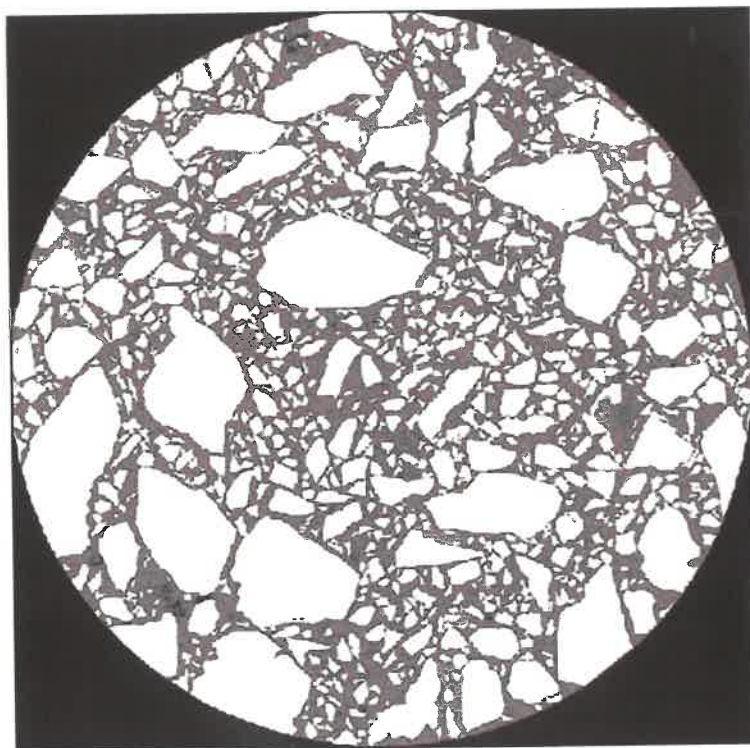


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΑΣ
ΣΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΗΣ
ΔΟΜΗΣ ΑΣΦΑΛΤΟΥ ΚΑΙ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ



Όνομ/νο φοιτητή: **ΚΟΡΕΛΑΣ ΑΓΓΕΛΟΣ**

Επόπτες: **Α. ΜΠΑΛΛΗΣ** - **Σ. ΚΟΛΙΑΣ**

Λέκτορας

Αν. Καθηγητής

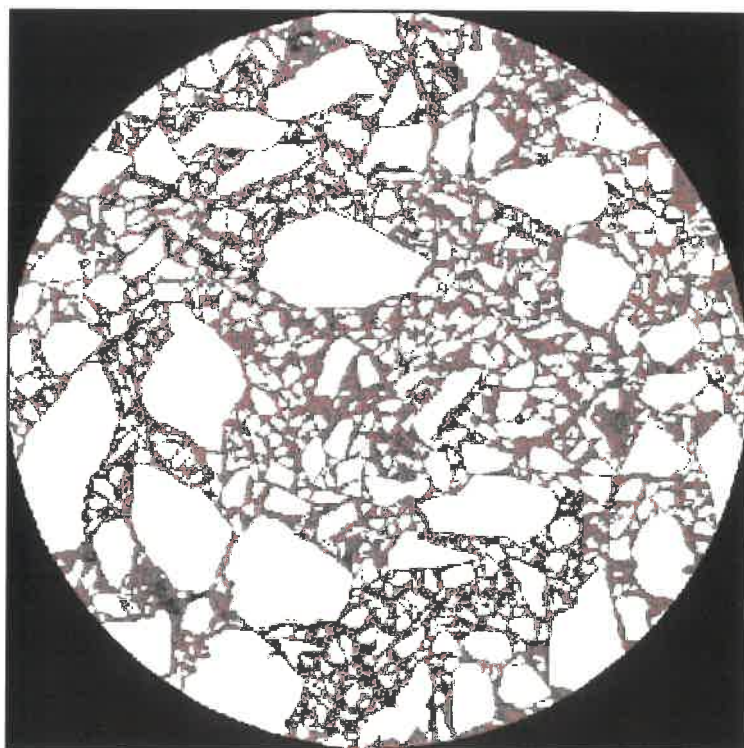
ΜΑΡΤΙΟΣ 2004

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΑΣ
ΣΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΗΣ
ΔΟΜΗΣ ΑΣΦΑΛΤΟΥ ΚΑΙ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ



Όνομ/νο φοιτητή: **ΚΟΡΕΛΑΣ ΑΓΓΕΛΟΣ**

Επόπτης: Α. ΜΠΑΛΛΗΣ, Λέκτορας Ε.Μ.Π.

ΜΑΡΤΙΟΣ 2004

Σύνοψη

Τίτλος: «Εφαρμογή τεχνικών επεξεργασίας εικόνας στη διερεύνηση χαρακτηριστικών της δομής ασφάλτου και σκυροδέματος».

Όνομα: Κορέλας Άγγελος

Επόπτης: Μπαλλής Αθανάσιος

2004

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά στην εφαρμογή οπτικής μεθόδου για την διερεύνηση των χαρακτηριστικών της δομής δοκιμίων ασφαλτομίγματος και σκυροδέματος. Τα χαρακτηριστικά που εξετάζονται είναι η κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών, η κατανομή τους καθ' ύψος του δοκιμίου, ο προσανατολισμός τους μέσα στην μάζα του δοκιμίου και η μορφή των κόκκων. Τα αποτελέσματα της οπτικής μεθόδου συγκρίνονται με αυτά που προκύπτουν από τους αντίστοιχους εργαστηριακούς ελέγχους. Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στον προσδιορισμό της ακρίβειας της οπτικής μεθόδου καθώς η δομή των υλικών είναι τρισδιάστατη ενώ τα στοιχεία που λαμβάνονται από την ανάλυση εικόνων σε διάφορες τομές αναφέρονται σε δισδιάστατο επίπεδο. Για την εφαρμογή της μεθόδου απαιτείται κοπή των δοκιμίων σε οριζόντιες και κατακόρυφες τομές, σάρωση των τομών και επεξεργασία των εικόνων που προκύπτουν, ώστε να διαχωριστούν τα αδρανή από την άσφαλτο και τα κενά αέρος. Απαιτείται επίσης κατάλληλος εξοπλισμός και λογισμικό. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι ότι με την οπτική μέθοδο είναι δυνατό να προσδιορισθούν:

- I) Η κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών (προσεγγιστικά) εξετάζοντας ένα περιορισμένο αριθμό τομών, που εξαρτάται από το μέγεθος των αδρανών. Κατά προτίμηση οι τομές πρέπει να λαμβάνονται από το μέσο του δοκιμίου κατά την οριζόντια διεύθυνση.
- II) Ο προσανατολισμός των αδρανών και η κατανομή τους μέσα στην μάζα του δοκιμίου. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα χαρακτηριστικά αυτά δεν είναι δυνατό να προσδιορισθούν με συμβατικές εργαστηριακές μεθόδους.

Το μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι ο διαχωρισμός των αδρανών απαιτεί επίπονη εργασία και μεγάλο χρονικό διάστημα σε σχέση με την συμβατική μέθοδο.

Λέξεις κλειδιά : Σάρωση, Ανάλυση, Χρωματικό βάθος, Οπτική μέθοδος, Επεξεργασία εικόνας, Χαρακτηριστικά δομής, Κοκκομετρική διαβάθμιση, Προσανατολισμός αδρανών, Κατανομή αδρανών.

Abstract

Title: Application of techniques of digital image processing to the inspection of the characteristics of the microstructure of the asphalt and the concrete.

Name: Korelas Angelos

Supervisor: Ballis Athanasius

2004

The present diploma thesis is referred to the application of the optical method to the inspection of the characteristics of the microstructure of the asphalt mix and the

concrete. The characteristics that are examined are the sieve gradation of the aggregates, their distribution vertically, their orientation within the mass of the specimen and the shape of the aggregates. The results of the optical method are compared with those of the respective laboratory tests. A major task is the definition of the accuracy of the optical method since the fabric of the materials is three dimensional while the elements that are processed during image processing are two dimensional. What is required for the application is the cut of the proofs to vertical and horizontal sections, scanning of these sections and processing of the images that come up, in order to separate the aggregates from the asphalt and the air voids. Additionally, specific and proper equipment and software are also required. The conclusion that comes up is that the application of the optical method can lead to the definition of:

- I) The sieve gradation of the aggregates (at least approximately) by examining a limited number of sections that depends on the magnitude of the aggregates. Preferably, the cuts should be made horizontal at the middle of the proof.
- II) The orientation of the aggregates and the distribution within the mass of the proof. It should be mentioned that these characteristics can't be defined by the conventional laboratory tests.

The disadvantage of the method is that the separation of the aggregates requires laborious work and much time, at least much more than the conventional method requires.

Key words: Scanning, Resolution, Color depth, Optical method, Image processing, Microstructure characteristics, Gradation of aggregates, Orientation of aggregates, Aggregate distribution.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΓΕΝΙΚΑ

1.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ. 1-2
1.2	ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ	2-4
1.2.1	ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ	4
1.2.2	ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ	5-6
1.2.3	ΚΑΤΑΣΤΡΕΠΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΕΠΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	6-7
1.3	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΥΛΙΚΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ	7
1.3.1	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ	7-11
1.3.2	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	11-14
1.3.2.1	Τύπος συμβατικών δοκιμών ασφαλτομίγματος και σκυροδέματος.	14
1.3.3	ΕΛΕΓΧΟΙ ΠΡΙΝ, ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	14-15
1.3.3.1	Έλεγχοι πριν από την κατασκευή.	15-16
1.3.3.2	Έλεγχοι κατά την φάση εργασιών της κατασκευής.	16-17
1.3.3.3	Δομική και λειτουργική αξιολόγηση της κατάστασης υφιστάμενου οδοστρώματος.	17-19
1.4	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΜΙΑΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	19-21

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΣΦΑΛΤΙΚΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ.

2.1	ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ / ΟΡΙΣΜΟΙ	23
2.2	ΔΙΑΠΙΣΤΕΥΜΕΝΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ	23-24
2.3	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	24
2.3.1	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	24-27
2.4	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ	28
2.4.1	ΕΚΧΥΛΙΣΗ ΤΟΥ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ – ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΣΦΑΛΤΟΥ	28-30
2.4.2	Η ΔΟΚΙΜΗ MARSHALL	30
2.4.2.1.	Παρασκευή Δοκιμών Marshall.	30-32
2.4.2.2.	Ειδικό Βάρος - Ποσοστό Κενών Δοκιμών Marshall.	32-37
2.4.2.3.	Έλεγχος σε Ευστάθεια και Παραμόρφωση.	37-39

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ

3.1	Η ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ	40
3.2	ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	40-41
3.3	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΑΡΩΤΩΝ ΚΑΙ ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥΣ	41-43
3.3.1	ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΑΡΩΤΩΝ	43-50
3.3.2	ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ	50-51
3.3.3	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΣΑΡΩΤΩΝ	51-52
3.4	ΒΑΣΙΚΑ ΒΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ	53-55
3.5	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΤΟ ΧΡΩΜΑΤΙΚΟ	

	ΒΑΘΟΣ	55-61
3.6	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΙ ΤΥΠΟΙ ΑΡΧΕΙΩΝ ΓΙΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΕΙΚΟΝΩΝ	61-63
3.6.1	ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΤΥΠΟΙ ΑΡΧΕΙΩΝ - ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΑΡΧΕΙΩΝ	63-64
3.6.2	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΥΠΩΝ ΑΡΧΕΙΩΝ	64-66
3.6.3	ΣΧΕΣΗ ΤΥΠΟΥ ΑΡΧΕΙΟΥ ΚΑΙ ΧΡΩΜΑΤΙΚΟΥ ΒΑΘΟΥΣ	66-67
3.7	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΣΑΡΩΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ	68-74
3.8	ΟΙ ΤΑΣΕΙΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΣΤΟΥΣ ΣΑΡΩΤΕΣ	75
3.9	ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	75-76

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΑΣΦ/ΤΩΝ ΚΑΙ ΣΚΥΡ/ΤΟΣ ΜΕ ΟΠΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟ

4.1	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΩΝ	78
4.2	ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	78
4.2.1	ΚΟΠΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ MARSHALL	78-81
4.2.2	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ MARSHALL	81-85
4.2.3	ΛΗΨΗ ΕΙΚΟΝΩΝ ΤΟΜΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΜΕ ΣΑΡΩΤΗ	86
4.3	ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΑΣ	86
4.3.1	ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΣΑΡΩΣΗΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	87
4.3.2	ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	87-95
4.3.3	ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΑΔΡΑΝΩΝ	95-103
4.3.4	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΣΦΑΛΤΟΥ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ "IMAGEPRO"	103-112
4.3.5	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΑΔΡΑΝΗ ΜΕΣΩ ΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΦΥΛΛΟΥ	112-113
4.4	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ	113
4.4.1	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗΣ ΤΟΜΗΣ	114-121
4.4.2	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΣΕ ΠΑΡΑΛΛΗΛΕΣ ΤΟΜΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ.	122-133
4.4.3	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΣΕ ΠΑΡΑΛΛΗΛΕΣ ΤΟΜΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ.	134-135
4.5	ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΟΜΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ.	136-137

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΑΡΩΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΜΕ ΑΚΤΙΝΕΣ - Χ

5.1	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΟΠΤΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ	138
5.2	ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΑΣΦ/ΤΟΣ ΜΕ ΑΚΤΙΝΕΣ - Χ	138-139
5.2.1	ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ.	140-142
5.3	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	142

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1	ΓΕΝΙΚΑ	143-144
6.2	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΕΝΑΝΤΙ ΤΗΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ	144
6.2.1	ΧΡΟΝΟΣ ΠΟΥ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΩΝ	144-145
6.2.2	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	145-147
6.2.3	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ	147
6.2.4	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΚΟΣΤΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΘΕ ΜΕΘΟΔΟΥ	147
6.3	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΟΠΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟ	147-149
6.4	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΑΔΡΑΝΩΝ	149

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 – ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

7.1	ΓΕΝΙΚΑ	150-151
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1		152-162
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2		163-176
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		177-178

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΓΕΝΙΚΑ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για την υλοποίηση της ποιότητας απαιτούνται έλεγχοι και δοκιμές, που πραγματοποιούνται με μετρήσεις και διασφαλίζουν ότι ένα προϊόν συμμορφώνεται με τα πρότυπα και τις προδιαγεγραμμένες απαιτήσεις. Η αξιοπιστία των μετρήσεων εξασφαλίζεται με τον έλεγχο της ακρίβειας των μετρητικών οργάνων και τον έλεγχο των ικανοτήτων των απασχολούμενων με τις μετρήσεις.

Σκοπός της τεχνικής των μετρήσεων και του εργαστηριακού ελέγχου είναι η μέτρηση φυσικών μεγεθών τεχνικών υλικών, μελών κατασκευών και κατασκευών, για τη μελέτη των ιδιοτήτων τους και την εξαγωγή συμπερασμάτων για τη συμπεριφορά τους σε διάφορες καταπονήσεις. Με τον όρο "μέτρηση" εννοείται ο πειραματικός προσδιορισμός μιας τιμής ενός φυσικού μεγέθους (όπως π.χ πραγματική πυκνότητα, φαινόμενη πυκνότητα, κ.α) ή μιας φυσικοχημικής ιδιότητας (όπως π.χ η στατική αντοχή, η παραμόρφωση ενός δοκιμίου κάτω από συγκεκριμένη φόρτιση, η ιξώδης συμπεριφορά, το εργάσιμο, κ.α) . Σήμερα με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και την ολοένα ευρύτερη χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών στην τεχνολογία των υλικών προκύπτουν νέα δεδομένα και οι Κανονισμοί Τεχνολογίας (π.χ Κανονισμός Τεχνολογίας Χαλύβων (Κ.Τ.Χ) και Σκυροδέματος (Κ.Τ.Σ)) γίνονται πιο «αυστηροί» στις απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιούν τα διάφορα υλικά που συνθέτουν μία κατασκευή.

Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζεται η ανάγκη εργαστηριακού ελέγχου στα πλαίσια μιας ευρύτερης επιστημονικής περιοχής που καλύπτει την επιστήμη του Πολιτικού Μηχανικού. Έτσι γίνεται αναφορά στους απαιτούμενους εργαστηριακούς ελέγχους σε μερικά από τα πιο βασικά υλικά (από άποψη ευρύτερης χρήσης τους στο σύνολο των τεχνικών έργων), όπως είναι το **σκυρόδεμα** και η **άσφαλτος**. Οι φυσικοχημικές ιδιότητες (ή τα μηχανικά χαρακτηριστικά) των επιμέρους συστατικών που συνθέτουν τα παραπάνω υλικά επηρεάζουν την συμπεριφορά αυτών των υλικών. Έτσι από τον εργαστηριακό έλεγχο των επιμέρους συστατικών προσδιορίζονται οι κυριότεροι παράγοντες που τα επηρεάζουν και στην συνέχεια καθορίζονται οι δοκιμές στις οποίες επιβάλλονται **συμβατικά** δοκίμια των υλικών αυτών. Ακόμη γίνεται αναφορά στους υπάρχοντες Κανονισμούς Τεχνολογίας Υλικών που καθορίζουν τα επιτρεπτά όρια οι τιμές των παραπάνω ιδιοτήτων τις απαιτήσεις τις οποίες πρέπει να ικανοποιούν τα υλικά ώστε να θεωρούνται ικανοποιητικής ποιότητας και να γίνονται αποδεκτά (οι τιμές των παραπάνω ιδιοτήτων πρέπει να βρίσκονται εντός των επιτρεπτών ορίων). Επίσης καθορίζονται οι επιπτώσεις που έχει π.χ η μη βέλτιστη σύνθεση των υλικών ή η εκτός ορίων κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών κ.α στις κατασκευές, από άποψη αντοχής, ανθεκτικότητας και λειτουργικότητας.

Στο 1^ο κεφάλαιο γίνεται αναφορά γενικά στην ανάγκη του ποιοτικού ελέγχου στα πλαίσια της μελέτης της συμπεριφοράς υλικών όπως το σκυρόδεμα και τα ασφ/τα. Επειδή όμως τα δοκίμια που εξετάζονται σε επόμενα κεφάλαια είναι δοκίμια ασφ/τος δίνεται έμφαση κυρίως στους ελέγχους που γίνονται γενικά σε ασφ/τα. Στο 2^ο κεφάλαιο αναφέρονται οι κυριότεροι εργαστηριακοί έλεγχοι που γίνονται στα ασφαλτομίγματα και που αφορούν κυρίως συμβατικά δοκίμια Marshall. Οι έλεγχοι αυτοί είναι άμεσα συνδεδεμένοι με την οπτική μέθοδο, με την οποία διερευνώνται χαρακτηριστικά της δομής της ασφάλτου και του σκυροδέματος και που περιγράφεται στο 4^ο κεφάλαιο. Στο 3^ο κεφάλαιο γίνεται αναφορά για την τεχνολογία της σάρωσης

και τον τρόπο με τον οποίο έχει εισέλθει τα τελευταία χρόνια στην μελέτη υλικών που σχετίζονται με τα έργα με τα οποία ασχολείται ο Πολιτικός Μηχανικός. Στο **4^ο κεφάλαιο** αναπτύσσεται διεξοδικά η διαδικασία της οπτικής μεθόδου, με την οποία εξετάζεται κατά πόσο είναι εφικτό να προσεγγιστεί η πραγματική κοκκομετρική ανάλυση ενός ασφ/τος, όπως αυτή έχει προκύψει με την συμβατική μέθοδο της δοκιμής εκχύλισης, με την κοκκομετρική διαβάθμιση που προκύπτει από την ψηφιακή επεξεργασία εικόνων των τομών ενός δοκιμίου. Στο **5^ο κεφάλαιο** αναφέρεται μια άλλη μέθοδος ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας που αντί για σαρωτές, ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές ή κάμερες απαιτεί την χρήση ακτίνων – X για την λήψη εικόνων από ένα δοκίμιο. Για την εφαρμογή της μεθόδου, σε αντίθεση με την οπτική μέθοδο, δεν απαιτείται η τομή του δοκιμίου για την λήψη εικόνων. Στο **6^ο κεφάλαιο** παρατίθενται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα από την χρήση της οπτικής μεθόδου έναντι της συμβατικής μεθόδου. Τέλος στο **7^ο κεφάλαιο** γίνονται κάποιες εισηγήσεις για περαιτέρω έρευνα που σχετίζονται με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και την εξέταση τομών σε περισσότερους τύπους συμβατικών δοκιμών ή σε δοκίμια που έχουν προέλθει από πυρηνοληψία σε ήδη κυκλοφορούντα οδοστρώματα (καρότα).

Η οπτική μέθοδος που αναπτύσσεται στο κεφάλαιο 4, βασίζεται σε τεχνικές επεξεργασίας εικόνων που λαμβάνονται από διάφορες τομές (οριζόντιες ή κατακόρυφες) που γίνονται σε συμβατικά δοκίμια ασφ/τος ή σκυρ/τος (κατασκευή στο εργαστήριο ή σε εργοτάξιο σύμφωνα με συγκεκριμένες προδιαγραφές). Με την μέθοδο αυτή γίνεται προσπάθεια να διερευνηθεί η δομή των παραπάνω υλικών. Το πρόβλημα που αντιμετωπίζεται είναι ότι ενώ η εσωτερική δομή αναφέρεται σε τρισδιάστατο επίπεδο, τα στοιχεία που λαμβάνονται από την ανάλυση εικόνων σε διάφορες τομές π.χ ενός δοκιμίου ασφ/τος αναφέρονται σε δισδιάστατο επίπεδο. Με την οπτική μέθοδο υπολογίζεται κυρίως η κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών αλλά και κάποια άλλα χαρακτηριστικά π.χ ο προσανατολισμός και η κατανομή των αδρανών μέσα στην μάζα ενός δοκιμίου, το ποσοστό κενών αέρος και η κατανομή του σε σχέση με το ύψος του δοκιμίου, ο αριθμός των επαφών των αδρανών κ.α.

Ο εργαστηριακός έλεγχος γίνεται για να ελεγχθεί η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων που λαμβάνονται με την οπτική μέθοδο κυρίως στον υπολογισμό της κοκκομετρικής διαβάθμισης των αδρανών. Είναι όμως δυνατό αν η οπτική μέθοδος εξελιχθεί ακόμα περισσότερο να χρησιμοποιηθεί παράλληλα με τον εργαστηριακό έλεγχο. Για παράδειγμα η διερεύνηση της εσωτερικής δομής τόσο συμβατικών δοκιμών όσο και δοκιμών που προέρχονται από πυρηνοληψία (καρότα) είναι δυνατό να οδηγήσει σε σημαντικά συμπεράσματα για τις μεθόδους συμπίκνωσης που εφαρμόζονται εργαστηριακά αλλά και για την συμπίκνωση που γίνεται σε διάφορα έργα. Οι συμβατικοί εργαστηριακοί έλεγχοι σε ασφ/τα όπως π.χ η δοκιμή εκχύλισης, η δοκιμή ευστάθειας και παραμόρφωσης δεν είναι δυνατό να εξετάσουν χαρακτηριστικά όπως ο προσανατολισμός και η κατανομή των αδρανών μέσα στην μάζα ενός δοκιμίου ή η κατανομή του ποσοστού κενών σε σχέση με το ύψος του δοκιμίου ή ο αριθμός των επαφών των αδρανών. Τα χαρακτηριστικά είναι άμεσα συνδεδεμένα με μηχανικά χαρακτηριστικά των ασφ/των και εξαρτώνται από τις διάφορες μεθόδους συμπίκνωσης που εφαρμόζονται. Τέτοιου είδους χαρακτηριστικά είναι δυνατό να μελετηθούν με την ανάπτυξη οπτικών μεθόδων, όπως αυτή που παρουσιάζεται στην συνέχεια.

1.2 ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Η ποιότητα ενός τεχνικού έργου χαρακτηρίζεται από την ικανότητά του να παρέχει ένα σύνολο λειτουργιών, που ικανοποιούν τις συγκεκριμένες, προκαθορισμένες και

συνεπαγόμενες (π.χ. νομοθεσία) ανάγκες των χρηστών του, για ένα επιθυμητό χρονικό διάστημα και με ένα επιθυμητό κόστος. Οι λειτουργίες που παρέχει ένα τεχνικό έργο καθορίζονται κατά τα στάδια σχεδιασμού με βάση συγκεκριμένες απαιτήσεις του Κυρίου του Έργου (ΚτΕ). Η επίτευξη της ποιότητας αποτελεί αρμοδιότητα και ευθύνη του ΚτΕ. Ο ΚτΕ είναι αρμόδιος γιατί είναι εκείνος που θα καθορίσει τις απαιτήσεις (χρόνος, κόστος, επιδόσεις / τεχνικά χαρακτηριστικά) και θα διασφαλίσει ότι αυτές ικανοποιούνται σε κάθε στάδιο, από εκείνους που μετέχουν στην υλοποίηση του έργου. Οι απαιτήσεις αυτές έχουν κατά κανόνα σχέση με:

- Την λειτουργικότητα
- Την ανθεκτικότητα
- Την αντοχή
- Την αισθητική
- Την συντηρησιμότητα
- Την οικονομία
- Την ασφάλεια και
- Τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Στο κεφάλαιο αυτό ορίζονται οι απαιτούμενοι έλεγχοι για την εξασφάλιση της ποιότητας της μελέτης ή και της κατασκευής, ως καθαρά παραγωγικές διαδικασίες, αλλά γενικά ο έλεγχος της ποιότητας καλύπτει και την ποιότητα των εξυπηρετήσεων / λειτουργιών τις οποίες αναμένουν οι χρήστες κατά την διάρκεια της ζωής ενός έργου.

- **Ποιοτικός έλεγχος:** ο ποιοτικός έλεγχος περιλαμβάνει τον συνδυασμό κάποιων ενεργειών και αποφάσεων που λαμβάνονται σύμφωνα με τις προδιαγραφές. Επίσης περιλαμβάνει ελέγχους που εξασφαλίζουν την ικανοποίηση των αποφάσεων. Ο ποιοτικός έλεγχος αποτελείται από δύο διαφορετικά αλλά αλληλοεξαρτώμενα μέρη, τον έλεγχο παραγωγής και τον έλεγχο συμμόρφωσης.
 - **Έλεγχος παραγωγής:** περιλαμβάνει τον συνδυασμό κάποιων ενεργειών που λαμβάνονται κατά την διάρκεια της παραγωγής για τον έλεγχο των εργασιών παραγωγής και για την εξασφάλιση της ικανοποίησης των όρων των προδιαγραφών.
 - **Έλεγχος συμμόρφωσης:** συμπεριλαμβάνει συνδυασμό ενεργειών και αποφάσεων με προσυμφωνημένους κανόνες, για έλεγχο της συμμόρφωσης (καταλληλότητας) του προϊόντος σύμφωνα με τις προδιαγραφές. Η συμμόρφωση ή μη συμμόρφωση σχετίζεται με μια πρώτη απόφαση. Η συμμόρφωση οδηγεί σε αποδοχή ενώ η μη συμμόρφωση σε κάποιες άλλες ενέργειες.

Ο έλεγχος παραγωγής και συμμόρφωσης μπορεί να συμπεριλαμβάνει κοινές ενέργειες ή χωριστές ενέργειες ή συνδυασμένες ενέργειες (π.χ μία κοινή ενέργεια είναι ο έλεγχος υλικών και συστατικών). Στον έλεγχο συμμόρφωσης μπορεί να ληφθεί υπόψη οποιαδήποτε αξιόπιστη δοκιμή, συμπεριλαμβανομένων των δοκιμών ελέγχου παραγωγής, με την προϋπόθεση ότι αυτό θα έχει συμφωνηθεί από πριν.

Οι **κανόνες συμμόρφωσης** είναι μια ομάδα κανόνων που συμπεριλαμβάνει τον καθορισμό του μεγέθους του δείγματος που θα εξετασθεί, την συχνότητα της δειγματοληψίας και τα κριτήρια αποδοχής. Τα κριτήρια αποδοχής σχετίζονται με την

στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων που λαμβάνονται στα διάφορα στάδια ελέγχου και τα απαιτούμενα επιτρεπτά όρια που επιβάλλονται από τους κανονισμούς. Η **αποδοχή / απόρριψη** σχετίζεται με την τελική απόφαση. Η μη συμμόρφωση μπορεί να οδηγήσει σε αποδοχή ή απόρριψη.

Ο ποιοτικός έλεγχος περιλαμβάνει τους ακόλουθους συστηματικούς ελέγχους των υλικών, των μεθόδων κατασκευής και των τελικών προϊόντων κατασκευής:

- **Επιθεώρηση:** π.χ αναγνώριση υλικών. Η επιθεώρηση των υλικών αφορά τον χαρακτηρισμό τους και την συμφωνία τους με τις προδιαγραφές των τευχών έγκρισης.
- **Εργαστηριακός έλεγχος (έλεγχος με την βοήθεια οργάνων μέτρησης):** (π.χ δοκιμές των υλικών για την παραλαβή τους, έλεγχος διαστάσεων, έλεγχος προκατασκευασμένων συμβατικών δοκιμίων, κ.α).

1.2.1 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ.

Οι κυριότεροι οργανισμοί που εκδίδουν Πρότυπα /Προδιαγραφές δοκιμών υλικών είναι οι παρακάτω:

- **ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ**
 - α. ΕΛΟΤ (Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης)
 - β. ΥΠΕΧΩΔΕ
 - i. Σκυρόδεμα (Ε.Κ.Ω.Σ)
 - ii. Χάλυβας οπλισμού σκυροδέματος (Κ.Τ.Χ)
 - iii. Εδαφομηχανική Εργαστηριακές δοκιμές Ε 105 - 86
Επί τόπου δοκιμές Ε 106 - 86.
- **ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΟΙ (Η.Π.Α)**
 - i. ASTM (American Society for Testing and Materials).
 - ii. AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials).
- **ΒΡΕΤΑΝΙΚΟΙ**
 - BSI (British Standard Institution).
- **ΓΕΡΜΑΝΙΚΟΙ**
 - DIN (Deutsche Industrie Normen).
- **ΔΙΕΘΝΕΙΣ**
 - i. Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης, ISO (International Standards Organisation).
 - ii. RILEM (International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures).

Οι Ελληνικοί Κανονισμοί είναι, γενικώς, ελαχιστωτικοί. Για λόγους εθνικής οικονομίας, προδιαγράφουν τα ελάχιστα όρια απαιτήσεων, τα οποία εξασφαλίζουν ανεκτά υλικά και κατασκευές, για ένα προκαθοριζόμενο όριο ζωής. Αυτό όμως δεν αφαιρεί από τον ιδιοκτήτη το δικαίωμα να απαιτήσει ασφαλέστερο ή μακροβιότερο έργο. Π.χ. να ζητήσει σκυρόδεμα ανώτερης κατηγορίας από εκείνο που προβλέπεται στη μελέτη του έργου του, να συμφωνήσει με τον προμηθευτή των υλικών, ή τον κατασκευαστή του έργου, μικρότερο ποσοστό παιπάλης στην άμμο από εκείνο που προβλέπει ο Κανονισμός, ειδική διαβάθμιση αδρανών, συντήρηση επί μακρότερο χρονικό διάστημα κ.α. Αντιθέτως, ο ιδιοκτήτης (ή ο Επιβλέπων) δεν έχει το δικαίωμα να αμβλύνει τις απαιτήσεις του κανονισμού όπου αυτές σαφώς δηλώνονται.

1.2.2 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ.

Όπως προαναφέρθηκε και πιο πάνω, ο έλεγχος συμμόρφωσης επιτρέπει τη λήψη απόφασης συμμόρφωσης ή μη συμμόρφωσης. Ο έλεγχος συμμόρφωσης γίνεται πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής. Οι κανόνες συμμόρφωσης που διέπουν τους παραπάνω ελέγχους, είναι μια ομάδα κανόνων που συμπεριλαμβάνει:

- τον καθορισμό του μεγέθους του δείγματος που θα εξετασθεί (αριθμός δοκιμών),
 - του είδους των δοκιμών (διαστάσεις, μορφή),
 - την συχνότητα της δειγματοληψίας και
 - τα κριτήρια αποδοχής.
- Επιπτώσεις σε περίπτωση μη συμμόρφωσης.

Γενικά, οι Κανονισμοί Τεχνολογίας Υλικών καθορίζουν τα επιτρεπτά όρια τιμών για τις περισσότερες από τις ιδιότητες που πρέπει να έχουν τα υλικά που συνθέτουν το σύνολο των κατασκευών. Η αποδοχή των κατασκευών περιλαμβάνει χωριστές αποφάσεις για κάθε τμήμα του έργου που υπόκειται σε έλεγχο και αποδοχή και μια γενική απόφαση για την συμπεριφορά του έργου ως συνόλου. Έτσι μετά από επιθεώρηση ή αποτελέσματα δοκιμών είναι δυνατό να διαπιστωθούν αμφιβολίες για την ποιότητα του έργου. Οι αμφιβολίες αυτές μπορούν να προέρχονται από σφάλματα στον τρόπο κατασκευής (π.χ διάστρωση, συμπύκνωση κ.α.) αλλά και από μη αποδεκτά αποτελέσματα δοκιμών συμμόρφωσης και πρέπει να γίνεται ειδικός έλεγχος. Αυτός περιλαμβάνει τον έλεγχο της αξιοπιστίας των στοιχείων που έχουν ληφθεί και την εκτίμηση πραγματικής αντοχής και συμπεριφοράς της κατασκευής. Η σειρά των μέτρων που θα ληφθούν έχουν ως σκοπό την διερεύνηση των δυνατοτήτων που προσφέρονται, πριν απορριφθεί η κατασκευή.

- Μη βέλτιστη σύνθεση υλικών.

Οι επιπτώσεις σε μια κατασκευή από μη κατάλληλη επιλογή υλικών ή κακή (εκτός ορίων) αναλογία υλικών, όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, εντοπίζονται τόσο σε λειτουργικό όσο και σε δομικό επίπεδο. Έτσι είναι δυνατό για παράδειγμα, μία εκτός ορίων κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή ενός ασφαλτομίγματος να έχει ως αποτέλεσμα το ασφ/γμα να παρουσιάζει π.χ δυσκολία συμπύκνωσης, μικρή αντίσταση στην κύλιση ή μικρή φέρουσα ικανότητα. Γενικά οι ιδιότητες του ασφ/γματος μπορεί να μη ικανοποιούν τους κανόνες συμμόρφωσης, όπως αυτοί επιβάλλονται από τις Π.Τ.Π. Ο πίνακας 1-1 παρουσιάζει τις κυριότερες ιδιότητες που πρέπει να παρουσιάζει ένα ασφ/γμα ώστε αυτό να θεωρείται λειτουργικά και δομικά επαρκές καθώς επίσης και τους παράγοντες που τις επηρεάζουν.

Για τον έλεγχο συμμόρφωσης μιας κατασκευής αναπτύχθηκαν τα τελευταία χρόνια πολλές μέθοδοι εκτίμησης της συμπεριφοράς της κατασκευής από άποψη αντοχής και λειτουργικότητας για τον χρήστη. Με την ανάπτυξη συστημάτων διαχείρισης των οδοστρωμάτων και με οδικά πειράματα που έγιναν (οδικό πείραμα AASHO, 1956-1960) προέκυψαν σημαντικά συμπεράσματα για την λειτουργική αξιολόγηση, δηλαδή για την αξιολόγηση της επιφανειακής κατάστασης ενός

οδοστρώματος. Ένα από αυτά ήταν και η έννοια του **δείκτη παρούσης λειτουργικότητας (PSI)** ενός οδοστρώματος.

$PSI = P = f(\text{τροχαυλακώσεις, ομαλότητα, ρηγματώσεις, μπαλώματα})$

Όπως φαίνεται και από την εξίσωση ο δείκτης παρούσης λειτουργικότητας είναι συνάρτηση των επιφανειακών χαρακτηριστικών σε ένα οδόστρωμα. Ο δείκτης P λαμβάνει τιμές μεταξύ 0 (ακατάλληλο οδόστρωμα) και 5 (άριστη κατάσταση). Ο δείκτης παρούσης λειτουργικότητας διακρίνεται σε αρχική λειτουργικότητα (P_A), όπου $3,5 \leq P_A \leq 5$ και τελική λειτουργικότητα (P_T), όπου $(0 \leq) 1,5 \leq P_T \leq 2,5$. Όταν ο δείκτης P λαμβάνει τιμές μικρότερες από την τιμή 1,5 διερευνάται αν μπορεί να συντηρηθεί.

Παράγοντες όπως είναι π.χ το είδος των αδρανών, η μορφή και το μέγεθος των κόκκων, το είδος του συνδετικού, η περιεκτικότητα σε συνδετικό υλικό, η σύνθεση του μίγματος, το ποσοστό των κενών αέρος, η παρασκευή και η επεξεργασία (διάστρωση) επηρεάζουν τον παραπάνω δείκτη. Έτσι είναι απαραίτητο, μέσω εργαστηριακού ελέγχου και δοκιμών, να εξετάζεται ποιος από τους παραπάνω παράγοντες ευθύνεται περισσότερο για μια μη αποδεκτή τιμή του δείκτη παρούσης λειτουργικότητας. Είναι δυνατό δύο οδοστρώματα να έχουν την ίδια τιμή PSI αλλά διαφορετικά επιφανειακά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την τιμή του δείκτη, π.χ το ένα οδόστρωμα έχει πολλές ρηγματώσεις ενώ το άλλο μεγάλο πρόβλημα ομαλότητας. Κάνοντας δειγματοληπτικούς ελέγχους στα δύο οδοστρώματα είναι δυνατό να διαπιστωθούν τα κύρια αίτια των παραπάνω αστοχιών. Έτσι αν διαπιστωθεί π.χ ότι στην πρώτη περίπτωση η αιτία εμφάνισης ρηγματώσεων είναι η αστοχία της ασφαλικής στρώσης από κόπωση του ασφ/τος, θα μπορούσε το οδόστρωμα να συντηρηθεί π.χ με επανεπίστρωση, προκειμένου να αυξηθεί ο δείκτης PSI. Αντίθετα στην δεύτερη περίπτωση οι λόγοι αστοχίας είναι πιο σύνθετοι και το οδόστρωμα δεν είναι δυνατό να συντηρηθεί.

1.2.3 ΚΑΤΑΣΤΡΕΠΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΕΠΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την εξέταση της μηχανικής συμπεριφοράς των υλικών που συνθέτουν μια κατασκευή διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

1. Έμμεσες ή μη καταστρεπτικές μέθοδοι. Ονομάζονται έτσι γιατί προσδιορίζουν "έμμεσα" κάποιες ιδιότητες των υλικών (π.χ αντοχή) και επομένως η ακρίβεια εκτιμήσεως τους είναι μειωμένη και εξαρτάται από πολλούς συνήθως παράγοντες. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα 2 ή και 3 μη καταστρεπτικές μέθοδοι σε συνδυασμό με δοκιμές πυρήνων (καρότων) που λαμβάνονται από το έργο σε περιορισμένο αριθμό, λόγω όπως αναφέρθηκε των δυσκολιών της πυρηνοληψίας και των συνεπειών που αυτή επιφέρει στο έργο. Μία από τις πιο γνωστές μη καταστρεπτικές μεθόδους που εφαρμόζονται και στα εργαστήρια Ωπλισμένου Σκυροδέματος και Οδοστρωμάτων του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου είναι ο **προσδιορισμός της ταχύτητας διάδοσης υπερήχων** (βλ. - ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ - ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ - Σ. ΚΟΛΙΑΣ - Α. ΛΟΙΖΟΣ). Με τη δοκιμή αυτή μπορεί έμμεσα να προσδιορισθεί η αντοχή του σκυροδέματος, όμως κυρίως ελέγχεται η ομοιομορφία του σκυροδέματος και προσδιορίζεται η ύπαρξη ρωγμών. Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την εκτίμηση της αντοχής είναι η

θερμοκρασία περιβάλλοντος, η υγρασία το είδος και το μέγεθος του μέγιστου κόκκου αδρανών, η ύπαρξη ρωγμών κ.α. Ως έμμεση ή μη καταστρεπτική μέθοδος χαρακτηρίζεται επίσης η μέθοδος προσδιορισμού της κοκκομετρίας των αδρανών σε ένα δοκίμιο ασφ/τος ή σκυρ/τος η οποία βασίζεται, όπως περιγράφεται αναλυτικά στο 5^ο κεφάλαιο, σε τεχνικές επεξεργασίας εικόνων των τομών ενός δοκιμίου ασφ/τος.

2. Καταστρεπτικές μέθοδοι. Μία από τις πιο συνήθεις καταστρεπτικές μεθόδους που πραγματοποιούνται είναι η δοκιμή θλίψης συμβατικών δοκιμίων ή η δοκιμή εκχύλισης που γίνεται κατά πρώτο λόγο για τον υπολογισμό του ποσοστού ασφάλτου σε ένα ασφαλτόμιγμα και κατά δεύτερο λόγο για την κοκκομετρική ανάλυση των αδρανών του.

1.3 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΥΛΙΚΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ.

Ανάλογα με το είδος των χρησιμοποιούμενων υλικών σε μια κατασκευή εξετάζονται πολλές φορές σε ένα εργαστήριο μερικές από τις βασικές ιδιότητες των υλικών ώστε η κατασκευή να παρουσιάζει την απαιτούμενη αντοχή, ανθεκτικότητα και τις πρόσθετες μηχανικές ιδιότητες που απαιτούνται από τους αντίστοιχους κανονισμούς ανάλογα με το είδος της κατασκευής. Έτσι π.χ η μηχανική συμπεριφορά ενός ευρύτατου πεδίου υλικών (ασφαλτικών υλικών, αδρανών, σκυροδέματος, σταθεροποιημένων υλικών κ.λ.π) και σημαντικές γνώσεις εδαφομηχανικής είναι συνυφασμένες με τον υπολογισμό των οδοστρωμάτων.

Οι δοκιμές ελέγχου είναι δυνατό να πραγματοποιηθούν τόσο πριν από την κατασκευή αλλά και κατά την διάρκεια της κατασκευής. Σε πολλές περιπτώσεις πραγματοποιείται και παρακολούθηση /αξιολόγηση μιας υφιστάμενης κατασκευής, συνήθως όμως μετά από κάποιο είδους αστοχίας της κατασκευής, αφού το νομικό πλαίσιο δεν ξεκαθαρίζει πλήρως την περίπτωση αυτή.

Ο εργαστηριακός έλεγχος, όπως συμπεραίνεται από τα παραπάνω, κρίνεται αναγκαίος για τη μελέτη όχι μόνο των ιδιοτήτων των επιμέρους υλικών που συνθέτουν μία κατασκευή (π.χ για ένα ασφαλτόμιγμα ελέγχονται η άσφαλτος και τα αδρανή) αλλά και της συμπεριφοράς της ίδιας της κατασκευής μέσω της δειγματοληπτικής εξέτασης. Στις παραγράφους που ακολουθούν περιλαμβάνεται η ευρύτερη επιστημονική περιοχή στα πλαίσια της οποίας απαιτείται ο εργαστηριακός έλεγχος για μερικά από τα κυριότερα υλικά που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές όπως π.χ είναι το σκυρόδεμα και η άσφαλτος.

1.3.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ

Το ασφαλτόμιγμα είναι το μίγμα ασφαλικών υλικών μετά αδρανών. Ασφαλικά υλικά καλούνται τα υλικά τα οποία περιέχουν μάλθη, πίσσα και υπόλειμμα πίσσας. Αυτά είτε βρίσκονται στη φύση είτε παρασκευάζονται τεχνητός. Η μάλθη είναι συστατικό της φυσικής ασφάλτου κυρίως όμως λαμβάνεται από απόσταξη του πετρελαίου. Στην συνέχεια αντί του όρου μάλθη θα χρησιμοποιείται ο όρος άσφαλτος. Η πίσσα είναι προϊόν θερμικής διασπάσεως οργανικών φυσικών υλών και λαμβάνεται από ξηρή απόσταξη ή κατά την παρασκευή του μεταλλουργικού κωκ. Αδρανή υλικά καλούνται τα κοκκώδη υλικά, τα οποία προκύπτουν από φυσική ή τεχνική θραύση των πετρωμάτων καθώς και μερικά τεχνητά υλικά (π.χ σκωρία υψικαμίνων).

Όπως γίνεται κατανοητό η μελέτη των ιδιοτήτων των επιμέρους υλικών που συνθέτουν ένα ασφαλτόμιγμα είναι αναγκαία για την τελική σύνθεση του ασφ/τος. Για παράδειγμα από τη μελέτη της ασφάλτου εξάγονται τρία βασικά συμπεράσματα για τη ρεολογική της συμπεριφορά:

1ο. *Θερμοπλαστικό υλικό.* Όταν αυξάνεται η θερμοκρασία της ασφάλτου η συμπεριφορά της χαρακτηρίζεται προοδευτικώς από ελαστική, πλαστική και τέλος υγρή.

2ο. *Σκληρότητα.* Για παράδειγμα σε υψηλές θερμοκρασίες, όπου η ασφαλτος συμπεριφέρεται ως υγρό, ο βαθμός σκληρότητας της ασφάλτου καθορίζεται από το ιξώδες αυτής.

3ο. *Ακαμψία.* Από την ακαμψία $S(t, T) = \frac{\sigma}{\varepsilon(t, T)}$ όπου

σ : επιβαλλόμενη τάση,

ε : πραγματοποιούμενη παραμόρφωση,

t : διάρκεια φόρτισης και

T : θερμοκρασία υλικού

λαμβάνεται ένα μέτρο ελαστικότητας το οποίο είναι συνάρτηση της διάρκειας φόρτισης και της θερμοκρασίας του υλικού.

Για να βρεθεί λοιπόν το κατάλληλο είδος ασφάλτου για δεδομένες συνθήκες φόρτισης και μέγεθος αναμενόμενων παραμορφώσεων χρησιμοποιούνται διάφορα νομογραφήματα και σχέσεις όπως αυτές έχουν προκύψει από εργαστηριακούς ελέγχους. Η ακαμψία της ασφάλτου επηρεάζει άμεσα την ακαμψία του ασφ/τος γι' αυτό είναι αναγκαία πρώτα η μελέτη των ιδιοτήτων των υλικών που συνθέτουν ένα ασφαλτόμιγμα.

Τα αδρανή που χρησιμοποιούνται για τη σύνθεση του ασφαλτομίγματος παρουσιάζουν κάποιες ιδιότητες που και αυτές με τη σειρά τους καθορίζουν την συμπεριφορά του ασφ/τος. Έτσι τα χρησιμοποιούμενα αδρανή πρέπει να παρουσιάζουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- i. Αυξημένη αντοχή σε καιρικές συνθήκες.
- ii. Αυξημένη αντοχή σε θλίψη.
- iii. Αυξημένη αντοχή σε θλίψη.
- iv. Αυξημένη αντοχή σε κρούση.
- v. Αυξημένη αντοχή σε λείανση.
- vi. Αυξημένη αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες.
- vii. Κατάλληλη μορφή κόκκων.
- viii. Να είναι απαλλαγμένα από οργανικά συστατικά, μάργες, αργιλικές προσμίξεις.
- ix. Αυξημένη ικανότητα προσφύσεως με το συνδετικό υλικό.
- x. Κατάλληλη κοκκομετρική σύνθεση.

Έτσι πριν γίνει η μελέτη σύνθεσης ενός ασφαλτομίγματος και τελικά κατασκευασθεί ένα οδόστρωμα λαμβάνονται υπόψη από το μελετητή όλες οι παραπάνω ιδιότητες των επιμέρους υλικών που συνθέτουν το ασφ/γμα και που κατά κανόνα καθορίζουν την συμπεριφορά των ασφ/των.

Οι κυριότερες ιδιότητες των ασφαλτομιγμάτων που ελέγχονται σε ένα εργαστήριο είναι οι εξής :

- Δυνατότητα επεξεργασίας ή εργάσιμο.
- Δυνατότητα συμπύκνωσης.
- Πυκνότητα.
- Υδατοπερατότητα.
- Σταθερότητα έναντι παραμόρφωσης.
- Αντοχή σε τριβή.
- Ολισθηρότητα.
- Αντοχή σε κόπωση.
- Ακαμψία.

Οι παραπάνω ιδιότητες των ασφαλτομιγμάτων είναι δυνατό να επηρεάζονται από έναν ή περισσότερους παράγοντες οι κυριότεροι από τους οποίους είναι οι εξής:

- ο Είδος αδρανών.
- ο Μορφή κόκκων.
- ο Μέγεθος κόκκων.
- ο Ομοιομορφία και καθαρότητα.
- ο Ποσοστό παιπάλης ή φίλλερ (υλικό που διέρχεται από το κόσκινο Νο 200, δηλαδή διαμέτρου βροχίδας μικρότερης από 0.075mm).
- ο Είδος συνδετικού.
- ο Περιεκτικότητα σε συνδετικό υλικό.
- ο Σύνθεση μίγματος.
- ο Πρόσθετα (π.χ πτητικοί διαλύτες όπως η βενζίνη, το ακάθαρμο πετρέλαιο, κ.α).
- ο Κενά.
- ο Παρασκευή και επεξεργασία (διάστρωση).
- ο Θερμοκρασία.

Στον παρακάτω **πίνακα 1-1** παρουσιάζεται η σχέση εξάρτησης των παραπάνω ιδιοτήτων με τους προαναφερόμενους παράγοντες που κυρίως φαίνεται να τις επηρεάζουν.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1-1. Παράγοντες που επηρεάζουν τις ιδιότητες των ασφαλιστικών υλικών.

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	ΥΔΑΤΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ	ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ ΣΕ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΤΡΙΒΗ	ΟΔΙΟΦΗΡΟΤΗΤΑ	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΚΟΠΩΣΗ	ΑΚΑΜΩΤΙΑ
ΕΙΔΟΣ ΑΔΡΑΝΩΝ					•	•	•		
ΜΟΡΦΗ ΚΟΚΚΩΝ		•			•		•		
ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΟΚΚΩΝ					•	•			
ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ						•	•	•	
ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ ΚΑΙ ΚΑΘΑΡΟΤΗΤΑ						•			
ΠΑΠΑΛΗ	•	•			•	•			•
ΕΙΔΟΣ ΣΥΝΔΕΤΙΚΟΥ		•			•	•	•		•
ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ		•			•	•	•		
ΣΥΝΘΕΣΗ ΜΙΓΜΑΤΟΣ	•	•							
ΠΡΟΣΘΕΤΑ	•								•
ΚΕΝΑ			•	•	•	•	•	•	
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ						•			
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	•	•		•	•				

Πηγή: Τεχνικά Υλικά τόμος 2^{ος} (Ενότητα: Ασφαλτικά Υλικά, πίνακας 74).

Μερικά από τα παραπάνω χαρακτηριστικά και ιδιότητες όπως είναι η μορφή και το μέγεθος των κόκκων καθώς και η συμπύκνωση ενός ασφ/τος είναι δυνατό να μελετηθούν με διάφορες τεχνικές επεξεργασίας εικόνων των τομών δοκιμίων ασφ/τος ή σκυροδέματος. Οι τεχνικές αυτές περιγράφονται αναλυτικά στο 5^ο κεφάλαιο. Τα δοκίμια κόβονται σε διάφορες διευθύνσεις και από τις τομές λαμβάνονται εικόνες με διάφορες μεθόδους π.χ με σάρωση, ψηφιακή φωτογραφική μηχανή ή κάμερα.

Ο εργαστηριακός έλεγχος εξετάζει αυτή την σχέση εξάρτησης με πειραματικές μετρήσεις που αποτυπώνονται με χρήση διαγραμμάτων, νομογραφημάτων και σχέσεων βάση των οποίων γίνεται ο υπολογισμός των ασφαλικών στρώσεων σε ένα οδόστρωμα. Η χρήση αυτών των διαγραμμάτων και σχέσεων είναι πολύ σημαντική αν σκεφτεί κανείς ότι π.χ στην Ελλάδα δεν έχουμε ακόμα επιτύχει να έχουμε στη διάθεσή μας τον κατάλληλο νόμο κόπωσης για τα ασφαλτόμιγματά μας. Γι' αυτό πρέπει να δίνει συχνά κανείς να λύση κάνοντας χρήση της βιβλιογραφίας.

Με τον εργαστηριακό έλεγχο γίνεται προσπάθεια προσομοίωσης της συμπεριφοράς των επιμέρους υλικών που συνθέτουν ένα ασφ/γμα π.χ ανάλυση της ρεολογικής συμπεριφοράς της ασφάλτου με προσομοίωση της κυκλοφοριακής φόρτισης με την βοήθεια μοντέλων της μηχανικής. Επίσης εφαρμόζοντας διαφορετικούς πειραματικούς τύπους φόρτισης σε ένα δοκίμιο όπως είναι η στατική φόρτιση, η δυναμική φόρτιση ή η φόρτιση δια παλμικών ωθήσεων γίνεται προσπάθεια προσομοίωσης των συνθηκών φόρτισης από τα κινούμενα οχήματα (ταχύτητα φόρτισης πολύ μικρή).

Γενικά υποτίθεται ότι υπό τις δυναμικές συνθήκες φόρτισης και για συνήθεις θερμοκρασίες η σχέση τάσεως – παραμορφώσεως είναι ευθύγραμμη. Ο λόγος της τάσης προς την παραμόρφωση ονομάζεται **μέτρο δυσκαμψίας (S)** (Van der Poel) και διαφέρει από το μέτρο ελαστικότητας στο γεγονός ότι εξαρτάται από την θερμοκρασία. Το μέτρο δυσκαμψίας είναι πολύ σημαντική παράμετρος στον υπολογισμό των οδοστρωμάτων γιατί καθιστά δυνατή την χρησιμοποίηση των ελαστικών επάλληλων στρώσεων για την ανάλυση των οδοστρωμάτων (υποκαθιστά το E) όταν μία ή περισσότερες στρώσεις αυτών αποτελούνται από ασφαλτόμιγματα τα οποία όπως είδαμε είναι υλικά θερμοπλαστικά.

Ο εργαστηριακός έλεγχος αποσκοπεί στην εύρεση μεθόδων εκτιμήσεως του μέτρου δυσκαμψίας της ασφάλτου και των ασφαλικών μιγμάτων από τον τύπο της ασφάλτου, τις αναλογίες σύνθεσης του μίγματος (όγκος αδρανών και ασφάλτου) και την θερμοκρασία. Αν εκτιμηθεί σωστά το μέτρο δυσκαμψίας τόσο της ασφάλτου όσο και των ασφαλικών μιγμάτων καθώς επίσης η μελλοντική κυκλοφορία σε ένα οδόστρωμα, είναι δυνατό με χρήση κατάλληλου νόμου κόπωσης που έχει προκύψει από εργαστηριακές δοκιμές να προβλεφθεί αν α) οι επιτρεπόμενες τάσεις (και κατά επέκταση οι επιτρεπόμενες παραμορφώσεις) είναι μεγαλύτερες από τις επιβαλλόμενες τάσεις από τα φορτία κυκλοφορίας και β) ο ακριβής αριθμός των επιτρεπόμενων διελεύσεων των οχημάτων από μία διατομή του δρόμου ώστε η ρηγμάτωση από κόπωση που θα πραγματοποιηθεί να είναι τέτοια ώστε το οδόστρωμα να μη χάσει την λειτουργικότητά του δηλαδή να μην καταστραφεί.

1.3.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Το σκυρόδεμα είναι ένα τεχνικό στερεό που αποτελείται από κόκκους αδρανών υλικών και από τσιμεντοκονία που περιβάλλει τους κόκκους. Το σκυρόδεμα πρέπει να μελετηθεί και να παρασκευάζεται έτσι ώστε ως **νωπό** να έχει ομοιογένεια, να έχει την απαραίτητη εργασιμότητα, για το είδος της κατασκευής, ώστε να μπορεί να διαστρωθεί και να συμπυκνωθεί με τα διαθέσιμα μέσα και ως **σκληρυμένο** να έχει την απαιτούμενη

αντοχή, ανθεκτικότητα και τις πρόσθετες μηχανικές ιδιότητες που απαιτούνται ανάλογα με το είδος της κατασκευής.

Με τη μελέτη σύνθεσης εξασφαλίζονται όλες οι παραπάνω απαιτήσεις με το οικονομικότερο κατά κανόνα μίγμα. Για το λόγο αυτό η μελέτη σύνθεσης είναι απαραίτητη, όχι μόνο για τα σκυροδέματα μεγάλων απαιτήσεων αλλά και για τα κοινά σκυροδέματα, τα οποία αποτελούν και τον κύριο όγκο των κατασκευών. Η μελέτη σύνθεσης πραγματοποιείται στο εργαστήριο, με τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν στο έργο, με δοκιμαστικά **αναμίγματα**. **Ανάμιγμα** είναι η ποσότητα σκυροδέματος που προκύπτει από μία φόρτωση, ανάμιξη και αποφόρτωση του αναμικτήρα. Η ποσότητα αυτή πρέπει να είναι μικρότερη, η το πολύ ίση, από εκείνη που επιτρέπουν οι Προδιαγραφές λειτουργίας του αναμικτήρα.

Για τον έλεγχο της ποιότητας του σκυροδέματος μιας κατασκευής, μία από τις βασικές απαιτήσεις που επιβάλλει ο κανονισμός τεχνολογίας σκυροδέματος (Κ.Τ.Σ) είναι ο έλεγχος της αντοχής σε θλίψη **συμβατικών** δοκιμών. Οι αντοχές σε θλίψη αυτών των δοκιμών πρέπει να ικανοποιούν τα κριτήρια συμμόρφωσης του Κ.Τ.Σ. Τα συμβατικά δοκίμια δεν συσχετίζονται άμεσα με την αντοχή του σκυροδέματος που έχει το έργο γιατί οι συνθήκες σκυροδέτησης, συμπίκνωσης και συντήρησης των συμβατικών δοκιμών δεν είναι ίδιες με αυτές του έργου. Παρέχουν όμως μία ένδειξη της αντοχής που θα μπορούσε να έχει το σκυρόδεμα του έργου, σε περίπτωση που αυτό έχει σκυροδετηθεί, συμπυκνωθεί και συντηρηθεί με σωστό τρόπο. Τα συμβατικά δοκίμια που λαμβάνονται πρέπει να είναι της ίδιας μορφής και διαστάσεων με αυτά που χρησιμοποιήθηκαν στο εργαστήριο για τη μελέτη σύνθεσης.

Εκτός από την αντοχή σε θλίψη εξετάζονται εργαστηριακά και άλλες ιδιότητες του σκυροδέματος καθώς επίσης και οι παράγοντες που τις επηρεάζουν. Οι κυριότερες ιδιότητες του σκυροδέματος που μελετώνται είναι:

- Φαινόμενη πυκνότητα σκληρυμένου σκυροδέματος.
- Αντοχή σε κάμψη.
- Αντοχή σε στρέψη.
- Αντοχή σε διάτμηση.
- Αντοχή σε τριβή.
- Υδατοπερατότητα.
- Προστασία έναντι σκωριώσεως (λόγω πρόσθετων π.χ στεγανοποιητικά).
- Αντοχή σε χημικές επιδράσεις (π.χ από μόλυνση περιβάλλοντος).

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τις ιδιότητες αυτές είναι οι εξής :

- ΤΣΙΜΕΝΤΟ : - αντοχή,
- περιεκτικότητα.
- ΑΔΡΑΝΗ : - πόροι κόκκων,
- μορφή κόκκων,
- επιφάνεια,
- μέτρο ελαστικότητας
- σκληρότητα.
- ΕΙΔΟΣ ΠΡΟΣΘΕΤΩΝ : π.χ στεγανοποιητικά.
- ΠΟΡΟΙ ΣΤΟ ΣΚΛΗΡΥΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ : μορφή, μέγεθος κατανομή.

- ΔΙΑΤΟΜΗ
- ΠΟΣΟΣΤΟ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

Όπως σε κάθε κανονισμό, έτσι και στον Κ.Τ.Σ, προδιαγράφονται, με τη μορφή αριθμητικών ορίων, απαιτήσεις τις οποίες πρέπει να ικανοποιούν τα υλικά και το σκυρόδεμα ώστε να θεωρούνται ικανοποιητικής ποιότητας και να γίνονται αποδεκτά. Τούτο σημαίνει ότι υλικά των οποίων τα χαρακτηριστικά βρίσκονται εκτός των αριθμητικών ορίων του Κανονισμού, απορρίπτονται. Υπάρχουν, εντούτοις, περιπτώσεις όπου η υπέρβαση των ορίων είναι εξαιρετικά μικρή και χωρίς πρακτική σημασία, και όπου η απόρριψη ενός υλικού (ανάλογα με το είδος του έργου και τη φάση της κατασκευής) πιθανώς να έχει και δυσμενείς, για το έργο, επιπτώσεις. Για παράδειγμα, θα έπρεπε να εξετασθεί με περίσκεψη αν θα έπρεπε να προχωρήσει κανείς στη διάτρηση κρισίων υποστυλωμάτων για τη λήψη πυρήνων, επειδή οι αντοχές των δοκιμίων της αντίστοιχης παρτίδας σκυροδέματος δεν ικανοποίησαν τα Κριτήρια συμμορφώσεως με διαφορά λίγων δεκάτων ΜΡα. **Παρτίδα**, είναι η ποσότητα του σκυροδέματος με τα ίδια χαρακτηριστικά, που αξιολογείται από τα δοκίμια μίας δειγματοληψίας. Εναπόκειται λοιπόν στον Επιβλέποντα Μηχανικό να σταθμίσει, αν μικρές τέτοιες αποκλίσεις δικαιολογούν την απόρριψη ενός υλικού, ή αν η επιστημονική και τεχνική του κατάρτιση, καθώς και η εμπειρία του, του επιτρέπουν να αναλάβει την ευθύνη της αποδοχής αυτού του υλικού.

Ένα έργο από σκυρόδεμα χαρακτηρίζεται από τη μελέτη του, ή τη Σύμβασή του, ως «μεγάλο», αν η σπουδαιότητά του και λιγότερο ο όγκος του, απαιτεί τη διαδικασία ελέγχου που ακολουθεί και που εξασφαλίζει σταθερότερη ποιότητα σκυροδέματος και περισσότερο αξιόπιστα αποτελέσματα ελέγχων. Δύο είναι οι κυριότεροι παράγοντες που θα βαρύνουν στην απόφαση του συντάκτη της Συμβάσεως για τον χαρακτηρισμό ενός έργου ως «μεγάλου» ή «μικρού».

1. **Η σπουδαιότητά του.** Επειδή στο «μεγάλο έργο» η Επίβλεψη έχει πλήρη παρακολούθηση και έλεγχο όλων των υλικών (αδρανών, τσιμέντου, προσθέτων) και των σταδίων παραγωγής (δοκιμαστικά αναμίγματα, μέτρηση μέσων τιμών αντοχής και τυπικής αποκλίσεως, μέτρηση της υγρασίας των αδρανών, αναλογίες συνθέσεως, παρακολούθηση στην ανάμιξη κ.λ.π.) μπορεί να έχει ακριβή στατιστικά στοιχεία των υλικών και της παραγωγής του εργοταξίου. Ιδιαίτερα, η γνώση της τιμής της τυπικής αποκλίσεως του σκυροδέματος, είναι πολύ σημαντική παράμετρος γιατί περιορίζει σημαντικά τις διακυβεύσεις τόσο του κατασκευαστή όσο και του κυρίου του έργου. Έτσι π.χ. μια κρίσιμη προεντεταμένη γέφυρα θα μπορούσε να χαρακτηριστεί μεγάλο έργο, σε αντίθεση με την κατασκευή τεχνητών ογκολίθων για ένα λιμενικό έργο, που παρότι υπερέχουν σε ποσότητα σκυροδέματος, υστερούν σε κρισιμότητα, και γι' αυτό θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν μικρό έργο.
2. **Η οικονομικότητά του.** Επειδή η διακύβευση του κατασκευαστή στο «μεγάλο έργο» είναι πολύ μικρότερη απ' ό,τι στο μικρό έργο η τιμή του σκυροδέματος στην πρώτη περίπτωση είναι μικρότερη απ' ό,τι στη δεύτερη. Από αυτή την άποψη, ακόμη και η κατασκευή των τεχνητών ογκολίθων του λιμενικού, θα συνέφερε να χαρακτηριστεί στη Σύμβαση ως «μεγάλο έργο». Βεβαίως, στο χαρακτηρισμό βαρύνουν και άλλοι παράγοντες, όπως η ύπαρξη χώρου για τη συγκέντρωση των σωρών των αδρανών και την

εγκατάσταση του συγκροτήματος παραγωγής, η ύπαρξη δύο εργοδηγών για την επίβλεψη (ενός στο συγκρότημα παραγωγής και ενός στη θέση διαστρώσεως), κ.ο.

Οι στατιστικοί έλεγχοι αντοχής που έχουν καθιερωθεί σε όλους τους Κανονισμούς, προϋποθέτουν ότι τα δοκίμια είναι τυχαία, δηλαδή παίρνονται από τυχαία αναμίγματα. Στο έτοιμο **εργοστασιακό** σκυρόδεμα αυτό είναι αδύνατον διότι ο αγοραστής δεν έχει πρόσβαση στο συγκρότημα παραγωγής. Συμβιβάζεται λοιπόν με την επιλογή τουλάχιστον τυχαίων αυτοκινήτων, από τα οποία και παίρνει δοκίμια, κάτι που έχει επιπτώσεις στη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων, που όμως είναι αναπόφευκτο. Το έτοιμο **εργοταξιακό** σκυρόδεμα παρασκευάζεται σε συγκρότημα που βρίσκεται μέσα, ή κοντά στο εργοτάξιο, και του οποίου η παραγωγή (αναλογίες υλικών, χρόνος αναμίξεως κλπ.) παρακολουθείται επί τόπου από εκπρόσωπο της επίβλεψης. Συνεπώς εδώ μπορούν να τηρηθούν απολύτως οι προϋποθέσεις του στατιστικού ελέγχου, δηλαδή οι δειγματοληψίες να γίνονται στο συγκρότημα από τυχαία αναμίγματα, και να αποφευχθούν έτσι τα μειονεκτήματα που αναφέρθηκαν προηγουμένως για τις δειγματοληψίες από τα αυτοκίνητα μεταφοράς. Εξάλλου, η ημερήσια παραγωγή στο εργοταξιακό σκυρόδεμα είναι σχετικά μικρή, και δεν είναι δυνατό να γίνει η παραδοχή, που γίνεται στο έτοιμο εργοστασιακό σκυρόδεμα, ότι τα φορτία σκυροδέματος συγκροτούν με το μεγάλο πλήθος τους ένα νέο μεγάλο σύνολο (πληθυσμό) του οποίου ελέγχονται τυχαία στοιχεία.

1.3.2.1 Τύπος συμβατικών δοκιμών ασφαλτομίγματος και σκυροδέματος.

Τα δοκίμια που χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή της οπτικής μεθόδου που αναλύεται σε επόμενα κεφάλαια είναι κυλινδρικά δοκίμια Marshall διαμέτρου 10,16 cm και ύψους περίπου 6,5 cm. Τα δοκίμια αυτά παρασκευάστηκαν στο εργαστήριο από δείγμα που λήφθηκε κατά την επίστρωση ασφαλτικής στρώσης, στη φάση δηλαδή κατασκευής ενός έργου. Για τους ίδιους σκοπούς είναι δυνατό να γίνει δειγματοληψία από υφιστάμενα οδοστρώματα. Τα δοκίμια τότε είναι μορφής είτε καρότου είτε ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου (διαστάσεων περίπου 25 × 25 cm). (για τα συμβατικά δοκίμια γίνεται αναφορά στο 2^ο κεφάλαιο).

Τα δοκίμια σκυροδέματος που χρησιμοποιούνται για έλεγχο κυρίως της αντοχής τους, είναι είτε κυβικής μορφής (διαστάσεων 10 × 10 cm) είτε κυλινδρικής μορφής. Υπενθυμίζεται ότι για τους ελέγχους συμμόρφωσης θα χρησιμοποιούνται για το ίδιο έργο, δοκίμια της ίδιας μορφής και διαστάσεων με αυτά που χρησιμοποιήθηκαν στη Μελέτη Συνθέσεως. Για άλλες ανάγκες, όπως για τους ελέγχους αντοχής σε μικρή ηλικία, που δεν έχουν όμως σχέση με τους ελέγχους συμμορφώσεως μπορούν να χρησιμοποιηθούν δοκίμια διαφορετικά από εκείνα της Μελέτης Συνθέσεως.

1.3.3 ΕΛΕΓΧΟΙ ΠΡΙΝ, ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Η μελέτη των υλικών κατασκευής ασφαλτικών οδοστρωμάτων αφορά στον εργαστηριακό έλεγχο των υλικών πριν από την κατασκευή του οδοστρώματος, στη συνέχεια στον έλεγχο κατά τη διάρκεια της κατασκευής και τέλος στον έλεγχο και παρακολούθηση /αξιολόγηση της συμπεριφοράς του οδοστρώματος στη διάρκεια του χρόνου.

Μία μελέτη για την κατασκευή ενός οδοστρώματος αποσκοπεί στον υπολογισμό βασικά δύο στοιχείων:

- Τα πάχη των στρώσεων των ασφαλτομιγμάτων

- Το είδος του υλικού που θα χρησιμοποιηθεί σε κάθε στρώση (π.χ για τις ασφαλτικές στρώσεις πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ασφαλτόμειγμα τύπου A260 ή A265 όπως προκύπτει από τις Πρότυπες Τεχνικές Προδιαγραφές (Π.Τ.Π).

Ο προσδιορισμός των παραπάνω δύο στοιχείων είναι απαραίτητος πριν την κατασκευή ενός οδοστρώματος για να είναι ικανό το οδόστρωμα να εξυπηρετήσει την κυκλοφορία για ένα χρονικό διάστημα με τις προβλεπόμενες κυκλοφοριακές και κλιματολογικές συνθήκες. Για τον υπολογισμό των οδοστρωμάτων λοιπόν είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τις ιδιότητες των υλικών οδοστρώσεως καθώς και των εδαφικών υλικών πάνω στα οποία θα εδραστεί το οδόστρωμα.

Η περιγραφή των διαφόρων δοκιμών που ακολουθεί είναι γενική και αποσκοπεί στην παρουσίαση μόνο της αρχής της κάθε μεθόδου χωρίς να υπεισέρχεται σε λεπτομέρειες. Θα πρέπει όμως να τονισθεί ιδιαίτερα, ότι η ορθή εκτέλεση των δοκιμών απαιτεί σχολαστική τήρηση της διαδικασίας που περιγράφεται στα διάφορα πρότυπα δοκιμών με κάθε λεπτομέρεια για να είναι τα αποτελέσματα επαναλήψιμα και αναπαραγώγιμα (βλ. κεφ.1.4).

1.3.3.1 Έλεγχοι πριν από την κατασκευή.

Ο σκοπός των προκαταρκτικών ελέγχων, που γίνονται πριν αρχίσουν οι εργασίες παραγωγής, είναι ο έλεγχος της δυνατότητας να κατασκευασθεί το προβλεπόμενο έργο, με τα διατιθέμενα υλικά, τον υπάρχοντα εξοπλισμό και τις προβλεπόμενες και διαθέσιμες μεθόδους κατασκευής δηλαδή ελέγχεται κατά κάποιο τρόπο η **αξιοπιστία της μελέτης** καθώς επίσης και η **αξιοπιστία υλικών και συστατικών**. Π.χ η ποιότητα και το συμβιβαστό των υλικών και των συστατικών των σκυροδεμάτων, κονιαμάτων κ.λ.π πρέπει να ελέγχεται με προκαταρκτικές δοκιμές. Για το σκοπό αυτό πριν αρχίσει η παραγωγή σκυροδέματος, πρέπει να ελεγχθεί σε ένα **διαπιστευμένο εργαστήριο** (κρατικό ή ιδιωτικό), (βλ. 2^ο κεφάλαιο), το ότι οι προτεινόμενες αναλογίες μίξης και τα προτεινόμενα υλικά ικανοποιούν τις προδιαγραφές για το νωπό και σκληρυμένο σκυρόδεμα, λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες που θα υπάρχουν κατά το στάδιο της πλήρους παραγωγής. Τα εργαστήρια δοκιμών, ελέγχων και Διακριβώσεων δεν είναι ανεξέλεγκτα, αλλά πρέπει να διαπιστεύονται για τις υπηρεσίες τις οποίες προσφέρουν και να κατέχουν Πιστοποιητικό Διαπίστευσης (Certificate of Accreditation).

Κατά το στάδιο της παραλαβής των υλικών σε ένα εργοτάξιο ο οπτικός έλεγχος είναι πάντα απαραίτητος. Θεωρείται βέβαια ως δεδομένο ότι ο έλεγχος των υλικών και των συστατικών γίνεται από τον παραγωγό. Στο εργοτάξιο πρέπει να ελέγχεται κατά την παραλαβή ότι τα υλικά και συστατικά που παραλαμβάνονται συμφωνούν με την παραγγελία. Τα έγγραφα που πιστοποιούν τη συμμόρφωση του υλικού με τις προδιαγραφές μπορούν να έχουν μορφή επιστολής, δελτίου ή σήμανσης πάνω στην συσκευασία ή στο ίδιο το προϊόν.

Οι δοκιμές των υλικών πριν από την κατασκευή ενός οδοστρώματος έχουν κυρίως σχέση με τη μελέτη σύνθεσης του ασφαλτικού σκυροδέματος, η οποία περιλαμβάνει την επιλογή της κατάλληλης κοκκομετρικής σύνθεσης (σύμφωνα με την εκάστοτε ακολουθούμενη προδιαγραφή) και τον προσδιορισμό του βέλτιστου ποσοστού ασφάλτου. Οι δοκιμές που συνήθως απαιτούνται να γίνουν στο εργαστήριο είναι:

- *Κοκκομετρική ανάλυση αδρανών,*
- *Εργαστηριακές δοκιμές στην άσφαλο,*

- Κατασκευή και έλεγχος δοκιμών Marshall.

Οι εργαστηριακές δοκιμές στην ασφαλτο σκοπό έχουν κυρίως τον προσδιορισμό του τύπου της, σύμφωνα με τα αναφερόμενα στην Τεχνική Συγγραφή Υποχρεώσεων (ΤΣΥ) του έργου. Σε περίπτωση τροποποίησης της ασφάλτου (και κατά συνέπεια του ασφαλτομίγματος) με χημικά βελτιωτικά οι δοκιμές αυτές και κυρίως η **δοκιμή διείσδυσης** κατά την οποία προσδιορίζεται το βάθος διείσδυσης δοκιμαστικής βελόνας στην ασφαλτο (π.χ ασφαλτος τύπου 80/100 είναι αυτή που κατά την εκτέλεση της δοκιμής δίνει μέσο βάθος διείσδυσης της δοκιμαστικής βελόνας μεταξύ 8 και 10 mm) και **μάλθωσης** (προσδιορίζεται η θερμοκρασία κατά την οποία δείγμα ασφάλτου εντός οριζόντιου δακτυλίου παρασύρεται σε μήκος 2.54 cm, υπό την επίδραση βάρους χαλύβδινης σφαίρας και με σταθερά αυξανόμενη θερμοκρασία) αποκτούν ιδιαίτερη σημασία, επειδή με την τροποποίηση παρατηρείται αλλαγή των χαρακτηριστικών αυτών.

Εφόσον από τις προδιαγραφές ή την ΤΣΥ απαιτούνται συγκεκριμένες οριακές τιμές για τους δείκτες σκληρότητας των αδρανών πραγματοποιούνται και έλεγχοι σκληρότητας αδρανών στο εργαστήριο όπου προσδιορίζονται οι αντίστοιχοι δείκτες μετά από καταστροφικές δοκιμές επί των αδρανών υλικών. Ο προσδιορισμός των δεικτών χρησιμεύει κυρίως για την πιστοποίηση της καταλληλότητας των αδρανών που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή στρώσεων κυκλοφορίας οδοστρωμάτων, κυρίως όμως αντιολισθηρών. Οι οριακές τιμές των δεικτών αναφέρονται στην Τ.Σ.Υ του κάθε έργου και εξαρτώνται κυρίως από την κυκλοφορία. Οι συνήθεις δοκιμές είναι:

- Δοκιμή προσδιορισμού του δείκτη αντίστασης σε στίλβωση PSV (Polished Stone Value), δοκιμή BS 812. Με τη δοκιμή αυτή προσδιορίζεται η αντίσταση των αδρανών σε λείανση, λόγω της τριβής με τα ελαστικά των οχημάτων, αλλά και μεταξύ τους κατά την συμπίκνωση.
- Αντίσταση σε τριβή και κρούση κατά Los Angeles (LA), δοκιμή ASTM C 131-89. Με την δοκιμή αυτή ελέγχεται η αντίσταση των αδρανών στην καταπόνηση που υφίστανται από την κυκλοφορία, αλλά και την συμπίκνωση, με αποτέλεσμα να αλλάζει η κοκκομετρική διαβάθμισή τους, λόγω μεταβολής (μείωσης) του μεγέθους ορισμένων από τους κόκκους τους.
- Δοκιμή προσδιορισμού του δείκτη αντίστασης σε απότριψη AAV (Aggregate Abrasion Value). Υπολογίζεται βάσει της απώλειας βάρους ειδικού δοκιμίου αδρανών, που κατασκευάζεται από αδρανή συγκεκριμένου εύρους διαμέτρων κόκκων και υποβάλλεται σε επιταχυνόμενη απότριψη.

1.3.3.2 Έλεγχοι κατά την φάση εργασιών της κατασκευής.

Οι έλεγχοι αυτοί αφορούν συνήθως έλεγχο της ποιότητας του υλικού της κατασκευής στην κατάσταση που βρίσκεται αμέσως πριν από τη χρήση του (συμμόρφωση/ μη συμμόρφωση). Ο έλεγχος αυτός γίνεται με σκοπό την αποδοχή του. Οι συμβατικοί έλεγχοι περιλαμβάνουν τον έλεγχο δοκιμών π.χ σε αντοχή και την αξιοπιστία των προτύπων δοκιμών αντοχής δηλαδή κατά πόσο διαφέρει π.χ η συμβατική αντοχή, η οποία μετριέται με συμβατικά δοκίμια, τα οποία παρασκευάζονται, συντηρούνται και δοκιμάζονται με βάση πρότυπες συνθήκες και η πραγματική αντοχή του υλικού της κατασκευής.. Επίσης ελέγχονται οι μέθοδοι δειγματοληψίας π.χ τα συμβατικά δοκίμια που λαμβάνονται από το έργο πρέπει να είναι της ίδιας μορφής και διαστάσεων με αυτά που χρησιμοποιήθηκαν στο εργαστήριο για τη μελέτη σύνθεσης.

Κατά τη διάρκεια της κατασκευής ενός οδοστρώματος γίνεται έλεγχος στο έτοιμο ασφαλτόμιγμα που λαμβάνεται συνήθως από την εγκατάσταση παραγωγής του, αλλά και από το εργοτάξιο κατασκευής του οδοστρώματος, όπου συνήθως μετράται η θερμοκρασία του ασφαλτομίγματος κατά τη διάστρωση. Οι συμβατικοί έλεγχοι περιλαμβάνουν κυρίως τον έλεγχο δοκιμών Marshall σε ευστάθεια και υποχώρηση και τη δοκιμή εκχύλισης του ασφαλτομίγματος για τον έλεγχο:

- της κοκκομετρικής διαβάθμισης των αδρανών,
- του ποσοστού της ασφάλτου.

Σε περίπτωση, που κατά την εκχύλιση γίνει ανάκτηση της ασφάλτου, μπορούν να γίνουν επίσης εργαστηριακές δοκιμές στην άσφαλτο, για να επιβεβαιωθεί ο τύπος της.

1.3.3.3 Δομική και λειτουργική αξιολόγηση της κατάστασης υφιστάμενου οδοστρώματος.

Το υφιστάμενο οδικό δίκτυο προϋποθέτει ορθολογική διαχείριση, κύριο μέρος της οποίας αποτελεί η διαχείριση των οδοστρωμάτων (Συστήματα Διαχείρισης Οδοστρωμάτων, Σ.Δ.Ο). Με αυτό τον τρόπο θα προστατευτούν καλύτερα οι επενδύσεις των διατιθεμένων κεφαλαίων για τη διατήρηση / συντήρηση της επιτελεστικότητας υφιστάμενων οδοστρωμάτων.

Βασική απαίτηση για ένα οδόστρωμα είναι η εξασφάλιση για ένα εύλογο χρονικό διάστημα της δομικής του επάρκειας (απαιτούμενη αντοχή), ώστε οι επιμέρους στρώσεις του σε συνδυασμό με τα υλικά κατασκευής του να είναι ικανές να φέρουν τα φορτία της κυκλοφορίας κάτω από τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες. Ταυτόχρονα, η επιφανειακή κατάσταση του οδοστρώματος πρέπει να εξασφαλίζει ένα επαρκές επίπεδο εξυπηρετικότητας στο σύστημα Χρήστης - Όχημα.

Ο εργαστηριακός έλεγχος αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα στην προσπάθεια αξιολόγησης της κατάστασης των οδοστρωμάτων η οποία αποτελεί με τη σειρά της βασικό σκέλος της διαχείρισής τους και καθορίζει το χρόνο και το είδος της επέμβασης για αποκατάσταση βλαβών, συντήρηση, ενίσχυση ή ανακατασκευή τους. Η αξιολόγηση των οδοστρωμάτων διακρίνεται σε **Δομική** και **Λειτουργική**.

Η **Δομική Αξιολόγηση** σκοπό έχει τον προσδιορισμό των μηχανικών χαρακτηριστικών του οδοστρώματος και την εκτίμηση της εναπομένουσας διάρκειας ζωής του, καθορίζοντας έτσι την αναγκαιότητα ή μη της ενίσχυσης ή ανακατασκευής τους.

Η **Λειτουργική Αξιολόγηση** σχετίζεται με την επιφανειακή κατάσταση των Οδοστρωμάτων και καθορίζει την αναγκαιότητα για αποκατάσταση βλαβών, συντήρηση, ή ανακατασκευή τους.

Η επί τόπου παρακολούθηση /αξιολόγηση της κατάστασης των οδοστρωμάτων περιλαμβάνει από δομικής πλευράς μη καταστροφικές μετρήσεις κυρίως με τη συσκευή του παραμορφωσιμέτρου πίπτοντος βάρους (FWD = Falling Weight Deflectometer). Για τον προσδιορισμό της λειτουργικότητας του οδοστρώματος (βάθος υφής, ολισθηρότητα, ομαλότητα, επιφανειακές φθορές κ.λπ.), γίνονται καταγραφές με ανάλογες συσκευές, όπως ο αυτόματος καταγραφέας βάθους υφής με Laser, η συσκευή μέτρησης του συντελεστή τριβής με τη μέθοδο του ακινητοποιημένου τροχού, **ειδικές φωτογραφικές μηχανές ή βίντεο κάμερες** κ.λπ.

Με αποκοπή πυρήνων και λήψη δειγμάτων από τις ασφατικές στρώσεις γίνεται στο εργαστήριο με χρήση κατάλληλης συσκευής π.χ. NAT (Nottingham Asphalt

Tester) μέτρηση του μέτρου δυσκαμψίας, της κόπωσης και της παραμένουσας παραμόρφωσης των υφιστάμενων ασφαλτομιγμάτων. Οι συμβατικοί έλεγχοι περιλαμβάνουν κυρίως τη δοκιμή εκχύλισης του ασφαλτομίγματος (με ανάκτηση της ασφάλτου) για τον έλεγχο:

- της κοκκομετρικής διαβάθμισης των αδρανών,
- του ποσοστού της ασφάλτου και
- του τύπου της ασφάλτου (γήρανση) κατά το χρόνο λειτουργίας.

➤ Δομική αξιολόγηση.

Στο πλαίσιο του ελέγχου της μηχανικής συμπεριφοράς των υλικών υφιστάμενων οδοστρωμάτων αναπτύχθηκαν, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, μέθοδοι αξιολόγησης της δομικής τους κατάστασης (structural evaluation), οι οποίες ουσιαστικά αποσκοπούν στην καταγραφή της μηχανικής των υλικών των στρώσεων ενός ελεγχόμενου οδοστρώματος.

Η αξιολόγηση της δομικής κατάστασης ενός οδοστρώματος σε λειτουργία ουσιαστικά απαιτεί γνώση των αναπτυσσόμενων κρίσιμων τάσεων και ανηγμένων παραμορφώσεων, σε μια ορισμένη χρονική στιγμή ελέγχου, υπό την επίδραση των φορτίων των οχημάτων. Στις ασφατικές στρώσεις θεωρείται κρίσιμη η οριζόντια εφελκυστική τάση ή η αντίστοιχη ανηγμένη παραμόρφωση που προκαλεί ρηγμάτωση στον πυθμένα της ασφατικής στρώσης λόγω κόπωσης του ασφαλτομίγματος. Η πραγματοποίηση όμως επί τόπου μετρήσεων για τον προσδιορισμό των ζητούμενων εντατικών μεγεθών συνθέτουν μια πολύπλοκη, χρονοβόρα και ενδεχομένως τεχνικοοικονομικά ασύμφορη διαδικασία.

Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκαν απλούστερες μέθοδοι βασιζόμενες κυρίως, σε επιτόπου μη καταστρεπτικές δοκιμές μέτρησης ελαστικών υποχωρήσεων σε ένα οδόστρωμα, στο οποίο επιβάλλεται κάποια φόρτιση. Στη συνέχεια και με βάση την γνωστή σχέση που συνδέει το μέτρο ελαστικότητας E με την ελαστική υποχώρηση D ,

$$D = f\left(\frac{1}{E}\right)$$
 σε ομογενή ελαστικό ημίχωρο, αναπτύχθηκαν, με την βοήθεια της

θεωρίας της γραμμικά ελαστικής συμπεριφοράς των υλικών, μέθοδοι "ανάστροφου υπολογισμού" σε πολυστρωματικές κατασκευές, όπως ένα οδόστρωμα, οι οποίες καταλήγουν στον προσδιορισμό του μέτρου ελαστικότητας (δυσκαμψίας) των στρώσεων ασφαλτομίγματος ή των αντιστοιχών μέτρων ελαστικότητας E των μη ασφατικών στρώσεων της υποδομής του οδοστρώματος. Με τον όρο "ανάστροφος υπολογισμός" εννοούμε τις διαδικασίες αυτές με τις οποίες βάσει μετρημένων ελαστικών υποχωρήσεων προσδιορίζονται τα μέτρα ελαστικότητας των στρώσεων του οδοστρώματος. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατόν να αξιολογηθεί η φέρουσα ικανότητα των υλικών των στρώσεων ενός οδοστρώματος. και στη συνέχεια μπορεί να εκτιμηθεί αναλυτικά η εναπομένουσα διάρκεια ζωής του.

Για μεγαλύτερη ακρίβεια στις μετρήσεις, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί ταυτόχρονα μία από τις καταστρεπτικές μεθόδους δομικής αξιολόγησης όπως είναι η δειγματοληψία (καρότα) για τη μέτρηση των μηχανικών χαρακτηριστικών και ανάλυση του ασφαλτομίγματος. Μέσα από την διαδικασία του ανάστροφου υπολογισμού, κατά την οποία υπολογίζονται τα μέτρα ελαστικότητας των στρώσεων του οδοστρώματος, είναι δυνατό στην συνέχεια να υπολογιστούν οι αναπτυσσόμενες τάσεις στην διεπιφάνεια των στρώσεων υπό τις συνθήκες φορτίσεως την στιγμή του ελέγχου (μπορεί να είναι διαφορετικές από αυτές που εκτιμήθηκαν στην φάση της μελέτης της

κατασκευής). Αν το πρόβλημα εντοπίζεται στην διεπιφάνεια της ασφαλικής στρώσης με την υποδομή, δηλαδή στον πυθμένα της ασφαλικής στρώσης, τότε, με εργαστηριακό έλεγχο των δοκιμίων, είναι δυνατό να εντοπισθούν οι αιτίες αστοχίας (ρηγμάτωση) της ασφαλικής στρώσης. Σε αυτή την περίπτωση ελέγχονται όλοι οι παράμετροι (αναλογίες υλικών, πάχος στρώσεων κ.α) με προσοχή για την κατασκευή μιας βέλτιστου πάχους επανεπίστρωσης ώστε να επανέλθουμε σε ένα επιθυμητό επίπεδο εξυπηρέτησης.

➤ Λειτουργική αξιολόγηση.

Η λειτουργική αξιολόγηση αφορά στην καταγραφή των παρακάτω χαρακτηριστικών:

- των επιφανειακών φθορών (αυλακώσεις, ρηγματώσεις),
- της ομαλότητας / ποιότητας κύλισης (τοπικά βυθίσματα ή μπαλώματα),
- της αντίστασης σε ολίσθηση και του βάθους υφής της επιφάνειας (αδρότητας) ενός οδοστρώματος.

Η ολισθηρότητα ενός οδοστρώματος επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες οι κυριότεροι από τους οποίους είναι:

- το φορτίο και το μέγεθος του τροχού.
- το είδος επαφής τροχού και επιφάνειας οδοστρώματος π.χ χρόνος επαφής (ταχύτητα).
- κατάσταση της επιφάνειας του οδοστρώματος (ξηρή, υγρή, χιόνι, πάγος).
- Γεωμετρία οδού (επίκλιση).
- Συνθήκες οχήματος.
- επιφανειακή υφή ή αδρότητα (μέγεθος, γωνιακότητα και πυκνότητα των προεξοχών μεγάλης κλίμακας).
- υλικά και είδος κατασκευής.

Η αντίσταση σε ολίσθηση, η οποία συνδέεται άμεσα με την οδική ασφάλεια, αποτελεί μία από τις βασικές αρχές σχεδιασμού των οδοστρωμάτων μετά την δομική επάρκεια. Ο εργαστηριακός έλεγχος στη περίπτωση αντιολισθηρών στρώσεων, αποσκοπεί στην εξέταση χρησιμοποίησης ή μη κατάλληλων υλικών στην μελέτη σύνθεσης των ασφαλτομιγμάτων δηλαδή αν το είδος της ασφάλτου, η κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών και οι αναλογίες των υλικών ικανοποιούν τις απαιτήσεις όπως αυτές ορίζονται από τις Π.Τ.Π.

1.4 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΜΙΑΣ ΔΟΚΙΜΗΣ.

Σε οποιοδήποτε εργαστηριακό έλεγχο ή δοκιμή γίνεται στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων προκειμένου να υπολογισθεί το σφάλμα που υπεισέρχεται στις μετρήσεις είτε από τα όργανα ή τις συσκευές μέτρησης είτε από τον ανθρώπινο παράγοντα.

Η **Επαναληψιμότητα (r)** (repeatability) είναι ένα μέτρο εκτίμησης της ακρίβειας μιας δοκιμής που εκτελείται στο ίδιο υλικό κάτω από τις ίδιες συνθήκες δηλαδή στο ίδιο εργαστήριο από το ίδιο πρόσωπο με την ίδια συσκευή σε μικρό χρονικό διάστημα. Ορίζεται ως η τιμή εκείνη "**r**" την οποία δεν αναμένεται να υπερβαίνει η απόλυτη τιμή της διαφοράς δύο μεμονωμένων μετρήσεων που εκτελέστηκαν υπό τις ίδιες συνθήκες για μία δεδομένη πιθανότητα (συνήθως 95%). Επομένως αν A1 ,A2 είναι τα αποτελέσματα δύο δοκιμών και ισχύει :

- $|A1 - A2| < r$ οι μετρήσεις μπορούν να θεωρηθούν αξιόπιστες.
- $|A1 - A2| > r$ οι μετρήσεις δεν μπορούν να θεωρηθούν αξιόπιστες

Παράδειγμα: Σύμφωνα με το BS 1881 Part 116 "Δοκιμή προσδιορισμού της θλιπτικής αντοχής κύβων σκυροδέματος" η επαναληψιμότητα της δοκιμής για κύβους ακμής 150mm ηλικίας 28 ημερών δίδεται ως 10% της μέσης τιμής των δύο μετρήσεων. Αν σε ένα εργαστήριο ή δοκιμή αντοχής 28 ημερών δύο κύβων από το ίδιο σκυρόδεμα με την ίδια μηχανή από το ίδιο πρόσωπο έδωσε αποτελέσματα 29 MPa και 31 MPa, οι δοκιμές θεωρούνται αξιόπιστες διότι :

$$|29 - 31| = 2 < 10\% \frac{(29 + 31)}{2} = 3$$

Η **Αναπαραγωγικότητα (R)** (reproducibility) είναι ένα μέτρο εκτίμησης της ακρίβειας μίας δοκιμής που εκτελέστηκε στο ίδιο υλικό κάτω από διαφορετικές συνθήκες δηλαδή σε διαφορετικό εργαστήριο από διαφορετικό πρόσωπο με διαφορετική συσκευή σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Ορίζεται ως η τιμή εκείνη "**R**" την οποία δεν αναμένεται να υπερβαίνει η απόλυτη τιμή της διαφοράς δύο μεμονωμένων μετρήσεων που εκτελέστηκαν υπό διαφορετικές συνθήκες για μία δεδομένη πιθανότητα (συνήθως 95%).

Η **χαρακτηριστική τιμή** μεγέθους είναι η τιμή του μεγέθους πάνω από την οποία, αναμένεται ποσοστό p όλων των τιμών σε ένα υποθετικό έλεγχο με άπειρα δοκίμια. Η **ελάχιστη τιμή** είναι η τιμή κάτω από την οποία δεν πρέπει να βρεθεί καμία τιμή δοκιμής. Η **μέγιστη τιμή** είναι η τιμή πάνω από την οποία δεν πρέπει να βρεθεί καμία τιμή δοκιμής.

Μέτρα θέσεως και μεταβλητότητας.

Έστω X το χαρακτηριστικό πληθυσμού η μέτρηση του οποίου σε τυχαίο δείγμα μεγέθους n έδωσε τα αποτελέσματα $x_1, x_2, \dots, x_n$. **Μέση τιμή** του δείγματος ονομάζεται η ποσότητα:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j$$

Μία ποσότητα ενδεικτική της μεταβλητότητας του X είναι η **διασπορά** του δείγματος. Η ποσότητα αυτή είναι ένα μέτρο της μέσης τετραγωνικής απόστασης των αποτελεσμάτων $x_1, x_2, \dots, x_n$ από το μέσο $\bar{x}$ του δείγματος και ορίζεται από τη σχέση:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(x_i - \bar{x} \right)^2$$

Ένα άλλο μέτρο μεταβλητότητας είναι η **τυπική απόκλιση** του δείγματος $x_1, x_2, \dots, x_v$ που ορίζεται από την τετραγωνική ρίζα της δειγματικής διασποράς και συμβολίζεται με s . Δηλαδή :

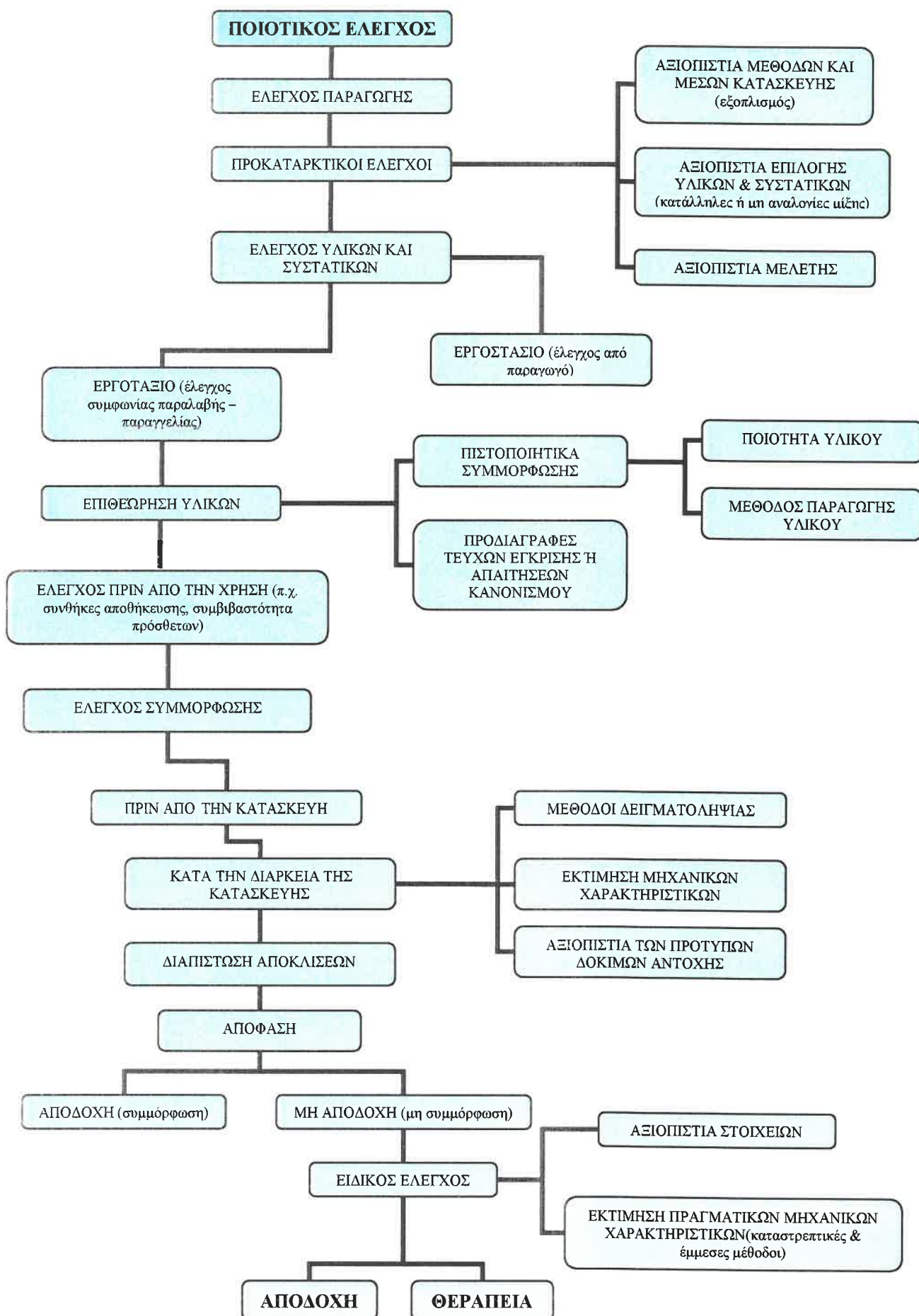
$$s = \left\{ \frac{1}{v-1} \sum_{i=1}^v \left(x_i - \bar{x} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

Η δειγματική τυπική απόκλιση, όπως και δειγματική διασπορά, είναι ένα μέτρο του πόσο μακριά (κατά μέσο όρο) από τη μέση τιμή $\bar{x}$ "διασπείρονται" τα αποτελέσματα $x_1, x_2, \dots, x_v$. Η οριακή τιμή $s = 0$ σημαίνει προφανώς ότι όλα τα x_i ($i = 1, \dots, v$) συμπίπτουν μεταξύ τους.

Για τη σύγκριση της μεταβλητότητας δειγμάτων από διαφορετικούς πληθυσμούς χρησιμοποιούμε το αδιάστατο μέγεθος

$$\lambda = 100 \frac{s}{\bar{x}} \%$$

που ονομάζεται **συντελεστής μεταβλητότητας**.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΣΦΑΛΤΙΚΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ.

2.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ / ΟΡΙΣΜΟΙ

- **Διαπιστευμένα Εργαστήρια Δοκιμών, Ελέγχων και Διακριβώσεων:** Τα εργαστήρια Δοκιμών, Ελέγχων και Διακριβώσεων δεν είναι ανεξέλεγκτα, αλλά πρέπει να διαπιστεύονται για τις υπηρεσίες τις οποίες προσφέρουν και να κατέχουν Πιστοποιητικό Διαπίστευσης (Certificate of Accreditation).
- **Διαπίστευση (Accreditation):** είναι η διαδικασία με την οποία ένας αρμόδιος φορέας παρέχει επίσημη αναγνώριση ότι ένας φορέας ή ένα πρόσωπο είναι ικανός να πραγματοποιεί ειδικά έργα.
- **Τυποποίηση:** είναι η διαδικασία κατά την οποία καθιερώνονται προδιαγραφές για τη σύνθεση και τις ιδιότητες που πρέπει να έχει ένα προϊόν. Κάθε προϊόν που κυκλοφορεί στην αγορά ακολουθεί τις προδιαγραφές που του έχει δώσει ο δημιουργός του.
- **Πρότυπο:** ονομάζεται ένα κείμενο, που καταρτίζεται με συναίνεση και εγκρίνεται από ένα αναγνωρισμένο φορέα, το οποίο παρέχει για κοινή και επαναλαμβανόμενη χρήση κανόνες, οδηγίες ή χαρακτηριστικά για δραστηριότητες ή τα αποτελέσματα τους, με σκοπό την επίτευξη του βέλτιστου βαθμού τάξης σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο εφαρμογής. Όταν κλαδικοί φορείς ή το κράτος, σε εθνικό, ευρωπαϊκό ή και διεθνές επίπεδο, με τη βοήθεια αναγνωρισμένων φορέων και ειδικών Τεχνικών Επιτροπών, έρχονται να δημιουργήσουν προδιαγραφές για ένα προϊόν, τότε έχουμε τα κλαδικά, εθνικά, ευρωπαϊκά ή διεθνή πρότυπα.
- **Πιστοποίηση:** είναι η διαδικασία με την οποία ένα τρίτο μέρος (φορέας πιστοποίησης) παρέχει γραπτή διαβεβαίωση (Πιστοποιητικό συμμόρφωσης) από ότι ένα προϊόν, μία διεργασία ή μία υπηρεσία συμμορφώνεται με τις προδιαγεγραμμένες απαιτήσεις (πρότυπο ή άλλο τυποποιητικό έγγραφο).
- **Διακρίβωση:** ονομάζεται η σύγκριση ενός οργάνου ή μίας συσκευής μέτρησης άγνωστης ακρίβειας με ένα πρότυπο μέτρησης γνωστής ακρίβειας (εξασφαλίζοντας λόγο ακρίβειας τουλάχιστον 3/1) με σκοπό να ανιχνεύσει, συσχετίσει, αναφέρει ή εξαλείψει με ρύθμιση οποιαδήποτε απόκλιση στην ακρίβεια του.
- **Βαθμονόμηση:** ονομάζεται η διαδικασία ρύθμισης ενός οργάνου ή μίας συσκευής μέτρησης σύμφωνα με το πρότυπο αναφοράς.

2.2 ΔΙΑΠΙΣΤΕΥΜΕΝΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ

Τα εργαστήρια που πραγματοποιούν δοκιμές και ελέγχους των υλικών που χρησιμοποιούνται στα έργα, προκειμένου να παρέχουν αξιόπιστα αποτελέσματα πρέπει να είναι διαπιστευμένα δηλαδή να κατέχουν Πιστοποιητικό Διαπίστευσης (Certificate of Accreditation).

Τα σημαντικότερα κριτήρια για τη διαπίστευση ενός εργαστηρίου είναι:

- Η διαθεσιμότητα και η καταλληλότητα του απαραίτητου τεχνικού εξοπλισμού

(μετρητικός εξοπλισμός, πρότυπες συσκευές) και των διαδικασιών διακρίβωσης για την πραγματοποίηση μετρήσεων εντός συγκεκριμένων περιοχών μέτρησης βάσει των επιδιωκόμενων αβεβαιοτήτων μέτρησης.

- Η αβεβαιότητα της μέτρησης που προσδιορίζεται μετά την αξιολόγηση (διαπίστευση) του εργαστηρίου διακρίβωσης και αναφέρεται λεπτομερώς στο σχετικό πεδίο διαπίστευσης ονομάζεται βέλτιστη ικανότητα μέτρησης και αφορά στη μικρότερη (καλύτερη) αβεβαιότητα μέτρησης που μπορεί να επιτύχει ένα εργαστήριο διακριβώσεων.
- Η καταλληλότητα των περιβαλλοντικών συνθηκών (θερμοκρασία σχετική υγρασία και ατμοσφαιρική πίεση), οι οποίες θα πρέπει να βρίσκονται εντός συγκεκριμένων ορίων.
- Η επάρκεια της απαιτούμενης τεχνικής ικανότητας και της αξιοπιστίας του τεχνικού προσωπικού.
- Η διασφάλιση της αμεροληψίας της ανεξαρτησίας της ακεραιότητας και της νομικής υπόστασης του εργαστηρίου. Το εργαστήριο θα πρέπει να παρέχει ικανοποιητικές αποδείξεις για την αμεροληψία των μετρήσεων του και του τεχνικού προσωπικού του, την οικονομική του ανεξαρτησία, την ακεραιότητα των διαδικασιών μέτρησης και του μετρολογικού εξοπλισμού του, τη διαθεσιμότητα των απαραίτητων κεφαλαίων για τη διατήρηση και λειτουργία του καθώς και την ικανοποίηση ευθυνών που μπορεί να προκύψουν από ενδεχόμενες βλάβες.

2.3 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

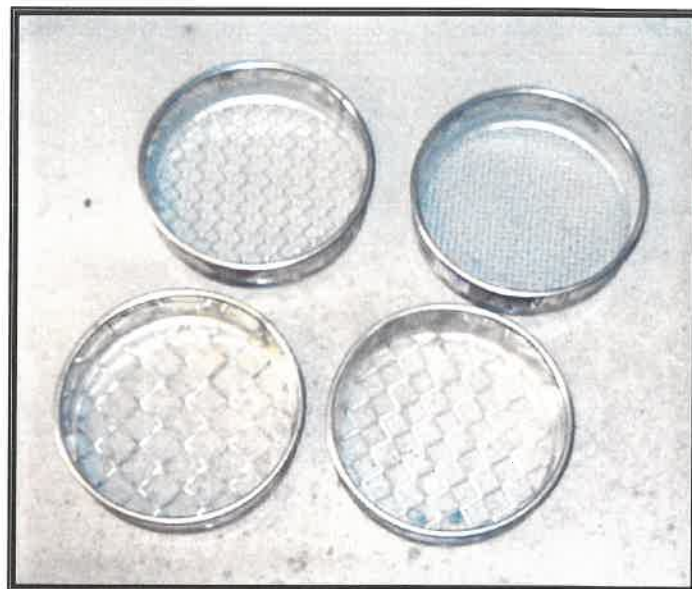
Δύο είναι οι κυριότερες εργαστηριακές δοκιμές των αδρανών υλικών:

1. **Κοκκομετρική ανάλυση** (η μέθοδος αναλύεται διεξοδικά στην επόμενη παράγραφο).
2. **Έλεγχοι σκληρότητας αδρανών:** π.χ δοκιμή προσδιορισμού του δείκτη αντίστασης σε στίλβωση (PSV), αντίσταση σε τριβή και κρούση κατά Los Angeles (LA), δοκιμή προσδιορισμού του δείκτη αντίστασης σε απότριψη (AAV) κ.α.

2.3.1 ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η κοκκομετρική ανάλυση σκοπό έχει το διαχωρισμό των αδρανών ανάλογα με το μέγεθός τους (κοκκομετρική διαβάθμιση) και χάραξη στη συνέχεια της κοκκομετρικής καμπύλης. Η κοκκομετρική καμπύλη δείγματος αδρανών απαιτείται συνήθως να βρίσκεται εντός συγκεκριμένων ορίων που απαιτούν οι προδιαγραφές της εφαρμογής για την οποία προορίζεται το δείγμα.

Η κοκκομετρική ανάλυση επιτυγχάνεται με κοσκίνισμα των αδρανών (με ηλεκτρική συνήθως κοσκινίστρα, στην οποία τοποθετούνται τα κόσκινα με φθίνουσα σειρά μεγέθους οπής από πάνω προς τα κάτω. Τα αδρανή, αφού ξηρανθούν και ζυγιστούν, τοποθετούνται στη κοσκινίστρα και κοσκινίζονται για 10 έως 15 min.



Εικόνα 2-1. Κόσκινα ASTM.



Εικόνα 2-2. Κόσκινα και ζυγαριά.

Κάθε ένα κόσκινο αφαιρείται από την κοσκινίστρα, το περιεχόμενό του ζυγίζεται και αναγράφεται (εκτός του βάρους της παιπάλης) στην αντίστοιχη γραμμή της στήλης "**Συγκρατούμενο βάρος σε gr**" του εντύπου "ΔΕΛΤΙΟ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ". Στις γραμμές της στήλης "**Διερχόμενο βάρος (gr)**", από το ολικό βάρος (που προσδιορίστηκε πριν από το κοσκίνισμα) αφαιρείται αρχικά το βάρος που συγκρατείται στο κόσκινο με τη μέγιστη διάμετρο οπής και διαδοχικά τα συγκρατούμενα βάρη στα υπόλοιπα κόσκινα. Στο κόσκινο No 200 (0.074 mm) το

διερχόμενο βάρος που προκύπτει αντιπροσωπεύει το βάρος της παιπάλης (φίλλερ). Κατόπιν τούτων, υπολογίζεται το διερχόμενο βάρος [%] και χαράσσεται στο αντίστοιχο έντυπο η κοκκομετρική καμπύλη.

ΔΕΛΤΙΟ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

ΕΡΓΟ :

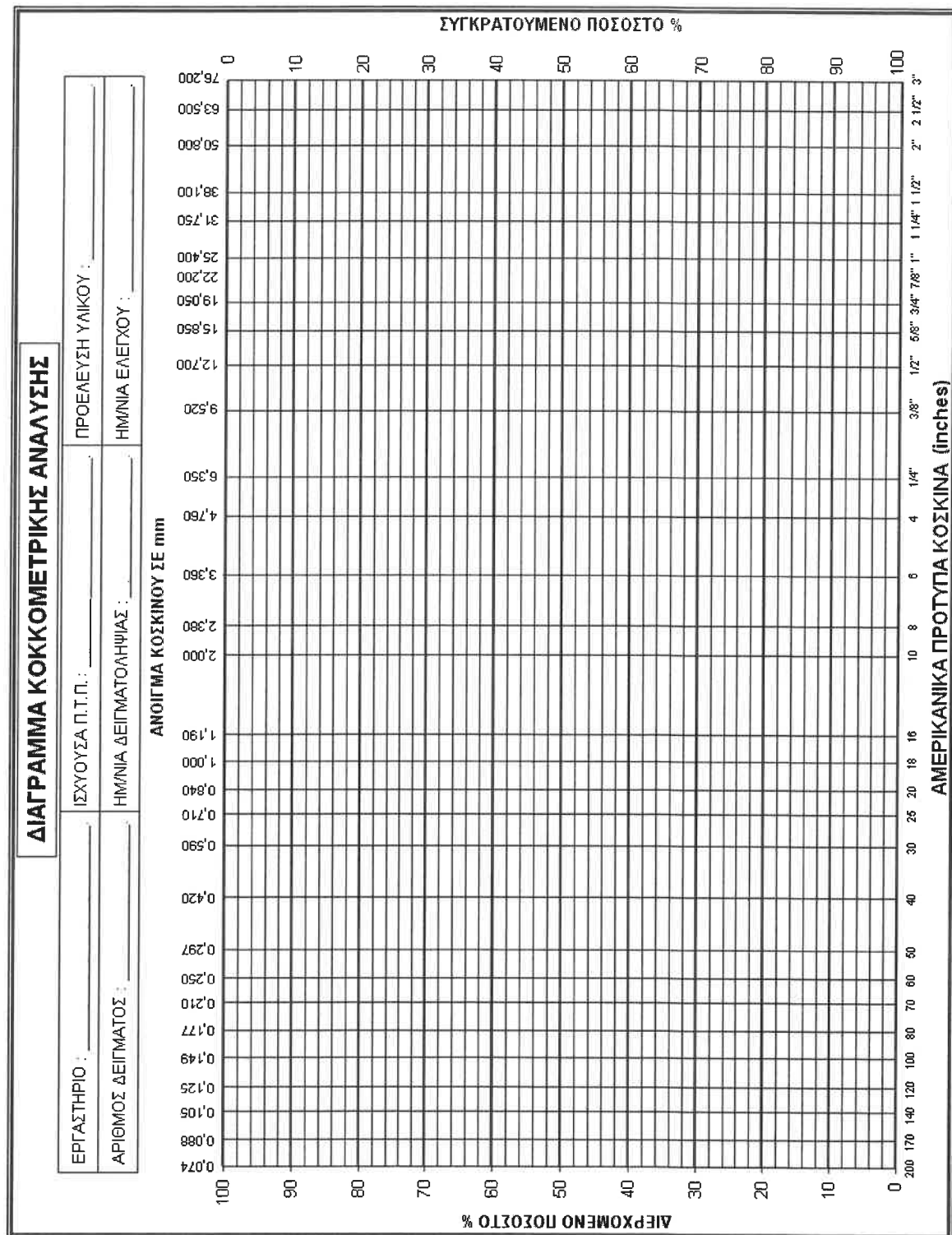
ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ:

ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΥΛΙΚΟΥ:

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ / ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ:

Πρότυπο μέγεθος κοσκίνου (mm)	Αριθμός κοσκίνου (in)	Συγκρατούμενο βάρος σε (gr)	Διερχόμενο βάρος	
			(gr)	(%)
38,1	1 ½ "			
25,4	1 "			
19,05	¾ "			
12,7	1/2 "			
9,52	3/8 "			
4,75	No 4			
0,59	No 30			
2,00	No 10			
0,43	No 40			
0,297	No 50			
0,18	No 80			
0,149	No 100			
0,074	No 200			
	Παιπάλη			
	Ολικό βάρος			

Ο καθορισμός του ακριβούς ποσοστού της παιπάλης είναι σημαντικός, επειδή πιθανή περίσσειά της στο ασφαλτόμιγμα έχει βλαβερές συνέπειες, με κυριότερες την αύξηση του ποσοστού της ασφάλτου για την παραγωγή του ασφαλτομίγματος, τη μείωση της επικάλυψης των αδρανών με άσφαλτο (βάψιμο) και τη μείωση της εργασιμότητας του ασφαλτομίγματος. Για τον ακριβή προσδιορισμό της παιπάλης δείγμα ξηρών αδρανών ζυγίζονται και αφού τοποθετηθούν σε κατάλληλα μικρά κόσκινα με τελευταίο το Νο200 (0.074 mm) και ξεπλένονται με τρεχούμενο νερό. Όταν το νερό που βγαίνει είναι πλέον καθαρό, το σύνολο των αδρανών που απέμειναν ξηραίνεται και ζυγίζεται. Η διαφορά βάρους αντιπροσωπεύει το βάρος της παιπάλης.



Εικόνα 2-3. Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης.

2.4 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ.

2.4.1 ΕΚΧΥΛΙΣΗ ΤΟΥ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ – ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΣΦΑΛΤΟΥ.

Η δοκιμή εκχύλισης εκτελείται για τον ποσοτικό καθορισμό του ασφαλτικού συνδετικού υλικού στο ασφαλτόμιγμα. Τα αδρανή που προκύπτουν μετά το διαχωρισμό μπορούν να κοσκινιστούν για το καθορισμό της κοκκομετρικής καμπύλης του παραγόμενου ασφαλτομίγματος (κατά την διάρκεια της διάστρωσης). Στην Ελλάδα η μέθοδος που, σχεδόν αποκλειστικά χρησιμοποιείται είναι η εκχύλιση "εν ψυχρώ" (μέθοδος του φυγοκεντρικού εκχυλιστήρα).

Η δοκιμή αυτή εκτελείται χρησιμοποιώντας μια συσκευή εκχύλισης η οποία φέρει ένα μεταλλικό ημικυκλικό υποδοχέα μίγματος με καπάκι ασφαλείας ο οποίος μπορεί να περιστρέφεται με 3600 στροφές / λεπτό. Το δείγμα του ασφαλτομίγματος θερμαίνεται στους 110 °C, ώστε να χαλαρώσει και να ξηρανθεί (από την τυχόν υπάρχουσα υγρασία), τοποθετείται σε ταψί, τετραμερίζεται και λαμβάνονται τα δύο αντιδιαμετρικά του τμήματα. Η διαδικασία του τετραμερισμού επαναλαμβάνεται μέχρι να ληφθεί η κατάλληλη ποσότητα, η οποία και τοποθετείται στο δοχείο (λεκάνη) της φυγοκεντρικής συσκευής εκχύλισης. Κατά τη δοκιμή, επαρκής ποσότητα ασφαλτομίγματος ζυγίζεται και τοποθετείται στον υποδοχέα. Η ποσότητα που χρησιμοποιείται είναι συνάρτηση του μέγιστου κόκκου των αδρανών και καθορίζεται από τις προδιαγραφές.



Εικόνα 2-4. Εκχυλιστήρας.

Πριν από τη δοκιμή ζυγίζονται και καταγράφονται στο σχετικό έντυπο "**Αποτελέσματα Εργαστηριακής Δοκιμής για τον Προσδιορισμό του Ποσοστού Ασφάλτου**" το βάρος του δοχείου (β) και (ε), το βάρος του δοχείου με το ασφαλτόμιγμα (α), καθώς και το βάρος του ειδικού φίλτρου (θ), υπολογίζεται δε το καθαρό βάρος του ασφαλτομίγματος (γ).

Η ποσότητα του μίγματος καλύπτεται πλήρως με επαρκή ποσότητα κατάλληλου οργανικού διαλύτη. Ως διαλύτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί το **τριχλωροαιθυλένιο**. Ο διαλύτης αφήνεται να δράσει για κάποιο χρονικό διάστημα και κατόπιν ο υποδοχέας κλείνεται ερμητικά, αφού προηγουμένως μεταξύ υποδοχέα και καπακιού τοποθετηθεί κατάλληλος διηθητικός χάρτης (φίλτρο). Το όλο μίγμα υφίσταται φυγοκέντριση (με συνεχώς αυξανόμενη ταχύτητα) για τόσο χρονικό διάστημα όσο απαιτείται για την απομάκρυνση του υγρού που περιέχει ασφάλτο και διαλύτη από τον σωλήνα εκροής. Μετά το σταμάτημα της συσκευής προστίθεται νέα ποσότητα καθαρού διαλύτη και το μίγμα υφίσταται εκ νέου φυγοκέντριση. Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται τόσες φορές όσες είναι αναγκαίες για να εξαχθεί από τη συσκευή καθαρός διαλύτης (συνήθως τρεις ή τέσσερις φορές).

Σε περίπτωση που υπάρχει συσκευή ανάκτησης της ασφάλτου συλλέγεται το εκχύλισμα σε γυάλινο δοχείο και αφού απαλλαγεί από την πολύ λεπτή παιπάλη (με φυγοκέντριση), ακολουθεί ο διαχωρισμός της ασφάλτου από το διαλύτη. Έτσι ο μεν διαλύτης μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί, η δε ασφάλτος να υποβληθεί σε δοκιμές διείσδυσης, μάλθωσης κ.λ.π. Οι δοκιμές στην ασφάλτο είναι ιδιαίτερα χρήσιμες, όταν ελέγχονται παλαιά ασφαλτομίγματα, για προσδιορισμό της γήρανσης της ασφάλτου, με βάση την αλλαγή των χαρακτηριστικών της.

Το δείγμα των αδρανών και το φίλτρο ξηραίνονται μέχρι σταθερού βάρους στους 110°C περίπου και ζυγίζονται τα δε αποτελέσματα καταγράφονται στο ειδικό έντυπο στις γραμμές (δ) και (η) αντίστοιχα. Υπολογίζεται έτσι το βάρος των αδρανών και της παιπάλης από το φίλτρο και εξ αυτών το συνολικό βάρος των αδρανών και τα βάρος της ασφάλτου.



Εικόνα 2-5. Δείγμα μετά την δοκιμή μέσα στον υποδοχέα και φίλτρο.

Το ποσοστό της ασφάλτου στο ασφαλτόμικτο υπολογίζεται συνήθως % κατά βάρος αδρανών. Οι υπολογισμοί φαίνονται στο παράδειγμα σχετικού εντύπου:

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ
ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΤΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΣΦΑΛΤΟΥ

ΕΡΓΟ
ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ
ΕΙΔΟΣ, ΠΡΟΛΕΥΣΗ ΥΛΙΚΟΥ
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ, ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

ΔΟΧΕΙΟ & ΑΣΦΑΛΤΟΜΠΤΜΑ	α		gr	
ΔΟΧΕΙΟ ΑΔΕΙΟ	β		gr	
ΚΑΘΑΡΟ ΒΑΡΟΣ ΑΣΦΑΛΤΟΜΠΤΜΑΤΟΣ	γ	α-β	gr	
ΔΟΧΕΙΟ & ΑΔΡΑΝΗ	δ		gr	
ΔΟΧΕΙΟ ΑΔΕΙΟ	ε		gr	
ΚΑΘΑΡΟ ΒΑΡΟΣ ΑΔΡΑΝΩΝ	ζ	δ-ε	gr	
ΦΙΛΤΡΟ & ΠΑΠΙΑΛΗ	η		gr	
ΦΙΛΤΡΟ	θ		gr	
ΒΑΡΟΣ ΠΑΠΙΑΛΗΣ ΑΠΟ ΦΙΛΤΡΟ	ι	η-θ	gr	
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΑΔΡΑΝΩΝ	κ	ζ+ι	gr	
ΒΑΡΟΣ ΑΣΦΑΛΤΟΥ	λ	γ-κ	gr	
ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΣΦΑΛΤΟΥ (% Κ.Β ΑΔΡΑΝΩΝ)	μ	100*λ/κ	%	

2.4.2 Η ΔΟΚΙΜΗ MARSHALL

Η μέθοδος Marshall χρησιμοποιείται για το καθορισμό της βέλτιστης περιεκτικότητας ασφάλτου, με μέγιστη ονομαστική διάσταση αδρανών 25,4 mm. Η μέθοδος Marshall συνίσταται στην παρασκευή συγκεκριμένης διαμέτρου δοκιμίων (100 ή 101,6 mm) και στον έλεγχο αυτών, με την ειδική συσκευή Marshall, για ευστάθεια και παραμόρφωση. Παράλληλα ελέγχονται και άλλες ιδιότητες που όλες μαζί είναι γνωστές ως ιδιότητες Marshall. Οι ιδιότητες αυτές θα πρέπει να έχουν ορισμένες οριακές τιμές αναλόγως του κυκλοφοριακού φόρτου της θέσεως που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί το ασφαλτόμιγμα.

2.4.2.1. Παρασκευή Δοκιμίων Marshall.

Το τελικό μίγμα των αδρανών τοποθετείται σε θερμαινόμενο φούρνο (σε θερμοκρασία 150 - 160 °C) για 2 τουλάχιστον ώρες, για ξήρανση και για να αποκτήσει την επιθυμητή θερμοκρασία. Επαρκής ποσότητα μίγματος αδρανών (περίπου 1200 gr) αδρανών μεταφέρεται στο θερμαινόμενο κάδο ανάμιξης και επ' αυτού προστίθεται η επιθυμητή ποσότητα θερμής ασφάλτου.

Μετά την ανάμιξη, όπου ο χρόνος ανάμιξης είναι τόσοσ όσος να επιτευχθεί ομοιόμορφη και πλήρης κάλυψη των αδρανών με άσφαλτο, το θερμό ασφαλτόμιγμα

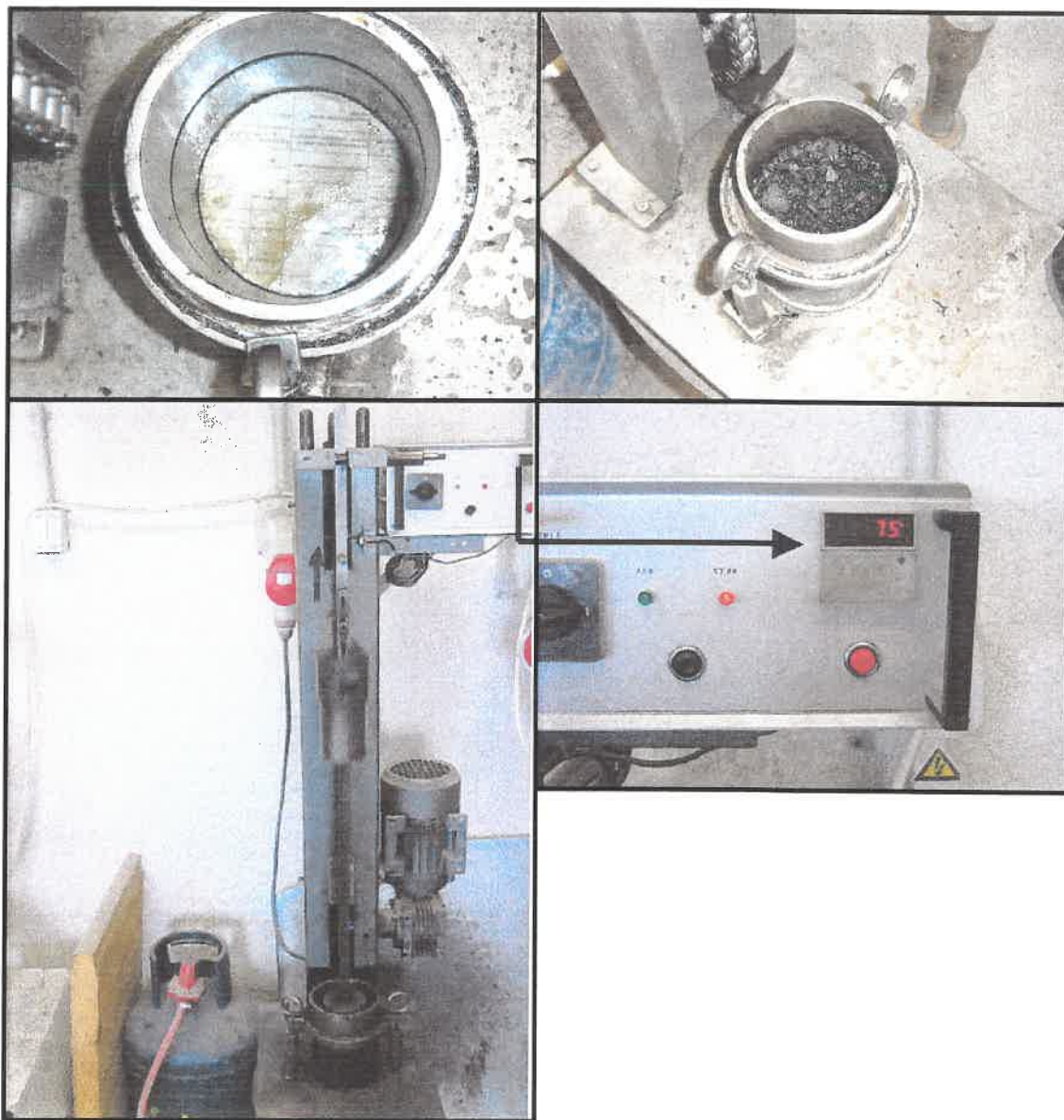
τοποθετείται (με τη βοήθεια μικρής σπάτουλας) σε ειδικές κυλινδρικές μεταλλικές μήτρες (προθερμασμένες) διαμέτρου 101,6 mm (ή 4 inches). Το πρώτο μίγμα πετιέται διότι στα τοιχώματα του αναμικτήρα επικολλούνται λεπτόκοκκα αδρανή. Η ποσότητα του ασφαλτομίγματος είναι τόση ώστε να παραχθεί δοκίμιο ύψους 63,5 mm περίπου.



Εικόνα 2-6. Μήτρες που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή δοκιμίων.

Πριν την τοποθέτηση του μίγματος, οι μήτρες πρέπει να καθαριστούν, και επίσης ένα φίλτρο πρέπει να τοποθετηθεί στην βάση. Η ποσότητα του ασφαλτομίγματος τοποθετείται σε μια στρώση και δέχεται μια ελαφρά προσυμπύκνωση, (15 φορές περιμετρικά και 10 φορές στο κέντρο). Κατόπιν η μήτρα με το ασφαλτόμειγμα τοποθετείται σε ειδικό μηχάνημα (κόπανος Marshall). Η θερμοκρασία συμπίκνωσης είναι συνήθως 140 ± 5 °C. Το ασφαλτόμειγμα συμπυκνώνεται με την επίδραση διαδοχικών χτύπων, βάρους 4.535 Kg από ύψος πτώσης 457 mm. Κατά την συμπίκνωση το ασφαλτόμειγμα δέχεται από 35 ή 50 ή 75 κτυπήματα στην κάθε πλευρά. Η όλη διαδικασία συμπίκνωσης δεν πρέπει να διαρκεί περισσότερο από 4 min.

Ο αριθμός των κτυπημάτων είναι ανάλογος του πού θα χρησιμοποιηθεί το ασφαλτόμειγμα. Για δρόμους ελαφριάς κυκλοφορίας το δοκίμιο δέχεται 35 κτυπήματα, για δρόμους βαριάς κυκλοφορίας ή αεροδρόμια δέχεται 75 κτυπήματα. Τα δοκίμια αφήνονται να κρυώσουν (πάνω σε ξύλινη βάση ίδιας περίπου διαμέτρου για να μην παραμορφωθούν) μέχρι τους 40 °C περίπου και εξάγονται από τη μήτρα με τη βοήθεια εξολκέα.



Εικόνα 2-7. Διαδικασία συμπίκνωσης.

2.4.2.2. Ειδικό Βάρος - Ποσοστό Κενών Δοκιμών Marshall.

Το ειδικό βάρος ενός δοκιμίου Marshall διακρίνεται σε:

- μέγιστο ειδικό βάρος (μη συμπτυκνωμένου) ασφαλτομίγματος: $\rho_{R,bit}$ και
- φαινόμενο ειδικό βάρος συμπτυκνωμένου δοκιμίου: ρ_A ή (G)

Ο υπολογισμός του μέγιστου ειδικού βάρους του μη συμπτυκνωμένου ασφαλτομίγματος [$\rho_{R,bit}$ (gr/cm³)] γίνεται με χρήση της σχέσης:

$$\rho_{R,bit} = \frac{100}{[(M/\rho_{R,M}) + (B/\rho_B)]}$$

όπου:

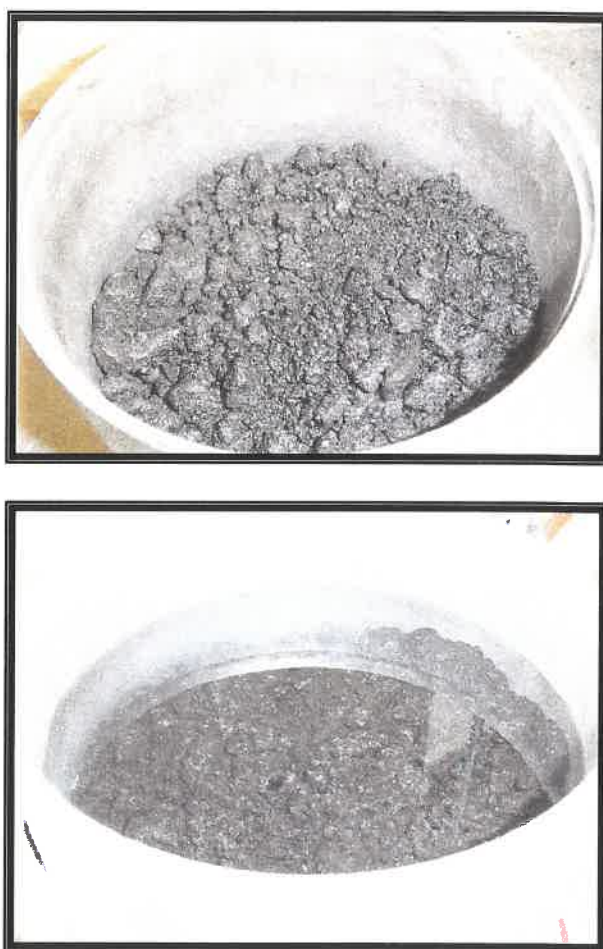
M (ή P_s) : ποσοστό % κ.β. ασφαλτομίγματος των αδρανών υλικών ($M = 100 - B$),

B ή (AC_{mix}) : ποσοστό % κ.β. ασφαλτομίγματος της ασφάλτου,

$\rho_{R,M}$ (ή G_{bulk}) : ειδικό βάρος μίγματος αδρανών και

ρ_B (ή G_{asph}) : ειδικό βάρος ασφάλτου.

Το μέγιστο ειδικό βάρος του ασφαλτομίγματος κατά Rice, υπολογίζεται εργαστηριακά σύμφωνα με την προδιαγραφή ASTM D 2041. Σύμφωνα με την προδιαγραφή αυτή, γνωστή ποσότητα "χαλαρού" ασφαλτομίγματος τοποθετείται εντός ειδικού δοχείου και καλύπτεται πλήρως με νερό 25 °C.



Εικόνα 2-8. Χαλαρό ασφαλτόμιγμα εντός δοχείου με νερό.

Ο αέρας που εμπεριέχεται μεταξύ των αδρανών του ασφαλτομίγματος απομακρύνεται με την σταδιακή αύξηση της υποπίεσης που δημιουργείται στο δοχείο. Όταν η υποπίεση φτάσει τα 30 mm υδραργύρου διατηρείται για 5 έως 15 λεπτά και το περιεχόμενο δονείται για να διευκολυνθεί η απομάκρυνση του αέρα που πιθανόν να εγκλωβίστηκε

μεταξύ των καλυμμένων με άσφαλτο αδρανών.

Το ειδικό βάρος του μίγματος των αδρανών ($\rho_{R,M}$ [gr/cm³]) προσδιορίζεται με τη μέθοδο του πυκνόμετρου (DIN 1996, Teil 1, 7), σύμφωνα με την οποία σε πυκνόμετρο γνωστού όγκου V [cm³] και βάρους m_1 [gr] τοποθετείται δείγμα του μίγματος των αδρανών και ζυγίζεται (βάρος πυκνόμετρου και δείγματος: m_2 [gr]). Στη συνέχεια, ακολουθώντας συγκεκριμένη διαδικασία, τοποθετείται υγρό δοκιμής (πυκνότητας ρ_L [gr/cm³], η οποία υπολογίζεται με πυκνόμετρο) και προσδιορίζεται το βάρος του πυκνόμετρου με το δείγμα και το υγρό δοκιμής m_3 [gr]. Το ειδικό βάρος του μίγματος των αδρανών $\rho_{R,M}$ υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\rho_{R,M} = \frac{(m_2 - m_1)}{[V - (m_3 - m_2) / \rho_L]}$$

Το ειδικό βάρος της ασφάλτου (ρ_B [gr/cm³]) προσδιορίζεται (DIN 52004) με υπολογισμό των βαρών [gr]: άδειου δοχείου στον αέρα (α), άδειου δοχείου εντός νερού (β), γεμάτου δοχείου με δείγμα ασφάλτου στον αέρα (γ) και γεμάτου δοχείου με δείγμα ασφάλτου εντός νερού (δ), από τη σχέση:

$$\rho_B = \frac{(\gamma - \alpha)}{[(\gamma - \alpha) - (\delta - \beta)]}$$

Παράδειγμα: Έστω ότι από τις δοκιμές προέκυψε: ειδικό βάρος μίγματος αδρανών $\rho_{R,M} = 2.68$ gr/cm³, ειδικό βάρος ασφάλτου $\rho_B = 1.05$ gr/cm³ και στο ασφαλτόμιγμα το ποσοστό της ασφάλτου είναι 5 % κ.β. μίγματος αδρανών. Το ποσοστό της ασφάλτου στο ασφαλτόμιγμα θα είναι:

$$B = 5 * \frac{100}{105} = 4,76\%$$

Οπότε το ποσοστό των αδρανών στο ασφαλτόμιγμα θα είναι:

$$M = 100 - 4,76 = 95,24\%$$

Το μέγιστο ειδικό βάρος του μη συμπτυνωμένου ασφαλτομίγματος είναι:

$$\rho_{R,bit} = G_{max} = \frac{100}{[(M/\rho_{R,M}) + (B/\rho_B)]}$$

$$\text{Άρα έχουμε : } \rho_{R,bit} = \frac{100}{[(95,24/2,68) + (4,76/1,05)]} = 2,5 \text{ gr/cm}^3$$

Το φαινόμενο ειδικό βάρος συμπακνωμένου δοκιμίου ρ_A προσδιορίζεται με την ακόλουθη μέθοδο (ASTM D 2726, DIN 1996 Teil 7): Το δοκίμιο Marshall ζυγίζεται (βάρος δοκιμίου στον αέρα: A [gr]) και κατόπιν τοποθετείται στο υδατόλουτρο θερμοκρασίας $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ για χρονικό διάστημα $90 (\pm 30)$ min. Μετά την παρέλευση του χρόνου αυτού ζυγίζεται εντός του νερού (βάρος δοκιμίου στο νερό: B [gr]), απομακρύνεται από το υδατόλουτρο και ζυγίζεται, αφού προηγουμένως αφήνεται να στραγγίξει για 10 ± 2 sec (βάρος κορεσμένου δοκιμίου: Γ [gr]). Το φαινόμενο ειδικό βάρος του δοκιμίου (ρ_A [gr/cm³]) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\rho_A = \frac{A}{(\Gamma - B)}$$

Το φαινόμενο ειδικό βάρος συμπακνωμένου δοκιμίου ρ_A ή G προσδιορίζεται επίσης με την εξής μέθοδο (μέθοδος "εν ξηρώ"): πρώτα μετριέται το ύψος του δοκιμίου σε έξι αντιδιαμετρικές θέσεις και λαμβάνεται ο μέσος όρος των υψών h (cm). Στη συνέχεια το δοκίμιο ζυγίζεται και λαμβάνεται το βάρος δοκιμίου στον αέρα W (gr).



Εικόνα 2-9. Ζύγισμα δοκιμίου στον αέρα.

Ο όγκος του δοκιμίου υπολογίζεται από την γνωστή σχέση υπολογισμού του όγκου του κυλίνδρου:

$$V = h * s \text{ όπου } s \text{ η επιφάνεια του δοκιμίου (cm}^2\text{),}$$

$$s = \pi \times \text{διάμετρος}^2 / 4 = 3,14 \times 10,16^2 / 4 \cong 81 \text{ cm}^2$$

Υπενθυμίζεται ότι η διάμετρος της μήτρας είναι 10,16 cm. Το φαινόμενο ειδικό βάρος

συμπυκνωμένου δοκιμίου G (gr/cm^3) δίνεται πλέον από την γνωστή σχέση :

$$G = \frac{W}{V}$$

Το **ποσοστό κενών** αέρος (H_{bit} ή PAV [% κ.ο.]) του δοκιμίου Marshall προκύπτει από τη σχέση:

$$H_{\text{bit}} = 100 * (\rho_{\text{R,bit}} - \rho_{\text{A}}) / \rho_{\text{R,bit}}$$

Το ποσοστό κενών του δοκιμίου Marshall πρέπει να βρίσκεται εντός ορισμένων ορίων, που αναφέρονται στην προδιαγραφή, ή την Τεχνική Συγγραφή Υποχρεώσεων του έργου. Στις επιφανειακές στρώσεις κυκλοφορίας καθορίζει σε μεγάλο βαθμό το βάθος μακροϋφής και ως εκ τούτου την αντολισθηρότητα του οδοστρώματος.

Τέλος υπολογίζονται και κάποια δευτερεύοντα μεγέθη βάση των παρακάτω σχέσεων όπως είναι τα εξής:

- Ενεργό ειδικό βάρος αδρανών (G_{eff}):

$$G_{\text{eff}} = P_s / \left[(100/G_{\text{max}}) - (AC_{\text{mix}}/G_{\text{asph}}) \right]$$

- Απορροφημένη άσφαλτος (Abs) :

$$\text{Abs} = 100 \times (G_{\text{eff}} - G_{\text{bulk}}) \times G_{\text{asph}} / (G_{\text{eff}} - G_{\text{bulk}})$$

- Ενεργή άσφαλτος (AC_{eff}) :

$$AC_{\text{eff}} = AC_{\text{mix}} - P_s \times (\text{Abs}/100)$$

- Όγκος ενεργής ασφάλτου (V_{eff}) :

$$V_{\text{eff}} = G \times AC_{\text{eff}} / G_{\text{asph}}$$

- Ποσοστό (%) κενών αδρανών ασφαλτομίγματος (VMA):

$$\text{VMA} = V_{\text{eff}} + \text{PAV} = 100 - (G \times P_s) / G_{\text{bulk}}$$

- Ποσοστό (%) κενών πληρωμένων με άσφαλτο (VFA) :

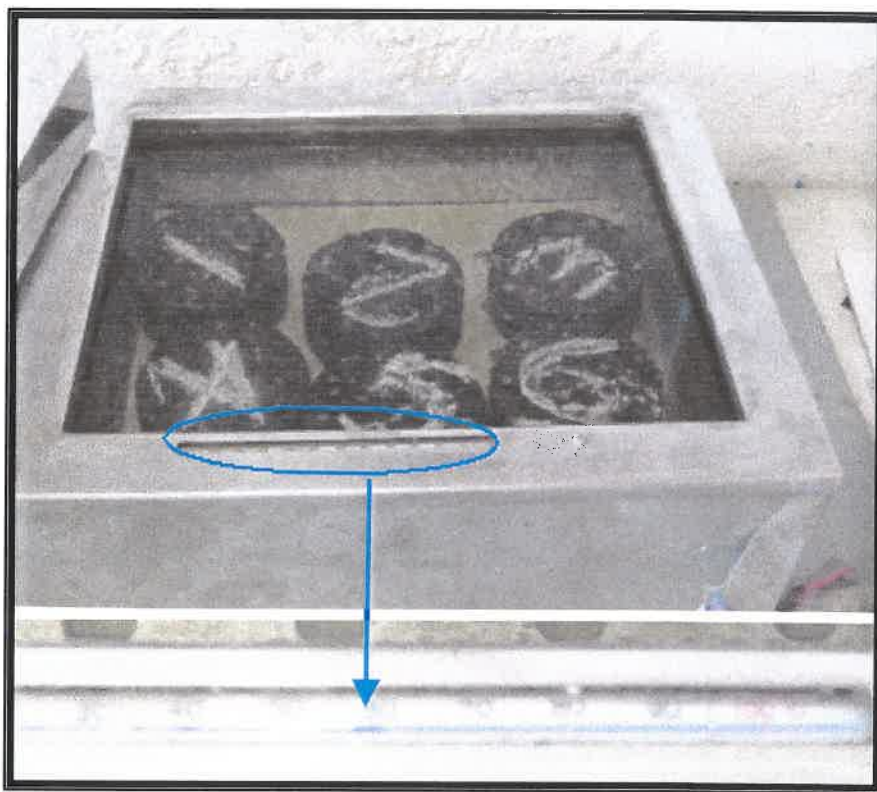
$$\text{VFA} = 100 \times V_{\text{eff}} / \text{VMA}$$

Όλα τα παραπάνω συνοψίζονται σε ένα δελτίο που ονομάζεται δελτίο ελέγχου χαρακτηριστικών δοκιμίων Marshall. Το δελτίο αυτό παρουσιάζεται πιο κάτω και

αφορά δοκίμια που κατασκευάστηκαν στο διαπιστευμένο εργαστήριο της εταιρίας "Κοινοπραξία – ΑΤΤΙΚΗ ΟΔΟΣ".

2.4.2.3. Έλεγχος σε Ευστάθεια και Παραμόρφωση.

Μετά την εξαγωγή του δείγματος από την μήτρα, τα δοκίμια τοποθετούνται σε λουτρό ύδατος, σε θερμοκρασία 60 ± 1 °C για 30 λεπτά, πριν τοποθετηθούν στην συσκευή Marshall.



Εικόνα 2-10. Δοκίμια σε λουτρό ύδατος.

Η συσκευή Marshall συμπιέζει διαμετρικά το δοκίμιο με σταθερό ρυθμό (50.8 mm/min) μέχρι τελικής θραύσεως. Η μέγιστη δύναμη κατά τη θραύση του δοκιμίου δίνει την ευστάθεια Marshall του μίγματος μετρούμενη σε N. Η παραμόρφωση που έχει υποστεί το δοκίμιο κατά το σημείο της θραύσης καταγράφεται σαν παραμόρφωση Marshall, μετρούμενη σε mm.

Οι τιμές της ευστάθειας που λαμβάνονται, διορθώνονται πολλαπλασιάζοντας με τους κατάλληλους διορθωτικούς συντελεστές. Η διόρθωση αυτή είναι αναγκαία λόγω της ανομοιομορφίας ύψους ή όγκου των δοκιμίων. Τα μεγάλα δοκίμια είναι λογικό να απαιτούν ελαφρώς μεγαλύτερη δύναμη θραύσης από ότι τα μικρά δοκίμια από το ίδιο ασφαλτόμιγμα.



Εικόνα 2-11. Συσκευή Marshall.

Τα αποτελέσματα των παραπάνω εργαστηριακών ελέγχων καταγράφονται σε ειδικό δελτίο, όπως αυτό που παρατίθεται παρακάτω ("ΔΕΛΤΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ MARSHALL"), όπου φαίνονται τα αποτελέσματα συνοπτικά καθώς επίσης και τα όρια των προδιαγραφών της αντίστοιχης ισχύουσας Π.Τ.Π.



ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ
ΑΤΤΙΚΗ ΟΔΟΣ

Ελεύθερη Λεωφόρος Ελευσίνιας - Σταυρού - Α/Δ Σπάτων και
Δυτική Περιφερειακή Λεωφόρος Υμηττού

ΔΕΛΤΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ MARSHALL

ΙΣΧΥΟΥΣΑ ΠΤΠ:		Α265 Β' ΙΣΟΠΕΔΩΤΙΚΗ				
ΤΥΠΟΣ ΑΣΦΑΛΤΟΥ:		ΕΙΔ.ΒΑΡ.ΑΣΦ. (Gasph)	1	ΘΕΡΜ.ΣΥΜΠ.°C: 150 ΚΤΥΠΟΙ: 75	ΦΑΙΝ.ΕΙΔ.ΒΑΡ.ΑΔΡ. (ASTM C 127) (GBulk)	2,67
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ MARSHALL ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ						
ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΑΣΦΑΛΤΟΥ %	ΚΑΤΑ ΒΑΡΟΣ ΑΔΡΑΝΩΝ AC by weight =	4,12	ΚΑΤΑ ΒΑΡΟΣ ΜΙΞΕΩΣ ACmix =	3,96		

ΠΡΟΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ASTM D 1559		ΑΡ.ΔΟΚΙΜΙΟΥ	1	2	3	4	5	6
ΒΑΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ (g)		W	1339,5	1216,0	1255,5	1154,1	1207,1	1215,4
ΒΑΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΣΤΟ ΝΕΡΟ (g) ASTM D 2726		Wi	788,8	717,1	738,2	681,8	710,7	713,1
ΒΑΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ (g) Κ.Ε.Ξ.		WSSD	1341,2	1216,4	1255,9	1154,9	1208,7	1216,4
ΟΓΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (cm³) ASTM D 2726		V = WSSD - Wi	552,4	499,3	517,7	473,1	498,0	503,3
ΦΑΙΝ.ΕΙΔ.ΒΑΡΟΣ ΔΟΚ. MARSHALL	ΔΟΚΙΜΙΩΝ	G = W / V	2,425	2,435	3,425	2,439	2,424	2,415
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	G	2,427					
ΣΥΝΟΛΟ ΑΔΡΑΝΩΝ %	100 - ACmix				Ps		96,04	
ΘΕΩΡ.ΜΑΧ. ΕΙΔ. ΒΑΡΟΣ ΑΣΦ/ΤΟΣ	ASTM D 2041				Gmax		2,536	
ΕΝΕΡΓΟ ΕΙΔ. ΒΑΡΟΣ ΑΔΡΑΝΩΝ	$Ps / [(100 / Gmax) - (ACmix / Gasph)]$				Geff		2,707	
ΑΠΟΡΡΟΦ.ΑΣΦΑΛΤΟΣ %	$100 * (Geff - Gbulk) * Gasph / (Geff * Gbulk)$				Abs		0,51	
ΕΝΕΡΓΗ ΑΣΦΑΛΤΟΣ %	$ACmix - Ps * (Abs / 100)$				ACeff		3,47	
ΟΓΚΟΣ ΕΝΕΡΓΗΣ ΑΣΦΑΛΤΟΥ	$Veff = G * ACeff / Gasph$				Veff		8,42	
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ								ΟΡΙΑ ΠΤΠ
Κ Ε Ν Α %	ΑΕΡΑ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ ASTM D 3203	$100 * (Gmax - G) / Gmax$	PAV	4,30	3-8			
	ΑΔΡΑΝΩΝ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ	$Veff + PAV$ ή $100 - (G * Ps) / Gbulk$	VMA	12,7	>14			
	ΠΛΗΡΩΜΕΝΩΝ ΜΕ ΑΣΦΑΛΤΟ	$100 * Veff / VMA$	VFA	66,3				

Πίνακας 2-1. Δελτίο ελέγχου δοκιμίων Marshall. Πηγή: Εργαστήριο Αττικής Οδού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ

3.1 Η ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ.

Σάρωση είναι η διαδικασία που μετατρέπει μια εικόνα από φωτογραφία, περιοδικό, βιβλίο, πίνακα ζωγραφικής ή οποιοδήποτε άλλο έντυπο σε ‘ηλεκτρονική’ εικόνα γραφικών την οποία στη συνέχεια μπορούμε να επεξεργαστούμε και να την αποθηκεύσουμε στον υπολογιστή μας.

Ο σαρωτής (scanner) είναι το περιφερειακό (μονάδα εισόδου δεδομένων στον υπολογιστή) μέσω του οποίου μπορούμε να εφαρμόσουμε / υλοποιήσουμε τη διαδικασία της σάρωσης σε ένα ευρύ σύνολο αντικειμένων. Με τον σαρωτή μπορούμε να «διαβάσουμε» οποιαδήποτε τυπωμένη εικόνα από οποιαδήποτε πηγή, να τη μετατρέψουμε σε αρχείο γραφικών και στη συνέχεια να ακολουθήσουμε μια από τις παρακάτω εφαρμογές:

- Να προσθέσουμε την εικόνα σε ένα έγγραφο επεξεργαστή κειμένου
- Να τη χρησιμοποιήσουμε σε μια εφαρμογή ή πρόγραμμα γραφικών, π.χ να σαρώσουμε έγχρωμες διαφάνειες ή αρνητικά με σκοπό την ανασύνθεση παλιών ή ξεθωριασμένων φωτογραφιών, να σαρώσουμε όψεις τρισδιάστατων αντικειμένων-δοκίμια οδοστρωμάτων- με σκοπό την κοκκομετρική ανάλυση (μέθοδος χρωματικής επισήμανσης θέμα με το οποίο θα ασχοληθούμε συστηματικά στα επόμενα).
- Να τη χρησιμοποιήσουμε για ανάγνωση εγγράφων και δημιουργία ενός αρχείου κειμένου που μπορούμε στη συνέχεια να επεξεργαστούμε και να αποθηκεύσουμε στον υπολογιστή (Optical Character Recognition, OCR: οπτική αναγνώριση χαρακτήρων)
- Να τη χρησιμοποιήσουμε σε ένα πρόγραμμα σελιδοποίησης (ηλεκτρονικής έκδοσης εντύπων)
- Να την αξιοποιήσουμε κατά την δημιουργία μιας ιστοσελίδας
- Να τη στείλουμε οπουδήποτε μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (web)

Για να επεξεργαστούμε όμως αρχεία γραφικών χρειάζεται να εγκαταστήσουμε στον υπολογιστή κάποιο προϊόν λογισμικού γραφικών. Αυτό το λογισμικό, όχι μόνο δέχεται την εικόνα από το σαρωτή αλλά μας επιτρέπει να την επεξεργαστούμε με διάφορους τρόπους με σκοπό να την τελειοποιήσουμε για να την αποθηκεύσουμε ή να την τυπώσουμε. Αυτό το πρόγραμμα θα συνοδεύει, λογικά, το σαρωτή. Σε αντίθετη περίπτωση μπορούμε να εγκαταστήσουμε εμείς κάποιο πρόγραμμα αφού πρώτα βεβαιωθούμε ότι είναι συμβατό με το σαρωτή.

3.2 ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Ο υπολογιστής που διαθέτουμε θα πρέπει να καλύπτει κάποιες προδιαγραφές ώστε να μπορεί να εφαρμόζει με επιτυχία το λογισμικό γραφικών. Οι υπολογιστές της τελευταίας πενταετίας συνήθως διαθέτουν τις απαιτούμενες προδιαγραφές που είναι οι εξής:

- Τουλάχιστον 32 MB μνήμης RAM. MB είναι η σύντμηση για το megabyte (μεγαμπάιτ) το οποίο ισοδυναμεί με ένα εκατομμύριο byte πληροφοριών. Η μνήμη των υπολογιστών (RAM από τα αρχικά των λέξεων "random access memory" που σημαίνουν "μνήμη τυχαίας προσπέλασης") μετράται σε megabyte. Είναι προτιμότερο όμως το σύστημά μας να έχει 64 ή περισσότερα MB μνήμης RAM. Αν ο υπολογιστής έχει λιγότερα από 32 MB μνήμης, η εργασία με τα γραφικά ενδέχεται να είναι χρονοβόρα και κουραστική για το χρήστη.
- Μεγάλο (σε αποθηκευτικό χώρο) σκληρό δίσκο. Τα αρχεία γραφικών καταναλώνουν μεγάλο χώρο. Ένα μόνο τέτοιο αρχείο μπορεί να καταλαμβάνει μέχρι και 100 MB χώρου στο δίσκο. Για να έχουμε χώρο, όχι μόνο για ένα αρχείο, αλλά για όλα τα αρχεία γραφικών που θα δημιουργήσουμε κάποια στιγμή, χρειαζόμαστε έναν ευρύχωρο σκληρό δίσκο. Ο σκληρός δίσκος του υπολογιστή πρέπει να έχει χωρητικότητα τουλάχιστον 2 GB – αν και το ιδανικό θα ήταν ένα σύστημα με σκληρό δίσκο 10 GB ή και περισσότερο. Σε GB μετράται ο αποθηκευτικός χώρος των δίσκων. GB είναι η σύντμηση για το gigabyte (γιγαμπάιτ), το οποίο ισοδυναμεί με ένα δισεκατομμύριο byte πληροφοριών ή χίλια megabyte.
- Γρήγορο μικροεπεξεργαστή. Ο μικροεπεξεργαστής είναι το βασικό τσιπ του υπολογιστή. Ονομάζεται επίσης CPU (central processing unit, κεντρική μονάδα επεξεργασίας). Η ταχύτητα του μικροεπεξεργαστή έχει μεγάλη σημασία, αλλά όχι τόσο η επάρκεια σε μνήμη RAM ή στον αποθηκευτικό χώρο των δίσκων. Η ταχύτητα του μικροεπεξεργαστή του υπολογιστή μετράται σε MHz (megahertz) και ισοδυναμεί με το πλήθος των κύκλων ανά δευτερόλεπτο με τους οποίους «σκέφτεται» ο μικροεπεξεργαστής. Σε γενικές γραμμές όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η μετρημένη σε MHz ποσότητα, τόσο ταχύτερος θα είναι ο μικροεπεξεργαστής του υπολογιστή και τόσο καλύτερα θα γίνεται εργασία με τα γραφικά. Φυσικά η ίδια η ταχύτητα είναι κάτι το σχετικό, π.χ η διαφορά μεταξύ ενός Pentium III/550 MHz και ενός Pentium III/750 MHz κατά την εργασία με ένα μεγάλο αρχείο γραφικών είναι ελάχιστα δευτερόλεπτα.

Ο λόγος για τον οποίο τα προγράμματα γραφικών έχουν πολλές απαιτήσεις από το υλικό του υπολογιστή είναι ότι τα αρχεία γραφικών είναι τεράστια. Επειδή περιέχουν οπτικές πληροφορίες, τα αρχεία γραφικών καταλαμβάνουν πολύ χώρο στο δίσκο και στη μνήμη. Επιπλέον ο μικροεπεξεργαστής πρέπει να εκτελέσει πάρα πολλές λειτουργίες για να χειριστεί τις πληροφορίες γραφικών που υπάρχουν στη μνήμη, γιατί αυτή η εργασία έχει πολύ περισσότερες απαιτήσεις από τα περισσότερα άλλα προγράμματα που εκτελούνται σε ένα μέσο υπολογιστή.

3.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΑΡΩΤΩΝ ΚΑΙ ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥΣ.

Αρχικά πρέπει να αναφέρουμε ότι ανάλογα με τους σκοπούς που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε το σαρωτή μας αυτοί διαχωρίζονται σε "οικιακούς" (ο όρος

αυτός προτιμάται από τους κατασκευαστές αντί του όρου "ερασιτεχνικοί"), σε "μεσαίους" σαρωτές για γραφεία ή για γενική χρήση με προσιτή τιμή αγοράς και σε "επαγγελματικούς" με μεγαλύτερο κόστος.

Υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες σαρωτών:

1. Σαρωτές χειρός (handled). Είναι μικρές συσκευές οι οποίες μοιάζουν με μικρά ηλεκτρικά σκουπάκια τα οποία περνάει ο χρήστης επάνω από την εικόνα που θέλει να σαρώσει κρατώντας ακίνητο το προς σάρωση αντικείμενο και μετακινώντας τον σαρωτή πάνω σε ένα σταθερό άξονα. Στα πλεονεκτήματά τους συγκαταλέγονται η ευκολία μεταφοράς και το μικρό κόστος σε σχέση με τους επίπεδους σαρωτές. Επειδή όμως υπάρχουν παρεκκλίσεις από τον άξονα κίνησης τα αποτελέσματα της σάρωσης δεν είναι πάντοτε ικανοποιητικά. Ένα ακόμη πρόβλημα των σαρωτών χειρός είναι το περιορισμένο πλάτος εγγραφής που μπορούν να σαρώσουν. Για τους παραπάνω λόγους οι σαρωτές χειρός έχουν ουσιαστικά εκλείψει, καθώς απαιτούν ιδιαίτερες ικανότητες.



Εικόνα 3-1. Σαρωτής χειρός παλαιάς τεχνολογίας.



Εικόνα 3-2. Σαρωτής χειρός τελευταίας τεχνολογίας.

2. Σαρωτές έλξης (sheet-fed). Οι σαρωτές έλξης είναι κατά κάποιο τρόπο ένας συνδυασμός εκτυπωτή και σαρωτή μαζί. Χρησιμοποιούνται κυρίως για τη σάρωση κειμένου πολλών σελίδων και αυτό γιατί διαθέτουν αυτόματο τροφοδότη σελίδων (έως και 500 σελίδες), έχουν τη δυνατότητα σάρωσης από τη μια ή και από τις δύο πλευρές του εγγράφου με μεγάλη ταχύτητα (έως και 125 σελίδες το λεπτό) και η επιφάνεια σάρωσης μπορεί να είναι διαστάσεων όχι μόνο A4 (8,5 x 11,7 inch) αλλά και A3 (17 x 23,4 inch). Επειδή λοιπόν είναι κατάλληλοι για ψηφιοποίηση μεγάλου όγκου

εγγράφων αποτελούν ιδανική λύση για συστήματα ηλεκτρονικής αρχειοθέτησης. Στα μειονεκτήματά τους συγκαταλέγονται η μικρή ανάλυση (έως και 400 dpi) που χρησιμοποιούν και το χαμηλό χρωματικό βάθος (256 διαβαθμίσεις του γκρι). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μη δίνουν τόσο ποιοτικά αποτελέσματα όσο οι επίπεδοι. Ωστόσο τα ακριβά μοντέλα έχουν μεγαλύτερες δυνατότητες σε σημείο να πλησιάζουν τους επίπεδους σαρωτές όμως το κόστος τους είναι αρκετά μεγαλύτερο από αυτό των επίπεδων. Τέλος όσον αφορά το μέγεθος, οι σαρωτές έλξης είναι αρκετά πιο ογκώδεις από τους επίπεδους αλλά ιδιαίτερα από τους σαρωτές χειρός.



Εικόνα 3-3. Σαρωτής έλξης.

3. **Οι επίπεδοι** (flatbed) σαρωτές με τους οποίους θα ασχοληθούμε στην συνέχεια, είναι αυτοί που κατέχουν το μεγαλύτερο κομμάτι της αγοράς, καθώς είναι οικονομικοί και ταυτόχρονα ποιοτικοί, καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα αναγκών. Οι σαρωτές αυτού του τύπου μοιάζουν με ‘πατημένα’ φωτοαντιγραφικά.

Η αρχή λειτουργίας των σαρωτών είναι κοινή: το φως που ανακλάται από την επιφάνεια του δοκιμίου προσπίπτει πάνω στους αισθητήρες φωτός του σαρωτή και δημιουργεί μια διαφορά δυναμικού, η οποία στη συνέχεια μετατρέπεται σε bit. Το bit είναι το δυαδικό ψηφίο (binary digit) – δηλαδή, ένας αριθμός που μπορεί να είναι είτε 0 είτε 1. Αν και φαίνεται αμελητέα ποσότητα, αν ομαδοποιήσουμε bit σε ομάδες των 24, των 30, ή των 36, οι διαφορετικές τιμές που μπορούμε να πάρουμε είναι εκατομμύρια.

3.3.1 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΑΡΩΤΩΝ.

Όλες οι κατηγορίες σαρωτών σε γενικές γραμμές εκτελούν την ίδια εργασία. Υπάρχουν όμως συγκεκριμένοι λόγοι για τους οποίους ορισμένοι κοστίζουν περισσότερο από άλλους. Οι περισσότεροι από αυτούς τους λόγους έχουν να κάνουν με τα παρακάτω βασικά χαρακτηριστικά των σαρωτών:

1. **Ανάλυση.** Ο βασικότερος λόγος για τον οποίο ένας σαρωτής είναι φθηνότερος ή ακριβότερος από έναν άλλο είναι η ανάλυσή του (resolution). Πρόκειται για ένα

μέτρο σύγκρισης του πλήθους των πληροφοριών (λεπτομερειών) που μπορεί να «διαβάσει» / διακρίνει ο σαρωτής από μια εικόνα. Όσο υψηλότερη είναι αυτή η ανάλυση, τόσο καλύτερος είναι ο σαρωτής.



.....

6 κουκκίδες ανά ίντσα

24 κουκκίδες ανά ίντσα

χιλιάδες κουκκίδες ανά ίντσα

ΕΙΚΟΝΑ 3-4. Διάφορες τιμές κουκκίδων ανά ίντσα.

Η ανάλυση ενός σαρωτή μετράται σε κουκκίδες ανά ίντσα (dots per inch, dpi), σε γραμμές ανά ίντσα (lines per inch, lpi) και εικονοκύτταρα ή εικονοστοιχεία ή πίξελ ανά ίντσα (pixel per inch, ppi). Η λέξη πίξελ (pixel) προέρχεται από τη φράση "picture element" (στοιχείο εικόνας). Είναι η μικρότερη μονάδα σε μία ψηφιακή εικόνα. Μία ψηφιακή εικόνα δημιουργείται από ένα μεγάλο πλέγμα που αποτελείται από πίξελ. Το lpi αποτελεί μια μονάδα μέτρησης η οποία έχει να κάνει με τον τρόπο με τον οποίο αναπαράγονται οι εικόνες σε εφημερίδες, περιοδικά, βιβλία και άλλα έντυπα μαζικής παραγωγής.

Το εμφανιζόμενο μέγεθος μιας εικόνας στην οθόνη του υπολογιστή εξαρτάται από τις διαστάσεις του pixel της εικόνας καθώς επίσης από το μέγεθος και τις ρυθμίσεις ανάλυσης της οθόνης. Μια οθόνη 15 ιντσών συνήθως εμφανίζει 800 πίξελ οριζόντια και 600 πίξελ κατακόρυφα. Μια εικόνα διαστάσεων 800 x 600 πίξελ θα καλύψει ολόκληρη την οθόνη. Σε μια οθόνη μεγαλύτερων διαστάσεων (π.χ 17, 19 ή και παραπάνω ιντσών) με ρυθμίσεις ανάλυσης 800 x 600 πίξελ η ίδια εικόνα θα καλύψει πάλι ολόκληρη την οθόνη αλλά κάθε πίξελ θα εμφανίζεται μεγαλύτερο. Αν αλλάξουμε τις ρυθμίσεις της οθόνης ως προς την ανάλυση σε 1024 x 768 πίξελ η εικόνα θα εμφανίζεται σε μικρότερο μέγεθος και θα καταλαμβάνει μέρος της οθόνης. Όταν η ανάλυση της εικόνας είναι μεγαλύτερη από την ανάλυση της οθόνης η εικόνα εμφανίζεται μεγαλύτερη στην οθόνη από ότι στην εκτυπωμένη της μορφή. Μια εικόνα διαστάσεων 1 ίντσα x 1 ίντσα με ανάλυση 72 ppi περιέχει $72 \times 72 = 5184$ πίξελ. Η ίδια εικόνα με ανάλυση 300 ppi περιέχει $300 \times 300 = 90000$ πίξελ. Όταν εμφανίσουμε μια εικόνα διαστάσεων 1 ίντσα x 1 ίντσα που έχει ανάλυση 144 ppi σε μια οθόνη με ανάλυση 72 dpi αυτή θα καταλαμβάνει μια περιοχή διαστάσεων 2 ίντσες x 2 ίντσες επειδή η οθόνη μπορεί να εμφανίζει μόνο 72 ppi άρα χρειάζεται 2 ίντσες για να εμφανίσει τα 144 ppi που αποτελούν την κάθε πλευρά της εικόνας.

Μερικά προγράμματα γραφικών αλλά ιδιαίτερα οι ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, που δεν είναι τίποτα περισσότερο από σαρωτές χειρός χρησιμοποιούν συχνά τον όρο megapixel. Το megapixel είναι ένα πλέγμα που περιέχει ένα εκατομμύριο πίξελ. Από τεχνική άποψη, πρόκειται για μια εικόνα ανάλυσης 1024 x 1024 πίξελ. (Αυτό ισοδυναμεί περίπου με τη σάρωση μιας φωτογραφίας διαστάσεων 13 x 13 εκατοστών σε ανάλυση περίπου 200 dpi). Οι σύγχρονες ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές είναι της τάξης των τριών megapixel. Αυτές οι μηχανές μπορούν να αποτυπώσουν μια φωτογραφία σε ένα πλέγμα τριών εκατομμυρίων πίξελ – το οποίο ισοδυναμεί περίπου με μια ανάλυση 1732 x 1732 πίξελ. (Για να επιτευχθεί μια τέτοια ανάλυση σαρώνοντας μια φωτογραφία διαστάσεων 20 x 25 εκατοστών, πρέπει να σαρωθεί σε ανάλυση περίπου 200 dpi.)

Οι σαρωτές που κυκλοφορούν στην αγορά έχουν αναλύσεις από 300 dpi μέχρι 2400 dpi (ή και ακόμη υψηλότερες). Αυτός ο αριθμός φανερώνει πόσα

κομματάκια μιας εικόνας μπορεί να διαβάσει ο σαρωτής σε οριζόντια γραμμή. Όσο περισσότερες κουκκίδες ανά ίντσα μπορεί να διαβάσει ο σαρωτής, τόσο περισσότερες λεπτομέρειες θα έχει η τελική εικόνα που θα πάρετε. Ένας 'οικιακός' σαρωτής μπορεί να έχει ανάλυση μόνο 300 dpi. Αυτή η ανάλυση θεωρείται επαρκής, π.χ για να δημοσιεύσουμε εικόνες στον ιστό. Επίσης αν σκοπεύουμε να χρησιμοποιήσουμε το σαρωτή για οπτική αναγνώριση χαρακτήρων (Optical character recognition, OCR) δεν χρειάζεται ανάλυση υψηλότερη από 400 dpi.

Οι "μεσαίοι" σαρωτές, για γραφεία ή για γενική χρήση, μπορεί να έχουν ανάλυση από 400 έως 600 dpi. Αυτή η υψηλότερη ανάλυση κάνει το σαρωτή ιδανικό για τις ανάγκες σάρωσης και επεξεργασίας γραφικών σε ένα γραφείο, ή για την αναπαραγωγή ή την ανασύνθεση φωτογραφιών.

Οι "επαγγελματικοί" σαρωτές έχουν ελάχιστη ανάλυση 600 dpi και είναι δυνατό να φτάνουν και να ξεπερνούν τα 1200 ή τα 2400 dpi. Αυτή η υψηλή ανάλυση (τουλάχιστον 1200 dpi) είναι απαραίτητη για όσους επεξεργάζονται έγχρωμες διαφάνειες ή αρνητικά φιλμ.

- Η διαφορά ανάμεσα στις "οπτικές" αναλύσεις και τις αναλύσεις "παρεμβολής".

Οι περισσότεροι σαρωτές έχουν στην πραγματικότητα δύο διαφορετικές αναλύσεις: Ο πρώτος τύπος είναι η *οπτική* (optical) ανάλυση. Πρόκειται για το πλήθος των κουκκίδων ανά ίντσα που διαβάζει ο σαρωτής χρησιμοποιώντας τον αισθητήρα εικόνας (τη συσκευή, δηλαδή, που αναλαμβάνει στην πραγματικότητα τη σάρωση της εικόνας - περισσότερα γι' αυτό το θέμα στη συνέχεια του κεφαλαίου). Ο δεύτερος τύπος είναι η ανάλυση *παρεμβολής* (interpolated), που είναι γνωστή και ως "μέγιστη ανάλυση παρεμβολής" (Maximum Interpolated Resolution, MIR). Αυτή η ανάλυση έχει υψηλότερη τιμή (σε κουκκίδες ανά ίντσα) από την οπτική, μιας και ο σαρωτής χρησιμοποιεί λογισμικό για την αύξηση της ανάλυσής του. Το λογισμικό «μαντεύει» τιμές υψηλότερης ανάλυσης και παράγει μια εικόνα σε υψηλότερη ανάλυση (η διαδικασία της παρεμβολής αναλύεται στο κεφάλαιο 3.5.1).

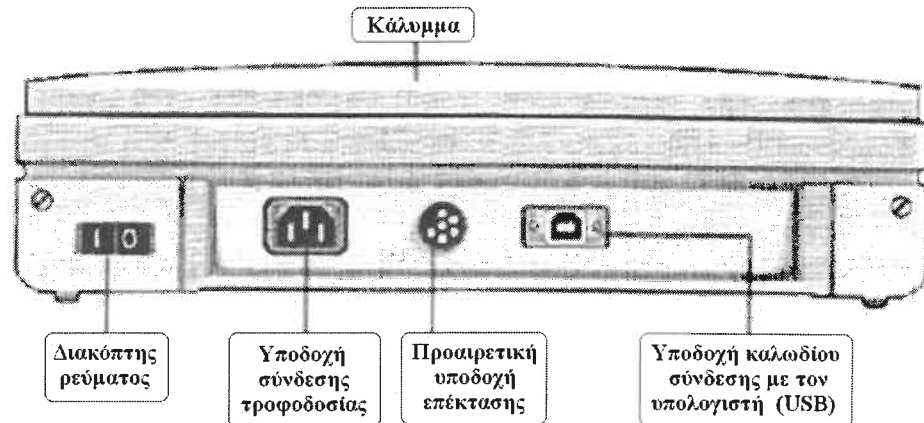
Για παράδειγμα, υπάρχουν σαρωτές στην αγορά με οπτική ανάλυση 300 dpi που έχουν δυνατότητες ανάλυσης παρεμβολής 1200 dpi (κάτι που αναφέρεται από τον κατασκευαστή). Αυτές οι αναλύσεις θεωρούνται επαρκείς για βασικές εργασίες με γραφικά και την παραγωγή εικόνων για τον ιστό. Δεν είναι όμως επαρκείς για τη σάρωση έγχρωμων διαφανειών και αρνητικών, μια εργασία για την οποία απαιτείται *οπτική* ανάλυση τουλάχιστον 1200 dpi. Όλες οι τιμές ανάλυσης που αναφέρονται στην ενότητα είναι τιμές οπτικής ανάλυσης.

2. **Χρωματικό βάθος.** Η τιμή του χρωματικού βάθους (color depth) μετράται σε bit και καθορίζει πόσα επίπεδα χρώματος μπορεί να «συλλάβει» ο σαρωτής. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η τιμή σε bit, τόσο καλύτερα μπορεί να ξεχωρίσει ο σαρωτής δύο ελάχιστα διαφορετικές αποχρώσεις του ίδιου χρώματος. Το ελάχιστο χρωματικό βάθος ενός συνηθισμένου σαρωτή πρέπει να είναι τα 24 bit. Οι σαρωτές με χρωματικό βάθος 8 bit σπανίως μπορούν να αποδώσουν την ποικιλία χρωμάτων που είναι απαραίτητη για τη σωστή αναπαραγωγή μιας

φωτογραφίας. Ιδανικές τιμές χρωματικού βάθους θεωρούνται τα 30 ή τα 36 bit – με τα 36 bit ιδανικότερα. Αν σκοπεύουμε να σαρώσουμε έγχρωμες διαφάνειες ή αρνητικά τότε χρειαζόμαστε οπωσδήποτε 36 bit.

3. **Οπτική πυκνότητα.** Στενά συνδεδεμένη με το χρωματικό βάθος ενός σαρωτή είναι η οπτική του πυκνότητα (optical density, OD). Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι η τιμή της οπτικής πυκνότητας είναι σημαντική, είναι πολύ πιθανό να μην αναφέρεται στις προδιαγραφές του σαρωτή. Η οπτική πυκνότητα μετρά τις τιμές της *φωτεινότητας* μιας εικόνας και καθορίζεται από τον αισθητήρα εικόνας. Όσο υψηλότερη είναι η τιμή της οπτικής πυκνότητας ενός σαρωτή, τόσο το καλύτερο. Οι περισσότεροι σαρωτές έχουν τιμές οπτικής πυκνότητας από 2,8 έως 3,0 OD, οι οποίες θεωρούνται επαρκείς για τις περισσότερες χρήσεις. Σε περίπτωση που σκοπεύουμε να σαρώσουμε έγχρωμες διαφάνειες χρειαζόμαστε ένα σαρωτή με οπτική πυκνότητα τουλάχιστον 3,2 OD και αν σκοπεύουμε να σαρώσουμε αρνητικά φιλμ χρειαζόμαστε ένα σαρωτή με οπτική πυκνότητα μεγαλύτερη από 3,4 OD. Φυσικά μαζί με την οπτική πυκνότητα ενός σαρωτή αυξάνεται και το κόστος του.
4. **Διασύνδεση.** Ο τελευταίος από τους παράγοντες που καθορίζουν την τιμή ενός σαρωτή δεν έχει καμία σχέση με την ικανότητά του να σαρώνει εικόνες αλλά σχετίζεται με τον τρόπο που συνδέεται με τον υπολογιστή δηλαδή, με τη *διασύνδεση* του (interface). Υπάρχουν τρεις συνηθισμένες διασυνδέσεις και μία τέταρτη, νεότερη διασύνδεση, το πρότυπο FireWire. Αναφέρουμε τις βασικές διασυνδέσεις:
 - Θύρα εκτυπωτή (printer port). Το πλεονέκτημα αυτής της διασύνδεσης είναι το μικρό κόστος ενώ το μειονέκτημα είναι ότι συνήθως υπάρχουν και άλλες συσκευές που επιχειρούν και αυτές να χρησιμοποιήσουν τη θύρα εκτυπωτή (όπως οι εξωτερικές μονάδες δίσκων).
 - USB. Το βασικό πρότυπο διασύνδεσης, ο "ενιαίος σειριακός διάυλος" (Universal Serial Bus, USB), επιτρέπει την εύκολη σύνδεση ενός σαρωτή με οποιονδήποτε υπολογιστή που διαθέτει θύρα USB.
 - SCSI. Η διασύνδεση SCSI (Small Computer System Interface, Διασύνδεση Μικρών Υπολογιστικών Συστημάτων) είναι πολύ συνηθισμένη σε παλαιότερους υπολογιστές. Η διασύνδεση SCSI είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας που εργάζεται ανεξάρτητα από τον επεξεργαστή και απορροφά ελάχιστους πόρους συστήματος αλλά επιτρέπει τη σύνδεση μιας μεγάλης ποικιλίας συσκευών, στις οποίες περιλαμβάνονται μονάδες δίσκων κάθε τύπου, μονάδες μαγνητικής ταινίας και φυσικά, σαρωτές.
 - Twain (Toolkit Without An Important Name). Πρωτόκολλο που επινοήθηκε με σκοπό την επικοινωνία και τον έλεγχο περιφερειακών όπως scanner, φωτογραφικές μηχανές κ.λπ κατευθείαν από μια εφαρμογή. Έτσι μπορούμε να εισάγουμε εικόνες στα DTP και Digital Imaging προγράμματα χωρίς να χρειαζόμαστε βοηθητικά προγράμματα.

- **FireWire.** Στο μέλλον οι περισσότεροι "επαγγελματικοί" και "μεσαίοι" σαρωτές θα χρησιμοποιούν αυτή τη διασύνδεση η οποία προσφέρει την ευελιξία και την ευχρηστία της USB με ταχύτητες μεγαλύτερες από αυτές της διασύνδεσης SCSI.



Εικόνα 3-5. Πίσω πλευρά σαρωτή.

Λιγότερο σημαντικά από την ανάλυση, το χρωματικό βάθος, την οπτική πυκνότητα και τη διασύνδεση είναι κάποια τεχνικότερα χαρακτηριστικά των σαρωτών μερικά από τα οποία είναι:

5. **Μέγεθος και τύπος του σαρωτή.** Το μέγεθος του σαρωτή δεν έχει να κάνει με τις πραγματικές του φυσικές διαστάσεις αλλά με τις διαστάσεις της γυάλινης επιφάνειας στην οποία τοποθετείται η εικόνα που πρόκειται να σαρωθεί. Στην περίπτωση των περισσότερων σαρωτών, αυτή η επιφάνεια έχει το μέγεθος σελίδας χαρτιού A4 ή λίγο μεγαλύτερο. Οι σαρωτές που μπορούν να σαρώσουν μεγαλύτερες εικόνες έχουν μεγαλύτερο κόστος. Όσον αφορά τον τύπο του σαρωτή, οι επίπεδοι σαρωτές (flatbed) αποτελούν το πιο βασικό τύπο σαρωτή με την πιο διαδεδομένη χρήση.
6. **Ταχύτητα σαρωτή.** Η ταχύτητα αποτελεί απλώς ένα μέτρο σύγκρισης μεταξύ των σαρωτών που χρησιμοποιούν οι κατασκευαστές προκειμένου τις περισσότερες φορές να ανταποκριθούν στους κανόνες της αγοράς, αφού οι τιμές της ταχύτητας δεν έχουν πολύ μεγάλη σημασία για ένα κοινό χρήστη. Σε περίπτωση που μας ενδιαφέρουν οι μεγάλες ταχύτητες όμως, μπορούμε να αγοράσουμε ένα σαρωτή με μεγαλύτερο κόστος, αλλά η ταχύτητα δεν πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη, σε τέτοιου είδους αγορές. Ακόμα και σε ένα κοινό 'οικιακό' σαρωτή μπορούμε να αυξήσουμε την ταχύτητα σάρωσης σε βάρος βέβαια της ποιότητας αλλάζοντας κάποιες ρυθμίσεις πριν ακόμα προεπισκοπήσουμε την εικόνα. Οι ρυθμίσεις αυτές μπορεί να είναι είτε αυτόματη ευθυγράμμιση σαρωμένων εικόνων είτε αυτόματη ρύθμιση χρώματος κ.α. Αυτό που πρέπει να αποφεύγουμε,

αντίθετα, είναι οι σαρωτές "πολλαπλής σάρωσης" (multipass). Αυτοί οι σαρωτές στην πραγματικότητα σαρώνουν την εικόνα τρεις φορές, μία φορά για κάθε ένα από τα βασικά χρώματα (ματζέντα, κυανό, και κίτρινο). Σχεδόν όλοι οι σαρωτές που διατίθενται σήμερα στην αγορά είναι μίας σάρωσης.

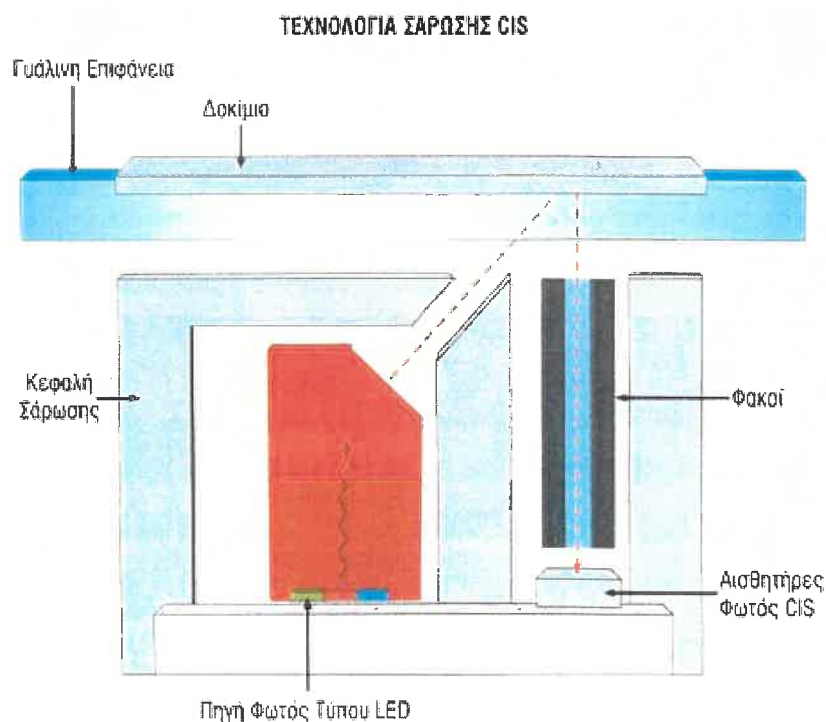
7. **Λογισμικό που συνοδεύει το σαρωτή.** Ο σαρωτής θα πρέπει να συνοδεύεται από βασικό λογισμικό. Συνήθως, όσο περισσότερο κοστίζει ένας σαρωτής, τόσο περισσότερο και καλύτερης ποιότητας θα είναι και το λογισμικό που θα τον συνοδεύει. Ακολουθεί μια σύντομη ανάλυση του λογισμικού που συνοδεύει συνήθως τους σαρωτές:

- Προγράμματα οδήγησης (drivers). Αυτό είναι το λογισμικό που είναι απαραίτητο για τη λειτουργία του σαρωτή - βασικά προγράμματα λειτουργικού συστήματος.
- Πρόγραμμα σάρωσης. Αυτό είναι το πρόγραμμα με το οποίο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το σαρωτή, να ρυθμίσουμε τις διάφορες επιλογές του και να σαρώσουμε τελικά την εικόνα. Το πρόγραμμα σάρωσης δεν εκτελείται αυτόνομα, αλλά «καλείται» από το λογισμικό επεξεργασίας εικόνας ή όποιο άλλο λογισμικό προκειμένου το τελευταίο να πάρει την εικόνα.
- Λογισμικό επεξεργασίας εικόνων ή φωτογραφιών. Όλοι οι σαρωτές θα πρέπει να συνοδεύονται από κάποιο βασικό λογισμικό επεξεργασίας εικόνων. Σε περίπτωση που αγοράσουμε κάποιο σαρωτή με μεγαλύτερο κόστος, ενδέχεται να πάρουμε πιο προηγμένο λογισμικό επεξεργασίας εικόνων, όπως είναι η εφαρμογή "Adobe Photoshop", καθώς και άλλες εφαρμογές επεξεργασίας φωτογραφιών.
- Λογισμικό OCR. Αυτό το είδος λογισμικού είναι απαραίτητο για την ανάγνωση εγγράφων, τη σάρωση του κειμένου, και τη δημιουργία ενός αρχείου κειμένου που μπορούμε μετά να επεξεργαστούμε και να αποθηκεύσουμε στον υπολογιστή. Οι περιοχές του κειμένου που περιέχουν κάποιο χαρακτήρα (σκοτεινές περιοχές) αντανακλούν κάποια ποσότητα φωτός που μεταφράζεται στο δυαδικό bit 1, ενώ οι περιοχές χωρίς χαρακτήρες (ανοικτές περιοχές) αντιστοιχούν στο bit 0. Αρχικά αναγνωρίζονται γραμμές έπειτα χαρακτήρες και τέλος λέξεις. Η κάρτα του σαρωτή και το λογισμικό περιέχουν αποθηκευμένες διάφορες γραμματοσειρές και συγκρίνοντας αυτές με την αντανάκλαση της ακτίνας αναγνωρίζουν τον χαρακτήρα. Στην περίπτωση που σαρώνονται ασπρόμαυρες εικόνες το πρόβλημα εντοπίζεται στην απόδοση των αποχρώσεων του γκρι το οποίο επιλύεται με την χρήση πολύπλοκων αλγορίθμων.

8. **Αισθητήρας εικόνας.** Ο αισθητήρας εικόνας (image sensor) είναι το εργαλείο που κρύβεται μέσα στο σαρωτή και το οποίο διαβάζει την εικόνα που σαρώνεται και τη μετατρέπει σε bit που μπορεί αποκωδικοποιήσει ο υπολογιστής. Συγκεκριμένα οι αισθητήρες είναι μικροσκοπικά φωτοευαίσθητα στοιχεία που δημιουργούν διαφορά δυναμικού. Η ηλεκτρική τάση που παράγεται είναι

αναλογικής μορφής, με τη βοήθεια όμως ενός μετατροπέα αναλογικού σε ψηφιακό σήμα (ADC ή Analog to Digital Converter) η πληροφορία μας μετατρέπεται σε bit, τα οποία αναλαμβάνει να αξιοποιήσει το ειδικό λογισμικό που συνοδεύει τον κάθε σαρωτή. Υπάρχουν δύο τύποι αισθητήρων, CCD και CIS.

- **Ο αισθητήρας εικόνας CCD.** Ο καλύτερος από τους δύο τύπους αισθητήρων είναι η "διάταξη συζευγμένων φορτίων" (charge-coupled device, CCD). Αυτού του είδους οι συσκευές είναι συνήθως ικανές για υψηλότερες αναλύσεις από τους αισθητήρες εικόνας CIS. Ωστόσο ο αισθητήρας CCD χρειάζεται περισσότερα ηλεκτρονικά μέρη για το διάβασμα της εικόνας και τη μετατροπή των πληροφοριών σε bit, το οποίο σημαίνει ότι ένας σαρωτής που διαθέτει αυτόν τον τύπο αισθητήρα κοστίζει συνήθως ακριβότερα.
- **Ο αισθητήρας εικόνας CIS.** Το όνομά του προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Contact Image Sensor που σημαίνουν 'αισθητήρας επαφής εικόνας'. Ονομάζεται επίσης και αισθητήρας CMOS. Οι σαρωτές τύπου CIS σε αντίθεση με τους σαρωτές CCD που χρησιμοποιούν πολύπλοκα συστήματα κατόπτρων και φακών για τη μεταφορά του φωτός που ανακλάται από το δοκίμιο, συλλέγουν άμεσα το φως, αφού οι αισθητήρες βρίσκονται τοποθετημένοι πάνω στη κεφαλή σάρωσης. Για το λόγο αυτό έχουν μικρότερο όγκο και καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια, αλλά συνήθως είναι πιο αργοί και ακατάλληλοι για τη σάρωση τρισδιάστατων αντικειμένων, αφού δεν μπορούν να εστιάσουν σε μεγάλες αποστάσεις από τη γυάλινη πλάκα. (βλ. εικόνα 3.4: "Αρχή λειτουργίας σαρωτή με τεχνολογία CIS")



Εικόνα 3-6. Αρχή λειτουργίας σαρωτή με τεχνολογία CIS.

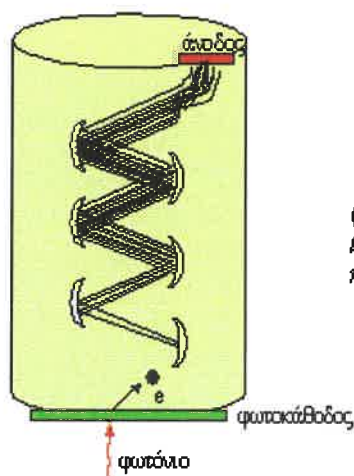
Προκειμένου να επιλέξουμε τον τύπο του σαρωτή εξετάζουμε όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά. Ωστόσο, η ανάλυση και το χρωματικό βάθος έχουν μεγαλύτερη σημασία από τον τύπο του αισθητήρα εικόνας. Το γεγονός ότι ο κατασκευαστής ενός σαρωτή μπορεί να έχει επιλέξει τον έναν ή τον άλλο τύπο δεν έχει τόση σημασία όση τα βασικά χαρακτηριστικά του σαρωτή (ανάλυση, χρωματικό βάθος, οπτική πυκνότητα και διασύνδεση).

3.3.2 ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ

Το πιο συνηθισμένο "πρόσθετο" για ένα σαρωτή είναι ο "προσαρμογέας διαφανειών" (transparency adapter) ο οποίος επιτρέπει τη σάρωση έγχρωμων διαφανειών (σλάιντ) ή αρνητικών φιλμ. Αυτή η συσκευή είναι απαραίτητη επειδή το φως του σαρωτή μπορεί να διαπεράσει τη διαφάνεια και να μην ανακλαστεί από αυτή - με συνέπεια να μην μπορέσει να τη διαβάσει ο αισθητήρας. Έτσι, αν σκοπεύουμε να σαρώσουμε διαφάνειες, χρειαζόμαστε οπωσδήποτε έναν προσαρμογέα διαφανειών - πέρα από τις αυξημένες απαιτήσεις σε ό,τι αφορά την ανάλυση και την οπτική πυκνότητα που έχει αυτού του είδους η εργασία.

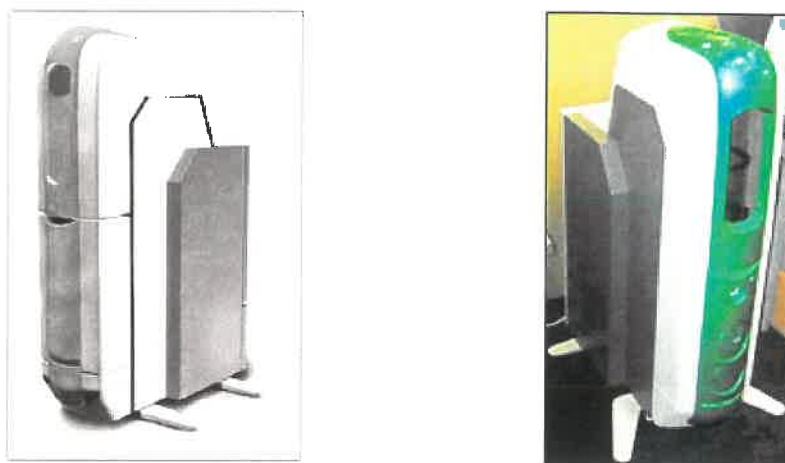
Ένα άλλο πρόσθετο για σαρωτές είναι ο αυτόματος τροφοδότης εγγράφων, ο οποίος χρησιμοποιείται κυρίως σε συνδυασμό με λογισμικό OCR για επιχειρηματικές εφαρμογές. Αυτή η συσκευή μπορεί από μόνη της να ανεβάσει το κόστος του σαρωτή σε πολύ μεγάλη τιμή. Ο αυτόματος τροφοδότης εγγράφων τροφοδοτεί χαρτί στο σαρωτή με τον ίδιο τρόπο που γίνεται αυτή η δουλειά και σε έναν εκτυπωτή ή φωτοαντιγραφικό μηχάνημα. Ορισμένοι από αυτούς τους τροφοδότες έχουν τη δυνατότητα να τροφοδοτούν το σαρωτή μέχρι και 80 σελίδες το λεπτό. Φυσικά, σε αυτή την τιμή, ο σαρωτής μπορεί και αυτός να διαβάξει τις εικόνες με την ίδια ταχύτητα.

Από πλευράς μηχανισμού αναγνώρισης οι περισσότεροι χρησιμοποιούν την τεχνολογία CCD, ενώ υπάρχουν και οι πανάκριβοι σαρωτές τυμπάνου (drum scanners) οι οποίοι βασίζονται κυρίως σε σωλήνες φωτοπολλαπλασιασμού (photomultiplier tubes ή PMT) καθώς και οι κυλινδρικοί σαρωτές που είναι διπλής όψεως, έχουν αυτόματο τροφοδότη σελίδων μεγάλης χωρητικότητας και έχουν πολύ μικρές διαστάσεις που τους καθιστούν ιδανική λύση για περιβάλλον εργασίας όπου υπάρχει πρόβλημα χώρου.



φωτοπολλαπλασιαστής με συστοιχία δυναδίων
με σκοπό να πολλαπλασιάσει τα ηλεκτρόνια
που εκλύονται από την φωτοκάθοδο.

Εικόνα 3-7. Φωτοπολλαπλασιαστής.

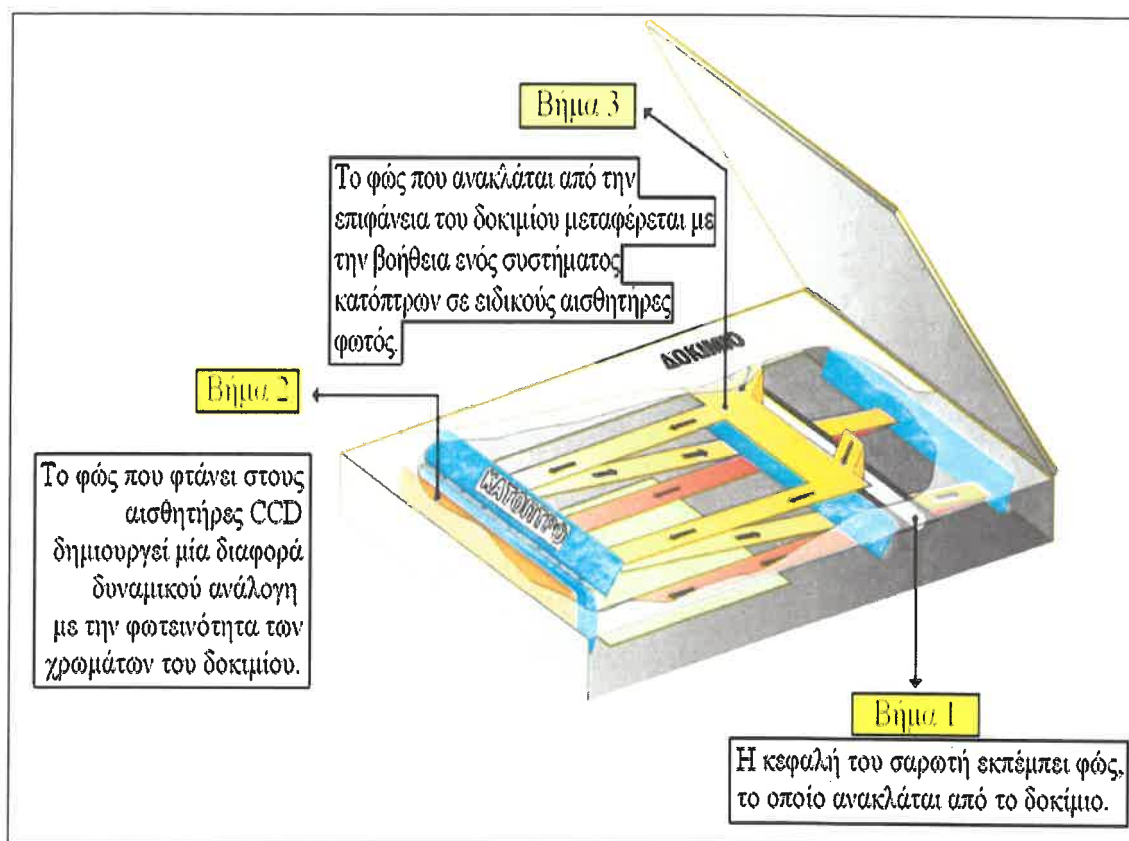


Εικόνα 3-8. Σαρωτές τυμπάνου. Τα πρωτότυπα επικολλώνται στην εξωτερική κυλινδρική επιφάνεια ενός τυμπάνου.

3.3.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΣΑΡΩΤΩΝ

Η αρχή της λειτουργίας τους, όπως και στα μοντέλα όλων των κατηγοριών, βασίζεται στην αρχή της ανάκλασης. Το δοκίμιο που επιθυμούμε να σαρώσουμε τοποθετείται πάνω στη γυάλινη επιφάνεια της συσκευής. Κάτω από αυτήν υπάρχει ο μηχανισμός κεφαλής, ο οποίος αποτελείται από μια ισχυρή λάμπα φθορίου (λάμπα "ψυχρής καθόδου") που παράγει λευκό φως η οποία μπορεί να μετακινείται κατά μήκος της συσκευής με τη βοήθεια ενός στελέχους που ονομάζεται μεταφορέας (carriage). Η ποσότητα του φωτός που ανακλάται από το δοκίμιο που σαρώνουμε ανιχνεύεται από χιλιάδες μικροσκοπικούς αισθητήρες φωτός CCD. Προκειμένου να μεταφερθεί το φως από την πηγή στους αισθητήρες, που έχουν τη δυνατότητα να αντιλαμβάνονται τις μεταβολές στις τιμές της φωτεινότητας, οι σαρωτές τεχνολογίας CCD χρησιμοποιούν πρίσματα, φακούς και άλλα εξαρτήματα (βλ. εικόνα 3-9). Η διαφορά δυναμικού που δημιουργείται στους αισθητήρες είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι και η ένταση του φωτός που προσπίπτει επάνω τους. Εννοείται ότι τα φωτεινότερα αντικείμενα ανακλούν και το περισσότερο φως. Η ηλεκτρική τάση που παράγεται μετατρέπεται όπως είδαμε σε πληροφορία (bit), τα οποία αναλαμβάνει να αξιοποιήσει το ειδικό λογισμικό που συνοδεύει τον κάθε σαρωτή.

Οι μηχανισμοί αυτοί συχνά ποικίλλουν ως προς το αποτέλεσμα που δίνουν, γεγονός το οποίο συνήθως οφείλεται στην ποιότητα των οπτικών που χρησιμοποιείται για την κατασκευή τους. Κατά συνέπεια, χρησιμοποιώντας οπτικά υψηλής ποιότητας, τα οποία είναι ειδικά επεξεργασμένα και φέρουν ειδική επίστρωση για μικρότερη διάχυση φωτός, τα ακριβά μοντέλα επιτυγχάνουν καλύτερα αποτελέσματα σε αντίθεση με τα φθηνά που χρησιμοποιούν πλαστικά εξαρτήματα για μείωση του κόστους. Αυτή η μετατροπή αναλογικού σήματος σε ψηφιακό είναι μια ευαίσθητη διαδικασία που επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες. Στα ακριβά μοντέλα, προκειμένου να αποφευχθεί η υποβάθμιση της εικόνας, χρησιμοποιείται ένας μηχανισμός μετατροπής σήματος που είναι απομονωμένος από το υπόλοιπο κύκλωμα της συσκευής.



Εικόνα 3-9. Τα βήματα της σάρωσης στους επίπεδους σαρωτές.

Όσον αφορά το τύπο του σαρωτή που χρησιμοποιήσαμε είναι ένας επίπεδος σαρωτής που είναι αρκετά διαδεδομένος στην αγορά και με σχετικά χαμηλή τιμή. Τα χαρακτηριστικά του επιτρέπουν καλή ποιότητα εικόνας, λογισμικό απεριόριστων dpi και γρήγορες σχετικά σαρώσεις.

Τύπος σαρωτή	Επίπεδος
Βάρος	2,79 kg (6,2 lb)
Βάρος καλύμματος εγγράφων	0,375 kg (0,83 lb)
Μέγιστο μέγεθος αντικειμένων	296 mm x 494 mm x 73 mm (11.7 x 19.8 x 2.9 ίντσες)
Στοιχείο σάρωσης	Charged-coupled device (CCD)
Διασύνδεση	USB 2.0 πλήρους ταχύτητας
Οπτική ανάλυση	1200 dpi
Επιλέξιμη ανάλυση	12 dpi έως 999.999 dpi σε κλιμάκωση 100%
Επεξεργασία εικόνας (επιλογές)	Dithering, thresholding (κλιμάκωση, παρεμβολή) gamma (ρύθμιση μήτρας)

Προδιαγραφές σαρωτή για τον hp scanjet 3500c series

3.4 ΒΑΣΙΚΑ ΒΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ.

Η λογική σύμφωνα με την οποία χρησιμοποιούμε τους σαρωτές για να σαρώσουμε εικόνες με σκοπό να τις εμφανίσουμε στην οθόνη του υπολογιστή μας και στην συνέχεια να τις επεξεργαστούμε, είναι κάτι που φαίνεται απλό αρχικά. Ωστόσο η διαδικασία της σάρωσης παρουσιάζει κάποια δύσκολα σημεία που εντοπίζονται κυρίως στο διαχωρισμό των φάσεων της, που είναι απαραίτητος για μία όσο το δυνατό πιο επιτυχημένη σάρωση ανάλογα με την εργασία που θέλουμε να κάνουμε. Τα βασικά βήματα της διαδικασίας της σάρωσης είναι τα ακόλουθα:

- I. Εκκίνηση του λογισμικού λήψης εικόνων.* Το πρώτο βήμα για να χρησιμοποιήσουμε τον σαρωτή είναι να εκτελέσουμε το λογισμικό που θα δεχθεί την εικόνα, το οποίο ονομάζεται "λογισμικό λήψης και επεξεργασίας εικόνων" (imaging software). Μπορεί να είναι κάποιο πρόγραμμα που συνοδεύει το σαρωτή, όπως το Adobe Photodeluxe ή το Adobe Photoshop LE, ή κάποια άλλη εφαρμογή γραφικών ή επεξεργασίας εικόνων που μπορεί να συνεργαστεί με το σαρωτή.
- II. Εισαγωγή εικόνας στο σαρωτή.* Τοποθετούμε το αντικείμενο που θέλουμε να σαρώσουμε στη γυάλινη επιφάνεια του σαρωτή, με "πρόσωπο προς τα κάτω", δηλαδή με την προς σάρωση όψη του αντικειμένου να εφάπτεται με το γυαλί του σαρωτή. Αυτό το "πρωτότυπο" που πρόκειται να σαρώσουμε μπορεί να είναι οτιδήποτε μπορούμε να τοποθετήσουμε στη γυάλινη επιφάνεια χωρίς κίνδυνο καταστροφής της. Έτσι αν κάτι χωράει στο γυαλί του σαρωτή μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα αντίγραφό του. Τα σημάδια των ενδείξεων κατά μήκος των πλευρών του γυαλιού μας βοηθούν να ευθυγραμμίσουμε σωστά την εικόνα. Στη γωνία ή στο μέσο της πίσω πλευράς του γυαλιού μπορεί να υπάρχει ένα τριγωνάκι το οποίο υποδεικνύει το συγκεκριμένο σημείο όπου πρέπει να ευθυγραμμίζουμε τις εικόνες προκειμένου να επιτυγχάνουμε την καλύτερη δυνατή σάρωση. Αν χρειάζεται μπορούμε να αφαιρέσουμε εντελώς το κάλυμμα του σαρωτή για να σαρώσουμε παχύ υλικό. Όπως και στα φωτοαντιγραφικά μηχανήματα, το κάλυμμα του σαρωτή δεν είναι απαραίτητο για τη σάρωση αλλά πρέπει να το ξαναβάζουμε στη θέση του όταν τελειώνουμε την εργασία μας.
- III. Εκτέλεση του προγράμματος σάρωσης.* Το πρόγραμμα λήψης και επεξεργασίας εικόνων δεν σαρώνει από μόνο του τις εικόνες. Γι'αυτή την εργασία πρέπει να εκτελέσουμε ένα άλλο πρόγραμμα, το οποίο ελέγχει το σαρωτή. Αυτό το πρόγραμμα, που ονομάζεται *πρόγραμμα σάρωσης* (scanning program), μας επιτρέπει να προεπισκοπήσουμε την εικόνα και να επιλέξουμε το τμήμα της που θέλουμε να σαρώσουμε και αναλαμβάνει να στείλει την εικόνα στο πρόγραμμα λήψης και επεξεργασίας εικόνων. Το πρόγραμμα σάρωσης το ενεργοποιεί το πρόγραμμα λήψης εικόνων.
- IV. Ενεργοποίηση του προγράμματος σάρωσης.* Ο τρόπος εκτέλεσης του προγράμματος σάρωσης ποικίλλει ανάλογα με το λογισμικό λήψης εικόνων που χρησιμοποιούμε. Πρέπει όμως πάντα πριν εκτελέσουμε το πρόγραμμα σάρωσης να έχουμε ήδη ξεκινήσει το λογισμικό λήψης και επεξεργασίας

εικόνων, ένα βήμα που στους τελευταίας τεχνολογίας σαρωτές γίνεται αυτόματα.

- V. Ενεργοποίηση κατάστασης λειτουργίας για "αρχάριους" ή για "προχωρημένους".** Πολλά προγράμματα σάρωσης έχουν δύο καταστάσεις λειτουργίας, μία για αρχάριους και μία για έμπειρους χρήστες. Η μόνη διαφορά αυτών των δύο καταστάσεων είναι ότι στην πρώτη οι ευρέως διαδεδομένες ρυθμίσεις είναι προεπιλεγμένες, ενώ στην δεύτερη πρέπει να τις ρυθμίζουμε εμείς. Αν το πρόγραμμα σάρωσης δεν διαθέτει τέτοια κατάσταση λειτουργίας, απλά χρησιμοποιούμε τις επιλογές που είναι ήδη ορισμένες.
- VI. Προεπισκόπηση της εικόνας (preview ή Prescan).** Η πρώτη μας ενέργεια στο πρόγραμμα σάρωσης είναι να προεπισκοπήσουμε την εικόνα που πρόκειται να σαρώσουμε. Αν δεν του καθορίσουμε κάτι διαφορετικό, ο σαρωτής θα σαρώσει ολόκληρη τη γυάλινη επιφάνεια. Με την προεπισκόπηση, το πρόγραμμα σάρωσης μας επιτρέπει να επιλέξουμε μόνο το τμήμα της εικόνας που θέλουμε να σαρώσουμε. Η προεπισκόπηση είναι απαραίτητη γιατί δεν θα καταλαμβάνουν όλες οι εικόνες που θα σαρώνουμε ολόκληρη τη γυάλινη επιφάνεια, ούτε θα έχουν τοποθετηθεί στην ίδια θέση της γυάλινης επιφάνειας για τη σάρωση.
- VII. Επιλογή και περικοπή της εικόνας (ή μείωση περιθωρίων εικόνας).** Αφού προεπισκοπήσουμε την εικόνα, πρέπει να επιλέξουμε το τμήμα της που θέλουμε να σαρώσουμε. Αν δεν μπορούμε να χειριστούμε με ακρίβεια τα εργαλεία που διατίθενται για την επιλογή και περικοπή της εικόνας ώστε να έχουμε διαθέσιμο το τμήμα της εικόνας που θέλουμε επιλέγουμε τελικά μεγαλύτερο τμήμα από αυτό που χρειαζόμαστε. Το λογισμικό επεξεργασίας εικόνων διαθέτει ισχυρότερα εργαλεία για την τροποποίηση της εικόνας από το πρόγραμμα σάρωσης.
- VIII. Σάρωση της εικόνας.** Η σάρωση μπορεί να διαρκέσει μερικά δευτερόλεπτα. Όταν ολοκληρωθεί, η εικόνα θα «φορτωθεί» στο λογισμικό λήψης και επεξεργασίας εικόνων που χρησιμοποιούμε. Αφού έχουμε τελειώσει με το πρόγραμμα σάρωσης μπορούμε να το κλείσουμε. Ορισμένα προγράμματα σάρωσης απαιτούν να μεταφέρουμε την τελική εικόνα στην εφαρμογή επεξεργασίας εικόνων.
- IX. Αποθήκευση εικόνας στην κατάλληλη μορφή.** Μετά τη σάρωσή της, η εικόνα θα «φορτωθεί» στο λογισμικό επεξεργασίας εικόνων. Οι περισσότερες εφαρμογές γραφικών μας επιτρέπουν να αποθηκεύσουμε μια εικόνα σε μια μεγάλη ποικιλία μορφών (περισσότερα για την αποθήκευση εικόνων ακολουθούν σε επόμενο κεφάλαιο). Εξαρτάται από τον τελικό προορισμό της εικόνας. Ακολουθεί μια σύντομη λίστα μορφών αρχείων εικόνας:

- 'Εγγενής' μορφή αρχείων
- GIF
- JPEG
- TIFF

Πρώτη απ' όλες τις μορφές είναι η "εγγενής" μορφή του προγράμματος

γραφικών. Η αποθήκευση της εικόνας στην "εγγενή" μορφή της εφαρμογής γραφικών μας δίνει τη δυνατότητα να την επεξεργαστούμε στη συνέχεια. Αν την αποθηκεύσουμε σε κάποια από τις άλλες μορφές είναι πιθανό να μην αποθηκευτούν στο αρχείο όλες οι πληροφορίες που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα, γι' αυτό είναι χρήσιμο το να έχουμε και ένα αντίγραφο της εικόνας στην "εγγενή" μορφή του προγράμματος. Για παράδειγμα, το Photoshop αποθηκεύει τις εικόνες του στη μορφή Photoshop, το Microsoft PhotoDraw αποθηκεύει τις δικές του εικόνες στη μορφή PhotoDraw κ.τ.λ. Κάθε μια από αυτές τις μορφές είναι ιδανική για την αντίστοιχη εφαρμογή. Έτσι, η "εγγενής" μορφή αρχείων του Microsoft Word είναι το "έγγραφο" – "document", ("doc"). Αυτή η μορφή εγγράφων είναι προτιμότερη στο Word από τα αρχεία απλού κειμένου, παρά το γεγονός ότι ένα αρχείο απλού κειμένου μπορεί να περιέχει τις ίδιες ακριβώς λέξεις. Από την άλλη δεν πρέπει να αποθηκεύουμε και όλες τις εικόνες στην "εγγενή" μορφή του προγράμματος γραφικών. Αν γνωρίζουμε από την αρχή ότι χρειαζόμαστε μια εικόνα JPEG για το Internet, η αποθήκευση ενός πρόσθετου αντιγράφου της εικόνας στην "εγγενή" μορφή του προγράμματος γραφικών, όχι μόνο δεν είναι απαραίτητη, αλλά και μειώνει τον αποθηκευτικό χώρο του δίσκου.

Οι άλλες μορφές - GIF, JPEG και TIFF - είναι οι "κοινόχρηστες" μορφές αρχείων εικόνας. Τα αρχεία αυτών των μορφών αναγνωρίζονται από μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών, και κάθε μια από αυτές τις μορφές έχει την ιδανική της χρήση. Οι μορφές GIF και JPEG είναι καλύτερες για εικόνες του Internet. Και οι δύο έχουν τέλεια ανάλυση για ένα μήνυμα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου ή μια ιστοσελίδα και καταλαμβάνουν λίγο χώρο στο δίσκο. Η μορφή GIF είναι προτιμότερη για καλλιτεχνικές εργασίες και λεπτομερείς εικόνες, ενώ η μορφή JPEG είναι καλύτερη για φωτογραφίες. Η μορφή TIFF είναι ιδανική για την κοινή χρήση εικόνων από πολλές εφαρμογές. Για παράδειγμα, ενώ είναι μάλλον απίθανο να καταλαβαίνουν πολλές εφαρμογές τη μορφή αρχείων του Photoshop, οι περισσότερες εφαρμογές - συμπεριλαμβανομένων των προγραμμάτων επεξεργασίας κειμένου και λογιστικών φύλλων (spreadsheet) που χρησιμοποιούμε - αναγνωρίζουν τι είναι ένα αρχείο γραφικών TIFF.

- X. Έξοδος από το λογισμικό επεξεργασίας εικόνων.** Όταν τελειώσουμε με τις σαρώσεις και τις αποθηκεύσεις εικόνων πρέπει να βγούμε από το πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνων που χρησιμοποιούμε. Όταν εξάγουμε μια εικόνα σε μια μορφή αρχείων διαφορετική από την "εγγενή" του προγράμματος, η εφαρμογή γραφικών θεωρεί ότι δεν έχουμε αποθηκεύσει στην πραγματικότητα το αρχείο. Παρόλο που στο σκληρό δίσκο του υπολογιστή η εικόνα υπάρχει ήδη σε μορφή TIFF ή JPEG ή GIF, δεν έχουμε αποθηκεύσει την εικόνα στη γλώσσα που καταλαβαίνει η εφαρμογή, κάτι μας γνωστοποιεί εμφανίζοντάς μας ένα πλαίσιο προειδοποίησης.

3.5 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΤΟ ΧΡΩΜΑΤΙΚΟ ΒΑΘΟΣ.

Ο καθορισμός της ανάλυσης εικόνας και η επιλογή του κατάλληλου χρωματικού βάθους αποτελούν δύο βασικές φάσεις κατά την διαδικασία της σάρωσης που

λαμβάνουν μέρος μετά την προεπισκόπηση εικόνας. Η ενασχόληση με τα γραφικά υπολογιστή γίνεται πιο εύκολη όταν έχουμε κατανοήσει την έννοια της ανάλυσης. Η ανάλυση παίζει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της ποιότητας μιας εικόνας, γι' αυτό και η επιλογή της κατάλληλης ανάλυσης έχει πρωταρχική σημασία για τη σάρωση, την επεξεργασία και τελικά τη δημιουργία μιας εκτύπωσης που ίσως να χρειαστούμε. Η ανάλυση είναι αυτό που καθορίζει πόσο καλή θα φαίνεται η εικόνα. Αυτό λογικά μας οδηγεί να χρησιμοποιήσουμε όσο μεγαλύτερη ανάλυση γίνεται (π.χ μια ανάλυση της τάξεως δεκάδων χιλιάδων κουκκίδων ανά ίντσα). Τα προβλήματα που τίθενται όμως τότε είναι τα εξής:

- a) Είναι πιθανό ο σαρωτής να μην μπορεί σαρώσει μια τέτοια εικόνα,
- b) Ακόμα και αν μπορούσε θα χρειαζόταν πολύ χρόνο,
- c) Ο υπολογιστής δεν μπορεί να εκκινήσει το λογισμικό λήψης και επεξεργασίας εικόνων και
- d) Ο εκτυπωτής δεν μπορεί να εκτυπώσει μια εικόνα σε τόση υψηλή ανάλυση.

Πρέπει να επιλέγουμε την ανάλυση έχοντας πρώτα σκεφτεί αυτό που σκοπεύουμε να κάνουμε με την εικόνα. Έτσι, αντί την υψηλότερη, πρέπει να επιδιώκουμε την καλύτερη ανάλυση. Όταν επιλέγουμε την καλύτερη ανάλυση, στην ουσία χρησιμοποιούμε τον υπολογιστή, το σαρωτή και τον εκτυπωτή μας με τέτοιο τρόπο ώστε να συνεργάζονται μεταξύ τους με σκοπό την δημιουργία της εικόνας που χρειαζόμαστε. Αυτό ακριβώς το νόημα έχει η επιλογή της κατάλληλης ανάλυσης.

Κάθε μορφή ανάλυσης μετράται σε κουκκίδες ανά ίντσα (dots per inch, dpi) όπως προαναφέρθηκε. Σε ότι αφορά τα γραφικά του υπολογιστή πρέπει να γνωρίζουμε ότι υπάρχουν τρεις διαφορετικές αναλύσεις:

- Η ανάλυση της εικόνας
- Η ανάλυση της οθόνης
- Η ανάλυση του εκτυπωτή

Κάθε μια από αυτές τις αναλύσεις παίζει το δικό της ρόλο στις εικόνες που δημιουργούμε και επεξεργαζόμαστε. Κάθε ένα από τα παραπάνω στοιχεία έχει τη δική του ανάλυση, την οποία μπορούμε να αυξήσουμε ή να μειώσουμε ανάλογα με τις ανάγκες μας.

• ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ

➤ «Οπτική» ανάλυση.

Η ανάλυση μιας εικόνας καθορίζει το πόσες λεπτομέρειες θα περιέχει η ίδια η εικόνα. Όσο υψηλότερη είναι αυτή η ανάλυση, τόσο περισσότερες λεπτομέρειες θα έχει η εικόνα, κάτι που διευκολύνει την επεξεργασία της. Στην περίπτωση του σαρωτή, η ανάλυση εξαρτάται από το λογισμικό σάρωσης (ελάχιστη και μέγιστη τιμή) και μπορεί να καθοριστεί από εμάς. Το ζεύγος των αριθμών που εκφράζει την οριζόντια και την κατακόρυφη οπτική ανάλυση των σαρωτών προσδιορίζει έως ένα βαθμό τις δυνατότητες της συσκευής. Η οριζόντια ανάλυση αφορά στον αριθμό των αισθητήρων φωτός που διαθέτει ο σαρωτής, ενώ η κατακόρυφη στο βήμα μετακίνησης της κεφαλής

ανάγνωσης. Δεδομένου ότι οι εικόνες περιέχουν τον ίδιο αριθμό εικονοστοιχείων ανά ίντσα οριζόντια και κατακόρυφα, η οριζόντια και η κατακόρυφη ανάλυση σάρωσης μιας εικόνας πρέπει να είναι ίδιες.

Αν απαιτείται να γνωρίζουμε την πραγματική ανάλυση κάθε φορά που σαρώνουμε, μπορούμε να την υπολογίσουμε με λίγες μαθηματικές πράξεις. Σε μια εικόνα διαστάσεων 4 x 4 ίντσες (10 x 10 εκατοστά) αρκεί να πολλαπλασιάσουμε κάθε διάσταση επί την ανάλυση (έστω 600 dpi) οπότε έχουμε $4 \times 600 = 2400$. Αυτό σημαίνει ότι η εικόνα έχει 2400 κουκκίδες οριζόντια και άλλες τόσες κατακόρυφα. Αυτό μεταφράζεται σε ένα πλέγμα από $2400 \times 2400 = 5.760.000$ (περίπου έξι εκατομμύρια) κουκκίδες, δηλαδή μεμονωμένα κομμάτια πληροφοριών που συνθέτουν την εικόνα. Τόσες είναι οι έγχρωμες κουκκίδες που απαρτίζουν την εικόνα, αλλά αυτός ο αριθμός δεν είναι απαραίτητο να μας είναι γνωστός όταν εργαζόμαστε με γραφικά. Το μόνο που φανερώνει αυτός ο αριθμός στην πραγματικότητα είναι πόσο μεγάλο θα είναι κατά προσέγγιση το αρχείο εικόνας που θα αποθηκεύσουμε στο δίσκο μας.

Στην ανάλυση των 600 dpi η εικόνα θα αποτελείται από ένα μεγάλο σύνολο κουκκίδων, κάτι που σημαίνει παραπάνω από αρκετές πληροφορίες για να επεξεργαστούμε την εικόνα. Ας υποθέσουμε, όμως, ότι προορίζουμε αυτή την εικόνα για τον ιστό. Σε αυτή την περίπτωση, θα μπορούσαμε να κάνουμε τη εργασία μας και με μια ανάλυση της τάξης των 150 dpi επειδή οι οθόνες των υπολογιστών έχουν συνήθως ανάλυση 72 ή 96 dpi. Αυτό σημαίνει ότι οι πληροφορίες που παράγονται για το Internet χρειάζεται να παρουσιάζονται σε αυτές τις χαμηλές αναλύσεις και, έτσι, η καλύτερη ανάλυση σε αυτή την περίπτωση είναι μια ανάλυση κοντά στα 72 ή 96 dpi. Παραθέτουμε και τις μαθηματικές πράξεις για μια εικόνα που έχει σαρωθεί με ανάλυση 72 dpi: 72 dpi επί 4 ίντσες δίνει 288 κουκκίδες οριζόντια και άλλες τόσες κατακόρυφα, με συνέπεια να σχηματίζεται ένα πλέγμα από 82.944 κουκκίδες. Είναι προφανές πως οι κουκκίδες αυτής της εικόνας είναι πολύ λιγότερες από αυτές που πήραμε όταν σαρώσαμε την εικόνα σε ανάλυση 600 dpi, αλλά για τον ιστό αυτή η ανάλυση είναι αρκετή.

Η εικόνα θα έχει πάντα το ίδιο μέγεθος ανεξάρτητα από την ανάλυση στην οποία θα τη σαρώσουμε. Μια εικόνα διαστάσεων δέκα επί δέκα εκατοστά θα είναι πάντα τετράγωνη και θα έχει αυτές τις διαστάσεις ανεξάρτητα από το αν τη σαρώσουμε σε ανάλυση 25 dpi, 150 dpi, 400 dpi, 1200 dpi ή και περισσότερο. Το μόνο που αλλάζει σε κάθε περίπτωση είναι η ανάλυση, δηλαδή, οι λεπτομέρειες στο εσωτερικό της εικόνας. Επίσης ο συντελεστής κλίμακας (το γνωστό zoom), λειτουργεί αντίστροφα με το πλήθος των dpi. Αυτό σημαίνει ότι μια εικόνα που σκανάρουμε στο 100% με 300dpi έχει την ίδια ακριβώς πληροφορία όταν σκαναριστεί στο 50% με 600dpi. Το καλύτερο πάντως είναι να ρυθμίζουμε εξαρχής το συντελεστή κλίμακας και την ανάλυση στα επιθυμητά επίπεδα. Σε διαφορετική περίπτωση, θα χάσουμε το χρόνο που χρειάζεται για να επεξεργαστούμε εκ των υστέρων την εικόνα, με κίνδυνο μάλιστα να υποβαθμίσουμε την ποιότητά της.

➤ Ανάλυση «παρεμβολής».

Για κάθε εικονοστοιχείο (pixel) που σαρώνεται απαιτείται ένας αισθητήρας CCD. Αυτό σημαίνει ότι για ένα σαρωτή ο οποίος υποστηρίζει ανάλυση 600 x 1200 dpi και έχει επιφάνεια σάρωσης A4 (με διαστάσεις 8,5 x 11,7 inch), απαιτούνται 8,5 x 600 = 5.100 αισθητήρες! Επειδή λοιπόν η κατασκευή σαρωτών με ανάλυση μεγαλύτερη από αυτή είναι πολύ δύσκολη και δαπανηρή, χωρίς μάλιστα να επιφέρει ουσιαστική ποιοτική βελτίωση στο τελικό αποτέλεσμα (ήδη τα 600x1200dpi επαρκούν για

εξαιρετική πιστότητα εικόνας). Οι κατασκευαστές δίνουν μέσω λογισμικού τη δυνατότητα να ανέβουμε ακόμη και στα 19200x19200dpi! Αυτό γίνεται με μια τεχνική της αριθμητικής ανάλυσης που ονομάζεται παρεμβολή (interpolation). Πρακτικά, η παρεμβολή χρησιμοποιεί τις υπάρχουσες τιμές φωτεινότητας που μετρήθηκαν και υπολογίζει αλγοριθμικά κάποιες επιπλέον ενδιάμεσες τιμές, δημιουργώντας έτσι περισσότερες στάθμες και επομένως μεγαλύτερη ακρίβεια. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται κυρίως σε τονισμούς αντικειμένων.

Εδώ χρειάζεται να διευκρινίσουμε ότι τη μέγιστη οπτική ανάλυση σάρωσης την καθορίζει η οριζόντια ανάλυση. Αυτό σημαίνει ότι δύο σαρωτές με μέγιστη οπτική ανάλυση 600 x 1200 dpi και 600 x 600 dpi έχουν ουσιαστικά τη δυνατότητα να σαρώσουν χωρίς παρεμβολή στην ίδια ακριβώς τιμή των 600dpi. Αν αποφασίσουμε να σαρώσουμε με τη βοήθεια λογισμικού με παρεμβολή σε αναλύσεις μεγαλύτερες από τη μέγιστη οπτική ανάλυση του σαρωτή (π.χ., ανάλυση 1200dpi), τότε στην περίπτωση του σαρωτή με ανάλυση 600x1200dpi το λογισμικό θα παρεμβάλει «φανταστικά» εικονοστοιχεία μόνο στον οριζόντιο άξονα της εικόνας, ενώ στην περίπτωση του σαρωτή με ανάλυση 600 x 600 dpi θα πρέπει το λογισμικό να προσθέσει εικονοστοιχεία και στους δύο άξονες. Από τη στιγμή που η σάρωση με παρεμβολή μειώνει τη λεπτομέρεια των έγχρωμων φωτογραφιών, η ποιότητα σάρωσης στην πρώτη περίπτωση θα είναι θεωρητικά καλύτερη. Έτσι η παρεμβολή, ως προσεγγιστική μέθοδος που είναι, εισάγει κάποιο σφάλμα, υποβαθμίζοντας έτσι ποιοτικά το ψηφιακό αντίγραφο της εικόνας μας.

• ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΘΟΝΗΣ

Όλες οι οθόνες έχουν κάποια ανάλυση, η οποία δίνεται συνήθως ως ένα γινόμενο οριζόντιων επί κατακόρυφες κουκκίδες. Για παράδειγμα, μια πολύ συνηθισμένη ανάλυση οθονών είναι 800 x 600 pixel. Αυτή η ανάλυση σημαίνει 800 pixel οριζόντια επί 600 pixel κατακόρυφα, τα οποία φτάνουν για ένα αρκετά καλό αποτέλεσμα στην οθόνη. Μια οθόνη με ανάλυση 1024 x 768 εμφανίζει περισσότερες πληροφορίες από μια οθόνη με ανάλυση 800 x 600. Οι υψηλότερες αναλύσεις απαιτούν συνήθως μεγαλύτερες οθόνες. Για παράδειγμα, μπορεί σε μια οθόνη 17 ιντσών η ανάλυση 1024 x 768 να είναι ικανοποιητική αλλά τα πράγματα θα ήταν ακόμη καλύτερα αν η οθόνη ήταν 19 ή 21 ιντσών.

Ωστόσο, σε αυτή την υψηλότερη ανάλυση, τα εικονίδια και τα υπόλοιπα στοιχεία της οθόνης εμφανίζονται μικρότερα. Στην πραγματικότητα, τα εικονίδια δεν είναι μικρότερα. Το γεγονός ότι χρησιμοποιείται το ίδιο πλήθος από pixel για τη δημιουργία κάθε εικονιδίου (32 pixel οριζόντια επί 32 pixel κατακόρυφα) κάνει τα εικονίδια να φαίνονται μικρότερα όταν η ανάλυση είναι υψηλότερη. Εννοείται όμως ότι στη δεύτερη περίπτωση το pixel έχει μικρότερες διαστάσεις. Αυτός είναι και ο λόγος που η ανάλυση των οθονών δεν αναφέρεται συνήθως ως μια τιμή κουκκίδων ανά ίντσα (dpi), όπως συμβαίνει με τις αναλύσεις των εικόνων. Καθώς αλλάζει η ανάλυση της οθόνης, αλλάζουν και οι τιμές dpi. Επειδή, λοιπόν, αυτό μπορεί να προκαλέσει σύγχυση, η ανάλυση μιας οθόνης αναφέρεται ως ένα γινόμενο οριζόντιων και κατακόρυφων τιμών.

Μπορούμε να αλλάξουμε την ανάλυση της οθόνης χρησιμοποιώντας το λειτουργικό σύστημα του υπολογιστή σας. Οι περισσότεροι χρήστες υπολογιστών διαλέγουν μια ανάλυση ανάλογα με την εργασία τους, αν και, κατά την εργασία με λογισμικό γραφικών, καλό είναι να ρυθμίζει κανείς την ανάλυση της οθόνης όσο πιο ψηλά γίνεται. Με αυτόν τον τρόπο, θα μπορεί να βλέπει μεγαλύτερο τμήμα της εικόνας του στην

οθόνη.

Το εντυπωσιακό στοιχείο είναι ότι στην οθόνη μας δεν μπορούμε να δούμε υψηλές αναλύσεις. Εύκολα μπορεί να υπολογιστεί ότι τα 72dpi είναι το μέγιστο (ή μια τιμή κοντά στο μέγιστο) που μπορεί να μας δείξει μια κοινή οθόνη, λόγω κατασκευής της. Όσο για το ανθρώπινο όριο, η μέγιστη δηλαδή τιμή στην οποία μπορεί να δει και να διακρίνει διαφορές το ανθρώπινο μάτι, είναι γύρω στα 300dpi. Επομένως, οι περιπτώσεις που έχει νόημα κάτι παραπάνω, είναι αυτές στις οποίες χάνεται πληροφορία λόγω ατελειών του υλικού ή του λογισμικού.

• ΑΛΛΑΓΗ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΜΙΑΣ ΕΙΚΟΝΑΣ.

Αν η συσκευή εξόδου είναι ολόκληρη η οθόνη του υπολογιστή, προκειμένου να έχουμε απόλυτη ακρίβεια κατά την επιλογή ανάλυσης, θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τον τύπο :

$$\text{Επιθυμητή ανάλυση} = \text{πλάτος ανάλυσης οθόνης} / \text{πλάτος της προς σάρωση εικόνας}$$

Για παράδειγμα, αν μία οθόνη χρησιμοποιεί ανάλυση 800 x 600 και η εικόνα έχει πλάτος 5 ίντσες, η ανάλυση που πρέπει να χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να είναι $800/5 = 160 \text{ dpi}$.

Αν θέλουμε η εικόνα να εμφανιστεί στην οθόνη αλλά στο πραγματικό μέγεθός της, τότε ισχύει ο τύπος :

$$\text{Επιθυμητή ανάλυση} = \text{πλάτος ανάλυσης οθόνης} / \text{μέγιστο ορατό πλάτος οθόνης}$$

Για παράδειγμα, με ανάλυση 800 x 600 και μέγιστο ορατό πλάτος οθόνης 11,75 ίντσες (μετράμε το πλάτος της οθόνης σε εκατοστά και διαιρούμε με 2,54), θα πρέπει να ορίσουμε ανάλυση ίση με $800 / 11,7 = 68 \text{ dpi}$.

• ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΚΤΥΠΩΤΗ

Αν η εικόνα πρόκειται τελικά να τυπωθεί, τότε η επιλογή της κατάλληλης ανάλυσης εξαρτάται κυρίως από την ανάλυση εξόδου του εκτυπωτή μας. Είναι λογικό να θέλουμε να σαρώσουμε την εικόνα με την ίδια ανάλυση με αυτή του εκτυπωτή. Για παράδειγμα, θεωρητικά ένας εκτυπωτής 600 dpi θα δώσει μια θαυμάσια εκτύπωση μιας εικόνας που έχουμε σαρώσει με ανάλυση 600 dpi. Αυτό δεν ισχύει, όμως.

Θα πρέπει πάντα να σαρώνουμε τις εικόνες μας σε υψηλότερη ανάλυση από αυτή της συσκευής εξόδου. Έτσι, αν έχουμε έναν εκτυπωτή 600 dpi, το καλύτερο που έχουμε να κάνουμε είναι να σαρώσουμε την εικόνα μας με ανάλυση υψηλότερη από 600 dpi. Έτσι, αν τη σαρώσουμε στα 800 dpi θα πάρουμε καλύτερη εκτύπωση. Επίσης, αν δεν έχουμε πρόβλημα με τον παραπάνω χρόνο που θα απαιτηθεί για τη σάρωση και την επεξεργασία της εικόνας, το να διπλασιάσουμε την ανάλυση στα 1200 dpi θα ήταν πολύ καλή ιδέα.

Τελικά πρέπει να διαλέξουμε την ανάλυση που δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα στη

συσκευή εξόδου μας. Η καλύτερη τιμή είναι ένας συνδυασμός της ανάλυσης και του χρόνου που έχουμε στη διάθεσή μας για την επεξεργασία της εικόνας. Δεν υπάρχει μέγιστη τιμή γιατί αυτή είναι η υψηλότερη ανάλυση που μπορεί να «πιάσει» ο σαρωτής μας.

ΧΡΗΣΗ-ΕΙΔΟΣ ΕΙΚΟΝΑΣ	ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΑΡΩΣΗΣ [dpi]
Αποστολή μέσω e-mail	(72-100)*
Σελίδα στο Internet	72-100
Εκτύπωση	100-300
Αναγνώριση κειμένου με πρόγραμμα OCR	200-300
Μεγέθυνση φωτογραφιών	300-600
Έγχρωμα γραφικά	300-600
Εικόνες line-art	600 και πάνω
Διαφάνειες	600 και πάνω

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-1. Ανάλυση στην οποία πρέπει να σαρώνουμε.

Σημείωση : 72-100 είναι όπως προαναφέρθηκε μια μέση τιμή ανάλυσης οθόνης για τους τελευταίους τεχνολογίας H/Y.

- ΧΡΩΜΑΤΙΚΟ ΒΑΘΟΣ

Η ανάλυση της οθόνης του υπολογιστή είναι στενά συνδεδεμένη με το χρωματικό βάθος (color depth). Με αυτόν τον όρο περιγράφεται η ποικιλία των χρωμάτων που είναι διαθέσιμα στην εικόνα την οποία σαρώνουμε. Η επιλογή του κατάλληλου χρωματικού βάθους εξαρτάται από την εικόνα που σαρώνουμε και τη συσκευή εξόδου που πρόκειται να χρησιμοποιήσουμε. Η τιμή του χρωματικού βάθους μετράται σε bit και καθορίζει πόσα επίπεδα χρώματος μπορεί να «συλλάβει» ο σαρωτής. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η τιμή σε bit, τόσο καλύτερα μπορεί να ξεχωρίσει ο σαρωτής δύο ελάχιστα διαφορετικές αποχρώσεις του ίδιου χρώματος. Ορισμένες υψηλές αναλύσεις δεν μπορούν να υποστηρίξουν τα χρωματικά βάθη των 32 ή των 16 bit. Αυτό σχετίζεται με την ποσότητα της μνήμης που διαθέτει η κάρτα οθόνης (όσο περισσότερη, τόσο το καλύτερο). Τα χρώματα δίνονται σε δύο μορφές, είτε ως αριθμός (όπως 256 χρώματα ή 16 εκατομμύρια χρώματα) είτε ως τιμή βάθους (όπως 8 bit ή 24 bit) κάτι που φαίνεται στον πίνακα 3.2.

Βάθος σε bit	Πλήθος χρωμάτων
2 bit	2
8 bit	256
16 bit	65.536
24 bit	16.777.216
36 bit	68.719.476.736
42 bit	4.398.046.511.104

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-2. Σχέση βάθους σε bit και πλήθους χρωμάτων.

Το πρόγραμμα σάρωσης που χρησιμοποιούμε μπορεί να παραθέτει τα διαθέσιμα χρωματικά βάθη είτε ως τιμές σε bit είτε με βάση το πλήθος των χρωμάτων. Οι τιμές του πίνακα 3.1 είναι ακριβείς ενώ το πρόγραμμα σάρωσης μπορεί να αναφέρει μόνο "thousands of colors" (χιλιάδες χρώματα) για τα 16 bit ή "millions of colors" (εκατομμύρια χρώματα) για τα 24 ή περισσότερα. Οι τιμές του χρωματικού βάθους π.χ. 8 bit ή 256 χρώματα, περιγράφουν το πλήθος των χρωμάτων που είναι διαθέσιμα για την εικόνα. Δεν είναι πάντα τα ίδια 256 χρώματα, αλλά 256 διαφορετικές αποχρώσεις που έχουν ληφθεί από το πλήρες χρωματικό φάσμα. Έτσι, αν σαρώσουμε για παράδειγμα μια ασπρόμαυρη φωτογραφία, η εικόνα που θα πάρουμε μπορεί να περιέχει 256 αποχρώσεις του γκρι. Ωστόσο, αν επιλέξουμε ένα χρωματικό βάθος 8 bit, η εικόνα θα περιέχει μόνο 256 χρώματα όποια και αν είναι αυτά.

- **Η ειδική περίπτωση του ασπρόμαυρου χρωματικού βάθους.**

Παρά το γεγονός ότι ονομάζεται "χρωματικό βάθος", η έννοια εφαρμόζεται και στις ασπρόμαυρες εικόνες που ενδέχεται να σαρώσουμε. Ένα χρωματικό βάθος 2 bit μας δίνει δύο χρώματα, το άσπρο και το μαύρο. Αυτές οι εικόνες ονομάζονται *μονοχρωματικές* (monochrome). Ένα χρωματικό βάθος 8 bit δίνει 256 διαβαθμίσεις του γκριζου, οπότε η εικόνα ονομάζεται *τονική* (grayscale).

Η επιλογή του αν θα κάνουμε τη σάρωση με χρωματικό βάθος μονοχρωματικής ή τονικής εικόνας εξαρτάται από την προέλευση της εικόνας. Αν σκοπεύουμε να σαρώσουμε μια παλιά ασπρόμαυρη φωτογραφία, οι διαβαθμίσεις του γκριζου είναι η καλύτερη λύση. Αν πρόκειται να σαρώσουμε κάποιο σχέδιο (κάτι που ονομάζεται *γραμμικά γραφικά*, line art) ή κάποιο απλό κείμενο μπορούμε να το αντιμετωπίσουμε και με τη μονοχρωμία (2 bit, δύο χρώματα).

Τα περισσότερα προγράμματα επεξεργασίας εικόνων έχουν τη δυνατότητα να μετατρέψουν μια έγχρωμη εικόνα σε τονική. Για να το κάνουν αυτό απλώς αφαιρούν τις πληροφορίες για τα χρώματα, μετατρέποντας με αυτόν τον τρόπο τα χρώματα της εικόνας σε 256 διαβαθμίσεις του γκριζου. Το λογισμικό μπορεί να αναφέρεται στις τονικές εικόνες χρησιμοποιώντας τον όρο 256 "levels" (επίπεδα) αντί για "colors" (χρώματα). Αν οι 256 διαβαθμίσεις του γκριζου δεν είναι αρκετές, υπάρχουν σαρωτές που υποστηρίζουν υψηλότερες αναλύσεις. Μια ανάλυση διαβαθμίσεων του γκριζου 14 bit δίνει 16.384 διαβαθμίσεις του γκριζου. Και πάλι, όλες αυτές οι διαβαθμίσεις μπορεί να μην είναι απαραίτητες - ή και να μην μπορούν να τυπωθούν.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ: Είναι προφανές ότι, όσο υψηλότερη είναι η τιμή του χρωματικού βάθους, τόσο το καλύτερο για την εικόνα μας. Αν έχουμε στη διάθεσή μας την επιλογή των εκατομμυρίων χρωμάτων τότε την επιλέγουμε. Για τον υπολογιστή είναι ευκολότερο να αναπαραγάγει και να χειριστεί μια εικόνα την οποία συνθέτουν εκατομμύρια αποχρώσεις παρά μια άλλη που περιέχει μόνο λίγες εκατοντάδες χιλιάδες διαφορετικές αποχρώσεις. Βέβαια στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιεί περισσότερη μνήμη, αλλά τα αποτελέσματα είναι πολύ καλύτερα.

3.6 ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΙ ΤΥΠΟΙ ΑΡΧΕΙΩΝ ΓΙΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΕΙΚΟΝΩΝ

Πρέπει να γνωρίζουμε ότι οι παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν το παραγόμενο από την αποθήκευση εικόνων μέγεθος αρχείων είναι τρεις:

- 1) Η **ανάλυση** με την οποία επιλέγουμε να σαρώσουμε τις εικόνες, εξαρτάται από το λογισμικό σάρωσης (ελάχιστη και μέγιστη τιμή) και μπορεί να καθοριστεί από εμάς. Όσον αφορά την ανάλυση, για κάθε διπλασιασμό των dpi που ζητούμε (και για τις δύο διαστάσεις), το μέγεθος του αρχείου τετραπλασιάζεται! Π.χ μια εικόνα διαστάσεων 1 ίντσα x 1 ίντσα με ανάλυση 200 ppi περιέχει τετραπλάσιο αριθμό πίξελ από μια εικόνα ίδιων διαστάσεων με ανάλυση 100 ppi άρα απαιτείται και τετραπλάσιο μέγεθος αρχείου για να αποθηκευτεί. Χρειάζεται λοιπόν προσοχή σε αυτό το σημείο που μπορεί να μας επιβαρύνει το δίσκο με αρκετά περιττά Megabyte.
- 2) Οι **διαστάσεις** της εικόνας που σαρώνουμε. Ας χρησιμοποιήσουμε το παράδειγμα του κεφαλαίου 3.5.1. Έστω ότι σαρώνουμε μια έγχρωμη εικόνα που έχει διαστάσεις 4 x 4 ίντσες (δηλαδή 10 x 10 cm) με ανάλυση 600 dpi, τότε δημιουργείται ένα πλέγμα από 5.760.000 έγχρωμες κουκκίδες ($4 \times 600 = 2400$ κουκκίδες κατά μήκος κάθε πλευράς, $2400 \times 2400 = 5.760.000$ κουκκίδες σε όλο το εμβαδόν της εικόνας), δηλαδή μεμονωμένα κομμάτια πληροφοριών που συνθέτουν την εικόνα. Το μόνο που φανερώνει αυτός ο αριθμός στην πραγματικότητα είναι πόσο μεγάλο θα είναι κατά προσέγγιση το αρχείο εικόνας που θα αποθηκεύσουμε στο δίσκο μας. Έτσι σαρώνοντας την ίδια εικόνα η οποία έχει προηγουμένως μεγεθυνθεί στο διπλάσιο εμβαδόν (σάρωση πάντα με την ίδια ανάλυση), το μέγεθος αρχείου που δημιουργείται για την αποθήκευση της λογικά αναμένεται να είναι διπλάσιο.
- 3) Το **βάθος χρώματος**. Προσοχή χρειάζεται στα ασπρόμαυρα δοκίμια και στις περιπτώσεις που το χρώμα απλώς δεν μας ενδιαφέρει. Πρέπει να απενεργοποιούμε τη σχετική προεπιλογή που είναι συνήθως ρυθμισμένη στην έγχρωμη εικόνα. Αν σαρώνουμε απλές ασπρόμαυρες εικόνες χρησιμοποιώντας κάποιο χρωματικό βάθος διαβαθμίσεων του γκριζου το έγγραφο που θα αποθηκευτεί στο δίσκο θα έχει μεγαλύτερο μέγεθος. Για παράδειγμα, μια εικόνα που θα σαρώσουμε με βάθος 2 bit μπορεί να καταλάβει μόνο 32 KB χώρου στο δίσκο ενώ μια τονική εικόνα 300 KB ή και περισσότερο. Ο πίνακας που ακολουθεί (ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3) δείχνει ακριβώς αυτή τη σχέση μεταξύ του βάθους σε bit ή του πλήθους χρωμάτων και του μεγέθους σε bytes του παραγόμενου αρχείου στο δίσκο, ενώ δίνει και κάποιο τυπικό όνομα για το βάθος χρώματος.

Βάθος χρώματος	Αριθμός εμφανιζόμενων χρωμάτων	Bytes αποθήκευσης / εικονοστοιχείο	Τυπικό όνομα για το βάθος χρώματος
2-Bit	2	0.125	Μονοχρωματική
4-Bit	16	0.5	Τυπική VGA
8-Bit	256	1.0	256 Χρώματα (grayscale)
16-Bit	65.536	2.0	Πολλά χρώματα
24-Bit	16.777.216	3.0	Φυσικά χρώματα RGB
36-Bit	68.719.476.736	4.0	Φυσικά χρώματα CMYK

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-3. Σχέση βάθους χρώματος-μεγέθους παραγόμενου αρχείου.

Αφού επεξεργαστούμε την εικόνα, το επόμενο βήμα είναι η αποθήκευσή της στο δίσκο. Η αποθήκευση της εικόνας στην «εγγενή» μορφή της εφαρμογής γραφικών θα μας δώσει τη δυνατότητα να την επεξεργαστούμε αργότερα. Η αποθήκευση της εικόνας σε μια μορφή άλλη από την «εγγενή» του προγράμματος γραφικών απαιτεί ορισμένα επιπλέον βήματα, κυρίως σε ότι αφορά την επιλογή αυτής της μορφής ανάλογα με τον τελικό προορισμό της εικόνας. Αυτό είναι ασυνήθιστο στις περισσότερες εφαρμογές, ενώ αντίθετα θεωρείται πολύ συνηθισμένο να αποθηκεύει κανείς έγγραφα επεξεργαστή κειμένου στη μορφή απλού κειμένου.

3.6.1 ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΤΥΠΟΙ ΑΡΧΕΙΩΝ - ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΑΡΧΕΙΩΝ

Τα αρχεία τύπου GIF, JPEG, PNG, FlashPix, Bitmap και TIFF ανήκουν στην κατηγορία των 'κοινόχρηστων' τύπων αρχείων γιατί αναγνωρίζονται από μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών και κάθε μία από αυτές τις μορφές αρχείων έχει την ιδανική της χρήση. Εκτός από τις παραπάνω που είναι οι πιο συνηθισμένες μορφές αρχείων και που χρησιμοποιούν τα περισσότερα λειτουργικά συστήματα των υπολογιστών, υπάρχουν και οι «εγγενείς» μορφές αρχείων πολλών προγραμμάτων ή εφαρμογών γραφικών όπως το Adobe Photodeluxe, το Adobe Photoshop, το Imaging for Windows και άλλα. Πολλά προγράμματα δημιουργούν από μόνα τους ένα αντίγραφο της εικόνας, παρέχοντάς μας στην συνέχεια την δυνατότητα να την επεξεργαστούμε, έχοντας αποθηκευτεί στο αρχείο όλες οι πληροφορίες που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα. Αυτή είναι η «εγγενής» μορφή αρχείων. Κάθε μια από αυτές τις μορφές είναι ιδανική για την αντίστοιχη εφαρμογή.

Επειδή τρεις από τους παραπάνω τύπους αρχείων και συγκεκριμένα οι τύποι αρχείων GIF, JPEG και PNG συμπιέζουν με κάποιο τρόπο τις εικόνες ώστε να καταλαμβάνουν λιγότερο χώρο στο σκληρό δίσκο είναι αναγκαίο να επεξηγήσουμε πρώτα τη διαδικασία της **συμπίεσης (compression)** χρησιμοποιώντας ως παράδειγμα την μορφή αρχείων JPEG.

• ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΑΡΧΕΙΩΝ ΜΟΡΦΗΣ JPEG.

Η μορφή JPEG πετυχαίνει τη συμπίεση εικόνας – «στριμώχνοντας», με τη χρήση μαθηματικών τύπων, περισσότερες πληροφορίες σε μικρότερο χώρο - έτσι ώστε τα αρχεία να μην καταλαμβάνουν μεγάλο χώρο στο σκληρό δίσκο.

Η συμπίεση που γίνεται με την τεχνολογία JPEG είναι *απωλεστική (lossy)*. Δηλαδή, συμπιέζοντας την εικόνα, η μορφή JPEG δεν διατηρεί με ακρίβεια το πρωτότυπο. Τις περισσότερες φορές, χάρη στη φύση της εικόνας (συνήθως, κάποια φωτογραφία συνεχών τόνων), η απώλεια των πληροφοριών δεν γίνεται εύκολα αντιληπτή. Έτσι, όταν αποθηκεύουμε μια εικόνα στη μορφή JPEG, το λογισμικό μας τη συμπιέζει σε ένα συμπαγές αρχείο και ορισμένες πληροφορίες χάνονται. Όταν, όμως, ανοίγουμε την εικόνα JPEG, αποσυμπιέζεται αυτόματα και το αποτέλεσμα που εμφανίζεται στην οθόνη είναι μια αρκετά καλή εικόνα η οποία δεν καταλαμβάνει πολύ χώρο στο δίσκο.

Κατά την αποθήκευση μιας εικόνας με τη μορφή JPEG υπάρχουν δέκα επίπεδα συμπίεσης που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε, από τη μικρότερη (1) έως τη μέγιστη (10) συμπίεση. Έτσι, κατά την αποθήκευση μιας εικόνας σε αυτή τη μορφή εμφανίζεται συνήθως, μετά το αρχικό πλαίσιο διαλόγου 'Save As' (Αποθήκευση ως), και ένα δεύτερο πλαίσιο διαλόγου που μας επιτρέπει να επιλέξουμε την 'ποιότητα' της συμπίεσης.

Η "χαμηλή ποιότητα" (μέχρι το επίπεδο 3) δίνει ως αποτέλεσμα ένα πολύ μικρό αρχείο στο δίσκο αλλά από την εικόνα λείπουν πολλές από τις λεπτομέρειες που υπάρχουν στα υψηλότερα επίπεδα. Η εικόνα φαίνεται εντάξει από κάποια απόσταση, αλλά αν «πλησιάσουμε» σε αυτή θα δούμε μεγάλα 'κομμάτια' γραφικών και «θολούρα». Στη μέγιστη ποιότητα (επίπεδα 9 και 10), το αποτέλεσμα είναι πολύ ωραίες πολύχρωμες εικόνες που είναι αρκετά ευδιάκριτες όταν μεγεθυνθούν - αλλά το αρχείο τους καταλαμβάνει περισσότερο χώρο στο δίσκο,

Μια καλή λύση για την αποθήκευση εικόνων με προορισμό το Internet είναι να επιλέξουμε κάποια ρύθμιση "υψηλής" ποιότητας (γύρω στο 6). Με αυτόν τον τρόπο θα εξασφαλίσουμε ότι η εικόνα JPEG θα έχει πολλά χρώματα και λεπτομέρειες ενώ το μέγεθος του αρχείου θα παραμείνει σε ανοικτά πλαίσια.

3.6.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΥΠΩΝ ΑΡΧΕΙΩΝ

A. Συμπίεσμένοι τύποι αρχείων.

1. **GIF (.gif)** : Το όνομά του προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Graphics Interchange Format (Μορφή Ανταλλαγής Γραφικών). Στη μορφή αρχείων GIF, οι εικόνες αποθηκεύονται σε σχετικά μικρά αρχεία, αλλά με αρκετές λεπτομέρειες. Η μορφή GIF είναι κατάλληλη για έγχρωμες ή τονικές εικόνες, γραμμικά και άλλα σχέδια και σκίτσα. Η μορφή GIF είναι συμπίεσμένος τύπος αρχείου κατάλληλος για μία εικόνα που θα χρησιμοποιηθεί στο web (διαδίκτυο) ή σε πολλές πλατφόρμες και μάλιστα πιο ευέλικτη από την μορφή JPEG. Ο μεγαλύτερος όμως περιορισμός της μορφής αρχείων GIF είναι ότι χρησιμοποιεί μόνο 256 χρώματα για κάθε εικόνα. Το αρχείο GIF δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τον τύπο εξόδου "Εκατομμύρια χρώματα". Έτσι κάποια τμήματα μιας εικόνας GIF μπορεί να έχουν προέλθει από "πρόσμιξη" (dithering) – μια διαδικασία κατά την οποία το χρώμα ενός πίξελ «μαντεύεται» με βάση το χρώμα των γειτονικών του πίξελ.
2. **JPEG (.jpg)** : Το όνομά του προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Joint PhotoGraphic Experts Group (Μικτή Ομάδα Ειδικών στη Φωτογραφία). Είναι μια άλλη μορφή γραφικών του Internet. Σε αυτή τη μορφή αρχείων, οι εικόνες αποθηκεύονται σε αρχεία ακόμη μικρότερου μεγέθους από την GIF, αλλά όχι με τόσο πολλές λεπτομέρειες. Η μορφή JPEG έχει σχεδιαστεί για την απόδοση εικόνων συνεχόμενων τόνων π.χ για φωτογραφικές εικόνες - πρόσωπα, τοπία, ανθρώπους, σκηνικά. Η μορφή JPEG το πετυχαίνει αυτό συμπιέζοντας την εικόνα έτσι ώστε τα αρχεία να μην καταλαμβάνουν μεγάλο χώρο στο δίσκο. Σε αυτή τη μορφή πρέπει να αποθηκεύουμε τις περισσότερες από τις εικόνες που σαρώνουμε και προορίζουμε για το Internet. Μόνο αν η τελική εικόνα που θα πάρουμε μας φαίνεται θολή ή κακής ποιότητας πρέπει να καταφεύγουμε στη μορφή αρχείων GIF.
3. **PNG (.png)** : Το αρχείο PNG είναι συμπίεσμένος τύπος αρχείου εικόνας που μπορεί να αντικαταστήσει το GIF. Όπως το αρχείο GIF, το PNG χρησιμοποιεί συμπίεση χωρίς απώλεια δεδομένων που σημαίνει ότι όλα τα οπτικά δεδομένα αποθηκεύονται και επαναφέρονται όταν το αρχείο είναι αποσυμπίεσμένο. Σε αντίθεση με το αρχείο GIF, το αρχείο PNG μπορεί να

χρησιμοποιηθεί με τους τύπους εξόδου "Εκατομμύρια χρώματα" και "256 σκιάσεις του γκρι" (gray-scale).

4. **FlashPix (.fpx)** : Ένα αρχείο FlashPix περιέχει μία συνολική εικόνα και αρκετά αντίγραφα μικρότερης ανάλυσης αυτής της εικόνας. Το πλεονέκτημα του τύπου αρχείου FlashPix σε σχέση με άλλους τύπους αρχείων είναι ότι ένα πρόγραμμα μπορεί να επιλέγει αυτόματα τη βέλτιστη ανάλυση ώστε μία συγκεκριμένη εργασία να καθιστά την επεξεργασία και τη χρήση των εικόνων με ταχύτερο και ευκολότερο τρόπο. Το αρχείο FlashPix δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τύπους εξόδου 256 χρωμάτων.
5. **Συμπίεσμένο TIFF (.tif)** : Τα συμπίεσμένα αρχεία TIFF για εικόνες είναι μικρότερα από τα τυπικά αρχεία TIFF.

B. Ασυμπίεστοι τύποι αρχείων.

6. **Bitmap (.bmp)** : Χαρτογραφικό αρχείο. Αρχείο εικόνας που περιγράφεται σημείο προς σημείο με μια συγκεκριμένη ακολουθία bits. Είναι αντίθετο από τα διανυσματικά (vector) αρχεία εικόνας, τα οποία περιγράφονται μαθηματικά. Είναι η μορφή των αρχείων "ψηφιογραφικών" (bitmap) των λειτουργικών συστημάτων Microsoft Windows και IBM OS/2 και η «εγγενής» μορφή του προγράμματος Paint (Ζωγραφική) των Windows. Τα αρχεία bitmap τείνουν να είναι μεγάλα και τα χρησιμοποιούμε μόνο όταν θέλουμε να επεξεργαστούμε πλήθος πληροφοριών από τις εικόνες που σαρώνουμε χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να χαθούνε κάποια δεδομένα.
7. **TIFF (.tif)** : TIFF σημαίνει Tagged Image File Format (Μορφή Αρχείων Εικόνων με Ετικέτες). Αυτή η μορφή αρχείων είναι η πιο κοινή γλώσσα των αρχείων γραφικών. Όλα σχεδόν τα προγράμματα που ασχολούνται με γραφικά (ακόμη και οι επεξεργαστές κειμένου) μπορούν να καταναλώσουν ένα αρχείο TIFF στο οποίο αποθηκεύονται ένα σωρό καλές πληροφορίες γραφικών. Ένα αρχείο TIFF είναι ένα γραφικό bitmap και μπορεί να είναι οποιασδήποτε ανάλυσης. Το μειονέκτημα των αρχείων TIFF είναι ότι είναι τεράστια - ένα αρχείο TIFF μπορεί να έχει μέγεθος αρκετά megabyte. Αυτός είναι και ο λόγος που αυτή η μορφή ενδείκνυται για την ανταλλαγή αρχείων μεταξύ εφαρμογών αλλά δεν είναι και τόσο κατάλληλη για το Internet.
8. **EPS** : Το όνομά του προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Encapsulated PostScript ("ενθυλακωμένη" PostScript). Μια συνηθισμένη μορφή αρχείων γραφικών για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ εφαρμογών που υποστηρίζουν την PostScript.
9. **PDF** : Το όνομά του προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Portable Document Format (μορφή "φορητών εγγράφων"). Η μορφή PDF χρησιμοποιείται από το λογισμικό Adobe Acrobat. Είναι κατάλληλη για την ανταλλαγή αρχείων με άλλους χρήστες προϊόντων της Adobe.

10. **PhotoDeluxe** : Η «εγγενής» μορφή αρχείων του προγράμματος Adobe Photodeluxe.
11. **Photoshop** : Η «εγγενής» μορφή αρχείων του προγράμματος Adobe Photoshop. Είναι αρκετά συνηθισμένη μορφή που μπορούν να την διαβάσουν και να αποθηκεύσουν αρχεία σε αυτή και άλλα προγράμματα.
12. **Εικόνα PCX (.pcx)** : Ο τύπος αρχείου PCX προορίζεται για εικόνες που χρησιμοποιούνται σε προγράμματα των Windows, όπως το PC Paintbrush και το Paint.
13. **Μετα-αρχείο των Windows (.wmf)** : Ο τύπος αρχείου "μετα-αρχείο" των Windows της Microsoft χρησιμοποιείται για κλιμακούμενες (διανυσματικές) εικόνες σε προγράμματα των Windows. Διατίθεται μόνο για εικόνες που χρησιμοποιούν τον τύπο εξόδου "Ασπρόμαυρο" (1 bit).

3.6.3 ΣΧΕΣΗ ΤΥΠΟΥ ΑΡΧΕΙΟΥ ΚΑΙ ΧΡΩΜΑΤΙΚΟΥ ΒΑΘΟΥΣ

Ο τύπος εξόδου είναι ένα τυπικό όνομα για το βάθος χρώματος που χρησιμοποιούμε. Στον πίνακα 3-2 δίνονται τυπικά ονόματα για τα χρωματικά βάθη των 2, 4, 8, 16, 24 και 36 bit. Από τις επιλογές σάρωσης του "λογισμικού σάρωσης" που διαθέτουν τα περισσότερα μοντέλα σαρωτών παρατίθενται οι παρακάτω προεπιλογές για τους τύπους εξόδου. Ωστόσο έχουμε τη δυνατότητα να αλλάξουμε τον τύπο εξόδου αν απαιτείται.

Τύπος εξόδου:

- Ασπρόμαυρο (1 bit)
- 256 σκιάσεις του γκρι (κλίμακα του γκρι 8 bit)
- 256 χρώματα (παλέτα web)
- 256 χρώματα (παλέτα συστήματος)
- 256 χρώματα (8 bit)
- Εκατομύρια χρώματα (24 bit)

Για να επιλέξουμε το βέλτιστο τύπο εξόδου με βάση τον τρόπο που θα χρησιμοποιήσουμε την τελική σαρωμένη εικόνα, καθώς και τον τύπο του πρωτοτύπου που σαρώνουμε, χρησιμοποιούμε την παρακάτω λογική που συνοψίζεται στο πίνακα 3-3 της επόμενης σελίδας.

τύπος εξόδου	Περιγραφή
Ασπρόμαυρο (1 bit)	Για ασπρόμαυρα σχέδια χωρίς σκίαση ή για κείμενο αποθηκευμένο ως εικόνα, χρησιμοποιούμε αυτόν τον τύπο εξόδου.
256 σκιάσεις του γκρι (κλίμακα του γκρι 8 bit)	Αυτός ο τύπος αρχείου χρησιμοποιείται για τα εξής: • Έγχρωμες φωτογραφίες ή σχέδια με σκίαση που θα εκτυπωθούν σε ασπρόμαυρο εκτυπωτή ή που θα αποθηκευθούν ως ασπρόμαυρη εικόνα • ασπρόμαυρες φωτογραφίες και σχέδια με σκίαση που θα χρησιμοποιηθούν για οποιονδήποτε σκοπό
256 χρώματα (παλέτα web)	Για εικόνες που θα αποθηκευθούν σε τύπο αρχείου .gif και εμφανίζονται στο web, επιλέγουμε αυτόν τον τύπο εξόδου.
256 χρώματα (παλέτα συστήματος)	Για εικόνες που θα χρησιμοποιηθούν με οποιονδήποτε τρόπο που απαιτεί μικρό μέγεθος αρχείου, χρησιμοποιούμε αυτόν τον τύπο εξόδου. Από τους τύπους εξόδου των 256 χρωμάτων, παρέχει τη βέλτιστη συνολική ποιότητα όταν έχουμε ταυτόχρονη προβολή περισσότερων από μία εικόνων σε οθόνη υπολογιστή. Αυτός ο τύπος εξόδου αποτελεί συνδυασμό της παλέτας χρωμάτων των Windows και του web.
256 χρώματα (8 bit)	Τύπος αρχείου για έγχρωμη φωτογραφία ή για σχέδιο με σκίαση που θα χρησιμοποιηθεί με οποιονδήποτε τρόπο που απαιτεί μικρό μέγεθος αρχείου. Από τους τύπους εξόδου των 256 χρωμάτων, παρέχει τη βέλτιστη ποιότητα για μία εικόνα. Η παλέτα χρωμάτων αποτελείται από 16 βασικά χρώματα και από 240 από τα πιο συνηθισμένα χρώματα που χρησιμοποιούνται σε μία εικόνα.
Εκατομμύρια χρώματα (24 bit)	Τύπος εξόδου για έγχρωμες φωτογραφίες ή σχέδια με πολύ σκίαση που θα χρησιμοποιηθεί με τους εξής τρόπους: • εκτύπωση σε έγχρωμο εκτυπωτή • εμφάνιση σε έγχρωμη οθόνη ρυθμισμένη σε εκατομμύρια χρώματα • εμφάνιση στο web και αποθήκευση σε τύπο αρχείου .jpg ή .png

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-4. Πεδίο εφαρμογής διάφορων τύπων εξόδων.

3.7 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΣΑΡΩΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ.

Πριν ακόμα αρχίζουμε να επεξεργαζόμαστε την εικόνα είτε στο "πρόγραμμα σάρωσης" είτε στο "λογισμικό επεξεργασίας εικόνων" πρέπει να γνωρίζουμε καλά τη λειτουργία του σαρωτή μας και τις δυνατότητες του ως συσκευή και να έχουμε διαβάσει προσεκτικά το εγχειρίδιο χρήσης του καθώς και την βοήθεια του λογισμικού που διατίθενται μαζί με τον σαρωτή.

Πρώτα, το δοκίμιο (πρωτότυπο), το οποίο θέλουμε να σαρώσουμε, θα πρέπει να είναι καθαρό, όπως επίσης το τζάμι του σαρωτή και το κάτω μέρος του καλύμματός του (στη συνήθη περίπτωση που η συσκευή μας είναι επίπεδη). Αν θέλουμε να πειστούμε για τη χρησιμότητα καθαρισμού των επιφανειών αυτών, μπορούμε να επιχειρήσουμε σάρωση, αφού πρώτα πιάσουμε με τα χέρια τη γυάλινη πλάκα δημιουργώντας δακτυλικά αποτυπώματα. Το αποτέλεσμα θα είναι θαμπό στα σημεία που ακουμπήσαμε και μάλιστα όχι ομοιόμορφα.

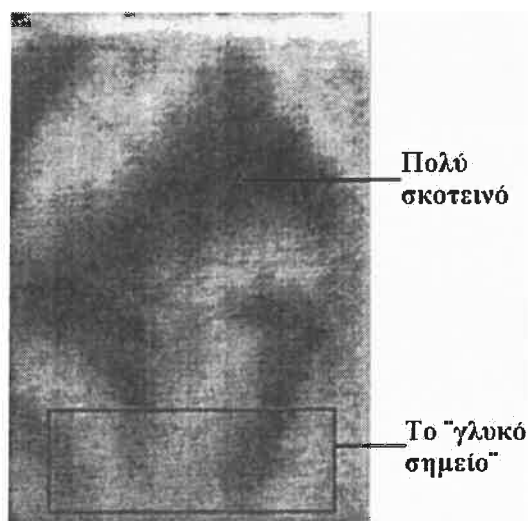
Επίσης χρειάζεται να δείξουμε προσοχή και κατά την τοποθέτηση του δοκιμίου στην επιφάνεια σάρωσης. Θα πρέπει να εφάπτεται πάνω της, διότι, αν αφήνει κενά, θα φαίνεται διπλή. Επιπλέον, το καπάκι του σαρωτή πρέπει να είναι καλά κλειστό ώστε να μην εισχωρεί φως και επηρεάζει ανομοιόμορφα την τελική εικόνα. Επίσης προσοχή χρειάζεται στην περίπτωση που το λογισμικό του σαρωτή μας δίνει τη δυνατότητα να περιστρέψουμε την εικόνα μετά τη σάρωση, ώστε να διορθώσουμε τυχόν λάθη που κάναμε κατά την αρχική τοποθέτηση. Περιστροφές κατά 90 ή 180 μοίρες δεν επηρεάζουν την ποιότητα της εικόνας. Σε διαφορετικές γωνίες όμως, προκαλείται μείωση της οξύτητας, η οποία επανέρχεται μόνο έπειτα από ειδική επεξεργασία. Γι'αυτό έχει μεγάλη σημασία η σωστή προεργασία που μας απαλλάσσει από περιττό κόπο.

Πριν αρχίσουμε τη διαδικασία σάρωσης, προσέχουμε να έχει μείνει αναμμένος ο σαρωτής μερικά λεπτά, ώστε να έχει φτάσει, στην ιδανική θερμοκρασία λειτουργίας του. Σε διαφορετική περίπτωση ενδέχεται η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των αισθητήρων φωτός να προκαλέσει διακυμάνσεις στην ηλεκτρική τάση την οποία θα παράγουν, με αποτέλεσμα τις αδικαιολόγητες χρωματικές μετατοπίσεις της εικόνας.

- *ΕΥΡΕΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥ ΣΑΡΩΤΗ.*

Όλοι οι σαρωτές έχουν αστάθειες στο μηχανισμό τους, με αποτέλεσμα να υπάρχουν καλά και κακά σημεία στην επιφάνεια που βλέπουν. Κάποιες περιοχές δηλαδή μπορούν και τις βλέπουν σωστότερα από άλλες. Αν λοιπόν γνωρίζουμε την καλύτερη περιοχή του σαρωτή μας (γνωστή με την ονομασία "sweet spot" ή "γλυκό σημείο"), τότε το επιτρέπει το μέγεθος του πρωτοτύπου θα την προτιμούμε. Για να την εντοπίσουμε δεν έχουμε παρά να σαρώσουμε μια λευκή σελίδα σε μικρή ανάλυση (η μεγάλη είναι περιττή) και μέσα από ένα πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνας να εκτελέσουμε την εντολή **equalize**. Η equalize ουσιαστικά θα κάνει ορατές τις διαφορές μεταξύ των περιοχών σάρωσης. Το αποτέλεσμα θα είναι κάτι σαν αυτό που βλέπουμε στην **εικόνα**

1. Το γλυκό σημείο είναι προφανώς στο κάτω μέρος της επιφάνειας, όπου οι ανομοιομορφίες της εικόνας είναι οι μικρότερες δυνατές.



Εικόνα 3-10. "Γλυκό σημείο" σαρωτή.

• ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΣΑΡΩΣΗΣ

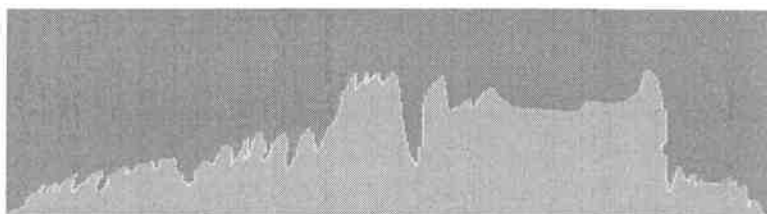
Τα περισσότερα προγράμματα σάρωσης μας επιτρέπουν εκτός από την προεπισκόπηση και την επιλογή της ανάλυσης και του χρωματικού βάθους, στα οποία αναφερθήκαμε παραπάνω, να τροποποιήσουμε περαιτέρω μια εικόνα πριν αυτή μεταφερθεί στο λογισμικό επεξεργασίας εικόνων χρησιμοποιώντας κάποια τεχνάσματα. Για βέλτιστη ποιότητα εικόνας, πολλές φορές είναι καλύτερα να ρυθμίζουμε μία εικόνα κατά το στάδιο προεπισκόπησης. Εάν επιλέξουμε να επεξεργαστούμε μία σαρωμένη εικόνα αφού αποθηκευθεί, μπορεί να μην υπάρχουν επαρκείς πληροφορίες στην εικόνα για την πραγματοποίηση αλλαγών και για τη διατήρηση της αρχικής ποιότητας. Για παράδειγμα, μπορεί να μην είναι δυνατή η μεγέθυνση μιας μικρής αποθηκευμένης εικόνας χωρίς να χάνεται η ποιότητα. Χρησιμοποιώντας ένα πρόγραμμα σάρωσης μπορούμε να πετύχουμε τα εξής :

- **Αλλαγή του μεγέθους μιας εικόνας.** Το πρόγραμμα σάρωσης που χρησιμοποιούμε μας δίνει την δυνατότητα σμίκρυνσης ή μεγέθυνσης της εικόνας την ώρα που σαρώνεται καθώς η εικόνα «διαβάζεται» στο φυσικό της μέγεθος. Υπάρχει σχέση μεταξύ της κλίμακας και της ανάλυσης μιας εικόνας. Η αλλαγή της κλίμακας επηρεάζει την ανάλυση. Η αλλαγή της κλίμακας μιας εικόνας την ώρα της σάρωσής της εξοικονομεί πολύτιμο χρόνο αν είμαστε απόλυτα βέβαιοι ότι θέλουμε να είναι η εικόνα μας σμικρυνμένη ή μεγεθυμένη κατά ένα συγκεκριμένο ποσοστό. Η αλλαγή μεγέθους της σαρωμένης εικόνας στις πραγματικές διαστάσεις που χρειαζόμαστε πριν εκτελέσουμε την τελική σάρωση βοηθά στη διασφάλιση της βέλτιστης ποιότητας εικόνας. Το πρόγραμμα σάρωσης δεν πρόκειται να μας επιτρέψει να αυξήσουμε την ανάλυση πέρα από την ανώτατη που υποστηρίζει ο σαρωτής μας. Έτσι, αν υποθέσουμε ότι έχουμε ένα σαρωτή με μέγιστη ανάλυση 2400 dpi, δεν μπορούμε να σαρώσουμε μια εικόνα σε ανάλυση 2400 dpi αλλάζοντας την κλίμακά της σε κάποια τιμή μεγαλύτερη από το 100%.

Ομοίως δεν μπορούμε να σαρώσουμε μια εικόνα σε ανάλυση 1200 dpi και να αυξήσουμε την κλίμακά της πέρα από το 200%. Αντίθετα από ότι συμβαίνει κατά την αλλαγή της κλίμακας στο πρόγραμμα σάρωσης, η αλλαγή της κλίμακας στο λογισμικό επεξεργασίας εικόνων δεν προκαλεί την αλλαγή της ανάλυσης της εικόνας. Μπορούμε να «κλειδώσουμε» τις διαστάσεις εξόδου που καθορίσαμε ώστε να μπορούμε να αλλάξουμε την περιοχή επιλογής χωρίς να αλλάξουμε τις διαστάσεις εξόδου. Όταν αλλάξουμε περίγραμμα επιλογής, το λογισμικό αλλάζει αναλογικά το μέγεθος του περιγράμματος. Οι διαστάσεις εξόδου παραμένουν οι ίδιες.

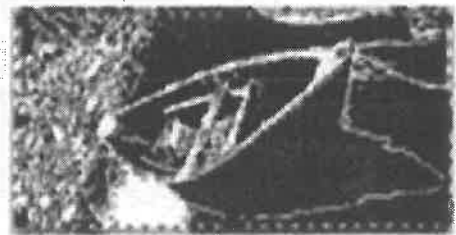
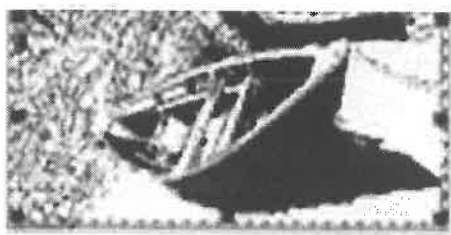
- **Αλλαγή της ευκρίνειας της εικόνας.** Η ρύθμιση της ευκρίνειας είναι διαθέσιμη μόνο για έγχρωμες εικόνες ή εικόνες με διαβαθμίσεις του γκρι. Η ρύθμιση της ευκρίνειας μιας εικόνας έχει σαν αποτέλεσμα οι αιχμές, οι διαβαθμίσεις φωτεινότητας ή χρώματος, να γίνονται πιο έντονες. Η αύξηση της ευκρίνειας βελτιώνει τις λεπτομέρειες στην εικόνα. Το λογισμικό σάρωσης επιλέγει αυτόματα το επίπεδο βέλτιστης ευκρίνειας, αλλά μπορούμε να το αλλάξουμε. Μπορεί να θέλουμε να αυξήσουμε την ευκρίνεια εάν η εικόνα φαίνεται θολή ή θαμπή. Αντίθετα, μπορεί να θέλουμε να μειώσουμε την ευκρίνεια εάν το αρχικό αντικείμενο έχει ελαττώματα ή σημάδια επάνω του. Η αύξηση της ευκρίνειας, ή η υπερβολική αύξηση μπορεί να τονίσει τα ελαττώματα και να δημιουργήσει ανεπιθύμητα πρότυπα. Ενώ στο "πρόγραμμα σάρωσης" μπορούμε να αλλάξουμε την ευκρίνεια μόνο ολόκληρης της εικόνας, στο 'πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνων' μπορούμε να αλλάξουμε την ευκρίνεια ολόκληρης της εικόνας ή μόνο ενός μέρους της. Εάν επιλέξουμε μια περιοχή της εικόνας πριν από τη ρύθμιση της ευκρίνειας, τότε οι αλλαγές θα επηρεάσουν μόνο την επιλεγμένη περιοχή.
- **Ρύθμιση των τονισμών.** Τονισμός είναι η τιμή στην εικόνα που απεικονίζεται στην οθόνη ως λευκή. Όλες οι τιμές που είναι ανοιχτόχρωμες από τον τονισμό εμφανίζονται επίσης ως λευκές. Η εικόνα έχει προεπιλεγμένη ρύθμιση τονισμού. Η επιλογή μεγαλύτερου αριθμού καθιστά διακριτό το μεγαλύτερο αριθμό των ανοιχτόχρωμων τιμών, γεγονός το οποίο αυξάνει τις λεπτομέρειες σε ανοιχτόχρωμες περιοχές. Η επιλογή μικρότερου αριθμού καθιστά διακριτό το μικρότερο αριθμό των ανοιχτόχρωμων τιμών, γεγονός το οποίο μειώνει τις λεπτομέρειες σε ανοιχτόχρωμες περιοχές.
- **Ρύθμιση των σκιάσεων.** Σκίαση είναι η τιμή στην εικόνα η οποία φαίνεται στην οθόνη ως μαύρη. Όλες οι τιμές που είναι σκουρότερες από τη σκίαση εμφανίζονται επίσης ως μαύρες. Η εικόνα έχει προεπιλεγμένη τιμή σκίασης. Η επιλογή μικρότερου αριθμού καθιστά διακριτές περισσότερες από τις σκουρότερες τιμές, γεγονός το οποίο αυξάνει τις λεπτομέρειες στις σκούρες περιοχές. Η επιλογή μεγαλύτερου αριθμού καθιστά διακριτές λιγότερες από τις σκουρότερες τιμές, γεγονός το οποίο μειώνει τις λεπτομέρειες στις σκούρες περιοχές.
- **Ρύθμιση των ενδιάμεσων τόνων.** Η ρύθμιση ενδιάμεσου τόνου μας επιτρέπει να καθορίσουμε ανοιχτότερες ή σκουρότερες τις μεσαίες τιμές σε μία εικόνα. Η γκάμα αριθμών για το πεδίο "Ενδιάμεσοι τόνοι" κυμαίνεται από 1.0 έως 4.0. Η μετάβαση προς την τιμή 1.0 καθιστά την εικόνα σκουρότερη. Η μετάβαση προς τη τιμή 4.0 καθιστά την εικόνα ανοιχτότερη.

Ιστόγραμμα έκθεσης. Στο λογισμικό σάρωσης, το ιστόγραμμα εμφανίζεται στον πίνακα εργαλείων όταν επιλέγουμε την "Έκθεση" στο μενού "Για προχωρημένους". Είναι ένα γραφικό της κατανομής εικονοστοιχείων στην περιοχή επιλογής της εικόνας προεπισκόπησης. Για να βελτιώσουμε τις ρυθμίσεις τονισμού και σκίασης, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το ιστόγραμμα. Η εικόνα προεπισκόπησης αλλάζει καθώς επεξεργαζόμαστε το ιστόγραμμα για να εμφανισθεί το αποτέλεσμα των ρυθμίσεών μας. Το ιστόγραμμα αναπαριστά την κατανομή εικονοστοιχείων στην εικόνα προεπισκόπησης και όχι στην τελική σαρωμένη εικόνα. Η αλλαγή της περιοχής επιλογής αλλάζει το ιστόγραμμα. Η αλλαγή της ρύθμισης για τον τονισμό ή τη σκίαση δεν αλλάζει το ιστόγραμμα.



Εικόνα 3-11. Ιστόγραμμα.

- **Αντιστροφή χρωμάτων σε μία εικόνα.** Για να αντιστρέψουμε τις άσπρες περιοχές μιας εικόνας σε μαύρες και τις μαύρες σε άσπρες, χρησιμοποιούμε αυτήν την εντολή. Σε έγχρωμες εικόνες, ένα χρώμα αντιστρέφεται στο συμπληρωματικό του χρώμα.
- **Ρύθμιση του ασπρόμαυρου κατώφλιου.** Η αλλαγή του ασπρόμαυρου κατώφλιου ισχύει μόνο για εικόνες που χρησιμοποιούν τον τύπο εξόδου "Ασπρόμαυρο". Το κατώφλιο αποτελεί μία τιμή της εικόνας που αντιπροσωπεύει το περίγραμμα μεταξύ μαύρου και άσπρου. Όλες οι τιμές στην εικόνα που είναι ανοιχτότερες από το κατώφλιο εμφανίζονται άσπρες και όλες οι σκουρότερες τιμές εμφανίζονται μαύρες. Η εικόνα έχει προεπιλεγμένη τιμή κατώφλιου. Η επιλογή αριθμού εγγύτερα στο μηδέν κάνει περισσότερες τιμές να φαίνονται άσπρες. Η επιλογή μεγαλύτερου αριθμού κάνει περισσότερες τιμές να φαίνονται μαύρες. (βλ. εικόνα 3-8)

Το κατώφλιο είναι ρυθμισμένο στην τιμή 127 (η προεπιλογή για αυτήν την εικόνα)	Το κατώφλιο είναι ρυθμισμένο στην τιμή 45
	

Εικόνα 3-12. Επιλογή διαφορετικής τιμής ασπρόμαυρου κατώφλιου για την ίδια εικόνα.

- *ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΣΤΟ "ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ".*

Μετά την αποθήκευση των εικόνων σε κάποια μορφή αρχείου, που είτε το πρόγραμμα έχει αυτόματα επιλέξει είτε εμείς έχουμε καθορίσει αλλάζοντας κάποιες ρυθμίσεις στο πρόγραμμα σάρωσης, οι εικόνες μπορούν να επεξεργαστούν περαιτέρω στο "λογισμικό επεξεργασίας εικόνων" που διαθέτει ο σαρωτής μας. Όπως θα δούμε και στη συνέχεια το πλεονέκτημα εφαρμογής των παρακάτω ρυθμίσεων στο "πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνων" έναντι της εφαρμογής στο "πρόγραμμα σάρωσης" κατά την διαδικασία της προεπισκόπησης είναι η χρήση της εντολής "αναίρεση" (Undo) που δεν υπάρχει στο τελευταίο.

- **Αλλαγή του προσανατολισμού.** Ένα από τα πιο συνηθισμένα πράγματα που αλλάζουν πολλοί στις εικόνες τους είναι ο προσανατολισμός τους. Οι εικόνες συχνά χρειάζεται να περιστραφούν ή και να κατοπτριστούν. Η περιστροφή μιας εικόνας δίνεται συνήθως σε βήματα των 90 μοιρών, αριστερόστροφα ή δεξιόστροφα. Μπορούμε να πραγματοποιήσουμε αντικατοπτρισμό (αναστροφή) μιας εικόνας και στις δύο πλευρές του κάθετου άξονα. Ο αντικατοπτρισμός μιας εικόνας μας επιτρέπει να δούμε τα στοιχεία της εικόνας από την ανάποδη πλευρά της πραγματικής τους θέσης. Ο "οριζόντιος κατοπτρισμός" μιας εικόνας δημιουργεί ένα είδωλο τα "αριστερά-δεξιά" της πρωτότυπης εικόνας, ενώ ο "κατακόρυφος κατοπτρισμός" δημιουργεί ένα είδωλο τα "πάνω-κάτω" της πρωτότυπης εικόνας. Ο αντικατοπτρισμός μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμος για στοιχεία όπως τα αρνητικά που μπορεί να τοποθετούνται ανάποδα στο πρότυπό τους και σαρώνονται αντίστροφα. Η περιστροφή και ο κατοπτρισμός μιας εικόνας μπορεί να γίνει και στο λογισμικό επεξεργασίας εικόνων. Το μεγάλο πλεονέκτημα σε αυτή την περίπτωση είναι ότι αυτό το λογισμικό διαθέτει και διαταγή αναίρεσης (Undo), ενώ αν κάνουμε κάποιο λάθος στο πρόγραμμα σάρωσης θα πρέπει να σαρώσουμε την εικόνα και πάλι. Επίσης, οι περισσότερες εφαρμογές επεξεργασίας εικόνων μας επιτρέπουν να περιστρέφουμε τις εικόνες σε βήματα της μίας μοίρας - με πολύ μεγαλύτερη, δηλαδή, ακρίβεια από όση επιτρέπει το πρόγραμμα σάρωσης.
- **Προσαρμογή της φωτεινότητας και της αντίθεσης.** Τα περισσότερα προγράμματα σάρωσης μας επιτρέπουν να προσαρμόσουμε τη φωτεινότητα (brightness) και την αντίθεση (contrast) μιας εικόνας, καθώς και τα επίπεδα των χρωμάτων της (color levels). Ωστόσο, αυτές τις ρυθμίσεις είναι καλύτερο να τις κάνουμε στο λογισμικό επεξεργασίας εικόνων και όχι στο πρόγραμμα σάρωσης. Αν και τα περισσότερα προγράμματα σάρωσης έχουν τέτοιες δυνατότητες και μπορούμε να δούμε τα αποτελέσματα στο παράθυρο προεπισκόπησης, απλώς είναι προτιμότερο να σαρώσουμε μια εικόνα και μετά να προσαρμόσουμε τη φωτεινότητα και την αντίθεση στο πρόγραμμα επεξεργασίας όπου θα έχουμε, όχι μόνο περισσότερο έλεγχο, αλλά και τη διαταγή Undo.
- **Περικοπή ή 'ξάκρισμα' (cropping) εικόνας.** Χρησιμοποιώντας αυτή την τεχνική μπορούμε να κόψουμε τα τμήματα της εικόνας που δεν χρειαζόμαστε και να έχουμε μια μικρότερη εικόνα που θα περιέχει μόνο αυτά που μας ενδιαφέρουν.

- **Χρήση φίλτρων εξομάλυνσης.** Κάτι άλλο που πρέπει να λαμβάνουμε σοβαρά υπόψη είναι η ποιότητα των δοκιμών που χρησιμοποιούμε. Αν δηλαδή έχουμε ένα πρωτότυπο το οποίο προέρχεται από εκτυπωτή, έχει μεγάλη σημασία η ανάλυση η οποία χρησιμοποιήθηκε κατά την εκτύπωση, να μην είναι χαμηλότερη από αυτή στην οποία θα σκανάρουμε. Σε διαφορετική περίπτωση, ο σαρωτής θα διακρίνει τις ατέλειες της εικόνας και θα τις αναπαραγάγει σε μεγαλύτερο βαθμό. Ανάμεσα στις χρωματικές κουκκίδες του εκτυπωτή θα μείνουν κενά τα οποία ανιχνεύονται από τον σαρωτή. Αυτό το πρόβλημα λύνεται μόνο με εφαρμογή φίλτρου εξομάλυνσης, κάτι που γίνεται αυτόματα σε κάποιες συσκευές ή υπάρχει σαν ξεχωριστή ρύθμιση σε κάποια λογισμικά όπως π.χ στο "**Adobe Photoshop**". Υπάρχει πάντως και η άλλη περίπτωση, κατά την οποία ο εκτυπωτής μας δεν υποστηρίζει μεγάλη ανάλυση, οπότε προφανώς δεν έχει νόημα η πολύ ποιοτική σάρωση, εφόσον δεν μπορεί να αξιοποιηθεί στη συνέχεια.
 - **Φίλτρα Blur.** Αν η εικόνα μετά τη σάρωση εμφανίζει παραμορφώσεις ή κόκκο, θα πρέπει να τη θολώσουμε λίγο ώστε να εξαλείψουμε ή να μειώσουμε τις ατέλειές της. Στη συνέχεια βέβαια χρειάζεται να εφαρμόσουμε κάποιο φίλτρο για να επαναφέρουμε την οξύτητά της. Τα φίλτρα *Blur* (εμφανίζονται από το μενού «Filter/Blur») εντοπίζουν τις περιοχές στις οποίες παρατηρούνται απότομες χρωματικές αλλαγές και τις εξαλείφουν χρησιμοποιώντας πληροφορίες από τα γειτονικά εικονοστοιχεία. Ανάλογη χρησιμότητα με τα φίλτρα *Blur* έχει και το φίλτρο *Despeckle*, το οποίο ανήκει στην κατηγορία φίλτρων *Noise* («Filter/ Noise»). Συνήθως για να θολώσουμε τις ατέλειες μιας φωτογραφίας αρχικά χρησιμοποιούμε το *Despeckle*. Αν αυτό δεν φανεί αποτελεσματικό, έχουμε τη δυνατότητα να το εφαρμόσουμε άλλη μία φορά. Εάν οι ατέλειες δεν έχουν θολώσει αρκετά, χρησιμοποιούμε το *Blur* ή το *Blur More* μία ή δύο φορές. Αν η εικόνα θολώνει αλλά οι παραμορφώσεις παραμένουν, χρειάζεται να την ξαναφορτώσουμε και να χρησιμοποιήσουμε το φίλτρο *Gaussian Blur*, ρυθμίζοντας κατάλληλα την έντασή του ώστε να εξαφανίζουμε τις παραμορφώσεις και ταυτόχρονα να έχουμε τη μικρότερη θόλωση της εικόνας.
 - **Φίλτρα Sharpen.** Αν οι φωτογραφίες μας είναι θολές ή εμφανίζουν χαμηλή οξύτητα, μπορούμε να τις βελτιώσουμε με την βοήθεια των φίλτρων *Sharpen*. Συνήθως, η εφαρμογή τους είναι απαραίτητη όταν έχουμε χρησιμοποιήσει προηγουμένως κάποιο φίλτρο θόλωσης για τη μείωση των παραμορφώσεων της εικόνας. Τα φίλτρα *Sharpen* (παρουσιάζονται από το μενού «Filter/Sharpen») οξύνουν και αυξάνουν τη λεπτομέρεια της εικόνας τονίζοντας τις περιοχές στις οποίες παρατηρούνται χρωματικές διαφορές. Ένας εύκολος τρόπος για να αυξήσουμε την οξύτητα σε μια φωτογραφία είναι να εφαρμόσουμε το φίλτρο *Sharpen Edges*, το οποίο αυξάνει την οξύτητα στις περιοχές με έντονες χρωματικές διαφορές. Εναλλακτικά, έχουμε την ευχέρεια να χρησιμοποιήσουμε το *Sharpen* το οποίο οξύνει ελαφρά όλη τη φωτογραφία, ή το *Sharpen More* που αυξάνει περισσότερο την οξύτητα όλων των εικονοστοιχείων. Σε

κάθε περίπτωση όμως θα πρέπει να προσέξουμε να μη δημιουργήσουμε εικονοστοιχεία με πολύ έντονη φωτεινότητα. Για καλύτερα αποτελέσματα είναι ανάγκη να εφαρμόσουμε το φίλτρο *Unsharp Mask*, το οποίο μας επιτρέπει να καθορίσουμε μόνοι μας την ένταση και την έκταση της όξυνσης. Τις περισσότερες φορές η ένταση του φίλτρου (*Amount*) χρειάζεται να κυμαίνεται από 150% έως 200%, η ακτίνα δράσης (*Radius*) από 1 έως 2 εικονοστοιχεία και η τιμή του κατωφλίου (*Threshold*) από 2 έως 20.

- *ΧΡΗΣΗ ΕΙΚΟΝΩΝ ΑΠΟ ΑΠΛΕΣ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ.*

Σε ένα "οικιακό" σαρωτή είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί παράλληλα ένας προαιρετικός προσαρμογέας διαφανών υλικών (TMA) για να σαρωθούν slide ή αρνητικά. Μπορούμε επίσης να μεταφέρουμε ψηφιακές εικόνες από συσκευή ψηφιακής απεικόνισης, όπως είναι μια ψηφιακή φωτογραφική μηχανή, ή από εκτυπωτή ή από πολυλειτουργική συσκευή με πρόγραμμα οδήγησης κάρτας μνήμης. Ο κυριότερος τύπος αρχείων εικόνας που αποθηκεύονται σε μια ψηφιακή φωτογραφική μηχανή είναι τα αρχεία JPEG (συμπίεσμένου τύπου αρχεία). Ορισμένα μοντέλα φωτογραφικής μηχανής αποθηκεύουν επίσης εικόνες σε μορφή TIFF (.tif).

Εάν ο χρήστης βρίσκεται μακριά από τον προσωπικό του υπολογιστή, είναι δυνατό ακόμη και να μεταφέρει τις εικόνες του απευθείας από συσκευή ψηφιακής απεικόνισης, όπως η φωτογραφική μηχανή, σε διαφορετικό υπολογιστή. Αυτός ο υπολογιστής δεν χρειάζεται να εκτελεί το αντίστοιχο λογισμικό της συσκευής ψηφιακής απεικόνισης. Ωστόσο, αυτός ο υπολογιστής πρέπει να έχει διασύνδεση USB και πρέπει να εκτελεί τα Windows 2000, τα Windows Millennium Edition (Me), τα Windows XP, ή μεταγενέστερη έκδοση. (Τα Windows NT 4.0 δεν υποστηρίζονται.). Μπορεί επίσης να μεταφέρει εικόνες από κάρτα μνήμης σε υπολογιστή με υποστηριζόμενο πρόγραμμα ανάγνωσης κάρτας μνήμης. Αυτός ο υπολογιστής επίσης δεν χρειάζεται να εκτελεί το αντίστοιχο λογισμικό της συσκευής ψηφιακής απεικόνισης.

- *ΣΑΡΩΣΗ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ*

Η τοποθέτησή τους πάνω στο γυαλί του σαρωτή απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή. Τα δοκίμια ασφ/τος και σκυρ/τος πρέπει να είναι κομμένα κατά τέτοιο τρόπο ώστε να διασφαλίζεται η επιπεδότητά τους άρα και η ομοιομορφία στη σάρωση (να μην υπάρχουν κενά μεταξύ του γυαλιού του σαρωτή και του δοκιμίου έτσι ώστε ο σαρωτής να «διαβάξει» δεδομένα από κάθε σημείο του δοκιμίου χωρίς να είναι ανάγκη να παρεμβάλλει στοιχεία που βρίσκονται σε διαφορετικό επίπεδο από αυτό που σαρώνουμε). Σαρώνουμε τα δοκίμια σε διάφορες θέσεις που έχουμε προεπιλέξει κόβοντάς τα έτσι ώστε να διατηρούν την επιπεδότητά τους. Έτσι από τις αποκτημένες εικόνες στις διάφορες θέσεις εξάγονται καλύτερα συμπεράσματα π.χ για το ποσοστό ασφάλτου, τη διαβάθμιση των κόκκων κ.α, στην επιφάνεια, στο μέσο και στη βάση του δοκιμίου. Τα δοκίμια τέλος πρέπει να είναι απαλλαγμένα από σκόνη, υγρασία και γενικά να διατηρούνται καθαρά.

3.8 ΟΙ ΤΑΣΕΙΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΣΤΟΥΣ ΣΑΡΩΤΕΣ.

Οι εξελίξεις στους σαρωτές εντοπίζονται κυρίως σε δύο σημεία:

1. στην αύξηση της *οπτικής* τους ανάλυσης και
2. στη σάρωση με *βάθος χρώματος* μεγαλύτερο των 24 bit (16,7 εκατομμύρια χρώματα).

Όσον αφορά στην οπτική ανάλυση των σαρωτών, είναι χαρακτηριστική, η εξέλιξη που πραγματοποιείται. Ενδεικτικά θα αναφέρουμε ότι ενώ πριν από ένα χρόνο η μέγιστη οπτική ανάλυση της πλειονότητας των οικονομικών σαρωτών περιοριζόταν στα 600 dpi, σήμερα η «διακριτική ικανότητα» των περισσότερων έχει φτάσει στα 1.200 dpi. Οι αναλύσεις αυτές βέβαια είναι αρκετά υψηλές, αν σκεφτούμε ότι μόνο στις περιπτώσεις που σαρώνουμε φιλμ και διαφάνειες ή όταν μεγεθύνουμε φωτογραφίες χρειάζεται να σαρώσουμε με τιμές μεγαλύτερες από τα 200 ή 300 dpi. Σε κάθε άλλη περίπτωση μια τιμή μεταξύ 200 και 300 dpi μας καλύπτει.

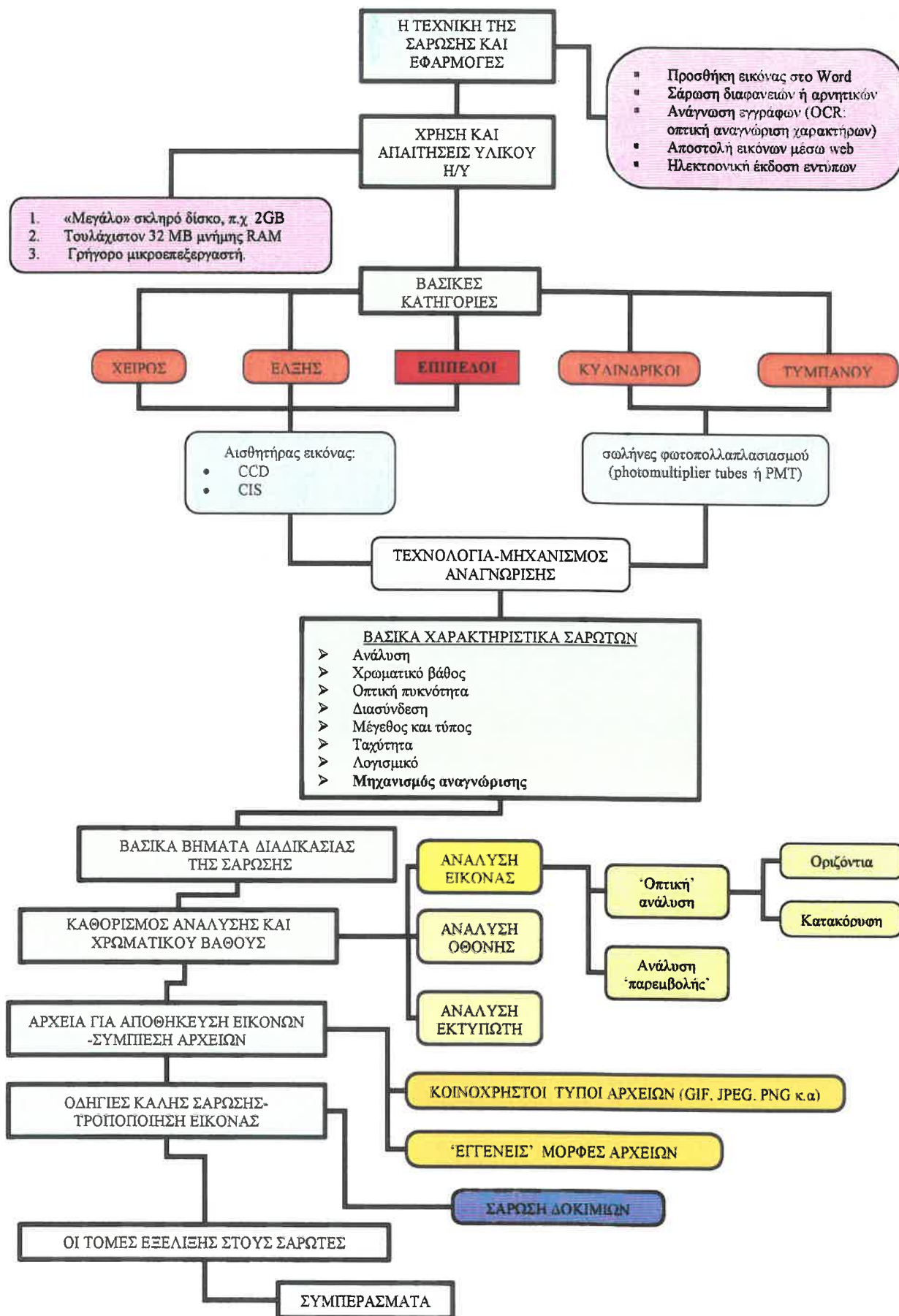
Είναι χαρακτηριστικό ότι οι περισσότεροι σαρωτές σήμερα σαρώνουν με βάθος χρώματος 36,42 ή 48bit, μιλάμε πάντα για σάρωση χωρίς την βοήθεια λογισμικού. Αυτό σημαίνει μεγαλύτερη και ομαλότερη χρωματική διαβάθμιση. Αξίζει να σημειώσουμε ότι η σάρωση της ίδιας φωτογραφίας στα 24 και 48bit δεν εμφανίζει σημαντικές χρωματικές διαφορές, μολονότι στη δεύτερη περίπτωση ο αριθμός των χρωμάτων είναι σχεδόν διπλάσιος. Σε δοκιμαστική σάρωση μιας φωτογραφίας στα 24 και 48bit, για παράδειγμα, τα χρώματα από 357.000 αυξήθηκαν στα 621.000, δηλαδή σχεδόν διπλασιάστηκαν. Στις περισσότερες πάντως περιπτώσεις η σάρωση με βάθος χρώματος 24 bit δίνει πολύ καλά αποτελέσματα. Εξάλλου, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι μεγαλύτερο βάθος χρώματος ισοδυναμεί με σημαντική αύξηση του χρόνου σάρωσης και του μεγέθους του αρχείου, ενώ δεν έχουμε τη δυνατότητα να αποθηκεύσουμε τη φωτογραφία μας σε οποιαδήποτε μορφή αρχείων, αφού δεν υποστηρίζουν όλα αποθήκευση φωτογραφιών με βάθος χρώματος μεγαλύτερο από 24bit, όπως, π.χ. συμβαίνει με το .jpeg.

3.9 ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο σαρωτής, όπως είδαμε πιο πάνω, είναι η μονάδα εισόδου δεδομένων στον υπολογιστή που μας επιτρέπει να κάνουμε πολλά πράγματα όπως π.χ. να επεξεργαστούμε εικόνες ή κείμενα και να τα τροποποιήσουμε στην μορφή που εμείς επιθυμούμε ή ακόμα να χρησιμοποιήσουμε τον σαρωτή και ως αντιγραφικό μηχάνημα. Όλα τα παραπάνω βέβαια προϋποθέτουν ότι ο υπολογιστής μας διαθέτει το κατάλληλο λογισμικό, που συνοδεύει σχεδόν κάθε σαρωτή, τουλάχιστον 32 MB μνήμης RAM, γρήγορο μικροεπεξεργαστή και μεγάλο (σε αποθηκευτικό χώρο) σκληρό δίσκο. Οι απαιτήσεις αυτές καλύπτονται από τους περισσότερους υπολογιστές της τελευταίας πενταετίας.

Οι καταλληλότεροι τύποι αρχείων για την αποθήκευση των εικόνων στην περίπτωση σάρωσης των τρισδιάστατων δοκιμών λαμβάνοντας υπόψη ότι το χρωματικό βάθος που χρησιμοποιούμε είναι «256 σκιάσεις του γκρι» (κλίμακα του γκρι 8 bit) είναι η μορφή των αρχείων "ψηφιογραφικών" (**bitmap**) των λειτουργικών συστημάτων Microsoft Windows και IBM OS/2 και η 'εγγενής' μορφή του

προγράμματος Paint (Ζωγραφική) των Windows και τα αρχεία **TIFF**. Τα αρχεία bitmap είναι μεγάλα και τα χρησιμοποιούμε επειδή θέλουμε να επεξεργαστούμε πλήθος πληροφοριών από τις εικόνες που σαρώνουμε χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να χαθούν κάποια δεδομένα. Η μορφή αρχείων TIFF είναι η πιο κοινή γλώσσα των αρχείων γραφικών. Όλα σχεδόν τα προγράμματα που ασχολούνται με γραφικά μπορούν να καταναλώσουν ένα αρχείο TIFF στο οποίο αποθηκεύονται πλήθος καλών πληροφοριών. Ένα αρχείο TIFF είναι ένα γραφικό bitmap και μπορεί να είναι οποιασδήποτε ανάλυσης. Το μειονέκτημα των αρχείων TIFF είναι ότι είναι τεράστια - ένα αρχείο TIFF μπορεί να έχει μέγεθος αρκετά megabyte.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΑΣΦ/ΤΩΝ ΚΑΙ ΣΚΥΡ/ΤΟΣ ΜΕ ΟΠΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟ.

4.1 ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΩΝ

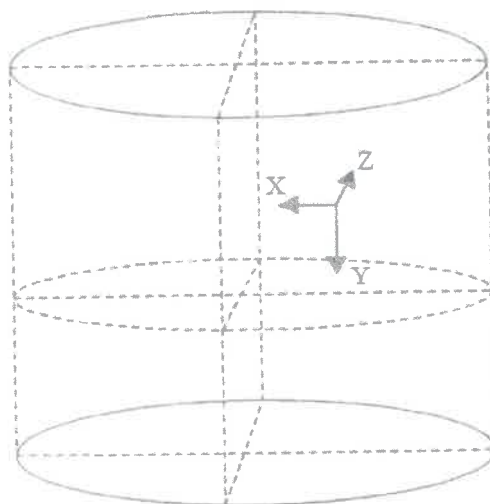
Η απόδοση ενός ασφαλτομίγματος εξαρτάται άμεσα από χαρακτηριστικά της εσωτερικής του δομής, όπως π.χ η διευσθέτηση των αδρανών και η σχέση τους με τα κενά αέρος. Με την βοήθεια της ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας δηλαδή της ανάλυσης εικόνας με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή, χαρακτηριστικά της **εσωτερικής δομής (μικροδομή)** των ασφαλτομιγμάτων όπως π.χ ο προσανατολισμός και οι επαφές των αδρανών ή η κατανομή των κενών αέρος ποσοτικοποιούνται. Έτσι είναι δυνατό να μελετηθούν τα χαρακτηριστικά αυτά για δοκίμια ίδιου ασφαλτομίγματος αλλά διαφορετικού τύπου συμπίκνωσης ή δοκίμια διαφορετικών ασφαλτομιγμάτων. Είναι λογικό π.χ ο αριθμός των κτύπων κατά την συμπίκνωση ενός δοκιμίου Marshall ή η συμπίκνωση ασφαλτομιγμάτων με διαφορετικές συσκευές συμπίκνωσης να επηρεάζουν τα παραπάνω χαρακτηριστικά σε ένα δοκίμιο. Επίσης δύο δοκίμια με το ίδιο ποσοστό κενών αέρος είναι δυνατό να παρουσιάζουν διαφορετική κατανομή κενών αέρος. Κατ'επέκταση τα δύο αυτά δοκίμια αναμένεται να συμπεριφέρονται διαφορετικά κάτω από την ίδια φόρτιση και γενικά να παρουσιάζουν διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες σε εργαστηριακές μετρήσεις. Ο μόνος τρόπος να μελετηθούν τα παραπάνω χαρακτηριστικά είναι η κοπή δοκιμίων σε διάφορες κατευθύνσεις και η ανάλυση της εικόνας της τομής αυτής με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφεται μια καινοτόμος τεχνική επεξεργασία εικόνας για τον υπολογισμό παραμέτρων όπως είναι η κατανομή, ο προσανατολισμός και η μορφή των χονδρόκοκκων αδρανών (≥ 2 mm) σε δοκίμια ασφαλτομίγματος. Αφού ληφθούν εικόνες από τα δοκίμια, χρησιμοποιώντας είτε ψηφιακή φωτογραφική μηχανή είτε σαρωτή, εφαρμόζονται διάφορες μαθηματικές μέθοδοι (χρήση Excel), για να εξαχθούν πολύτιμα συμπεράσματα από την εικόνα. Τονίζεται ότι ως χονδρόκοκκα αδρανή θεωρούνται τα αδρανή που συγκρατούνται στο κόσκινο με μέγεθος οπής ≥ 2 mm. Τα χονδρόκοκκα αδρανή και η κατανομή τους παίζουν σημαντικό ρόλο στην σταθερότητα των ασφαλτομιγμάτων. Η μικροδομή των ασφαλτομιγμάτων επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως είναι π.χ η ποιότητα της ασφάλτου, η διαβάθμιση των αδρανών και το σχήμα τους και η ποιότητα της συμπίκνωσης.

4.2 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

4.2.1 ΚΟΠΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ MARSHALL

Τα συμβατικά δοκίμια Marshall κόπηκαν σε οριζόντιες και κατακόρυφες τομές χρησιμοποιώντας ένα κυκλικό πριόνι με ενσωματωμένη λεπίδα διαμαντιού. Το κυκλικό πριόνι, ανάλογα με τις προδιαγραφές του, μπορεί να κόψει το δοκίμιο σε τομές με ελάχιστο πάχος η κάθε μία περίπου 3 mm.



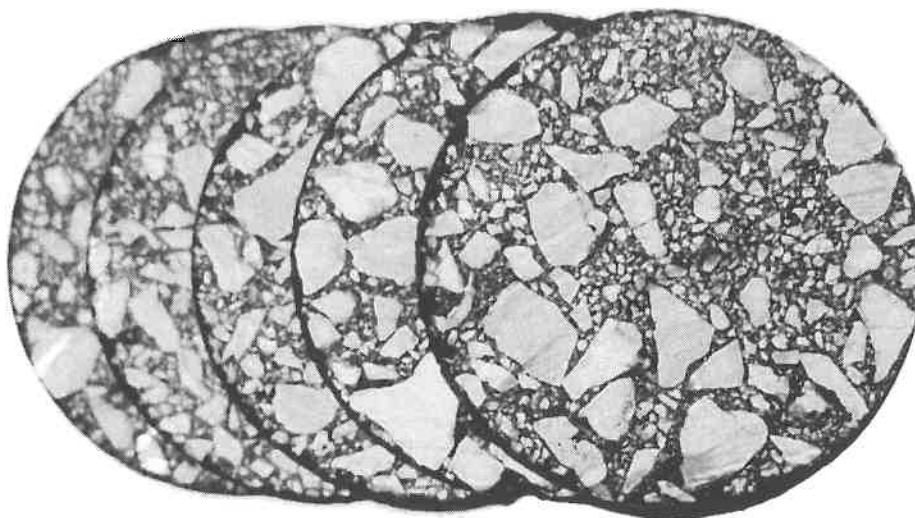
Εικόνα 4-1. Κοπή δοκιμίου κατά τρεις διευθύνσεις.



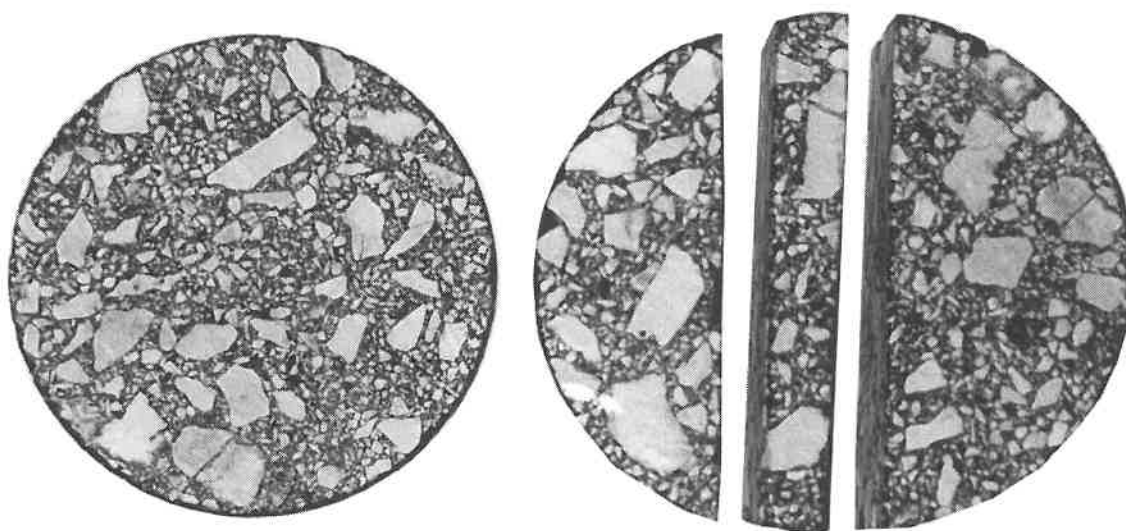
Εικόνα 4-2. Κοπή δοκιμίου με κυκλικό δίσκο κοπής από διαμάντι.

Για τις ανάγκες της μεθόδου χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα συμβατικά δοκίμια Marshall από τα οποία ελήφθησαν συνολικά 13 επίπεδες φέτες. Το πρώτο δοκίμιο κόπηκε σε 5 οριζόντιες φέτες (βλ. εικόνα 5-2) περίπου ίσου πάχους ($\cong 10\text{mm}$), από τις οποίες προέκυψαν 8 τομές. Το δεύτερο δοκίμιο κόπηκε σε μία οριζόντια και τρεις κατακόρυφες φέτες (βλ. εικόνα 5-3), από τις οποίες προέκυψαν 5 τομές. Τέλος το τρίτο και το τέταρτο δοκίμιο κόπηκαν αντίστοιχα, κατά την οριζόντια και την κατακόρυφη διεύθυνση, στο μέσο του δοκιμίου. Έτσι προέκυψαν δύο οριζόντιες και δύο κατακόρυφες τομές. Από τις παραπάνω φέτες προέκυψαν συνολικά 17 τομές, από τις οποίες ελήφθησαν ισάριθμες εικόνες, οι οποίες στη συνέχεια επεξεργάστηκαν με μια

τεχνική επεξεργασίας εικόνας, με στόχο να διερευνηθούν χαρακτηριστικά της εσωτερικής δομής των δοκιμίων.



Εικόνα 4-3. Κοπή δοκιμίου σε 5 οριζόντιες φέτες.



Εικόνα 4-4. Κοπή δοκιμίου σε μία οριζόντια και τρεις κατακόρυφες φέτες.

Τα δοκίμια ψύχθηκαν σε θερμοκρασία περίπου -2°C προκειμένου να αποκτήσουν την απαιτούμενη σκληρότητα για να κοπούν. Για να κοπεί το δοκίμιο σε τομές πάχους μικρότερο από 5 mm, πρέπει να απλωθεί πάνω στο δοκίμιο **εποξειδική ρητίνη** για να αποτραπεί πιθανή αποκόλληση αδρανών κατά την διάρκεια της κοπής. Η εποξειδική ρητίνη προσδίδει στο δοκίμιο μεγαλύτερη αντοχή στις καταπονήσεις που δέχεται το δοκίμιο από το πριόνι. Η εποξειδική ρητίνη πρέπει να απλωθεί στα δοκίμια τέσσερις ώρες πριν από την κοπή, ώστε να αποκτήσει την απαιτούμενη αντοχή σύμφωνα με τις προδιαγραφές.

Οι τομές σαρώθηκαν από ένα "οικιακό" σαρωτή, (βλ.κεφ.3.3). Είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί αντί του σαρωτή, μία ψηφιακή φωτογραφική μηχανή με δυνατότητα

μεγέθυνσης αντικειμένων (zoom), τοποθετημένη πάνω σε ένα τρίποδα (για μεγαλύτερη σταθερότητα). Σε αυτή την περίπτωση είναι αναγκαία η τοποθέτηση ενός βαθμονομημένου χάρακα κάτω από το δοκίμιο, ώστε να είναι γνωστή η κλίμακα της εικόνας που θα ληφθεί με αυτό τον τρόπο. Δεν είναι απαραίτητη η χρήση "flash" εξαιτίας της αντανάκλασης των τομών του δοκιμίου.

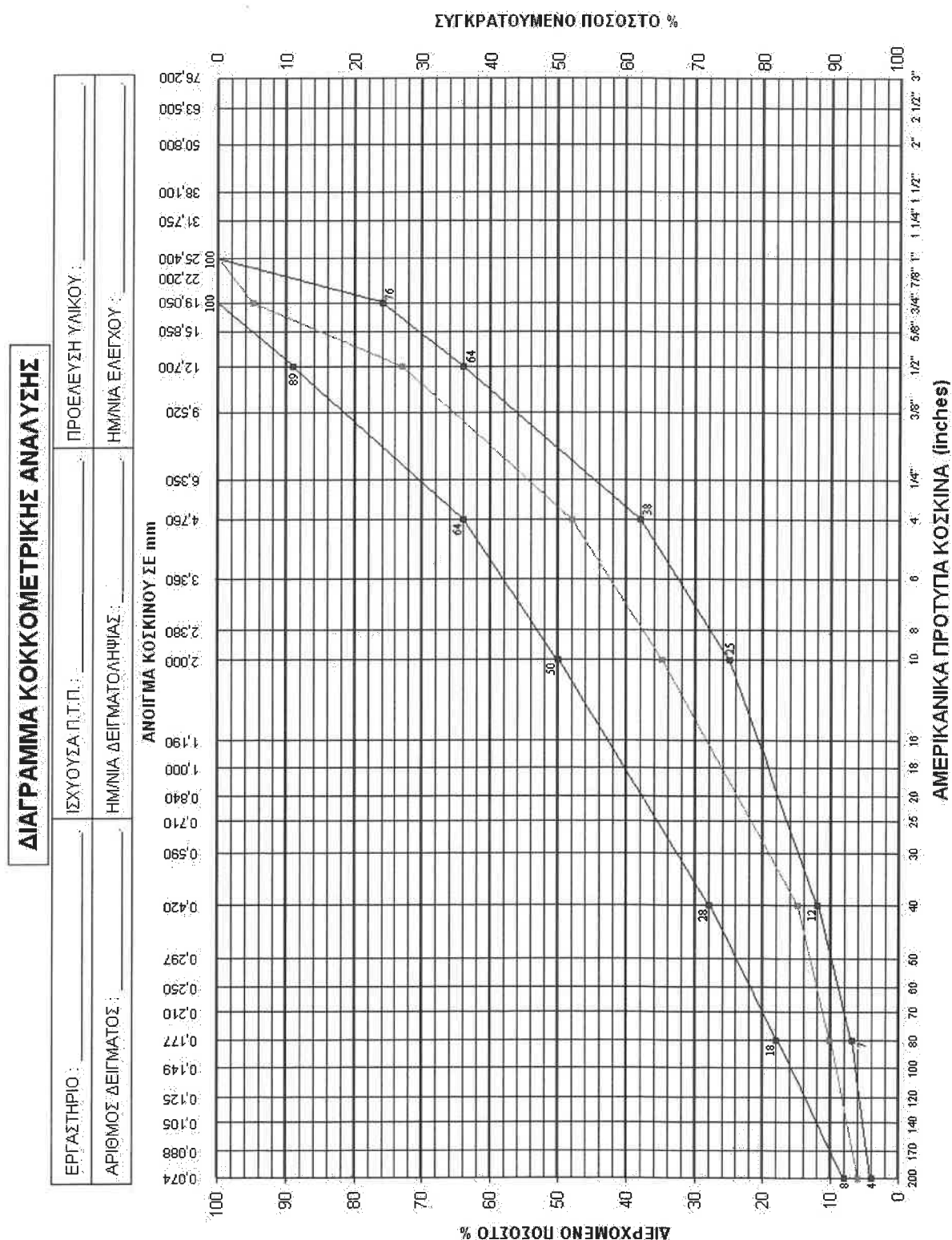
4.2.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ MARSHALL

Για την μελέτη των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των χονδρόκοκκων αδρανών χρησιμοποιήθηκαν συνολικά τέσσερα συμβατικά δοκίμια Marshall ισοπεδωτικής στρώσης A265 τύπου B. Τα δύο πρώτα δοκίμια κατασκευάστηκαν από το ίδιο δείγμα και ήταν πυκνότερης κοκκομετρικής διαβάθμισης από τα άλλα δύο δοκίμια που ήταν από διαφορετικό δείγμα και συγκεκριμένα από ασφαλτικό σκυρόδεμα.

Μέρος των δύο δειγμάτων από τα οποία κατασκευάστηκαν τα παραπάνω δοκίμια υποβλήθηκε σε δοκιμή εκχύλισης (βλ. κεφάλαιο 2^ο) και τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τα δύο δείγματα, ως προς το ποσοστό ασφάλτου και τη κοκκομετρική ανάλυση των αδρανών ήταν τα παρακάτω. Στους πίνακες που ακολουθούν αναφέρονται εκτός των άλλων και τα όρια της κοκκομετρικής διαβάθμισης σύμφωνα με τις Π.Τ.Π. Επίσης παρατίθενται και τα διαγράμματα της κοκκομετρικής ανάλυσης όπως αυτά προέκυψαν από τα αποτελέσματα της εκχύλισης.

ΕΚΧΥΛΙΣΗ ΑΣΦΑΛΤΟΥ ΚΑΙ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΔΡΑΝΩΝ									
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: ΔΕΙΓΜΑ 1		ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ: ΠΤΠ		ΤΥΠΟΣ: Α 265		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Β' ΣΟΠΕΛΩΣΤΙΚΗ			
ΔΟΚΙΜΗ ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ - ΜΕΘΟΔΟΣ ASTM D 2172				ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ - ΜΕΘΟΔΟΣ ASTM C136					
ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	gr	1066,1	Πρότυπο μέγεθος κοσκίνου (mm)	Αριθμός κοσκίνου (in)	Συγκρατούμενο βάρος σε (gr)	Διαρχόμενο βάρος		Όρια προδιαγραφής	
	gr	13,4				(gr)	(%)	%	
ΒΑΡΟΣ ΦΙΛΤΡΟΥ ΠΡΙΝ ΤΗ ΔΟΚΙΜΗ	gr	15,2	25,4	1"	0	1023	100	100	
ΒΑΡΟΣ ΦΙΛΤΡΟΥ ΜΕΤΑ ΤΗ ΔΟΚΙΜΗ	gr	1,8	19,05	3/4"	47	976	95	76-100	
ΒΑΡΟΣ ΠΑΠΑΛΗΣ ΑΠΟ ΦΙΛΤΡΟ	gr	1021,5	12,7	1/2"	226	750	73	64-89	
ΒΑΡΟΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΜΕΤΑ ΤΗ ΔΟΚΙΜΗ	gr	1023,3	4,75	No 4	254	496	48	38-64	
ΟΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΑΔΡΑΝΩΝ	gr	42,8	2,00	No 10	136	360	35	25-50	
ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	gr	4,2	0,43	No 40	208	152	15	12-28	
ΑΣΦΑΛΤΟΣ ΚΑΤΑ ΒΑΡΟΣ ΑΔΡΑΝΩΝ	%	4,0	0,18	No 80	50	102	10	7-18	
ΑΣΦΑΛΤΟΣ ΚΑΤΑ ΒΑΡΟΣ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ	%		0,074	No 200	38	64	6	4-8	

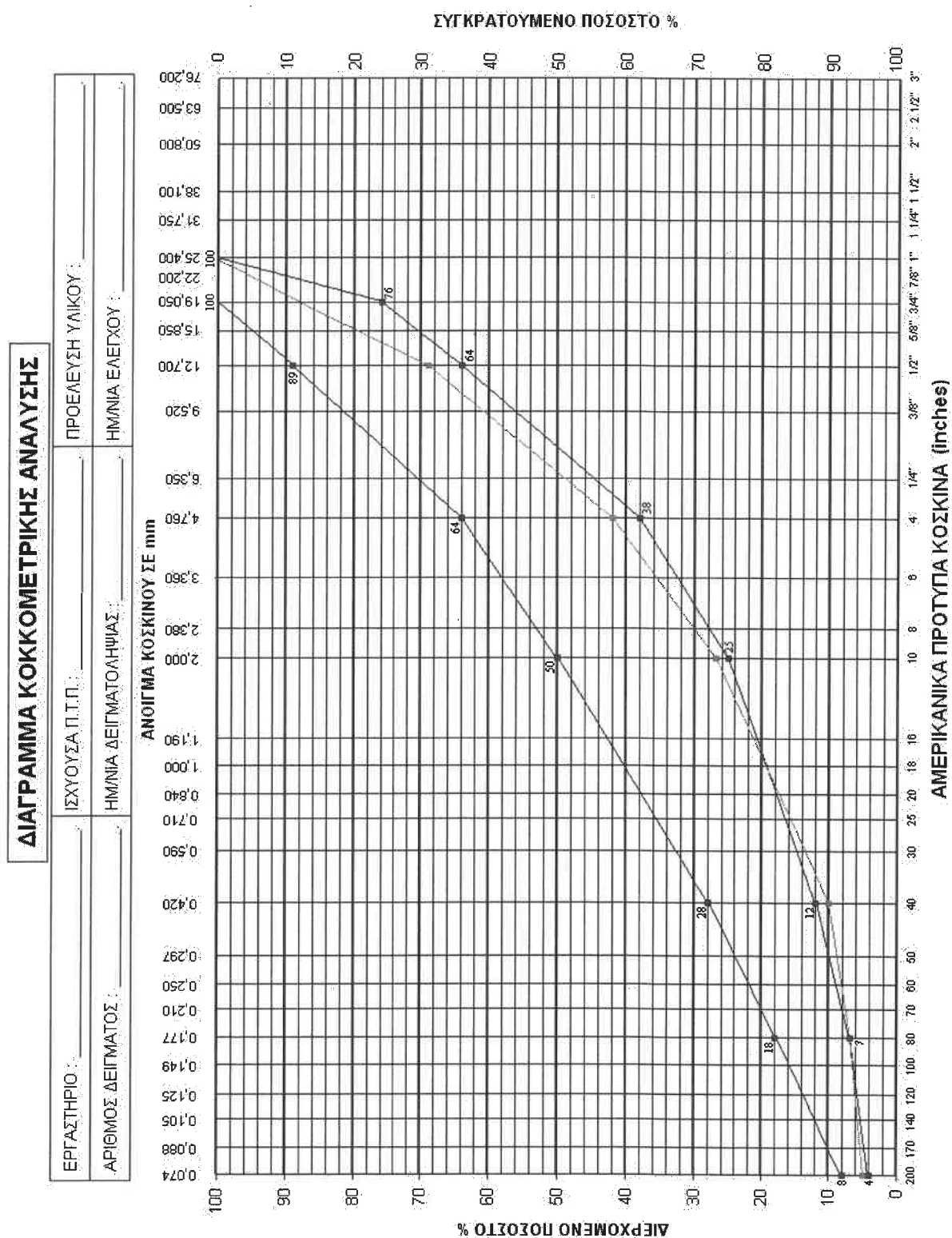
Πίνακας 4-1. Εκχύλιση ασφ/τος (δείγμα 1) και κοκκομετρική ανάλυση αδρανών.



Εικόνα 4-5. Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης (δείγμα 1).

ΕΚΧΥΛΙΣΗ ΑΣΦΑΛΤΟΥ ΚΑΙ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΔΡΑΝΩΝ									
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: ΔΕΙΓΜΑ 2		ΠΡΟΣΔΙΑΓΡΑΦΗ: ΠΤΠ		ΤΥΠΟΣ: Α 265		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Β' ΣΟΠΕΛΩΣΤΙΚΗ			
ΔΟΚΙΜΗ ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ - ΜΕΘΟΔΟΣ ASTM D 2172						ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ - ΜΕΘΟΔΟΣ ASTM C136			
ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	gr	1066,1	Πρότυπο μέγεθος κοσκίνου (mm)	Αριθμός κοσκίνου (in)	Συγκρατούμενο βάρος σε (gr)	Διερχόμενο βάρος		Όρια προδιαγραφής	
	gr					(gr)	(%)		
ΒΑΡΟΣ ΦΙΛΤΡΟΥ ΠΡΙΝ ΤΗ ΔΟΚΙΜΗ	gr	13,4							
ΒΑΡΟΣ ΦΙΛΤΡΟΥ ΜΕΤΑ ΤΗ ΔΟΚΙΜΗ	gr	15,2	25,4	1"	0	1607	100	100	
ΒΑΡΟΣ ΠΑΙΠΑΛΗΣ ΑΠΟ ΦΙΛΤΡΟ	gr	1,8	19,05	3/4"	198	1409	88	76-100	
ΒΑΡΟΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΜΕΤΑ ΤΗ ΔΟΚΙΜΗ	gr	1021,5	12,7	1/2"	303	1106	69	64-89	
ΟΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΑΔΡΑΝΩΝ	gr	1023,3	4,75	No 4	436	670	42	38-64	
ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	gr	42,8	2,00	No 10	234	436	27	25-50	
ΑΣΦΑΛΤΟΣ ΚΑΤΑ ΒΑΡΟΣ ΑΔΡΑΝΩΝ	%	4,2	0,43	No 40	275	161	10	12-28	
ΑΣΦΑΛΤΟΣ ΚΑΤΑ ΒΑΡΟΣ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ	%	4,0	0,18	No 80	50	111	7	7-18	
			0,074	No 200	26	85	5	4-8	

Πίνακας 4-2. Εκχύλιση ασφ/τος (δείγμα 2) και κοκκομετρική ανάλυση αδρανών.



Εικόνα 4-6. Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης (δείγμα 2).

4.2.3 ΛΗΨΗ ΕΙΚΟΝΩΝ ΤΟΜΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΜΕ ΣΑΡΩΤΗ

Ένας επίπεδος σαρωτής ("hp scanjet 3500c series"), με κατάλληλο λογισμικό επεξεργασίας εικόνας (βλ. κεφ 3.3.1), χρησιμοποιήθηκε για να μετατρέψει τις εικόνες σε ψηφιακά αρχεία (αρχεία "bitmap"), που μπορούν στην συνέχεια να επεξεργαστούν από ένα υπολογιστή. Η ανάλυση εικόνας τέθηκε αρχικά στην πιο υψηλή τιμή της (1200 dpi) για μεγαλύτερη ακρίβεια στην τελική εικόνα. Τα αρχεία που δημιουργούνταν τότε όμως, ήταν πολύ μεγάλα σε μέγεθος και οι εργασίες στον υπολογιστή γινόταν με πολύ αργούς ρυθμούς (βλ. κεφ. 3.2). Έτσι τελικά επιλέχθηκε ανάλυση ίση με 600 dpi. Τα χονδρόκοκκα αδρανή ήταν πιο εύκολο να αναγνωρισθούν αρχικά και στην συνέχεια να διαχωριστούν από το μίγμα ασφάλτου και λεπτόκοκκου υλικού (asphalt cement) χρησιμοποιώντας μια υψηλή τιμή ανάλυσης. Σε περίπτωση που τα αρχεία των εικόνων έπρεπε να αποθηκευτούν σε μια δισκέτα (χωρητικότητα 1,38 MB ή 1380 KB) η ανάλυση που έπρεπε να χρησιμοποιηθεί υπολογίζεται ως εξής: έστω A η τιμή της χρησιμοποιούμενης ανάλυσης (dpi) και B βάθος χρώματος. Το πλάτος και το ύψος της εικόνας (διάμετρος δοκιμίου περίπου 10 cm) του δοκιμίου είναι ίσο με 10 cm = 3,937 inches, (1in = 2,54 cm). Τότε το μέγεθος του παραγόμενου αρχείου σε KB (1 Byte = 8 bit, 1024 Byte = 1 KB) θα είναι το γινόμενο:

$$\frac{(3,937 \times A)^2 \times B}{(8 \times 1024)}$$

που πρέπει να ισούται με 1380 KB, οπότε από την παραπάνω σχέση προκύπτει:

$$A^2 \times B = 729354$$

Δηλαδή αν το δοκίμιο σαρωθεί για παράδειγμα με βάθος χρώματος 24-bit ("Εκατομμύρια χρώματα"), δηλαδή B = 24, τότε η ανάλυση που πρέπει να χρησιμοποιηθεί θα είναι $A \cong 175 \text{ dpi}$.

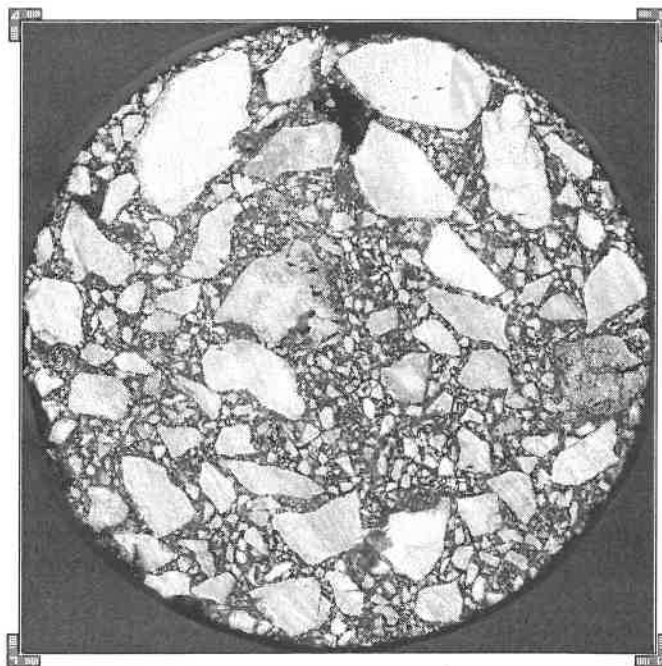
Σύμφωνα με τις απαιτήσεις του υλικού του υπολογιστή (βλ. κεφ. 3.2), καθορίζεται η ανάλυση του σαρωτή, ώστε ο υπολογιστής να επεξεργάζεται με σχετική ταχύτητα τα παραγόμενα αρχεία (απαιτούμενη μνήμη RAM, μεγάλη ταχύτητα μικροεπεξεργαστή). Οι εικόνες των τομών αποθηκεύτηκαν σε αρχεία μορφής "bitmap". Το κάθε αρχείο είχε μέγεθος περίπου 14 MB.

4.3 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

Για την επεξεργασία της εικόνας, εκτός από το πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνας του σαρωτή, το οποίο έχει περιορισμένες δυνατότητες (βλ. κεφάλαιο 3.8.2), χρησιμοποιήθηκε επιπλέον το πρόγραμμα **"Adobe Photoshop 7.0"** (και συγκεκριμένα η 7^η έκδοση, "Version 7.0"). Τέλος αφού έγινε η κατάλληλη επεξεργασία της εικόνας στο "Adobe Photoshop 7.0" (περικοπή, εφαρμογή φίλτρων, διαχωρισμός αδρανών από την ασφάλτο κ.τ.λ), η εικόνα μεταφέρθηκε για περαιτέρω επεξεργασία σε ένα άλλο πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνας το **"SigmaScanPro"**.

4.3.1 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΣΑΡΩΣΗΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Σε πρώτη φάση, η εικόνα αποθηκεύεται στην μορφή αρχείων "bitmap", όπως έχει προεπιλεγεί πριν ακόμα σαρωθεί η εικόνα, από την επιλογή του σαρωτή "Ρυθμίσεις αποθήκευσης". Σε δεύτερη φάση, γίνεται μια πρώτη περικοπή της εικόνας (μικρής ακρίβειας) ώστε η τελική περιοχή επιλογής εικόνας που έχει ορθογώνιο σχήμα να έχει διαστάσεις, πλάτος και ύψος, όσο η διάμετρος του δοκιμίου ($\approx 10\text{cm}$). Η περικοπή γίνεται από τον χρήστη του προγράμματος, με τις μπάρες κύλισης που διακρίνονται στην παρακάτω εικόνα. Κατά την σάρωση, το δοκίμιο τοποθετήθηκε πάνω στο γυαλί του σαρωτή και στην συνέχεια το γυαλί καλύφθηκε από ένα μαύρο χαρτόνι (διαστάσεων χαρτιού A4) όσο δηλαδή οι διαστάσεις του γυαλιού, αφού πρώτα κόπηκε ένα τμήμα αυτού σε μορφή κύκλου (διάμετρος κύκλου λίγο μεγαλύτερη από την διάμετρο του δοκιμίου) ώστε το δοκίμιο να περιβάλλεται από το χαρτόνι και η διάχυση φωτός να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη. Η περικοπή γίνεται από τον χρήστη του προγράμματος, με τις μπάρες κύλισης που διακρίνονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 4-7. Περικοπή δοκιμίου στο πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνας του σαρωτή.

Όπως φαίνεται από την παραπάνω εικόνα, περιμετρικά του δοκιμίου υπήρξε σε μερικές περιοχές αποκόλληση αδρανών. Το δοκίμιο, κατά την κοπή του από το πριόνι, δέχεται μεγάλες πιέσεις με αποτέλεσμα στην περιφέρεια του δοκιμίου όπου η συνάφεια είναι μικρότερη, να μην αντέχει και να δημιουργείται αποκόλληση αδρανών. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να αποφευχθεί όπως προαναφέρθηκε με επάλειψη της εξωτερικής επιφάνειας του δοκιμίου με εποξειδική ρητίνη.

4.3.2 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εξαιτίας του φαινομένου της αποκόλλησης αδρανών από την περιφέρεια του δοκιμίου δημιουργήθηκε η ανάγκη να περικοπεί τμήμα της περιφέρειας του δοκιμίου ώστε να μην υπάρχουν σφάλματα στην επεξεργασία των εικόνων των τομών. Μία τέτοιου είδους περικοπή δεν ήταν δυνατή στο "πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνας" του σαρωτή αλλά ούτε στο πρόγραμμα "SigmaScanPro". Για τον παραπάνω λόγο αλλά και για μια

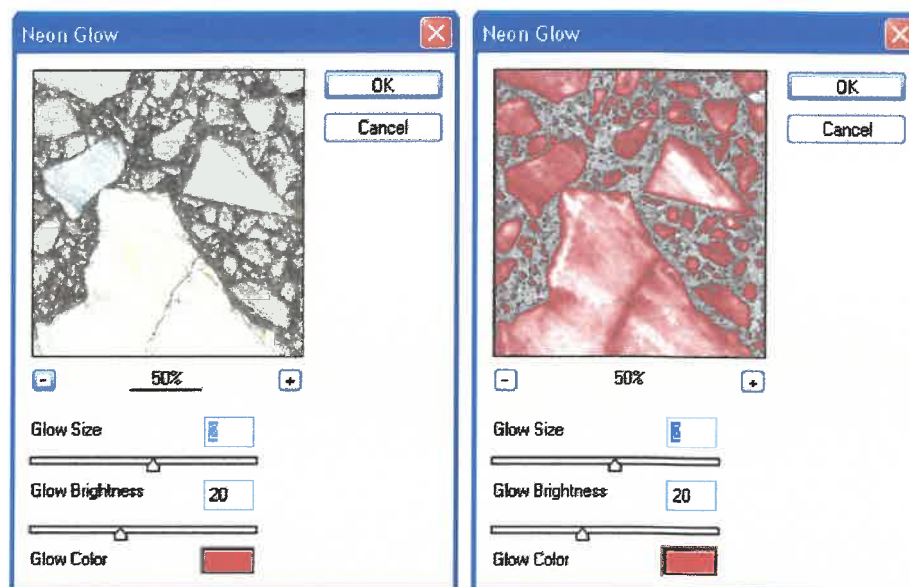
σειρά πλεονεκτημάτων που προκύπτουν από την χρήση του προγράμματος "Adobe Photoshop" έναντι του "προγράμματος επεξεργασίας εικόνας" του σαρωτή αλλά και του προγράμματος "SigmaScanPro" η επεξεργασία εικόνας έγινε κατά κύριο λόγο στο πρώτο πρόγραμμα. Οι δυνατότητες του προγράμματος "Adobe Photoshop" στην επεξεργασία εικόνας είναι πάρα πολλές καθώς το πρόγραμμα αυτό χρησιμοποιείται και επαγγελματικά.

I. Χρήση φίλτρων εικόνας. Το "Adobe Photoshop 7.0" διαθέτει μια μεγάλη ποικιλία φίλτρων που μπορούμε να εφαρμόσουμε στην εικόνα ανάλογα με την εργασία που πρόκειται να κάνουμε. Στόχος μας γενικά είναι να γίνουν όσο πιο διακριτές γίνεται οι τρεις φάσεις από τις οποίες αποτελείται κυρίως ένα δοκίμιο ασφαλτομίγματος δηλαδή τα αδρανή (λεπτόκοκκα και χονδρόκοκκα), την άσφαλτο και τα κενά αέρος. Οι φάσεις γίνονται πιο διακριτές όταν π.χ καθορίζονται σε μια εικόνα τα όρια των αδρανών όπως αυτά είναι στην πραγματικότητα δηλαδή όπως μπορούν να γίνουν αντιληπτά παρατηρώντας με το ανθρώπινο μάτι κάθε τομή δοκιμίου. Οι κυριότερες κατηγορίες φίλτρων είναι 17 αλλά υποδιαιρούνται η κάθε μία σε περισσότερα φίλτρα, έτσι ο συνολικός αριθμός φίλτρων ανέρχεται σε 102. Στην συνέχεια μετά την εφαρμογή κάποιου φίλτρου μπορούμε να κάνουμε αρκετές τροποποιήσεις που αφορούν το φίλτρο (χρώμα, φωτεινότητα, αντίθεση, διαύγεια κ.τ.λ) αν επιλέξουμε "Edit" → "Fade "όνομα φίλτρου" ". Θα πρέπει να τονίσουμε ότι τα φίλτρα μπορούν να εφαρμοστούν μόνο σε έγχρωμες εικόνες και όχι εικόνες που έχουν σαρωθεί και έχουν αποθηκευθεί με τύπο εξόδου π.χ 256 διαβαθμίσεις του γκρι (grayscale).

Στην περίπτωσή μας, για να επεξεργαστούμε μετέπειτα την εικόνα στο "SigmaScanPro", π.χ για να μετρήσουμε τον αριθμό των αδρανών (με μέγεθος > 2mm), έπρεπε να καθορίσουμε με ακρίβεια τα όρια τους εξαιτίας πολλές φορές των ελάχιστων χρωματικών διαφορών ανάμεσα σε ορισμένα αδρανή και την άσφαλτο. Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο έπρεπε να εφαρμόσουμε κάποιο φίλτρο στην εικόνα που να μεγιστοποιεί αυτές τις χρωματικές διαφορές χωρίς όμως να αλλοιώνει την εικόνα. Μετά την εφαρμογή στην εικόνα σχεδόν όλων των φίλτρων επιλέχθηκε τελικά το φίλτρο "Neon Glow" ("Filter" → "Artistic" → "Neon Glow"). Το φίλτρο αυτό, όπως περιγράφει και το όνομα του κάνει τα αδρανή να «λάμπουν» περισσότερο. Μπορούμε να προσδώσουμε οποιοδήποτε χρώμα στα αδρανή έτσι ώστε τώρα τα όρια τους να είναι πολύ πιο ευδιάκριτα. Έτσι π.χ τα αδρανή μπορούν να «βαφούν» με κόκκινο χρώμα ενώ μπορούμε να καθορίσουμε ταυτόχρονα και την φωτεινότητα του κόκκινου χρώματος. Όλα αυτά γίνονται σε ένα παράθυρο προεπισκόπησης που φέρει το όνομα του φίλτρου και οι αλλαγές που γίνονται είτε στο χρώμα και στην φωτεινότητά του είτε στην κλίμακα που επίσης μπορεί να μεταβληθεί είναι ορατές από τον χρήστη. Η κλίμακα μεταβάλλεται από μία ελάχιστη τιμή τέτοια ώστε η εικόνα μας, που είναι μεγαλύτερη από το παράθυρο προεπισκόπησης, να χωρά ολόκληρη μέσα σε αυτό έως τη μέγιστη τιμή της που είναι 1600% δηλαδή 16 φορές μεγαλύτερη της πραγματικής εικόνας. Επειδή το παράθυρο είναι μικρό σε διαστάσεις μπορούμε να βλέπουμε τις επιπτώσεις που έχει η εφαρμογή του φίλτρου στην εικόνα πατώντας συνεχώς το πλήκτρο του ποντικιού και σύροντάς το πάνω στην εικόνα. Το μεγάλο πλεονέκτημα του προγράμματος Adobe Photoshop 7.0 είναι οι εντολές "Undo", "Step Backward", "Step Forward" και η δυνατότητα συνεχούς προβολής ενός

παραθύρου προεπισκόπησης σε όλες τις αλλαγές που γίνονται σε μια εικόνα. Έτσι μπορούμε να εφαρμόσουμε διαδοχικά περισσότερα του ενός φίλτρα και αν το αποτέλεσμα σε κάποια φάση της εργασίας μας δεν είναι επιθυμητό να επιστρέφουμε σε προηγούμενες φάσεις ή ακόμα και στην αρχική εικόνα.

Στο παρακάτω παράδειγμα φαίνεται τμήμα της αρχικής εικόνας ενός δοκιμίου μεγεθυμένο κατά 50%. Στο διπλανό παράθυρο φαίνεται το τμήμα αυτό μετά την εφαρμογή του φίλτρου "Neon Glow". Μετά την εφαρμογή του συγκεκριμένου φίλτρου διακρίνονται καλύτερα τα αδρανή και ιδιαίτερα τα χονδρόκοκκα.



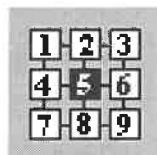
Εικόνα 4-8. Παράθυρο προεπισκόπησης φίλτρου εικόνας.

II. Περικοπή ή επιλογή περιοχής εικόνας.

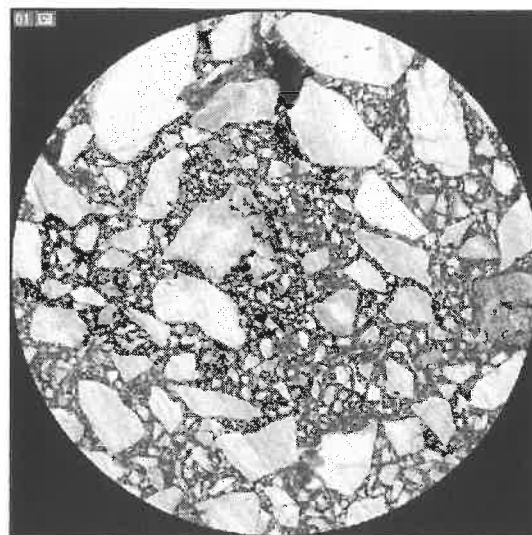
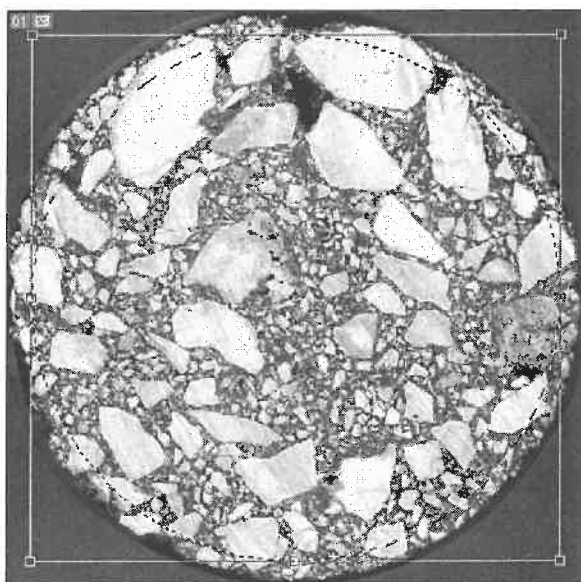
- Επιλογή περιοχών με γνωστό γεωμετρικό σχήμα.

Το πρόγραμμα "Adobe Photoshop 7.0" προσφέρει πολλές επιλογές όσον αφορά το σχήμα το οποίο θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε για την επιλογή μιας περιοχής εικόνας με συγκεκριμένο, γνωστό γεωμετρικό σχήμα. Έτσι το τετράγωνο (), (με δυνατότητα μετατροπής σε ορθογώνιο), ο κύκλος (), η οριζόντια γραμμή () και η κατακόρυφη στήλη () πάχους ενός πίξελ και μήκους όσο το μήκος της οριζόντιας και κατακόρυφης διάστασης μιας εικόνας αντίστοιχα και ένα πολύγωνο () με δυνατότητα καθορισμού του αριθμού των πλευρών του, είναι τα βασικά σχήματα που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για την επιλογή περιοχής. Για πιο σύνθετες μορφές περιοχών προς επιλογή μπορούμε να συνδυάσουμε πολλά σχήματα ώστε να πετύχουμε την επιθυμητή μορφή. Δίνεται ακόμα η δυνατότητα επιλογής των διαστάσεων (σε pixels, inches, mm ή cm) των παραπάνω σχημάτων. Στην περίπτωση μας επιλέξαμε "Elliptical marquee Tool" () και βάλαμε ως τιμή για διάμετρο R = 9,5 cm (στο πρόγραμμα αντί για διάμετρο ζητείται το πλάτος και το ύψος για μία κυκλική περιοχή επιλογής να έχουν την ίδια τιμή). Επιλέγοντας την κυκλική περιοχή επιλογής μπορούμε με δεξί κλικ πάνω στην

εικόνα να προσαρμόσουμε τον κύκλο σε οποιαδήποτε θέση πάνω στην εικόνα μέσω της εντολής *"Transform Selection"* (το ίδιο ισχύει για όλα τα σχήματα). Στην περίπτωση μας για αποφυγή σφαλμάτων χρησιμοποιήσαμε το ίδιο κέντρο για όλες τις εικόνες, το κέντρο του κυκλικού δοκιμίου, που μπορεί να βρεθεί ως σημείο με ακρίβεια σε κάθε εικόνα και να προσδιορισθεί με βάση τις συντεταγμένες του X,Y σε ένα σύστημα συντεταγμένων η αρχή του οποίου μπορεί να τοποθετηθεί σε 9 διαφορετικά σημεία πάνω στην εικόνα όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Έτσι από την εικόνα της τομής του δοκιμίου περικόπηκαν οι περιοχές όπου εμφανιζόταν αποκόλληση αδρανών. Η νέα εικόνα που δημιουργήθηκε, περιελάμβανε μία ομοιογενή και συμπαγή περιοχή της τομής του δοκιμίου μικρότερης διαμέτρου από την αρχική ($\cong 9,5$ cm) και σώθηκε σε ένα νέο αρχείο (βλ. εικόνα 5-8).



(α) Οριζόντια τομή δοκιμίου διαμέτρου 10,16cm (β) Οριζόντια τομή δοκιμίου διαμέτρου 9,5cm

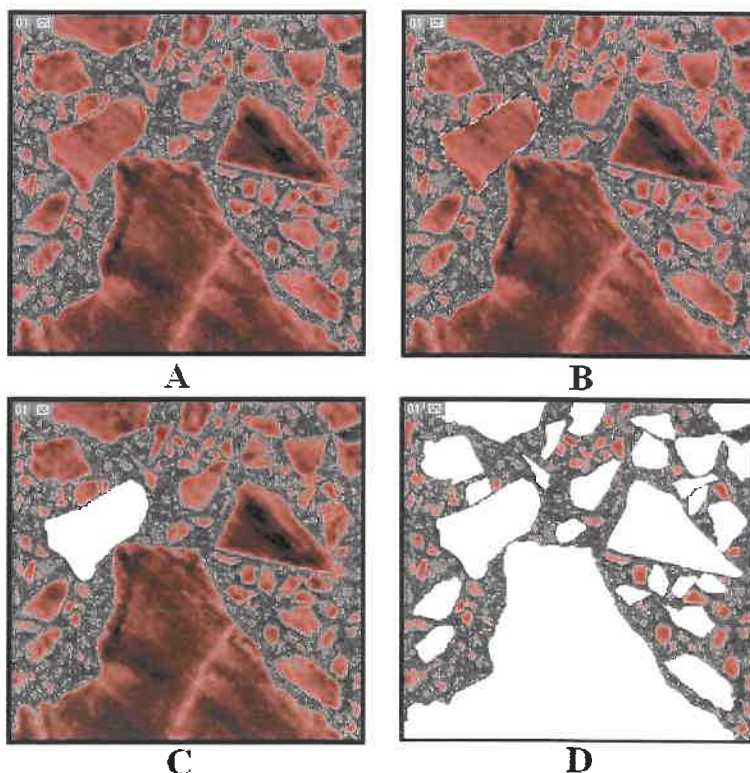
Εικόνα 4-9. Περικοπή δοκιμίου στο "Adobe Photoshop".

- Επιλογή περιοχών ακανόνιστων σχημάτων.

Με τη χρήση των εργαλείων *"lasso tool"* (), *"polygonal lasso tool"* () και *"magnetic lasso tool"* () μπορούμε να επιλέξουμε οποιαδήποτε περιοχή στην εικόνα μας. Συνήθως η περιοχή αυτή δεν έχει κάποια μορφή γνωστού γεωμετρικού σχήματος ώστε να μπορούν να καθορισθούν με ακρίβεια τα όρια της με κάποια από τις παραπάνω επιλογές (τετράγωνο,

ορθογώνιο, κύκλος κ.τ.λ). Για τον καθορισμό των συνόρων των αδρανών χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο *"lasso tool"* γιατί είναι πιο εύχρηστο από τα άλλα δύο εργαλεία τόσο ως προς την ακρίβεια όσο και ως προς την ταχύτητα καθορισμού των συνόρων. Παρόμοιος τρόπος επιλογής των αδρανών διατίθεται και στο πρόγραμμα *"SigmaScanPro"*, όμως το πλεονέκτημα του προγράμματος *"Adobe Photoshop"* είναι ότι διαθέτει την εντολή *"αναίρεση"* (Undo) καθώς και τις εντολές *"Step Backward"*, *"Step Forward"* έτσι σε περίπτωση μη ακριβούς επιλογής μιας περιοχής μπορούμε να τη διορθώσουμε (αναιρέσουμε) ή να την συγκρίνουμε απλώς με προηγούμενες ή επόμενες επιλογές μας με τις δύο τελευταίες εντολές μας. Το παράδειγμα που ακολουθεί δείχνει πώς ακριβώς επιλέχθηκε ένα αδρανές (καθορίστηκαν τα όρια του) και στην συνέχεια συμπληρώθηκε η επιλεγμένη περιοχή με άσπρο χρώμα το οποίο θεωρήθηκε ότι αντιπροσωπεύει όλα τα αδρανή. Η διαδικασία «βαφής» των αδρανών με ένα κοινό χρώμα είναι απαραίτητη όπως θα δούμε και στην συνέχεια για την περαιτέρω επεξεργασία της εικόνας στο πρόγραμμα *"SigmaScanPro"*. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα για να μπορέσει να υπολογίσει το συνολικό αριθμό, την επιφάνεια, την περιμέτρο αλλά και άλλα χαρακτηριστικά των αδρανών που επιλέξαμε με την βοήθεια του *"Adobe Photoshop"* χρειάζεται όλα τα αδρανή να έχουν κοινό χρώμα. Τα αδρανή συμπληρώθηκαν με άσπρο χρώμα με τρεις τρόπους :

- Edit → Cut ή Ctrl + X
- Edit → Fill
- Edit → Clear

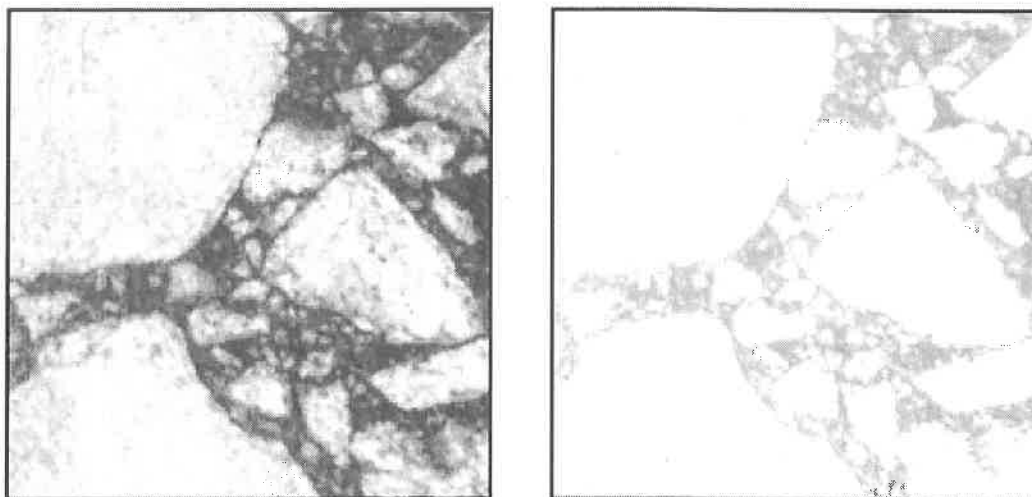


Εικόνα 4-10. Καθορισμός του σχήματος των αδρανών.

Επιλέγοντας από τα εργαλεία του Photoshop το **"magic wand tool"** (ή «μαγικό εργαλείο της ράβδου», ()) έχουμε την δυνατότητα επιλογής μιας περιοχής χωρίς να πρέπει να επισημανθεί η περίμετρός του. Επίσης παρέχεται η δυνατότητα επιλογής ενός εύρους χρώματος (**tolerance** ή ανοχής) π.χ 20, κατά την οποία όταν επιλέγουμε με το "magic wand tool" ένα εικονοκύτταρο, ταυτόχρονα επιλέγονται γειτονικά εικονοκύτταρα που έχουν ως τιμή έντασης – χρώματος (από τις 256 διαβαθμίσεις του γκρι) μία τιμή με διαφορά έντασης το πολύ ± 20 από την ένταση του προεπιλεγμένου εικονοκυττάρου. Θα πρέπει να εισάγουμε μία χαμηλή τιμή εύρους χρώματος ώστε να επιλεχθούν εικονοκύτταρα με χρώμα περίπου όμοιο με το χρώμα του εικονοκυττάρου το οποίο επιλέξαμε με το ποντίκι ή μία υψηλότερη τιμή ώστε να επιλεχθούν εικονοκύτταρα με μεγαλύτερο εύρος χρώματος. Επειδή η περιοχή που επιλέχθηκε με το "magic wand tool" μπορεί να παρουσιάζει έντονη διαμόρφωση μπορούμε να λειάνουμε τις άκρες χρησιμοποιώντας την εντολή **"Anti-aliased"**. Επιλέγοντας **"Contiguous"** (συναφής) επιλέγονται μόνο περιοχές που συνορεύουν με το σημείο στο οποίο εφαρμόστηκε το "magic wand tool" και έχουν τιμή χρώματος που κυμαίνεται στο όρια που θέσαμε μέσω της εντολής "tolerance". Σε αντίθετη περίπτωση επιλέγονται όλες οι περιοχές σε μια εικόνα που έχουν εικονοκύτταρα με την ίδια τιμή χρώματος με το αρχικό σημείο.

III. Ρύθμιση φωτεινότητας. Για να μελετηθούν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των χονδρόκοκκων αδρανών έπρεπε πρώτα να καθορισθούν τα όρια των αδρανών στην ψηφιακή εικόνα. Για να γίνουν πιο διακριτά τα αδρανή από την ασφαλτο και τα κενά αέρος αρχικά επιλέχθηκε η εντολή "Auto Contrast" (ή "αυτόματη αντίθεση") ως εξής : Image → Adjustments → Auto Contrast ή απευθείας μέσω του πληκτρολογίου Alt + Shift + Ctrl + L. Συγκεκριμένα με την εντολή αυτή βρίσκονται στην εικόνα το σκουρότερο και το πλέον ανοιχτόχρωμο εικονοκύτταρο στη κλίμακα του γκρι (το 0 αντιστοιχεί στο μαύρο και το 255 στο άσπρο). Στην συνέχεια τα εικονοκύτταρα τα οποία έχουν τιμή έντασης που είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη κατά 0,5 % από τις δύο πιο ακραίες τιμές που βρέθηκαν στην εικόνα, αποκτούν ταυτόχρονα την ακραία τιμή της έντασης που βρίσκεται «πλησιέστερα» σε αυτά. Δίνεται επίσης η δυνατότητα επιλογής από το χρήστη της τιμής του παραπάνω ποσοστού ώστε να πετυχαίνεται αυτόματα μεγαλύτερη χρωματική αντίθεση.

Τέλος είναι δυνατό να ρυθμίσουμε την φωτεινότητα σε μια εικόνα μέσω της εντολής Image → Adjustments → Brightness. Στην παρακάτω εικόνα αυξήθηκε η φωτεινότητα κατά 50 %. Η ρύθμιση αυτή δεν επηρεάζει το σχήμα των αδρανών αλλά αυξάνει μόνο την φωτεινότητα των εικονοκυττάρων. Έτσι τα όρια των αδρανών γίνονται πιο ευδιάκριτα, όπως φαίνεται άλλωστε και στην παρακάτω εικόνα. Η επιλογή αυτή παρέχεται και στο "πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνας" του σαρωτή αλλά στο πρόγραμμα "Adobe Photoshop" δίνεται η δυνατότητα ταυτόχρονης προεπισκόπησης σε όλη την εικόνα σε όποια κλίμακα έχει επιλεγεί.



(α) Πριν

(β) Μετά

Εικόνα 4-11. Ρύθμιση φωτεινότητας εικόνας στο "Adobe Photoshop".

IV. Μέτρηση της απόστασης μεταξύ δύο σημείων. Για να καθορισθούν τα όρια των αδρανών χρησιμοποιήθηκε, όπως περιγράφηκε και πιο πάνω, μια χειροκίνητη τεχνική καθορισμού τους, αφού το πρόγραμμα που χρησιμοποιείται για την μελέτη των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των αδρανών δεν μπορεί αυτόματα και με μεγάλη ακρίβεια να αναγνωρίσει πότε ένα πίξελ είναι μέρος του αδρανούς ή της ασφαλτικού πολτού (μίγμα ασφάλτου και λεπτόκοκκων αδρανών μεγέθους μικρότερο από 2 mm). Η αυτόματα αναγνώριση των αδρανών οδηγεί σε αποτελέσματα μικρής ακρίβειας εξαιτίας των ελάχιστων πολλές φορές χρωματικών διαφορών μεταξύ των αδρανών και της ασφάλτου. Χρησιμοποιώντας το εργαλείο "magic wand tool" του προγράμματος "Adobe Photoshop" επιλέχθηκε η επιφάνεια κάθε αδρανούς και στην συνέχεια συμπληρώθηκε με άσπρο χρώμα.

Πριν καθορισθούν τα όρια κάθε αδρανούς υπάρχει η δυνατότητα να μετρηθούν οι διαστάσεις κάθε αδρανούς σε περίπτωση που υπάρχει η αβεβαιότητα ότι το αδρανές που επιλέγεται έχει μέγεθος μεγαλύτερο από 2 mm. Επιλέγονται δύο σημεία στα όρια του αδρανούς. Κάθε σημείο χαρακτηρίζεται από τις συντεταγμένες του (x,y) ως προς ένα σύστημα αξόνων X,Y που καθορίζεται αυτόματα από το πρόγραμμα. Η μονάδα μέτρησης των αξόνων επιλέγεται από τον χρήστη. Από τις συντεταγμένες (X_1, Y_1) και (X_2, Y_2) των δύο σημείων που επιλέχθηκαν υπολογίζεται η απόσταση μεταξύ τους.

Έτσι επιλέγοντας το εργαλείο "measure tool" (, ή χάρακας) μπορούμε να μετρήσουμε την απόσταση μεταξύ δύο οποιονδήποτε σημείων σε μια εικόνα. Αφού μετρήσουμε με τον χάρακα την απόσταση μία γραμμή τοποθετείται μεταξύ των δύο σημείων και στο πάνω μέρος της οθόνης σε κάποια επισημασμένη οριζόντια σειρά αναγράφονται οι εξής πληροφορίες για την γραμμή που χαράχθηκε ανάμεσα στα δύο σημεία :

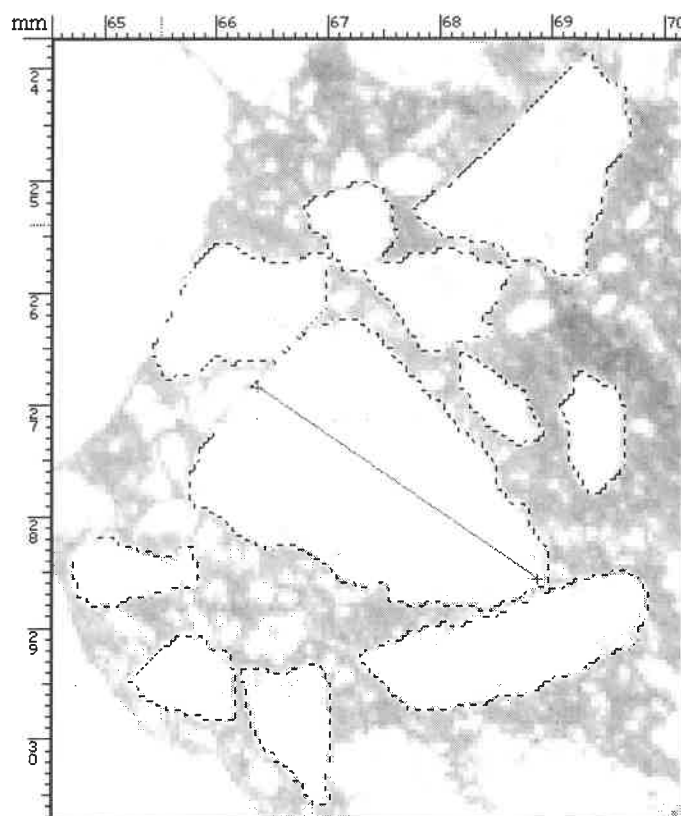
- Η θέση αρχής της γραμμής ως συντεταγμένες ενός σημείου (X,Y).

- Η οριζόντια (W) και κατακόρυφη (H) απόσταση ανάμεσα στο σημείο αρχής και τέλους της γραμμής.
- Η γωνία (θ) που σχηματίζει η γραμμή με τον οριζόντιο άξονα ($-180^\circ < \theta < 180^\circ$).
- Η απόσταση σε *cm* μεταξύ των δύο σημείων ή το μήκος της γραμμής (D1).

Από την αρχή ή το τέλος της γραμμής μπορούμε να φέρουμε και δεύτερη γραμμή. Το πρόγραμμα υπολογίζει ταυτόχρονα για τη δεύτερη γραμμή όλα τα παραπάνω στοιχεία. Κρατώντας το πλήκτρο Shift πατημένο μπορούμε να αλλάξουμε το μήκος σε οποιαδήποτε από τις δύο γραμμές κατά την διεύθυνση μιας γωνίας πολλαπλάσια των 45° . Η χρήση του χάρακα χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση του μεγέθους των αδρανών. Στην εικόνα επιλέχθηκαν αδρανή με μέγεθος μεγαλύτερο των 2 *mm*. Έτσι σε περίπτωση που ένα αδρανές έχει μέγεθος περίπου 2 *mm* χρησιμοποιείται ο χάρακας για να προσδιορισθεί με ακρίβεια το μέγεθός τους και στην συνέχεια να αποφασισθεί αν θα επιλεγεί ή όχι.

Για κάθε εικόνα, το πρόγραμμα "Adobe Photoshop" συσχετίζει τις πραγματικές διαστάσεις της εικόνας με αυτές που απεικονίζονται στην οθόνη του υπολογιστή, αφού όπως προαναφέρθηκε και στο 3^ο κεφάλαιο, η ανάλυση της οθόνης, η ανάλυση σάρωσης και η μεγέθυνση ή σμίκρυνση της εικόνας (zoom) επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο εμφανίζεται το δοκίμιο στην οθόνη του υπολογιστή. Έτσι το πρόγραμμα "Adobe Photoshop" καθορίζει αυτόματα την κλίμακα της εικόνας. Ανεξάρτητα από την ανάλυση της οθόνης, την ανάλυση σάρωσης και την δυνατότητα μεγέθυνσης ή σμίκρυνσης της εικόνας, εμφανίζονται οι πραγματικές διαστάσεις της εικόνας με την μορφή βαθμονομημένου χάρακα στο άνω και αριστερά τμήμα της εικόνας. Τέλος υπάρχει η δυνατότητα να ρυθμίσουμε την μονάδα μέτρησης (mm, cm, inches, pixel κ.α) των διαστάσεων της εικόνας (πλάτος, ύψος). Όλα τα παραπάνω συνοψίζονται στην παρακάτω εικόνα (βλ. επόμενη σελίδα).

Αυτή η διαδικασία αποδείχθηκε χρονοβόρα, αφού για κάθε εικόνα τομής δοκιμίου χρειάστηκε περίπου 3 ώρες για να καθορισθούν τα όρια των χονδρόκοκκων αδρανών. Η διαδικασία αυτή καθίσταται πολύ πιο χρονοβόρα αν επιχειρηθεί να καθορισθούν τα όρια για όλα τα αδρανή. Πολλές φορές αυτό είναι αδύνατο, καθώς στο εσωτερικό των λεπτόκοκκων αδρανών με μέγεθος μικρότερο από 1 mm εισέρχεται ασφαλτος, με αποτέλεσμα αυτά να «βάφονται» στο χρώμα της ασφάλτου.

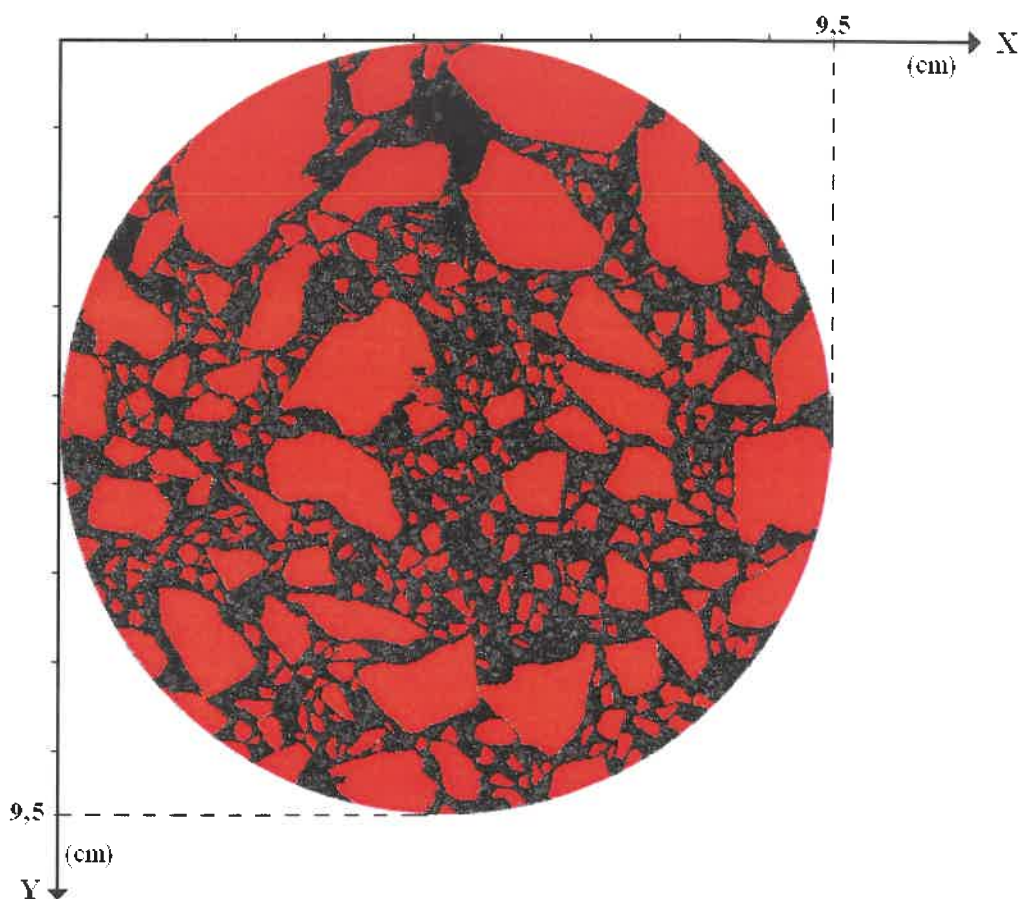


Εικόνα 4-12. Διαχωρισμός των αδρανών από την άσφαλτο.

4.3.3 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΑΔΡΑΝΩΝ

Για να υπολογιστούν κάποιες γεωμετρικές παράμετροι των χονδρόκοκκων αδρανών όπως π.χ το εμβαδόν, η περίμετρος, το κέντρο βάρους κ.α, καθώς επίσης και κάποιες μορφολογικές παράμετροι (π.χ ο προσανατολισμός του κύριου άξονα κ.α) που είναι συνάρτηση των γεωμετρικών στοιχείων των αδρανών χρησιμοποιήθηκε ένα πρόγραμμα που ονομάζεται **"SigmaScanPro"**. Το πρόγραμμα αυτό έχει την δυνατότητα να επεξεργαστεί πολλά αρχεία εικόνας όπως είναι τα αρχεία bitmap, Photoshop, jpeg κ.α.

Αρχικά ορίζουμε την κλίμακα της εικόνας (από την εντολή "Calibrate distance and area") επιλέγοντας π.χ τα δύο ακραία εικονοκύτταρα κατά μήκος οποιασδήποτε πλευράς και εισάγοντας την τιμή της πραγματικής απόστασης μεταξύ τους (mm, cm, m κ.ο.κ). Αυτόματα καθορίζεται ένα καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων (X,Y). Η κορυφή του συστήματος τοποθετείται στο πάνω-αριστερά τμήμα της εικόνας, όπως φαίνεται στην εικόνα 5-6. Ο άξονας X είναι κατά μήκος της οριζόντιας διεύθυνσης της εικόνας και ο άξονας Y είναι κατά μήκος της κατακόρυφης διεύθυνσης της εικόνας. Οι παράμετροι που υπολογίζονται καθορίζονται από τον χρήστη και αποθηκεύονται σε εγγενή αρχεία του προγράμματος ή μεταφέρονται σε αρχεία τύπου Excel.



Εικόνα 4-13. Ψηφιακή εικόνα τομής δοκιμίου μετά την επεξεργασία στο πρόγραμμα "SigmaScanPro".

Το πρόγραμμα **SigmaScanPro** δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να κάνει μια σειρά μετρήσεων, οι οποίες αποθηκεύονται σε ένα φύλλο εργασίας (worksheet) που παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με το φύλλο εργασίας του Excel. Από Measurements → Settings ή (F2) επιλέγουμε τις μετρήσεις που θα γίνουν στη εικόνα. Οι μετρήσεις διαιρούνται σε τέσσερις τύπους μέτρησης:

1. Σημείον (Point): Μετρήσεις που αναφέρονται μόνο σε ένα εικονοκύτταρο (pixel).
2. Γραμμής (Line): Μετρήσεις που αναφέρονται σε μια ή περισσότερες γραμμές.
3. Επιφάνειας (Area): Μετρήσεις που αναφέρονται σε μια παρακείμενη ομάδα εικονοκυττάρων, δηλαδή εικονοκύτταρα που έρχονται σε επαφή και περιβάλλονται από το ίδιο σύνορο.
4. Ειδικές μετρήσεις (Special): Μετρήσεις που δεν έχουν καμία σχέση με οποιοδήποτε από τα προηγούμενα τρία κριτήρια. Ένα παράδειγμα αυτού του τύπου μέτρησης είναι μια συνολική αρίθμηση του αριθμού αντικειμένων.

Συνολικά 55 μετρήσεις είναι διαθέσιμες. Μπορούμε να κατατάξουμε τις μετρήσεις είτε με βάση το όνομα τους (κατά αλφαβητική σειρά), είτε με βάση το όνομα της στήλης (column) του φύλλου εργασίας που πρόκειται να αποθηκευτούν ή με βάση τον τύπο της μέτρησης. Δίπλα από το όνομα της μέτρησης, τη στήλη στην οποία καταχωρείται και τον τύπο της μέτρησης εμφανίζονται και οι σχετικοί τρόποι με τους οποίους

πραγματοποιείται μία μέτρηση και οι οποίοι είναι δεσμευτικοί για κάθε μέτρηση. Έχουμε επίσης την δυνατότητα να αλλάξουμε το όνομα της στήλης που θέλουμε να εμφανίζεται η μέτρησή που επιλέξαμε, αφού το πρόγραμμα επιλέγει αυτόματα το όνομα της στήλης. Οι μετρήσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν με το πρόγραμμα "SigmaScanPro" παρατίθενται στον πίνακα 5-3 της επόμενης σελίδας.

Για να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις στο πρόγραμμα "SigmaScanPro" πρέπει τα αδρανή, τα όρια των οποίων έχουν προηγουμένως καθορισθεί στο πρόγραμμα "Adobe Photoshop", να χρωματισθούν με κάποια «επικάλυψη» (overlay). Τα διαθέσιμα χρώματα για την «επικάλυψη» είναι τα εξής: κόκκινο, πράσινο, κίτρινο, μπλε και θαλασσί. Ο κύριος και ο δευτερεύων άξονας κάθε αδρανούς συνίσταται να έχουν διαφορετική «επικάλυψη» από την «επικάλυψη» των αδρανών ώστε αυτοί να είναι διακριτοί από τον χρήστη. Επίσης κάθε αδρανές που μελετάται γεωμετρικά από το πρόγραμμα, αντιστοιχίζεται με ένα αριθμό, η «επικάλυψη» του οποίου συνίσταται επίσης να είναι διαφορετικού χρώματος από το χρώμα των αδρανών και των αξόνων. Αυτό γίνεται αφού πρώτα η έγχρωμη εικόνα μετατραπεί σε μια εικόνα 256 διαβαθμίσεων του γκρι. Οι κυριότερες από τις μετρήσεις και αυτές που ενδιαφέρουν στην περίπτωση μελέτης των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των χονδρόκοκκων αδρανών είναι οι εξής:

1) "Κύριος άξονας" (Major axis).

Ο κύριος άξονας είναι ο άξονας που συνδέει τα δύο πιο ακραία σημεία Α, Β ενός αντικειμένου-επιφάνειας των οποίων οι συντεταγμένες υπολογίζονται επίσης ως (X_1, Y_1) και (X_2, Y_2) αντίστοιχα.

2) "Δευτερεύων άξονας" (Minor axis).

Ο δευτερεύων άξονας σχηματίζεται από τα δύο πιο ακραία σημεία Γ, Δ ενός αντικειμένου-επιφάνειας, ενώ ταυτόχρονα είναι κάθετος στον κύριο άξονα. Οι συντεταγμένες των σημείων υπολογίζονται επίσης ως (X_3, Y_3) και (X_4, Y_4) αντίστοιχα.

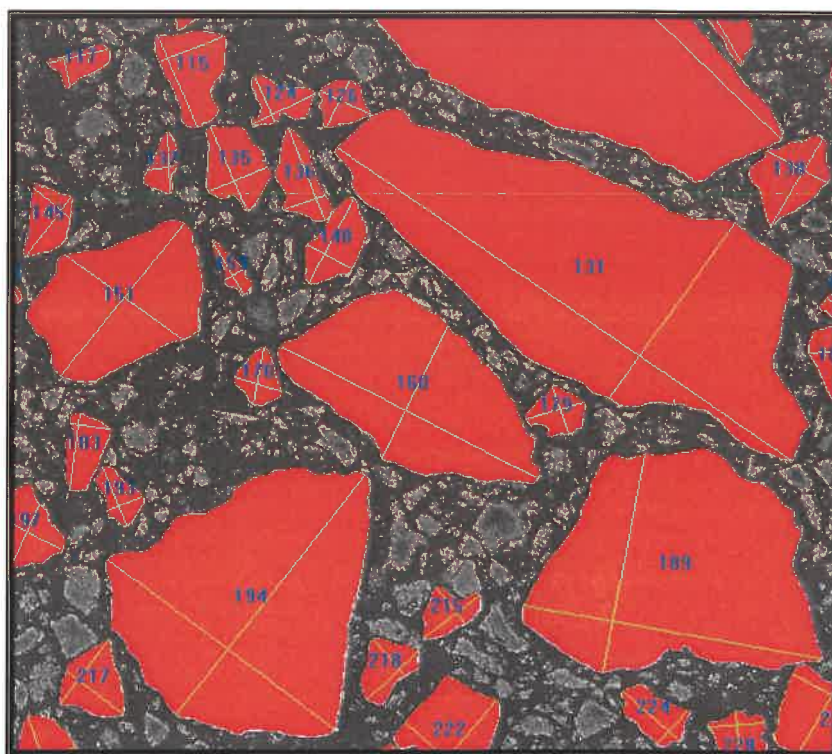
Name	Column	Type	Relevant Modes	Name	Column	Type	Relevant Modes
☒ Area	A	Area	Trace, Fill, Auto	☐ Shape Factor	--	Area	Trace, Fill, Auto
☐ Average Blue	--	Area	Trace, Fill, Auto	☐ Sum of X	--	Area	Trace, Fill, Auto
☐ Average Green	--	Area	Trace, Fill, Auto	☐ Sum of X Squared	--	Area	Trace, Fill, Auto
☐ Average Intensity	--	Area	Trace, Fill, Auto	☐ Sum of XY	--	Area	Trace, Fill, Auto
☐ Average Red	--	Area	Trace, Fill, Auto	☐ Sum of Y	--	Area	Trace, Fill, Auto
☐ CM Binary X	--	Area	Trace, Fill, Auto	☐ Sum of Y Squared	--	Area	Trace, Fill, Auto
☐ CM Binary Y	--	Area	Trace, Fill, Auto	☐ Total Intensity	--	Area	Trace, Fill, Auto
☐ CM Gray X	--	Area	Trace, Fill, Auto	☐ Volume	--	Area	Trace, Fill, Auto
☐ CM Gray Y	--	Area	Trace, Fill, Auto	☐ Angle in Degrees	--	Line	Trace
☐ Compactness	--	Area	Trace, Fill, Auto	☐ Angle in Radians	--	Line	Trace
☒ Feret Diameter	B	Area	Trace, Fill, Auto	☐ Cumulative Distance	--	Line	Trace, Track
☒ Major Axis Endpt 1 x	C	Area	Trace, Fill, Auto	☐ Distance	--	Line	Trace
☒ Major Axis Endpt 1 y	D	Area	Trace, Fill, Auto	☐ Line Intensity	--	Line	Trace
☒ Major Axis Endpt 2 x	E	Area	Trace, Fill, Auto	☐ Line x	--	Line	Trace
☒ Major Axis Endpt 2 y	F	Area	Trace, Fill, Auto	☐ Line y	--	Line	Trace
☒ Major Axis Length	G	Area	Trace, Fill, Auto	☐ Slope	--	Line	Trace
☐ Major Axis Slope	--	Area	Trace, Fill, Auto	☐ Blue Intensity	--	Point	Trace, Track
☐ Maximal Perimeter	--	Area	Trace, Fill, Auto	☐ Green Intensity	--	Point	Trace, Track
☐ Minor Axis Endpt 1 x	--	Area	Trace, Fill, Auto	☐ Hue	--	Point	Trace, Track
☐ Minor Axis Endpt 1 y	--	Area	Trace, Fill, Auto	☐ Intensity	--	Point	Trace, Track
☐ Minor Axis Endpt 2 x	--	Area	Trace, Fill, Auto	☐ Red Intensity	--	Point	Trace, Track
☐ Minor Axis Endpt 2 y	--	Area	Trace, Fill, Auto	☐ Saturation Value	--	Point	Trace, Track
☐ Minor Axis Length	--	Area	Trace, Fill, Auto	☐ Tally	--	Point	Trace, Track
☐ Minor Axis Slope	--	Area	Trace, Fill, Auto	☐ x	--	Point	Trace, Track
☐ Number of Pixels	--	Area	Trace, Fill, Auto	☐ y	--	Point	Trace, Track
☐ Perimeter	--	Area	Trace, Fill, Auto	☐ Number of Objects	--	Special	Auto
☐ Perimeter (Diag)	--	Area	Trace, Fill, Auto				
☐ Perimeter (Horiz)	--	Area	Trace, Fill, Auto				
☐ Perimeter (Vert)	--	Area	Trace, Fill, Auto				

Πίνακας 4-3. Μετρήσεις στο πρόγραμμα "SigmaScanPro".

*Πηγή: Βοήθεια του προγράμματος "SigmaScanPro".

3) "Αριθμός αντικειμένων" (Number of objects).

Το πρόγραμμα από την εντολή Measurements → Measure Objects κάνει μια αρίθμηση αντικειμένων αντιστοιχίζοντας ένα αριθμό πάνω σε κάθε αντικείμενο. Όπως είδαμε για να γίνει κάτι τέτοιο πρέπει προηγουμένως να έχουμε μετατρέψει την εικόνα σε μία "8-bit-per-pixel mono image" δηλαδή, σε μία εικόνα που να περιέχει ανά εικονοκύτταρο μόνο τις 256 διαβαθμίσεις του γκρι. Μπορούμε να καθορίσουμε επίσης μία χρωματική επικάλυψη (ή "overlay" όπως αναφέρεται στο πρόγραμμα) μέσα από τα πέντε διαθέσιμα χρώματα του προγράμματος γι'αυτή την εργασία, που είναι το κόκκινο, πράσινο, κίτρινο, μπλε και θαλασσί για τους αριθμούς των αντικειμένων.



Εικόνα 4-14. Καθορισμός κύριου-δευτερεύοντα άξονα και αρίθμηση αδρανών.

4) Μήκος κύριου άξονα (Major axis length).

Υπολογίζεται το μήκος του κύριου άξονα (L) σε όποια διάσταση έχει επιλεγεί (mm, cm κ.ο.κ.) βάση της σχέσης: $L_{\text{major}} = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}$

5) Προσανατολισμός κύριου άξονα (Major axis orientation).

Το πρόγραμμα υπολογίζει με βάση τα σημεία Α, Β και τον προσανατολισμό του κύριου άξονα δηλαδή την εφαπτομένη της γωνίας που σχηματίζεται αν φέρουμε τον οριζόντιο άξονα από το σημείο (X₁,Y₁) και τον στρέψουμε αριστερόστροφα μέχρι να βρει τον κύριο άξονα.

6) Μήκος δευτερεύοντα άξονα (Minor axis length).

Υπολογίζεται το μήκος του δευτερεύοντος άξονα σε όποια διάσταση έχει επιλεγεί (mm, cm κ.ο.κ.) βάση της σχέσης: $L_{\text{minor}} = \sqrt{(X_3 - X_4)^2 + (Y_3 - Y_4)^2}$

7) Προσανατολισμός δευτερεύοντα άξονα (Minor axis orientation).

Το πρόγραμμα υπολογίζει με βάση τα σημεία Γ, Δ και τον προσανατολισμό του δευτερεύοντος άξονα δηλαδή την εφαπτομένη της γωνίας που σχηματίζεται αν φέρουμε τον οριζόντιο άξονα από το σημείο (X₃,Y₃) και τον στρέψουμε αριστερόστροφα μέχρι να βρει τον δευτερεύον άξονα.

8) "Εμβαδόν" (Area).

Το εμβαδόν μιας επιφάνειας καθορίζεται από τον συνολικό αριθμό των εικονοκυττάρων που συνθέτουν μια περιοχή. Είναι δυνατό όμως να επιλεγθεί το εμβαδόν να εμφανίζεται με οποιαδήποτε διάσταση επιθυμούμε. Από Image → Calibrate → Distance and Area

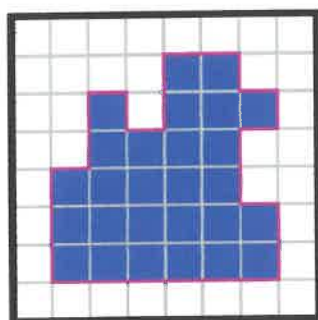
επλέγονται δύο σημεία στην εικόνα που απέχουν μεταξύ τους κάποια γνωστή απόσταση (από τις πραγματικές διαστάσεις της εικόνας) και ορίζουμε την μονάδα μέτρησης π.χ 'm', 'cm', 'mm' κ.ο.κ.

9) Κέντρο βάρους περιοχής ή επιφάνειας (Centroid).

Υπολογίζεται για την κάθε επιφάνεια αντικείμενου-αδρανούς που μετρήθηκε ξεχωριστά, το κέντρο βάρους του δοσμένο από δύο σημεία X και Y, στον οριζόντιο και κατακόρυφο άξονα αντίστοιχα.

10) "Μέγιστη περίμετρος" (Max perimeter).

Η μέγιστη περίμετρος καθορίζεται από την απόσταση κατά μήκος όλων των εικονοκυττάρων που βρίσκονται στο σύνορο ενός αντικειμένου. Αυτή η μέτρηση διαφέρει από τη μέτρηση της περιμέτρου (που θα δούμε παρακάτω) λόγω της υπόθεσης ότι τα εικονοκύτταρα εικόνας είναι τετραγωνικά. Η μέγιστη περίμετρος μετρά τις άκρες των τετραγωνικών εικονοκυττάρων ενώ η μέτρηση της περιμέτρου παρεμβάλλει για να δώσει έναν ακριβέστερο υπολογισμό της περιμέτρου. Επομένως η μέτρηση περιμέτρου δίνει πάντα μικρότερα ή ίσα μήκη ως προς τη μέγιστη περίμετρο. Η μέγιστη περίμετρος είναι ένα χρήσιμο μέτρο όταν, παραδείγματος χάριν, συγκρίνεται με την περίμετρο για να εξακριβώσει την τραχύτητα της άκρης ενός αντικείμενου. Το αντικείμενο που παρουσιάζεται πιο κάτω αποτελείται από έναν τομέα 27 εικονοκυττάρων. Αν θεωρήσουμε ως μία μονάδα μήκους την πλευρά ενός εικονοκυττάρου τότε το παρακάτω αντικείμενο-επιφάνεια έχει μέγιστη περίμετρο 28.



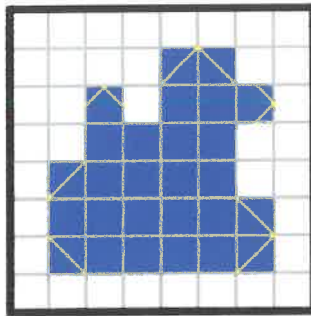
Σχήμα 4-1. Υπολογισμός μέγιστης περιμέτρου.

11) "Περίμετρος" (Perimeter).

Εξαιτίας του γεγονότος ότι τα εικονοκύτταρα είναι τετραγωνικά οποιοδήποτε αντικείμενο εμφανίζεται σε μια ψηφιακή εικόνα είναι μόνο μια προσέγγιση των διαστάσεων του πραγματικού αντικείμενου. Η μέτρηση της περιμέτρου προσπαθεί να μειώσει αυτή την απόκλιση με το να προσεγγίσει όχι μόνο τα κατακόρυφα και οριζόντια αλλά και διαγώνια συστατικά της αληθινής περιμέτρου του αντικείμενου. Έτσι το πρόγραμμα υπολογίζει τρεις διαφορετικές τιμές περιμέτρου ξεχωριστά και στο τέλος αθροίζει τις τιμές αυτές ώστε να προκύψει η τελική περίμετρος. Όσο μεγαλύτερο το αντικείμενο (σε εικονοκύτταρα) τόσο ακριβέστερος θα είναι ο υπολογισμός περιμέτρου.

Παράδειγμα: Το ακόλουθο παράδειγμα επεξηγεί πώς λειτουργεί η μέτρηση περιμέτρου στο πρόγραμμα SigmaScanPro.

a) Υπολογισμός διαγώνιας περιμέτρου [Perimeter (Diag)].

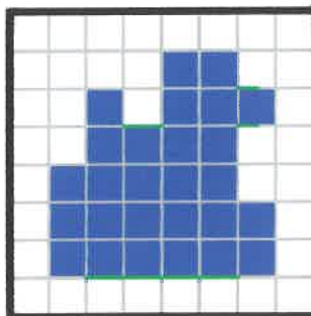


Σχήμα 4-2. Υπολογισμός διαγώνιας περιμέτρου.

Η διαγώνια περίμετρος προκύπτει από το άθροισμα των διαγωνίων των εικονοκυττάρων (που είναι σημειωμένες με κίτρινο χρώμα στο παραπάνω σχήμα) δηλαδή ισούται με: $8 * 2\frac{1}{2} = 11,313708$

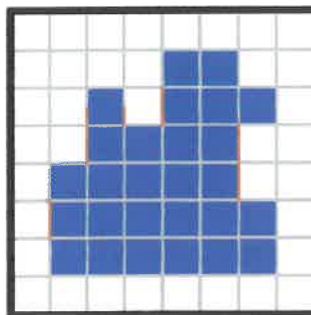
b) Υπολογισμός «οριζόντιας» περιμέτρου [Perimeter (Horiz)].

Η «οριζόντια» περίμετρος προκύπτει από το άθροισμα των οριζόντιων πλευρών των εικονοκυττάρων (που είναι σημειωμένες με πράσινο χρώμα στο παρακάτω σχήμα) δηλαδή ισούται με: $5 * 1 + 2 * 0,5 = 6$



Σχήμα 4-3. Υπολογισμός «οριζόντιας» περιμέτρου.

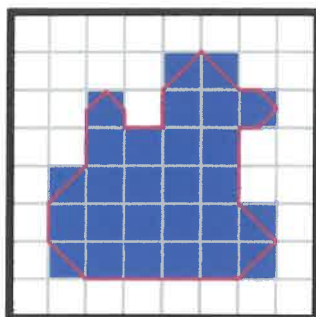
c) Υπολογισμός «κατακόρυφης» περιμέτρου [Perimeter (Vert)].



Σχήμα 4-4. Υπολογισμός «κατακόρυφης» περιμέτρου.

Η «κατακόρυφη» περίμετρος προκύπτει από το άθροισμα των κατακόρυφων πλευρών των εικονοκυττάρων (που είναι σημειωμένες με πορτοκαλί χρώμα στο παραπάνω σχήμα) δηλαδή ισούται με: $5 * 1 + 2 * 0,5 = 6$

d) Υπολογισμός περιμέτρου.



Σχήμα 4-5. Υπολογισμός περιμέτρου.

Το SigmaScanPro υπολογίζει τελικά την περίμετρο αθροίζοντας τις επιμέρους περιμέτρους (με βάση τη λογική που φαίνεται στα παραπάνω βήματα). Έτσι τελικά η περίμετρος του παραπάνω αντικειμένου επιφάνειας ισούται με : $11,313708 + 6 + 6 = 23,313708$.

12) "Παράγοντας σχήματος" (Shape factor).

Ένα μέτρο του κατά πόσο πλησιάζει, από άποψη μορφής, το σχήμα του κάθε αδρανούς σε σχέση με τον κύκλο και δίνεται από τον τύπο:

$$\frac{4\pi * \text{εμβαδόν}}{\text{περίμετρος}^2}$$

Ένας τέλειος κύκλος και μία γραμμή έχουν "παράγοντα σχήματος" 1 και 0, αντίστοιχα.

13) "Πυκνότητα" (Compactness).

Μία εναλλακτική μέθοδος εκτίμησης του κατά πόσο πλησιάζει την κυκλική μορφή ένα αντικείμενο-επιφάνεια ή η σχηματική τομή ενός αδρανούς στην περίπτωση μας. Το μέγεθος αυτό δίνεται ως το πηλίκο: $\text{περίμετρος}^2 / \text{εμβαδόν}$. Η πυκνότητα ενός τέλειου κύκλου είναι : $(2\pi R)^2 / (\pi R^2) = 4\pi \cong 12,57$ και αυξάνεται ως το άπειρο για μία γραμμή.

14) "Διάμετρος Feret" (Feret diameter).

Για κάθε αντικείμενο υπολογίζεται η θεωρητική διάμετρός του εάν αυτό ήταν κυκλικό στη μορφή. Αυτό το μέτρο συγκρίνεται συχνά με κύρια και δευτερεύοντα μήκη αξόνων ενός αντικειμένου για να δημιουργήσει νέες παραμέτρους μορφής. Η διάμετρος Feret δίνεται ως το πηλίκο :

$$(4 * \text{εμβαδόν} / \pi)^{\frac{1}{2}}$$

Στο παρακάτω πίνακα 5-4 παρατίθενται επιλεγμένα αποτελέσματα για τις παραπάνω παραμέτρους κάποιων αδρανών όπως αυτές υπολογίζονται από το πρόγραμμα "SigmaScanPro".

No	Perimet (mm)	Area (mm ²)	MaX ₁ (mm)	MaY ₁ (mm)	MaX ₂ (mm)	MaY ₂ (mm)	MiX ₁ (mm)	MiY ₁ (mm)	MiX ₂ (mm)	MiY ₂ (mm)
8	3,72	0,51	49,70	2,33	50,25	3,22	50,13	2,50	49,45	2,84
19	4,80	1,32	57,53	3,13	58,00	4,78	58,63	3,85	57,53	4,23
43	1,86	0,20	65,03	6,18	64,90	6,73	64,86	6,48	65,37	6,56
61	6,98	2,47	31,84	7,58	32,30	9,95	33,44	8,30	31,92	8,68
79	14,82	10,98	18,59	9,65	14,56	12,83	16,47	11,09	18,37	13,76
153	3,14	0,52	66,59	14,94	66,17	16,09	66,13	15,28	66,72	15,58
214	4,06	0,99	39,29	20,28	39,58	21,63	39,92	20,83	38,82	21,00
452	1,70	0,18	84,46	33,02	84,84	33,44	84,76	33,15	84,46	33,44
689	3,17	0,30	52,11	45,34	50,93	45,98	51,06	45,60	51,23	45,89
978	5,75	1,82	47,92	65,15	45,81	65,20	47,20	64,77	47,29	66,00
1017	3,70	0,76	76,20	67,82	75,44	68,84	75,31	68,08	76,08	68,67
1169	3,35	0,72	67,57	83,10	68,29	83,99	68,12	83,19	67,53	83,78
1215	2,21	0,30	43,39	92,97	44,11	93,26	43,90	92,93	43,61	93,43

No	X _{ca} (mm)	Y _{ca} (mm)	Maj Len (mm)	Min Len (mm)	Maj Orien	Min Orien	Feret D (mm)	S Factor (mm)	Compact
8	49,91	2,71	1,05	0,76	1,62	-0,50	0,81	0,47	26,98
19	57,96	3,94	1,72	1,16	3,55	-0,35	1,29	0,72	17,52
43	65,07	6,48	0,56	0,52	-4,33	0,17	0,50	0,71	17,63
61	32,47	8,59	2,42	1,57	5,09	-0,25	1,77	0,64	19,77
79	17,40	12,02	5,12	3,28	-0,79	1,40	3,74	0,63	19,99
153	66,38	15,54	1,22	0,66	-2,70	0,50	0,81	0,66	18,91
214	39,33	20,96	1,39	1,11	4,57	-0,15	1,12	0,75	16,75
452	84,54	33,28	0,57	0,42	1,11	-1,00	0,48	0,79	15,87
689	51,35	45,60	1,34	0,34	-0,54	1,75	0,62	0,38	33,48
978	46,95	65,32	2,12	1,23	-0,02	14,50	1,52	0,69	18,19
1017	75,70	68,29	1,27	0,97	-1,33	0,78	0,98	0,70	18,00
1169	67,86	83,53	1,14	0,84	1,24	-1,00	0,96	0,81	15,57
1215	43,73	93,14	0,78	0,59	0,41	-1,71	0,62	0,77	16,37

Πίνακας 4-4. Γεωμετρικά στοιχεία επιλεγμένων αδρανών σε μία τομή δοκιμίου.

4.3.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΣΦΑΛΤΟΥ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ "IMAGEPRO".

Το πρόγραμμα "ImagePro" επεξεργάζεται εικόνες μορφής αρχείων "bitmap" και υπολογίζει το ποσοστό του μαύρου και του άσπρου χρώματος για το σύνολο των εικονοκυττάρων στην εικόνα. Είτε οι εικόνες έχουν σαρωθεί με βάθος χρώματος 16 ή 24-bit ή παραπάνω το πρόγραμμα για να τις επεξεργαστεί τις μετατρέπει πρώτα σε εικόνες με χρωματικό βάθος 256 διαβαθμίσεων του γκρι (256 ή 8-bit ή "grayscale"). Έτσι όλα τα εικονοκύτταρα έχουν κάποια τιμή απόχρωσης (ή έντασης) του γκρι που βρίσκεται ανάμεσα σε δύο όρια, την τιμή 0 που αντιστοιχεί στο μαύρο χρώμα και την τιμή 255 που αντιστοιχεί στο άσπρο χρώμα.



Στην προσπάθεια να υπολογισθεί η συνολική επιφάνεια των αδρανών και κατ' επέκταση η συνολική επιφάνεια της ασφάλτου και των κενών αέρος (ποσοστό ασφάλτου και κενών αέρος αντίστοιχα) σε μία τομή ασφαλτομίγματος αντιμετωπίστηκαν πολλά προβλήματα κυρίως από τις ελάχιστες χρωματικές διαφορές ανάμεσα στα εικονοκύτταρα που απαρτίζουν τις τρεις φάσεις σύνθεσης ενός ασφαλτομίγματος (άσφαλτος, κενά αέρος, αδρανή).

Εκτός όμως από το πρόβλημα διαχωρισμού των τριών φάσεων κατά την εφαρμογή του προγράμματος "ImagePro" προέκυψαν αρχικά και άλλα προβλήματα που σχετίζονται με την λειτουργία και τις δυνατότητες του συγκεκριμένου προγράμματος σε σχέση βέβαια με την εφαρμογή του προγράμματος "SigmaScanPro" το οποίο τελικά κρίνεται πιο κατάλληλο. Τα κυριότερα προβλήματα που προέκυψαν κατά την εφαρμογή του προγράμματος "ImagePro" ήταν:

- 1) **Επιλογή ανάλυσης.** Το πρόγραμμα "SigmaScanPro" επιτρέπει την επεξεργασία αρχείων εικόνας πολύ μεγάλου μεγέθους. Θεωρητικά τα αρχεία αυτά μπορεί να είναι μεγέθους πολλών MB αρκεί βέβαια το λειτουργικό σύστημα του υπολογιστή να είναι σε θέση να υποστηρίξει τέτοιου είδους επεξεργασία. Αντίθετα το πρόγραμμα "ImagePro" επεξεργάζεται μόνο εικόνες με πλήθος εικονοκυττάρων μικρότερο ή ίσο από 82944 (= 288 * 288). Το παράθυρο στο οποίο εμφανίζονται οι εικόνες στο πρόγραμμα "ImagePro" έχει διαστάσεις 288 πίξελ κατακόρυφα και 288 πίξελ οριζόντια ενώ παράλληλα δεν υπάρχει δυνατότητα μεγιστοποίησής του για καλύτερη προβολή στην οθόνη. Έτσι τίθεται ένας περιορισμός στο μέγεθος των εικόνων που μπορούν να επεξεργαστούν από το δεύτερο πρόγραμμα γιατί όπως είναι γνωστό το μέγεθος μιας εικόνας εξαρτάται ταυτόχρονα και από τις πραγματικές διαστάσεις της και από την ανάλυση με την οποία σαρώνεται. Έτσι στην περίπτωση του προγράμματος "ImagePro" η μέγιστη ανάλυση με την οποία μπορούν να σαρωθούν τα κυλινδρικά δοκίμια ασφαλτομίγματος διαμέτρου 10,16 cm υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο. Υπενθυμίζεται ότι (1 inch = 2,54 cm).

$$\frac{\text{μέγιστη ανάλυση}}{2,54} \times 10,16\text{cm} = 288 \text{ πίξελ} \Rightarrow$$

$$\text{μέγιστη ανάλυση} = 72 \text{ dpi}$$

Δεδομένου όπως είναι γνωστό ότι ακόμα και το ανθρώπινο μάτι μπορεί να διακρίνει αντικείμενα τουλάχιστον με μέγεθος 0,2 mm, η ανάλυση των 72 dpi που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο πρόγραμμα "ImagePro" αποδεικνύεται πολύ μικρή καθώς ένα εικονοκύτταρο έχει μέγεθος $10,16 / 288 = 0,0353\text{cm}$ ή 0,353 mm > 0,2 mm. Η μικρή ανάλυση κάνει δυσδιάκριτες τις τρεις φάσεις από τις οποίες αποτελείται ένα δοκίμιο, δηλαδή τα αδρανή, την άσφαλτο και τα κενά αέρος.

Αντίθετα στο πρόγραμμα "SigmaScanPro" ο χρήστης μπορεί να επεξεργαστεί εικόνες που έχουν προέλθει από σάρωση τομών σε δοκίμια με οποιαδήποτε θεωρητικά ανάλυση. Πρακτικά η μέγιστη ανάλυση περιορίζεται όπως προαναφέρθηκε από τις δυνατότητες του σαρωτή και του υπολογιστή που χρησιμοποιεί ο χρήστης. Έτσι όταν η ανάλυση γίνει πολύ υψηλή (μεγαλύτερη

από 300 ή 600 dpi) η επεξεργασία των εικόνων γίνεται με πολύ αργούς ρυθμούς ή πολλές φορές δεν είναι εφικτή.

Παρατήρηση: στο παράρτημα παρουσιάζεται μια εικόνα διαστάσεων 288 × 288 πίξελ που σαρώθηκε από την επιφάνεια ενός δοκιμίου ασφ/τος. Η ανάλυση που χρησιμοποιήθηκε κατά την σάρωση ήταν η υψηλότερη τιμή βάση των δυνατοτήτων του σαρωτή δηλαδή 600 dpi. Η περιοχή όμως που σαρώθηκε ήταν πολύ μικρή. Συγκεκριμένα όπως προκύπτει από τον παραπάνω τύπο, η περιοχή αυτή ήταν διαστάσεων 1,22 × 1,22 cm. Για να σαρωθεί δηλαδή ολόκληρη η εικόνα του δοκιμίου που έχει διαστάσεις $\pi \times d^2/4 = 3,14 \times 10,16^2/4 \cong 81,03 \text{ cm}^2$ απαιτούνται περίπου 55 εικόνες, αν κάθε εικόνα αντιπροσωπεύει μια περιοχή που έχει τις ίδιες διαστάσεις με την παραπάνω περιοχή.

- 2) **Επιλογή τιμής "Threshold".** Υπενθυμίζεται ότι η τιμή "Threshold" ή "Grey Threshold" φανερώνει το επίπεδο του γκρι (απόχρωση) σε μια εικόνα 256 διαβαθμίσεων του γκρι και μετατρέπει αυτή την εικόνα σε μία εικόνα 2-bit (ασπρόμαυρη εικόνα). Το "Threshold" κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0 (μαύρο) και 255 (άσπρο). Έτσι ορίζοντας μία τιμή π.χ 111 όλα τα εικονοκύτταρα με τιμή έντασης μικρότερη ίση από 111 μετατρέπονται σε εικονοκύτταρα με τιμή έντασης 0 (μαύρα) και όλα τα εικονοκύτταρα με τιμή έντασης μεγαλύτερη από 111 μετατρέπονται σε εικονοκύτταρα με τιμή έντασης 255 (άσπρα). Ενώ στο πρόγραμμα "ImagePro" η τιμή "Threshold" μπορεί να μεταβληθεί κατά 2 ή 3 μονάδες, στο πρόγραμμα "SigmaScanPro" υπάρχει δυνατότητα μεταβολής της αντίστοιχης τιμής κατά μία μονάδα. Έτσι ο προσδιορισμός της τιμής "Threshold" γίνεται με μεγαλύτερη ακρίβεια στο δεύτερο πρόγραμμα.

Ουσιαστικά όταν επιλέγουμε μία τιμή "Grey Threshold" στο πρόγραμμα "ImagePro", το πρόγραμμα επεξηγεί ότι πρόκειται για ένα εύρος τιμών μεταξύ της τιμής 0 και της προεπιλεγμένης τιμής. Στο πρόγραμμα "SigmaScanPro" δίνεται η δυνατότητα επιλογής οποιουδήποτε εύρους τιμών. Έτσι μπορούμε με κάποιο «χρώμα επικάλυψης» ή "overlay", όπως αναφέρεται στο πρόγραμμα, να χρωματίσουμε τα εικονοκύτταρα που έχουν ως τιμή έντασης ένα συγκεκριμένο εύρος τιμών έντασης χρώματος του γκρι. Π.χ να χρωματίσουμε με κόκκινο (ή κάποιο άλλο χρώμα από τις επιλογές που παρέχονται όπως κίτρινο, πράσινο, μπλε ή γαλάζιο) τα εικονοκύτταρα που έχουν τιμές έντασης από 45 έως 120, ένα εύρος τιμών που συναντάται σε πίξελ που αποτελούν τμήματα της ασφάλτου σε μια εικόνα.

- 3) **Δυνατότητα προεπισκόπησης.** Στο πρόγραμμα "SigmaScanPro" δίνεται η δυνατότητα προεπισκόπησης της εικόνας όπου μπορεί ο χρήστης να βλέπει τις αλλαγές που γίνονται σε μια εικόνα μετά τον καθορισμό κάποιας τιμής "Threshold". Έτσι μπορούμε να εφαρμόσουμε σε μια εικόνα αρκετές της τιμές "Threshold" πριν την τελική επιλογή μας.
- 4) **Εντολή "Undo" ή "Αναίρεση".** Στο πρόγραμμα "SigmaScanPro" είναι δυνατή η χρήση της εντολής "Undo" κατά την οποία αναιρείται οποιαδήποτε προηγούμενη εντολή από αυτή που εφαρμόστηκε τελευταία. Έτσι αν επιλέξουμε μία τιμή "Threshold" και τελικά την εφαρμόσουμε, έχουμε την δυνατότητα στην συνέχεια μέσω της παραπάνω εντολής να την αναιρέσουμε και να επιλέξουμε μία νέα τιμή. Αυτή η δυνατότητα δεν παρέχεται στο

πρόγραμμα "ImagePro", όπου μετά την εφαρμογή της τιμής "Threshold", πρέπει αρχικά να «κλείσουμε» το αρχείο εικόνας που επεξεργαζόμαστε και να «ξαναανοίξουμε» το ίδιο αρχείο για να εφαρμόσουμε μία καινούργια τιμή "Threshold".

5) Μεγέθυνση ή Σμίκρυνση εικόνας. Στο πρόγραμμα "SigmaScanPro" μπορούμε να μεγεθύνουμε ή να σμικρύνουμε την εικόνα πολλές. Έτσι μπορούμε να δούμε καλύτερα την εικόνα και κάθε εικονοκύτταρο χωριστά. Αντίθετα στο πρόγραμμα "ImagePro" το παράθυρο εργασιών έχει συγκεκριμένες διαστάσεις. Συγκεκριμένα είναι ένα τετράγωνο με πλευρά μεγέθους 288 εικονοκυττάρων. Το παράθυρο αυτό δεν μεγιστοποιείται και φυσικά δεν υπάρχει η δυνατότητα μεγέθυνσης ή σμίκρυνσης.

6) Υπολογισμός της έντασης κάθε εικονοκυττάρου ξεχωριστά. Στο πρόγραμμα "SigmaScanPro" μπορούμε αφού μεγεθύνουμε την εικόνα και κάθε πίξελ εμφανίζεται πλέον στην οθόνη με μεγαλύτερες διαστάσεις (τόσο μεγαλύτερο ώστε να μπορεί να εντοπισθεί και να διακριθεί από τα γειτονικά του), να βλέπουμε για κάθε πίξελ ξεχωριστά την έντασή του (intensity), μετακινώντας το ποντίκι σε διαφορετικά κάθε φορά πίξελ. Η ένταση δείχνει την απόχρωση του γκρι δηλαδή πόσο πλησιάζει το χρώμα ενός πίξελ το άσπρο (τιμή 255) ή μαύρο χρώμα (τιμή 0). Με αυτό τον τρόπο αλλά και στην προεπισκόπηση της εικόνας κατά την εφαρμογή της τιμής "Intensity Threshold" μπορούμε να διακρίνουμε στην εικόνα μας τα εικονοκύτταρα με την μεγαλύτερη και την μικρότερη τιμή έντασης. Στην συνέχεια μπορούμε να υπολογίσουμε και τη μέση τιμή της έντασης για το σύνολο των εικονοκυττάρων μιας εικόνας.

Σημείωση: στο παράρτημα παρατίθεται συνοπτικά ο τρόπος λειτουργίας του προγράμματος "ImagePro". Από την σάρωση μιας μικρής περιοχής στην επιφάνεια του δοκιμίου (βλ. προηγούμενη παρατήρηση) προκύπτει μία εικόνα που τοποθετείται με κατάλληλες ενέργειες στο παράθυρο προεπισκόπησης του προγράμματος. Στην συνέχεια γίνονται οι κατάλληλες ρυθμίσεις και λαμβάνονται τα ποσοστά μαύρου χρώματος (ασφαλτικός πολτός και κενά αέρος) και άσπρου χρώματος (αδρανή).

Εκτός όμως από τα προβλήματα που προέκυψαν κατά την εφαρμογή του προγράμματος είτε τα δοκίμια σαρώθηκαν με βάθος χρώματος 8-bit είτε με 24-bit οι τρεις φάσεις δηλαδή η ασφαλτός, τα κενά αέρος και τα αδρανή δεν ήταν δυνατό καθορισθούν με ακρίβεια τόσο από το πρόγραμμα "ImagePro" όσο και από το πρόγραμμα "SigmaScanPro".

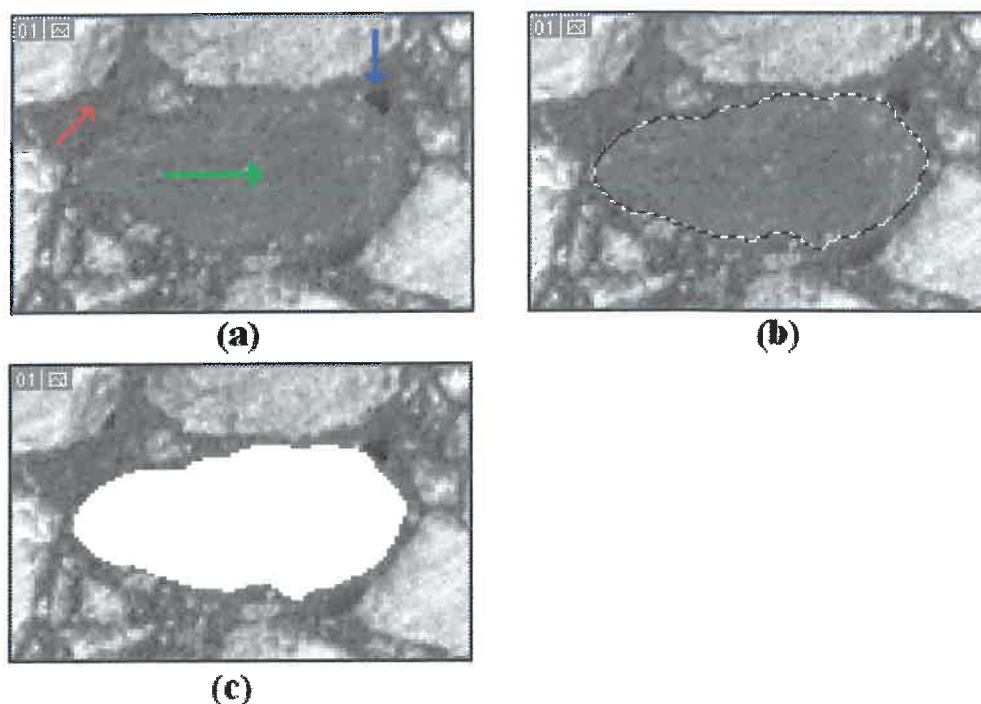
- Σάρωση με χρωματικό βάθος 8-bit ή "256 διαβαθμίσεις του γκρι".

Τόσο το πρόγραμμα "ImagePro" όσο και το πρόγραμμα "SigmaScanPro" τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην προσπάθεια να υπολογισθεί το ποσοστό ασφάλτου (και κατ'επέκταση το ποσοστό αδρανών και των κενών αέρος) σε ένα δοκίμιο ασφαλτομίγματος δεν είναι δυνατό να αναγνωρίσουν ή να «κατανοήσουν» πάντα πότε ένα εικονοκύτταρο είναι μέρος ενός αδρανούς ή μέρος της ασφάλτου. Οι 256 διαβαθμίσεις του γκρι που απεικονίζονται στην εικόνα που προκύπτει μετά τη σάρωση

του δοκιμίου είναι πολύ λίγες για να αποτυπώσουν τα πραγματικά χρώματα των υλικών που συνθέτουν το δοκίμιο ασφαλτομίγματος. Επιλέγοντας ένα κατώτατο όριο (Threshold) στην τιμή της έντασης (απόχρωσης) των διαβαθμίσεων του γκρι που κυμαίνεται από την τιμή 0 (μαύρο) έως 255 (άσπρο), η 8-bit εικόνα (ή 256 διαβαθμίσεων του γκρι) μετατρέπεται σε μια δυαδική εικόνα (2-bit), δηλαδή σε μια ασπρόμαυρη εικόνα. Η ένταση δείχνει πόσο σκούρο ή φωτεινό είναι ένα εικονοκύτταρο. Έτσι π.χ αν επιλέξουμε ως Threshold την τιμή 127 (δηλαδή την μέση τιμή των 256 διαβαθμίσεων) κάθε εικονοκύτταρο με τιμή έντασης μικρότερη από ή ίση με 127 αυτόματα μετατρέπεται σε μαύρο και κάθε εικονοκύτταρο με τιμή έντασης μεγαλύτερη από 127 αυτόματα μετατρέπεται σε άσπρο.

Κάθε εικονοκύτταρο στο πρόγραμμα "SigmaScanPro" χαρακτηρίζεται από τρία στοιχεία : i) από τις συντεταγμένες του (x, y) ως προς ένα σύστημα αξόνων (X, Y) που καθορίζεται από το πρόγραμμα και ii) την τιμή της έντασης για την απόχρωση του γκρι. Έτσι ο καθορισμός μιας τιμής "Threshold" δεν δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα εξαιτίας ακριβώς των ελάχιστων χρωματικών διαφορών μεταξύ των εικονοκυττάρων που αντιπροσωπεύουν την ασφαλτο, τα αδρανή και τα κενά αέρος. Οι ελάχιστες χρωματικές διαφορές ανάμεσα στην ασφαλτο, τα αδρανή και τα κενά αέρος οφείλονται κυρίως στους παρακάτω λόγους :

Α. Φύση των αδρανών: λόγω της φύσης των αδρανών παρατηρήθηκαν πολλά αδρανή στα δοκίμια ασφαλτομίγματος τα οποία είχαν κάποιο σκούρο χρώμα το οποίο πλησίαζε πολλές φορές το χρώμα της ασφάλτου. Έτσι και τα δύο προγράμματα επειδή δεν μπορούν να ξεχωρίσουν τότε ένα πίκσελ είναι μέρος της ασφάλτου και τότε μέρος ενός αδρανούς πολλές φορές απεικονίζουν τις δύο αυτές εντελώς διαφορετικές φάσεις με την ίδια ένταση – απόχρωση του γκρι (βλ. εικόνα 5-13). Στο κέντρο της εικόνας φαίνεται ένα αδρανές το οποίο αποτελείται από εικονοκύτταρα που έχουν τιμές έντασης ίσες με γειτονικά εικονοκύτταρα που απαρτίζουν την ασφαλτο. Συγκεκριμένα από την επεξεργασία της εικόνας στο πρόγραμμα "SigmaScanPro" βρέθηκε ότι η επιφάνεια του συγκεκριμένου αδρανούς αποτελείται από 2341 πίκσελ ενώ η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή έντασης του γκρι βρέθηκε 63 και 177 αντίστοιχα. Η μέση τιμή της έντασης για όλα τα πίκσελ βρέθηκε ίση με 106. Από αντίστοιχες μετρήσεις στα πίκσελ που απαρτίζουν την ασφαλτο που περιβάλλει το αδρανές βρέθηκε ότι αυτά έχουν μέση τιμή έντασης 116 ενώ η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή έντασης βρέθηκαν ίσες με 51 και 125. Παρατηρούμε δηλαδή από τις τιμές της έντασης ότι και οι δύο φάσεις (αδρανή και ασφαλτος) σε μια εικόνα αποτελούνται από πίκσελ που έχουν την ίδια τιμή έντασης. Γι' αυτό το λόγο είναι πολύ δύσκολο να καθορίσουμε τα όρια των τιμών έντασης για τα πίκσελ που συνθέτουν τις δύο αυτές τις φάσεις. Στην παρακάτω εικόνα διακρίνονται οι τρεις φάσεις σύνθεσης ενός ασφαλτομίγματος. Με το κόκκινο βέλος φαίνεται η ασφαλτος, με το πράσινο το αδρανές και με το μπλε ένα κενό αέρος.



Εικόνα 4-15. Διαχωρισμός των φάσεων σε μια εικόνα δοκιμίου ασφαλτομίγματος.

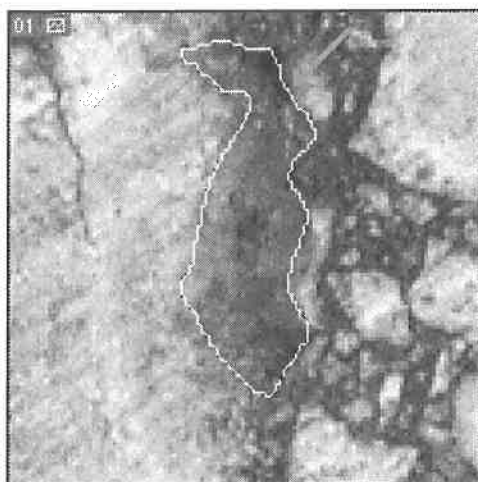
- Β. Κενά αέρος : είναι γνωστό ότι ο όγκος ενός ασφαλτομίγματος αποτελείται από τον όγκο που καταλαμβάνουν εν μέρει οι τρεις φάσεις που περιγράψαμε παραπάνω, η ασφαλτος, τα αδρανή και τα κενά αέρος δηλαδή ισχύει η σχέση :

$$V_{ασφ / τος} = V_{ασφάλτου} + V_{αδρανών} + V_{κενών}$$

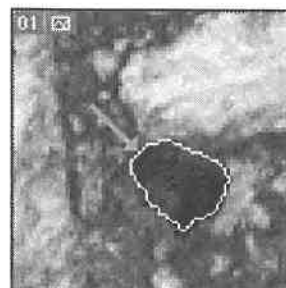
Ας υποθέσουμε ότι ο μέσος όρος στο ποσοστό κενών αέρος ενός δοκιμίου ασφαλτομίγματος είναι μια τιμή π.χ 4 % (κ.ο σύσταση) και ότι η κατανομή των κενών αέρος κατά ύψος μέσα στο δοκίμιο είναι ομοιόμορφη. Τότε σε μία τυχαία τομή του δοκιμίου το ποσοστό των κενών αέρος (εμβαδόν επιφανειών με κενά αέρος / συνολικό εμβαδόν δοκιμίου) αναμένεται να είναι επίσης 4 %.

Όταν ορίζουμε μία τιμή "Threshold" σε μια εικόνα τομής ενός δοκιμίου που έχει σαρωθεί με τύπο εξόδου "256 διαβαθμίσεις του γκρι" η εικόνα μετατρέπεται όπως είδαμε σε μία δυαδική εικόνα. Έτσι οι τρεις φάσεις δεν είναι δυνατό να διακριθούν. Τότε συνήθως η ασφαλτος και τα κενά αέρος απεικονίζονται ως μία, ενιαία φάση γεγονός που επιφέρει σφάλμα στην μέθοδο αφού στο ποσοστό ασφάλτου συνυπολογίζεται το ποσοστό κενών αέρος. Η διάκριση των δύο φάσεων σε μια εικόνα είναι πολύ δύσκολη αφού όπως φαίνεται στο παρακάτω παράδειγμα, πίζελ που έχουν την ίδια τιμή έντασης αποτελούν ταυτόχρονα μέρη και της ασφάλτου και των κενών αέρος. Αυτό συμβαίνει γιατί κατά την σάρωση με την αντανάκλαση φωτός οι αισθητήρες λαμβάνουν πληροφορίες σε περιοχές όπου υπάρχουν κενά αέρος όχι μόνο από το επίπεδο της τομής. Έτσι υπάρχουν κενά αέρος στο επίπεδο της τομής που απεικονίζονται διαφορετικά σε μια εικόνα, δηλαδή με διαφορετική τιμή έντασης. Όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα (κάτοψη δοκιμίου), στην (α) περίπτωση εμφανίζεται ένα κενό αέρος, όπου σε κατώτερα της τομής του επίπεδα είτε επεκτείνεται το αδρανές που βρίσκεται στα αριστερά του είτε βρίσκονται άλλα αδρανή κάτω από την

τομή και στην (β) περίπτωση κάτω από το επίπεδο τομής όπου βρίσκεται το κενό αέρος υπάρχει ποσότητα ασφάλτου γι' αυτό το κενό αέρος εμφανίζεται πιο σκούρο από το κενό στην (α) περίπτωση.



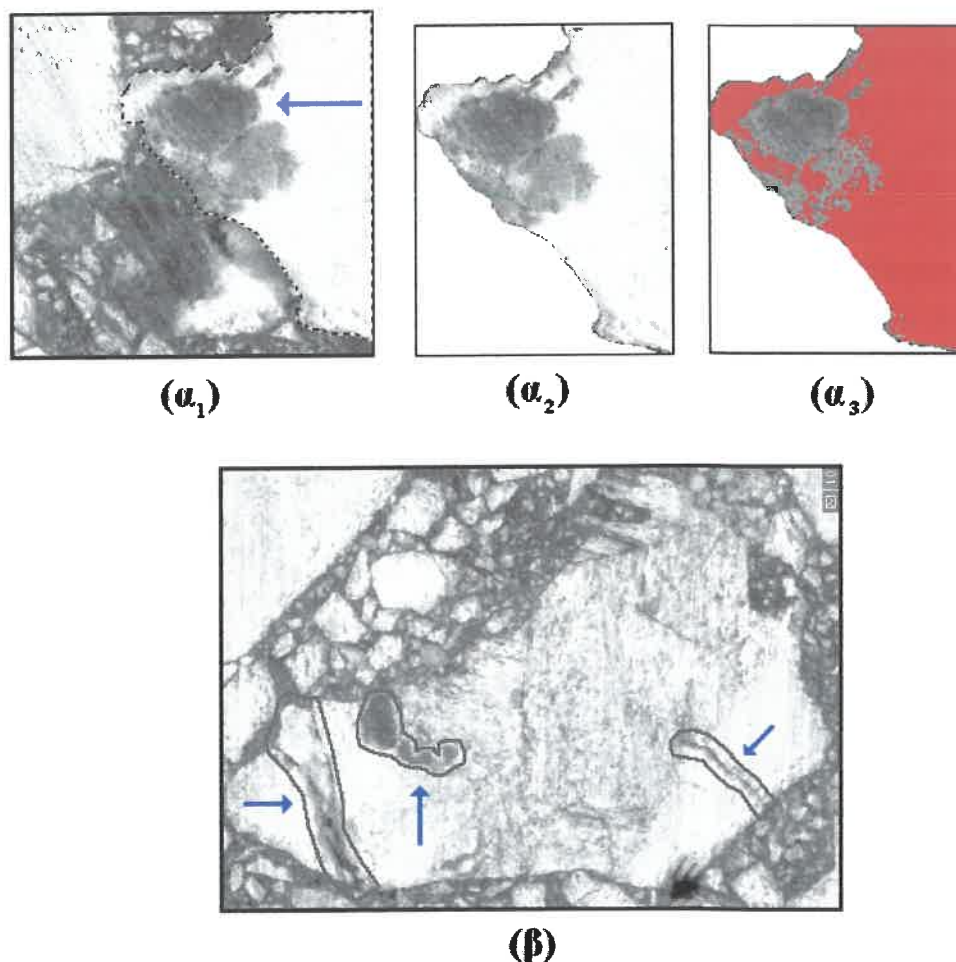
(α)



(β)

Εικόνα 4-16. Περιοχές με κενά αέρος.

- C. Διείσδυση ασφάλτου στα αδρανή: παρατηρώντας προσεχτικά τα δοκίμια διακρίνουμε το φαινόμενο της διείσδυσης ασφάλτου στο εσωτερικό πολλών αδρανών. Η διείσδυση ασφάλτου πραγματοποιείται συνήθως από τη διάρρηξη των αδρανών κατά τη συμπίκνωση ή απλά η άσφαλτος «βάφει» τα αδρανή (περισσότερο εκείνα που είναι μικρού μεγέθους και συγκεκριμένα αυτά που έχουν μέγεθος μικρότερο από 2 mm) μετά το πέρας κάποιου χρονικού διαστήματος. Έτσι μέρος ή ολόκληρη η επιφάνεια ενός αδρανούς δύσκολα διακρίνεται από την άσφαλτο. Ενώ δηλαδή ορίζοντας μία τιμή "Threshold" αναμένεται η φάση των αδρανών να ξεχωρίζει από τις άλλες δύο φάσεις αυτό δεν γίνεται εξαιτίας του φαινομένου της διείσδυσης. Στη παρακάτω εικόνα φαίνεται η διείσδυση ασφάλτου στα αδρανή είτε σαν μορφή σύννεφου πάνω από την επιφάνεια του αδρανούς (α_1), είτε σαν ρωγμές πληρωμένες με ασφαλικό υλικό (β). Στην εικόνα (β_2) φαίνονται τα όρια του αδρανούς στο οποίο έχει εισχωρήσει η άσφαλτος. Ορίζοντας μία τιμή "Threshold" για να ξεχωρίσουμε την φάση των αδρανών για όλη την επιφάνεια του δοκιμίου (α_3), ίση π.χ με 162 (κατώτατη τιμή έντασης για όλα τα πίκσελ που απαρτίζουν τα αδρανή) παρατηρούμε ότι παραμένει κάποιο τμήμα του αδρανούς που δεν έχει συμπεριληφθεί μέσα στα όρια που έχουν επισημανθεί στην εικόνα (α_1). Τα εικονοκύτταρα που συνθέτουν το αδρανές, όπως αυτό έχει προσδιορισθεί με βάση τα σύνορά του στην εικόνα (α_1), βρέθηκε ότι έχουν ελάχιστη τιμή έντασης ίση με 58 που είναι μια μέση τιμή έντασης για τα εικονοκύτταρα που συνθέτουν την φάση της ασφάλτου. Έτσι οι δύο φάσεις γίνονται ακόμα πιο δυσδιάκριτες από την διείσδυση ασφάλτου στα αδρανή.



Εικόνα 4-17. Διείσδυση ασφάλτου στο εσωτερικό των αδρανών.

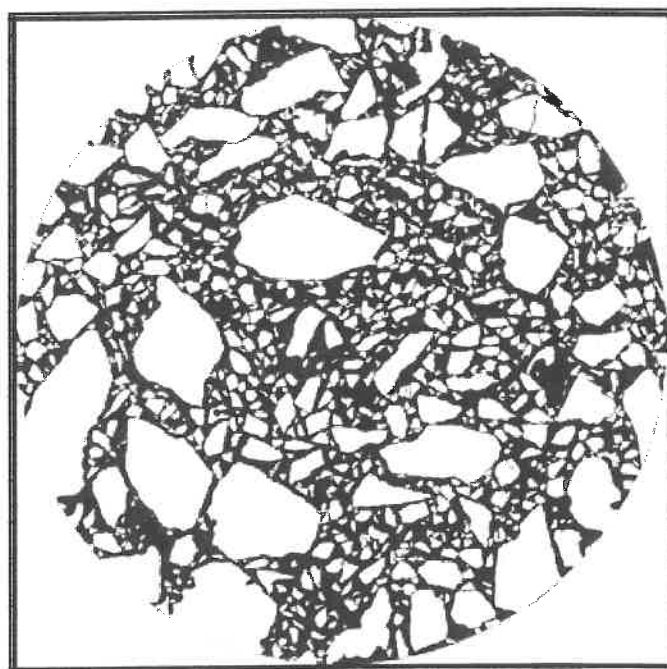
⊕ Σάρωση με χρωματικό βάθος 24-bit ή "Εκατομμύρια χρώματα".

Η σάρωση με βάθος χρώματος 24 bit έχει ως αποτέλεσμα εικόνες δοκιμίων που ανταποκρίνονται πολύ περισσότερο στην πραγματικότητα. Στην περίπτωση αυτή η κάθε φάση αναπαριστάται από πολύ περισσότερα χρώματα π.χ η ασφαλτος σε μια εικόνα ενδέχεται να αποτελείται από εικονοκύτταρα με χιλιάδες αποχρώσεις του γκρι. Φυσικά σε τέτοιες εικόνες δεν είναι δυνατό να καθορίσουμε μία τιμή "Threshold" ώστε να διαχωρίσουμε τις τρεις φάσεις (ασφαλτος, αδρανή και κενά αέρος). Άλλωστε μια τέτοια εικόνα στο πρόγραμμα "SigmaScanPro" πρέπει πρώτα να μετατραπεί σε μια εικόνα 8-bit ("grayscale") ώστε να μπορεί στην συνέχεια να καθοριστεί μία τιμή "Threshold".

Για να διαχωριστούν οι τρεις φάσεις σε εικόνες με χρωματικό βάθος 24-bit ή και περισσότερο πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια χειροκίνητη τεχνική προσδιορισμού των συνόρων όλων των αδρανών. Η τεχνική αυτή απαιτεί αρκετή ώρα (ανάλογα με το μέγεθος των αδρανών που θα ορίσουμε ως το ελάχιστο για την περαιτέρω επεξεργασία του συνόλου των αδρανών) ωστόσο είναι πιο ακριβής από τον απευθείας διαχωρισμό των φάσεων βάση της τιμής "Threshold". Τα όρια των αδρανών σε τέτοιες εικόνες είναι πολύ πιο διακριτά παρατηρώντας απευθείας την εικόνα σε αντίθεση με τις εικόνες 8-bit, όπου οι πληροφορίες που προέρχονται από την εικόνα και μόνο, επιτρέπουν ένα ελλιπή και τελείως τυχαίο καθορισμό τους λόγω προβλημάτων όπως αυτά που

περιγράφηκαν παραπάνω δηλαδή η διείσδυση ασφάλτου στο εσωτερικό των αδρανών, η φύση των αδρανών και η ύπαρξη των κενών αέρος. Στην παρακάτω εικόνα 5-16 εφαρμόστηκε η τεχνική αυτή προσδιορισμού των ορίων των αδρανών με μέγεθος μεγαλύτερο από 2 mm (χονδρόκοκκα αδρανή). Λόγω της πολυπλοκότητας της μορφής των αδρανών χρησιμοποιήθηκαν «εργαλεία» του προγράμματος "Adobe Photoshop" (όπως αυτά που περιγράφηκαν παραπάνω) για την επιλογή των περιοχών όπου εμφανίζονται τα αδρανή. Σε περιοχές όπου υπήρχε ασάφεια, παρά το μεγάλο πλήθος χρωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν κατά την σάρωση, ο καθορισμός των ορίων των αδρανών έγινε με ταυτόχρονη εξέταση των πραγματικών τομών του δοκιμίου.

Στην συγκεκριμένη τομή του δοκιμίου, που ήταν και η πρώτη στην οποία εφαρμόστηκε η παραπάνω τεχνική, καθορίστηκαν τα όρια των αδρανών των οποίων ο δευτερεύων άξονας είχε μήκος μεγαλύτερο από 1 mm. Συνολικά δηλαδή καθορίστηκαν τα όρια για 1215 αδρανή και η διαδικασία ήταν ιδιαίτερα χρονοβόρα αφού απαιτήθηκαν συνολικά 5 ώρες. Για τις επόμενες τομές όμως ο χρόνος μειώθηκε κατά πολύ αφού ο συνολικός αριθμός των αδρανών, τα όρια των οποίων καθορίστηκαν, ήταν πολύ μικρότερος (περίπου 300-450 αδρανή σε κάθε τομή). Έτσι για κάθε τομή απαιτήθηκε συνολικά 3 ώρες περίπου.



Εικόνα 4-18. Καθορισμός των ορίων χονδρόκοκκων αδρανών.

⊕ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΣΕ ΜΙΑ ΤΟΜΗ.

Αν όμως είναι γνωστό το ποσοστό ασφάλτου κατά βάρος αδρανών (% κ.β αδρανών) για ένα δοκίμιο ασφ/τος τότε είναι δυνατό να εκτιμηθεί η συνολική επιφάνεια των αδρανών για μία τυχαία τομή στο δοκίμιο. Υποτίθεται ότι η κατανομή της ασφάλτου, των κενών αέρος και των αδρανών είναι ομοιόμορφη για το δοκίμιο. Άρα η τυχαία τομή θεωρείται ότι είναι αντιπροσωπευτική για το δοκίμιο, κάτι που δεν ισχύει στην πραγματικότητα αφού, σε συνθήκες εργαστηρίου, τα δοκίμια κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο, ώστε τα

χονδρόκοκκα αδρανή να «στριμώνονται» στο κέντρο του κυλινδρικού δοκιμίου ενώ στα τοιχώματα τοποθετείται κυρίως λεπτόκοκκο υλικό. Αυτό συμβαίνει γιατί τα δοκίμια αυτά κατασκευάζονται κυρίως, όπως αναφέρθηκε και στο 2^ο κεφάλαιο, για έλεγχο της ευστάθειας και της παραμόρφωσης. Η δοκιμή που εφαρμόζεται για τον παραπάνω έλεγχο απαιτεί η εξωτερική επιφάνεια των δοκιμίων να είναι όσο το δυνατό πιο λεία, ώστε η κατανομή των τάσεων κατά την εφαρμογή πιέσεων στο δοκίμιο να είναι ομοιόμορφη.

Ας υποτεθεί ότι το ποσοστό ασφάλτου κ.β ασφατομίγματος σε ένα δοκίμιο είναι 4,0 %. Η μάζα του ασφατομίγματος δίδεται από την εξής σχέση:

$$m_{\text{ασφ/τος}} = m_{\text{ασφάλτου}} + m_{\text{αδρανών}} \quad (1)$$

Η μάζα του ασφατομίγματος εύκολα μετριέται με ζύγιση του δοκιμίου. Έστω ότι το βάρος του δείγματος μετρήθηκε και βρέθηκε ίσο με 1193 gr. Η μάζα της ασφάλτου και των αδρανών υπολογίζονται ως εξής:

$$m_{\text{ασφάλτου}} = G_{\text{Asph}} \times V_{\text{ασφάλτου}} \quad , \quad m_{\text{αδρανών}} = G_{\text{bulk}} \times V_{\text{αδρανών}} \quad (2)$$

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 2^ο, με την μέθοδο εκχύλισης υπολογίζονται εκτός από το ποσοστό ασφάλτου και το ειδικό βάρος του ασφατομίγματος και το ειδικό βάρος του ασφ/τος. Τα ειδικά βάρη της ασφάλτου και των αδρανών, G_{asph} και G_{bulk} αντίστοιχα, υπολογίζονται εκ των προτέρων με μεθόδους που περιγράφηκαν επίσης στο 2^ο κεφάλαιο. Έστω ότι αυτά υπολογίστηκαν και οι τιμές τους είναι για την ασφάλτο $G_{\text{asph}} = 1,05 \text{ gr/cm}^3$ και για τα αδρανή $G_{\text{bulk}} = 2,67 \text{ gr/cm}^3$.

Από τις σχέσεις (1),(2) και γνωρίζοντας το ποσοστό της ασφάλτου κ.β ασφ/τος, το βάρος του δοκιμίου και τα ειδικά βάρη της ασφάλτου και των αδρανών υπολογίζονται ο όγκος της ασφάλτου και των αδρανών, $V_{\text{ασφάλτου}} = 45,45 \text{ cm}^3$ και $V_{\text{αδρανών}} = 428,94 \text{ cm}^3$. Αν υποτεθεί ότι η συνολική επιφάνεια των αδρανών ($E_{\text{αδρανών}}$) σε μια οριζόντια τομή του δοκιμίου παραμένει σταθερή σε όλο το ύψος του δοκιμίου ($H_{\text{δοκ}}$), το οποίο μετρήθηκε ίσο με 6,59 cm, τότε ο όγκος των αδρανών είναι ίσος με:

$$V_{\text{αδρανών}} = E_{\text{αδρανών}} \times H_{\text{δοκ}} \Rightarrow E_{\text{αδρανών}} \cong 65,09 \text{ cm}^2 \quad \text{ή} \quad 6509 \text{ mm}^2.$$

Επειδή ολόκληρη η επιφάνεια της οριζόντιας τομής έχει εμβαδόν $E = \pi \cdot d^2/4 = 3,14 \cdot 101,6^2/4 = 8103 \text{ mm}^2$, η επιφάνεια των αδρανών καταλαμβάνει ποσοστό ίσο με: $(6509/8103) \cdot 100 = 80,33\%$ ως προς την συνολική επιφάνεια της τομής.

Η ακτίνα των δοκιμίων Marshall είναι 10,16 cm (ή 4 inches). Όταν η οριζόντια τομή που χρησιμοποιείται στην τεχνική επεξεργασίας εικόνας έχει μικρότερη διάμετρο, η αντίστοιχη επιφάνεια των αδρανών υπολογίζεται μειωμένη αναλογικά σε σχέση με τη συνολική επιφάνεια των αδρανών, όπως αυτή υπολογίστηκε στο προηγούμενο παράδειγμα.

4.3.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΑΔΡΑΝΗ ΜΕΣΩ ΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΦΥΛΛΟΥ

Χρησιμοποιώντας τις παραπάνω μετρήσεις για την τομή ενός δοκιμίου μπορούν να υπολογιστούν κάποιες στατιστικές παράμετροι οι οποίες είναι χαρακτηριστικές για μία

οριζόντια ή μια κατακόρυφη τομή ενός δοκιμίου. Μερικές από αυτές τις στατιστικές παράμετροι είναι οι ακόλουθες:

- a) *Κοκκομετρική διαβάθμιση των χονδρόκοκκων αδρανών βάση του κύριου ή δευτερεύοντα άξονά τους ή της διαμέτρου "Feret"*: προκύπτει από το άθροισμα των εμβαδών των αδρανών (σε μία επίπεδη τομή) των οποίων ο κύριος ή ο δευτερεύων άξονας ή η διάμετρος "Feret" είναι μεταξύ 2 mm και μιας διάστασης d , ($d \geq 2$ mm), ίσης με το άνοιγμα της βροχίδας για κάθε κόσκινο, ως προς την συνολική επιφάνεια όλων αδρανών (όπως αυτή υπολογίσθηκε στην προηγούμενη ενότητα).
- b) *Κοκκομετρική διαβάθμιση των χονδρόκοκκων αδρανών βάση του "παράγοντα σχήματος" (shape factor)*: προκύπτει από το άθροισμα του αριθμού των αδρανών (ή των εμβαδών τους) των οποίων ο "παράγοντας σχήματος" είναι μεταξύ της τιμής 0 και μιας τιμής s , ($0 \leq s \leq 1$), ως προς τον συνολικό αριθμό των αδρανών (ή των εμβαδών τους).
- c) *Κοκκομετρική διαβάθμιση των χονδρόκοκκων αδρανών βάση του προσανατολισμού (orientation) των χονδρόκοκκων αδρανών*: προκύπτει από το άθροισμα του αριθμού των αδρανών (ή των εμβαδών τους ή της πυκνότητάς τους) των οποίων ο προσανατολισμός του κύριου άξονα είναι μεταξύ της τιμής -90° και μιας γωνίας θ , ($-90^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$), ως προς τον συνολικό αριθμό των αδρανών (ή των εμβαδών τους ή της πυκνότητάς τους).
- d) *Κέντρο βάρους (X, Y) όλων των χονδρόκοκκων αδρανών σε μία οριζόντια τομή*.
- e) *Εκκεντρότητα (ποσοστό %)*: εκφράζεται, για μια οριζόντια τομή, ως το πηλίκο της απόστασης του κέντρου βάρους των χονδρόκοκκων αδρανών από το γεωμετρικό κέντρο βάρους της τομής ως προς την ακτίνα του κύκλου που αντιπροσωπεύει την οριζόντια τομή.

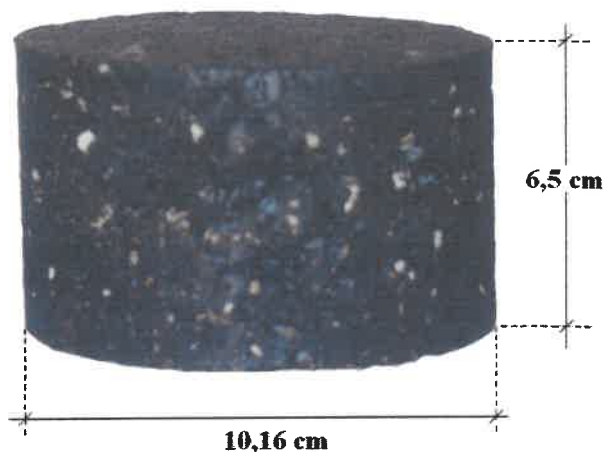
4.4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

Η τεχνική επεξεργασίας εικόνας που περιγράφηκε παραπάνω εφαρμόστηκε για την μελέτη της εσωτερικής δομής ενός δοκιμίου ασφαλτομίγματος. Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται δύο παραδείγματα που εξετάζουν την κατανομή των χονδρόκοκκων αδρανών (≥ 2 mm) σε ένα δοκίμιο ασφ/τος. Το πρώτο παράδειγμα παρουσιάζει τις διαφορές στην κατανομή των χονδρόκοκκων αδρανών σε μία οριζόντια και μία κατακόρυφη τομή ενός δοκιμίου ασφαλτικού σκυροδέματος. Επίσης γίνεται κοκκομετρική διαβάθμιση των χονδρόκοκκων αδρανών βάση του κύριου ή δευτερεύοντα άξονά τους ή της διαμέτρου "Feret" για τις δύο τομές (οριζόντια και κατακόρυφη) και εξάγεται η αντίστοιχη κοκκομετρική καμπύλη. Τέλος υπολογίζονται και εξετάζονται παράμετροι όπως ο "παράγοντας σχήματος" και ο προσανατολισμός των αδρανών για την οριζόντια και κατακόρυφη τομή αντίστοιχα.

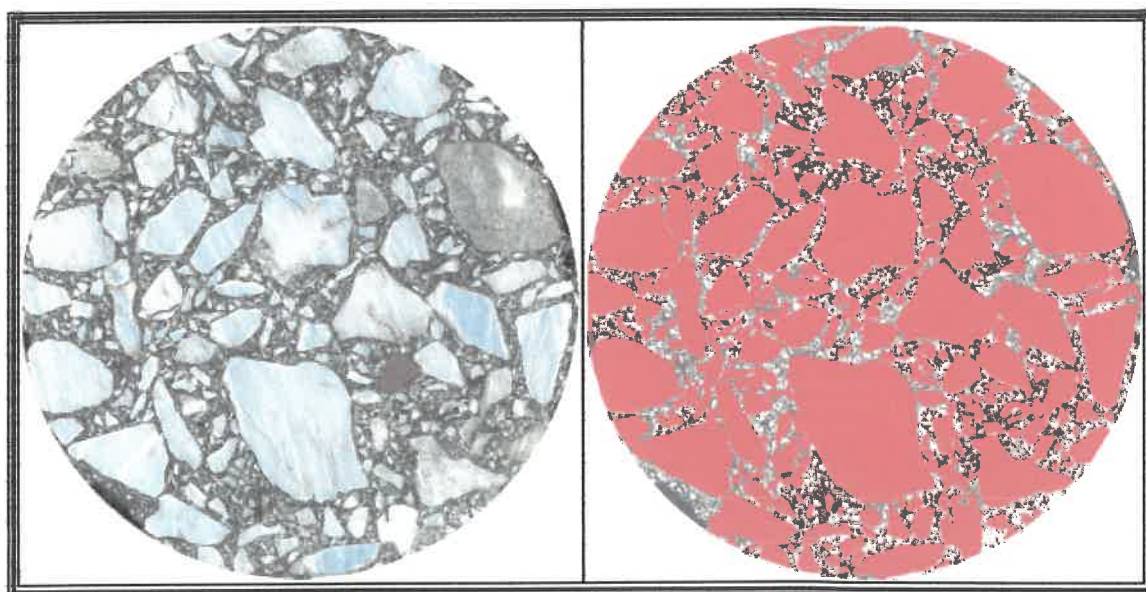
Το δεύτερο παράδειγμα εξετάζει επίσης τις διαφορές στην κατανομή των χονδρόκοκκων αδρανών σε οκτώ οριζόντιες και τέσσερις κατακόρυφες τομές ίδιων δοκιμίων ασφ/των και την σχέση των διαφορών αυτών με τις μεθόδους συμπίκνωσης.

4.4.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗΣ ΤΟΜΗΣ

Στην ανάλυση που ακολουθεί χρησιμοποιήθηκαν δύο ίδια δοκίμια Marshall ασφαλτικού σκυροδέματος (εικόνα 4-19). Το δείγμα ισοπεδωτικής στρώσης από το οποίο κατασκευάστηκαν τα δοκίμια υποβλήθηκε σε δοκιμή εκχύλισης, τα αποτελέσματα της οποίας παρατίθενται στο κεφάλαιο 5.2.2. Από το πρώτο δοκίμιο εξετάστηκε μια κυκλική οριζόντια τομή διαμέτρου 100 mm (εικόνα 5-18) που λήφθηκε από το μέσο του δοκιμίου και από το δεύτερο δοκίμιο εξετάστηκε μια κατακόρυφη ορθογωνική τομή πάνω στο κέντρο του κυκλικού δοκιμίου διαστάσεων, 100 mm × 63 mm, (πλάτος × ύψος), (εικόνα 5-19).



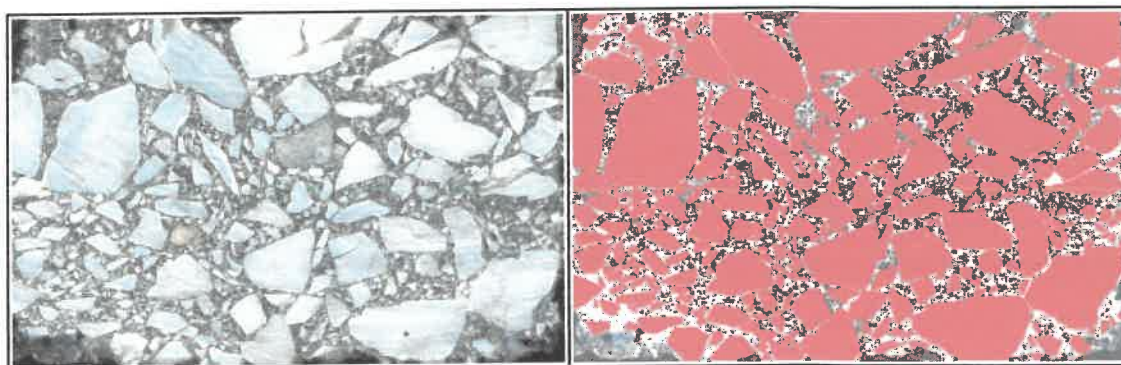
Εικόνα 4-19. Δοκίμιο ασφαλτικού σκυροδέματος.



(α) Πριν από την επεξεργασία.

(β) Μετά την επεξεργασία.

Εικόνα 4-20. Οριζόντια κυκλική τομή.



(α) Πριν από την επεξεργασία.

(β) Μετά την επεξεργασία.

Εικόνα 4-21. Κατακόρυφη ορθογωνική τομή.

🌐 Διαφορές στην κατανομή αδρανών βάση του κύριου και δευτερεύοντα άξονα, της διαμέτρου "Feret" και της επιφάνειας.

Χρησιμοποιώντας την τεχνική επεξεργασία εικόνας υπολογίσθηκαν βασικά στοιχεία για την γεωμετρία και την κατανομή των χονδρόκοκκων αδρανών στις δύο επίπεδες τομές. Η επιλογή των 2 mm ως ελάχιστη διάσταση στην ανάλυση βασίζεται στην υπόθεση ότι ως χονδρόκοκκα αδρανή στην κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών, χαρακτηρίζονται αυτά που συγκρατούνται στο κόσκινο των 2 mm (ή No 10).

Υπάρχουν για την ακρίβεια 122, 180 και 307 αδρανή (σε σύνολο 373 αδρανών που αναλύθηκαν από το πρόγραμμα) των οποίων ο δευτερεύων άξονας, η διάμετρος Feret και ο κύριος άξονας αντίστοιχα, έχουν μήκος μεγαλύτερο από 2 mm, στην οριζόντια τομή του δοκιμίου. Υπάρχουν για την ακρίβεια 122, 161 και 270 αδρανή (σε σύνολο 324 αδρανών που αναλύθηκαν από το πρόγραμμα) των οποίων ο δευτερεύων άξονας, η διάμετρος Feret και ο κύριος άξονας αντίστοιχα, έχουν μήκος μεγαλύτερο από 2 mm, στην κατακόρυφη τομή του δοκιμίου.

Η επιφάνεια που καταλαμβάνουν τα χονδρόκοκκα αδρανή, με μήκος δευτερεύοντα άξονα, διαμέτρου Feret και κύριου άξονα μεγαλύτερο από 2 mm, είναι για την οριζόντια τομή 4470,29, 4737,56 και 5001,86mm² αντίστοιχα και για την κατακόρυφη τομή 3552,45, 3723,86 και 3944,25mm² αντίστοιχα. Ο λόγος της επιφάνειας που καταλαμβάνουν τα χονδρόκοκκα αδρανή στην οριζόντια τομή, με μήκος δευτερεύοντα άξονα, διαμέτρου Feret και κύριου άξονα μεγαλύτερο από 2 mm, ως προς την συνολική επιφάνεια της οριζόντιας τομής ($= \pi \cdot d^2/4 = 3,14 \cdot 100^2/4 \cong 7850 \text{ mm}^2$) είναι 56,94, 60,36 και 63,72% αντίστοιχα. Ο λόγος της επιφάνειας που καταλαμβάνουν τα χονδρόκοκκα αδρανή στη κατακόρυφη τομή, με μήκος δευτερεύοντα άξονα, διαμέτρου Feret και κύριου άξονα μεγαλύτερο από 2 mm, ως προς την συνολική επιφάνεια της κατακόρυφης τομής ($= \text{πλάτος} \cdot \text{ύψος} = 100 \times 63 = 6300 \text{ mm}^2$) είναι 56,40, 59,10 και 62,59 % αντίστοιχα.

Συμπέρασμα: ενώ η συνολική επιφάνεια των δύο τομών που αναλύθηκαν από το πρόγραμμα έχουν μεγάλη διαφορά (7850 mm² για την οριζόντια τομή και 6300 mm² για την κατακόρυφη τομή), ο λόγος της επιφάνειας που καταλαμβάνουν τα χονδρόκοκκα αδρανή για την οριζόντια και κατακόρυφη τομή, με μήκος δευτερεύοντα άξονα, διαμέτρου Feret και κύριου άξονα μεγαλύτερο από 2 mm, ως προς την συνολική επιφάνεια της οριζόντιας και κατακόρυφης τομής, είναι περίπου ίδιος. Αν τα παραπάνω

ποσοστά για τις δύο τομές είχαν μεγάλη απόκλιση αυτό θα σήμαινε ότι τα χονδρόκοκκα αδρανή δεν έχουν ομοιόμορφη κατανομή που πιθανώς οφείλεται σε κακή συμπύκνωση των δοκιμίων Marshall. Υπενθυμίζεται βέβαια ότι οι δύο τομές λήφθηκαν από το κέντρο-μέσο του δοκιμίου. Αν μία από τις δύο τομές ή και οι δύο λαμβάνονταν από εντελώς διαφορετική θέση (επίπεδο) του δοκιμίου, τότε θα ήταν λογικό να αναμένεται μια μεγαλύτερη απόκλιση στις τιμές των παραπάνω ποσοστών. Τέτοιου είδους διαφορές εξετάζονται στο δεύτερο παράδειγμα αυτού του κεφαλαίου όπου μελετώνται πολλές τομές, σε οριζόντιο και κατακόρυφο επίπεδο, παράλληλες μεταξύ τους. Εφαρμόζοντας διαφορετικές μεθόδους συμπύκνωσης είναι δυνατό να μελετηθούν οι επιπτώσεις στην κατανομή των χονδρόκοκκων αδρανών μέσα σε ένα δοκίμιο.

- Διαφορές στην κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών.

Με την τεχνική επεξεργασίας εικόνας που περιγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, τα χονδρόκοκκα αδρανή διαχωρίστηκαν από την ασφαλτο και τα λεπτόκοκκα αδρανή (βλ. εικόνα 5-18 (β), 5-19 (β)) για την οριζόντια και κατακόρυφη τομή. Στην συνέχεια υπολογίστηκαν από το πρόγραμμα "SigmaScanPro" ο κύριος και ο δευτερεύων άξονας καθώς και η διάμετρος "Feret" κάθε αδρανούς ξεχωριστά. Από τα στοιχεία αυτά με την βοήθεια του προγράμματος Excel έγινε η κοκκομετρική διαβάθμιση των χονδρόκοκκων αδρανών βάση του κύριου ή δευτερεύοντα άξονά τους ή της διαμέτρου "Feret". Τα αποτελέσματα για την οριζόντια και κατακόρυφη τομή του δοκιμίου παρατίθενται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα.

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ									
ΔΟΚΙΜΗ ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ				ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ "SigmaScanPro"					
ΚΟΣΚΙΝΑ		ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ	ΟΡΙΑ ΠΡΟΔ/ΦΗΣ	ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΤΟΜΗ			ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΤΟΜΗ		
inches	mm	%	%	Minor	Feret	Major	Minor	Feret	Major
1"	25,400	100	100	100	100	88	100	100	95
3/4"	19,050	88	76-100	89	88	79	100	100	79
1/2"	12,700	69	64-89	77	71	57	92	75	66
No 4	4,760	42	38-64	45	42	36	52	45	35
No 10	2,000	27	25-50	33	29	25	32	28	24
No 40	0,420	10	12-28	-	-	-	-	-	-
No 80	0,180	7	7-18	-	-	-	-	-	-
No 200	0,074	5,3	4-8	-	-	-	-	-	-

Πίνακας 4-5. Κοκκομετρική ανάλυση αδρανών με την συμβατική μέθοδο και με τεχνικές επεξεργασίας εικόνας μέσω H/Y.

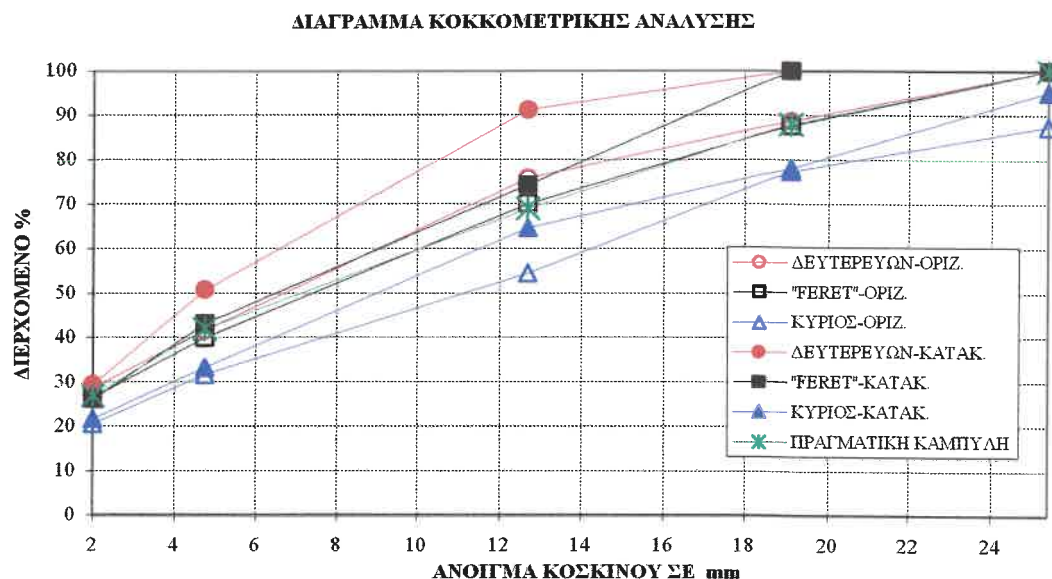
Συμπέρασμα: από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι η κοκκομετρική διαβάθμιση των χονδρόκοκκων αδρανών βάση της διαμέτρου "Feret" στην οριζόντια τομή, προσεγγίζει με μεγαλύτερη ακρίβεια τα ποσοστά της κοκκομετρικής ανάλυσης όπως αυτά προκύπτουν με την δοκιμή εκχύλισης. Η κοκκομετρική διαβάθμιση βάση του κύριου και δευτερεύοντα άξονα στην οριζόντια τομή αποτελούν κατά κάποιο τρόπο το κάτω

και άνω όριο στα διερχόμενα ποσοστά των αδρανών. Η απόκλιση στις τιμές των διερχόμενων ποσοστών όπως αυτές προκύπτουν από την διάμετρο "Feret" δεν αποδεικνύουν το σφάλμα της μεθόδου για τους παρακάτω λόγους:

- Η οριζόντια τομή στο μέσο του δοκιμίου μπορεί να θεωρείται αντιπροσωπευτική για την μέθοδο, οι παράμετροι όμως που λαμβάνονται υπόψη (κύριος και δευτερεύων άξονας, διάμετρος "Feret", εμβαδόν, περίμετρος κ.α) και που προέρχονται από επεξεργασία της εικόνας της τομής του δοκιμίου, αναφέρονται σε δισδιάστατο επίπεδο. Αν η τομή γίνει σε διαφορετικό επίπεδο τότε οι τιμές των παραμέτρων αλλάζουν, επομένως θα μεταβάλλονται και τα ποσοστά όπως αυτά υπολογίζονται με την βοήθεια του προγράμματος.
- Από την αρχή έγινε η υπόθεση ότι η κατανομή των αδρανών μέσα στο δοκίμιο είναι ομοιόμορφη, κάτι που θεωρητικά (μορφή και σχήμα αδρανών) και πρακτικά (λόγω μεθόδων κατασκευής των δοκιμίων) είναι αδύνατο. Επομένως η συνολική επιφάνεια των αδρανών σε μία οριζόντια και κατακόρυφη τομή θεωρήθηκε σταθερή σε όλο το ύψος και πλάτος του δοκιμίου, αντίστοιχα.

Τέλος συγκρίνοντας τα ποσοστά των διερχόμενων αδρανών έως το κόσκινο 1/2" (άνοιγμα βροχίδας 12,700 mm), όπως αυτά προκύπτουν βάση της διαμέτρου "Feret", του κύριου και δευτερεύοντα άξονα για την κατακόρυφη και οριζόντια τομή αντίστοιχα, τα ποσοστά για την κατακόρυφη τομή είναι μεγαλύτερα από τα ποσοστά για την οριζόντια τομή. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι στην οριζόντια τομή εμφανίζονται πιο χονδρόκοκκα αδρανή σε σχέση με την κατακόρυφη τομή. Αυτό δείχνει αρχικά μια τάση που έχουν τα χονδρόκοκκα αδρανή να προσανατολίζονται με τον κύριο άξονα τους παράλληλο περισσότερο στην οριζόντια παρά στη κατακόρυφη διεύθυνση. Το συμπέρασμα αυτό ενισχύεται περισσότερο από εξέταση περισσότερων οριζόντιων και κατακόρυφων τομών σε δοκίμια ασφ/τος, κάτι που γίνεται σε επόμενη ενότητα (βλ. κεφ. 4.3.6).

Η εικόνα 5-20 παρουσιάζει την κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών βάση του κύριου ή δευτερεύοντα άξονά τους ή της διαμέτρου "Feret" στην οριζόντια και κατακόρυφη τομή του δοκιμίου. Επίσης στην εικόνα 5-20 παρουσιάζεται και η κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών όπως αυτή προέκυψε από την δοκιμή εκχύλισης (βλ. πίνακα 5-2, εικόνα 5-5). Η εικόνα 5-20 δείχνει ότι οι κοκκομετρικές καμπύλες που προκύπτουν για διαβάθμιση με βάση τον κύριο και δευτερεύων άξονα, αποτελούν το άνω και κάτω όριο για την πραγματική κοκκομετρική καμπύλη. Επίσης η κοκκομετρική καμπύλη που προκύπτει με βάση την διάμετρο "Feret" πλησιάζει περισσότερο στην πραγματική κοκκομετρική καμπύλη.

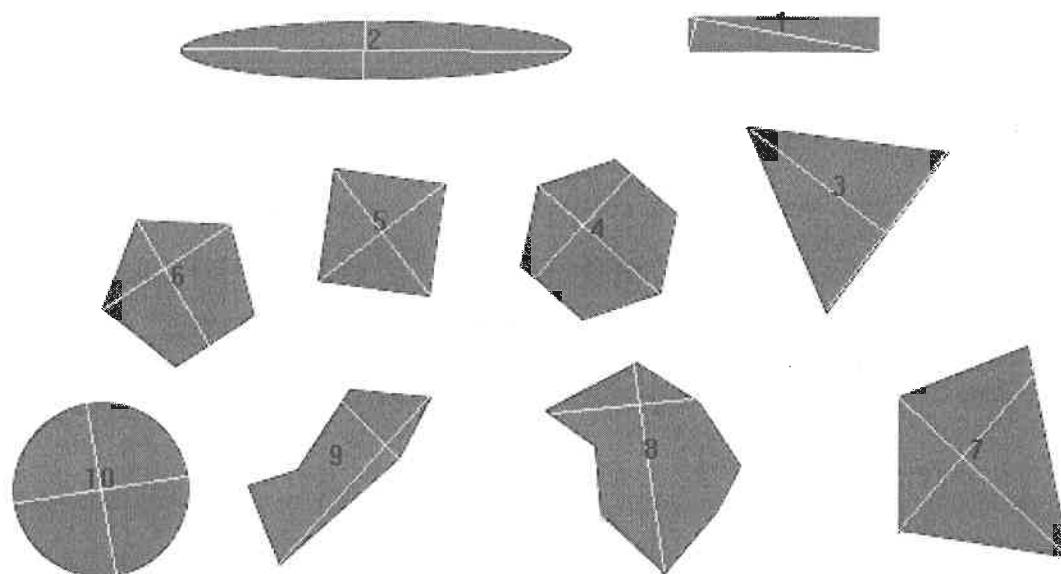


Εικόνα 4-22. Κοκκομετρική διαβάθμιση βάση κύριου, δευτερεύοντα άξονα και διαμέτρου "Ferret" σε οριζόντια και κατακόρυφη τομή δοκιμίου ασφαλτικού σκυροδέματος.

Διαφορές στην κατανομή αδρανών βάση του "παράγοντα σχήματος".

Υπενθυμίζεται ότι ο "παράγοντας σχήματος" είναι ένα μέτρο του κατά πόσο πλησιάζει, από άποψη μορφής, το σχήμα του κάθε αδρανούς την κυκλική μορφή και δίνεται από τον τύπο $4\pi \cdot \text{εμβαδόν} / \text{περίμετρο}^2$. Ένας τέλειος κύκλος και μία γραμμή έχουν "παράγοντα σχήματος" με τιμή 1 και 0, αντίστοιχα. Τα αδρανή πρέπει γενικά να έχουν μεγάλη επιφάνεια επαφής ώστε οι δυνάμεις τριβής που αναπτύσσονται μεταξύ τους να είναι μεγάλες. Γενικά οι κόκκοι κυβοειδούς μορφής είναι καλύτεροι από τους σφαιρικούς ενώ πρέπει να αποφεύγεται η χρησιμοποίηση πλακοειδών κόκκων καθώς δημιουργούν μικρή επιφάνεια επαφής και εμφανίζουν μικρές σχετικά αντοχές έναντι τόσο των κυβοειδών όσο και των σφαιρικών.

Στην παρακάτω εικόνα 4-23 παρατίθενται δέκα γεωμετρικά σχήματα μερικά από τα οποία είναι γνωστής γεωμετρικής μορφής. Όπως φαίνεται και από την εικόνα τα σχήματα αυτά έχουν αριθμηθεί καθώς επίσης έχει βρεθεί ο κύριος και δευτερεύων άξονάς τους. Στην συνέχεια υπολογίστηκε από την παραπάνω σχέση ο "παράγοντας σχήματος" (shape factor, s) για όλα τα σχήματα. Από την προηγούμενη επισήμανση για την μορφή των κόκκων γίνεται αντιληπτό παρατηρώντας την εικόνα, ότι μορφή κόκκων όπως τα σχήματα 1, 2 και 10 πρέπει να αποφεύγεται. Ο "παράγοντας σχήματος" για τα σχήματα αυτά είναι $S_1 = 0,35$, $S_2 = 0,31$ και $S_{10} = 1,00$ αντίστοιχα. Γενικά για να έχουν οι κόκκοι κατάλληλη μορφή πρέπει η τιμή S να κυμαίνεται μεταξύ κάποιων ορίων, συνήθως $0,35 < S < 0,85$.

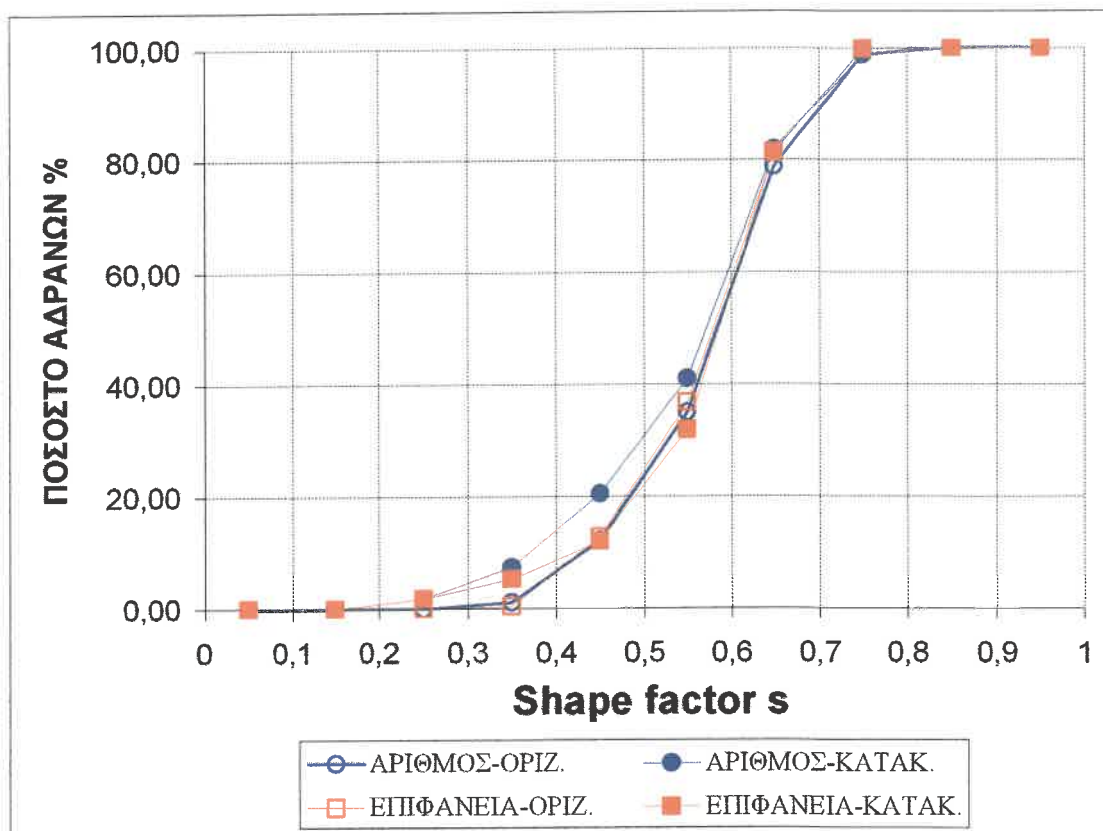


Εικόνα 4-23. Πιθανές σχηματικές μορφές κόκκων σε δισδιάστατο επίπεδο.

Σχήμα	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
"παράγοντας σχήματος" S	0,35	0,31	0,55	0,83	0,74	0,78	0,69	0,68	0,52	1,00

Πίνακας 4-6. Τιμές "παράγοντα σχήματος", S , για διάφορες μορφές σχημάτων.

Στην παρακάτω εικόνα 4-24 παρουσιάζονται η διαβάθμιση των χονδρόκοκκων αδρανών (με διάμετρο "Feret" $\geq 2\text{mm}$) βάση του "παράγοντα σχήματος" στην οριζόντια και κατακόρυφη τομή του δοκιμίου. Από την εικόνα 4-24 φαίνεται καθαρά ότι τα αδρανή και στις δύο διευθύνσεις έχουν "παράγοντα σχήματος" που κυμαίνεται μεταξύ 0,2 και 0,8. Ωστόσο το μεγαλύτερο ποσοστό των αδρανών έχει "παράγοντα σχήματος" που κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0,35 και 0,75. Η διαβάθμιση έγινε τόσο βάση του αριθμού όσο και της επιφάνειας που καταλαμβάνουν τα χονδρόκοκκα αδρανή που έχουν ένα συγκεκριμένο εύρος τιμών για τον "παράγοντα σχήματος", σε σχέση με τον συνολικό αριθμό και την συνολική επιφάνεια που καταλαμβάνουν τα χονδρόκοκκα αδρανή με διάμετρο "Feret" μεγαλύτερη από ή ίση με 2mm.



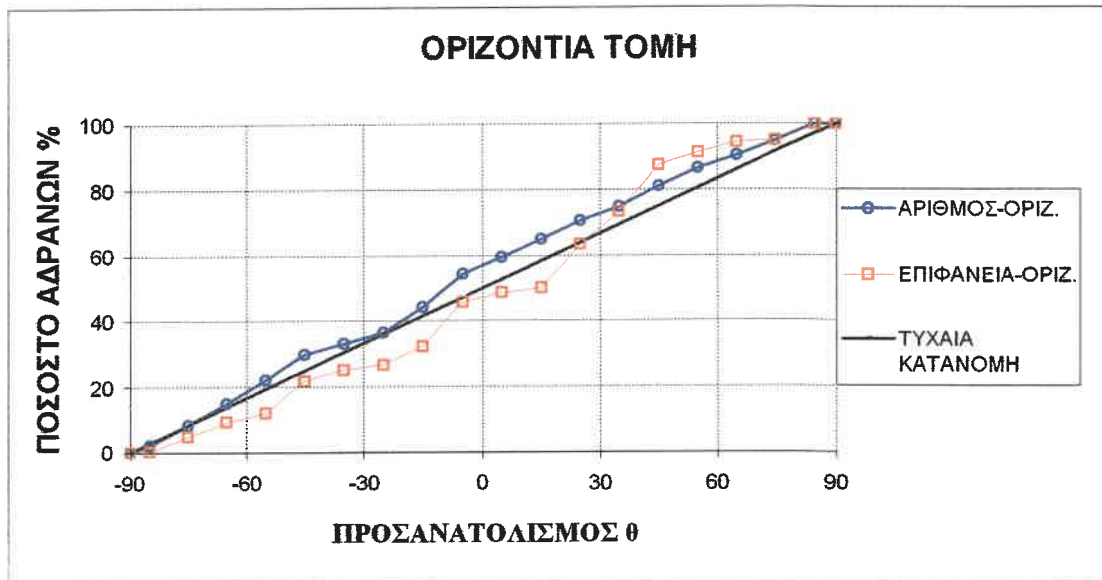
Εικόνα 4-24. Διαβάθμιση αδρανών βάση του "παράγοντα σχήματος" για την οριζόντια και κατακόρυφη τομή του δοκιμίου.

 Διαφορές στην κατανομή αδρανών βάση του προσανατολισμού τους.

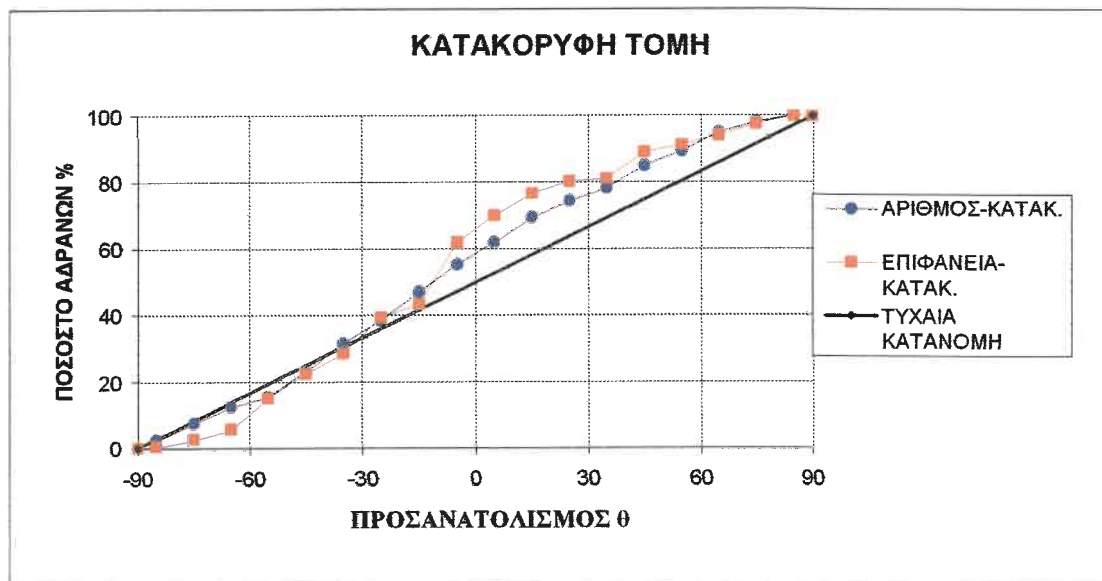
Στις παρακάτω εικόνες 4-25 και 4-26 παρουσιάζεται η ποσοστιαία κατανομή των χονδρόκοκκων αδρανών σε σχέση με τον προσανατολισμό τους σε μια οριζόντια και μια κατακόρυφη τομή του δοκιμίου, αντίστοιχα. Το πρόγραμμα "SigmaScanPro" ορίζει αρχικά ένα σύστημα συντεταγμένων X,Y, όπου ο άξονας X και ο άξονας Y αντιπροσωπεύουν την οριζόντια και κατακόρυφη διεύθυνση αντίστοιχα (βλ. εικόνα 4-13). Για τον προσανατολισμό των αδρανών χρησιμοποιήθηκε η γωνία που σχηματίζει ο κύριος άξονας με την οριζόντια διεύθυνση, δηλαδή με τον άξονα X. Τα ίδια αποτελέσματα λαμβάνονται για μέτρηση της γωνίας που σχηματίζει ο δευτερεύων άξονας με τον άξονα Y.

Στην παραπάνω διαδικασία συμπεριελήφθησαν αδρανή με διάμετρο "Feret" μεγαλύτερη από ή ίση με 2mm. Ο προσανατολισμός των αδρανών εξετάστηκε τόσο για την οριζόντια όσο και την κατακόρυφη τομή του δοκιμίου. Τα διαγράμματα που παρουσιάζονται στις εικόνες 4-25, 4-26 παρουσιάζουν την ποσοστιαία κατανομή των χονδρόκοκκων αδρανών (με διάμετρο "Feret" $\geq 2\text{mm}$). Στον κατακόρυφο άξονα σημειώνεται το ποσοστό (αθροιστική κατανομή) που αντιστοιχεί είτε στον αριθμό είτε στην επιφάνεια των αδρανών που έχουν ένα συγκεκριμένο εύρος τιμών (π.χ $-90 < \theta < -80$) ως προς τον συνολικό αριθμό ή την συνολική επιφάνεια των αδρανών.

Συμπέρασμα: από τις δύο παρακάτω εικόνες 4-25 και 4-26 φαίνεται ότι ο προσανατολισμός των αδρανών τόσο στην οριζόντια όσο και στην κατακόρυφη τομή του δοκιμίου είναι περίπου τυχαίος. Για μία εντελώς τυχαία κατανομή βάσης του προσανατολισμού των αδρανών, η μορφή των διαγραμμάτων αναμένεται να είναι μία ευθεία γραμμή που ενώνει το κάτω-αριστερά άκρο (τιμή 0) και το πάνω-δεξιά άκρο (τιμή 100).



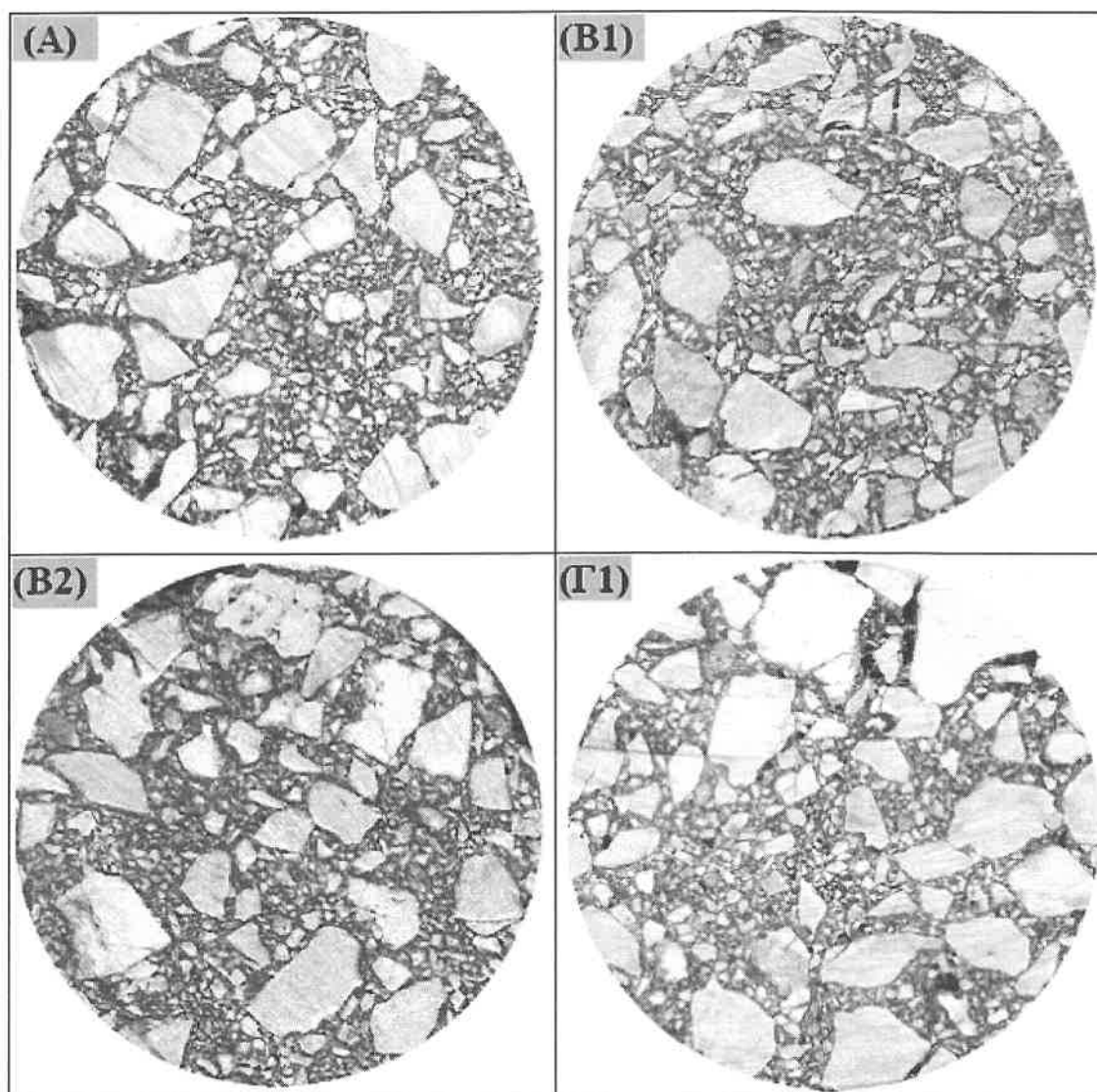
Εικόνα 4-25. Διαβάθμιση αδρανών βάσης του προσανατολισμού τους για την οριζόντια τομή του δοκιμίου.



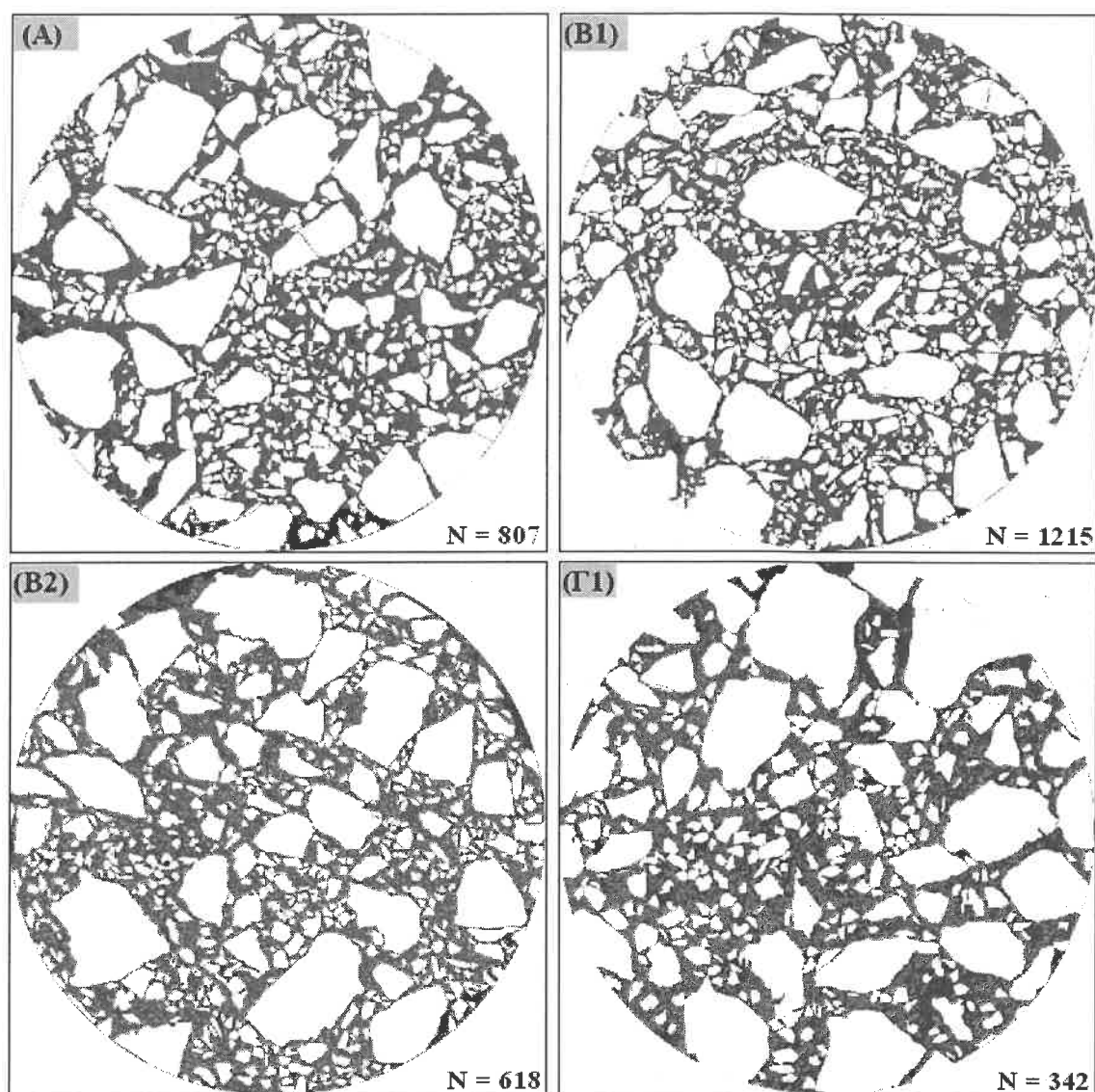
Εικόνα 4-26. Διαβάθμιση αδρανών βάσης του προσανατολισμού τους για την κατακόρυφη τομή του δοκιμίου.

4.4.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΣΕ ΠΑΡΑΛΛΗΛΕΣ ΤΟΜΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ.

Για να εξετασθούν οι διαφορές στην κατανομή των αδρανών καθ' ύψος του δοκιμίου έπρεπε να ληφθούν παράλληλες οριζόντιες τομές από το ίδιο δοκίμιο. Έτσι, από ένα δοκίμιο Marshall (δείγμα ισοπεδωτικής στρώσης ισχύουσας Π.Τ.Π. Α265) ελήφθησαν πέντε οριζόντιες φέτες ανά απόσταση περίπου 1,3 cm (ύψος δοκιμίου 6,55 cm). Από τις δύο ακραίες φέτες (πάνω και κάτω βάση του δοκιμίου) ελήφθησαν δύο εικόνες, δηλαδή μία για κάθε τομή (εικόνες Α και Ε αντίστοιχα), ενώ από τις τρεις μεσαίες φέτες (από μία μεσαία φέτα προέκυπταν δύο τομές, μπροστά-πίσω πλευρά) ελήφθησαν έξι εικόνες, δηλαδή δύο για κάθε φέτα (Β1, Β2, Γ1, Γ2, Δ1 και Δ2). Οι εικόνες των τομών παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στις παρακάτω σελίδες. Στην συνέχεια οι εικόνες των τομών επεξεργάστηκαν με το πρόγραμμα "Photoshop". Στις εικόνες φαίνεται επίσης ο αριθμός των αδρανών τα όρια των οποίων καθορίστηκαν όπως περιγράφηκε σε προηγούμενη παράγραφο.



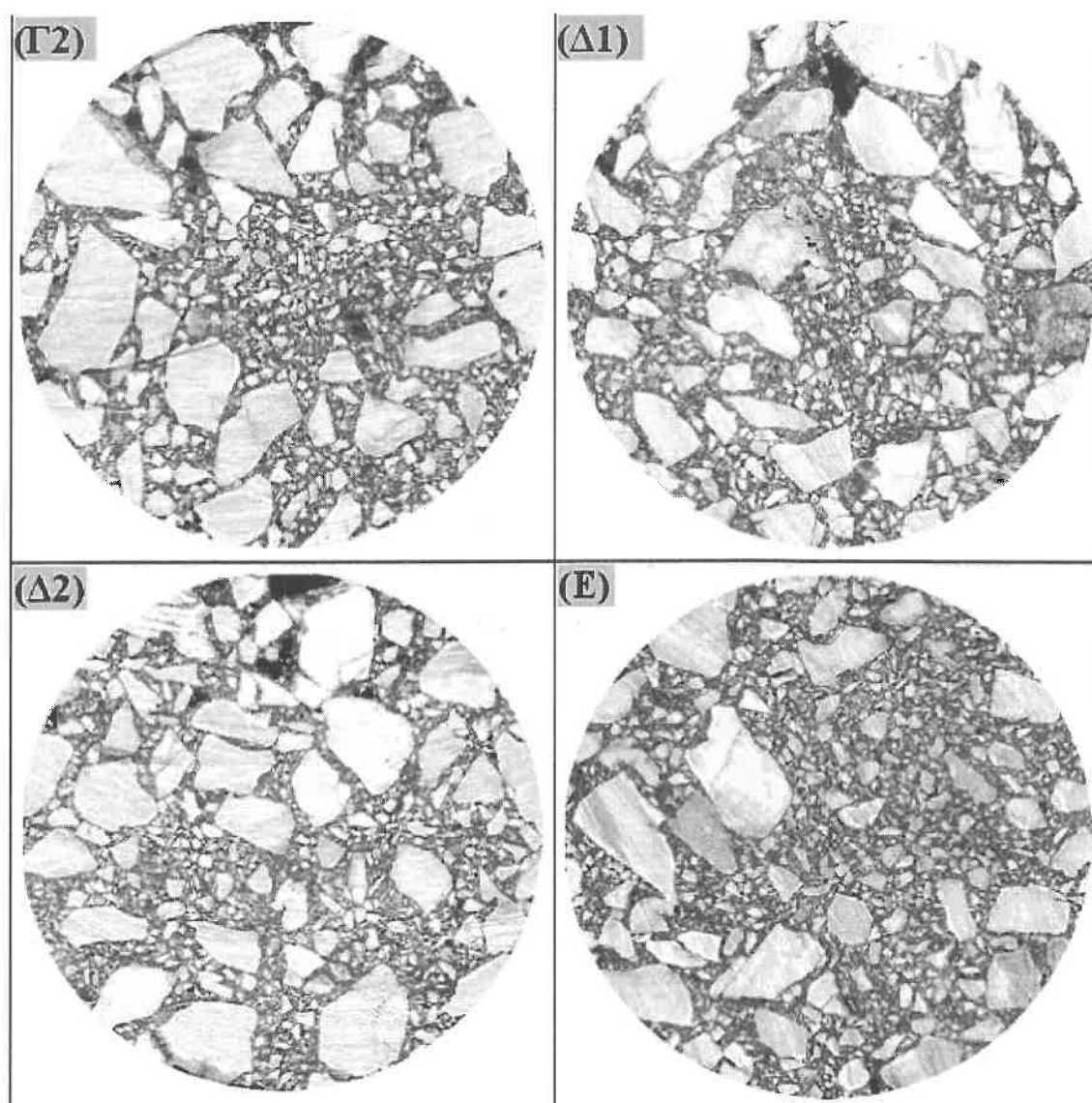
Εικόνα 4-27 (α). Τομές Α, Β1, Β2 και Γ1.



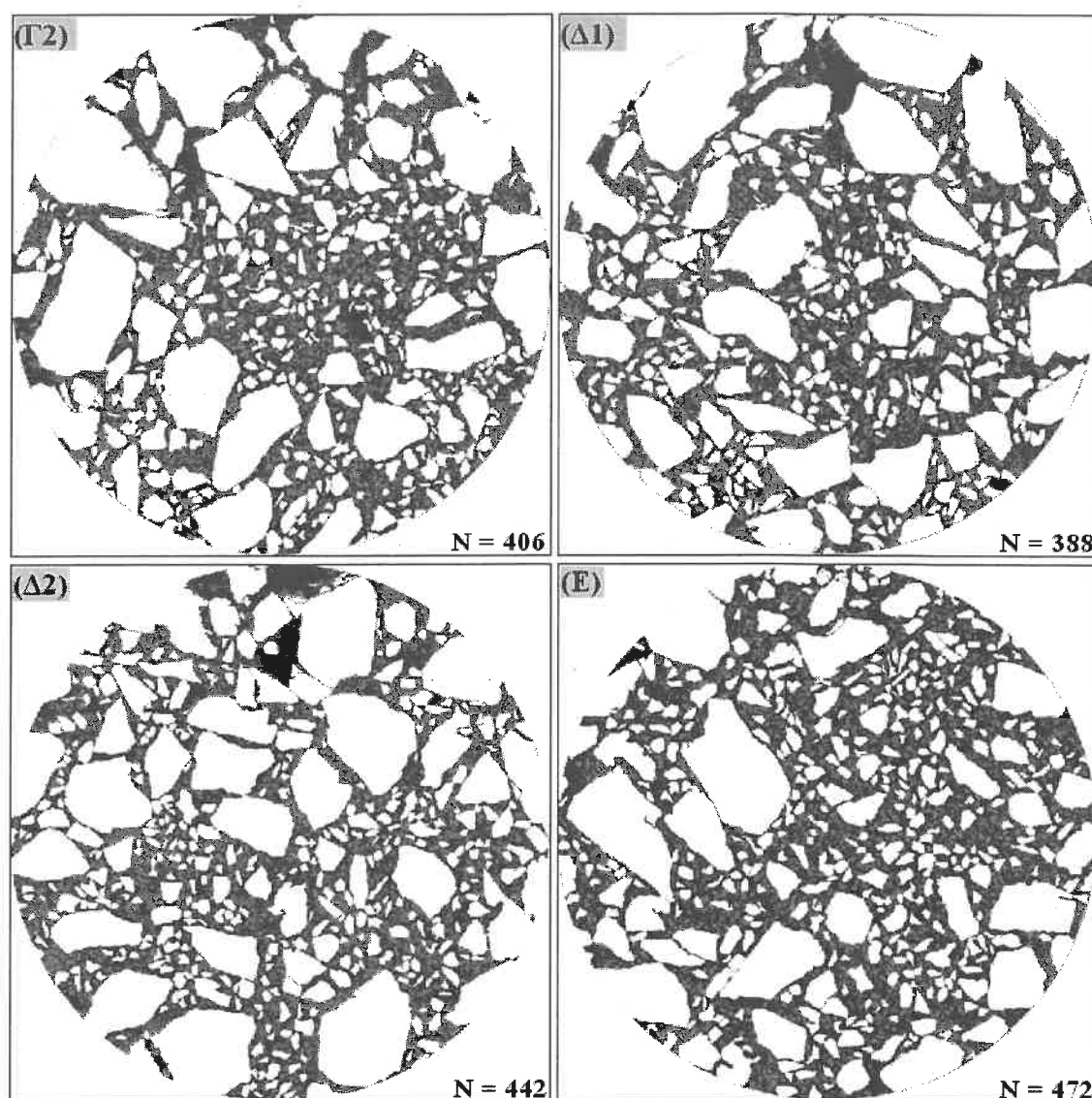
Εικόνα 4-27 (β). Επεξεργασία εικόνων των τομών Α, Β1, Β2 και Γ1 και καθορισμός των αδρανών.

Ο χρόνος που απαιτήθηκε για την επεξεργασία των τεσσάρων πρώτων εικόνων ήταν περίπου 4 ώρες για κάθε μία εικόνα. Ο αριθμός N των αδρανών που καθορίστηκαν με την βοήθεια του προγράμματος, ήταν 807, 1215, 618 και 342 για τις εικόνες Α, Β1, Β2 και Γ1 αντίστοιχα. Συνολικά για τις τέσσερις πρώτες εικόνες καθορίστηκαν 2982 αδρανή.

Παρατήρηση: οι τομές Β1 και Α καθορίστηκαν πρώτες γι' αυτό και ο αριθμός των αδρανών είναι αρκετά μεγάλος, ενώ στην συνέχεια ο αριθμός αυτός γίνεται μικρότερος. Μετά την επεξεργασία των δυο πρώτων τομών αποκτήθηκε μια σχετική εμπειρία στον εντοπισμό των αδρανών με μέγεθος > 2 mm. Επίσης με την μεγαλύτερη εξοικείωση των εργαλείων του προγράμματος "Photoshop", ο εντοπισμός και ο καθορισμός των ορίων των αδρανών γινόταν με την πάροδο του χρόνου όχι μόνο πιο σύντομος αλλά και πιο ακριβής.



Εικόνα 4-28 (α). Τομές Γ2, Δ1, Δ2 και Ε.



Εικόνα 4-28 (β). Επεξεργασία εικόνων των τομών Γ2, Δ1, Δ2 και Ε και καθορισμός των αδρανών.

Ο χρόνος που απαιτήθηκε για την επεξεργασία των παραπάνω τεσσάρων εικόνων ήταν περίπου 3 ώρες για κάθε μία εικόνα. Ο αριθμός N των αδρανών που καθορίστηκαν με την βοήθεια του προγράμματος, ήταν 406, 388, 442 και 472 για τις εικόνες Γ2, Δ1, Δ2 και Ε αντίστοιχα. Για τις τέσσερις αυτές εικόνες καθορίστηκαν 1708 αδρανή ενώ συνολικά για τις οκτώ εικόνες καθορίστηκαν 4690 αδρανή.

- Διαφορές στην κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών.

Στον παρακάτω πίνακα 4-7 παρατίθενται τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής ανάλυσης τόσο με την συμβατική μέθοδο όσο και με το πρόγραμμα "SigmaScanPro". Με την βοήθεια του προγράμματος όμως μελετήθηκαν αδρανή με μέγεθος μεγαλύτερο από 2 mm. Μικρότερα αδρανή είναι δυνατό να μελετηθούν από το πρόγραμμα ωστόσο το επόμενο στην σειρά κόσκινο χαμηλότερης βαθμίδας είναι διάστασης 0,42 mm και τέτοιου είδους αδρανή δεν γίνονται εύκολα αντιληπτά από το ανθρώπινο μάτι. Η

παράλληλη εξέταση του δοκιμίου από το ανθρώπινο μάτι είναι απαραίτητη γιατί ειδικά για τα μικρότερα αδρανή δεν είναι σαφής ο αυτόματος διαχωρισμός των αδρανών από το πρόγραμμα, εξαιτίας κυρίως των ελάχιστων χρωματικών διαφορών των πίξελ που συνθέτουν τα αδρανή.

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ										
ΔΟΚΙΜΗ ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ			ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ "SigmaScanPro"							
ΚΟΣΚΙΝΑ	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ	ΟΡΙΑ ΠΡΟΔ/ΦΗΣ	ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΤΟΜΕΣ							
			A	B1	B2	Γ1	Γ2	Δ1	Δ2	E
mm	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
25,400	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
19,050	95	76-100	100	100	100	94	94	95	100	100
12,700	73	64-89	82	82	81	72	74	76	82	86
4,760	48	38-64	50	56	51	42	45	46	45	58
2,000	35	25-50	37	39	37	31	34	34	32	44
0,420	15	12-28	-	-	-	-	-	-	-	-
0,180	10	7-18	-	-	-	-	-	-	-	-
0,074	6	4-8	-	-	-	-	-	-	-	-

Πίνακας 4-7. Κοκκομετρική ανάλυση αδρανών για τις οριζόντιες τομές σύμφωνα με την δοκιμή εκχύλισης και το πρόγραμμα "SigmaScanPro" .

Κατά την κοπή του δοκιμίου σε 8 οριζόντιες και παράλληλες τομές παρατηρήθηκε μία μείωση του αρχικού ύψους του δοκιμίου σε σχέση με συνολικό ύψος των 8 τομών. Αυτό συμβαίνει επειδή κατά την κοπή των δοκιμίων με το πριόνι, που έχει πάχος 5 mm, αφαιρείται υλικό το οποίο παρασύρεται από το νερό που διαβρέχει συνεχώς το δοκίμιο. Υπενθυμίζεται ότι οι φέτες που προκύπτουν κατά την κοπή του δοκιμίου έχουν πάχος περίπου 10 mm. Συνεπώς τα χαρακτηριστικά των τομών που αναμένεται να έχουν τις μικρότερες διαφορές είναι αυτά που ανήκουν στις εκατέρωθεν του πριονιού τομές. Αυτές απέχουν άλλωστε μικρότερη απόσταση (περίπου 5 mm) σε σχέση με τις δύο όψεις μιας φέτας του δοκιμίου που απέχουν 10 mm.

Βάση της παραπάνω λογικής υπολογίστηκαν για τα τέσσερα πιο γειτονικά ζευγάρια τομών (A-B1, B2-Γ1, Γ2-Δ1, Δ2-E) με την βοήθεια του προγράμματος "Excel", ο μέσος όρος, η τυπική απόκλιση και ο συντελεστής μεταβλητότητας για κάθε ένα ζευγάρι. Επίσης υπολογίστηκαν ο μέσος όρος, η τυπική απόκλιση και ο συντελεστής μεταβλητότητας για το σύνολο των τομών, για τις τέσσερις ακραίες (A,B1,Δ2,E) και τις τέσσερις μεσαίες (B2,Γ1,Γ2,Δ1) τομές του δοκιμίου.

ΚΟΣΚΙΝΑ	Μέσος όρος						
	A-B1	B2-Γ1	Γ2-Δ1	Δ2-E	8 τομών	A,B1,Δ2,E	B2,Γ1,Γ2,Δ1
mm	%	%	%	%	%	%	%
25,400	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
19,050	100,0	97,0	94,5	100,0	97,9	100,0	95,8
12,700	82,0	76,5	75,0	84,0	79,4	84,0	75,8
4,760	53,0	46,5	45,5	51,5	49,1	54,0	46,0
2,000	38,0	34,0	34,0	38,0	36,0	40,5	34,0

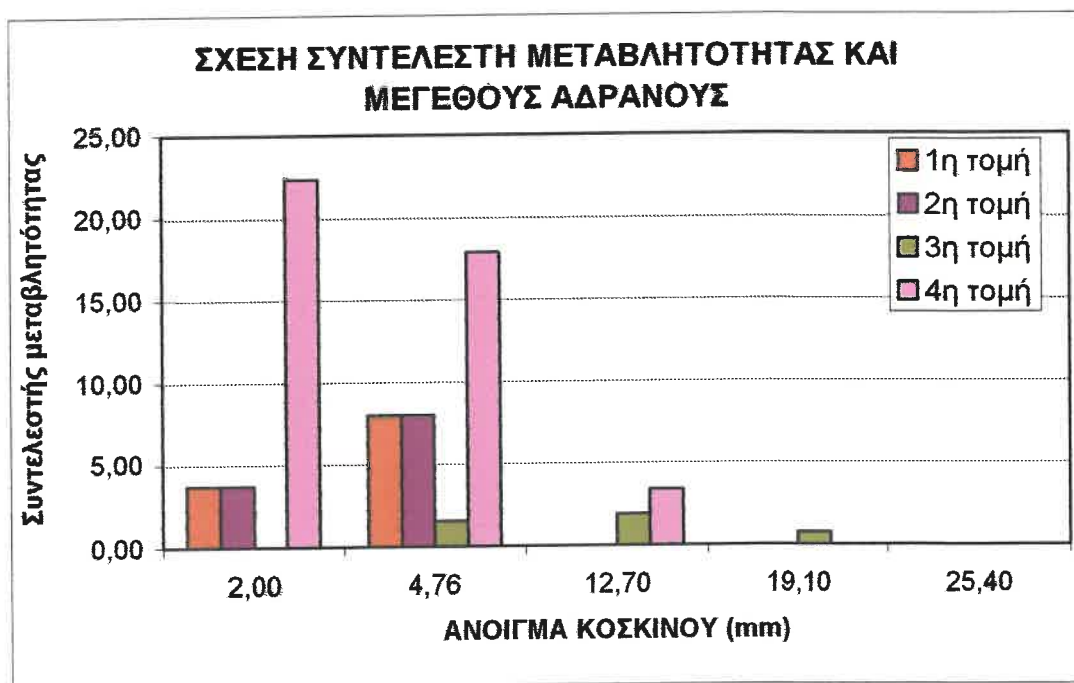
Πίνακας 4-8 (α). Μέσος όρος τομών.

Τυπική απόκλιση							
ΚΟΣΚΙΝΑ	A-B1	B2-Γ1	Γ2-Δ1	Δ2-E	8 τομών	A,B1,Δ2,E	B2,Γ1,Γ2,Δ1
mm	%	%	%	%	%	%	%
25,400	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19,050	0,00	4,24	0,71	0,00	2,76	0,00	2,49
12,700	0,00	6,36	1,41	2,83	4,50	1,73	3,34
4,760	4,24	6,36	0,71	9,19	5,30	5,12	3,24
2,000	1,41	4,24	0	8,49	3,94	4,30	2,12

Πίνακας 4-8 (β). Τυπική απόκλιση τομών.

Συντελεστής μεταβλητότητας							
ΚΟΣΚΙΝΑ	A-B1	B2-Γ1	Γ2-Δ1	Δ2-E	8 τομών	A,B1,Δ2,E	B2,Γ1,Γ2,Δ1
mm	%	%	%	%	%	%	%
25,400	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19,050	0,00	4,37	0,75	0,00	2,82	0,00	2,60
12,700	0,00	8,32	1,89	3,37	5,67	2,06	4,42
4,760	8,00	13,69	1,55	17,85	10,79	9,48	7,04
2,000	3,72	12,48	0,00	22,33	10,94	10,62	6,24

Πίνακας 4-8 (γ). Συντελεστής μεταβλητότητας τομών.

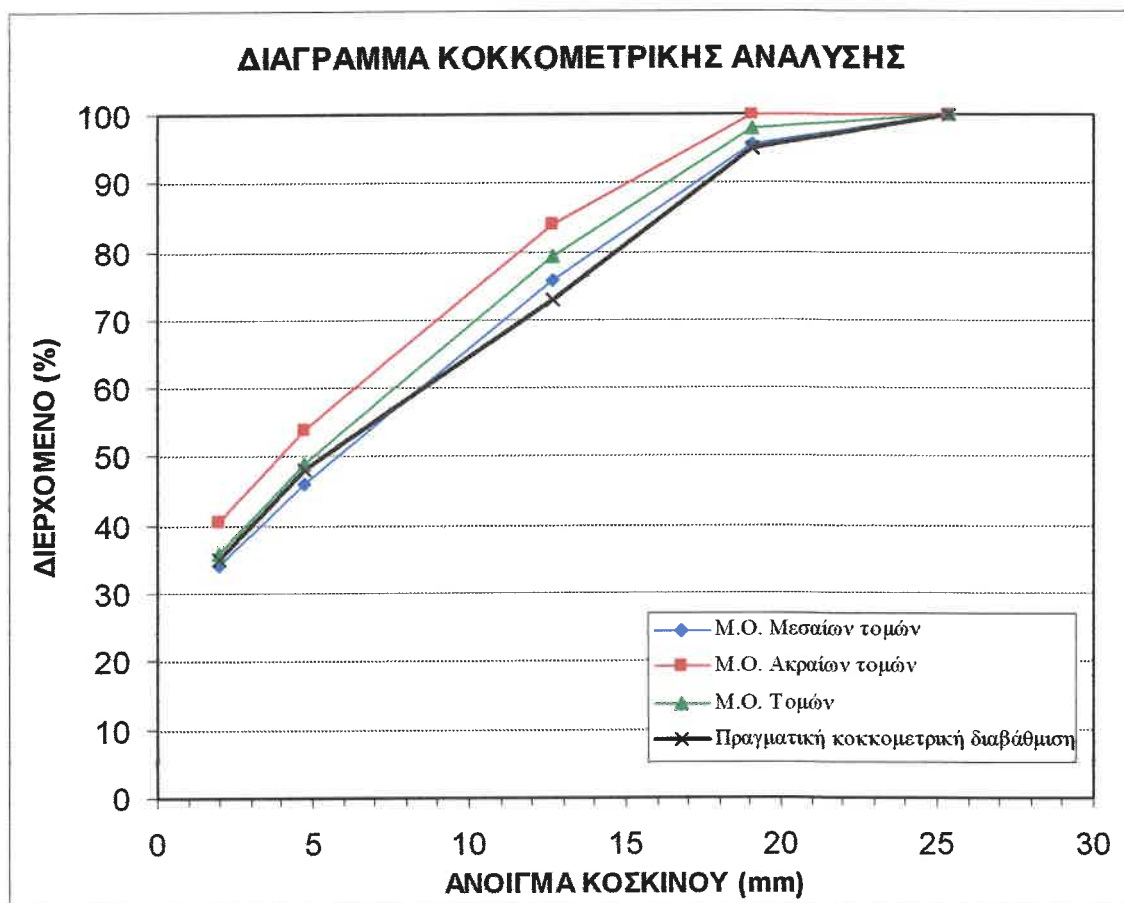


Εικόνα 4-29. Σχέση συντελεστή μεταβλητότητας και μεγέθους αδρανούς.

Παρατήρηση: στο παράρτημα από ακολουθεί μετά το 7^ο κεφάλαιο βρίσκονται τα διαγράμματα της κοκκομετρικής διαβάθμισης που έγιναν βάση του κύριου και δευτερεύοντα άξονα και της διαμέτρου "Feret" για τις 8 οριζόντιες τομές.

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι γενικά όσο μειώνεται το άνοιγμα κοσκίνου τόσο αυξάνεται ο συντελεστής μεταβλητότητας για όλες τις τομές. Αυτό σημαίνει ότι κατά την κοπή των μικρότερων αδρανών αυξάνεται η πιθανότητα να μην εμφανίζεται στις δισδιάστατες εικόνες η μεγαλύτερη διάσταση των αδρανών. Αυτό είναι λογικό αφού για παράδειγμα αν ένα αδρανές έχει μέγιστη διάσταση 5 mm, για να εμφανιστεί στην εικόνα έχοντας κύριο άξονα περίπου 5 mm θα πρέπει η τομή να γίνει ακριβώς στην θέση όπου εμφανίζεται η μέγιστη διάσταση. Μικρή μετατόπιση της τομής κατά μερικά mm έχει σαν αποτέλεσμα είτε να εμφανίζεται μεν το αδρανές στην εικόνα αλλά με κύριο άξονα πολύ μικρότερο από 5 mm είτε να μην εμφανίζεται καθόλου. Στα μεγαλύτερα αδρανή το φαινόμενο αυτό δεν είναι τόσο έντονο και η πιθανότητα η τομή να μην συμπίπτει με την μέγιστη διάσταση του αδρανούς γίνεται μικρότερη. Αυτό φαίνεται εξάλλου από τις μικρές αποκλίσεις που έχουμε για τα δύο μεγαλύτερα κόσκινα με άνοιγμα 25,4 και 19,1 mm αντίστοιχα.

Παρακάτω παρατίθεται το διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης όπως αυτό προκύπτει από την διαβάθμιση που έγινε από το πρόγραμμα για το σύνολο των 8 τομών, για τις τέσσερις ακραίες (Α,Β1,Δ2,Ε) και για τις τέσσερις μεσαίες (Β2,Γ1,Γ2,Δ1) τομές του δοκιμίου.

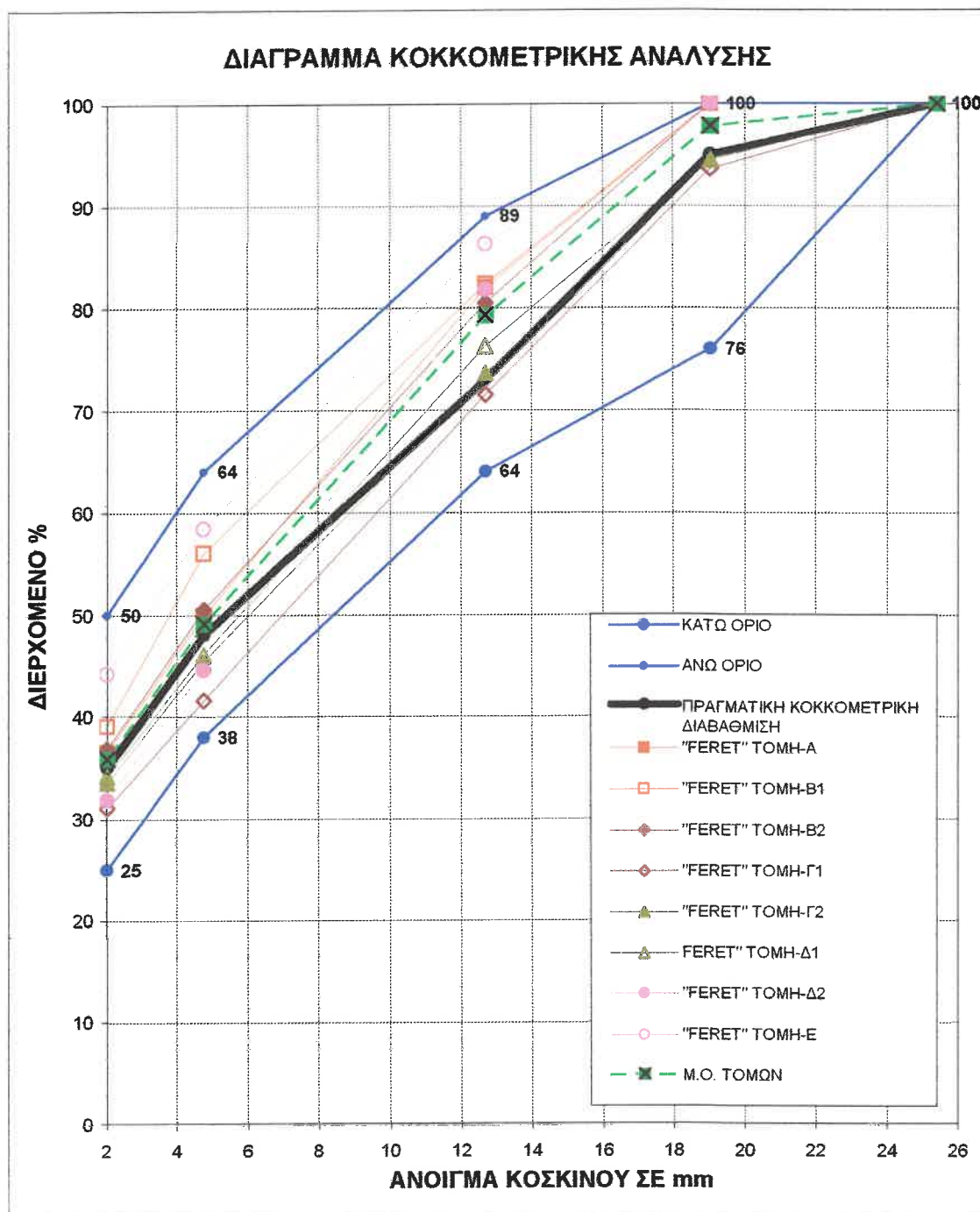


Εικόνα 4-30. Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης για διάφορα σύνολα τομών.

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η κοκκομετρική καμπύλη που σχεδιάστηκε για το σύνολο των τεσσάρων μεσαίων τομών προσεγγίζει καλύτερα την πραγματική κοκκομετρική καμπύλη. Η κοκκομετρική καμπύλη για τις τέσσερις ακραίες τομές

βρίσκεται πάνω από την πραγματική καμπύλη, επειδή ακριβώς στις τομές αυτές, οι οποίες βρίσκονται στο πάνω και στο κάτω μέρος του δοκιμίου συναντάται περισσότερο λεπτόκοκκο υλικό.

Τέλος στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται οι κοκκομετρικές καμπύλες για κάθε μία τομή ξεχωριστά και ο μέσος όρος αυτών καθώς και η πραγματική κοκκομετρική καμπύλη, όπου επίσης φαίνεται ότι οι τομές στο μέσο του δοκιμίου είναι πιο αντιπροσωπευτικές, αφού συγκλίνουν περισσότερο στην πραγματική καμπύλη.



Εικόνα 4-31. Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης για κάθε μία τομή ξεχωριστά.

Συμπεράσματα: παρατηρώντας τις τιμές της κοκκομετρικής ανάλυσης των χονδρόκοκκων αδρανών όπως αυτές προκύπτουν με την εφαρμογή της οπτικής μεθόδου και τη χρήση του προγράμματος "SigmaScanPro", γίνεται η διαπίστωση ότι προσεγγίζουν με μεγάλη ακρίβεια την πραγματική κοκκομετρική ανάλυση βάση της δοκιμής εκχύλισης. Επίσης σε τομές κοντά στο μέσο του δοκιμίου η προσέγγιση των τιμών είναι ακόμα μεγαλύτερη. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι κατά την φάση κατασκευής των δοκιμίων Marshall τα χονδρόκοκκα αδρανή «σπρώχνονται» με την σπάτουλα προς το κέντρο της μάζας του δοκιμίου. Στην περιφέρεια, στο πάνω και στο κάτω μέρος του δοκιμίου τοποθετείται περισσότερο λεπτόκοκκο υλικό. Τα δοκίμια Marshall κατασκευάζονται κυρίως για έλεγχο της ευστάθειας και της παραμόρφωσης. Για την δοκιμή αυτή απαιτείται για τεχνικούς λόγους, που σχετίζονται με την τοποθέτηση του δοκιμίου στην συσκευή Marshall και την επιφάνεια όπου εφαρμόζεται η δύναμη θραύσης του δοκιμίου, η περιφέρεια του δοκιμίου πρέπει να είναι όσο το δυνατό πιο ομοιόμορφη και λεία. Έτσι είναι λογικό σε τομές στο μέσο του δοκιμίου (όπως π.χ οι τομές Γ2, Δ1, Δ2) να εντοπίζονται τα μεγαλύτερα αδρανή, γεγονός που αποδεικνύεται από τα ποσοστά των διερχόμενων αδρανών που εμφανίζονται μειωμένα σε σχέση με τα αντίστοιχα ποσοστά για τις υπόλοιπες τομές.

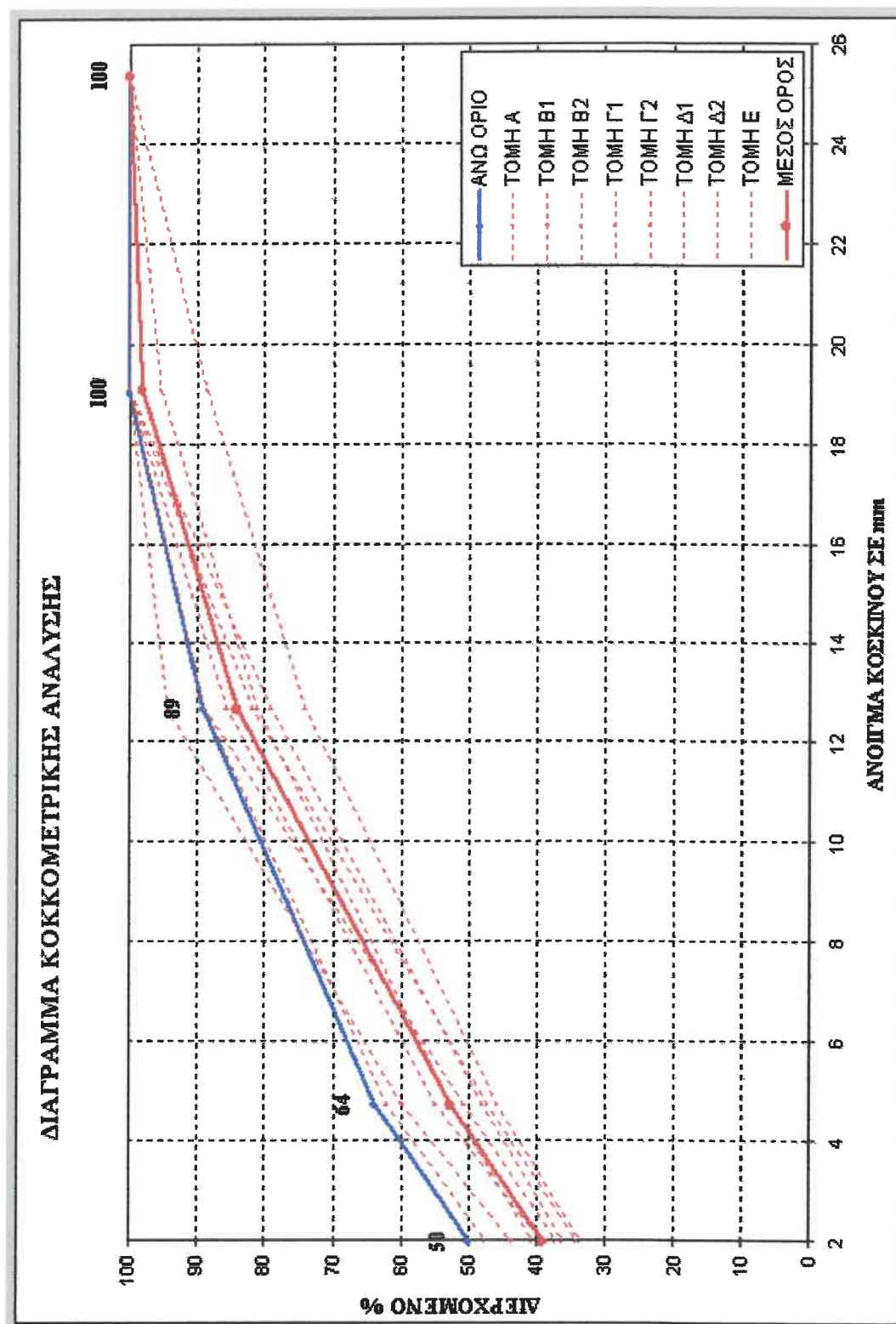
- Άνω και κάτω όριο πραγματικής και θεωρητικής κοκκομετρικής διαβάθμισης.

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 4.4.1, η κοκκομετρική διαβάθμιση που προκύπτει βάση του κύριου και δευτερεύοντα άξονα αποτελούν αντίστοιχα το κάτω και το άνω όριο της κοκκομετρικής διαβάθμισης που προκύπτει βάση της διαμέτρου "Feret". Ακολουθώντας το παράδειγμα του κεφαλαίου 4.4.1 υπολογίστηκαν οι κοκκομετρικές διαβαθμίσεις βάση του κύριου και δευτερεύοντα άξονα για κάθε μια τομή ξεχωριστά καθώς και για το σύνολο των τομών.

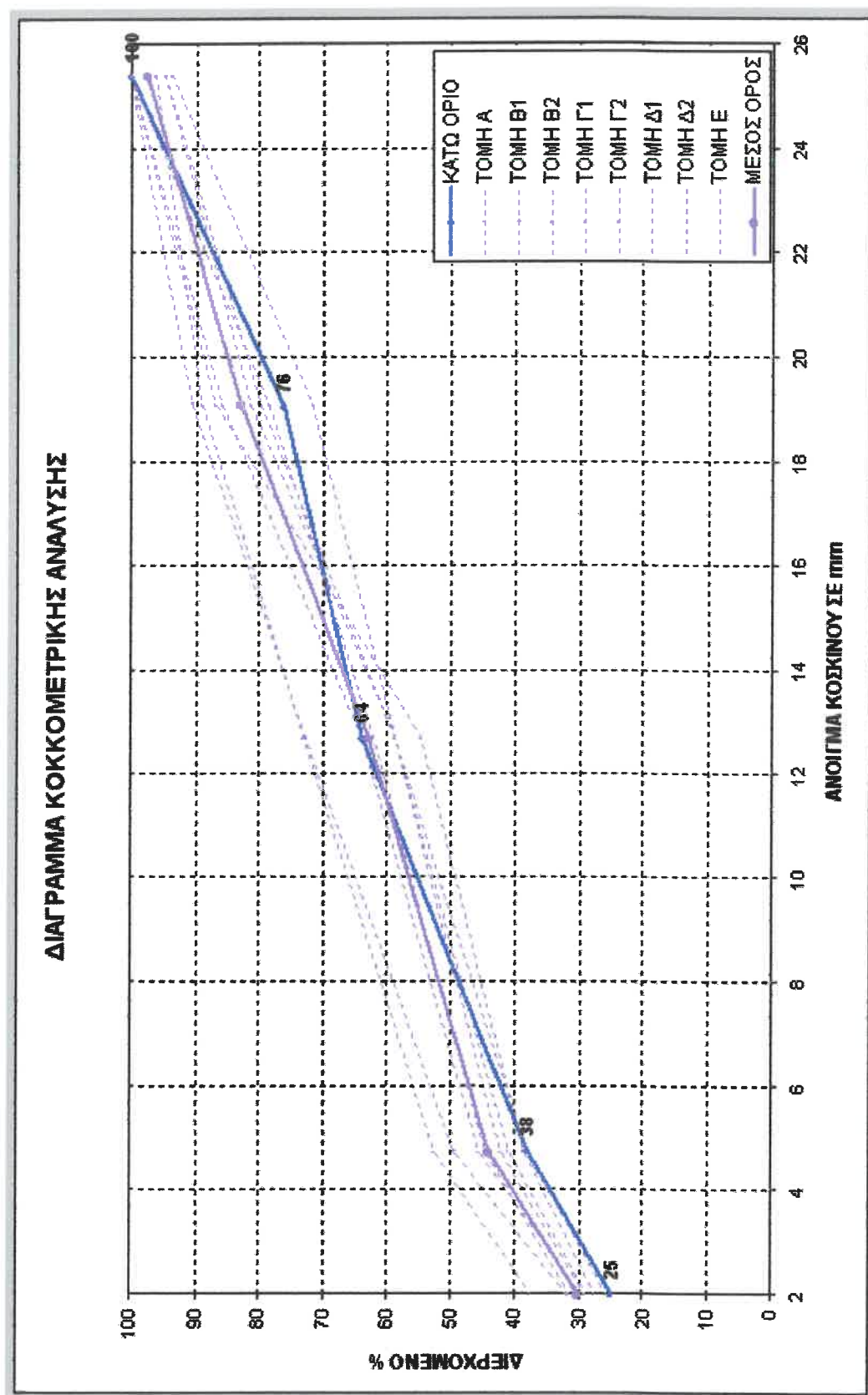
Έτσι αρχικά υπολογίστηκε η κοκκομετρική διαβάθμιση βάση του δευτερεύοντα άξονα κάθε αδρανούς για κάθε μία από τις 8 τομές ξεχωριστά. Οι κοκκομετρικές καμπύλες που προέκυψαν από τις παραπάνω διαβαθμίσεις αποτυπώνονται στο διάγραμμα της εικόνας 4-32. Στο ίδιο διάγραμμα φαίνεται επίσης η κοκκομετρική καμπύλη που προέκυψε για τον μέσο όρο των 8 κοκκομετρικών διαβαθμίσεων βάση του δευτερεύοντα άξονα καθώς και το άνω όριο, σύμφωνα με τις προδιαγραφές, της πραγματικής κοκκομετρικής διαβάθμισης. Με την ίδια λογική στο διάγραμμα της εικόνας 4-33 αποτυπώνονται οι διαβαθμίσεις, για κάθε μια από τις 8 τομές, βάση του κύριου άξονα κάθε αδρανούς, του αντίστοιχου μέσου όρου καθώς επίσης και το κάτω όριο σύμφωνα με τις προδιαγραφές.

Τέλος στο διάγραμμα της εικόνας 4-33 αποτυπώνονται σε καμπύλες η πραγματική κοκκομετρική διαβάθμιση, η θεωρητική όπως προέκυψε από την οπτική μέθοδο λαμβάνοντας τον μέσο όρο από τις 8 τομές των διαβαθμίσεων βάση της διαμέτρου "Feret", το άνω και κάτω όριο όπως προέκυψαν από τους μέσους όρους των διαβαθμίσεων βάση του δευτερεύοντα και του κύριου άξονα αντίστοιχα για το σύνολο των 8 τομών, και το άνω και κάτω όριο βάση των προδιαγραφών (Π.Τ.Π.).

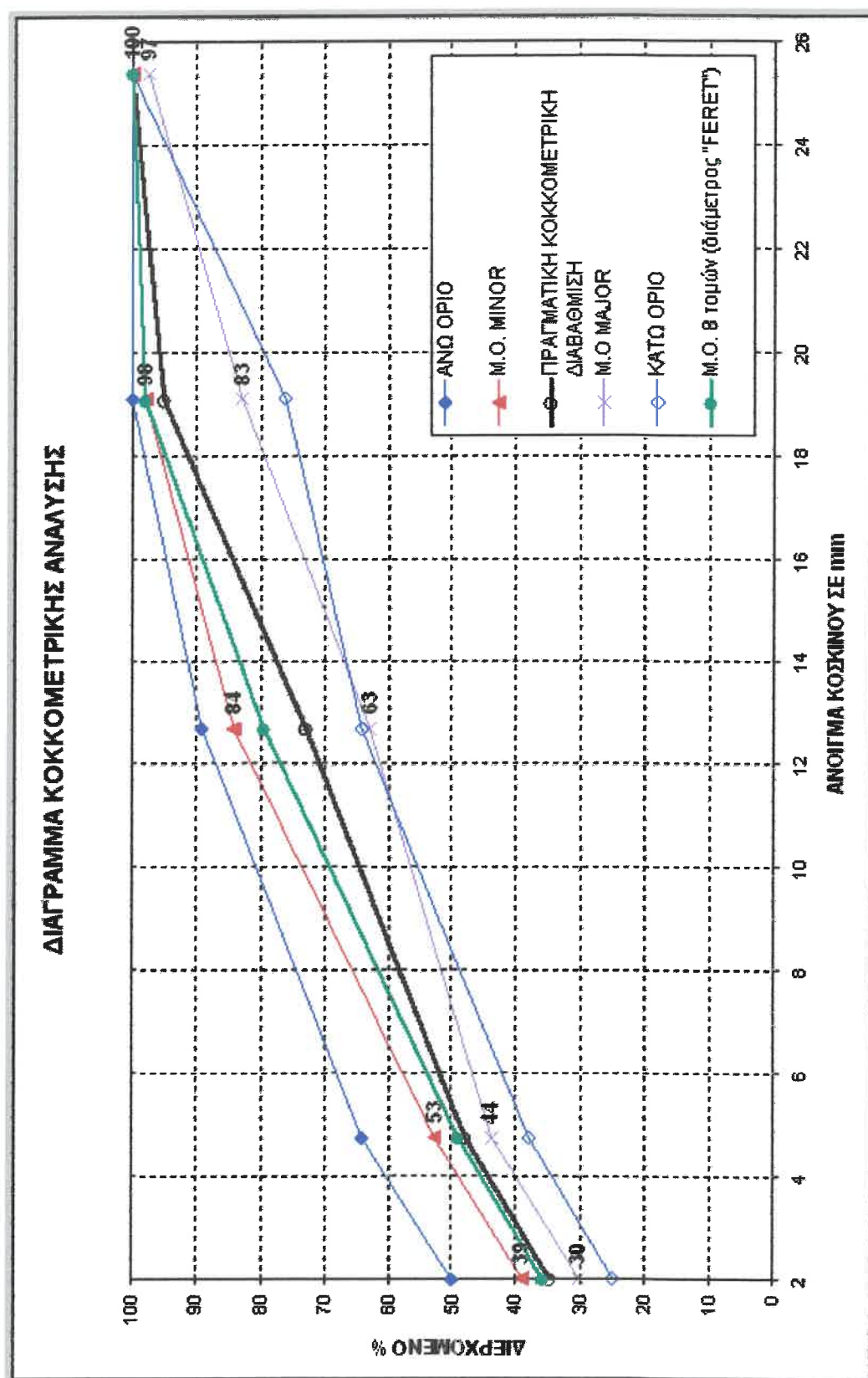
Συμπέρασμα: οι κοκκομετρικές διαβαθμίσεις βάση του δευτερεύοντα και κύριου άξονα αποτελούν αντίστοιχα το άνω και κάτω όριο της θεωρητικής κοκκομετρικής διαβάθμισης (όπως προέκυψε από το πρόγραμμα SigmaScanPro με υπολογισμό της διαμέτρου "Feret"). Επίσης τα νέα όρια ορίζουν μια μικρότερη ζώνη-περιοχή μέσα στα οποία ανήκουν τόσο η πραγματική όσο και η θεωρητική κοκκομετρική διαβάθμιση.



Εικόνα 4-32. Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης βάση του δευτερεύοντα άξονα για κάθε μία τομή ξεχωριστά.



Εικόνα 4-33. Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης βάση του κύριου άξονα για κάθε μία τομή ξεχωριστά.

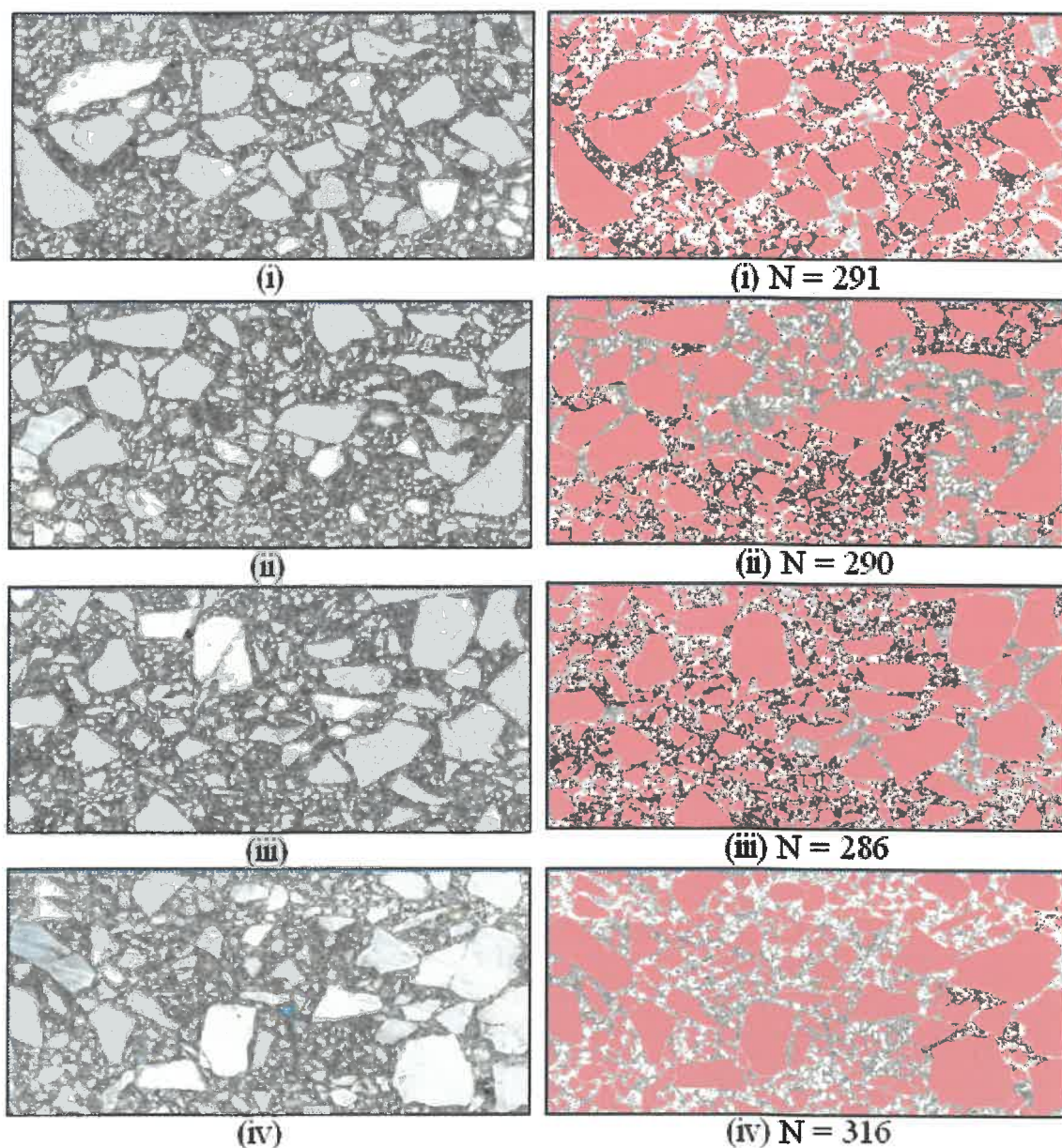


Εικόνα 4-33. Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης βάση του δευτερεύοντα άξονα για κάθε μία τομή ξεχωριστά.

4.4.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΣΕ ΠΑΡΑΛΛΗΛΕΣ ΤΟΜΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ.

Για να εξετασθούν οι διαφορές στην κατανομή των αδρανών κατά πλάτος του δοκιμίου έπρεπε να ληφθούν παράλληλες κατακόρυφες τομές από το ίδιο δοκίμιο. Έτσι, από ένα δοκίμιο Marshall (δείγμα ισοπεδωτικής στρώσης ισχύουσας Π.Τ.Π. Α265) ελήφθησαν τρεις κατακόρυφες φέτες ανά απόσταση περίπου 3 cm. Από τις τρεις φέτες ελήφθησαν τέσσερις εικόνες, δηλαδή μία για κάθε τομή (εικόνες (i), (ii), (iii) και (iv)). Οι εικόνες των τομών παρουσιάζονται συγκεντρωτικά παρακάτω. Στην συνέχεια οι εικόνες των τομών επεξεργάστηκαν με το πρόγραμμα "Photoshop". Στις εικόνες φαίνεται επίσης ο αριθμός των αδρανών τα όρια των οποίων καθορίστηκαν όπως περιγράφηκε σε προηγούμενη παράγραφο.

Εικόνα 4-34. Εικόνες 4 παράλληλων κατακόρυφων τομών πριν και μετά από την επεξεργασία. Καθορισμός των ορίων των αδρανών και υπολογισμός του συνόλου τους.



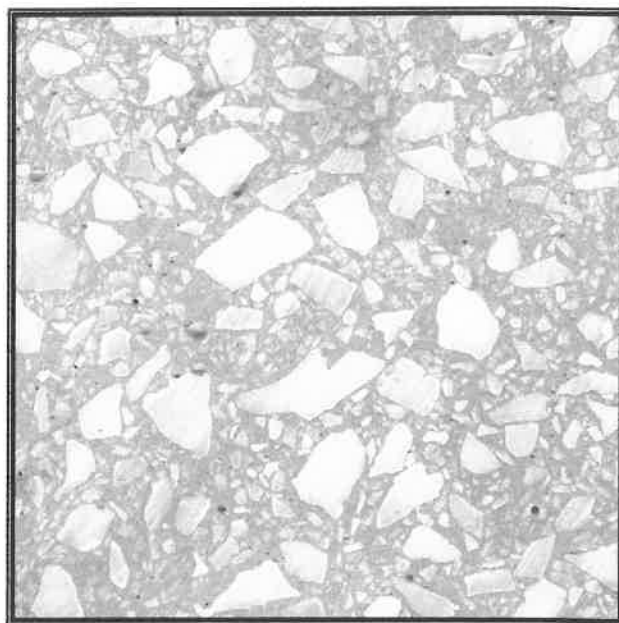
ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ							
ΔΟΚΙΜΗ ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ			ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ "SigmaScanPro"				
ΚΟΣΚΙΝΑ	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ	ΟΡΙΑ ΠΡΟΔ/ΦΗΣ	ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΤΟΜΗ	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΤΟΜΕΣ			
				I	II	III	IV
mm	%	%	%	%	%	%	%
25,400	100	100	100	100	100	100	100
19,050	95	76-100	100	100	100	100	100
12,700	73	64-89	88	89	85	90	87
4,760	48	38-64	59	52	60	50	47
2,000	35	25-50	40	29	38	30	24
0,420	15	12-28	-	-	-	-	-
0,180	10	7-18	-	-	-	-	-
0,074	6	4-8	-	-	-	-	-

Πίνακας 4-9. Κοκκομετρική ανάλυση αδρανών για τις κατακόρυφες τομές σύμφωνα με την δοκιμή εκχύλισης και το πρόγραμμα "SigmaScanPro" .

Συμπεράσματα: παρατηρώντας τις τιμές της κοκκομετρικής ανάλυσης των χονδρόκοκκων αδρανών όπως αυτές προκύπτουν με την εφαρμογή της οπτικής μεθόδου και τη χρήση του προγράμματος "SigmaScanPro", διαπιστώνεται ότι δεν προσεγγίζουν τις τιμές για τα ποσοστά των διερχόμενων αδρανών όπως αυτά προκύπτουν από την πραγματική κοκκομετρική ανάλυση βάση της δοκιμής εκχύλισης. Η μεγαλύτερη απόκλιση παρατηρείται στα ποσοστά των διερχόμενων αδρανών έως το κόσκινο 1/2" (άνοιγμα βροχίδας 12,700 mm) όπου εμφανίζονται ιδιαίτερα αυξημένα σε σχέση με τα ποσοστά της πραγματικής κοκκομετρικής ανάλυσης. Κάτι τέτοιο ενισχύει το γεγονός, που τονίστηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, ότι ο κύριος άξονας των αδρανών τείνει να προσανατολίζεται κατά την οριζόντια διεύθυνση μέσα στην μάζα του δοκιμίου.

4.5 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΟΜΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ.

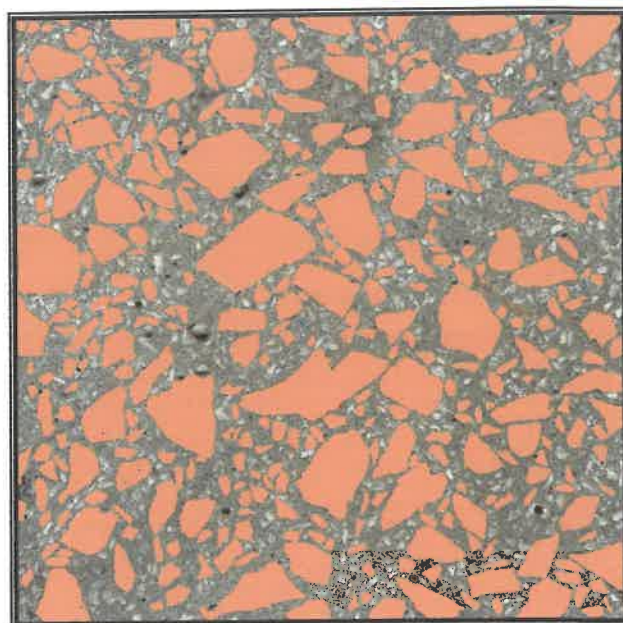
Εκτός από την δοκίμια ασφ/τος με την οπτική μέθοδο είναι δυνατό να εξετασθούν και δοκίμια σκυροδέματος. Για την εφαρμογή της οπτικής μεθόδου σε τέτοιου είδους δοκίμια χρησιμοποιήθηκε μια επίπεδη οριζόντια τομή ενός κυβικού δοκιμίου σκυρ/τος διαστάσεων 10×10 cm. Μία εικόνα της τομής αυτής φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 4-35. Επίπεδη οριζόντια τομή σκυρ/τος.

Αρχικά εφαρμόστηκε στην εικόνα η τεχνική επεξεργασίας, μέσω του προγράμματος "Adobe Photoshop", που αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Στην συνέχεια αναλύθηκαν κάποια χαρακτηριστικά της εσωτερικής δομής του σκυρ/τος μέσω του προγράμματος "SigmaScanPro". Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν σχεδόν η ίδια με αυτή που εφαρμόστηκε σε δοκίμια ασφ/τος. Οι μόνες διαφορές ήταν σε κάποιες ρυθμίσεις κατά την επεξεργασία εικόνας στο πρόγραμμα "Adobe Photoshop", που σχετίζονταν κυρίως με την φωτεινότητα και τις χρωματικές διαφορές που παρατηρούνται σε δοκίμια ασφ/τος και σκυρ/τος.

Το δοκίμιο που χρησιμοποιήθηκε στην μέθοδο δεν είχε γνωστή κοκκομετρική ανάλυση. Παρά το γεγονός αυτό έγινε προσπάθεια να υπολογιστεί η κοκκομετρική διαβάθμιση των χονδρόκοκκων αδρανών (μέγεθος ≥ 2 mm). Στην επόμενη σελίδα παρατίθεται η εικόνα όπως προέκυψε μετά την επεξεργασία της εικόνας στο "Adobe Photoshop". Τα χονδρόκοκκα αδρανή, τα όρια των οποίων καθορίστηκαν ένα-ένα, φαίνονται χρωματισμένα με πορτοκαλί χρώμα. Επίσης παρατίθεται και ο πίνακας με την κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών βάση του κύριου και δευτερεύοντα άξονα και της διαμέτρου "Feret" κάθε αδρανούς. Τα όρια της πραγματικής κοκκομετρικής διαβάθμισης εξαρτώνται από το είδος του έργου και καθορίζονται κάθε φορά από τους αντίστοιχους κανονισμούς. (Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος).



Εικόνα 4-36. Επεξεργασία εικόνας – διαχωρισμός χονδρόκοκκων αδρανών.

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ				
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ "SigmaScanPro"				
ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ				
ΚΟΣΚΙΝΑ	Minor	Feret	Major	ΟΡΙΑ ΠΡΟΔ/ΦΗΣ
(mm)	(%)	(%)	(%)	(%)
25,400	100	100	100	-
19,100	100	100	100	-
12,700	100	100	97	-
9,52	99	98	90	-
4,76	96	92	78	-
2,00	92	82	53	-
0,59	-	-	-	-
0,43	-	-	-	-
0,297	-	-	-	-

Πίνακας 4-10. Αποτελέσματα κοκκομετρικής ανάλυσης που έγινε με την βοήθεια του προγράμματος "SigmaScanPro".

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΑΡΩΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΜΕ ΑΚΤΙΝΕΣ - X

5.1 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΟΠΤΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Το μειονέκτημα της οπτικής μεθόδου που αναπτύχθηκε στο 4^ο κεφάλαιο είναι ο μικρός αριθμός των τομών που εξετάζονται σε ένα δοκίμιο. Αυτό γίνεται επειδή το πριόνι που χρησιμοποιείται για την κοπή των δοκιμίων, έχει περιορισμένες δυνατότητες όσον αφορά την κοπή σε πολύ λεπτές φέτες. Το ελάχιστο πάχος των φετών που είναι δυνατό να ληφθούν ώστε να μην καταστραφεί το δοκίμιο (λόγω των μεγάλων δυνάμεων που εξασκούνται κατά την κοπή), είναι περίπου 0,5 - 0,8 cm. Το πάχος του πριονιού είναι περίπου 0,5 cm. Έτσι από ένα δοκίμιο ύψους περίπου 6,5 cm λαμβάνονται περίπου 6 φέτες. Έτσι είναι λογικό οι δύο τομές μιας φέτας του δοκιμίου να παρουσιάζουν εντελώς διαφορετικά χαρακτηριστικά ως προς την εσωτερική δομή τους. Γι' αυτό είναι πολύ δύσκολο από τις εικόνες των τομών αυτών να ανασυνθέσουμε με ακρίβεια την δομή ενός δοκιμίου ώστε να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για χαρακτηριστικά της εσωτερικής δομής όπως π.χ η κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών, η κατανομή των κενών αέρος, ο αριθμός των επαφών των αδρανών κ.α.

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί καινοτόμες τεχνικές επεξεργασίας εικόνας σε τρισδιάστατο επίπεδο. Μία από αυτές τις τεχνικές περιλαμβάνουν και εφαρμογή ακτίνων - X (X-Ray Tomography). Η απεικόνιση με την μέθοδο της τομογραφίας είναι μια μη καταστρεπτική μέθοδος που βασίζεται στην χρήση ακτίνων - X και χρησιμοποιείται για την απόκτηση εικόνων π.χ από δοκίμια ασφ/τος χωρίς αυτά πριν να κοπούν σε επίπεδες τομές. Εν τω μεταξύ το δείγμα είναι ακόμα άθικτο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άλλες μη καταστρεπτικές ή καταστρεπτικές μεθόδους, όπως οι δοκιμές κόπωσης, ευστάθειας και παραμόρφωσης. Η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά σε πανεπιστήμια των Η.Π.Α στα τέλη της δεκαετίας του '90 από τους L.B.Wang, J.D.Frost και Naga Shashidhar.

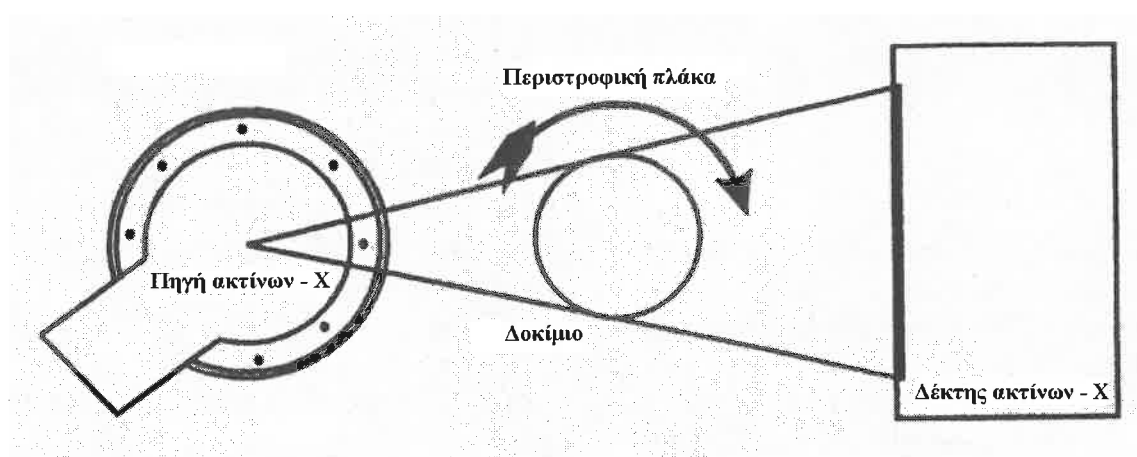
5.2 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ ΜΕ ΑΚΤΙΝΕΣ - X

Το πλεονέκτημα της απεικόνισης της εσωτερικής δομής ενός δοκιμίου ασφ/τος με την μέθοδο της τομογραφίας κάνοντας χρήση ακτίνων - X είναι ο μεγάλος αριθμός εικόνων που λαμβάνονται από το δοκίμιο χωρίς αυτό να καταστραφεί. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, η τρισδιάστατη δομή ενός δοκιμίου συντίθεται από σειρά διαδοχικών εικόνων - τομών. Στο παράδειγμα που ακολουθεί, εξετάζεται μέσω αυτής της μεθόδου ένας πυρήνας (καρότο) ασφαλτικού σκυροδέματος διαμέτρου 150 mm.

Η διάταξη που χρησιμοποιήθηκε για την λήψη εικόνων σε διάφορες τομές του δοκιμίου παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα και αποτελείται από τα εξής τρία κύρια μέρη:

- Από την πηγή από την οποία εκπέμπονται οι ακτίνες - X, ένας σωλήνας από βολφράμιο.
- Από μία περιστροφική πλάκα που συγκρατεί το δοκίμιο.
- Από τον δέκτη των ακτίνων - X.

Ρυθμίζοντας το άνοιγμα του σωλήνα που κατευθύνει τις ακτίνες – X από 0 έως 5 mm μπορεί να επιλεγεί το πάχος της ακτίνας που παράγεται. Το πάχος της ακτίνας ορίζει το πάχος της φέτας του δοκιμίου που σαρώνεται. Το δοκίμιο στην περίπτωση αυτή, σαρώθηκε με ακτίνα πάχους 1 mm. Η ανάλυση της εικόνας εξαρτάται από το μέγεθος και τον τύπο του δοκιμίου. Για το δοκίμιο ασφαλικού σκυροδέματος διαμέτρου 150 mm η ανάλυση ήταν 0,3 mm / pixel. Αυτό σημαίνει ότι αδρανή μεγέθους περίπου 1 mm μπορούν να εμφανιστούν στην εικόνα.



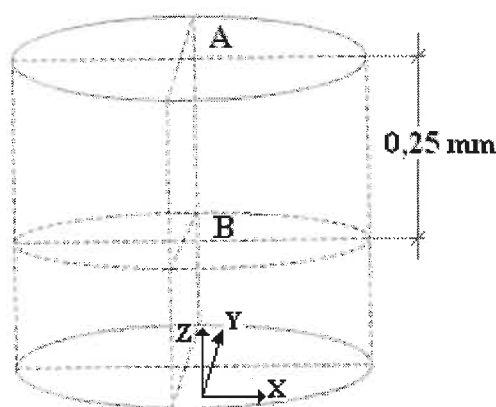
Εικόνα 5-1. Διαδικασία λήψης εικόνων από το εσωτερικό ενός δοκιμίου με την μέθοδο των ακτίνων – X.

Για να σαρωθεί η κάθε φέτα πάχους 1 mm το δείγμα περιστρέφεται κατά 360° με την βοήθεια της περιστροφικής πλάκας και ταυτόχρονα ο δέκτης καταγράφει την ένταση της απόχρωσης του γκρι ως προς οποιαδήποτε εικόνα. Στην συνέχεια μέσω ενός H/Y υπολογίζεται η κατανομή των αποχρώσεων στην τομή που σαρώνεται και η εικόνα που δημιουργείται αποθηκεύεται σε ένα αρχείο. Στην συνέχεια η πηγή και ο δέκτης μετακινούνται στην επόμενη θέση για να σαρωθεί μια καινούργια τομή. Οι εικόνες είναι χρωματικού βάθους 256 διαβαθμίσεων του γκρι. Για μια τυπική τομή τα αδρανή εμφανίζουν την μεγαλύτερη φωτεινότητα, στην συνέχεια το συνδετικό υλικό που αποτελείται από ασφαλτο και λεπτόκοκκα αδρανή (μέγεθος < 1 mm) και στο τέλος τα κενά αέρος.

Εντούτοις, η απεικόνιση τομογραφίας έχει ένα μειονέκτημα: το γεγονός ότι το διάστημα μεταξύ των παρακείμενων τομών, από τις οποίες λαμβάνονται οι εικόνες, είναι πολύ μεγαλύτερο από την ανάλυση εικόνας. Στο παραπάνω παράδειγμα, το διάστημα μεταξύ των δύο εικόνων είναι 1 mm, αλλά η ανάλυση των εικόνων είναι 0,3 mm / εικονοκύτταρο (pixel). Εάν η τρισδιάστατη μικροδομή συντίθεται με σειρά διαδοχικών εικόνων, τότε οι αναλύσεις στο επίπεδο X-Y και στην εγκάρσια διεύθυνση (κατά τον άξονα Z) θα είναι εντελώς διαφορετικές. Ακόμα και αν υποθεθεί ότι σε συνολικό πάχος 0,3 mm εκατέρωθεν της παραγόμενης εικόνας επικρατούν οι ίδιες συνθήκες όσον αφορά την απόχρωση του γκρι για κάθε εικονοκύτταρο, για την φέτα πάχους 0,7 mm που απομένει (λήψη εικόνας κάθε 1 mm) δεν υπάρχουν στοιχεία.

5.2.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ.

Από το παραπάνω δοκίμιο ύψους 6,5 cm ελήφθησαν 66 εικόνες. Με χρήση όμως κάποιου αλγόριθμου είναι δυνατό να γίνει **παρεμβολή** για τα τμήματα που μεσολαβούν ανάμεσα στις τομές που απέχουν 1 mm και από τις οποίες λαμβάνονται οι εικόνες. Με την παρεμβολή λαμβάνονται 3 επιπλέον φανταστικές εικόνες για το τμήμα της φέτας για το οποίο δεν υπάρχουν στοιχεία. Το διάστημα ανάμεσα στις εικόνες είναι πλέον 0,25 mm από 1 mm που ήταν αρχικά. Έτσι το σύνολο των εικόνων από τις οποίες συντίθεται η δομή του δοκιμίου αυξάνεται σε $66 + 65 \times 3 = 261$ εικόνες. Αρχικά η πραγματική ανάλυση για τα επίπεδα X-Y, X-Z και Y-Z ήταν αντίστοιχα $0,3 \times 0,3$, $0,3 \times 1$ και $0,3 \times 1$ mm/pixel. Μετά την διαδικασία της παρεμβολής οι αναλύσεις ήταν $0,3 \times 0,3$, $0,3 \times 0,25$ και $0,3 \times 0,25$ mm/pixel για τα επίπεδα X-Y, X-Z και Y-Z αντίστοιχα.



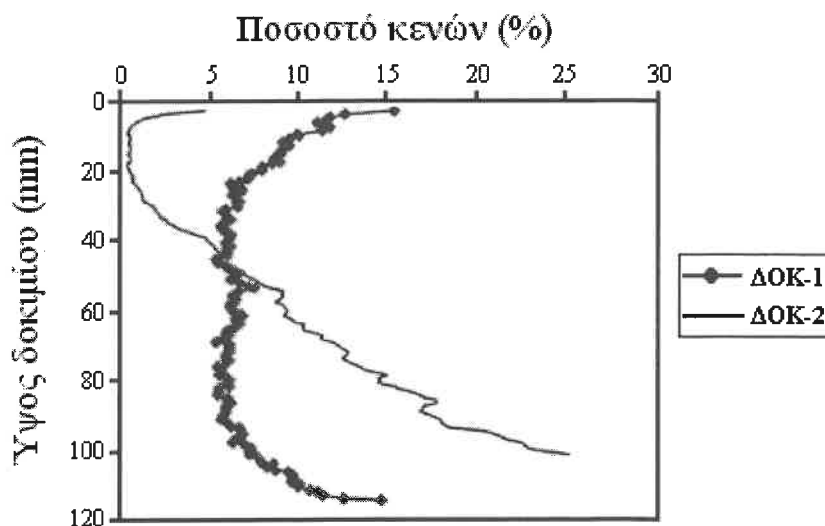
Εικόνα 5-2. Τρισδιάστατη μορφή δοκιμίου.

Σε αυτό το σωρό εικόνων, η μικροδομή μεταξύ δύο οποιονδήποτε τομών A και B, θεωρείται ότι παραμένει η ίδια και αντιπροσωπεύεται από το A ή το B. Προφανώς, η άμεση συσσώρευση (δηλαδή η θεώρηση ότι το πάχος του δοκιμίου μεταξύ των τομών A και B είναι ασήμαντο) οδηγεί σε μη ρεαλιστικά μικροδομικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα των εγκάρσιων τμημάτων. Επομένως, είναι επιτακτική η παρεμβολή μεταξύ των τμηματικών εικόνων η οποία παρέχει ομαλές μεταβάσεις και «έμφυτες» συνδέσεις μεταξύ των εικόνων.

Με την μέθοδο των ακτίνων – X είναι δυνατό να εξετασθεί η κατανομή των κενών αέρος μέσα στην μάζα ενός δοκιμίου κάτι που δεν μπορεί να γίνει με μεγάλη ακρίβεια με την οπτική μέθοδο που εφαρμόστηκε στο 4^ο κεφάλαιο εξαιτίας κυρίως του μικρού αριθμού των εικόνων που εξετάζονται για ένα δοκίμιο. Αν σε αυτό το γεγονός συμπεριληφθεί και το μικρό ποσοστό των κενών που εμφανίζονται σε μια τομή καθώς επίσης και η δυσκολία καθορισμού τους το σφάλμα με την οπτική μέθοδο είναι μεγάλο. Στο παράδειγμα που ακολουθεί εξετάζεται η κατανομή κατά ύψος των κενών αέρος για δύο δοκίμια (δοκ-1 και δοκ-2) που έχουν συμπτυκνωθεί με διαφορετικές μεθόδους, αλλά έχουν περίπου το ίδιο ποσοστό κενών αέρος (σύσταση κατά όγκο). Τα κενά αέρος υπολογίστηκαν για όλες τις εικόνες των τομών που σαρώθηκαν και που είχαν απόσταση μεταξύ τους 1 mm.

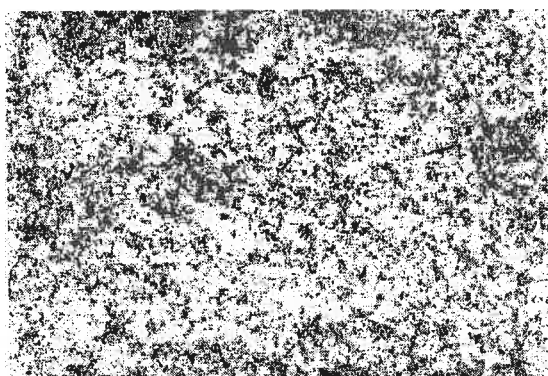
Στην εικόνα 5-3 φαίνεται η κατανομή κατά ύψος των κενών αέρος για τα δύο δοκίμια, όπως προκύπτει από το πηλίκο της επιφάνειας των κενών αέρος για μία τομή προς την συνολική επιφάνεια της τομής. Το ποσοστό των κενών αέρος για όλο το δείγμα – δοκίμιο προκύπτει ως ο μέσος όρος των ποσοστών που υπολογίστηκαν για

κάθε δισδιάστατη εικόνα. Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα στην εικόνα 5-3, το κέντρο του δοκιμίου-1 συμπυκνώθηκε περισσότερο από την κορυφή και τον πυθμένα. Στο δοκίμιο-2 τα κενά αέρος είναι συγκεντρωμένα περισσότερο στον πυθμένα του δοκιμίου. Το διάγραμμα προέκυψε από υπολογισμό του ποσοστού των κενών για κάθε για κάθε μια τομή ξεχωριστά, δηλαδή για μετατόπιση 1 mm στο ύψος των δοκιμίων.

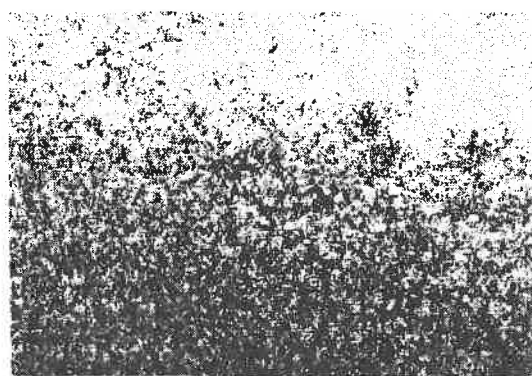


Εικόνα 5-3. Κατανομή κατά ύψος του ποσοστού κενών όπως προκύπτει βάση υπολογισμών για τα δοκίμια 1 και 2 αντίστοιχα.

Μετά από την επεξεργασία των δισδιάστατων εικόνων η κατανομή κατά ύψος δοκιμίου των κενών παρουσιάζεται στην εικόνα 5-4 σε δισδιάστατο επίπεδο. Τα παραπάνω συμπεράσματα που προέκυψαν από υπολογισμό του ποσοστού κενών επιβεβαιώνονται παρατηρώντας την παρακάτω εικόνα.



(α) Δοκίμιο 1

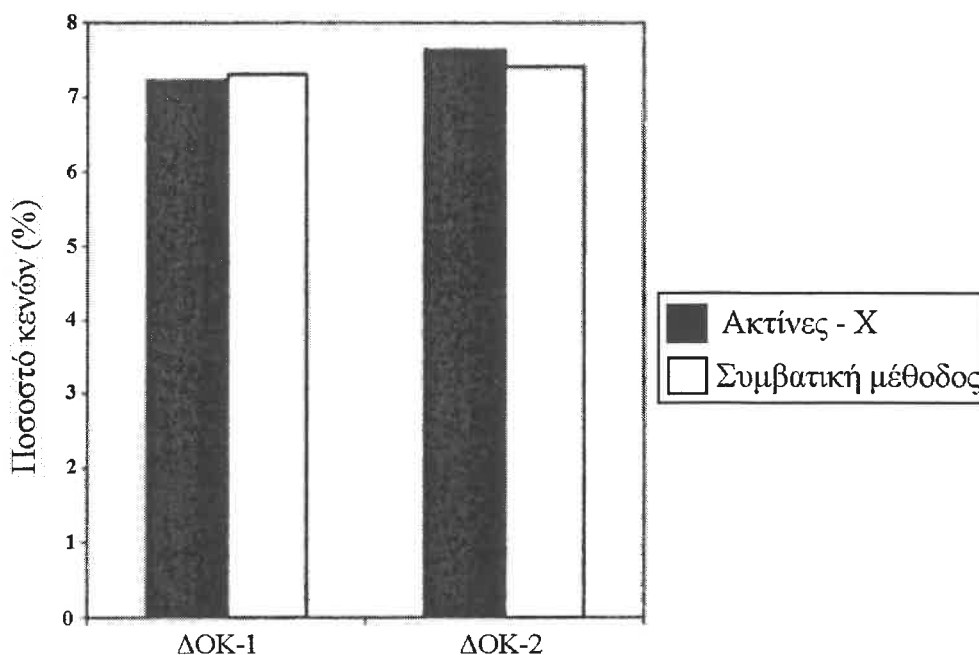


(β) Δοκίμιο 2

Εικόνα 5-4. Κατανομή κενών κατά ύψος δοκιμίου όπως προκύπτει από τις εικόνες που λαμβάνονται με την μέθοδο των ακτίνων – Χ.

Τέλος στην εικόνα 5-5 παρουσιάζονται τα ποσοστά των κενών αέρος όπως αυτά προέκυψαν τόσο με την μέθοδο των ακτίνων – Χ όσο και με την συμβατική μέθοδο κατά την οποία υπολογίζονται το μέγιστο ειδικό βάρος (μη συμπυκνωμένου)

ασφαλτομίγματος ($\rho_{R,bit}$) και το φαινόμενο ειδικό βάρος συμπυκνωμένου δοκιμίου (ρ_A).



Εικόνα 5- 5. Σύγκριση συμβατικής μεθόδου και μεθόδου ακτίνων – X για τον υπολογισμό του ποσοστού κενών αέρος σε ένα δοκίμιο.

5.3 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΟΠΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

Με την μέθοδο των ακτίνων – X με την οποία προκύπτει ένα αρκετά μεγάλο πλήθος εικόνων για το εσωτερικό ενός δοκιμίου, είναι δυνατό να διερευνηθούν χαρακτηριστικά της δομής του δοκιμίου όπως η κοκκομετρική ανάλυση των αδρανών, η κατανομή των κενών αέρος, ο αριθμός των επαφών των αδρανών, ο προσανατολισμός των αδρανών κ.α. τα χαρακτηριστικά αυτά είναι άμεσα συνδεδεμένα με μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικού που συνθέτει το δοκίμιο ασφ/τος όπως π.χ είναι η αντίσταση στην τροχαυλάκωση, η αντοχή σε κόπωση κ.α.

Το πλεονέκτημα της μεθόδου έναντι της οπτικής μεθόδου που περιγράφηκε στο 4^ο κεφάλαιο είναι ότι το δοκίμιο εξετάζεται χωρίς να καταστραφεί λόγω της κοπής του. Αυτό σημαίνει ότι το δοκίμιο στην συνέχεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οποιαδήποτε καταστροφική ή μη καταστροφική μέθοδο. Υπενθυμίζεται ότι τα δοκίμια που κατασκευάζονται εργαστηριακά (Marshall) συνήθως χρησιμοποιούνται για έλεγχο της ευστάθειας και της παραμόρφωσης.

Τέλος με την μέθοδο είναι δυνατό να συγκριθεί η συμπύκνωση των δοκιμίων που γίνεται εργαστηριακά και της συμπύκνωσης που γίνεται στη φάση κατασκευής ενός έργου. Για παράδειγμα η κατανομή των κενών αέρος που εξετάσθηκε πιο πάνω με την μέθοδο των ακτίνων – X μπορεί να διερευνηθεί και για τις δύο περιπτώσεις και να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για τις μεθόδους συμπύκνωσης που γίνονται στο εργαστήριο με σκοπό την καλύτερη προσομοίωση των συνθηκών που συναντώνται σε ένα οδόστρωμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η οπτική μέθοδος βασίζεται σε μια τεχνική επεξεργασίας εικόνων επίπεδων τομών δοκιμίων ασφαλτομιγμάτων ή σκυροδέματος. Τα δοκίμια ασφ/τος που χρησιμοποιούνται στην μέθοδο είτε έχουν εκ των προτέρων γνωστή την κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών που χρησιμοποιούνται για την σύνθεσή τους είτε υποβάλλονται μετά την διαδικασία της οπτικής μεθόδου στην συμβατική μέθοδο υπολογισμού της κοκκομετρικής διαβάθμισης (δοκιμή εκχύλισης, βλ. κεφ. 2). Στόχος της οπτικής μεθόδου είναι η διερεύνηση των χαρακτηριστικών της δομής της ασφάλτου και του σκυροδέματος. Επίσης η μέθοδος εξετάζει την σχέση κάποιων μηχανικών χαρακτηριστικών των παραπάνω υλικών (αντοχή σε κόπωση, βαθμός συμπίκνωσης κ.α.) και ορισμένων γεωμετρικών ή μορφολογικών παραμέτρων των επιμέρους υλικών (αδρανή, ασφαλτος, κενά αέρος) με τις μεθόδους συμπίκνωσης που εφαρμόζονται σε ένα εργαστήριο. Για παράδειγμα χαρακτηριστικά όπως ο προσανατολισμός των αδρανών σε σχέση με την οριζόντια ή την κατακόρυφη διεύθυνση, η μορφή των κόκκων, η κατανομή των ποσοστών κενών αέρος σε όλο το ύψος ενός δοκιμίου και ο αριθμός των επαφών των αδρανών μέσα σε ένα δοκίμιο, είναι δυνατό να διερευνηθούν μόνο μέσω της τεχνικής επεξεργασίας εικόνων διαφόρων επίπεδων τομών στο δοκίμιο.

Από τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής διαβάθμισης, όπως αυτά προκύπτουν με την οπτική μέθοδο για τα χονδρόκοκκα αδρανή (με μέγεθος ≥ 2 mm), παρατηρούμε ότι επιτυγχάνεται μια πολύ καλή προσέγγιση της πραγματικής ανάλυσης κυρίως όταν εξετάζονται οριζόντιες τομές στο μέσο των δοκιμίων. Ακόμα και όταν εξετάζονται κατακόρυφες τομές, όπου οι αποκλίσεις από τα αποτελέσματα της συμβατικής μεθόδου είναι μεγαλύτερες, η οπτική μέθοδος μας δίνει την δυνατότητα να ελέγξουμε σε πρώτη φάση (εκτός του εργαστηρίου) αν τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής ανάλυσης είναι εντός των προδιαγραφών του αντίστοιχου τύπου ασφ/τος.

Για να εξετασθεί η ακρίβεια της οπτικής μεθόδου σε σχέση με την συμβατική μέθοδο πρέπει να εξετασθεί μεγαλύτερος αριθμός δοκιμίων διαφόρων τύπων ασφ/τος και σκυρ/τος, με διάφορες κοκκομετρικές αναλύσεις, ώστε να εξαχθούν πιο ασφαλή συμπεράσματα για το πεδίο εφαρμογής της μεθόδου. Αυτό βέβαια απαιτεί μεγάλο χρονικό διάστημα εξαιτίας της δυσκολίας που παρουσιάζεται κατά την εφαρμογή της οπτικής μεθόδου, στον διαχωρισμό των τριών φάσεων (αδρανή, ασφαλτος, κενά αέρος). Τα σφάλματα που υπεισέρχονται στην μέθοδο σχετίζονται κυρίως με την ύπαρξη των κενών αέρος, που δεν διακρίνονται σε μεγάλο βαθμό από τις άλλες φάσεις αλλά και με το γεγονός ότι σε πολλές περιπτώσεις η ασφαλτος διεισδύει στο εσωτερικό των αδρανών, με αποτέλεσμα αυτά να «βάφονται» στο χρώμα της ασφάλτου. Μπορεί το χρωματικό βάθος κατά την σάρωση να επιλέχθηκε στην υψηλότερη τιμή του (π.χ 24 bit) αλλά το πρόγραμμα για να διαχωρίσει τις τρεις φάσεις μετατρέπει την εικόνα σε μία 8-bit εικόνα με 256 αποχρώσεις του γκρι. Όπως είναι φυσικό οι 256 αποχρώσεις του γκρι είναι αδύνατο να αποδώσουν την πραγματικότητα σε σχέση με το χρωματικό βάθος των εκατομμυρίων χρωμάτων. Γι'αυτό όπως προαναφέρθηκε ο διαχωρισμός μπορεί να γίνει μόνο με παράλληλη εξέταση της πραγματικής τομής του δοκιμίου και της εικόνας, για κάθε ένα αδρανές ξεχωριστά. Στην συνέχεια για να αριθμηθούν από το πρόγραμμα τα αδρανή και να υπολογιστούν κάποια βασικά στοιχεία της γεωμετρίας τους σε δισδιάστατο επίπεδο, πρέπει τα όρια μεταξύ των αδρανών να είναι απόλυτα διακριτά. Σε διαφορετική περίπτωση το πρόγραμμα δεν είναι σε θέση να αναγνωρίσει

και στην συνέχεια διαχωρίσει δύο αδρανή που πιθανόν σε κάποιο σημείο φαίνεται να έρχονται σε επαφή. Αν τα δύο αδρανή βρίσκονται πολύ κοντά μεταξύ τους (π.χ σε απόσταση περίπου 0,5 mm) και μεταξύ τους παρεμβάλλεται άσφαλτος, ακόμα και κατά την σάρωση σε πολύ υψηλές αναλύσεις και με μεγάλο χρωματικό βάθος, οι χρωματικές διαφορές που συνθέτουν τις δύο φάσεις, αδρανή και συνδετικό υλικό, είναι ελάχιστες. Σε μια τέτοια περίπτωση τα δύο αδρανή λαμβάνονται σαν ένα ενιαίο αδρανές από το πρόγραμμα και τα χαρακτηριστικά που υπολογίζονται δεν αντιπροσωπεύουν την πραγματικότητα.

Η οπτική μέθοδος είναι μια καινοτόμος τεχνική επεξεργασίας εικόνας η οποία σε συνδυασμό με συμβατικές εργαστηριακές μεθόδους, μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά συμπεράσματα για τις μεθόδους συμπύκνωσης και τα χαρακτηριστικά της δομής της ασφάλτου και του σκυροδέματος.

6.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΕΝΑΝΤΙ ΤΗΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ.

Στην ενότητα αυτή γίνεται προσπάθεια να αξιολογηθούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της οπτικής μεθόδου σε σχέση με την συμβατική μέθοδο που εφαρμόζεται στο εργαστήριο. Αρχικά οι δύο μέθοδοι συγκρίνονται με βάση τον χρόνο, τον εξοπλισμό και τον αριθμό των δοκιμών που απαιτείται ανάλογα βέβαια με τα χαρακτηριστικά της δομής που πρόκειται να μελετηθούν. Το κόστος για την εφαρμογή των δύο μεθόδων είναι επίσης ένας παράγοντας που εξετάζεται. Τέλος γίνεται προσπάθεια να συγκριθούν τα αποτελέσματα της οπτικής μεθόδου σε σχέση με την συμβατική μέθοδο και προτείνονται οι τρόποι που η οπτική μέθοδος είναι δυνατό να εφαρμοστεί παράλληλα με την συμβατική για την εξέταση κάποιων μηχανικών χαρακτηριστικών των υλικών και των μεθόδων συμπύκνωσης.

6.2.1 ΧΡΟΝΟΣ ΠΟΥ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΩΝ.

Για τις ανάγκες της μεθόδου χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα συμβατικά δοκίμια Marshall από τα οποία ελήφθησαν συνολικά 13 επίπεδες φέτες. Από τις παραπάνω φέτες προέκυψαν συνολικά 17 τομές, από τις οποίες ελήφθησαν ισάριθμες εικόνες, οι οποίες στη συνέχεια επεξεργάστηκαν με την τεχνική επεξεργασίας εικόνας που περιγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, με στόχο να διερευνηθούν χαρακτηριστικά της εσωτερικής δομής των δοκιμών. Η επεξεργασία των εικόνων ήταν ιδιαίτερα χρονοβόρα εξαιτίας της δυσκολίας διαχωρισμού των αδρανών από την άσφαλτο. Συνολικά για να επεξεργαστεί η κάθε εικόνα απαιτήθηκαν τουλάχιστον 6 ώρες και τα αδρανή που διαχωρίστηκαν για το σύνολο των εικόνων ήταν **7156**. Υπενθυμίζεται ότι τα αδρανή που εξετάστηκαν ήταν μεγέθους τουλάχιστον 2mm (αυτά που συγκρατούνται στο κόσκινο των 2 mm ή No 10) δηλαδή δεν εξετάστηκαν τα αδρανή που συγκρατούνται σε κόσκινα μικρότερου μεγέθους (No 16, No 18, No 20, ..., No 200).

Κατά την δοκιμή εκχύλισης λαμβάνεται το ποσοστό ασφάλτου και γίνεται και κοκκομετρική ανάλυση αδρανών του ασφ/τος. Ο χρόνος που απαιτείται εξαρτάται από τις δυνατότητες του προσωπικού (γνώση, εμπειρία) και του εργαστηρίου (εξοπλισμός) αλλά γενικά δεν ξεπερνά τις 2- 3 ώρες. Είναι λογικό ότι για να διαχωριστούν πλήρως οι τρεις φάσεις δημιουργίας ενός ασφ/τος δηλαδή η άσφαλτος, τα κενά αέρος και το σύνολο των αδρανών με την τεχνική επεξεργασίας εικόνας, κατά την οποία κάθε

αδρανές εξετάζεται ξεχωριστά, ο χρόνος που απαιτείται είναι πολύ περισσότερος από αυτό που απαιτείται κατά την δοκιμή εκχύλισης. Επιπλέον τα μικρότερα αδρανή (μεγέθους $< 2 \text{ mm}$) δεν είναι εύκολο να εντοπισθούν και να διαχωριστούν καθώς η άσφαλτος διεισδύει στο εσωτερικό τους με αποτέλεσμα τα αδρανή αυτά να «βάφονται» στο χρώμα της ασφάλτου και να μην είναι διακριτά από τις άλλες δύο φάσεις. **Ο μεγάλος αριθμός των αδρανών καθώς και η δυσκολία διαχωρισμού τους με την παραπάνω τεχνική έχουν σαν συνέπεια την απαίτηση μεγάλου χρονικού διαστήματος για την εφαρμογή της οπτικής μεθόδου. Αυτό είναι ένα πρώτο σημαντικό μειονέκτημα της τεχνικής αυτής έναντι της συμβατικής μεθόδου στον υπολογισμό τόσο της κοκκομετρικής ανάλυσης των αδρανών όσο και του ποσοστού ασφάλτου και των κενών αέρος σε ένα ασφαλτόμιγμα.**

6.2.2 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.

Η δοκιμή εκχύλισης γίνεται από εξειδικευμένο προσωπικό σε ένα διαπιστευμένο εργαστήριο. Ο απαραίτητος τεχνικός εξοπλισμός είναι ένας εκχυλιστήρας, ο ειδικός φούρνος, η ζυγαριά και τα κόσκινα. Για την εφαρμογή της μεθόδου χρησιμοποιείται επίσης κατάλληλος οργανικός διαλύτης συνήθως τριχλωροαιθυλένιο και ειδικό φίλτρο. Για τις ανάγκες της οπτικής μεθόδου απαιτείται ένας H/Y και ένας κοινός σαρωτής. Συγκεκριμένα για την λήψη των εικόνων των τομών των δοκιμών χρησιμοποιήθηκε ένας "οικιακός" σαρωτής, δηλαδή ένας μη επαγγελματικός σαρωτής. Τα χαρακτηριστικά του σαρωτή έδιναν την δυνατότητα για μια ικανοποιητική σάρωση ιδιαίτερα από άποψη ανάλυσης και χρωματικού βάθους. Η ανάλυση και το χρωματικό βάθος είναι τα πιο βασικά χαρακτηριστικά που ελέγχονται στην περίπτωση που μας ενδιαφέρει η ποιότητα της εικόνας και λιγότερο η ταχύτητα της σάρωσης ή το μέγεθος του σαρωτή ή κάποια άλλα τεχνικότερα χαρακτηριστικά.

• Απαιτούμενη ανάλυση σάρωσης.

Είναι φανερό ότι όσο πιο υψηλή τιμή ανάλυσης χρησιμοποιείται για την σάρωση τόσο πιο καλή ποιότητα εικόνας επιτυγχάνεται. Ιδιαίτερη προσοχή κατά την αγορά ενός σαρωτή πρέπει να δίνεται στον διαχωρισμό της "οπτικής" (πραγματική) και της ανάλυσης "παρεμβολής". Όσο πιο υψηλή είναι η τιμή "οπτικής" ανάλυσης τόσο πιο ικανοποιητικά αποτελέσματα από άποψη ευκρίνειας στην εμφάνιση της εικόνας στην οθόνη του υπολογιστή επιτυγχάνονται. Αντίθετα η ανάλυση παρεμβολής λόγω του τρόπου λειτουργίας της (εισαγωγή στην εικόνα φανταστικών εικονοστοιχείων) δεν δίνει τόσο ευκρινείς εικόνες.

Επειδή όμως η ανάλυση σάρωσης είναι άμεσα συνδεδεμένη με το μέγεθος των αρχείων εικόνας που λαμβάνονται, πολύ υψηλές τιμές δημιουργούν τεράστια αρχεία. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα πολλές φορές το λειτουργικό σύστημα του υπολογιστή είτε να μην μπορεί να ανταποκριθεί καθόλου είτε η ταχύτητα με την οποία επεξεργάζεται τις πληροφορίες να είναι πολύ χαμηλή. Τότε οι εργασίες με τέτοιου είδους αρχεία γίνεται πολύ χρονοβόρα με αποτέλεσμα η οπτική μέθοδος να μην μπορεί να εφαρμοστεί. Στην περίπτωση σάρωσης των τομών των δοκιμών από τον οικιακό σαρωτή χρησιμοποιήθηκε ανάλυση **600 dpi**. Υψηλότερες τιμές ανάλυσης δημιουργούσαν προβλήματα όπως μεγάλο χρονικό διάστημα για την σάρωση και την επεξεργασία των εικόνων.

Στην οθόνη βέβαια του υπολογιστή δεν μπορούμε να δούμε πολύ υψηλές αναλύσεις. Εύκολα μπορεί να υπολογιστεί ότι τα **72 dpi** είναι το μέγιστο (ή μια τιμή

κοντά στο μέγιστο) που μπορεί να μας δείξει μια κοινή οθόνη, λόγω κατασκευής της. Όσο για το ανθρώπινο όριο, η μέγιστη δηλαδή τιμή στην οποία μπορεί να δει και να διακρίνει διαφορές το ανθρώπινο μάτι, είναι γύρω στα **300 dpi (ή 0,1 mm)**. Επομένως, οι περιπτώσεις που έχει νόημα κάτι παραπάνω, είναι αυτές στις οποίες χάνεται πληροφορία λόγω ατελειών του υλικού ή του λογισμικού ή όταν η εικόνα επεξεργάζεται από κάποιο πρόγραμμα που μπορεί να διακρίνει τέτοιου είδους διαφορές στην εικόνα.

- κατάλληλο χρωματικό βάθος.

Όπως και η ανάλυση έτσι και το χρωματικό βάθος είναι άμεσα συνδεδεμένη με το μέγεθος των παραγόμενων αρχείων εικόνας. Έτσι πολύ υψηλές τιμές χρωματικού βάθους δημιουργούν ανάλογα προβλήματα. Επειδή όμως το μέγεθος αρχείων επηρεάζεται περισσότερο από την μεταβολή της ανάλυσης σε σχέση με μεταβολή του χρωματικού βάθους (βλ. κεφ. 3), για καλύτερα αποτελέσματα στην ποιότητα της εικόνας επιλέγεται αρχικά η μέγιστη τιμή χρωματικού βάθους και στην συνέχεια υπολογίζεται η μέγιστη τιμή της ανάλυσης για ένα συγκεκριμένο μέγεθος αρχείου. Στην περίπτωση του σαρωτή που χρησιμοποιήθηκε η μέγιστη τιμή χρωματικού βάθους ήταν τα 24 bit ή 16.777.216 χρώματα.

Υπάρχουν σαρωτές που έχουν δυνατότητα να σαρώσουν εικόνες με χρωματικά βάθη 30, 32 ή και 36 bit (ή 68.719.476.736 χρώματα). Το κόστος για τέτοιου είδους σαρωτές είναι βέβαια πολύ υψηλότερο από τους κοινούς σαρωτές. Για την οπτική μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε η τιμή των **24 bit** είναι ικανοποιητική αφού ουσιαστικά ο διαχωρισμός των χρωματικών διαφορών γίνεται από το ανθρώπινο μάτι και υψηλότερες τιμές δεν θα είχαν νόημα εκτός και αν η ίδια εργασία γινόταν από κάποιο πρόγραμμα. Επίσης ορισμένες αναλύσεις οθονών δεν μπορούν να υποστηρίξουν τα χρωματικά βάθη των 30, 32 ή και 36 bit. Αυτό σχετίζεται με την ποσότητα της μνήμης που διαθέτει η κάρτα οθόνης (όσο περισσότερη, τόσο το καλύτερο).

- Κατάλληλος τύπος αρχείων.

Επειδή όπως γίνεται αντιληπτό και από τα παραπάνω η οπτική μέθοδος απαιτεί όσο το δυνατό καλύτερη ποιότητα εικόνας, τα παραγόμενα αρχεία εικόνας πρέπει να είναι ικανά να αποθηκεύουν το μεγάλο πλήθος πληροφοριών χωρίς να χάνονται δεδομένα π.χ λόγω συμπίεσης. Τέτοιου είδους αρχεία κατάλληλα για την επεξεργασία με γραφικά είναι τα αρχεία **Bitmap** και **Tiff**. Μπορεί το μέγεθος τους ορισμένες φορές να είναι τεράστιο (αρκετά MB), ωστόσο το γεγονός πρώτον ότι έχουν την δυνατότητα να αποθηκεύουν χωρίς να «συμπιέζουν» πληροφορίες και δεύτερον ότι είναι «προσπελάσιμα» από τα περισσότερα προγράμματα τα καθιστούν τα πιο κατάλληλα για την εφαρμογή της οπτικής μεθόδου.

- Απαιτούμενα προγράμματα για την εφαρμογή της οπτικής μεθόδου.

Για την εφαρμογή της οπτικής μεθόδου εκτός από το πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνας του σαρωτή, όπου ρυθμίζονται οι παράμετροι της σάρωσης (ανάλυση, χρωματικό βάθος, τύπος αρχείων κ.α) έπρεπε να χρησιμοποιηθούν και άλλα προγράμματα όπως π.χ το "Adobe Photoshop". Μερικές εφαρμογές όπως ο διαχωρισμός των αδρανών (περικοπή περιοχών με άγνωστο γεωμετρικό σχήμα βλ. κεφ.4) δεν είναι ήταν

διαθέσιμες στο λογισμικό που συνόδευε τον σαρωτή που χρησιμοποιήθηκε στην οπτική μέθοδο. Το πρόγραμμα "Adobe Photoshop" χρησιμοποιείται για επαγγελματική επεξεργασία εικόνας και όπως είναι φυσικό περιέχει πλήθος επιλογών. Τέλος για τον υπολογισμό ορισμένων γεωμετρικών και μορφολογικών παραμέτρων των αδρανών που διαχωρίστηκαν από το πρόγραμμα "Adobe Photoshop", χρησιμοποιήθηκε ένα άλλο πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνας, το "SigmaScanPro". Χαρακτηριστικά όπως το εμβαδόν, η περίμετρος, ο κύριος και δευτερεύων άξονας ενός αδρανούς κ.α υπολογίστηκαν μέσω αυτού του προγράμματος. Στην συνέχεια τα χαρακτηριστικά αυτά χρησιμοποιήθηκαν για να αναλυθούν στοιχεία της εσωτερικής δομής της ασφάλτου και του σκυρ/τος όπως η κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών, ο προσανατολισμός τους μέσα σε εάν δοκίμιο κ.α.

6.2.3 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ.

Συνήθως το δείγμα του ασφ/τος που απαιτείται για την δοκιμή εκχύλισης καθορίζεται από τις διαστάσεις του εκχυλιστήρα αλλά σε γενικές γραμμές ζυγίζει περίπου 1 Kg (μη συμπαγές ασφ/γμα). Τα δοκίμια Marshall που υποβλήθηκαν σε δοκιμή εκχύλισης ζύγισαν περίπου 1200 gr. Για τις ανάγκες της οπτικής μεθόδου χρησιμοποιήθηκαν τομές (οριζόντιες και κατακόρυφες) σε δοκίμια Marshall. Κατά την εφαρμογή της οπτικής μεθόδου αποδείχθηκε ότι η κοκκομετρική ανάλυση μπορεί να βρεθεί με καλή προσέγγιση σε σχέση με αυτή που δίνει η συμβατική μέθοδος όταν εξετάζονται οριζόντιες τομές στο μέσο του δοκιμίου. Για να βρεθεί όμως η κατανομή των αδρανών ή κατανομή του ποσοστού των κενών αέρος σε σχέση με το ύψος του δοκιμίου χρειάζεται να εξετασθούν περισσότερες οριζόντιες τομές από το δοκίμιο.

6.2.4 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΚΟΣΤΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΘΕ ΜΕΘΟΔΟΥ.

Για την εφαρμογή της συμβατικής μεθόδου το μεγαλύτερο κόστος προκύπτει από την χρήση οργανικών διαλυτών (συνήθως τριχλωροαιθυλένιο) που κοστίζουν ακριβά. Το κόστος για την εφαρμογή της οπτικής μεθόδου είναι το κόστος αγοράς του Η/Υ και του κατάλληλου σαρωτή. Το κόστος αγοράς του σαρωτή που χρησιμοποιήθηκε για την λήψη των εικόνων των τομών ήταν σχετικά μικρό (όπως συνήθως για όλους τους "οικιακούς" σαρωτές). Εκτός από τους σαρωτές μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την λήψη εικόνας μία ψηφιακή φωτογραφική μηχανή ή ψηφιακή κάμερα. Τα χαρακτηριστικά (ανάλυση, χρωματικό βάθος) των παραπάνω συσκευών είναι περίπου ίδια με αυτά του σαρωτή. Οι συσκευές όμως αυτές έχουν το πλεονέκτημα έναντι του σαρωτή ότι παρέχουν την δυνατότητα επί τόπου λήψης μιας εικόνας της τομής ενός δοκιμίου στο εργαστήριο ή στο δρόμο κατά την δειγματοληψία (καρότα). Το κόστος αγοράς για τις συσκευές αυτές είναι συνήθως ανάλογο με το κόστος αγοράς των "οικιακών" σαρωτών. Αν τέλος η σάρωση γίνει από επαγγελματικό σαρωτή τότε το κόστος είναι φυσικά πιο υψηλό.

6.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΟΠΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟ.

Η κοκκομετρική διαβάθμιση των χονδρόκοκκων αδρανών, όπως αυτή προκύπτει με την οπτική μέθοδο, υπολογίζεται βάση του κύριου και του δευτερεύοντα άξονα και της διαμέτρου "Ferret". Έχοντας γνωστή είτε εκ των προτέρων μέσω της μελέτης σύνθεσης

είτε εκ των υστέρων (μέσω της δοκιμής εκχύλισης) την πραγματική κοκκομετρική ανάλυση των αδρανών και συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής διαβάθμισης που έγινε με την οπτική μέθοδο εξάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Για όλες τις τομές η κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών που έγινε βάση της διαμέτρου "Feret" προσεγγίζει με μεγάλη ακρίβεια την πραγματική κοκκομετρική ανάλυση. Κατά την εξέταση μιας οριζόντιας τομής στο μέσο ενός δοκιμίου ασφαλτοσκυροδέματος (δοκίμιο Marshall), η μεγαλύτερη απόκλιση στις τιμές της κοκκομετρικής διαβάθμισης, όπως αυτές προκύπτουν από την δοκιμή εκχύλισης και την οπτική μέθοδο, ήταν μόλις 2 % (βλ. πίνακα 4-5). Για τομές στην κορυφή ή στην βάση του δοκιμίου προκύπτουν μεγαλύτερες αποκλίσεις στις τιμές, περίπου 10% (βλ. πίνακα 4-9).
- Η κοκκομετρική διαβάθμιση βάση του κύριου και του δευτερεύοντα άξονα ταυτίζονται περίπου με το κάτω και το άνω όριο των προδιαγραφών (Π.Τ.Π.) για τον αντίστοιχο τύπο του ασφ/τος. Παράλληλα καθορίζουν ένα μικρότερο εύρος τιμών σε σχέση με τα όρια που προκύπτουν σύμφωνα με τις προδιαγραφές.
- Η κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών βάση της διαμέτρου "Feret", όπως αυτή υπολογίστηκε από τις οριζόντιες τομές, σε σχέση με τις κατακόρυφες τομές προσεγγίζει καλύτερα την πραγματική κοκκομετρική ανάλυση. Στις κατακόρυφες τομές τα ποσοστά διερχόμενων αδρανών από κάθε κόσκινο υπολογίζονται μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα ποσοστά στις οριζόντιες τομές. Αυτό σημαίνει ότι ο κύριος άξονας κάθε αδρανούς τείνει να προσανατολίζεται οριζόντια μέσα στην μάζα ενός δοκιμίου, δηλαδή τα αδρανή «κάθονται» ή «ξαπλώνουν» με την μεγαλύτερη πλευρά τους κατά την οριζόντια διεύθυνση.
- Παρατηρώντας τις τιμές της κοκκομετρικής διαβάθμισης σε 2 τουλάχιστον τομές στην κορυφή και σε 2 τομές στην βάση του δοκιμίου φαίνεται εκεί να συγκεντρώνονται τα μικρότερου μεγέθους αδρανή (μέγεθος έως 4,76 mm). Με την οπτική μέθοδο μπορεί να εξετασθεί εκτός από την κοκκομετρική ανάλυση και η κατανομή των αδρανών ανάλογα με το μέγεθός τους μέσα στην μάζα του δοκιμίου. Από τις 8 οριζόντιες τομές που μελετήθηκαν από το ίδιο δοκίμιο εμφανίζεται η τάση τα χονδρόκοκκα αδρανή να τοποθετούνται στο κέντρο του δοκιμίου και το λεπτόκοκκο υλικό να διασπείρεται περισσότερο στην περιφέρεια του δοκιμίου. Το συμπέρασμα αυτό ενισχύει ο τρόπος κατασκευής των δοκιμίων Marshall κατά τον οποίο τα χονδρόκοκκα αδρανή «σπρώχνονται» με την σπάτουλα στο μέσο της μήτρας και έτσι το λεπτόκοκκο υλικό καλύπτει περιοχές κοντά στην κορυφή, στην βάση και στην περιφέρεια του δοκιμίου.
- Οι οριζόντιες τομές που γίνονται στο μέσο του δοκιμίου θεωρούνται πιο κατάλληλες για τον υπολογισμό της κοκκομετρικής διαβάθμισης των αδρανών. Αυτό φαίνεται από το γεγονός ότι και στις δύο περιπτώσεις δοκιμίων (εκ των προτέρων ή εκ των υστέρων γνωστή κοκκομετρική ανάλυση), τα ποσοστά των διερχόμενων αδρανών, όπως αυτά προκύπτουν από εφαρμογή της οπτικής μεθόδου σε τομές που βρίσκονται κοντά στο μέσο του δοκιμίου, συγκλίνουν

περισσότερο στα αντίστοιχα ποσοστά που προκύπτουν από την πραγματική κοκκομετρική ανάλυση.

6.4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΑΔΡΑΝΩΝ.

Με την οπτική μέθοδο είναι δυνατό να μελετηθούν εκτός από την κοκκομετρική ανάλυση των αδρανών και κάποια άλλα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των αδρανών (π.χ προσανατολισμός, το κέντρο βάρους κ.α) κάτι που με την συμβατική μέθοδο δεν είναι δυνατό. Για τον προσανατολισμό των αδρανών υπολογίσθηκε η γωνία που σχηματίζει ο κύριος άξονας με την οριζόντια διεύθυνση, δηλαδή με τον άξονα Χ. Τα ίδια αποτελέσματα λαμβάνονται για μέτρηση της γωνίας που σχηματίζει ο δευτερεύων άξονας με τον άξονα Υ. Ο προσανατολισμός των αδρανών εξετάσθηκε τόσο για τις οριζόντιες όσο και τις κατακόρυφες τομές των δοκιμίων. Αναλύοντας τα αποτελέσματα για το σύνολο των τομών εξάγεται το συμπέρασμα ότι **ο προσανατολισμός των αδρανών τόσο για τις οριζόντιες όσο και για τις κατακόρυφες τομές είναι περίπου τυχαίος**. Αυτό σημαίνει ότι κατά την συμπίκνωση τα αδρανή δεν έχουν την τάση να προσανατολίζονται προς μια συγκεκριμένη διεύθυνση μέσα στο δοκίμιο (ισότροπο υλικό).

Επίσης παρατηρώντας τις τιμές της κοκκομετρικής διαβάθμισης βάση του κύριου άξονα για οριζόντιες και κατακόρυφες τομές φαίνεται η τάση που έχουν τα χονδρόκοκκα αδρανή (μέγεθος $\geq 2\text{mm}$) να τοποθετούνται με την μεγαλύτερη διάστασή τους παράλληλη με την οριζόντια διεύθυνση δηλαδή να «ξαπλώνουν» μέσα στο δοκίμιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 – ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

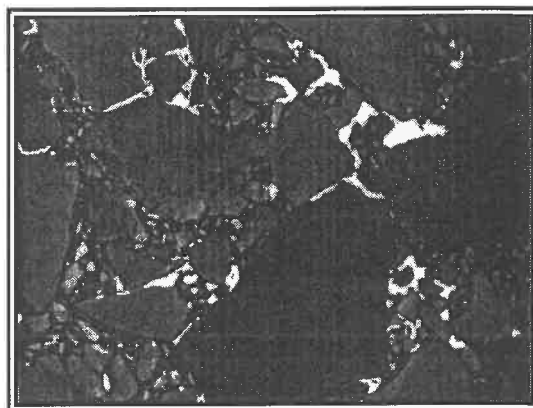
7.1 ΓΕΝΙΚΑ

Με την οπτική μέθοδο που αναπτύχθηκε διερευνήθηκε η εσωτερική δομή δοκιμίων ασφ/τος και σκυρ/τος που παρασκευάζονται εργαστηριακά. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τομές σε δοκίμια (οριζόντιες και κατακόρυφες). Στην συνέχεια οι τομές αυτές σαρώθηκαν από ένα κοινό επίπεδο σαρωτή και επεξεργάστηκαν με χρήση προγραμμάτων ανάλυσης εικόνας.

Σε περίπτωση που οι τομές σαρωθούν από κάποιο πιο εξελιγμένου τύπου σαρωτή (επαγγελματικό) με δυνατότητες πολύ υψηλών τιμών ανάλυσης και χρωματικού βάθους, τα προβλήματα που δημιουργούνται πολλές φορές π.χ εξαιτίας των ελάχιστων χρωματικών διαφορών ανάμεσα στην ασφαλτο και στα κενά αέρος, ενδέχεται να αντιμετωπισθούν πιο αποτελεσματικά. Η συνεχής εξέλιξη των προγραμμάτων και των ηλεκτρονικών υπολογιστών είναι σίγουρο ότι ενισχύει την προσπάθεια εξέλιξης της οπτικής μεθόδου. Για παράδειγμα η επεξεργασία αρχείων εικόνας (bitmap) με τόσο μεγάλο πλήθος πληροφοριών όσο τα αρχεία εικόνας των τομών των δοκιμίων θα ήταν αδύνατη πριν από μερικά χρόνια.

Ένα σημαντικό μειονέκτημα της οπτικής μεθόδου έναντι της συμβατικής είναι η απαίτηση μεγάλου χρονικού διαστήματος (περίπου 6 ώρες) για να διαχωριστούν ένα-ένα τα αδρανή. Αν ο διαχωρισμός γινόταν αυτόματα με την βοήθεια κάποιου αλγόριθμου ή κάποιου ειδικού φίλτρου (Erosion) η διαδικασία θα ήταν πολύ πιο σύντομη. Τότε θα ήταν εφικτό να αναλυθούν περισσότερες τομές δοκιμίων και να εξαχθούν πιο ασφαλή συμπεράσματα για τα χαρακτηριστικά της δομής της ασφάλτου και του σκυρ/τος.

Με την οπτική μέθοδο μπορεί να υπολογιστεί και η κατανομή των κενών αέρος μέσα στην μάζα ενός δοκιμίου. Αφού τα δοκίμια κοπούν σε κατάλληλες τομές στην συνέχεια τοποθετούνται σε ένα μίγμα εποξειδικής ρητίνης (epoxy resin), ειδικής βαφής (fluorescent dye) και σκληρυντικού. Αφού πήξει η ρητίνη οι τομές λειαίνονται για να απομείνει το παραπάνω μίγμα μόνο στα κενά αέρος.

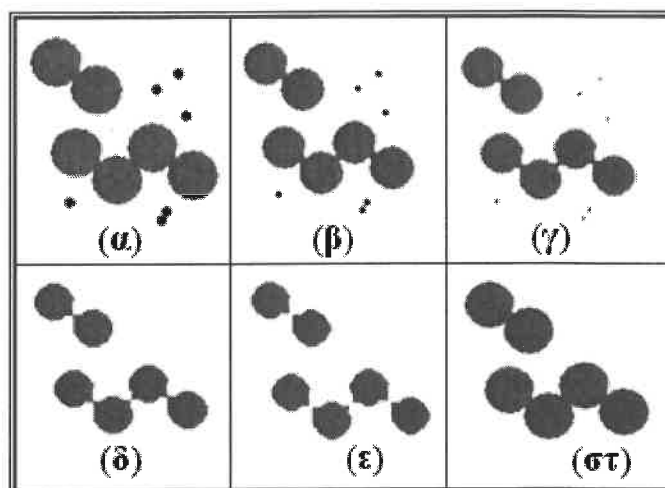


Εικόνα 7-1. Πλήρωση κενών αέρος με κατάλληλο μίγμα που περιέχει ειδική βαφή.

Η κατανομή των κενών αέρος παίζει σημαντικό ρόλο στα μηχανικά χαρακτηριστικά ενός δοκιμίου καθώς μπορεί δύο δοκίμια να έχουν το ίδιο ποσοστό κενών αέρος αλλά η κατανομή τους μέσα στην μάζα του δοκιμίου να είναι διαφορετική, οπότε τα δύο

δοκίμια ενδέχεται να συμπεριφέρονται διαφορετικά π.χ κάτω από τις ίδιες συνθήκες φόρτισης.

Με την χρήση κατάλληλου αλγόριθμου ή φίλτρου είναι δυνατό να υπολογισθεί ο αριθμός των επαφών των αδρανών σε μια τομή ενός δοκιμίου. Η οπτική μέθοδος θεωρεί όλα τα αδρανή που έρχονται σε επαφή σαν ένα αδρανές. Με αυτή τη λογική στην εικόνα 7-2α, ο αριθμός των λεπτόκοκκων αδρανών είναι $n_1 = 5$ και των χονδρόκοκκων αδρανών είναι $n_2 = 2$, δηλαδή μικρότερος από τον πραγματικό αριθμό των αδρανών. Εφαρμόζοντας τόσες φορές το φίλτρο στην εικόνα έτσι ώστε να διαχωριστούν πλήρως τα χονδρόκοκκα αδρανή και να εξαφανιστούν τα λεπτόκοκκα αδρανή, καταλήγουμε στην εικόνα 7-2ε και 7-2στ. ο αριθμός των χονδρόκοκκων αδρανών στην εικόνα 7-2ε είναι $n_3 = 6$. Ο αριθμός των επαφών των χονδρόκοκκων αδρανών υπολογίζεται τώρα πολύ απλά ως εξής: $n_4 = n_3 - n_2 = 6 - 2 = 4$.



Εικόνα 7-2. Εφαρμογή φίλτρου για την εύρεση του αριθμού των αδρανών.

Με τον υπολογισμό της κατανομής των αδρανών μέσα στην μάζα ενός δοκιμίου και του αριθμού των επαφών των αδρανών είναι δυνατό να διαπιστωθούν οι διαφορές στον τρόπο συμπίκνωσης που γίνονται στο εργαστήριο. Για παράδειγμα για δρόμους βαριάς κυκλοφορίας η συμπίκνωση που γίνεται προσομοιάζεται εργαστηριακά με συγκεκριμένο αριθμό κτύπων του δοκιμίου (συνήθως 75) από τον κόπανο Marshall. Κατασκευάζοντας δοκίμια και συμπυκνώνοντάς τα με διαφορετικό κάθε φορά αριθμό κτύπων είναι δυνατό να μελετηθούν διαφορές στην κατανομή των κενών αέρος και στον αριθμό των επαφών των χονδρόκοκκων αδρανών. Οι διαφορές αυτές επηρεάζουν μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών. Για παράδειγμα από παρόμοιες μελέτες έχει αποδειχθεί ότι η αντοχή δοκιμίων σε παραμένονσα παραμόρφωση αυξάνεται με την αύξηση του αριθμού των επαφών των χονδρόκοκκων αδρανών.

Τέλος με δειγματοληψία (καρότα) από ασφατικές στρώσεις σε οδοστρώματα που ήδη κυκλοφορούνται, είναι δυνατό να μελετηθούν οι διαφορές που έχουν επέλθει με την πάροδο του χρόνου, σε χαρακτηριστικά της εσωτερικής δομής της ασφάλτου, όπως αυτά που περιγράφηκαν πιο πάνω, σε σχέση με συμβατικά δοκίμια, που έχουν κατασκευασθεί από το ίδιο ασφ/γμα από το οποίο έχουν κατασκευασθεί οι επιμέρους ασφατικές στρώσεις του οδοστρώματος.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

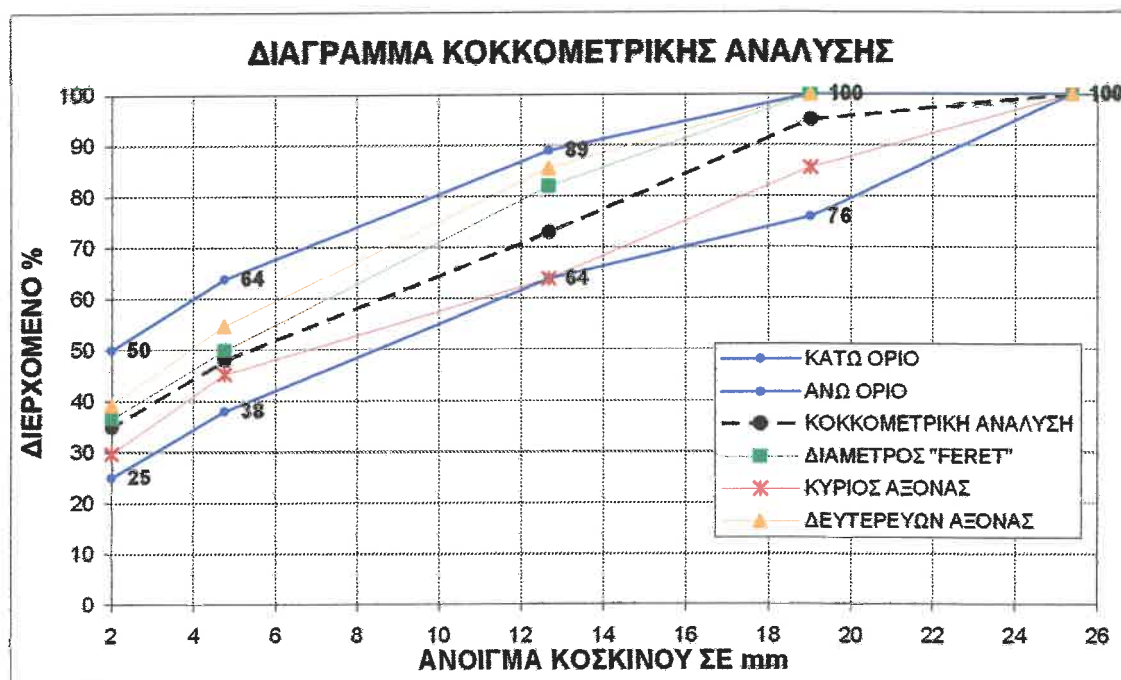
1. ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ ΑΔΡΑΝΩΝ ΒΑΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ "FERET", ΤΟΥ ΚΥΡΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΑ ΑΞΟΝΑ ΕΝΟΣ ΑΔΡΑΝΟΥΣ.

Για το σύνολο των 8 οριζόντιων τομών που προέκυψαν από την κοπή του δοκιμίου ασφ/τος, παρουσιάζονται πιο κάτω τα διαγράμματα κοκκομετρικής ανάλυσης για κάθε μια τομή ξεχωριστά. Η κοκκομετρική διαβάθμιση έγινε βάση της διαμέτρου "Feret", του κύριου και του δευτερεύοντα άξονα ενός αδρανούς όπως αυτά υπολογίστηκαν με την βοήθεια του προγράμματος "SigmaScanPro". Με μπλε χρώμα διακρίνονται τα όρια της πραγματικής κοκκομετρικής διαβάθμισης σύμφωνα με τις Π.Τ.Π., με κόκκινο και πορτοκαλί οι κοκκομετρικές διαβαθμίσεις βάση του κύριου και του δευτερεύοντα άξονα αντίστοιχα, με πράσινο η κοκκομετρική διαβάθμιση βάση της διαμέτρου "Feret" και με μαύρο χρώμα η καμπύλη της πραγματικής κοκκομετρικής ανάλυσης, όπως αυτή προέκυψε από εργαστηριακό έλεγχο (δοκιμή εκχύλισης).

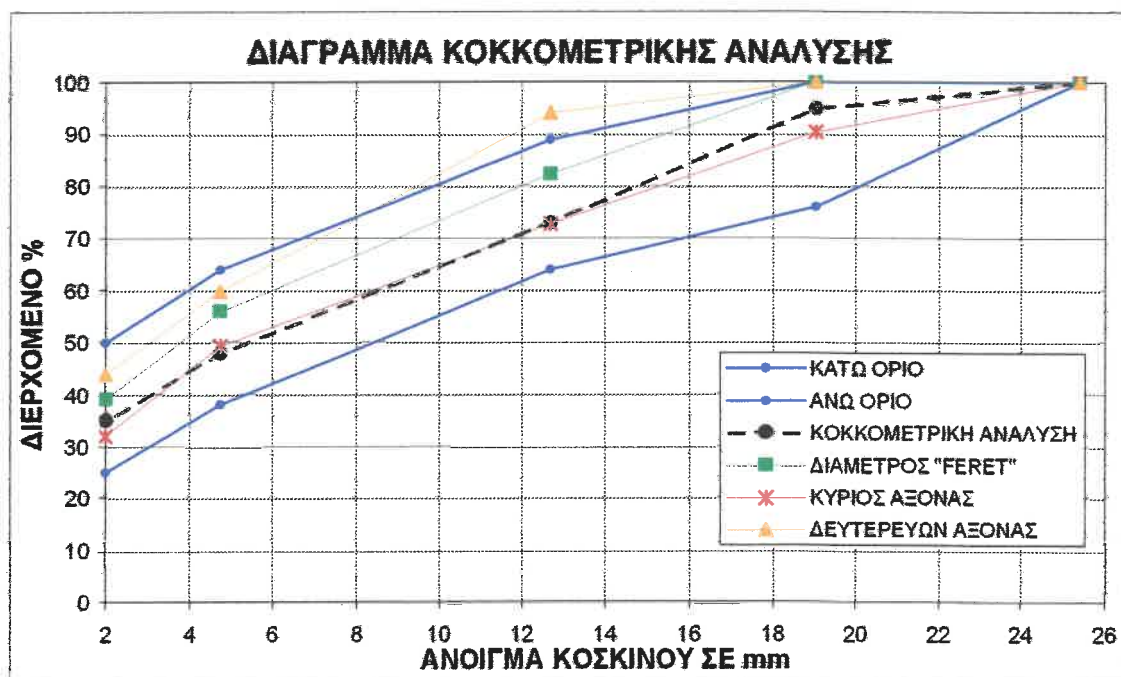
Η τομή Α προέκυψε από κοπή του δοκιμίου στο πάνω μέρος και η τομή Ε από κοπή στην βάση του δοκιμίου. Οι τομές Β1, Β2, Γ1, Γ2, Δ1 και Δ2 ουσιαστικά αποτελούν τις δύο όψεις της φέτας Β, Γ και Δ. Από ότι φαίνεται και στα διαγράμματα, η κοκκομετρική διαβάθμιση βάση της διαμέτρου "Feret" προσεγγίζει με μεγάλη ακρίβεια την πραγματική κοκκομετρική ανάλυση και οι κοκκομετρικές διαβαθμίσεις βάση του κύριου και του δευτερεύοντα άξονα αποτελούν το κάτω και το άνω όριο τόσο της πραγματικής κοκκομετρικής διαβάθμισης όσο και της διαβάθμισης βάση της διαμέτρου "Feret", σχεδόν για το σύνολο των τομών. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι κοκκομετρικές διαβαθμίσεις βάση της διαμέτρου "Feret" και βάση της δοκιμής εκχύλισης για το σύνολο των τομών. Επίσης φαίνονται οι διαστάσεις κάθε κοσκίνου που χρησιμοποιήθηκαν για την κοκκομετρική ανάλυση καθώς και τα όρια της κοκκομετρικής ανάλυσης βάση των Π.Τ.Π.

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ										
ΔΟΚΙΜΗ ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ			ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ "SigmaScanPro"							
ΚΟΣΚΙΝΑ	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ	ΟΡΙΑ ΠΡΟΔ/ΦΗΣ	ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΤΟΜΕΣ							
			A	B1	B2	Γ1	Γ2	Δ1	Δ2	E
mm	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
25,400	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
19,050	95	76-100	100	100	100	94	94	95	100	100
12,700	73	64-89	82	82	81	72	74	76	82	86
4,760	48	38-64	50	56	51	42	45	46	45	58
2,000	35	25-50	37	39	37	31	34	34	32	44
0,420	15	12-28	-	-	-	-	-	-	-	-
0,180	10	7-18	-	-	-	-	-	-	-	-
0,074	6	4-8	-	-	-	-	-	-	-	-

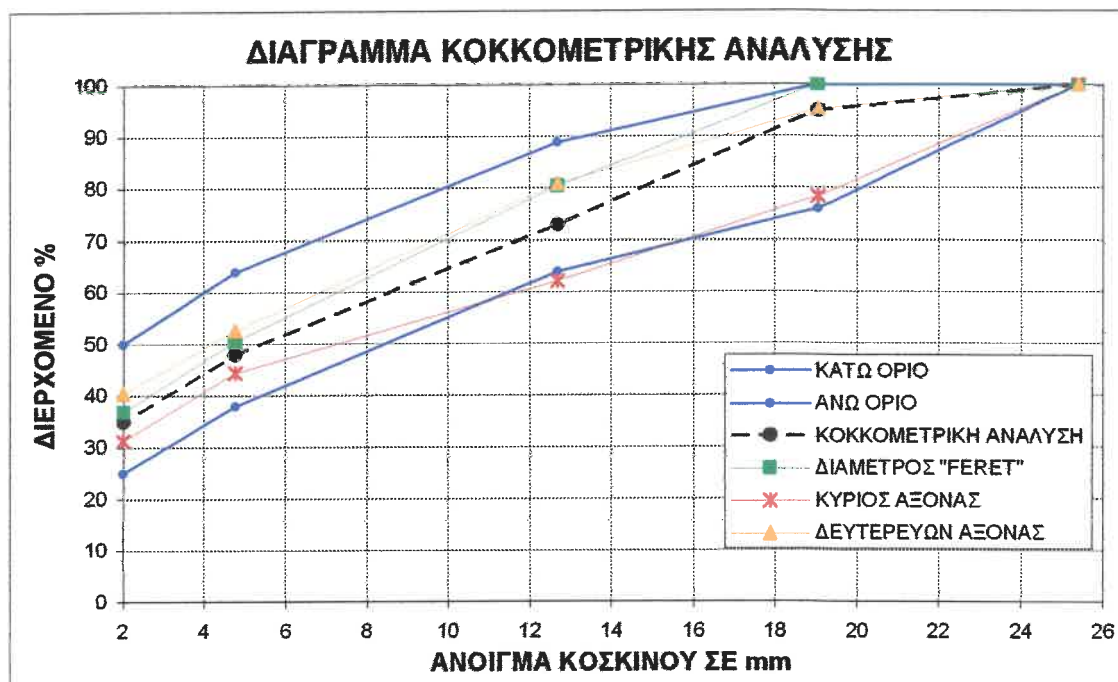
Πίνακας 1-1.



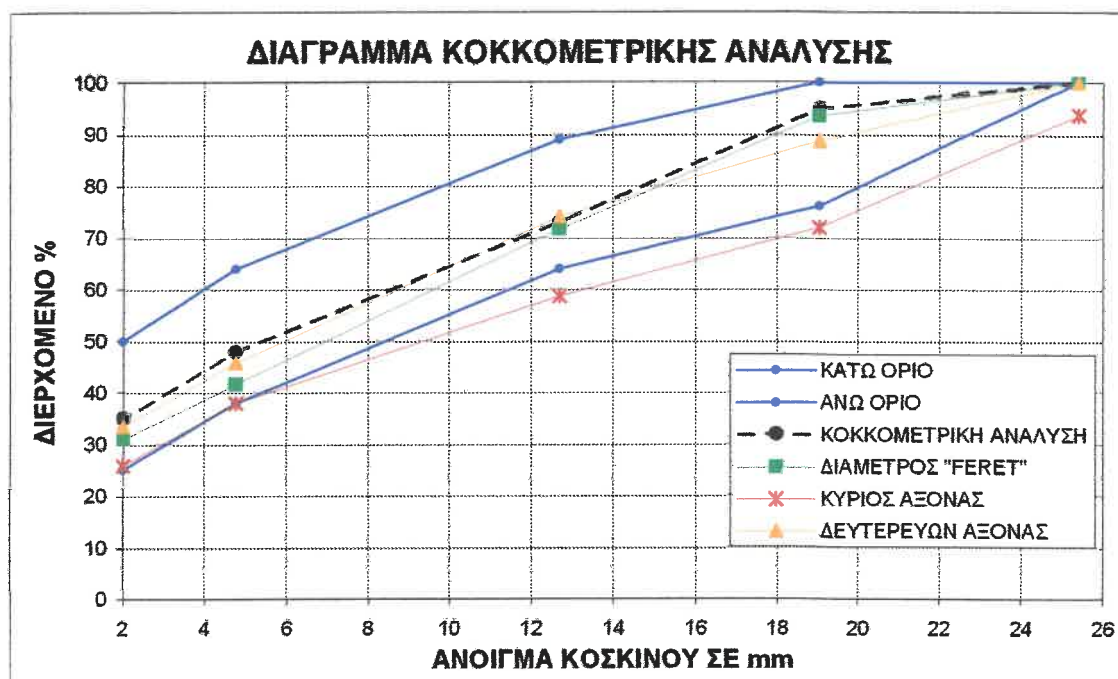
Εικόνα 1-1. Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης τομής Α.



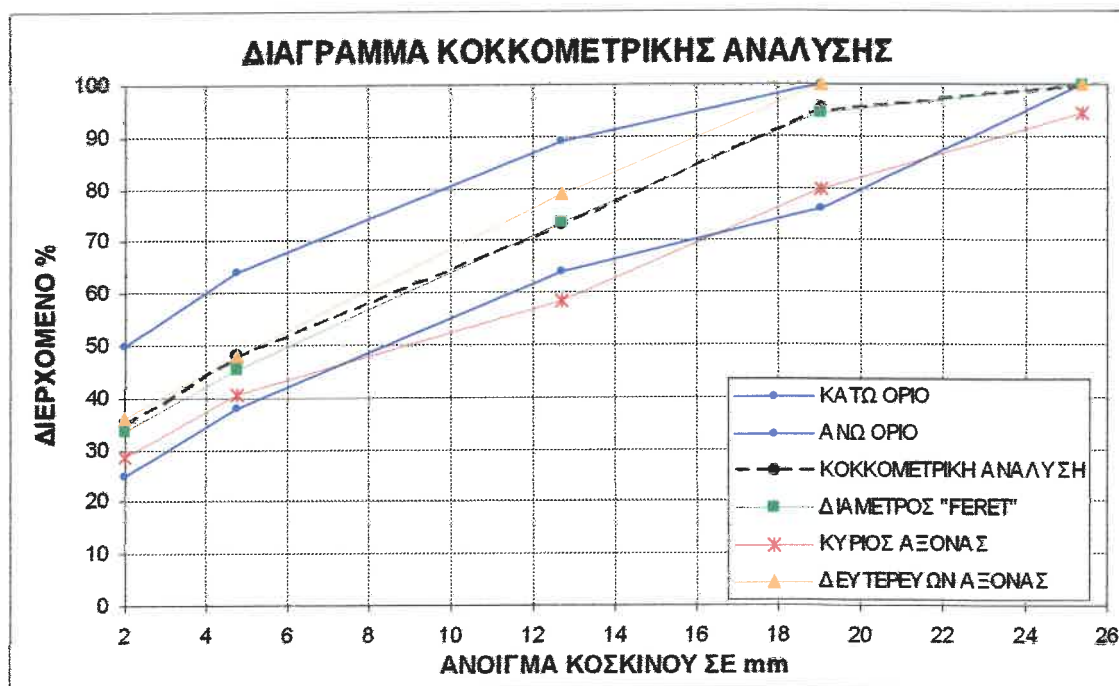
Εικόνα 1-2. Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης τομής Β1.



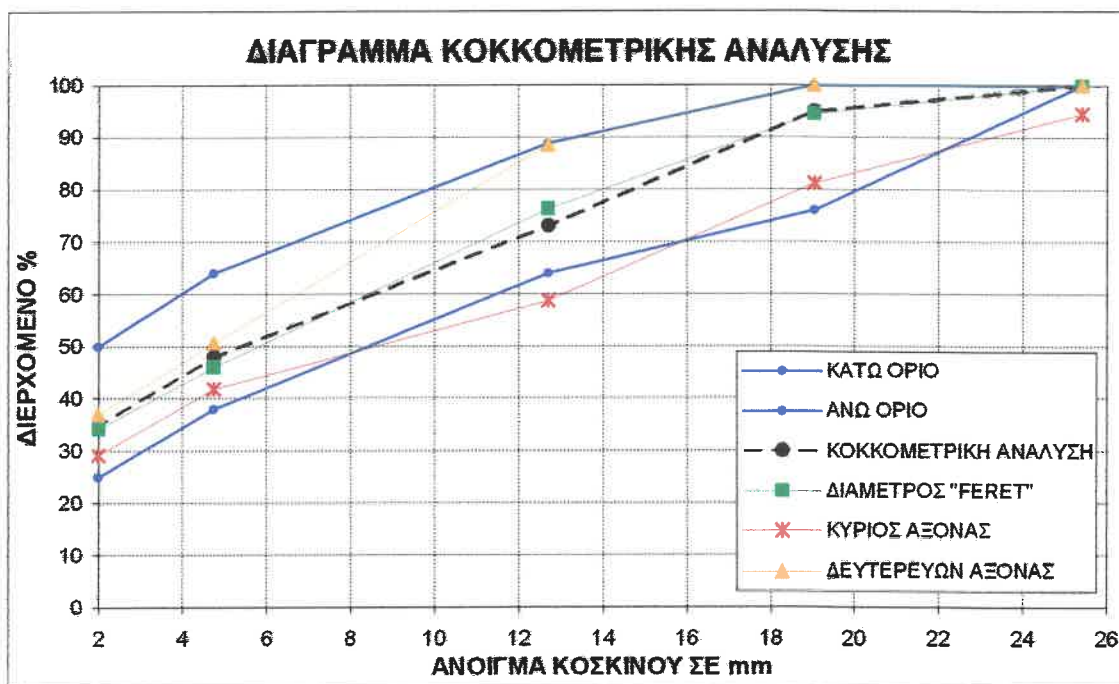
Εικόνα 1-3. Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης τομής B2.



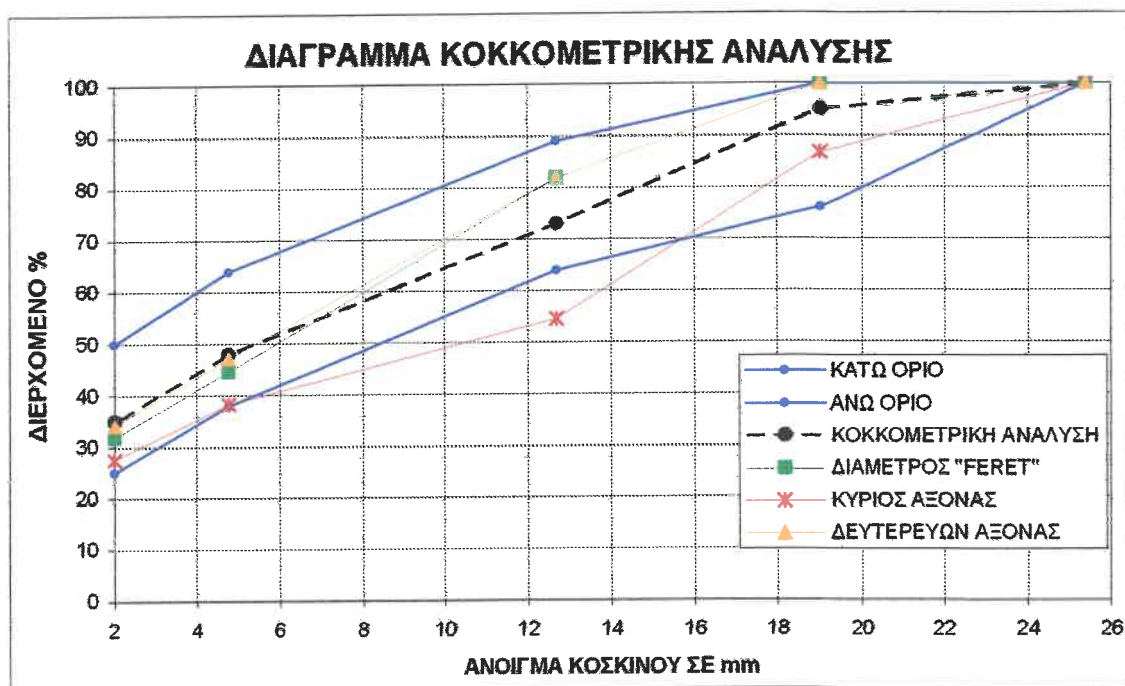
Εικόνα 1-4. Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης τομής Γ1.



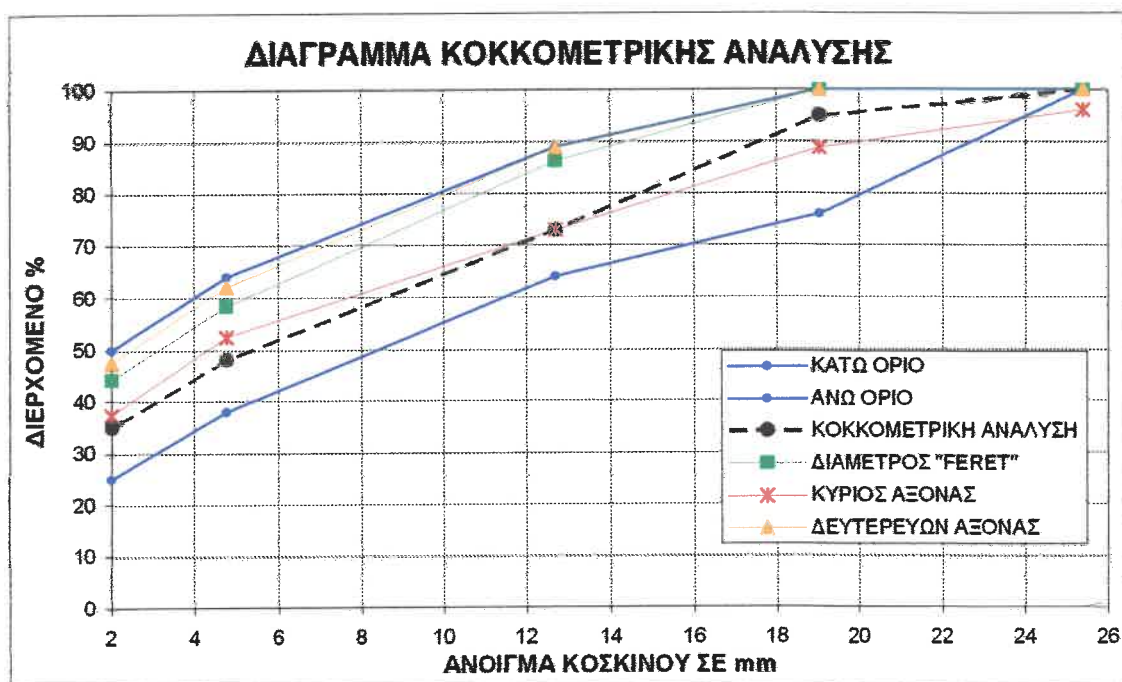
Εικόνα 1-5. Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης τομής Γ2.



Εικόνα 1-6. Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης τομής Δ1.



Εικόνα 1-7. Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης τομής Δ2.



Εικόνα 1-8. Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης τομής Ε.

2. ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ ΑΔΡΑΝΩΝ ΒΑΣΗ ΤΟΥ "ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ ΣΧΗΜΑΤΟΣ".

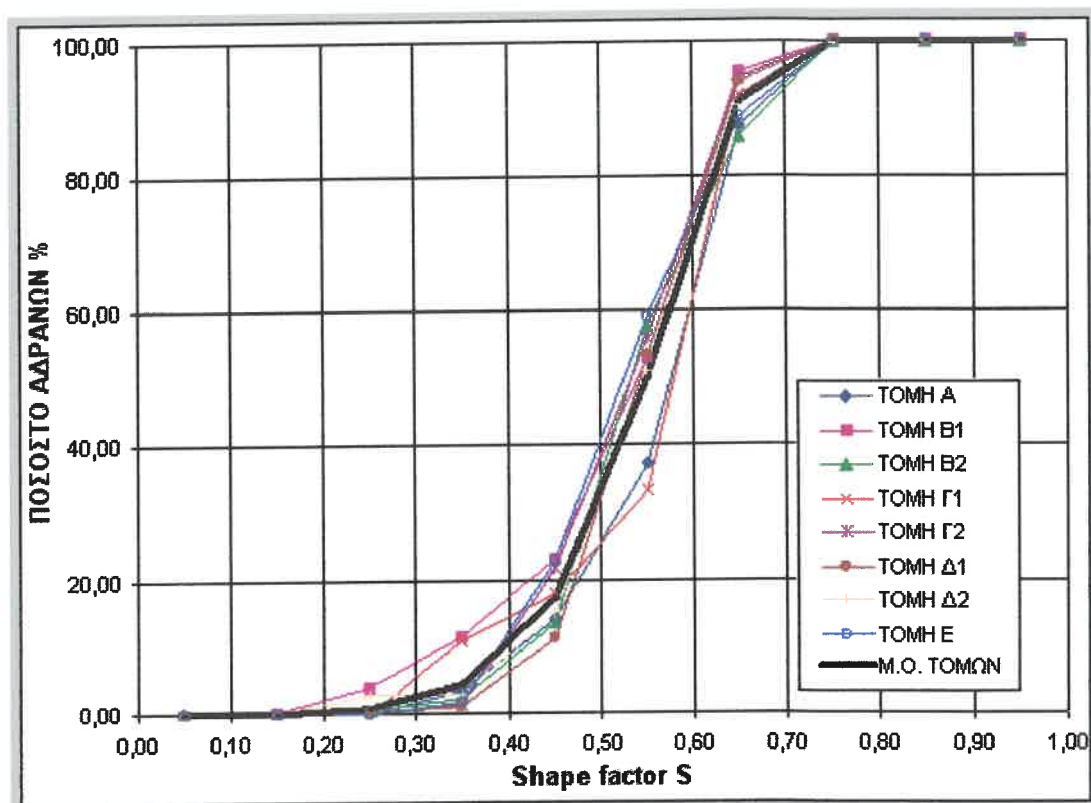
Υπενθυμίζεται ότι ο "παράγοντας σχήματος" είναι ένα μέτρο του κατά πόσο πλησιάζει, από άποψη μορφής, το σχήμα του κάθε αδρανούς την κυκλική μορφή και δίνεται από τον τύπο $4\pi \cdot \text{εμβαδόν} / \text{περίμετρο}^2$. Ένας τέλειος κύκλος και μία γραμμή έχουν "παράγοντα σχήματος" με τιμή 1 και 0, αντίστοιχα. Γενικά για να έχουν οι κόκκοι κατάλληλη μορφή πρέπει η τιμή S να κυμαίνεται μεταξύ κάποιων ορίων, συνήθως $0,35 < S < 0,85$, όπως βρέθηκε στην ενότητα 4.4.1.3.

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται η διαβάθμιση των χονδρόκοκκων αδρανών (με διάμετρο "Ferret" $\geq 2\text{mm}$) βάση του "παράγοντα σχήματος" για το σύνολο των 8 οριζόντιων τομών. Από τις εικόνες φαίνεται καθαρά ότι τα αδρανή και στις 8 τομές έχουν "παράγοντα σχήματος" που κυμαίνεται μεταξύ 0,2 και 0,8. Ωστόσο το μεγαλύτερο ποσοστό των αδρανών έχει "παράγοντα σχήματος" που κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0,35 και 0,75. Η διαβάθμιση έγινε τόσο βάση του αριθμού όσο και της επιφάνειας που καταλαμβάνουν τα χονδρόκοκκα αδρανή που έχουν ένα συγκεκριμένο εύρος τιμών για τον "παράγοντα σχήματος", σε σχέση με τον συνολικό αριθμό και την συνολική επιφάνεια που καταλαμβάνουν τα χονδρόκοκκα αδρανή με διάμετρο "Ferret" μεγαλύτερη από ή ίση με 2mm.

Στον παρακάτω πίνακα για την τομή Γ1 για παράδειγμα, το ποσοστό των αδρανών που έχει παράγοντα σχήματος S για τον οποίο ισχύει, $0,6 < S < 0,5$, υπολογίζεται ως εξής. Αρχικά αθροίζουμε την επιφάνεια όλων των αδρανών (μεγεθους $> 2\text{mm}$) που έχουν $0,6 < S < 0,5$ και στην συνέχεια την διαιρούμε με την συνολική επιφάνεια των αδρανών (μεγεθους $> 2\text{mm}$). Το πηλίκο αφού αναχθεί σε εκατοστιαία αναλογία (%), αφαιρείται από το αντίστοιχο ποσοστό για τα αδρανή με $0 < S < 0,5$. Δηλαδή έχουμε $33,07 - 17,79 = 15,28 \%$.

Παράγοντας σχήματος, S	A	B1	B2	Γ1	Γ2	Δ1	Δ2	E	M.O.
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
$1,0 < S < 0,9$	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
$0,9 < S < 0,8$	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
$0,8 < S < 0,7$	99,89	100,00	100,00	99,90	100,00	99,87	99,80	99,83	99,91
$0,7 < S < 0,6$	87,21	95,31	85,92	91,86	94,53	94,06	90,61	88,74	91,03
$0,6 < S < 0,5$	37,11	52,98	57,61	33,07	55,90	53,19	51,02	59,13	50,00
$0,5 < S < 0,4$	14,24	22,98	13,55	17,79	21,53	11,11	14,98	22,76	17,37
$0,4 < S < 0,3$	3,40	11,50	2,21	11,00	1,47	1,13	3,01	1,72	4,43
$0,3 < S < 0,2$	0,12	3,99	0,52	0,09	0,14	0,27	2,86	0,00	1,00
$0,2 < S < 0,1$	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
$0,1 < S < 0$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

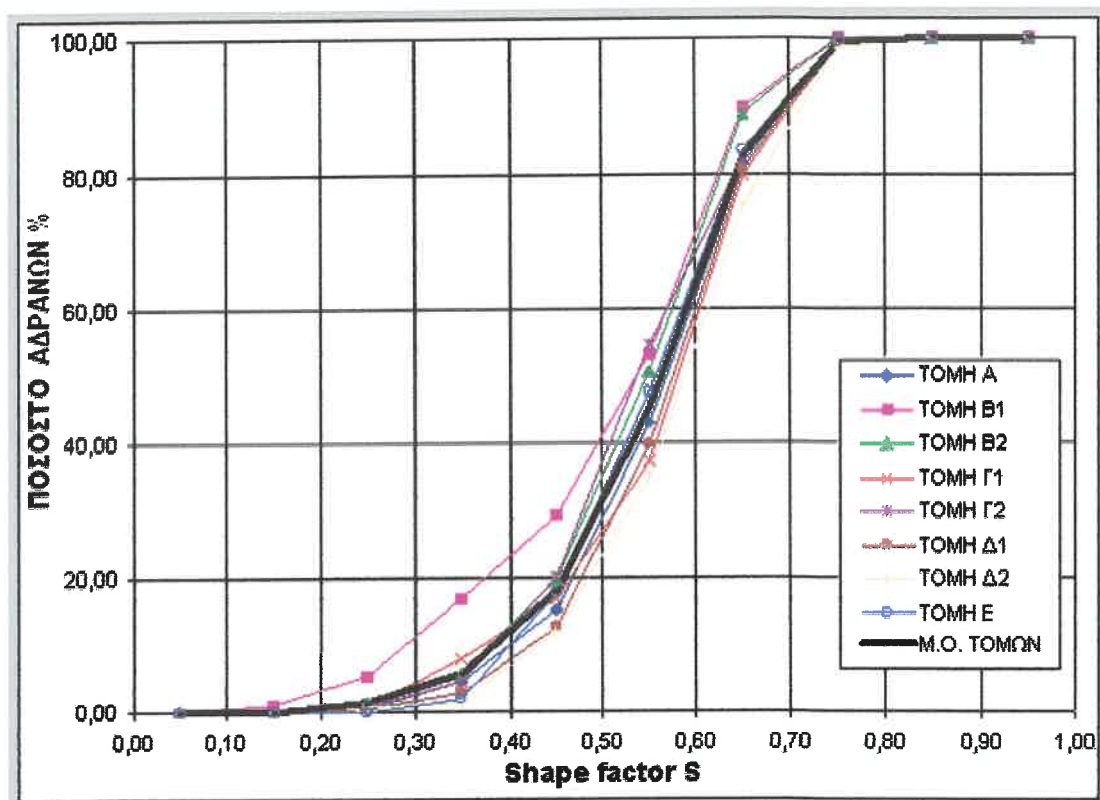
Πίνακας 1-2. Κοκκομετρική διαβάθμιση βάση της επιφάνειας που καταλαμβάνουν τα αδρανή (με διάμετρο "Ferret" μεγαλύτερη από ή ίση με 2mm) που έχουν ένα συγκεκριμένο εύρος τιμών για τον "παράγοντα σχήματος" ως προς την συνολική επιφάνεια των αδρανών.



Εικόνα 1-9. Κοκκομετρική διαβάθμιση βάση της επιφάνειας που καταλαμβάνουν τα αδρανή (με διάμετρο "Feret" μεγαλύτερη από ή ίση με 2mm) σε σχέση με τον "παράγοντα σχήματος", ως προς την συνολική επιφάνεια των αδρανών.

Παράγοντας σχήματος, S	A	B1	B2	Γ1	Γ2	Δ1	Δ2	E	M.O.
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1,0<S<0,9	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
0,9<S<0,8	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
0,8<S<0,7	99,34	100,00	100,00	99,27	100,00	99,30	98,48	99,34	99,47
0,7<S<0,6	81,46	89,67	88,73	79,56	82,31	80,42	75,00	83,44	82,57
0,6<S<0,5	43,05	53,26	50,70	37,23	54,62	39,86	34,85	47,68	45,16
0,5<S<0,4	15,23	29,35	19,72	16,79	20,00	12,59	12,12	17,88	17,96
0,4<S<0,3	4,64	16,85	5,63	8,03	4,62	2,80	1,52	1,99	5,76
0,3<S<0,2	0,66	5,43	1,41	0,73	0,77	0,70	0,76	0,00	1,31
0,2<S<0,1	0,00	1,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14
0,1<S<0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Πίνακας 1-3. Κοκκομετρική διαβάθμιση βάση του αριθμού των αδρανών (με διάμετρο "Feret" μεγαλύτερη από ή ίση με 2mm) που έχουν ένα συγκεκριμένο εύρος τιμών για τον "παράγοντα σχήματος", ως προς τον συνολικό αριθμό των αδρανών.



Εικόνα 1-10. Κοκκομετρική διαβάθμιση βάση του αριθμού των αδρανών (με διάμετρο "Feret" μεγαλύτερη από ή ίση με 2mm) σε σχέση με τον "παράγοντα σχήματος", ως προς τον συνολικό αριθμό των αδρανών.

3. ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ ΑΔΡΑΝΩΝ ΒΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΤΟΥΣ.

Στις παρακάτω εικόνες 3-α και 3-β παρουσιάζεται η ποσοστιαία κατανομή των χονδρόκοκκων αδρανών σε σχέση με τον προσανατολισμό τους για το σύνολο των 8 οριζόντιων τομών. Το πρόγραμμα "SigmaScanPro" ορίζει αρχικά ένα σύστημα συντεταγμένων X,Y, όπου ο άξονας X και ο άξονας Y αντιπροσωπεύουν την οριζόντια και κατακόρυφη διεύθυνση αντίστοιχα (βλ. εικόνα 4-13). Για τον προσανατολισμό των αδρανών χρησιμοποιήθηκε η γωνία που σχηματίζει ο κύριος άξονας με την οριζόντια διεύθυνση, δηλαδή με τον άξονα X. Τα ίδια αποτελέσματα λαμβάνονται για μέτρηση της γωνίας που σχηματίζει ο δευτερεύων άξονας με τον άξονα Y.

Στην παραπάνω διαδικασία συμπεριελήφθησαν αδρανή με διάμετρο "Feret" μεγαλύτερη από ή ίση με 2mm. Τα διαγράμματα που παρουσιάζονται παρακάτω παρουσιάζουν την ποσοστιαία κατανομή των χονδρόκοκκων αδρανών (με διάμετρο "Feret" $\geq 2\text{mm}$). Στον κατακόρυφο άξονα σημειώνεται το ποσοστό (αθροιστική κατανομή) που αντιστοιχεί είτε στον αριθμό είτε στην επιφάνεια των αδρανών που έχουν ένα

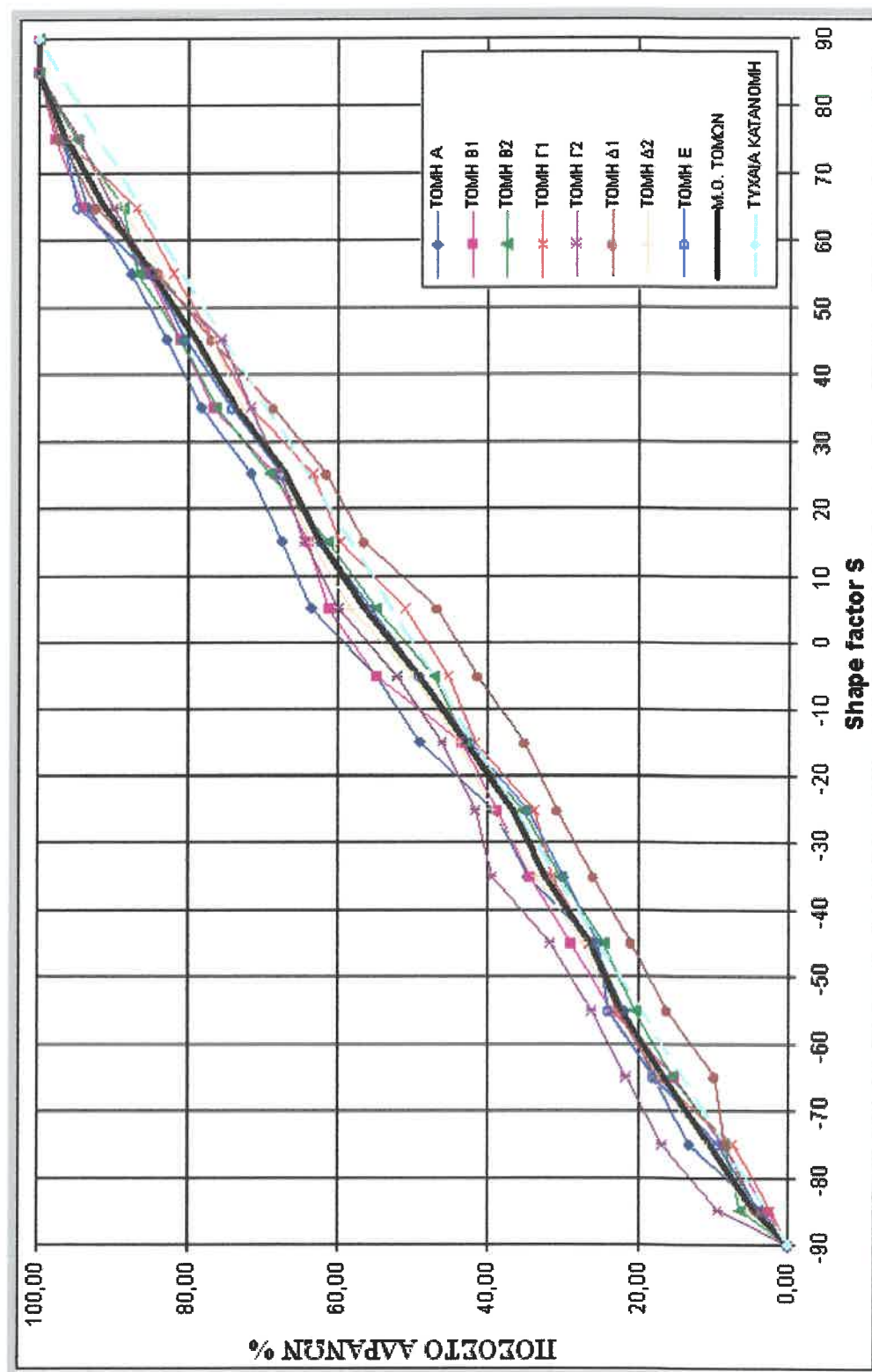
συγκεκριμένο εύρος τιμών (π.χ. $-90 < \theta < -80$) ως προς τον συνολικό αριθμό ή την συνολική επιφάνεια των αδρανών.

Συμπέρασμα: από τις δύο παρακάτω εικόνες 1-11 και 1-12 φαίνεται ότι ο προσανατολισμός των αδρανών σε όλες τις οριζόντιες τομές του δοκιμίου είναι περίπου τυχαίος. Για μία εντελώς τυχαία κατανομή βάση του προσανατολισμού των αδρανών, η μορφή των διαγραμμάτων αναμένεται να είναι μία ευθεία γραμμή που ενώνει το κάτω-αριστερά άκρο (τιμή 0) και το πάνω-δεξιά άκρο (τιμή 100).

Στον παρακάτω πίνακα για την τομή Γ1 για παράδειγμα, το ποσοστό των αδρανών που σχηματίζουν γωνία θ ως προς τον άξονα X, για την οποία ισχύει, $40 < \theta < 50$, υπολογίζεται ως εξής. Αρχικά υπολογίζουμε τον αριθμό όλων των αδρανών (μεγέθους $> 2\text{mm}$) που έχουν $40 < \theta < 50$ και στην συνέχεια τον διαιρούμε με τον συνολικό αριθμό των αδρανών (μεγέθους $> 2\text{mm}$). Το πηλίκο αφού αναχθεί σε εκατοστιαία αναλογία (%), αφαιρείται από το αντίστοιχο ποσοστό για τα αδρανή με $0 < \theta < 40$. Δηλαδή έχουμε $76,64 - 71,53 = 5,11\%$

προσανατολισμός (μοίρες)	A %	B1 %	B2 %	Γ1 %	Γ2 %	Δ1 %	Δ2 %	E %	M.O. %
-90< θ <-80	3,31	2,72	6,34	2,19	9,23	4,20	5,30	3,97	4,66
-80< θ <-70	13,25	8,70	8,45	7,30	16,92	8,39	10,61	9,27	10,36
-70< θ <-60	17,88	15,22	15,49	17,52	21,54	9,79	18,18	17,88	16,69
-60< θ <-50	21,85	23,37	20,42	22,63	26,15	16,08	23,48	23,84	22,23
-50< θ <-40	25,83	28,80	24,65	26,28	31,54	20,98	27,27	25,17	26,31
-40< θ <-30	34,44	34,24	30,28	31,39	39,23	25,87	33,33	29,80	32,32
-30< θ <-20	39,07	38,59	35,21	33,58	41,54	30,77	39,39	34,44	36,57
-20< θ <-10	49,01	43,48	42,96	41,61	46,15	34,97	43,94	42,38	43,06
-10< θ <0	54,97	54,89	47,18	45,26	52,31	41,26	50,00	49,01	49,36
0< θ <10	63,58	61,41	54,93	51,09	60,00	46,85	58,33	55,63	56,48
10< θ <20	67,55	64,13	61,27	59,85	64,62	56,64	63,64	62,25	62,49
20< θ <30	71,52	68,48	69,01	63,50	67,69	61,54	67,42	67,55	67,09
30< θ <40	78,15	76,63	76,06	71,53	71,54	68,53	72,73	74,17	73,67
40< θ <50	82,78	80,98	80,99	76,64	75,38	76,92	76,52	80,13	78,79
50< θ <60	87,42	85,33	86,62	81,75	84,62	83,92	83,33	84,77	84,72
60< θ <70	93,38	94,02	88,73	86,86	90,00	92,31	88,64	94,70	91,08
70< θ <80	96,69	97,83	95,07	96,35	94,62	97,20	96,21	96,69	96,33
80< θ <90	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

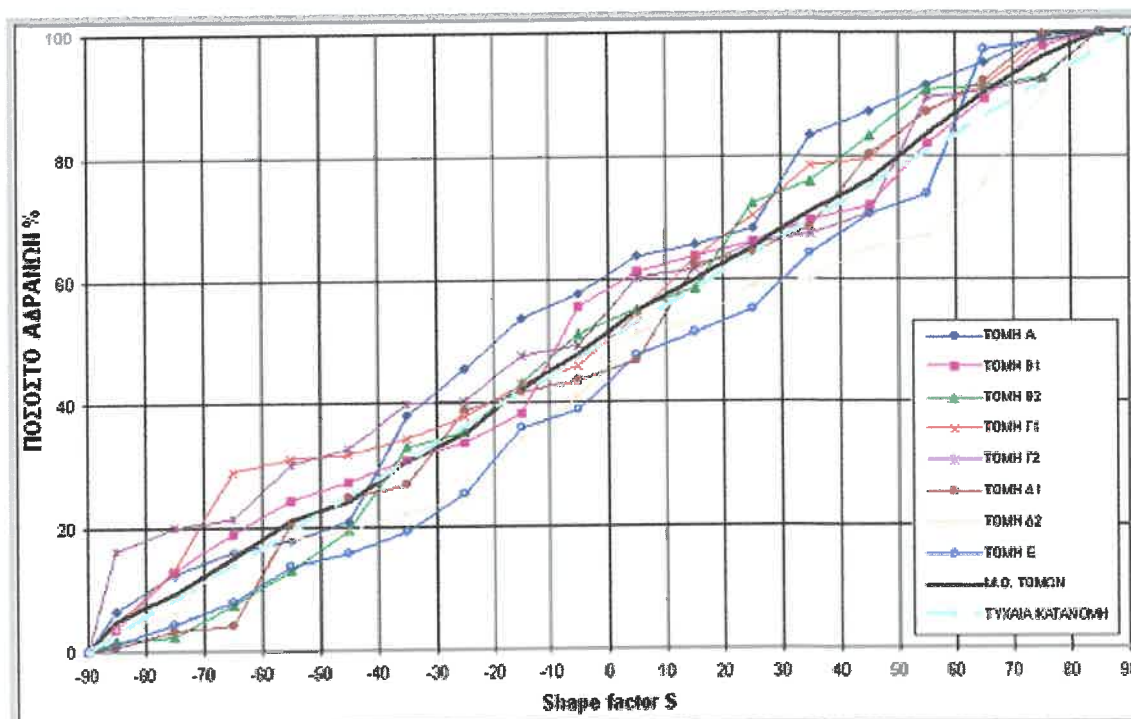
Πίνακας 1-4. Κοκκομετρική διαβάθμιση βάση του αριθμού των αδρανών (με διάμετρο "Feret" μεγαλύτερη από ή ίση με 2mm) που έχουν ένα συγκεκριμένο εύρος τιμών για τον "προσανατολισμό" τους (γωνία θ), ως προς τον συνολικό αριθμό των αδρανών.



Εικόνα 1-11.

προσανατολισμός (μοίρες)	A %	B1 %	B2 %	Γ1 %	Γ2 %	Δ1 %	Δ2 %	E %	M.O. %
-90<θ<-80	6,62	3,73	1,71	4,39	16,31	0,77	3,62	1,07	4,78
-80<θ<-70	12,60	13,06	2,23	13,28	19,90	3,32	6,03	4,49	9,36
-70<θ<-60	16,07	19,03	7,39	29,16	21,34	4,18	16,35	7,93	15,18
-60<θ<-50	17,93	24,46	13,08	31,06	30,17	20,72	18,10	13,79	21,16
-50<θ<-40	20,87	27,45	19,43	31,93	32,86	24,94	19,56	15,89	24,12
-40<θ<-30	38,16	30,89	33,00	34,41	39,97	26,96	22,19	19,19	30,60
-30<θ<-20	45,47	33,70	35,35	37,83	40,35	38,75	24,76	25,35	35,19
-20<θ<-10	53,81	38,35	43,33	42,92	47,64	41,81	34,52	35,99	42,30
-10<θ<0	57,75	55,67	51,20	46,07	49,19	43,63	41,00	38,74	47,90
0<θ<10	63,69	61,10	55,00	54,09	60,18	46,75	51,34	47,77	54,99
10<θ<20	65,56	63,80	58,56	63,55	61,53	62,23	53,13	51,33	59,96
20<θ<30	68,17	66,16	72,35	70,24	65,87	64,31	59,00	55,08	65,15
30<θ<40	83,33	69,54	75,90	78,31	67,15	68,37	60,01	64,09	70,84
40<θ<50	87,19	71,93	83,34	79,55	70,71	80,24	64,85	70,35	76,02
50<θ<60	91,41	81,88	90,65	87,14	89,30	87,09	66,97	73,76	83,52
60<θ<70	95,16	88,97	91,14	91,13	90,49	92,16	75,41	97,24	90,21
70<θ<80	99,30	97,68	92,67	98,44	92,36	99,51	90,08	98,60	96,08
80<θ<90	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Πίνακας 1-5. Κοκκομετρική διαβάθμιση βάση της επιφάνειας που καταλαμβάνουν τα αδρανή (με διάμετρο "Feret" μεγαλύτερη από ή ίση με 2mm) που έχουν ένα συγκεκριμένο εύρος τιμών για τον "προσανατολισμό" τους (γωνία θ), ως προς την συνολική επιφάνεια των αδρανών.

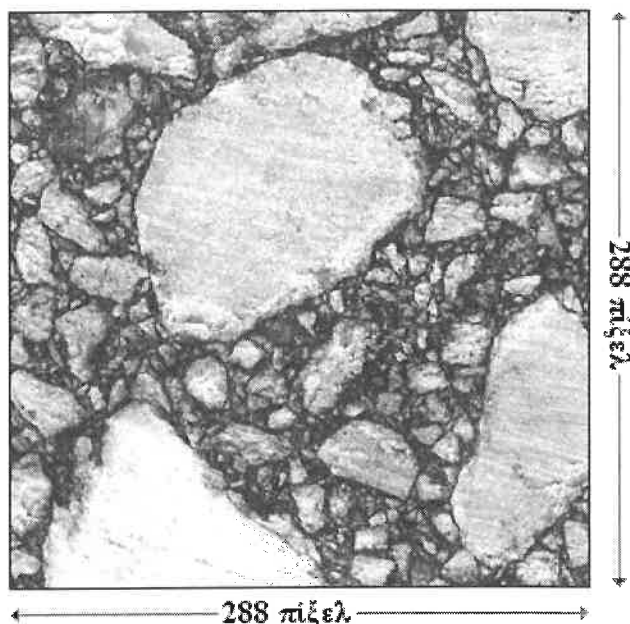


Εικόνα 1-12.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 – ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΣΦΑΛΤΟΥ

1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΣΦΑΛΤΟΥ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ "IMAGEPRO".

Το δοκίμιο τοποθετείται στην επιφάνεια του σαρωτή και επιλέγονται οι κατάλληλες ρυθμίσεις στο λογισμικό σάρωσης της εικόνας για την ανάλυση, το χρωματικό βάθος και τον τύπου αρχείου στον οποίο θα αποθηκευτεί η εικόνα. Έτσι έστω ότι επιλέγουμε να σαρώσουμε μία τομή ενός δοκιμίου ασφ/τος. Η ανάλυση επιλέγεται στην τιμή των 600 dpi, το χρωματικό βάθος στα «8-bit grayscale» και ως τύπος εξόδου για το αρχείο εικόνας η επιλογή «bitmap». Στο πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνας επιλέγεται τέλος ένα τμήμα από την επιφάνεια της τομής διαστάσεων $1,22 * 1,22$ ώστε η εικόνα να έχει ακριβώς τις ίδιες διαστάσεις με αυτή του παράθυρου προεπισκόπησης (βλ. παρακάτω εικόνα).



Εικόνα 2-1. Τμήμα της τομής ενός δοκιμίου ασφ/τος.

Στην συνέχεια ανοίγεται το αρχείο εικόνας στο πρόγραμμα "ImagePro". Επιλέγεται η δυνατότητα να εξετασθεί ορθογωνική διατομή μέσω της εντολής "Process" → "Rectangle". Στις ενδείξεις "Width" και "Height" (πλάτος και ύψος) γράφουμε τις διαστάσεις της διατομής που επεξεργαζόμαστε. Επιλέγουμε "Process" → "Circle" όταν η διατομή που εξετάζεται είναι κυκλική. Τότε γράφουμε στις ενδείξεις "Center's X", "Center's Y" και "Radius" την θέση (X, Y) στην οποία τοποθετείται το κέντρο και την ακτίνα της κυκλικής διατομής που εξετάζεται. Στην συνέχεια επιλέγουμε μια τιμή για το "Grey Threshold", π.χ 82 και επιλέγουμε την εντολή "Process Picture" (αναπαράγωγή εικόνας). Η τιμή αυτή θεωρούμε ότι είναι αντιπροσωπευτική για τα pixels που απαρτίζουν την άσφαλτο (βλ. κεφ. 4.3.4). Τότε η εικόνα μετατρέπεται αυτόματα σε δυαδική εικόνα (2-bit) όπου το κίτρινο χρώμα αντιπροσωπεύει την

άσφαλο και το κόκκινο χρώμα τα αδρανή. Τα ποσοστά για το άσπρο και το μαύρο χρώμα υπολογίζονται και παρατίθενται στις ενδείξεις "White % is" και "Black % is" (83,69 και 16,31 % αντίστοιχα). Έτσι μπορούμε αρχικά να πούμε ότι η άσφαλτος αντιπροσωπεύει το 16,31 % και τα αδρανή το 83,69 % της επιφάνειας της εικόνας. Η θεώρηση αυτή είναι πολύ γενική και εμπεριέχει σημαντικά σφάλματα που σχετίζονται τόσο με την διαδικασία της σάρωσης και τα οποία αναλύονται σε αυτό το παράρτημα όσο και με τον διαχωρισμό των τριών φάσεων σύνθεσης ενός ασφ/τος (άσφαλτος, αδρανή και κενά αέρος) που περιγράφεται στο κεφάλαιο 4.3.4.

The screenshot displays the ImagePro software interface with the following components:

- Enter Image Sizes:**
 - Height: 288
 - Width: 288
- Output:**
 - White % is: 83.69
 - Black % is: 16.31
 - Extra info is:
- Generate Buttons:**
 - Generate 50% BMP
 - Generate 256 BMP
 - Process Picture
- Thresholding Section:**
 - Grey Threshold:** A slider set to 82, with 'Black' and 'White' labels at the ends.
 - Adjust threshold:** A text box containing the value 32.16.
 - Threshold Colour:** A color bar showing a gradient from black to white.
- File To Process:** A label above a large image window.
- Image Window:** Displays a processed image where the asphalt is represented in dark red and the aggregate in bright yellow.
- Instructional Text:** A box stating "Above this colour everything is considered to be White".

Εικόνα 2-2. Διαδικασία εφαρμογής του προγράμματος "ImagePro".

2. ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΣΤΟΥΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥΣ ΛΟΓΩ ΤΗΣ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΗΣ ΘΕΣΗΣ ΕΝΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΠΑΝΩ ΣΤΟ ΣΑΡΩΤΗ.

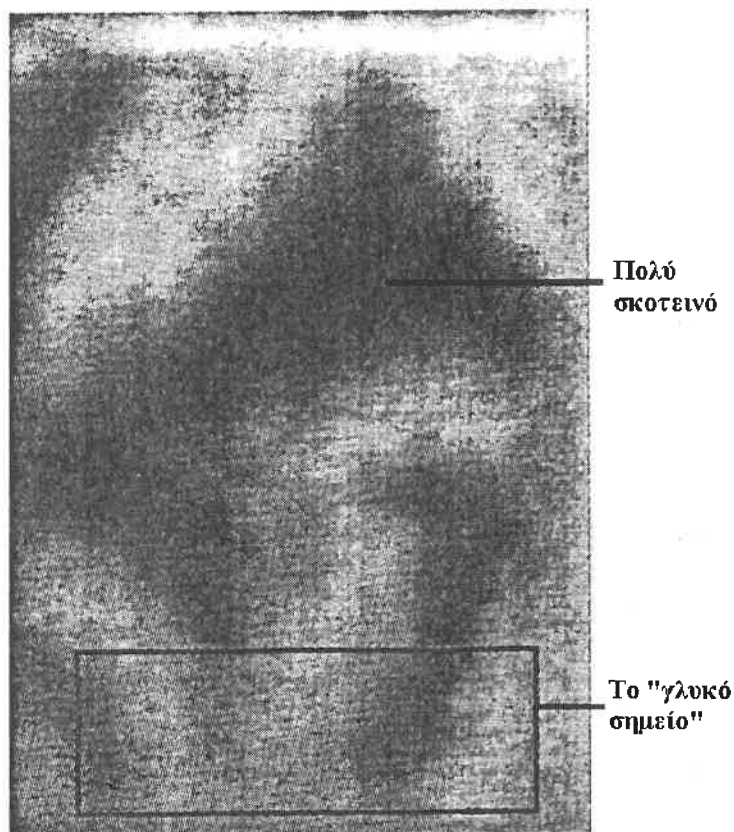
- Οριζόντια και κατακόρυφη μετακίνηση (χωρίς περιστροφή) του δοκιμίου πάνω στο σαρωτή.

Σαρώνοντας μια τομή ενός δοκιμίου με επιλεγμένο τύπο εξόδου τις "256 διαβαθμίσεις του γκρι" (ή "grayscale") προκύπτει μία εικόνα με 256 αποχρώσεις του γκρι. Στη συνέχεια ορίζοντας μία τιμή "Threshold" (ένταση του γκρι με τιμή που κυμαίνεται από 0-255), η εικόνα με τις 256 αποχρώσεις του γκρι μετατρέπεται σε μια δυαδική εικόνα (binary) δύο αποχρώσεων, μαύρου και άσπρου. Ο διαχωρισμός της εικόνας σε δύο χρώματα αποσκοπεί όπως είδαμε στον καθορισμό των φάσεων που συνθέτουν ένα ασφατόμυγμα. Έτσι π.χ το μαύρο χρώμα σε μια τέτοια εικόνα μπορεί να αντιπροσωπεύει ταυτόχρονα την άσφαλτο, τα αδρανή με πολύ μικρό μέγεθος (π.χ με μέγεθος μικρότερο από 1 mm) και τα κενά αέρος ή μόνο τα κενά αέρος, ενώ το άσπρο χρώμα τα μεγαλύτερου μεγέθους αδρανή. Έτσι π.χ αφού πρώτα εξεταστούν σε κάποιο πρόγραμμα όπως η "Ζωγραφική" (ή το "Adobe Photoshop" και το "SigmaScanPro"), οι τιμές της έντασης του γκρι των εικονοκυττάρων που αναπαριστούν περιοχές όπου εμφανίζονται κενά αέρος μελετάται αν είναι εφικτό καθορίζοντας μια τιμή "Threshold", να υπολογισθεί το ποσοστό των κενών αέρος σε ένα δοκίμιο και κατά επέκταση σε ένα ασφατόμυγμα. Η διαφορετική όμως θέση ενός δοκιμίου πάνω στο σαρωτή, όπως αποδεικνύεται στην συνέχεια, επηρεάζει τον υπολογισμό της τιμής για το ποσοστό του μαύρου και του άσπρου χρώματος σε μια δυαδική εικόνα

Αυτό συμβαίνει επειδή ακριβώς ο σαρωτής παρουσιάζει κάποιου είδους ανομοιομορφία στη σάρωση η οποία δεν είναι αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι την στιγμή που σαρώνουμε τα δοκίμια. Ο σαρωτής δεν «βλέπει» το ίδιο σε όλες τις περιοχές, έτσι πολλές από τις ρυθμίσεις του μεταβάλλονται από την κατακόρυφη ή την οριζόντια μετακίνηση του δοκιμίου πάνω στο σαρωτή. Η ανομοιομορφία αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι όλοι οι σαρωτές έχουν αστάθειες στο μηχανισμό τους, με αποτέλεσμα να υπάρχουν «καλά» και «κακά» σημεία στην επιφάνεια που «βλέπουν». Κάποιες περιοχές δηλαδή μπορούν και τις «βλέπουν» σωστότερα από άλλες. Για να εντοπισθεί αυτή η περιοχή στο σαρωτή η οποία ονομάζεται "sweet spot" ή "γλυκό σημείο" πρέπει να σαρωθεί μια λευκή σελίδα σε μικρή ανάλυση και μέσα από ένα πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνας (π.χ το "Adobe Photoshop") να εκτελεσθεί η εντολή "Equalize".

Η εντολή "Equalize" ανακατανέμει τις τιμές φωτεινότητας των εικονοκυττάρων σε μια εικόνα έτσι ώστε αντιπροσωπεύουν πιο ομοιόμορφα ολόκληρη τη σειρά των επιπέδων φωτεινότητας (από την τιμή 0 που αναπαριστά το μαύρο έως τη τιμή 255 που αναπαριστά το άσπρο). Όταν εφαρμοσθεί αυτή η εντολή, το "Photoshop" βρίσκει τις «φωτεινότερες» και «σκοτεινότερες» τιμές σε μια εικόνα και τις κατατάσσει έτσι ώστε η «φωτεινότερη» τιμή να αντιπροσωπεύει το λευκό και η «σκοτεινότερη» τιμή να αντιπροσωπεύει το μαύρο. Το "Photoshop" προσπαθεί έπειτα να εξισώσει την φωτεινότητα - δηλαδή να διανείμει τις ενδιάμεσες τιμές φωτεινότητας όλων των εικονοκυττάρων ομοιόμορφα σε όλο το φάσμα των 256 διαβαθμίσεων του γκρι (greyscale). Η εντολή "equalize" ουσιαστικά θα κάνει ορατές τις διαφορές μεταξύ των περιοχών σάρωσης. Το αποτέλεσμα θα είναι κάτι σαν αυτό που φαίνεται στην **εικόνα 1**. Το «γλυκό σημείο» είναι προφανώς στο κάτω μέρος της επιφάνειας, όπου οι

ανομοιομορφίες της εικόνας είναι οι μικρότερες δυνατές άρα αναμένονται και μικρότερες αποκλίσεις στις τιμές των ποσοστών μαύρου – άσπρου χρώματος (βλ.κεφάλαιο 3.8.1).



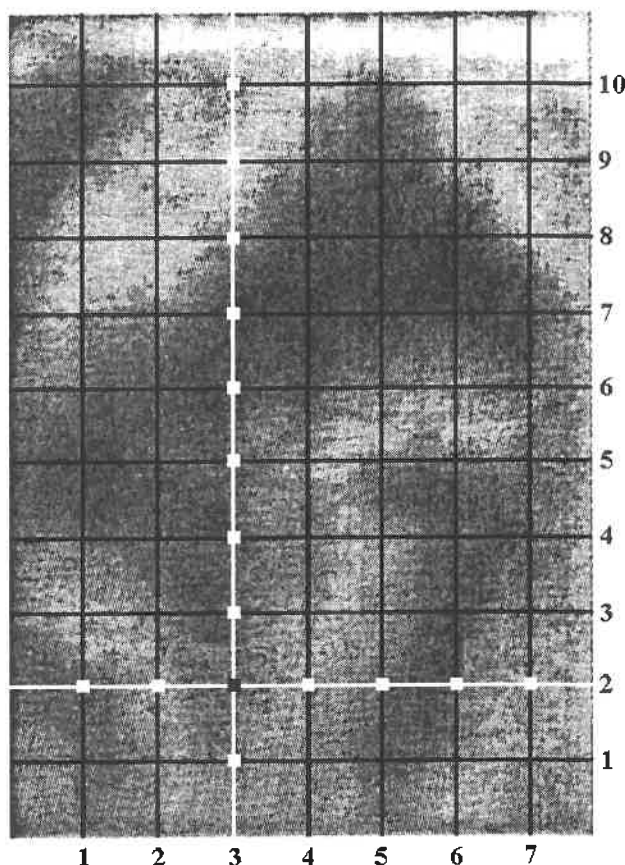
Εικόνα 2-3. "Γλυκό σημείο" σαρωτή.

Παρατήρηση: Αντλαμβάνεται κανείς ότι το δοκίμιο μπορεί να τοποθετηθεί οπουδήποτε πάνω στην επιφάνεια του σαρωτή αλλά στην περίπτωση αυτή εξετάζεται μόνο η μεταβολή στον υπολογισμό των τιμών των ποσοστών από τη κατακόρυφη ή την οριζόντια μετακίνηση του δοκιμίου πάνω στο γυαλί του σαρωτή και χωρίς αυτό να περιστρέφεται. Αν επιπλέον το δοκίμιο περιστραφεί σε σχέση με την αρχική γωνία που τοποθετήθηκε, τότε η μεταβολή της υπολογιζόμενης τιμής για το ποσοστό του μαύρου και του άσπρου χρώματος είναι βέβαιη και σχετίζεται όπως θα δούμε στην συνέχεια με το διαφορετικό χρώμα που αποδίδεται κάθε φορά σε ορισμένα εικονοκύτταρα που αναπαριστούν την ίδια επιφάνεια στο δοκίμιο. Το γεγονός αυτό οφείλεται όπως θα δούμε στο τρόπο με τον οποίο οι αισθητήρες λαμβάνουν πληροφορίες από την επιφάνεια ενός δοκιμίου.

Για να εξετασθεί η μεταβολή της υπολογιζόμενης τιμής για το ποσοστό του μαύρου και του άσπρου χρώματος, στα οποία διαχωρίζεται μια εικόνα 256 διαβαθμίσεων του γκρι όταν επιλεγθεί μία τιμή "Threshold", σε σχέση με την θέση ενός δοκιμίου πάνω στο γυαλί του σαρωτή ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία.

Αρχικά η γυάλινη επιφάνεια του σαρωτή χωρίστηκε με ένα νοητό πλέγμα που δημιουργήθηκε από 6 κατακόρυφες και 10 οριζόντιες γραμμές έτσι ώστε να έχουν απόσταση μεταξύ τους 2cm (βλ. παρακάτω εικόνα). Στο παράδειγμα που ακολουθεί το

δοκίμιο μετακινήθηκε κατά μήκος της 3^{ης} κατακόρυφης και της 2^{ης} οριζόντιας γραμμής, δηλαδή σε συνολικά 15 διαφορετικές θέσεις και μία κοινή, αυτής της τομής των δύο γραμμών που επισημαίνονται στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 2-4. Δημιουργία νοητού πλέγματος στην γυάλινη επιφάνεια του σαρωτή.

Στην συνέχεια το κέντρο του δοκιμίου τοποθετήθηκε πάνω σε μία από τις επτά κατακόρυφες γραμμές. Διατηρώντας το κέντρο σταθερό πάνω στην κατακόρυφη γραμμή, το δοκίμιο μετακινήθηκε με οδηγό τις οριζόντιες γραμμές (που ισαπέχουν κατά 2cm) σε 10 διαφορετικές θέσεις από την κορυφή ως την βάση του γυαλιού του σαρωτή χωρίς να περιστραφεί, λαμβάνοντας κάθε φορά και μία τιμή για το ποσοστό μαύρου και άσπρου χρώματος. Στην επόμενη σελίδα παρατίθεται ο πίνακας με τις τιμές και μία γραφική παράσταση που δείχνει την μεταβολή της υπολογιζόμενης τιμής για το ποσοστό του μαύρου και του άσπρου χρώματος σε σχέση με την κατακόρυφη μετακίνηση του δοκιμίου πάνω στο σαρωτή.

Στην συνέχεια, όπως και προηγούμενα, το κέντρο του δοκιμίου τοποθετήθηκε πάνω σε μία από τις οριζόντιες γραμμές και μετακινήθηκε από την αριστερή έως την δεξιά πλευρά του γυαλιού του σαρωτή με οδηγό τις κατακόρυφες γραμμές (που ισαπέχουν επίσης κατά 2cm), λαμβάνοντας κάθε φορά και μία τιμή για το ποσοστό μαύρου-άσπρου. Στις επόμενες σελίδες παρατίθεται αντίστοιχα ο πίνακας με τις τιμές και η γραφική παράσταση που δείχνει την μεταβολή της υπολογιζόμενης τιμής για το ποσοστό του μαύρου και του άσπρου χρώματος σε σχέση με την οριζόντια μετακίνηση

του δοκιμίου πάνω στο σαρωτή. Το πλέγμα των κατακόρυφων και οριζόντιων γραμμών είναι χρήσιμο για την τοποθέτηση κάθε φορά του δοκιμίου κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μην υπάρχει μεταβολή στις τιμές των ποσοστών λόγω περιστροφής του δοκιμίου. Επίσης οι ρυθμίσεις του σαρωτή (επίπεδο ανοιχτού / σκούρου, ενδιάμεσοι τόνοι, ρύθμιση σκιάσεων, ανάλυση, διαστάσεις εξόδου) αλλά και οι ρυθμίσεις του προγράμματος (Grey Threshold, radius, Center's X, Center's Y) παρέμειναν σταθερές καθ'όλη την διάρκεια των σαρώσεων. Στο παράδειγμα που ακολουθεί το δοκίμιο μετακινήθηκε κατά μήκος της 3^{ης} κατακόρυφης και της 2^{ης} οριζόντιας γραμμής, δηλαδή σε συνολικά 15 διαφορετικές θέσεις και μία κοινή αυτής της τομής των δύο γραμμών

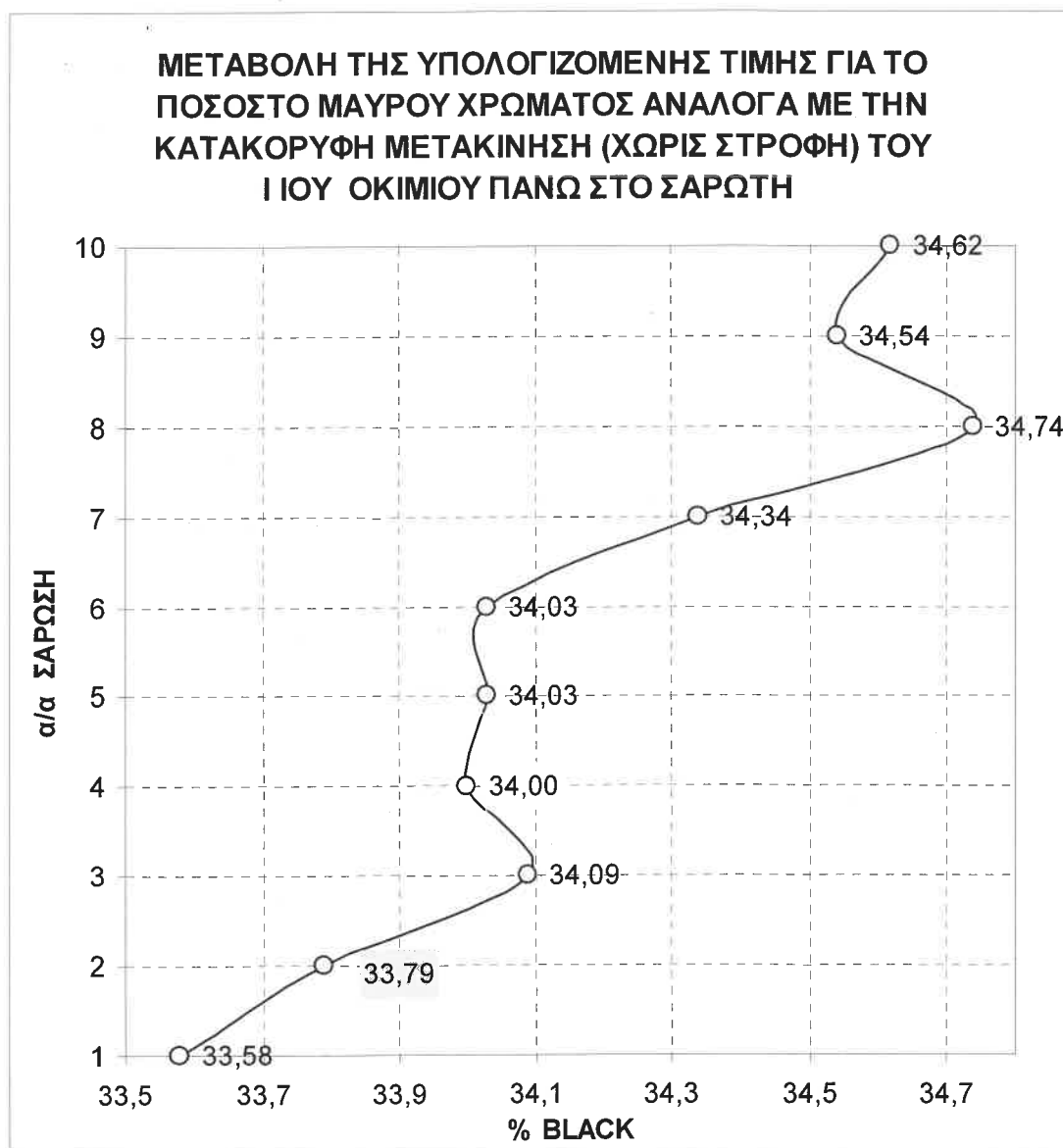
Για να υπολογισθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η μεταβολή που επέρχεται στην τιμή για το ποσοστό μαύρου-άσπρου από την μετακίνηση του δοκιμίου, το κέντρο του δοκιμίου πρέπει να τοποθετηθεί σε όλες τις τομές των κατακόρυφων και οριζόντιων γραμμών του πλέγματος. Τότε είναι δυνατό να βρεθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια το "γλυκό σημείο" δηλαδή η περιοχή όπου παρατηρείται η μικρότερη διακύμανση στην υπολογιζόμενη τιμή για το ποσοστό του μαύρου και του άσπρου χρώματος.

Παρατηρήθηκε όπως φαίνεται παρακάτω στους πίνακες και στις γραφικές παραστάσεις, συνολικά για μετατόπιση του δοκιμίου στην οριζόντια και στην κατακόρυφη διεύθυνση, μία μεταβολή της υπολογιζόμενης από το πρόγραμμα τιμής για το ποσοστό μαύρου χρώματος κατά :

$$\frac{34,74 - 32,92}{32,92} \times 100 \% = 5,53 \%$$

Πίνακας 2-1. Σάρωση κατά την 3^η κατακόρυφη γραμμή. Θέση του δοκιμίου και ποσοστό μαύρου χρώματος.

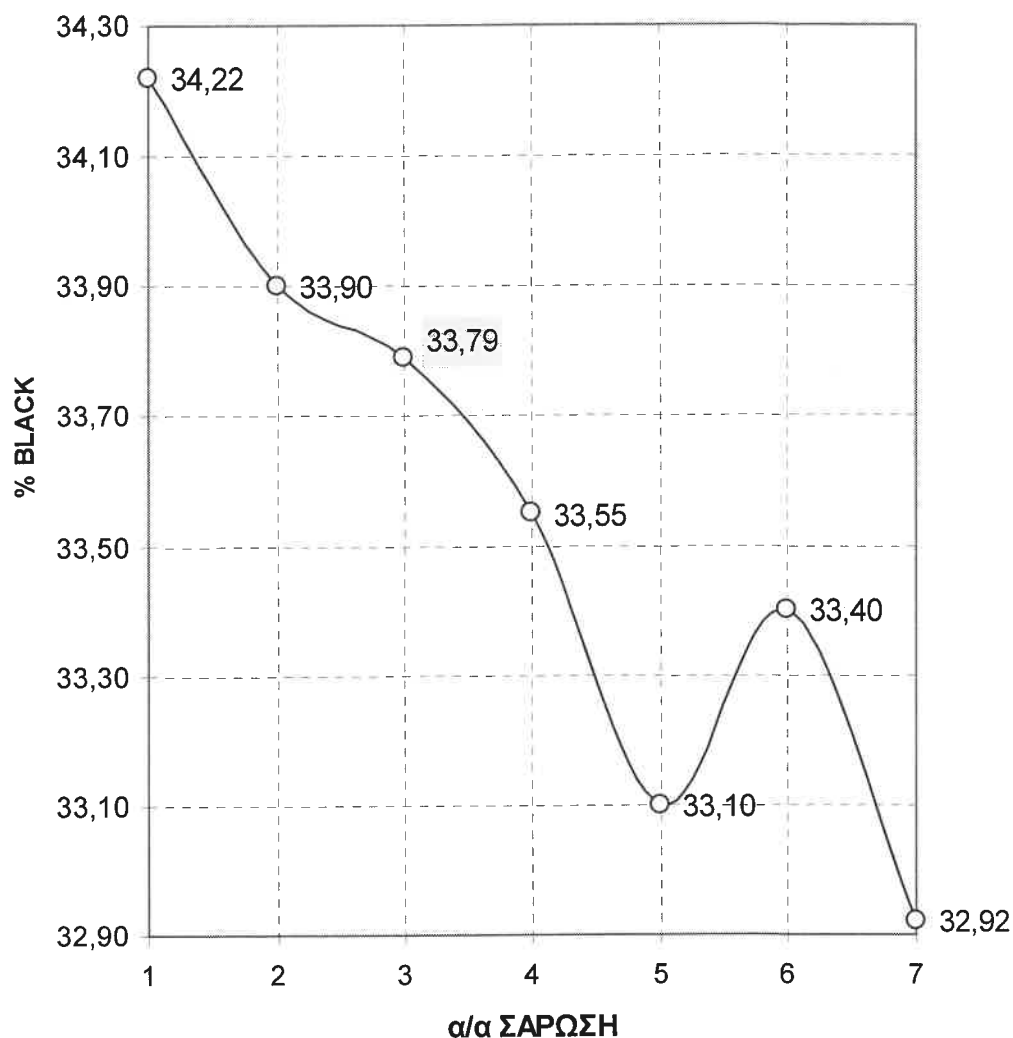
ΘΕΣΗ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	BLACK
(X,Y)	%
(3,1)	33,58
(3,2)	33,79
(3,3)	34,09
(3,4)	34,00
(3,5)	34,03
(3,6)	34,03
(3,7)	34,34
(3,8)	34,74
(3,9)	34,54
(3,10)	34,62



Πίνακας 2-1. Σάρωση κατά την 2^η οριζόντια γραμμή. Θέση του δοκιμίου και ποσοστό μαύρου χρώματος.

ΘΕΣΗ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	BLACK
(X,Y)	%
(1,2)	34,22
(2,2)	33,90
(3,2)	33,79
(4,2)	33,55
(5,2)	33,10
(6,2)	33,40
(7,2)	32,92

**ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗΣ ΤΙΜΗΣ ΓΙΑ ΤΟ
ΠΟΣΟΣΤΟ ΜΑΥΡΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ
ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ (ΧΩΡΙΣ ΣΤΡΟΦΗ) ΤΟΥ Ι ΙΟΥ
ΟΚΙΜΙΟΥ ΠΑΝΩ ΣΤΟ ΣΑΡΩΤΗ**



Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι μετακινώντας το δοκίμιο σε διάφορες θέσεις πάνω στην γυάλινη επιφάνεια του σαρωτή και χωρίς αυτό να περιστραφεί, οι τιμές που λαμβάνονται κάθε φορά από το πρόγραμμα για το ποσοστό μαύρου ή άσπρου χρώματος που αντιπροσωπεύουν μία εικόνα 256 διαβαθμίσεων του γκρι, δεν είναι ίδιες όπως αναμενόταν. Παρατηρήθηκε επίσης ότι το ποσοστό της μεταβολής των τιμών από την μετακίνηση του δοκιμίου εξαρτάται από την τιμή "Threshold". Για πολύ μικρές ή πολύ μεγάλες τιμές "Threshold" η διακύμανση των τιμών ήταν πολύ μικρή, δηλαδή οι τιμές για το ποσοστό μαύρου ή άσπρου χρώματος διέφεραν ελάχιστα. Η μέγιστη απόκλιση στις τιμές των παραπάνω ποσοστών βρέθηκε να είναι περίπου 0,30%. Αυτό είναι

λογικό αφού σε μία εικόνα ενός δοκιμίου ελάχιστα εικονοκύτταρα έχουν τιμές φωτεινότητας που πλησιάζουν είτε την πιο «φωτεινή» τιμή (255) δηλαδή το άσπρο είτε την πιο «σκοτεινή» τιμή (0) δηλαδή το μαύρο. Τα περισσότερα εικονοκύτταρα σε μια εικόνα 256 διαβαθμίσεων του γκρι ενός δοκιμίου έχουν μέσες τιμές φωτεινότητας. Έτσι ένα τέτοιο εικονοκύτταρο είναι δυνατό κάθε φορά που μετακινούμε το δοκίμιο πάνω στο σαρωτή, να μεταβάλλει την τιμή της φωτεινότητάς του επειδή ακριβώς οι αισθητήρες του σαρωτή αντιλαμβάνονται διαφορετικά τις αποχρώσεις του γκρι ανάλογα με την θέση τους πάνω στην επιφάνεια του σαρωτή λόγω ασταθειών στο μηχανισμό τους.

Επειδή όπως αποδείχτηκε παραπάνω η απόκλιση των τιμών ήταν πολύ μεγάλη είναι πολύ δύσκολο να καθοριστεί εκ των προτέρων μία τιμή "Threshold" προκειμένου να διαχωριστούν οι τρεις φάσεις που αποτελούν ένα δοκίμιο ασφαλομίγματος (αδρανή, άσφαλτος και κενά αέρος) και να υπολογισθεί για κάθε φάση το ποσοστό συμμετοχής κάθε φάσης στην σύνθεση του ασφαλομίγματος. Χρησιμοποιώντας κάποιο σαρωτή πιο εξελιγμένης μορφής, π.χ με περισσότερους αισθητήρες ή αισθητήρες μεγαλύτερης ακρίβειας ή και τα δύο, το σφάλμα στον υπολογισμό των τιμών των ποσοστών από την τοποθέτηση και μόνο του δοκιμίου πάνω στην επιφάνεια του σαρωτή να ήταν πολύ μικρότερο.

- Περιστροφή του δοκιμίου πάνω στο σαρωτή.

Κατά την περιστροφή του δοκιμίου πάνω στο γυαλί του σαρωτή παρατηρήθηκαν μεταβολές στην υπολογιζόμενη τιμή του ποσοστού μαύρου (ή άσπρου) χρώματος από το πρόγραμμα. Για να βρεθούν οι αποκλίσεις στην τιμή των παραπάνω ποσοστών ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία. Το δοκίμιο τοποθετήθηκε πάνω στο σαρωτή με τέτοιο τρόπο ώστε το κέντρο του να παραμένει συνεχώς στην ίδια θέση (σταθερό σημείο). Έπειτα έγιναν οι κατάλληλες ρυθμίσεις για την διαδικασία της σάρωσης (επιλογή ανάλυσης, χρωματικού βάθους, τύπου αρχείου για την αποθήκευση εικόνας, κ.α). Στην συνέχεια επιλέχθηκε μία τιμή για την απόχρωση (ένταση ή επίπεδο) του γκρι (Grey Threshold) και υπολογίστηκε από το πρόγραμμα τα ποσοστά μαύρου (M) και άσπρου (A) χρώματος ($M + A = 100\%$). Το δοκίμιο περιστρέφεται κατά γωνία 45° και με τις ίδιες ρυθμίσεις που έγιναν κατά την προηγούμενη σάρωση υπολογίζονται τα νέα ποσοστά. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται με νέα περιστροφή του δοκιμίου κατά γωνία 90° , 135° , 180° , 225° , 270° , 315° , 360° ως προς την αρχική διεύθυνση του δοκιμίου και λαμβάνονται νέες τιμές. Η περιστροφή του δοκιμίου κατά γωνία 360° αναμένεται να δώσει τα ίδια αποτελέσματα με την αρχική θέση του δοκιμίου ή έστω οι τιμές στις δύο θέσεις (αρχική και τελική) να μην έχουν μεγάλες αποκλίσεις.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τιμές του ποσοστού μαύρου χρώματος για διάφορες τιμές Grey Threshold και για περιστροφή του δοκιμίου κατά γωνίες που διαφέρουν κατά 45° .

Περιστροφή δοκιμίου κατά γωνία (μοίρες)	'Grey Threshold'							
	91	96	101	106	111	115	125	135
	ΠΟΣΟΣΤΟ BLACK (%)							
0	0,93	1,69	2,79	4,24	6,07	7,70	12,00	15,13
45	0,82	1,55	2,64	4,11	5,83	7,55	11,91	15,10
90	0,77	1,43	2,49	3,72	5,37	6,88	11,42	14,66
135	0,94	1,69	2,86	4,20	5,94	7,60	11,82	15,17
180	1,17	2,01	3,22	4,68	6,53	8,22	12,35	15,40
225	0,87	1,70	2,77	4,16	5,91	7,56	11,95	15,19
270	0,85	1,55	2,55	3,92	5,69	7,22	11,57	14,94
315	0,90	1,63	2,77	4,16	5,76	7,45	11,76	15,08
Μέσος όρος	0,91	1,66	2,76	4,15	5,89	7,52	11,85	15,08
Τυπική απόκλιση	0,11	0,16	0,21	0,26	0,31	0,36	0,26	0,20
Συντελεστής μεταβλητότητας	12,45	9,64	7,62	6,21	5,29	4,78	2,23	1,33

Περιστροφή δοκιμίου κατά γωνία (μοίρες)	'Grey Threshold'							
	140	149	159	171	180	190	200	209
	ΠΟΣΟΣΤΟ BLACK (%)							
0	16,50	19,32	22,82	27,68	32,99	41,71	51,02	56,37
45	16,60	19,46	23,09	28,15	33,94	42,75	51,78	56,84
90	16,16	18,87	22,44	27,24	32,65	41,48	50,41	55,96
135	16,56	19,38	22,93	27,85	33,30	41,88	50,72	56,12
180	16,83	19,64	23,17	28,22	33,79	42,43	51,25	56,49
225	16,60	19,40	22,95	27,78	33,12	41,73	50,77	56,18
270	16,38	19,09	22,62	27,50	32,64	41,22	50,55	56,19
315	16,57	19,29	22,91	27,83	33,27	41,79	51,04	56,49
Μέσος όρος	16,53	19,31	22,87	27,78	33,21	41,87	50,94	56,33
Τυπική απόκλιση	0,18	0,22	0,22	0,30	0,44	0,46	0,41	0,26
Συντελεστής μεταβλητότητας	1,10	1,14	0,98	1,08	1,34	1,11	0,80	0,46

Πίνακας 2-3. Μεταβολή της υπολογιζόμενης τιμής για το ποσοστό μαύρου χρώματος, ανάλογα με την επιλογή της τιμής για το Grey Threshold και την γωνία περιστροφής του δοκιμίου.

- Μεταβολή της υπολογιζόμενης τιμής για το ποσοστό μαύρου ή άσπρου χρώματος ανάλογα με την ακτίνα εξέτασης της κυκλικής επιφάνειας του δοκιμίου.

Η ακτίνα των κυκλικών δοκιμών Marshall που εξετάζονται είναι περίπου 10,16 cm. Η εικόνα που προκύπτει μετά την σάρωση και την επεξεργασία της εικόνας με διάφορες τεχνικές έχει τελικά ακτίνα 5 cm. Στην προσπάθεια να υπολογισθεί το ποσοστό μαύρου χρώματος στην εικόνα κατά την επιλογή της ακτίνας στις ρυθμίσεις του προγράμματος

επιλέγεται ολόκληρη η ακτίνα του δοκιμίου. Αν η ακτίνα εξέτασης ρυθμιστεί σε μικρότερες τιμές λαμβάνονται διάφορες τιμές ποσοστών. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι μεταβολές των ποσοστών μαύρου χρώματος ανάλογα με την ακτίνα εξέτασης του δοκιμίου και το Grey Threshold. Η μέγιστη ακτίνα εξέτασης ήταν 5 cm και η ελάχιστη 0,14 cm. Επειδή το παράθυρο προεπισκόπησης του προγράμματος ImagePro έχει συγκεκριμένες διαστάσεις (288 * 288 πίξελ) η ακτίνα μπορεί να εκφραστεί και σε αριθμό πίξελ.

Ακτίνα εξέτασης δοκιμίου		"Grey Threshold"									
		60	70	79	89	99	108	118	128	140	149
(pixel)	(cm)	ΠΟΣΟΣΤΟ BLACK (%)									
144	5,00	14,20	26,20	33,47	38,83	43,13	46,71	51,05	56,32	64,85	72,00
134	4,65	11,72	24,05	31,48	36,94	41,36	45,07	49,56	55,08	64,09	71,58
124	4,31	11,45	23,75	31,17	36,60	40,97	44,67	49,23	54,88	64,15	71,74
114	3,96	11,06	23,68	31,22	36,74	41,10	44,83	49,41	55,06	64,34	71,90
104	3,61	11,42	24,37	32,05	37,74	42,07	45,92	50,60	56,18	65,37	79,78
94	3,26	11,77	25,06	32,96	38,62	43,09	47,06	51,87	57,39	66,47	73,58
84	2,92	12,14	25,36	33,28	38,96	43,53	47,60	52,53	58,10	67,00	73,71
74	2,57	12,09	25,11	32,81	38,30	42,76	46,86	51,99	57,87	66,58	73,22
64	2,22	10,85	23,47	31,24	36,54	40,89	45,16	50,39	56,43	65,44	72,20
54	1,88	10,06	22,91	30,86	36,16	40,62	45,21	50,72	57,09	66,67	73,50
44	1,53	10,54	23,25	30,36	34,99	38,96	43,32	49,30	56,35	66,69	73,88
34	1,18	10,60	22,31	29,23	33,79	37,37	41,79	47,85	55,63	66,45	73,32
24	0,83	11,40	23,48	30,30	34,49	37,84	42,71	51,37	61,77	74,46	80,10
14	0,49	3,12	17,90	24,30	26,27	28,57	34,32	46,31	60,92	76,52	82,76
4	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	2,22	11,11	24,44	46,67	66,67	86,67
Μ.Ο.		10,16	22,06	28,98	33,66	37,63	42,16	48,44	56,38	67,05	75,33
Τυπική απόκλιση		3,54	6,17	8,04	9,49	10,12	8,86	6,61	3,23	3,47	4,51
Συντελεστής μεταβλητότητας		34,86	27,97	27,73	28,19	26,88	21,02	13,64	5,74	5,18	5,99

Πίνακας 2-4. Μεταβολή της υπολογιζόμενης τιμής για το ποσοστό μαύρου χρώματος, ανάλογα με την επιλογή της τιμής για το Grey Threshold και την ακτίνα εξέτασης του δοκιμίου.

Συμπέρασμα: παρατηρούμε ότι για υψηλές τιμές Grey Threshold ακόμα και για μείωση της διαμέτρου κατά 30 πίξελ (ή 1,04 cm) δεν υπάρχει μεγάλη απόκλιση στις τιμές των ποσοστών του μαύρου χρώματος σε σχέση με το ποσοστό που αντιστοιχεί στην μέγιστη ακτίνα. Αυτό φαίνεται και από τον συντελεστή μεταβλητότητας που μειώνεται όσο αυξάνει το Grey Threshold. Γενικά όμως μείωση της διαμέτρου έχει σαν αποτέλεσμα μεταβολή των ποσοστών του μαύρου χρώματος.

- Μεταβολή της κοκκομετρικής διαβάθμισης ανάλογα με την ακτίνα εξέτασης της κυκλικής επιφάνειας του δοκιμίου.

Η κοκκομετρική διαβάθμιση βάση της διαμέτρου "Feret", όπως προκύπτει μετά την επεξεργασία της εικόνας της τομής ενός δοκιμίου και την εφαρμογή του προγράμματος "SigmaScanPro" προσεγγίζει όπως αποδείχθηκε με ικανοποιητική ακρίβεια την πραγματική κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών (δοκιμή εκχύλισης). Όταν υπολογίζεται η κοκκομετρική διαβάθμιση με την βοήθεια του προγράμματος η ακτίνα (ή η διάμετρος) εξέτασης του δοκιμίου λαμβάνεται σχεδόν ίση με την πραγματική, δηλαδή περίπου 5 cm. Αν η ακτίνα (ή διάμετρος) αυτή μειωθεί τότε το πρόγραμμα λαμβάνει πληροφορίες από μικρότερη επιφάνεια (δηλαδή τα αδρανή που εξετάζονται είναι λιγότερα). Στο παρακάτω παράδειγμα εξετάζεται κατά πόσο μεταβάλλεται η κοκκομετρική διαβάθμιση όταν η διάμετρος μεταβάλλεται κατά μία συγκεκριμένη ποσότητα (π.χ κατά 0,5 ή 1 cm). Έτσι γίνεται κατά κάποιο τρόπο μία κυκλική περικοπή του δοκιμίου και η τελική επιφάνεια έχει μικρότερο εμβαδόν.

		Διάμετρος δοκιμίου (cm)					
		9,5	9,0	8,0	7,0	6,0	5,0
ΕΚΧΥΛΙΣΗ	Κόσκινα (mm)	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ ΑΔΡΑΝΩΝ (διερχόμενο ποσοστό)					
100	25,4	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
95	19,1	94,47	94,07	100,00	100,00	100,00	100,00
73	12,7	73,66	73,42	78,34	80,16	86,84	100,00
48	4,76	45,40	47,14	52,85	54,52	61,04	79,88
35	2	33,55	35,21	39,33	42,32	48,47	69,76

Πίνακας 2-5. Μεταβολή της κοκκομετρικής διαβάθμισης, ανάλογα με την διάμετρο εξέτασης του δοκιμίου.

Συμπέρασμα: παρατηρούμε ότι όσο μειώνεται η διάμετρος του δοκιμίου τόσο οι αποκλίσεις από την πραγματική κοκκομετρική διαβάθμιση αυξάνονται. Αρχικά το δοκίμιο έχει διάμετρο 9,5 cm επειδή αφαιρέθηκε τμήμα της περιφέρειάς του εξαιτίας κάποιων προβλημάτων που δημιουργούνταν από την αποκόλληση αδρανών στο σημείο αυτό. Το δοκίμιο αρχικά είχε διάμετρο 10,16 cm (όσο η διάμετρος της μήτρας που κατασκευάζονται τα δοκίμια Marshall). Φαίνεται ότι ακόμα και όταν η διάμετρος του δοκιμίου γίνεται 9,0 ή 8,0 cm τα αποτελέσματα που προκύπτουν δεν αποκλίνουν σημαντικά από αυτά της δοκιμής εκχύλισης. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό αφού ο χρόνος που απαιτείται για την εξέταση ολόκληρης επιφάνειας της τομής του δοκιμίου είναι αρκετά μεγάλος και οποιαδήποτε μείωση του υπολογιστικού φόρτου καθιστά την εύκολη την εφαρμογή της οπτικής μεθόδου.

- Σάρωση με διαφορετικές τιμές ανάλυσης.

Τέλος το ίδιο δοκίμιο σαρώθηκε χωρίς να μετακινηθεί ή να περιστραφεί από το σαρωτή με διαφορετικές τιμές ανάλυσης για να βρεθεί η μεταβολή της υπολογιζόμενης τιμής για το ποσοστό μαύρου χρώματος ανάλογα με την τιμή της ανάλυσης. Για την εύρεση του ποσοστού μαύρου χρώματος χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα "ImagePro". Αρχικά η ανάλυση σάρωσης επιλέχθηκε στην ελάχιστη τιμή της όπως δίνεται από το

πρόγραμμα επεξεργασίας του σαρωτή (αυτόματη προεπιλογή). Η εικόνα σαρώθηκε και σώθηκε σε ένα αρχείο εικόνας τύπου bitmap. Στην συνέχεια επιλέγοντας τρεις διαφορετικές τιμές για το Grey Threshold υπολογίστηκαν αντίστοιχα τρεις τιμές για το ποσοστό μαύρου χρώματος. Στην συνέχεια η ανάλυση αυξήθηκε σε 100 dpi και ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία. Το ίδιο έγινε και για άλλες τιμές ανάλυσης μέχρι την μέγιστη τιμή ανάλυσης τα 600 dpi. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα.

	'Grey Threshold'		
	130	135	140
Ανάλυση (dpi)	ΠΟΣΟΣΤΟ BLACK (%)		
75	10,103	11,233	12,357
100	10,199	11,298	12,378
150	10,386	11,507	12,554
200	9,661	10,868	12,054
300	9,733	11,081	12,365
600	10,558	11,692	12,964
M.O.	10,107	11,280	12,445
Τυπική απόκλιση	0,32	0,27	0,27
Συντελεστής μεταβλητότητας	3,20	2,38	2,21

Πίνακας 2-6. Μεταβολή της υπολογιζόμενης τιμής για το μαύρο χρώμα ανάλογα με την ανάλυση σάρωσης και το Grey Threshold.

Συμπέρασμα: παρατηρούμε ότι είτε η ανάλυση σάρωσης επιλέγεται στην ελάχιστη (75 dpi) είτε στην μέγιστη τιμή της (600 dpi) η μεταβολή στο ποσοστό του μαύρου χρώματος είναι πολύ μικρή. Όσο επίσης αυξάνεται το Grey Threshold οι αποκλίσεις γίνονται μικρότερες όπως φαίνεται και από τον συντελεστή μεταβλητότητας. Επομένως η επιλογή μικρής ή μεγάλης τιμής για την ανάλυση σάρωσης δεν επηρεάζει την ακρίβεια στον υπολογισμό του ποσοστού μαύρου χρώματος. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με το συμπέρασμα που βγάλαμε κατά την εφαρμογή της οπτικής μεθόδου όπου τονίστηκε ότι η ανάλυση της εικόνας πρέπει να επιλέγεται στην υψηλότερη τιμή. Η υπόθεση αυτή έγινε με την προϋπόθεση ότι εξετάζεται ταυτόχρονα όλη η επιφάνεια της τομής ενός δοκιμίου. Επειδή το τμήμα της επιφάνειας του δοκιμίου επομένως και η εικόνα που προκύπτει μετά την σάρωση της επιλεγμένης περιοχής έπρεπε να παραμένει σταθερή ορίστηκε ένα τμήμα στην επιφάνεια της τομής διαστάσεων 1,22 * 1,22 cm. Μετά την σάρωση του τμήματος αυτού με ανάλυση 600 dpi προκύπτει εικόνα διαστάσεων 288 * 288 πίξελ όσο ακριβώς και το παράθυρο προεπισκόπησης του προγράμματος "ImagePro" (βλ. κεφ. 4.3.4). Στην συνέχεια το τμήμα αυτό σαρώνεται διαδοχικά με μικρότερες τιμές ανάλυσης και προκύπτουν μικρότερα αρχεία εικόνας. Όταν το τμήμα σαρωθεί με τιμή ανάλυσης 75 dpi τότε η εικόνα που προκύπτει έχει διαστάσεις 36 * 36 πίξελ. Εφαρμόζοντας το πρόγραμμα "ImagePro" στις δύο εικόνες και υπολογίζοντας το ποσοστό μαύρου χρώματος διαπιστώνουμε ελάχιστες διαφορές (περίπου 0,5%). Το τμήμα βέβαια που εξετάζεται είναι πολύ μικρό ($E = 1,22 * 1,22 \cong 1,488$), σε σχέση με την συνολική επιφάνεια του δοκιμίου $\pi \times d^2/4 = 3,14 \times 10,16^2/4 \cong 81,03 \text{ cm}^2$. Αν όλη η επιφάνεια της τομής σαρωθεί με τιμές ανάλυσης 75 και 600 dpi δηλαδή την ελάχιστη και τη μέγιστη τιμή αντίστοιχα, είναι

πιθανό οι αποκλίσεις στις τιμές του ποσοστού μαύρου να είναι μεγαλύτερες. Κάτι τέτοιο όμως δεν μπορεί να εξετασθεί μέσω του προγράμματος "ImagePro" αφού το παράθυρο προεπισκόπησης έχει περιορισμένες διαστάσεις δηλαδή οι εικόνες που εξετάζονται πρέπει να έχουν συγκεκριμένες διαστάσεις (βλ. κεφ. 4.3.4). Η δυνατότητα αυτή παρέχεται μέσω του προγράμματος "SigmaScanPro" αλλά δεν εξετάζεται περαιτέρω. Θα ήταν χρήσιμο να εξετασθεί εφόσον τα υπόλοιπα προβλήματα που αντιμετωπίζονται στην προσπάθεια να υπολογιστεί απευθείας το ποσοστό ασφάλτου είχαν επιλυθεί. Κατά την εφαρμογή της οπτικής μεθόδου επιλέγεται η μέγιστη τιμή για την ανάλυση σάρωσης επειδή η μέθοδος είναι «χειροκίνητη» (διαχωρισμός των αδρανών) και τα όρια των αδρανών πρέπει να είναι όσο πιο ευδιάκριτα γίνεται.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1. ZHONG QI YUE, WILLIAM BEKKING AND ISABELLE MORIN.** Application of Digital Image Processing to Quantitative Study of Asphalt Concrete Microstructure. *Transportation Research Record 1492*, pp. 53-60.
- 2. EYAD MASAD, B. MUHUNTHAN, NAGA SHASHIDHAR AND THOMAS HARMAN.** Quantifying Laboratory Compaction Effects on the Interval Structure of Asphalt Concrete. *Transportation Research Record 1681*, pp. 179-60.
- 3. NAGA SHASHIDHAR.** X-Ray Tomography of Asphalt Concrete. *Transportation Research Record 1681*, pp. 186-191.
- 4. SADI KOSE, MURAT GULER, HUSSAIN U. BAHIA AND MASAD.** Distribution of Strains Within Hot-Mix Asphalt Binders. Applying Imaging and Finite-Element Techniques. *Transportation Research Record 1728*, pp. 21-27.
- 5. L. B. WANG, J. D. FROST AND NAGA SHASHIDHAR.** Microstructure Study of WesTrack Mixes from X-Ray Tomography Images. *Transportation Research Record 1767*, pp. 85-94.
- 6. DAN L. SEWARD, JOHN A. HINRICHSEN AND JENNIFER L. RIES.** Structural Analysis of Aggregate Blends Using Strategic Highway Research Program Gyratory Compactor. *Transportation Research Record 1545*, pp. 80-88.
- 7. WILLIAM G. BUTLER AND ZHANPING YOU.** Discrete Element Modelling of Asphalt Concrete, Microfabric Approach. *Transportation Research Record 1757*, pp. 111-118.
- 8. DAN GOOKIN.** Digital Scanning and Photography. ΨΗΦΙΑΚΗ ΣΑΡΩΣΗ ΚΑΙ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ. *Microsoft Corporation, Redmond, Washington, U.S.A.*
- 9. Σ. ΚΟΛΙΑΣ – Α. ΛΟΙΖΟΣ.** ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ. Ε. Μ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, ΤΜΗΜΑ: ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΤΟΜΕΑΣ: ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ.
- 10. Σ. ΚΟΛΙΑΣ – Α. ΛΟΙΖΟΣ.** ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ. Ε. Μ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, ΤΜΗΜΑ: ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΤΟΜΕΑΣ: ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ.
- 11. Γ. ΚΟΚΟΛΑΚΗΣ ΚΑΙ Ι. ΣΠΗΛΙΩΤΗΣ.** ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ.
- 12. Α. ΤΟΥΛΙΑΤΟΣ ΚΑΙ Δ. ΚΑΛΛΙΑΝΗΣ (Συντάκτες).** ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΕΡΓΟΤΑΞΙΩΝ. ΤΟΜΕΑΣ: ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ.

13. **ΑΙΜΙΛΙΟΣ ΚΟΡΩΝΑΙΟΣ.** ΤΕΧΝΙΚΑ ΥΛΙΚΑ. ΤΟΜΟΣ 1.
14. **ΑΙΜΙΛΙΟΣ ΚΟΡΩΝΑΙΟΣ.** Ασφαλτικά υλικά. *Τεχνικά Υλικά, Τόμος 2, σελ. 7-63.*
15. **ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ, ΣΥΛΛΟΓΟΣ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ.** ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ 2000.
16. **ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ RAM.** Τεχνολογία σάρωσης, Σάρωση και βελτίωση φωτογραφιών, Επίπεδοι σαρωτές, Βασικές έννοιες της σάρωσης.