτη υγείας με το δείκτη Los Angeles των πετρωμάτων που εξετάζονται.

Φαίνεται ότι υπάρχει σχέση μεταξύ του Δείκτη πλακοειδούς και της τιμής του Δείκτη Los Angeles. Τα δείγματα ΦΛΚ και ΡΥΠ που εξετάστηκαν ως προς την τιμή του δείκτη πλακοειδούς, έδειξαν ότι όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό πλακοειδών τόσο μειώνεται η αντοχή των πετρωμάτων σε φθορά και κρούση. Η συσχέτιση αυτή φαίνεται λογική, πρέπει όμως να αντιμετωπιστεί με επιφύλαξη γιατί προέκυψε από δύο δείγματα.

10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά λοιπόν από τη μελέτη αυτή προκύπτουν τα κάτωθι:

1. Τα αδρανή πετρώματα όσο μεγαλύτερο ειδικό βάρος έχουν, τόσο μεγαλύτερη αντοχή έχουν στη φθορά από τριβή και κρούση, είναι δηλαδή περισσότερο ανθεκτικά.
2. Όσο μεγαλύτερες τιμές έχει ένα πέτρωμα στη θλιπτική αντοχή τόσο μειώνεται η τιμή του δείκτη Los Angeles.
3. Στα ασβεστολιθικά δείγματα δεν βρέθηκε κάποια συσχέτιση μεταξύ των τιμών του δείκτη Los Angeles και των τιμών του δείκτη Υγείας.
4. Τα πυριγενή και μεταμορφωμένα πετρώματα θεωρούνται κατάλληλα πετρώματα για χρήση ως αδρανή σε ασφαλικές και αντισιδηρές στρώσεις.
5. Από τα δείγματα του γρανίτη της Νυμφόπετρας (NY) βρέθηκε ότι καθώς αυξανόταν το βάθος εκμετάλλευσης του πετρώματος, οι τιμές του δείκτη Los Angeles μειώνονταν (που σημαίνει μεγαλύτερη αντοχή του πετρώματος σε φθορά και κρούση).
6. Ο γρανίτης της Νυμφόπετρας δεν βρέθηκε κατάλληλος για αντισιδηρή χρήση, εξαιτίας της ορυκτολογικής του σύστασης (απουσία φεμικών) και του έντονου τεκτονισμού.
7. Αντίθετα ο γρανίτης της Καβάλας βρέθηκε κατάλληλος για αντισιδηρή χρήση, εξαιτίας της ορυκτολογικής του σύστασης (ο βιοτίτης και η κερυστίλη συμμετέχουν σε ποσοστό 10% περίπου).
8. Οι ανδεσίτες των Πετρωτών και του Άβαντα δείχνουν καταλληλότητα για αντισιδηρή χρήση. Η διαφορά στις τιμές PSV των δύο ανδεσιτών (56 του ανδεσίτη των Πετρωτών και 60 του ανδεσίτη του Άβαντα) μπορεί να αποδοθεί στο μέγεθος και στο ποσοστό των φαινοκρυστάλλων. Ο ανδεσίτης των Πετρωτών έχει λίγους και μικρού μεγέθους φαινοκρυστάλλους, ενώ ο ανδεσίτης του Άβαντα έχει περισσότερους και μεγαλύτερους σε μέγεθος φαινοκρυστάλλους.
9. Από τα μεταμορφωμένα πετρώματα (αμφιβολίτες) το δείγμα AMB έδειξε καταλληλότητα για χρήση του ως αντισιδηρό, ενώ το δείγμα MB είναι ακατάλληλο για οποιαδήποτε χρήση ως αδρανές εξαιτίας του μεγάλου βαθμού αποσάθρωσης. Το δείγμα AMB δεν έχει εξεταστεί για πιθανή ύπαρξη αμιάντου.

Από τα δείγματα που εξετάστηκαν προέκυψε ότι ο μυλωνιτωμένος γρανίτης της περιοχής Φωλιά Καβάλας, ο γρανίτης της Καβάλας, ο γρανίτης της Νυμφόπετρας οι ανδεσίτες και ο αμφιβολίτης της Βόλβης (δείγμα AMB) είναι κατάλληλα για χρήση τους ως αδρανή ασφαλικών στρώσεων. Τα παραπάνω πετρώματα είναι κατάλληλα για χρήση ως αδρανή στρώσεων αντιολισθηράς, εκτός από το γρανίτη της Νυμφόπετρας. Τα μάρμαρα, ο ασβεστόλιθος και ο γρανίτης της Νυμφόπετρας είναι κατάλληλα για χρήση ως αδρανή σκυροδέματος, το δείγμα MAB όμως, με αναλογία ασβεστίτη / δολομίτη 57:43, δεν έχει εξεταστεί ως προς την αλκαλοπυριτική αντίδραση. Ο αμφιβολίτης MB δεν βρέθηκε κατάλληλος για χρήση ως αδρανές υλικό. Όλα τα παραπάνω πετρώματα βρέθηκαν κατάλληλα και ως αδρανή για στρώσεις βάσεων και υποβάσεων, εκτός από το δείγμα MB εξαιτίας της έντονης αποσάθρωσης. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται συνοπτικά η καταλληλότητα των πετρωμάτων που εξετάστηκαν.

Δείγμα	Βάση Υπόβαση	Σκυροδέμα	Ασφαλτική στρώση	Αντιολισθηρ ά
NY	NAI	NAI	NAI	OXI
KAB	NAI	NAI	NAI	NAI
ΦΛΚ			NAI	NAI
PYΠ		OXI	NAI	NAI
CEP-2		OXI	NAI	NAI
AMB	NAI		NAI	NAI
MB	OXI	OXI	OXI	OXI
TIT	NAI	NAI	ΠΙΘΑΝΟ	OXI
MAB	NAI	NAI	ΠΙΘΑΝΟ	OXI
ABK	NAI	NAI	ΠΙΘΑΝΟ	OXI
ΑΛΜ	NAI	NAI	ΠΙΘΑΝΟ	OXI
ΚΞ	NAI	NAI	ΠΙΘΑΝΟ	OXI

11. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ANDERSON D.A., DUKAZ E.L. & PETERSON J.C. (1982). The effect of antistrip additives on the properties of asphalt cement. Association of asphalt Paving Technologists, Vol.51, 298.
- CAWSEY D.C. & GOURLET C.S. (1989). Bitumen-aggregate adhesion: Development of a stripping index. 4th Eurobitume Symposium, Madrid.
- CHRISTENSEN D.W. & ANDERSON D.A. (1985). Effect of amine additives on the properties of asphalt cement. Association of asphalt Paving Technologists, Vol.54, 593.
- HARRISON D. & BLOODWORTH A. (1994). Construction materials. Industrial Minerals Laboratory Manual. Technical report WG/94/12. Miner. And Petr. Series. BGS, Nottingham, UK, 72.
- KOCKEL F., MOLLAT H. & WALTHER H.W. (1971). Geologie des Serbo – Mazedonischen Massivs Und Seines mesozoischen Rahmens (Nord Griechenland) Geol. Jb. 89, 529-551.
- KOCKEL F., MOLLAT H. & WALTHER H.W. (1977). Erlauterungen Zur Geologischen Karte der Chalkidiki Und angrenzender Gebiete 1:100,000 (Nord Griechenland) Bundesanstalt fur Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover 119.
- LISTER N.W. & MAGGS M.F. (1982). Research and development in the design of concrete pavements. International Symposium on Concrete Roads, ICE, London.
- MASON B. H. (1989). Construction materials: Lightweight aggregates. In: Carr D.D. & Herz N. (Eds.), Concise Encyclopedia of Mineral Resources, 1st edn. Pergamon Press, N. York, 75-78.
- NEIVA A.M.R., CHRISTOFIDES G, ELEFThERIADIS G & SOLDATOS T. (1996). Geochemistry of Granitic Rocks and their Minerals from Kavala Pluton, Northern Greece. Chemie der Erde Geochemistry 56, 117-142.
- OLADEJI A. J. (1997). Η έρευνα του γρανίτη της Αρναίας Νομού Χαλκιδικής από γεωλογική και πετρογραφική άποψη. Διδακτορική Διατριβή, Α.Π.Θ., 181 σελ.

- WOODSIDE A. & MACOAL P. (1989). The use of adhesion agents and their effect. 4th Eurobitume Symposium, Madrid.
- ΒΙΔΑΚΗΣ Ε. & ΠΑΠΑΤΡΕΧΑΣ Χ. (1998). Για την καταλληλότητα των πετρωμάτων ως αδρανών υλικών ειδικών χρήσεων (αντιολισθηρά υλικά-σκύρα υλικά σιδηροδρομικών γραμμών) στην περιοχή «Ντρινιμάρι» κοινότητας Καλαμακίου του Ν. Φθιώτιδας. ΙΓΜΕ, Αθήνα, (αδημ. έκθεση).
- ΓΕΩΡΓΙΟΥ Κ. (2004). Ανθεκτικότητα σκυροδέματος (στοιχεία) και Ελληνικές πρακτικές κατασκευής. Ημερίδα «Θέματα Τεχνολογίας Σκυροδέματος και Δομικών Χαλύβων με τα νέα Ευρωπαϊκά Πρότυπα ΕΛΟΤ ΕΝ», Θεσσαλονίκη (πρακτικά υπό έκδοση).
- ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗΣ Σ. (1988). Εισαγωγή στην Πετρολογία των Μεταμορφωμένων Πετρωμάτων. Γιαχούδης-Γιαπούλης, Θεσσαλονίκη, σελ. 254.
- ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΔΗΣ Γ. & ΚΟΡΩΝΑΙΟΣ Α. (2004). Σημειώσεις Πετρολογίας Πυριγενών Πετρωμάτων. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ. 243.
- ΕΛΟΤ 408. Σχέδιο Ελληνικού Προτύπου ΕΛΟΤ 408. Θραυστά αδρανή για συνήθη σκυροδέματα.
- ΕΛΟΤ ΕΝ 12620 (2002). Αδρανή για παρασκευή τσιμεντοσκυροδέματος συμπεριλαμβανομένων αυτών που χρησιμοποιούνται σε οδούς και οδοστρώματα.
- ΕΛΟΤ ΕΝ 13043 (2003). Αδρανή ασφαλτομιγμάτων και επιφανειακών επιστρώσεων οδών, αεροδρομίων και άλλων περιοχών κυκλοφορίας οχημάτων
- ΕΛΟΤ ΕΝ 13242 (2003). Αδρανή για βάσεις και υποβάσεις σταθεροποιημένες ή μη με υδραυλικές κονίες για χρήση σε έργα πολιτικού μηχανικού και την κατασκευή δρόμων.
- ΚΑΖΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Α. (1992). Ολισθηρότητα οδών και αντιολισθηρά κατασκευαί. Συν. ΤΕΕ Κεντρικής Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη, σελ. 16.
- ΚΤΣ-97 (1997). Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος 1997 (ΦΕΚ/315/Β'/17.4.1997).
- ΛΟΙΖΟΣ Α., ΠΡΑΠΙΔΗΣ Μ., ΣΤΑΜΟΥΛΑΚΗΣ Γ. & ΣΙΑΜΟΠΟΥΛΟΣ Γ. (1996). Συμβολή για την αξιοποίηση νέων πηγών σκληρών αδρανών στο πλαίσιο της

- κατασκευής αντιολισθηρών ασφαλικών οδοστρωμάτων. 2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ασφαλικών Μιγμάτων και Οδοστρωμάτων, σελ. 11.
- ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ Δ. (1985). Γεωλογία της Ελλάδας. University studio press, Θεσσαλονίκη, σελ. 207.
- ΜΟΥΡΑΤΙΔΗΣ Α., ΠΡΑΠΙΔΗΣ Μ., ΠΑΠΑΒΑΣΙΛΕΙΟΥ Α. & ΚΑΖΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Α. (1998). Σύνταξη οδηγιών χρήσης σκληρώ αδρανών για κατασκευή ασφαλτοταπήτων. Προσδιορισμός θέσεων λατομείων σκληρών και μη αδρανών υλικών. Εγνατία Α.Ε., Θεσσαλονίκη, σελ. 67, (αδημ. μελέτη).
- ΝΙΚΟΛΑΪΔΗΣ Α. (1996). Οδοποιία: Οδοστρώματα-Υλικά-Έλεγχος Ποιότητας. Μ. Τριανταφύλλου & Σια, Θεσσαλονίκη, σελ. 831.
- ΝΙΚΟΛΑΪΔΗΣ Α., COLWILL D., WOODSIDE A. & LAFON J.F. (1999). Αντιολισθηρές στρώσεις για την Εγνατία Οδό Α.Ε. Εγνατία Α.Ε., Θεσσαλονίκη, σελ. 72, (άδημ. μελέτη).
- ΝΤΑΜΠΙΤΖΙΑΣ Σ., ΧΡΥΣΟΣΤΟΜΙΔΗΣ Π., ΜΑΛΤΖΑΡΗΣ Φ., ΝΥΜΦΟΠΟΥΛΟΣ Μ., ΣΤΑΙΚΟΠΟΥΛΟΣ Γ., ΑΠΟΣΤΟΛΟΥ Ν., ΚΟΥΓΚΟΥΛΗΣ Χ., ΗΛΙΑΔΗΣ Α. (1999). Εντοπισμός και αξιολόγηση των σκληρών αδρανών πετρωμάτων στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας ΠΜΚΜ-ΙΓΜΕ, Θεσσαλονίκη, σελ. 51, (αδημ. έκθεση).
- ΝΤΑΜΠΙΤΖΙΑΣ Σ., ΒΕΡΑΝΗΣ Ν., ΧΡΥΣΟΣΤΟΜΙΔΗΣ Π., ΝΥΜΦΟΠΟΥΛΟΣ Μ., ΘΕΩΔΟΡΟΥΣΗΣ Α., ΗΛΙΑΔΗΣ Α., ΕΠΙΤΡΟΠΟΥ Ν., ΒΟΥΓΙΟΥΚΑΣ Δ., ΡΑΣΣΙΟΥ Α., ΠΑΛΑΙΟΚΩΣΤΑΣ Γ., ΚΑΡΑΝΤΑΣΗ Σ. (2001). Έρευνα λατομικών περιοχών σκληρών αδρανών κατά μήκος της Εγνατίας Οδού. ΙΓΜΕ-ΠΜΚΜ, Θεσσαλονίκη, σελ. 75, (αδημ. έκθεση).
- ΝΤΑΜΠΙΤΖΙΑΣ Σ., ΧΡΥΣΟΣΤΟΜΙΔΗΣ Π., ΜΑΛΤΖΑΡΗΣ Φ. & ΚΑΡΑΤΑΣΟΥ Ε. (2003). Σκληρά αδρανή στον Ελληνικό χώρο. Πετρολογικοί τύποι και ορυκτολογικά-ιστολογικά χαρακτηριστικά. Ημερίδα «Αδρανή πετρώματα και δομικοί λίθοι». Επιτροπή Οικονομικής Γεωλογίας, Ορυκτολογίας, Γεωχημείας της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, Θεσσαλονίκη, 49-63
- ΠΑΛΑΙΟΚΩΣΤΑΣ Γ. & ΒΕΡΑΝΗΣ Ν. (1998). Πρόδρομη έκθεση για τα σκληρά αδρανή πετρώματα για τους αντιολισθηρούς τάπητες και σκύρα σιδηροδρομικής γραμμής. Το κοίτασμα σκληρών αδρανών από βασάλτη-

- διαβάση στην περιοχή Λυκοπήγαδα Λαγκαδακίων του Ν. Γρεβενών. ΙΓΜΕ-ΠΜΔΜ, Κοζάνη, σελ. 43, (αδημ. έκθεση).
- ΠΤΠ Α-250 (1966). Πρότυπος Τεχνική Προδιαγραφή Ο-155, Κατασκευή βάσεως οδοστρωμάτων δι' αδρανών υλικών σταθεροποιημένου τύπου. Υπουργείο Δημοσίων Έργων, Εγκύκλιος Γ.2517/28.2.1966, Αθήνα.
- ΠΤΠ Α-260 (1966). Πρότυπος Τεχνική Προδιαγραφή, Ασφαλτικές βάσεις δι' ασφαλτομίγματος εν θερμώ παρασκευαζομένου εν μονίμω εγκαταστάσει. Υπουργείο Δημοσίων Έργων, Εγκύκλιος Γ.24/1966, Αθήνα.
- ΠΤΠ Α-265 (1966). Πρότυπος Τεχνική Προδιαγραφή, Ασφαλικό σκυρόδεμα. Υπουργείο Δημοσίων Έργων, Εγκύκλιος Γ.22/1966, Αθήνα.
- ΠΤΠ Ο-150 (1966). Πρότυπος Τεχνική Προδιαγραφή Ο-150, Κατασκευή υποβάσεων οδοστρωμάτων δι' αδρανών υλικών σταθεροποιημένου τύπου. Υπουργείο Δημοσίων Έργων, Εγκύκλιος Γ.2516/28.2.1966, Αθήνα.
- ΠΤΠ Ο-155 (1966). Πρότυπος Τεχνική Προδιαγραφή Ο-155, Κατασκευή βάσεως οδοστρωμάτων δι' αδρανών υλικών σταθεροποιημένου τύπου. Υπουργείο Δημοσίων Έργων, Εγκύκλιος Γ.2517/28.2.1966, Αθήνα.
- ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ (Τ.Ε.Ε.). Οδηγοί Δομικών Υλικών.
www.tee.gr.
- ΤΣΙΡΑΜΠΙΔΗΣ Α. (1993). Πετρολογία Ιζηματογενών Πετρωμάτων. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ. 236.
- ΤΣΙΡΑΜΠΙΔΗΣ Α. (2003). Ελαφρά αδρανή και χαλαζιακή άμμος: Ιδιότητες – παραγωγή – είδη. Ημερίδα «Αδρανή πετρώματα και δομικοί λίθοι». Επιτροπή Οικονομικής Γεωλογίας, Ορυκτολογίας, Γεωχημείας της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, Θεσσαλονίκη, 23-47.
- ΥΠΕΧΩΔΕ (1985). Τεχνικές οδηγίες για κατασκευή αντισισθηρής στρώσης; από ασφαλικό σκυρόδεμα. 1985, Αθήνα.
- ΦΕΚ 15/Α'/15.2.1993. Τροποποίηση, αντικατάσταση και συμπλήρωση διατάξεων του Ν.1428/1984 "Εκμετάλλευση λατομείων, αδρανών υλικών και άλλες διατάξεις".
- ΦΕΚ 43/Α'/11.4.1984. "Εκμετάλλευση λατομείων, αδρανών υλικών και άλλες διατάξεις".

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αδρανή ονομάζονται τα κοκκομετρικώς διαβαθμισμένα ορυκτής ή βιομηχανικής προέλευσης υλικά που χρησιμοποιούνται είτε με συγκολλητικό μέσο (σκυρόδεμα, ασφαλτόμιγμα) είτε αυτούσια (έρμα σιδηροδρομικών γραμμών, στραγγηστηρίων, φράγματα, αναβαθμίδες ποταμών, λιμενικά έργα) σε ποικίλα τεχνικά έργα. Τα αδρανή υλικά προσφέρουν όγκο και υψηλότερη αντοχή στις διάφορες τεχνικές κατασκευές. Δεν αντιδρούν χημικά με τις διάφορες συγκολλητικές ύλες αλλά παρουσιάζουν φυσική συνοχή λόγω της γεωμετρικής ταξινόμησης των κόκκων τους και του βάρους τους.

Τα αδρανή υλικά διακρίνονται σε οικογένειες με τα εξής κριτήρια:

Με βάση την προέλευσή τους

- Φυσικής προέλευσης
- Τεχνητά ή βιομηχανικά
- Ανακυκλωμένα

Με βάση την πηγή λήψης

- «Φυσικά» ή συλλεκτά αδρανή
- Αδρανή λατομείων

Με βάση το ειδικό τους βάρος

- Κανονικού ειδικού βάρους
- Ελαφροβαρή
- Βαρέα

Με βάση το μέγεθος των κόκκων

- Χονδρόκοκκα
- Λεπτόκοκκα
- Παιπάλη (Filler)

Με βάση τις χρήσεις τους τα αδρανή μπορούν να καταταχθούν σε έξι (6) βασικές κατηγορίες:

- Αδρανή υλικά για βάσεις και υποβάσεις σταθεροποιημένες ή όχι στην οδοποιία
- Αδρανή για την παρασκευή σκυροδέματος

- Αδρανή για την παραγωγή ασφαλτομιγμάτων
- Αδρανή κονιαμάτων
- Αδρανή για ογκόλιθους σε υδραυλικά και λιμενικά έργα
- Αδρανή για έρμα σιδηροδρομικής γραμμής

Στην οδοποιία, χρησιμοποιούνται αδρανή υλικά, ασύνδετα ή σταθεροποιημένα με συνδετικό υλικό, για την κατασκευή στρώσεων βάσεων ή υποβάσεων. Τα αδρανή υλικά που χρησιμοποιούνται σε βάσεις ή υποβάσεις μπορεί να είναι τα εξής: Φυσικά αδρανή (natural aggregates) ή θραυστά (αδρανή λατομείων). Σύμφωνα με το ευρωπαϊκό πρότυπο έχουμε επίσης και τις ακόλουθες κατηγορίες: α) Τεχνητά αδρανή (manufactured aggregates) β) Ανακυκλωμένα αδρανή (recycled aggregates).

Η ουσιαστική αλλαγή είναι ότι το νέο ευρωπαϊκό πρότυπο εισάγει την ορυκτολογική και πετρογραφική εξέταση του προοριζόμενου πετρώματος για χρήση αδρανών.

Τα αδρανή υλικά θα πρέπει να ικανοποιούν ορισμένες απαιτήσεις για να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν στο σκυρόδεμα. Όταν το τσιμέντο είναι αργιλικό, το πέτρωμα προέλευσης των αδρανών δεν πρέπει να είναι αλκαλικής ή αργιλικής φύσης. Ειδικότερα πρέπει να αποφεύγονται πετρώματα και ορυκτά που μπορεί να προκαλέσουν αντίδραση με τα αλκάλια του τσιμέντου. Τέτοια πετρώματα μπορεί να είναι δολομιτικά πετρώματα, ζεόλιθοι, υαλώδεις έως κρυπτοκρυσταλλικοί ρυόλιθοι, δακίτες, λατίτες, ανδεσίτες. Επικίνδυνα ορυκτά είναι ο οπάλιος, χαλκηδόνιος, τριδυμίτης, χριστοβαλίτης. Στα παραπάνω ορυκτά και πετρώματα λόγω του περιεχόμενου άμορφου πυριτίου υπάρχει ο κίνδυνος διογκώσεως, ρηγματώσεως και μείωσης της αντοχής του σκυροδέματος.

Η αποσάθρωση του σκυροδέματος λόγω αλκαλοπυριτικής αντίδρασης οφείλεται σε αντίδραση των αλκαλίων του τσιμέντου με συγκεκριμένο είδος πυριτικών αδρανών που περιέχουν συγκεκριμένο είδος άμορφου SiO_2 . Η αντίδραση αυτή προκαλεί διόγκωση στην οποία οφείλεται η αποσάθρωση του σκυροδέματος. Οι παρατηρήσεις μας για το Νέο Ευρωπαϊκό Πρότυπο είναι: Επιτρέπει τη χρησιμοποίηση ανακυκλούμενων αδρανών δίνοντας έτσι λύση στο πρόβλημα α) της εξοντωτικής εκμετάλλευσης, β) της αντιαισθητικής εικόνας των θέσεων εξόρυξης (εικόνα

σεληνιακού τοπίου σε κάποιες περιοχές), αν και τα τελευταία χρόνια γίνεται αποκατάσταση του τοπίου (φύτευση δέντρων) και γ) στο πρόβλημα της απόθεσης των υλικών κατεδάφισης των οικοδομών αφού αυτά μετά από επεξεργασία μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Βελτιώνει ή εισάγει νέες δοκιμές με τελικό αποτέλεσμα την καλύτερη ποιότητα των κατασκευών.

Δίνει σημαντικό ρόλο στους γεωλόγους αφού επιβάλλει την πετρογραφική εξέταση- ορυκτολογική ανάλυση των αρχικών πετρωμάτων των αδρανών και την ονοματολογία του πετρώματος..

Τα αδρανή που χρησιμοποιούνται για ασφαλικά μίγματα πρέπει να προέρχονται πάντα από θραύση και να μη χρησιμοποιούνται στην πρωτογενή τους μορφή, ώστε να προκύπτουν υγιείς γωνιώδεις και τραχείς επιφάνειες και το σχήμα των κόκκων να είναι ομοιόμορφο. Το πρόβλημα της ολισθηρότητας των οδοστρωμάτων οδήγησε στην ανάγκη κατασκευής αντιολισθηρών στρώσεων και στην έρευνα «σκληρών» αδρανών που χρησιμοποιούνται σε αυτή. Για την κατασκευή των αντιολισθηρών στρώσεων χρησιμοποιούνται αδρανή ειδικών χρήσεων παρουσιάζουν δηλαδή υψηλή αντοχή και κυρίως ανθεκτικότητα. Ο ρόλος των αδρανών στην αντιολισθηρή στρώση είναι να δώσουν σε αυτήν μεγάλη διάρκεια ζωής και να έχουν μεγάλη αντίσταση στην ολίσθηση. Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει να διατηρούν την μικροϋφή και τη μακροϋφή του ασφαλτοτάπητα.

Τέτοια πετρώματα είναι τα όξινα και βασικά πλουτωνικά, τα όξινα ενδιάμεσα και βασικά ηφαιστειακά, χαλαζίτες, ψαμμίτες και οι συμπαγείς σκουριές υψικαμίνων.

ABSTRACT

Aggregates are distinguished into families based on the following criteria

Origin

- Natural
- Manufactured or industrial
- Recycled

Source

- Natural
- Crushed

Specific weight

- Normal
- lightweight
- Heavy

Grain size

- Coarse aggregate
- fine aggregate
- Filler aggregate

Aggregates can be classified in to six (6) categories, according to their use:

- Aggregates for unbound and hydraulically bound materials.
- Aggregates for concrete.
- Aggregates for bituminous mixtures.
- Aggregates for mortar.
- Armourstones.
- Aggregates for railway track ballast.

The aggregates that are used for unbound and hydraulically bound materials can be one of the following: natural aggregates or crushed aggregates. According to the

new European standard there are also the following categories: a) manufactured aggregates b) recycled aggregates.

The disintegration of concrete due to alkali-silica reaction is caused by the chemical reaction of alkali (in concrete) with a certain kind of amorphous SiO_2 . This reaction results in to the expansion of concrete and finally to the disintegration of it

Aggregates that are used for bituminous mixtures must always be a product of crushing and never used in their original form. In this way rough, angular and healthy surfaces are produced and the shape of grains is uniform. The problem of slippery road surfaces led to the need of the construction of antiskid layers and to the research of “hard” aggregates. For the construction of antiskid layers special aggregates are used, which exhibit high strength and durability. The role of the aggregates in the antiskid layer is to give long life and high resistance in skidding. In order to achieve this, they should maintain the fine texture (microtexture) and coarse texture (macrotexture) of the bituminous mixture. Such rocks are the acid, intermediate and basic igneous, quartzites, sandstones and slags.