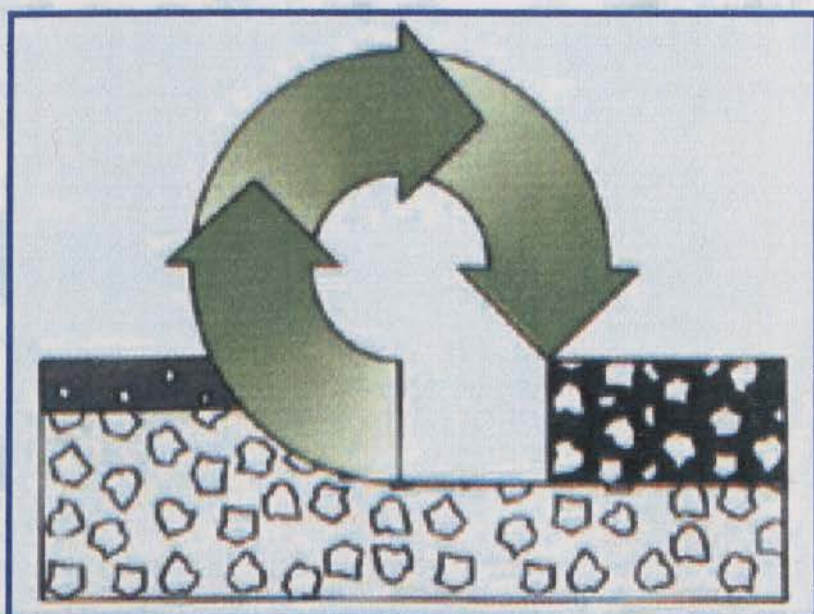


Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

23  
701

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΑΣΦΑΛΤΙΚΩΝ  
ΜΙΓΜΑΤΩΝ



ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ: Ι. ΚΟΦΙΤΣΑΣ  
Ε. ΛΑΓΟΣ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΙΩΣΗΦΙΔΗΣ ΘΕΟΧΑΡΗΣ  
ΣΚΑΡΤΣΙΛΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ  
ΦΑΚΙΝΟΥ ΕΛΕΝΗ

ΑΘΗΝΑ 1999

Στη μνήμη  
του καθηγητή μας,  
Ιωάννη Κοφίτσα.

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΟΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΟΛΟΓΙΑ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΟΛΟΓΙΑ

Η επιστήμη, όπως ορίζεται, είναι η συστηματική και οργανωμένη προσπάθεια για την αποκάλυψη των νόμων που διέπουν τον φυσικό κόσμο. Η επιστήμη είναι μια διαδικασία που περιλαμβάνει την παρατήρηση, την ανάλυση, την υπόθεση, την επαλήθευση και την επικοινωνία των αποτελεσμάτων. Η επιστήμη είναι μια κοινωνική δραστηριότητα που εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου και επηρεάζεται από τον πολιτισμό και την κοινωνία. Η επιστήμη είναι μια διαδικασία που περιλαμβάνει την παρατήρηση, την ανάλυση, την υπόθεση, την επαλήθευση και την επικοινωνία των αποτελεσμάτων.

Η επιστήμη είναι μια διαδικασία που περιλαμβάνει την παρατήρηση, την ανάλυση, την υπόθεση, την επαλήθευση και την επικοινωνία των αποτελεσμάτων. Η επιστήμη είναι μια κοινωνική δραστηριότητα που εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου και επηρεάζεται από τον πολιτισμό και την κοινωνία. Η επιστήμη είναι μια διαδικασία που περιλαμβάνει την παρατήρηση, την ανάλυση, την υπόθεση, την επαλήθευση και την επικοινωνία των αποτελεσμάτων.

Η επιστήμη είναι μια διαδικασία που περιλαμβάνει την παρατήρηση, την ανάλυση, την υπόθεση, την επαλήθευση και την επικοινωνία των αποτελεσμάτων. Η επιστήμη είναι μια κοινωνική δραστηριότητα που εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου και επηρεάζεται από τον πολιτισμό και την κοινωνία. Η επιστήμη είναι μια διαδικασία που περιλαμβάνει την παρατήρηση, την ανάλυση, την υπόθεση, την επαλήθευση και την επικοινωνία των αποτελεσμάτων.

Η επιστήμη είναι μια διαδικασία που περιλαμβάνει την παρατήρηση, την ανάλυση, την υπόθεση, την επαλήθευση και την επικοινωνία των αποτελεσμάτων. Η επιστήμη είναι μια κοινωνική δραστηριότητα που εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου και επηρεάζεται από τον πολιτισμό και την κοινωνία. Η επιστήμη είναι μια διαδικασία που περιλαμβάνει την παρατήρηση, την ανάλυση, την υπόθεση, την επαλήθευση και την επικοινωνία των αποτελεσμάτων.

Η επιστήμη είναι μια διαδικασία που περιλαμβάνει την παρατήρηση, την ανάλυση, την υπόθεση, την επαλήθευση και την επικοινωνία των αποτελεσμάτων. Η επιστήμη είναι μια κοινωνική δραστηριότητα που εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου και επηρεάζεται από τον πολιτισμό και την κοινωνία. Η επιστήμη είναι μια διαδικασία που περιλαμβάνει την παρατήρηση, την ανάλυση, την υπόθεση, την επαλήθευση και την επικοινωνία των αποτελεσμάτων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

### ΓΕΝΙΚΑ-ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΣΕ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ -ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ

#### ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ

#### ΙΣΤΟΡΙΚΑ

Η χρήσιμη ζωή μιας κατασκευής από ασφαλτοσκυρόδεμα, εξαρτάται από ένα μεγάλο αριθμό παραγόντων : Οι κυριότεροι είναι η ποσότητα και το βάρος της κυκλοφορίας, οι καιρικές συνθήκες, η ποιότητα των υλικών, η σωστή υποδομή και η σωστή αποχέτευση συχνή συντήρηση μπορεί να παρατείνει τη χρήσιμη ζωή του έργου. Παρόλα αυτά κάποτε η αποσάθρωση και η γήρανση, προχωρούν πολύ και το ασφαλτοσκυρόδεμα πρέπει να ξανακατασκευαστεί. Το παλιό υλικό όμως δεν είναι αναγκαίο να πεταχτεί.

Η ανακύκλωση λοιπόν, όταν αναφέρεται σε ασφαλτικά οδοστρώματα, ορίζεται ως την επαναχρησιμοποίηση είτε των αδρανών, είτε του συνδετικού υλικού, είτε και των δυο, σε κάποιο ποσοστό, μαζί με εντελώς νέο υλικό. Το μίγμα παλαιού - νέου υλικού πρέπει να είναι τέτοιο, ώστε να ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές του έργου για το οποίο θα χρησιμοποιηθεί.

Η ιδέα της ανακύκλωσης δεν είναι νέα, καθώς τα πρώτα γραπτά εμφανίζονται στα 1930. Οι Ηνωμένες Πολιτείες οδήγησαν την τεχνολογική ανάπτυξη της μοντέρνας ανακύκλωσης. Το πρώτο εργοτάξιο ανακύκλωσης έγινε το 1974, κοντά στο Sloan της Nevada. Το 1978 η F.H.W.A.(Federal Highway Administration ), κατέγραψε είκοσι επτά (27) ενδιαφέροντα εργοτάξια ανακύκλωσης, που χρησιμοποίησαν περίπου 1.200.000 τόνους παλιών υλικών οδοστρωσίας. Μ'αυτόν τον τρόπο, ανακτήθηκαν 771.000 τόνοι αδρανών και 42.000 τόνοι ασφάλτου, πράγμα που δείχνει την γρήγορη ανάπτυξη της μεθόδου.

Το 1978, στην Δυτική Γερμανία, έγινε το πρώτο εργοτάξιο ανακύκλωσης με την μορφή πειραματικού σχεδίου και για δυο (2) χιλιόμετρα οδού ταχείας κυκλοφορίας. Επίσης η Φιλανδία την ίδια χρονιά, έκανε τις πρώτες πειραματικές προσπάθειες ανακύκλωσης. Άλλες χώρες οι οποίες

ενδιαφέρονται για την ανάπτυξη της τεχνολογίας της ανακύκλωσης είναι η Ινδία, η Ν. Αφρική, η Ολλανδία, η Ιταλία, η Γαλλία και η Αγγλία.

Η κατασκευή δρόμων όμως, από ασφαλτο στηρίζεται σε δυο κατασκευαστικές βιομηχανίες: Την πετροχημική βιομηχανία για προμήθειες ασφάλτου και την βιομηχανία ορυχείων για την προμήθεια πετρωμάτων.

Σε μερικές χώρες η βιομηχανία των ορυχείων ελέγχει τα σχέδια ασφαλτικών επιστρώσεων και οδοποιίας. Η ανακύκλωση στηρίζεται στην χρησιμοποίηση εναλλακτικών προμηθειών σε ασφαλτο και αδρανές, και υπάρχει μια άμεση σύγκρουση ανάμεσα στις προαναφερόμενες χώρες και αυτό για λόγους οικονομικού κέρδους. Έτσι ενώ υπάρχει οικονομικό κέρδος για την Κοινότητα, η χρησιμοποίηση των διαδικασιών της ανακύκλωσης, εξαρτάται και από το εμπορικό περιβάλλον της κάθε χώρας.

### **ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΙΔΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ**

Τα σύγχρονα οδοστρώματα διακρίνονται :

- α) Σε εύκαμπτα οδοστρώματα
- β) Σε άκαμπτα ή αλλιώς σε οδοστρώματα ασφαλτικά και από σκυρόδεμα (γενικός ορισμός).

Τα ασφαλτικά οδοστρώματα, που θα μας απασχολήσουν κατά κανόνα κατασκευάζονται πάνω σε μια βάση από αδρανή υλικά, σταθεροποιημένα υλικά, εμποτισμένα με ασφαλτο αδρανή υλικά, και ακόμα και σε ασφαλτικές βάσεις στα οδοστρώματα μεγάλης φέρουσας ικανότητας.

### **ΤΑ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΑ**

Αυτά τα ασφαλτικά οδοστρώματα αποτελούνται από στρώσεις κατασκευαζόμενες από ασφαλτομίγματα. Αυτές οι στρώσεις είναι οι λεγόμενοι ασφαλτοτάπητες. Οι στρώσεις από ασφαλτόμιγμα, αναφέρονται ως ισοπεδωτικές, συνδετικές και κυκλοφορίας και περιγράφονται στην προδιαγραφή A260 του ΥΠΕΧΩΔΕ. Οι ασφαλτικές βάσεις είναι της Π.Τ.Π. A260 του ΥΠΕΧΩΔΕ.

Τα ασφαλτομίγματα, που γίνονται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες, με αυστηρές προδιαγραφές, και που αποτελούνται από χαλίκια, άμμο και ασφαλτο καλά αναμεμιγμένα, λέγονται και ασφαλτικά σκυροδέματα. Αυτά παράγονται σε ειδικά μόνιμες εγκαταστάσεις "εν θερμώ" διαστρώνονται και κυλινδρώνονται για να συμπυκνωθούν, ενώ έχουν υψηλή θερμοκρασία, 130ο C, συνήθως.

## **Η ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ**

Μετά την κατασκευή ενός ασφαλτικού οδοστρώματος, η οδός παραδίνεται στην Υπηρεσία Συντήρησης, η οποία φροντίζει για την καλή κατάσταση της οδού, ώστε να εξασφαλίζεται η άνετη και καλή κυκλοφορία των οχημάτων σ'αυτήν. (Υπηρεσίες του ΥΠΕΧΩΔΕ).

Οι συνήθειες, στοιχειώδεις συντηρήσεις του οδοστρώματος, συνεχίζονται ως κάποιο όριο, όποτε θα πρέπει να γίνει ενίσχυση ή ανακατασκευή του οδοστρώματος. Οι εργασίες μιας σοβαρής συντήρησης ή ανακατασκευής, έχουν σημαντικό κόστος, συνήθως το κόστος μιας νέας ασφαλτικής επίστρωσης, γιατί δεν χρησιμοποιούνται τα υλικά της παλιάς ασφαλτικής στρώσης, από ασφαλτόμιγμα, ο παλιός δηλαδή ασφαλτοτάπητας.

## **Η ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ**

Σήμερα τα υλικά οδοστρωσίας και η ενέργεια (άσφαλτος, αδρανή, καύσιμα), είναι ακριβά και η συντήρηση των οδοστρωμάτων έγινε πολύ δαπανηρή. Επομένως η χρησιμοποίηση των παλιών υλικών των οδοστρωμάτων για την συντήρηση τους παρουσιάζει οικονομικό ενδιαφέρον. Έτσι δημιουργήθηκε η ιδέα της ανακύκλωσης, δηλαδή η χρησιμοποίηση εκ νέου των παλιών υλικών για την ανακατασκευή του οδοστρώματος. Σε πολλές χώρες, ήδη εφαρμόζονται μέθοδοι συντήρησης των ασφαλτικών οδοστρωμάτων με ανακύκλωση των παλιών αφαλτομιγμάτων. Οι μέθοδοι αυτοί έχουν εφαρμοστεί και στην χώρα μας.

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΔΙΚΑΙΟΛΟΓΟΥΝ ΤΗΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ

Σε πολλές περιπτώσεις η ανακύκλωση των υλικών για την αποκατάσταση των οδοστρωμάτων, δίνει λύσεις σε διάφορα προβλήματα τεχνικής φύσης και οικονομίας, όπως είναι η ενίσχυση ενός οδοστρώματος, η δημιουργία αντιολισθηρής κύλισης, η εξάλειψη ανωμαλιών της επιφάνειας κύλισης, οι δυσκολίες στην εξεύρεση υλικών, η μείωση της δαπάνης κατασκευής μιας νέας ασφαλτικής επίστρωσης, η εξοικονόμηση ενέργειας, ακόμα και η προστασία του περιβάλλοντος και η διατήρηση της παλιάς στάθμης του οδοστρώματος.

## Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ

Προκειμένου να αποφασιστεί, αν ένα οδόστρωμα χρειάζεται να βελτιωθεί, εξετάζεται καταρχήν η κατάσταση του. Γίνεται μακροσκοπική εξέταση του οδοστρώματος για την ύπαρξη ρηγματώσεων, αυλακώσεων, καθισμάτων και κυματισμών, καθώς και τυχόν άλλων φθορών. Το ΚΕΔΕ, εκτελεί μετρήσεις της ομαλότητας και ολισθηρότητας. Επίσης γίνονται και μετρήσεις με μη καταστρεπτικές μεθόδους για την επάρκεια του πάχους του οδοστρώματος. Προσδιορίζεται δηλαδή ο δείκτης εξυπηρετικότητας της οδού. Αφού διαπιστωθεί η ανάγκη για συντήρηση ή ανακατασκευή του οδοστρώματος, τότε μελετάται αν είναι δυνατόν οι εργασίες αυτές, να γίνουν με την εφαρμογή κάποιας μεθόδου με ανακύκλωση των παλιών υλικών του οδοστρώματος.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

### ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΕΦΑΡΜΟΖΟΜΕΝΕΣ ΣΤΑ ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

#### Η ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΑΣΦΑΛΤΙΚΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Πρέπει να σημειώσουμε, πως η μέθοδος που αναφέρουμε δεν περιέχει διαχωρισμό του βελτιωμένου υλικού στα δυο βασικά του συστατικά, την άσφαλτο και τα ορυκτά.

Όλες οι μέθοδοι χρησιμοποιούν βελτιωμένα υλικά απευθείας.

Εδώ και πολλά χρόνια στην Ευρώπη και στις Ηνωμένες Πολιτείες, χρησιμοποιούνται οι κεντρικές εγκαταστάσεις παραγωγής ασφαλτομίγματος και για την ανακύκλωση των υλικών που προέρχονται από παλιούς ασφαλτοτάπητες. Οι κεντρικές αυτές εγκαταστάσεις είναι είτε παλιές με τις απαραίτητες τροποποιήσεις, είτε καινούριες, που έχουν κατασκευαστεί με την προβλεψη να δεχονται και να επεξεργάζονται και τα ανακυκλωμένα υλικά από τα παλιά ασφαλτικά οδοστρώματα.

Η ανακύκλωση σε κεντρική εγκατάσταση μπορεί να γίνει με ή χωρίς θερμότητα.

#### ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΣΕ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΝ ΨΥΧΡΩ

Δεν φαίνεται να υπάρχει καμία αναπτυξη σχετικά με τις διαδικασίες ψυχρής ανακύκλωσης σε κεντρική εγκατάσταση. Αυτό ίσως οφείλεται στην έλλειψη μεθοδών για τον σχεδιασμό μιγμάτων καταλλήλων για εφαρμογές ασφαλτόστρωσης μ'ένα συνδεδετικό ασφαλτικό γαλάκτωμα. Έτσι η τεχνολογία δεν είναι ακόμα αναπτυγμένη αρκετά σ' αυτόν τον τομέα. Ωστόσο η τεχνολογία που έχει σχέση με την χρήση γαλακτωμάτων, αναπτύσσεται συνεχώς και είναι δυνατόν να αναπτυχθούν τεχνικές σχεδιασμού μιγμάτων παρά πολύ σύντομα.

## ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΝ ΘΕΡΜΩ

Το ποσοστό ανακύκλωσης επιτρέπει ένα διαχωρισμό ανάμεσα σε δύο μεγάλες τεχνικές:

Από την μια μεριά η ανακύκλωση « μικρού ποσοστού» ( $\alpha=20\%$ ), με υλικά που είναι δυνατόν να προέρχονται από αστικές περιοχές με την βοήθεια συμβατικών ασυνεχών εγκαταστάσεων παραγωγής ασφαλτοσκυροδέματος, που εύκολα τροποποιούνται για ανακύκλωση.

Από την άλλη, είναι η ανακύκλωση «μεγάλου ποσοστού» ( $\alpha=65\%$ ) με υλικά που προέρχονται από τον ίδιο δρόμο, άρα ομογενή και ίδιας ποιότητας σε συνεχείς εγκαταστάσεις τύπου :Τύμπανο, Ξηραντήρας, Επικαλυπτήρας.

Με « $\alpha$ » συμβολίζεται το ποσοστό ανακύκλωσης το οποίο ορίζεται ως εξής: Αν  $A$ , είναι η ποσότητα των προς ανακύκλωση νέων υλικών  $B$ , η ποσότητα των προστιθέμενων νέων αδρανών ,  $C$ , η ποσότητα του συνδετικού προσθέτου ( ασφαλτος ή ειδικό ανανεωτικό πρόσθετο ) και  $D$   $A$   $B$   $C$ , η ποσότητα του τελικού μίγματος, τότε ποσοστό ανακύκλωσης ονομάζεται ο λόγος  $\alpha=A/A B C A /D$ .

Στην διαδικασία εν θερμώ, το ανακτημένο υλικό, μεταφέρεται σε μια κατάλληλη εγκατάσταση μίξεως, όπου μπορούν να δημιουργηθούν αποθέματα για μελλοντική χρήση, ή να υποβληθούν αμέσως σε ανακύκλωση, ώστε να παραχθεί ασφαλτικό υλικό. Και οι δύο τύποι εγκαταστάσεων - Συμβατική με θερμαντήρα και αναμικτήρα, και Τύμπανου, έχουν μετατραπεί με επιτυχία για να παράγουν ανακυκλωμένα μίγματα, χρησιμοποιώντας μια ποικιλία μεθόδων για να θερμάνουν το ανακτημένο υλικό πριν την μίξη.

## Η ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΥΠΟΥ ΘΕΡΜΑΝΤΗΡΑ-ΑΝΑΜΙΚΤΗΡΑ (ΤΥΜΠΑΝΟΥ)

Σε μια συμβατική εγκατάσταση θερμαντήρα-αναμικτήρα, αναμιγνύονται το θερμό ανακτημένο υλικό με θερμά αδρανή από τον ξηραντήρα βασιζόμενοι στην μεταφορά θερμότητας για την δημιουργία της απαραίτητης αύξησης στην θερμοκρασία. Το ανακτημένο υλικό μπορεί να αναμιχθεί με τα θερμά αδρανή, είτε κατευθείαν στο κιβώτιο μίξης είτε αμέσως μετά τον ξηραντήρα όπως φαίνεται στο σχήμα 1

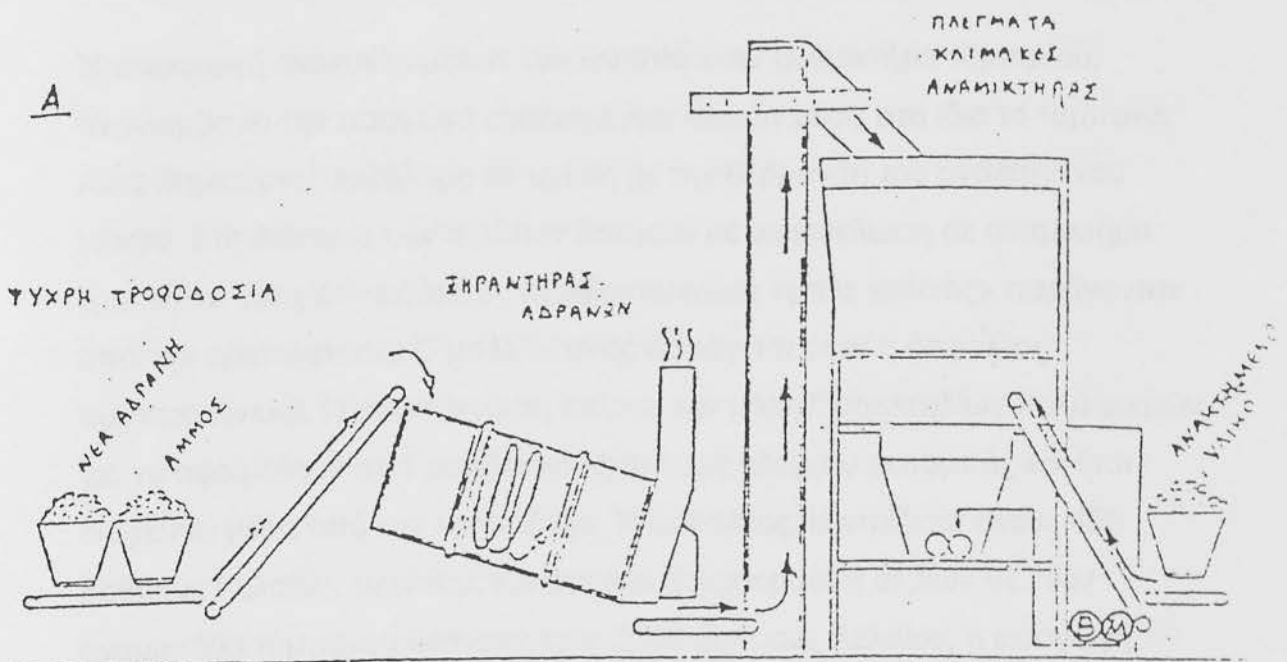


Παρ'ότι η δεύτερη μέθοδος (β) έχει τα υλικά μαζί για περισσότερο χρόνο και έτσι αυξάνεται η ποσότητα της μεταφερόμενης θερμότητας, μπορεί να παρουσιαστούν προβλήματα με τον τελικό διαχωρισμό και στις θερμές δεξαμενές, αφού η άσφαλτος στο ανακτημένο υλικό θα γίνει κολλώδης. Η χρήση της μεθόδου « μεταφορά θερμότητας» σε εγκαταστάσεις θερμαντήρα - αναμικτήρα απαιτεί την θέρμανση των σκέτων αδρανών, σε θερμοκρασία πολύ υψηλότερη από την συνήθη θερμοκρασία μίξης καθώς είναι και η κύρια πηγή θερμότητας για το ανακτημένο υλικό. Επίσης τα υλικά πρέπει να παραμείνουν στο κιβώτιο μίξης, μέχρις ότου υπάρξει επαρκής μεταφορά θερμότητας για να ελαττώσει το ιξώδες της ανακτημένης ασφάλτου αρκετά, ώστε να επιτρέψει βαθιά ανάμιξη του αναμορφωμένου υλικού με τα νέα υλικά. Ο απαιτούμενος χρόνος θα εξαρτηθεί από τις ιδιότητες του ανακτημένου υλικού στο μίγμα, την περιεκτικότητα σε υγρασία και την θερμοκρασία των σκέτων αδρανών.

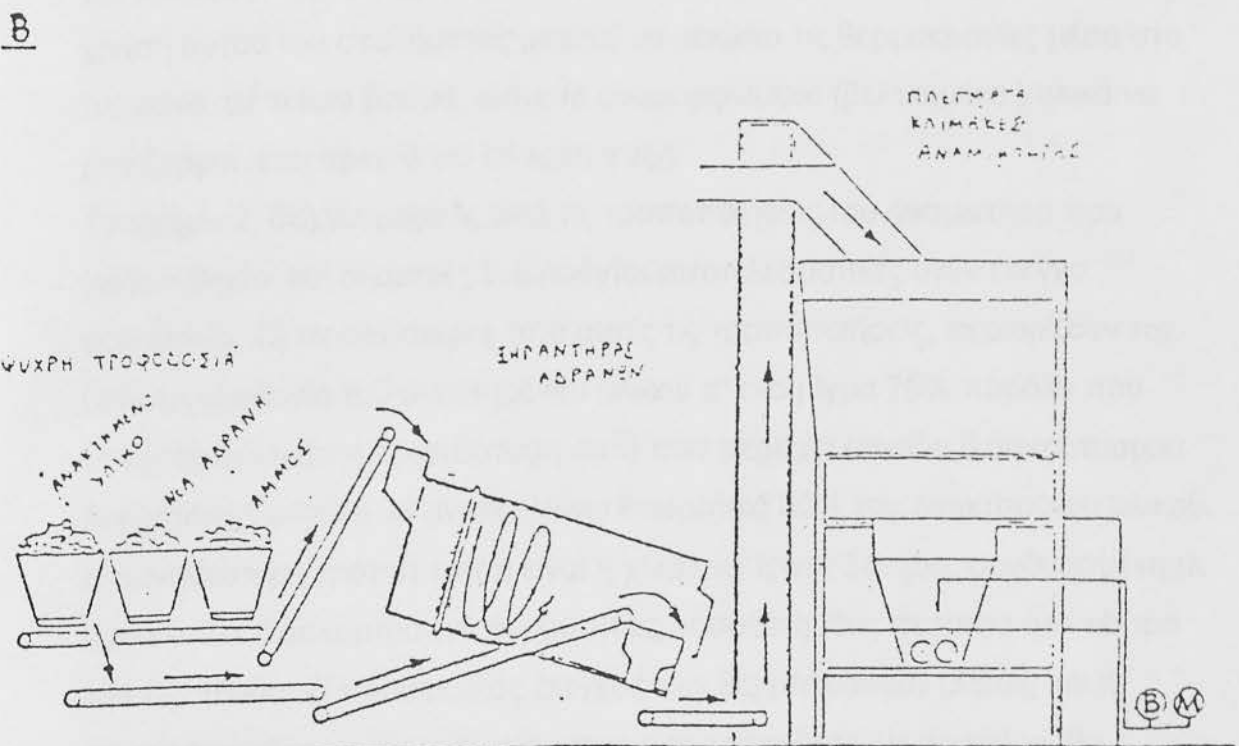
Γενικά θεωρείται ότι δεν είναι πρακτικό

να παράγεται ένα ανακτημένο μίγμα που να περιέχει περισσότερο από 50% (παλαιού)

υλικού με αυτήν την διαδικασία. Στην πράξη το 20-30% φαίνεται να είναι ένα συνηθισμένο μέγεθος λειτουργίας, ωστόσο, η τροποποίηση μιας συμβατικής εγκατάστασης θερμαντήρα - αναμικτήρα, είναι σίγουρα ο λιγότερο ακριβός τρόπος για να αρχίσει η ανακύκλωση.



Α.- ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕ ΤΟ ΑΝΑΡΤΗΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ ΝΑ ΠΡΟΣΘΕΤΕΙΤΑΙ ΣΤΑ ΥΠΕΡΘΕΡΜΑΣΜΕΝΑ ΑΓΡΑΝΗ ΣΤΟΝ ΑΝΑΜΙΚΤΗΡΑ



Β.- ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕ ΤΟ ΑΝΑΡΤΗΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ ΝΑ ΠΡΟΣΘΕΤΕΙΤΑΙ ΣΤΗ ΥΠΕΡΘΕΡΜΑΣΜΕΝΑ ΑΓΡΑΝΗ ΣΤΗΝ ΕΚΡΟΗ ΤΟΥ ΣΗΡΑΝΤΗΡΑ

Β - Νέα Αβφόςτος  
 Μ - ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ - ΑΝΑΡΤΗΣΗ

## Η ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΥΠΟΥ ΤΥΜΠΑΝΟ-ΞΗΡΑΝΤΗΡΑΣ-ΕΠΙΚΑΛΥΠΤΗΡΑΣ

Η παραγωγή ανακυκλωμένων υλικών από έναν αναμικτήρα τύμπανου, περιλαμβάνει την εισαγωγή ανακτημένων υλικών μέσα στο ίδιο το τύμπανο. Αυτό δημιουργεί πρόβλημα σε σχέση με την θέρμανση του ανακτημένου υλικού. Στη διάρκεια των πρώτων δοκιμών με ανακύκλωση σε αναμικτήρα τύμπανου, ένας απαράδεκτος περιβαντολογικά «μπλε καπνός» παράγονταν από την εγκατάσταση. Ο μπλε καπνός παράγεται όταν η άσφαλτος συμπυκνώνεται. Η συμπύκνωση παίρνει την μορφή σωματιδίων πολύ μικρών για να αφαιρεθούν από συμβατικό εξοπλισμό ελέγχου εκπομπής και έτσι διαφεύγει μέσα από την καπνοδόχο. Η άσφαλτος, εξατμίζεται στους 450 βαθμούς Κελσίου, περίπου, και αφού οι θερμοκρασίες αερίων σε έναν αναμικτήρα τύμπανου φτάνουν τους 2000 βαθμούς Κελσίου, η εισαγωγή ανακτημένου υλικού πρέπει να ελέγχεται προσεκτικά. Η έγχυση νερού είναι μια μέθοδος που έχει χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο εκπομπής, αλλά η χρήση αυτού του συστήματος μπορεί να μειώσει τις θερμοκρασίες μέσα στο τύμπανο, σε τέτοιο βαθμό, ώστε το αναμορφωμένο (βελτιωμένο) υλικό να μην θερμαίνεται αρκετά για επαρκή ψύξη.

Το σχήμα 2, δείχνει μερικές από τις τροποποιήσεις του αναμικτήρα που υιοθετήθηκαν και οι οποίες θεωρούνται αποτελεσματικές στον έλεγχο εκπομπών. Οι περισσότερες από αυτές τις τροποποιήσεις, περιορίζουν την μέγιστη αναλογία του ανακτημένου υλικού σ' ένα μίγμα 70% παρόλο που υποστηρίζεται ότι η εγκατάσταση αυτή που περιέχει ασπίδα διασκορπισμού θερμότητας, μπορεί να ανακυκλώνει θεωρητικά 30% του ανακτημένου υλικού. Η συνηθέστερη τροποποίηση είναι η χωριστή τροφοδότηση, συνδυασμένη με μια ασπίδα διασκορπισμού θερμότητας, τοποθετημένη περίπου στο κέντρο του τυμπάνου. Ο προσεκτικός έλεγχος των θερμοκρασιών μίξεως και η σωστή τοποθέτηση του μηχανήματος που τροφοδοτεί με άσφαλο, θα βοηθήσουν στην μείωση των προβλημάτων «μπλε καπνού».

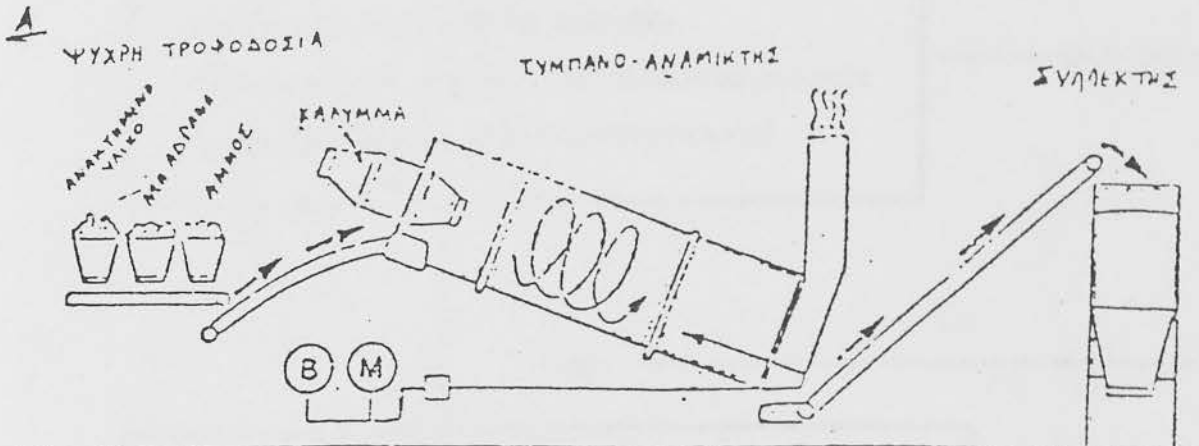
Γενικά ο καλύτερος συμβιβασμός πετυχαίνεται με 50% ανακτημένο υλικό. Η μεγαλύτερη δυσκολία που αντιμετωπίζεται στην παραγωγή θερμών ανακυκλωμένων μιγμάτων είναι η θέρμανση του ανακτημένου υλικού χωρίς την παραγωγή ανεπιθύμητων εκπομπών. Η μέθοδος « μεταφορά

θερμότητας», που χρησιμοποιείται στις εγκαταστάσεις θερμαντήρων-αναμικτήρων, αποφεύγει με επιτυχία αυτό το πρόβλημα, αλλά θα μπορούσε να συνεπάγεται την κατακράτηση του υλικού στο τύμπανο-αναμικτήρα, περισσότερο απ'ότι θα ήταν απαραίτητο μαζί με όλα τα νέα υλικά, με πιθανές απώλειες στην ολική απόδοση. Αφού είναι σπάνιο όμως για μια οποιαδήποτε εγκατάσταση να εργάζεται στην μέγιστη υπολογιζόμενη ικανότητα της αυτό ίσως δεν είναι ένα σοβαρό μειονέκτημα για την μέθοδο. Οι αναμικτήρες τυμπανου πρέπει να τροποποιηθούν για να εξασφαλιστεί ότι το ανακτημένο υλικό δεν υπερθερμαίνεται ώστε να αποφεύγεται ανεπιθύμητη ακτινοβολία. Επίσης φαίνεται πιθανόν ότι ο ρυθμός παραγωγής θα μειώνεται, όσο η ποσότητα του ανακτημένου υλικού στο μίγμα αυξάνει, ειδικά αν η περιεκτικότητα σε υγρασία του υλικού αυτού είναι μεγάλη, γιατί περισσότερος χρόνος θα χρειαστεί για την θέρμανση της μεγαλύτερης τώρα ποσότητας του ανακτημένου υλικού. Γι'αυτό θα χρειαστεί προσοχή στην λειτουργία των εγκαταστάσεων που παράγουν ανακυκλωμένα μίγματα αν πρόκειται να παραχθούν σταθερά αξιόπιστα υλικά.

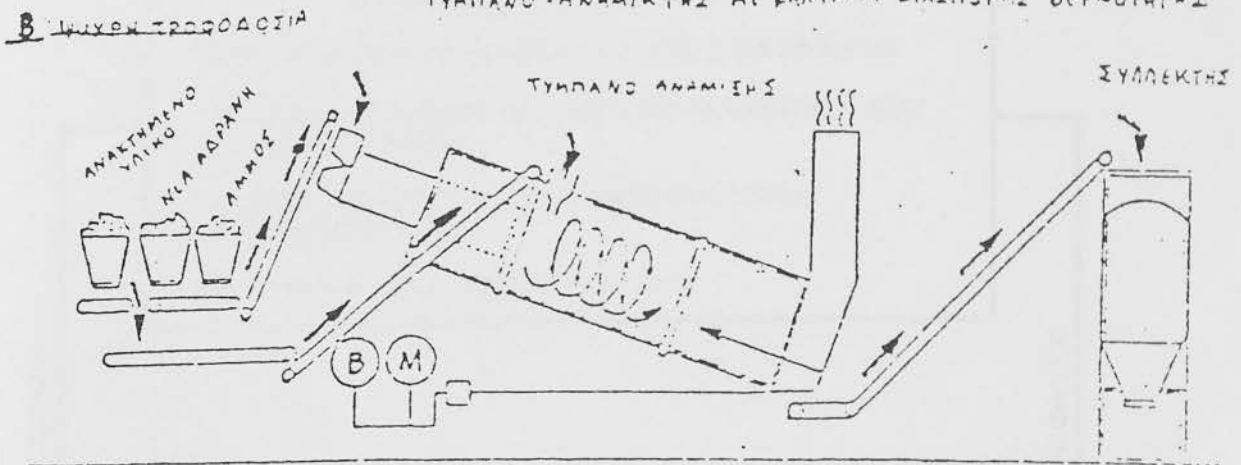
Η βασική διαφορά λοιπόν των εγκαταστάσεων τύπου Τυμπανου με τις συμβατικές, είναι η «συνέχεια» των διαδοχικών βασικών λειτουργιών του συγκροτήματος.

Γενικά, η ανακύκλωση σε κεντρική εγκατάσταση, απαιτεί, οι ιδιότητες των συνιστώντων για το ανακτημένο υλικό να υπολογίζονται πριν από τον συνυπολογισμό του στο μίγμα. Αυτός ο υπολογισμός είναι και η βάση για την απόφαση, ποια νέα υλικά πρέπει να προστεθούν για να καλυφθούν οι απαιτήσεις λειτουργίας. Το σχήμα 3 είναι ένα διάγραμμα ροής που περιγράφει την διαδικασία σχεδιασμού του μίγματος.

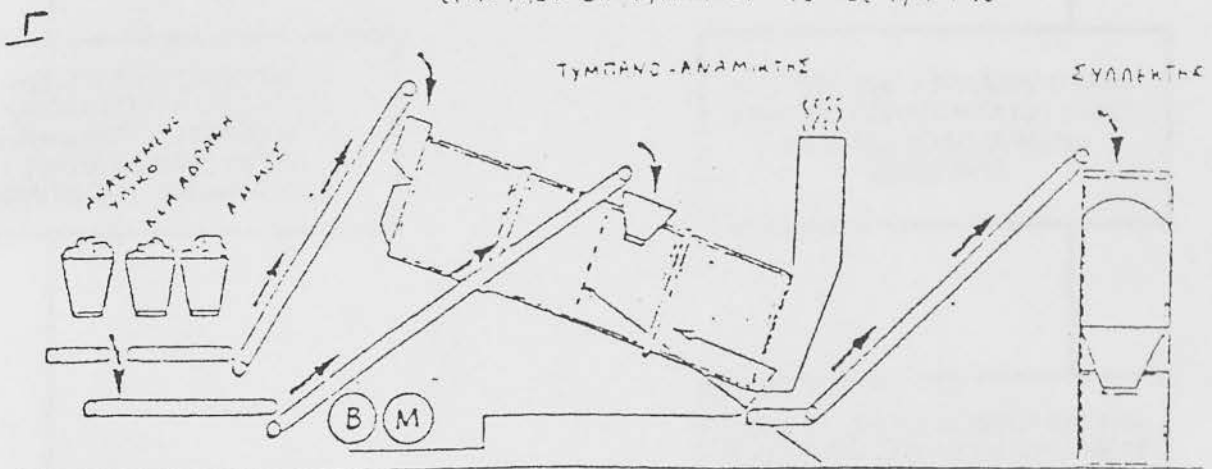
Συνήθως η διαδικασία σχεδιασμού μίγματος ακολουθεί την πρότυπη διαδικασία σχεδιασμού μίγματος που χρησιμοποιείται από την περιοχή που μελετάει την υιοθέτηση μιας ανακύκλωσης. Εφόσον το ανακτημένο υλικό, το νέο υλικό και ο παράγοντας ανανέωσης (μαλάκυνσης), συνδυάζονται για να ικανοποιήσουν την απαιτούμενη προδιαγραφή, τότε όλες οι μηχανικές ιδιότητες του ανακυκλωμένου μίγματος είναι για όλους τους πρακτικούς σκοπούς, ισοδύναμες μ'εκείνες ενός συμβατικού νέου μίγματος.



ΤΥΜΠΑΝΟ-ΑΝΑΜΙΚΤΗΣ ΜΕ ΚΑΛΥΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ



ΕΚΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΥΜΠΑΝΟΥ ΜΕΣΑ ΣΕ ΤΥΜΠΑΝΟ



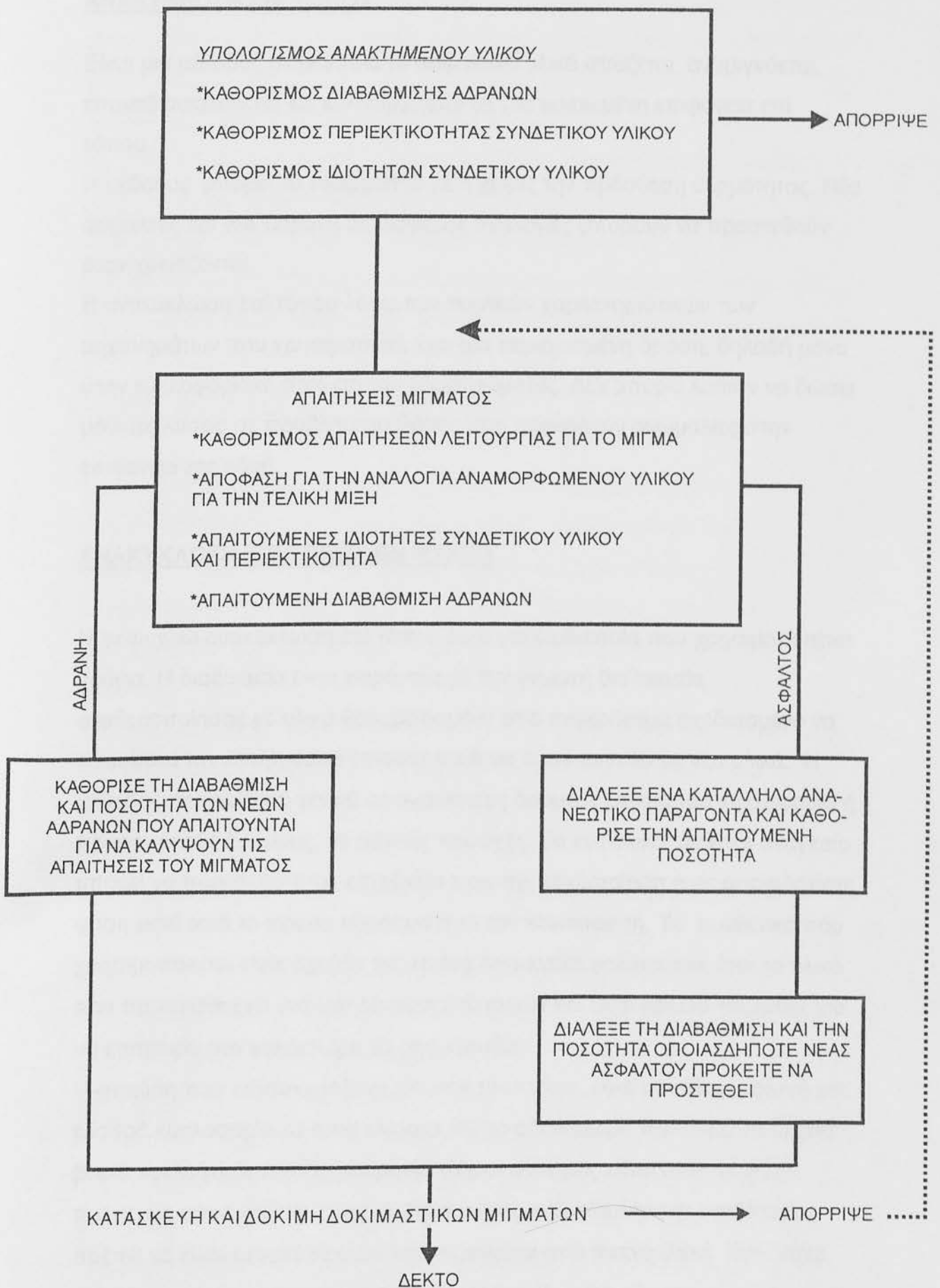
ΤΥΜΠΑΝΟ ΑΝΑΜΙΚΤΗΣ ΜΕ ΧΕΡΙΣΤΗ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ

Β - ΝΕΑ ΑΙΣΘΗΤΟΣ

Μ - ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ-ΑΝΑΚΤΗΣΗ

ΛΕΠΙΔΑ ΘΕΡΜΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ  
(ΜΟΡΦΗ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΑΠΟ  
ΝΕΑ ΑΔΡΑΝΗ).

# ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΑΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ



## ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ

Είναι μια μέθοδος στην οποία το ασφαλτικό υλικό σπάζεται, αναμιγνύεται, επαναδιαστρώνεται και κυλινδρώνεται σε μια τελειωμένη επιφάνεια επί τόπου.

Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί με ή χωρίς την πρόσθεση θερμότητας. Νέα άσφαλτος και νέα αδρανή σε διάφορες αναλογίες μπορούν να προστεθούν όταν χρειάζονται.

Η ανακύκλωση επί τόπου λόγω των τεχνικών χαρακτηριστικών των μηχανημάτων που χρησιμοποιεί, έχει μια περιορισμένη δράση, δηλαδή μόνο στην κυκλοφοριακή στρώση του οδοστρώματος. Δεν μπορεί λοιπόν να δώσει μόνιμες λύσεις σε προβλήματα βάσης που προκαλούν ανωμαλίες στην επιφάνεια της οδού.

## ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΕΝ ΨΥΧΡΩ

Η εν ψυχρώ ανακύκλωση επί τόπου είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιείται χρόνια. Η διαδικασία είναι παρόμοια με την γνωστή διαδικασία σταθεροποίησης με υλικό θρυμματισμένο από συγκρότημα σχεδιασμένο να κονιοποιεί την υπάρχουσα επιφάνεια και να το αναμιγνύει με νέα υλικά. Η μέθοδος περιορίζεται γενικά σε αγροτικούς δρόμους με ελαφρά κυκλοφορία ή προαστιακούς δρόμους, σε αστικές περιοχές. Το νέο υλικό, αν είναι αναγκαίο μπορεί να προστεθεί στην επιφάνεια πριν την κονιοποίηση ή σε οποιαδήποτε φάση μετά από το πρώτο πέρασμα από τον κονιοποιητή. Το συνθετικό που χρησιμοποιείται είναι σχεδόν πάντα ένα ασφαλτικό γαλάκτωμα, έτσι το υλικό που παράγεται έχει ένα υψηλό ποσοστό κενών και είναι αρκετά πορώδες για να επιτρέψει στο γαλάκτωμα να ρηγματωθεί.

Η στρώση που κατασκευάζεται μ' αυτόν τον τρόπο, είναι συνήθως αρκετή για ελαφρά κυκλοφορία σε ήπια κλίματα. Αν το οδόστρωμα πρόκειται να δεχθεί βαριά κυκλοφορία ή η θερμοκρασία πέφτει συνεχώς κάτω από το μηδέν πρέπει να υπολογίζεται το κατάλληλο πάχος που σ' αυτήν την περίπτωση πρέπει να είναι μεγαλύτερο και να αποτελείται από πυκνό υλικό. Στα ζεστά κλίματα το ποσοστό της υγρασίας στο ανακυκλωμένο μίγμα πρέπει να είναι μικρό, πριν το υλικό απλωθεί στην επιφάνεια. Υψηλό ποσοστό υγρασίας

μπορεί να οδηγήσει σε αστοχία η οποία προκαλείται από την δημιουργία εσωτερικής πίεσης που προκαλείται από την εξάτμιση του πλεονάζοντος νερού.

Η ανάπτυξη, στην τεχνολογία των γαλακτωμάτων μπορεί να παίξει καθοριστικό ρόλο στο μέλλον για την επί τόπου εν ψυχρώ ανακύκλωση. Πραγματικά αν σταματήσει η ανάγκη για θέρμανση του οδοστρώματος, το κόστος θα μειωθεί θεαματικά. Επίσης κάθε κατασκευαστής δρόμων με εγκαταστάσεις για παραγωγή σταθεροποιημένων στρώσεων, θα είναι ήδη εξοπλισμένος για να αρχίσει την διαδικασία της ανακύκλωσης.

### **ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΕΝ ΘΕΡΜΩ**

Είναι η μέθοδος που έχει προχωρήσει περισσότερο τεχνικά τον τελευταίο καιρό, γιατί είναι ταχύτατη και δημιουργεί πολύ μικρή κυκλοφοριακή ενόχληση. Η μέθοδος προωθήθηκε περισσότερο από τον άριστο μηχανολογικό εξοπλισμό που υπάρχει αυτήν την στιγμή. Υπάρχουν συγκεκριμένα μηχανήματα που εκτελούν ταυτόχρονα όλες τις απαραίτητες εργασίες.

Η ανακύκλωση επί τόπου εν θερμώ, μπορεί να χωριστεί σε τρεις διαδικασίες που έχουν κοινό παρανομαστή τη χρήση του ίδιου μηχανήματος και την χρησιμοποίηση θερμότητας.

Οι διαδικασίες αυτές είναι :

α) Επαναφορά χωρίς πρόσμιξη (θερμοανάχλευση και επαναδιάστρωση - RESHAPE ).

Η επιφάνεια του οδοστρώματος αφού θερμανθεί με υπέρυθρες ακτίνες σε θερμοκρασία 120-130 βαθμούς Κελσίου, θα επαναφερθεί στην αρχική του κατάσταση χωρίς πρόσμιξη υλικού. Προϋπόθεση γι' αυτό είναι ότι το υπάρχον υλικό είχε εξ αρχής την απαιτούμενη κοκκομετρική διαβάθμιση και την σωστή αναλογία σε άσφαλτο. Η διατομή του οδοστρώματος δεν έχει αλλοιωθεί και τα συστατικά στοιχεία του ασφαλτομίγματος δεν έχουν υποστεί χημικές αλλοιώσεις.

Η στρώση θερμαίνεται με στρωματά υπέρυθρων ακτινών ή με αλλά έμμεσα επενεργούντα θερμαντικά σωμάτια σε όλη την επεξεργαστέα επιφάνεια, ετσι



ώστε να είναι δυνατή η αναμοχλευση της στρώσης με ειδικά εργαλεία ρυθμιζόμενα ως προς το υψος τους. Θραυση των κοκκων και θερμική φθορά πρέπει να αποφευχθούν. Με την βοήθεια κοχλιων ή πτύων διαμοιρασμου, διενεργείται μια εγκάρσια κατανομή του αναμοχλευθέντος υλικού κατά τέτοιο τρόπο, ώστε ο διαστρωτήρας που ακολουθεί, να μπορεί να διαστρώσει το υλικό σύμφωνα με την διατομή και το σταθερό πάχος. Το υλικό που ενδεχόμενα περισσεύει, απομακρύνεται από τα πλάγια.

Η συμπύκνωση του επαναδιαστρωθέντος τάπητα, γίνεται αμέσως με βαρείς στατικούς ή δονητικούς συμπυκνωτές και πρέπει να ολοκληρωθεί πριν να πέσει η θερμοκρασία της επεξεργαζόμενης στρώσης παρά πολύ. Η τελική επεξεργασία του επικαλυπτικού τάπητα μπορεί να γίνει με τους συνήθεις τρόπους.

β) Επαναφορά με προσθήκη υλικού χωρίς ανάμιξη (θερμοανανέωση-REPAVE).

Μετά την θέρμανση και αναμοχλευση του οδοστρώματος σε βάθος 3-4 εκατοστών και την εκ νέου διαμόρφωση του παλιού οδοστρώματος, διαστρώνεται συγχρόνως και μια νέα λεπτή στρώση (λεπτότητας), βάρους 5-45 κιλών, ανά τετραγωνικό μέτρο. Και εδώ, απαιτείται το υπάρχον υλικό να έχει εξαρχής την απαιτούμενη κοκκομετρική διαβάθμιση και την σωστή αναλογία σε άσφαλτο και η διατομή να μην έχει υποστεί εξαιρετικά μεγάλες αλλοιώσεις. Οι ενδεχόμενες αλλοιώσεις του ασφαλτομίγματος, θα αποκατασταθούν με επίστρωση του νέου υλικού. Η ποσότητα και η σύνθεση του νέου υλικού καθορίζονται από τις απαιτήσεις ( π.χ. ενίσχυση του επικαλυπτικού τάπητα), τα γεωμετρικά δεδομένα ( πλευρικός εγκιβωτισμός, διαμόρφωση διατομής στα σημεία επαφής με τις γειτονικές επιφάνειες που δεν έχουν υποστεί επεξεργασία, π.χ. λουρίδα προσπεράσματος ) και από βαθμό φθοράς. Στο ασφαλτοσκυρόδεμα πρέπει για τεχνικούς λόγους, η κατώτατη ποσότητα του πρόσθετου υλικού να μην είναι μικρότερη των 15 κιλών ανά τετραγωνικό μέτρο.

Κατά κανόνα, το υλικό πρέπει να έχει την εξής σύνθεση: αδρανή υλικά από μηδέν έως έντεκα χιλιοστά και άσφαλτο B80 για το ασφαλτοσκυρόδεμα και B45 ( B65 ) για την χυτάσφαλτο. Οι ιδιότητες του αναμοχλευόμενου (παλαιού) υλικού, δεν μεταβάλλονται. Όσον αφορά την διάστρωση, η θερμαντική

ενέργεια που απαιτείται, πρέπει να υπολογιστεί έτσι ώστε, συνυπολογίζοντας και την ταχύτητα διάστρωσης, να επιτευχθεί άριστη σύνδεση και επαρκής συμπύκνωση των δυο στρώσεων. Εφόσον το πρόσθετο υλικό διαστρώνεται με δεύτερο μηχάνημα, δηλαδή με FINISHER, τότε πρέπει η απόσταση του FINISHER από το πρώτο μηχάνημα να είναι όσο το δυνατό μικρότερη.

γ) Επαναφορά με προσθήκη υλικού με ανάμιξη (REMIX). Μ'αυτήν την μέθοδο έχουμε την δυνατότητα να αναμείξουμε το υλικό που έχουμε αναμοχλεύσει με το συμπληρωματικό υλικό πριν από την διάστρωση. Επιπλέον μπορούμε να βελτιώσουμε την σύνθεση του υπάρχοντος υλικού ανάλογα με τις ελλείψεις που παρουσιάζει για την συγκεκριμένη χρήση. Το απαιτούμενο συμπληρωματικό υλικό πρέπει να έχει τέτοια σύνθεση, ώστε το υλικό που προέρχεται από την ανάμιξη του παλιού με το συμπληρωματικό υλικό, να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις αναφορικά με την αντοχή και την ολισθηρότητα.

Για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου, διατίθενται μηχανήματα που είναι εφοδιασμένα με σύστημα υποδοχής του αναμοχλευόμενου (παλιού) υλικού, με σύστημα ζυγίσεως του συμπληρωματικού υλικού και με αναμικτήρα βίαιης ανάμιξης. Η θέρμανση και η αναμόχλευση της υπάρχουσας στρώσης, γίνεται όπως περιγράφεται στη μέθοδο RESHAPE, αλλά εδώ το αναμοχλευόμενο υλικό οδηγείται αμέσως στον αναμικτήρα για ανάμιξη. Μετά την ανάμιξη μεταφέρεται το παραχθέν ασφαλτόμιγμα μπροστά στον διαστρωτήρα που το διαστρώνει κατά τον συνηθη τρόπο.

Για τις δυο τελευταίες μεθόδους REPAVE και REMIX ακολουθεί αναλυτικότερη περιγραφή, και μάλιστα προσαρμοσμένη στα ελληνικά δεδομένα, μια και από το τέλος του 1984 η επί τόπου εν θερμώ ανακύκλωση εφαρμόστηκε και στην Ελλάδα.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ

### ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ

### ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

### ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

#### ΕΠΙ ΤΟΠΥ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ

1. Μικρή κυκλοφοριακή ενόχληση.
2. Τέλεια σύνδεση μεταξύ παλιάς επίστρωσης και ανακυκλωμένου υλικού.
3. Διορθώνει μία ποικιλία ελαττωμάτων της επιφάνειας.
4. Μέθοδος πολλή γρήγορη και εύκολη σε εφαρμογή.

1. Περιορίζεται μόνο στη συντήρηση.
2. Περιορισμένες βελτιώσεις υποδομής
3. Ενδεχόμενα προβλήματα μόλυνσης αέρα από σκόνη και καπνό.
4. Ευαίσθητη στις περιβαλλοντολογικές σπυγές.
5. Δυσκολία στον έλεγχο ποιότητας του τελικού μίγματος.

#### ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΕΝ ΘΕΡΜΩ ΣΕ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

1. Παράγει Μίγματα και για συντήρηση και για νέες κατασκευές.
2. Βελτίωση στηνικανότητα κατασκευής.
3. Βελτιωμένος έλεγχος ποιότητας στην ανακύκλωση.
4. Διορθώνει ελαττώματα σε όλα τα όρια στρώσεων ασφάλτου.
5. Μικρό αρχικό κόστος.

1. Πιο προσεκτικός έλεγχος ποιότητας απ' αυτό που απαιτείται συνήθως.
2. Προβλήματα σχεδιασμού μίγματος.
3. Ενδεχόμενα προβλήματα μόλυνσης του αέρ.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

### ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ

#### ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΦΕΡΟΜΕΝΑ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

Προκειμένου να γίνει συντήρηση ενός οδοστρώματος, ή ανακατασκευή του, με την μέθοδο της ανακύκλωσης των υλικών, χρειάζονται διάφορα στοιχεία σχετικά με την κατάσταση του για να γίνει και η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου ανακατασκευής του.

Τα στοιχεία του οδοστρώματος και το ιστορικό της κατασκευής του, τα παίρνουμε από τα αρχεία των αρμόδιων υπηρεσιών του ΥΠ.Δ.Ε. . Επίσης, γίνεται εκτίμηση της κατάστασης του οδοστρώματος μακροσκοπικά. Με εργαστηριακές εξετάσεις προσδιορίζονται τα χαρακτηριστικά του παλιού ασφαλτομίγματος, που πρόκειται να ανακυκλωθεί.

#### ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ

Ανάλογα με την κατάσταση του παλιού ασφαλτικού οδοστρώματος, αν έχει δηλαδή ροδιές κατά μήκος, ερπυσμό, ανωμαλίες από φρεναρίσματα, καμπυλότητα της διατομής, μεγάλη από τις αλληπάλληλες στρώσεις ασφαλτοταπήτων αυξημένη ολισθηρότητα, πολλά μπαλώματα, πολλούς λάκκους και ρωγμές, θα πρέπει να προγραμματιστούν οι εργασίες, που πρέπει να γίνουν πριν από την ανακύκλωση και να γίνει η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου για την ανακύκλωση των υλικών του.

Αν απαιτείται και ενίσχυση του οδοστρώματος, τότε θα πρέπει να προτιμηθεί η μέθοδος της επανάμιξης ή της ανακυκλώσεως των υλικών σε κεντρική εγκατάσταση.

Αν δεν υπάρχει θέμα ενίσχυσης του οδοστρώματος, αλλά προέχει η αντιμετώπιση της αυξημένης ολισθηρότητας του, τότε μπορεί να εφαρμοστεί η μέθοδος της επανοδοστρωσίας με λεπτοτάπητα αντιολησθηρό, με σκληρά αδρανή υλικά.

Αν έχει ανωμαλίες μικρές και το παλιό οδόστρωμα είναι από καλό και σχετικά ομοιόμορφο ασφαλτόμιγμα, τότε για την αντιμετώπιση και της ολισθηρότητας, μπορεί να εφαρμοστεί και η μέθοδος της επανοδοστρωσίας, αλλά αντί για λεπτοτάπητα να γίνει έμπηξη σκληρών, προεπαλλειμένων ψηφίδων.

Αν το παλιό ασφαλτόμιγμα είναι σχετικά ομοιόμορφο και με καλά χαρακτηριστικά για την αντιμετώπιση των μικροανωμαλιών και κυματισμών είναι δυνατή η εφαρμογή της μεθόδου της αναμόρφωσης, χωρίς προσθήκη υλικού.

Η αναμόρφωση μπορεί να γίνει και ύστερα από σχετικό πλάνισμα εν ψυχρώ, για την ισοπέδωση της επιφάνειας του τάπητα.

Όταν το παλιό ασφαλτόμιγμα έχει μικρή ευστάθεια, κακή διαβάθμιση, μικρό ποσοστό κενών αέρα, πολύ μαλακή ασφαλτο και έχει διαστρωθεί σε αλληπάλληλες στρώσεις -που είναι συνήθεις περιπτώσεις στα οδοστρώματα μας-, τότε στην ανακατασκευή πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη μας ότι πρέπει να βελτιώσουμε και την αντοχή του σκυροδέματος.

Οι μέθοδοι της επιτόπιας ανακύκλωσης με αναμορφωση και επανοδοστρωσία, δεν βελτιώνουν πάρα, πολύ λίγο την αντοχή του οδοστρώματος και κυρίως μ'αυτές τις μεθόδους επιτυγχάνουμε εξάλειψη των ανωμαλιών έστω και προσωρινά. Το καλύτερο αποτέλεσμα και ενίσχυση της αντοχής πετυχαίνουμε με την επιτόπια ανακύκλωση, με την μέθοδο της επανάμιξης.

Όταν το ασφαλτικό οδόστρωμα είναι πολύ παλιό και φθαρμένο και η περιεχόμενη σ'αυτό ασφαλτος έχει γεράσει, (I), πράγμα που διαπιστώνεται από το εργαστήριο, τότε το υλικό του παλιού τάπητα δεν είναι κατάλληλο για ανακύκλωση σε ασφαλτομιγμα και μπορεί να αλεστεί και να διαστρωθεί ως αδρανές υλικό βάσης, πάνω στην οποία μετά από την συμπύκνωση θα διαστρωθεί νέος ασφαλτοτάπητας.

## ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ

Θα κάνουμε μια σύντομη αναφορά στα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται στην επί τόπου εν θερμω ανακύκλωση.

Πολλές φορές το οδόστρωμα πρέπει να λειτριβιθεί, είτε για να δημιουργηθεί χώρος για το νέο υλικό, είτε γιατί η επιφανειακή στρώση είναι εντελώς άχρηστη.

Η περιγραφή αρχίζει λοιπόν με τους λειοτριβιτήρες (φρέζες). Υπάρχουν λειοτριβιτήρες εν ψυχρώ ή εν θερμώ με την ίδια αρχή λειτουργίας. Στην εν θερμω λειοτριβίση τα υλικά συσσωματώνονται μόλις ψυχθούν με αποτέλεσμα να χρειάζονται πρόσθετη επεξεργασία. Επίσης έχουν πολύ ψηλή κατανάλωση ενέργειας με αποτέλεσμα, να χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά ψυχροί λειοτριβιτήρες. Είναι συνήθως μηχανήματα αυτοκινούμενα, με ερπύστριες ή ελαστικούς τροχούς. Το πλαίσιο του μηχανήματος, φέρει στο κάτω μέρος του κοπτικό εργαλείο, τοποθετημένο οριζόντια, σε άξονα κάθετο στην κίνηση του μηχανήματος. Το κοπτικό εργαλείο αποτελείται από ένα τύμπανο που φέρει δόντια. Η μετάδοση κίνησης στο τύμπανο που περιστρέφεται, είναι μηχανική ή υδραυλική. Η ταχύτητα περιστροφής του τυμπάνου μπορεί να ρυθμιστεί στα μηχανήματα μεγάλης ισχύος.

Η φορά περιστροφής της φρεζας μπορεί να γίνει συμφωνα με την κίνηση του μηχανήματος ή αντιστροφα. Ανάλογα με το ύψος του τυμπάνου πάνω στο οποίο είναι προσαρμοσμένα τα κοπτικά εργαλεία, ρυθμίζεται το βάθος κοπής και η επικλίση. Οι εν ψυχρώ λειοτριβιτήρες ψεκάζουν το οδόστρωμα με νερό για να ψύχονται τα δόντια και να μειώνεται η φθορά τους και για να μειώνεται ο καπνός και η σκόνη. Συνήθως οι λειοτριβιτήρες, διαθέτουν μεταφορική ταινία άμεσου φορτώσεως στα φορτηγά. Έτσι είναι ευκίνητοι και καταλαμβάνουν μόνο ένα ρεύμα κυκλοφορίας το οποίο 'καθαρίζεται' άμέσως και παραδίδεται στην κυκλοφορία. Το πλάτος της εργασίας είναι συνήθως 2-3,5 μ. Το βάθος κοπής, κυμαίνεται από 2-6 εκ. .Πολύ σπάνια είναι μεγαλύτερο. Οι ταχύτητες που μπορούν να αναπτύξουν τα μηχανήματα είναι 3-10μ ανά λεπτό. Ουσιαστικά αυτό εξαρτάται από το βάθος σε μικρό βαθμό και περισσότερο από την επιθυμητή κοκκομετρική διαβάθμιση. Μια γρήγορη

κίνηση του λειοτριβητήρα σημαίνει ότι δεν θα βγάξει 'πλάκες' ασφάλτου μεγέθους 70-80mm. Για να έχουμε καλή κοκκομετρική διαβάθμιση, πρέπει ανάλογα με την περίπτωση να ελαττώσουμε την ταχύτητα κίνησης. Όταν θέλουμε φρεζάρισμα σε μεγάλο βάθος, π.χ. 6 εκ. είναι καλύτερο να φρεζαριστεί το οδόστρωμα δυο φορές (3 και 3εκ.). Προσοχή χρειάζεται στην ποσότητα νερού που ρίχνεται για να ψύχονται τα δόντια. Μια περίσσεια νερού μπορεί να καταστρέψει το λειοτριβημένο υλικό. Για την επί τόπου εν θερμώ ανακύκλωση, μια σειρά εργασιών γίνεται με την βοήθεια ενός μόνο ειδικού μηχανήματος. Τα μηχανήματα αυτά (π.χ. WIRIGEN και CUTLER), είναι εξοπλισμένα με όργανα που εξασφαλίζουν τις εξής λειτουργίες:

α) Την θέρμανση του οδοστρώματος. Τα μηχανήματα διαθέτουν σύστημα θέρμανσης του οδοστρώματος με υπέρυθρες ακτίνες. Αυτό αποτελείται από επίπεδα θερμαντικά σώματα που έχουν πλέγματα που ερυθροπυρώνονται με καύση υγρού προπανίου. Τα σώματα αυτά ρυθμίζονται σε ύψος. Το πλάτος θέρμανσης είναι συνήθως μεγαλύτερο από το πλάτος επεξεργασίας του οδοστρώματος. Η κατανάλωση κυμαίνεται σε 0,2-0,4 kg/m. Στις περισσότερες περιπτώσεις απαιτείται προθέρμανση του οδοστρώματος με ειδικό προθερμαντικό μηχάνημα, που φέρει μόνο θερμαντικά σώματα μεγαλύτερης επιφάνειας από εκείνο του κυρίως μηχανήματος.

β) Την αναμόχλευση. Σκληρά κοπτικά εργαλεία είναι τοποθετημένα αστεροειδώς. Τα εργαλεία αυτά είναι μονοκόματα και ρυθμίζονται σε ύψος κατά ομάδες. Πίσω ακριβώς από τα εργαλεία αναμοχλεύσεως βρίσκεται ένας ατέρμονας κοχλίας που είτε συγκεντρώνει το υλικό προς το κέντρο, είτε το απομακρύνει προς τα πλάγια. Πίσω από τον κοχλία, βρίσκεται μια λεπίδα που προωθεί το αναμοχλευόμενο υλικό προς τον αναμικτήρα. Υπάρχει συνήθως σύστημα ψεκασμού ασφάλτου (δοσομετρική τρόμπτα). Η ανάμιξη εξασφαλίζεται με έναν από τους παρακάτω τρόπους:

- Με έναν αναμικτήρα με διπλό οριζόντιο άξονα και πτερύγια που επιτρέπει την είσοδο των παλιών υλικών και του νέου ασφαλτοσκυροδέματος που μεταφέρεται σε μια σκάφη με την βοήθεια μεταφορικής ταινίας. Υπάρχει κάποια δοσομετρική τρόμπτα που επιτρέπει την τροφοδότηση του αναμικτήρα με ανανεωτικό (συνήθως βαριά έλαια).

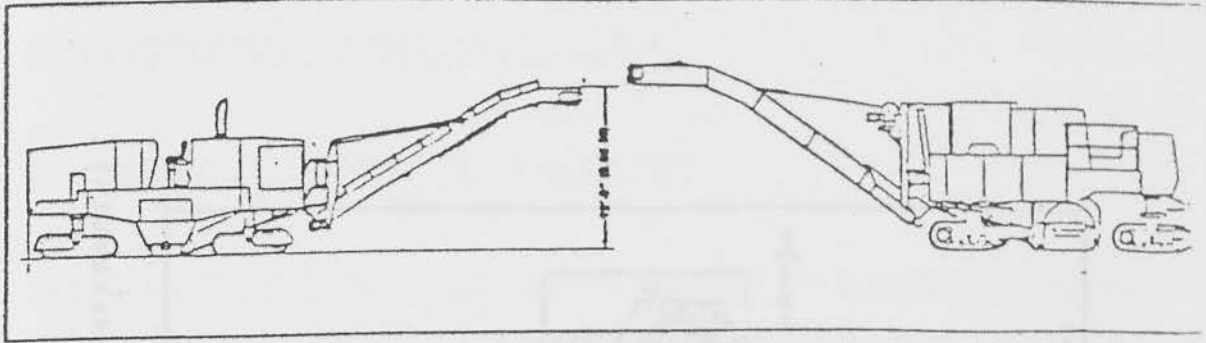
- Με κατακόρυφους αναμικτήρες που κινούνται σε οριζόντιο επίπεδο κάθετο στον άξονα κίνησης του οχήματος και σαρώνουν όλη την επιφάνεια του οδοστρώματος που επεξεργάζονται. Κατά την ανάδευση των υλικών, προστίθεται και το ανανεωτικό πρόσθετο που ψεκάζεται ανάμεσα στους δυο αναμικτήρες.

Τέλος η διάστρωση γίνεται με το ίδιο μηχάνημα, με μια πλάκα που ρυθμίζεται σε πλάτος και διαστρώνει το υλικό και ταυτόχρονα το προσυμπυκνώνει με πολύ καλά αποτελέσματα (πάνω από 92% συμπύκνωση). Είναι δηλαδή ένα FINISHER, προσαρμοσμένο στο μηχάνημα. Η τελική συμπύκνωση βέβαια, γίνεται από οδοστρωτήρες κατάλληλους για το πάχος της στρώσης που επεξεργάζεται.

Έτσι οι κατασκευαστές, παρουσίασαν μηχανήματα που συγκεντρώνουν όλες τις παραπάνω λειτουργίες για να μπορούν να ανταποκρίνονται και στις δύο μεθόδους: θερμοανανέωση και θερμοανακύκλωση. Στα δύο παρακάτω σχήματα δίνονται εικόνες από φρέζες (λειοτριβητήρες) και μηχανήματα για επί τόπου ανακύκλωση.



# ΛΕΙΟΤΡΙΒΗΤΗΡΕΣ

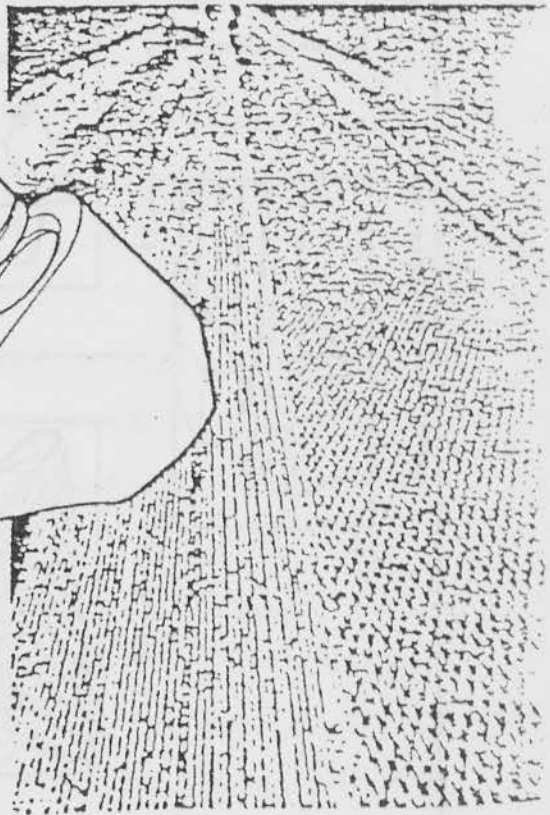
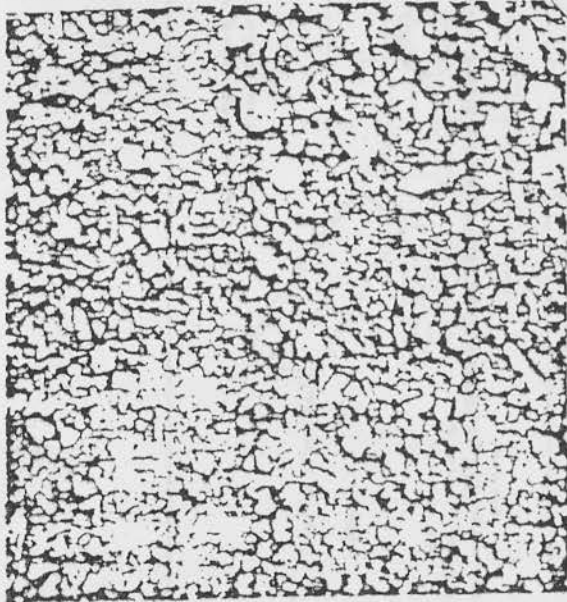


Λειοτριβητήρες που φορτώνουν ματευθείαν το υλικό στα φορτηγά.

Οδόντες κοπής του λειοτριβητήρα και υποδοχή του.

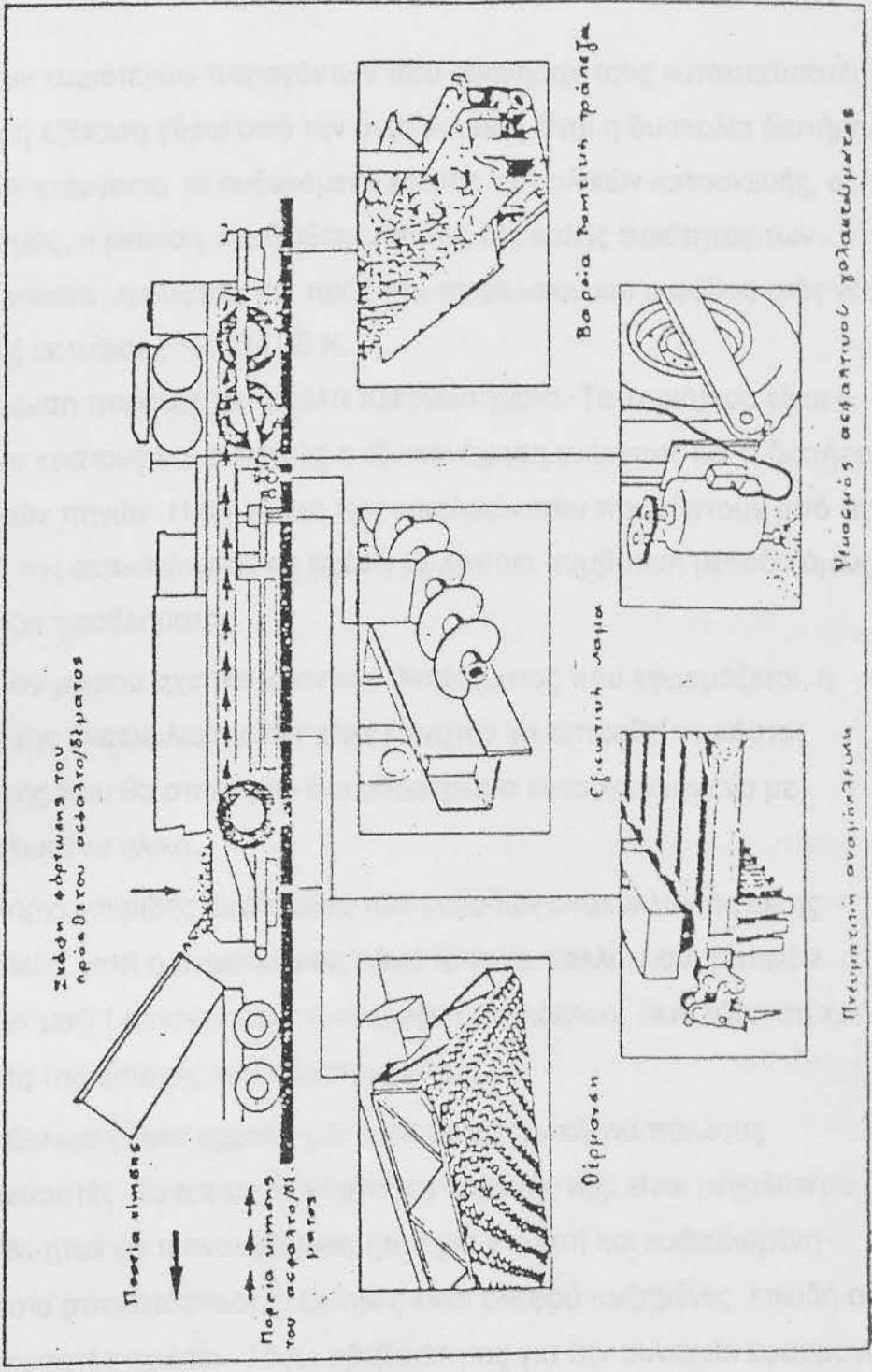
Aspect de surface après finissage

Aspect du travail (granulométrie 0/25)



Λειοτριβημένη επιφάνεια

Μηχάνημα Culler (ΕΝΙ ΤΟΠΟΥ ΕΝ ΘΕΡΜΩ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ)



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

### Η ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΕΝ ΘΕΡΜΩ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ

### ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ

Μεταξύ των κυριότερων παραγόντων που οδήγησαν τους κατασκευαστές σε μία σοβαρή εξέταση γύρω από την ανακύκλωση είναι η δυσκολία διατήρησης των πηγών ενέργειας, το αυξανόμενο κόστος των υλικών κατασκευής, ο πληθωρισμός, η μείωση της διαθεσιμότητας της καλής ποιότητας των αδρανών υλικών, η αύξηση της τιμής του πετρελαίου και ο φόβος ενός νέου μπουϊκοτάζ εκ μέρους του Ο.Π.Ε.Κ.

Η ανακύκλωση παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα. Τα κυριότερα είναι η μείωση του κόστους και συνεπώς η εξοικονόμηση ενέργειας και η διατήρηση των φυσικών πηγών. Η σύγκριση των ωφελειών που προκύπτουν από την εφαρμογή της ανακύκλωσης σε σχέση με κάποια συμβατική μέθοδο όμως, παρουσιάζει προβλήματα:

- 1) Λόγω του μικρού σχετικά χρονικού διαστήματος που εφαρμόζεται, η τεχνική της ανακύκλωσης δεν είναι δυνατόν να εκτιμηθεί το κόστος επισκευής που θα απαιτήσει ένα οδόστρωμα κατασκευασμένο με ανακυκλωμένα υλικά.
- 2) Δεν υπάρχει ακριβής αντιστοιχία των μεθόδων ανακύκλωσης με τις συμβατικές, γιατί η ανακύκλωση κάνει το έργο πολλών συμβατικών μεθόδων μαζί (επισκευή και ταυτόχρονη ανακαίνιση, διαπλάτυνση και ενίσχυση της αντοχής του οδοστρώματος).
- 3) Η ανακύκλωση είναι σχετικά μια καινούρια τεχνική για πολλούς κατασκευαστές. Συνεπώς το κόστος εφαρμογής της, είναι μεγαλύτερο απ'ότι θα ήταν αν η ανακύκλωση ήταν μια γνωστή και καθιερωμένη διαδικασία αποκατάστασης. Οι τιμές είναι ελαφρά αυξημένες, επειδή οι κατασκευαστές πρέπει - λόγω αβεβαιότητας για την συνεχεία εφαρμογής στο μέλλον να αποσβέσουν σύντομα το κόστος των απαραίτητων μετατροπών στις εγκαταστάσεις για την νέα μέθοδο. Παρολ'αυτά, ενδεικτικά αναφέρεται για τις Η.Π.Α. :

- 146000 δολ. εξοικονομήθηκαν σε εργασία ανακύκλωσης 47896 τόνων, δηλαδή 3,05 δολ. ανά τόνο στο WYOMING.
- 59385 δολ. εξοικονομήθηκαν σε μια εργασία ανακύκλωσης 60700 τόνων στο OREGON, δηλαδή 0,98 δολ. ανά τόνο.
- 138418 δολ. κέρδος σε εργασία ανακύκλωσης 42129 τόνων στην IOWA, δηλαδή 3,29 δολ. ανά τόνο.

Γενικά μέχρι τώρα σε περιπτώσεις εφαρμογής της ανακύκλωσης σε κεντρική εγκατάσταση επιτυγχάνεται οικονομία της τάξης του 30%.

Αυτή οφείλεται σε δύο λόγους:

- 1) Στο ότι απαιτούνται μικρότερες ποσότητες υλικών, τόσο αδρανών όσο και ασφάλτου. Η απαιτούμενη ποσότητα ασφάλτου συνήθως είναι μικρή, γύρω στο 5-8% και η οικονομία που επιτυγχάνεται περίπου 2%. Επειδή η τιμή της είναι όμως ψηλή, έχουμε σοβαρή μείωση κόστους.
- 2) Για τα αδρανή έστω και αν δεχτούμε μηδενική αξία, η μείωση του αριθμού των λατομείων, η προστασία δηλαδή των φυσικών πόρων και του περιβάλλοντος είναι αρκετά ισχυρό κίνητρο.

Εκεί όμως που υπάρχει υπολογισμός, είναι στην καταναλισκόμενη ενέργεια.

### ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΙΣΚΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Μέχρι πριν από λίγο, η ενέργεια που καταναλωνόταν σε έργα οδοποιίας, δεν υπολογίζονταν. Με την υπερβολική αύξηση της τιμής του καύσιμου, την μείωση αποθεμάτων πετρελαίου και την διαπίστωση ότι συνήθως η μέθοδος που παρουσιάζει την μικρότερη κατανάλωση ενέργειας, παρουσιάζει και το μικρότερο κόστος, άρχισε να υπολογίζεται σοβαρά. Με την ανακύκλωση των υλικών, επιτυγχάνεται μια οικονομία ενέργειας της τάξης του 25%, σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους. Ακολουθεί μια οικονομική ανάλυση και ένας συγκριτικός υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας για την μέθοδο της επί τόπου εν θερμώ ανακύκλωσης και την εξοικονομήσει υλικών.

## ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Το πρώτο βήμα της οικονομικής ανάλυσης απαιτεί τις παρακάτω πληροφορίες:

- 1) Την τιμή της ασφάλτου που παραδίδεται στο εργοστάσιο.
- 2) Την τιμή των ορυκτών συστατικών.
- 3) Την τιμή του ορυκτού λατομείου που χρησιμοποιείται για επιχειρήσεις.

Τα πρώτα δύο, δείχνουν την σχετική σημασία των κυρίων συστατικών του μίγματος. Γενικά το κόστος της ασφάλτου υπερέχει, π.χ. στη Μ. Βρετανία αντιπροσωπεύει το 80% του κόστους των συστατικών του μίγματος, αλλά σε περιοχές που σπανίζουν τα αδρανή, ίσως υπάρχει κάποια ισορροπία μεταξύ ασφάλτου-αδρανών.

Η τιμή του υλικού επίχωσης, δίνει ένα άνω όριο του 'ευκαιριακού κόστους' του ανακτημένου υλικού. Πρέπει να σημειωθεί ότι το ευκαιριακό κόστος του ανακτημένου υλικού μπορεί να είναι μηδέν ή αρνητικό, αν πετιέται, ή αν είναι απαραίτητο να πληρωθεί ο ιδιοκτήτης ενός κτήματος για το δικαίωμα να το πετάξουμε εκεί. Το σχήμα 1 είναι ένα γράφημα που δείχνει το κόστος της ανακυκλωμένης ασφάλτου σαν συνάρτηση της περιεκτικότητας σε συνδετικό υλικό του ανακυκλωμένου υλικού, υποθέτοντας ένα ευκαιριακό κόστος 2,5 λίρες ανά τόνο (κόστος υλικού επίχωσης) και μηδενική τιμή για τα αδρανή. Μια ερώτηση ιδιαίτερης σημασίας είναι αν οι σημερινές διαδικασίες περιλαμβάνουν την αφαίρεση ασφαλικού υλικού από την υπάρχουσα επίστρωση.

## ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

*Περίπτωση I:* Η συντήρηση περιλαμβάνει αφαίρεση επιφάνειας. Το κόστος μεταφοράς, πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν όταν υπολογίζεται το κόστος της ανακτημένης ασφάλτου που δίνεται στην εγκατάσταση. Οι περισσότερες χώρες που έχουν βιομηχανία επίστρωσης ασφάλτου, έχουν μια οικονομική λειτουργική ακτίνα για τις εγκαταστάσεις τους. Έτσι πρέπει να είναι γνωστή η απόσταση μεταφοράς του ανακτημένου υλικού μέχρι το εργοστάσιο, καθώς και η απόσταση μέχρι την τυχούσα θέση απόρριψης.

*Περίπτωση II:* Η συντήρηση δεν περιλαμβάνει αφαίρεση επιφάνειας. Τότε απαιτείται πρόσθετη επένδυση κεφαλαίου για να καλυφθεί το κόστος εγκατάστασης προμήθειας νέων υλικών.

## ΚΟΣΤΟΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Το άλλο κόστος που πρέπει να υπολογίζεται είναι η επένδυση κεφαλαίου σε τροποποιημένη εγκατάσταση για την ανακύκλωση. Πρέπει να σημειωθεί ότι δεν χρειάζεται σοβαρή επένδυση για νέες εγκαταστάσεις, με σκοπό ανακύκλωση 30% περίπου. Οι παλιές συμβατικές εγκαταστάσεις ανταποκρίνονται μέχρι αυτό το ποσοστό. Οι αναμικτήρες τυμπάνου που αγοράστηκαν τα τελευταία 3-5 χρόνια, είναι πολύ εύκολο να τροποποιηθούν.

## ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Ένα παραπάνω στοιχείο στον υπολογισμό, είναι η μεταβολή στο τρέχον κόστος μιας εγκατάστασης, όταν παράγει ανακυκλωμένα υλικά. Οι πληροφορίες σ' αυτό το σημείο, εμφανίζονται αντιφατικές. Μερικές εγκαταστάσεις ισχυρίζονται αυξημένο κόστος λόγω μειωμένης παραγωγής, άλλες ισχυρίζονται μειωμένο κόστος με βάση το γεγονός ότι το ανακυκλωμένο υλικό, συνήθως έχει μια μικρή περιεκτικότητα σε νερό και έτσι δεν κοστίζει τόσο πολύ η ξήρανση πριν από την μίξη. Γενικά πάντως μέχρι να υπάρξουν εκτενέστερα στοιχεία, το τρέχον κόστος εγκατάστασης πρέπει να θεωρείται το

ίδιο περίπου για μια συμβατική και για την παραγωγή ανακυκλωμένου μίγματος.

Στον υπολογισμό της ανακύκλωσης σε οικονομική βάση υποτέθηκε ότι αυτή είναι οικονομικά δυνατή. Μια τεχνική μελέτη πριν από την επένδυση, δεν απαιτεί μεγάλο κόστος κεφαλαίου και μειώνει το στοιχείο του ρίσκου στην υπόθεση.

### ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η ενέργεια που καταναλίσκεται σε έργα επισκευής ή κατασκευής οδοστρωμάτων, είναι βασικά τεσσάρων μορφών:

- 1) *Ενέργεια ενσωματωμένη στα υλικά.* Είναι η ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή των υλικών και για την κατεργασία τους μέχρι την σημερινή μορφή.
- 2) *Ενέργεια για μεταφορές.* Είναι η ενέργεια που απαιτείται για την μετακίνηση του υλικού από τον τόπο παραγωγής του ή τελικής κατεργασίας του στο έργο ή την εγκατάσταση που θα χρησιμοποιηθεί. Μεταφράζεται σε κατανάλωση καύσιμων των διάφορων μεταφορικών μέσων που χρησιμοποιούνται.
- 3) *Ενέργεια κατασκευής.* Είναι η ενέργεια που απαιτείται για την ολοκλήρωση της χρησιμοποίησης του υλικού.
- 4) *Έμμεση ενέργεια.* Είναι η ενέργεια που καταναλίσκεται υπό την μορφή εργασίας σε όλη την διάρκεια του έργου, η ενέργεια που δαπανήθηκε λόγω κυκλοφοριακών συνθηκών, ενέργεια για συντήρηση του εξοπλισμού.

Ακολουθεί ένα συγκριτικό παράδειγμα ενεργειακής ανάλυσης, μεταξύ συμβατικής μεθόδου και της μεθόδου που μας ενδιαφέρει, δηλαδή της επί τόπου εν θερμώ ανακύκλωσης με προσθήκη υλικών.

<b>ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ 100KG/M</b>	<b>MJ/M</b>
<b>ΑΣΦΛΤ/ΤΟΣ</b>	
Παραγωγή ασφάλτου	3,72
Μεταφορά ασφάλτου	5,96
Παραγωγή αδρανών	6,95
Παραγωγή ασφαλτοσκυροδέματος	25,66
Μεταφορά ασφαλτοσκυροδέματος	11,20
Διάστρωση και Συμπύκνωση	1,75
<i>Συνολικό Ενεργειακό Κόστος</i>	<i>78,64</i>

<b>ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΕΝ</b>	
<b>ΘΕΡΜΩ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ REMIX</b>	<b>MJ/M</b>
Παραγωγή ασφάλτου	1,12
Μεταφορά ασφάλτου	1,79
Παραγωγή αδρανών	2,08
Μεταφορά αδρανών	9,53
Παρασκευή ασφαλτοσκυροδέματος	7,70
Μεταφορά ασφαλτοσκυροδέματος	3,36
Ανάμιξη με το τελικό και συμπύκνωση	51,26
<i>Σύνολο</i>	<i>76,84</i>



Η σύγκριση είναι μεταξύ:

α) Κατασκευή 4 εκ. επικαλυπτικής στρώσης από νέο ασφαλτοσκυρόδεμα.

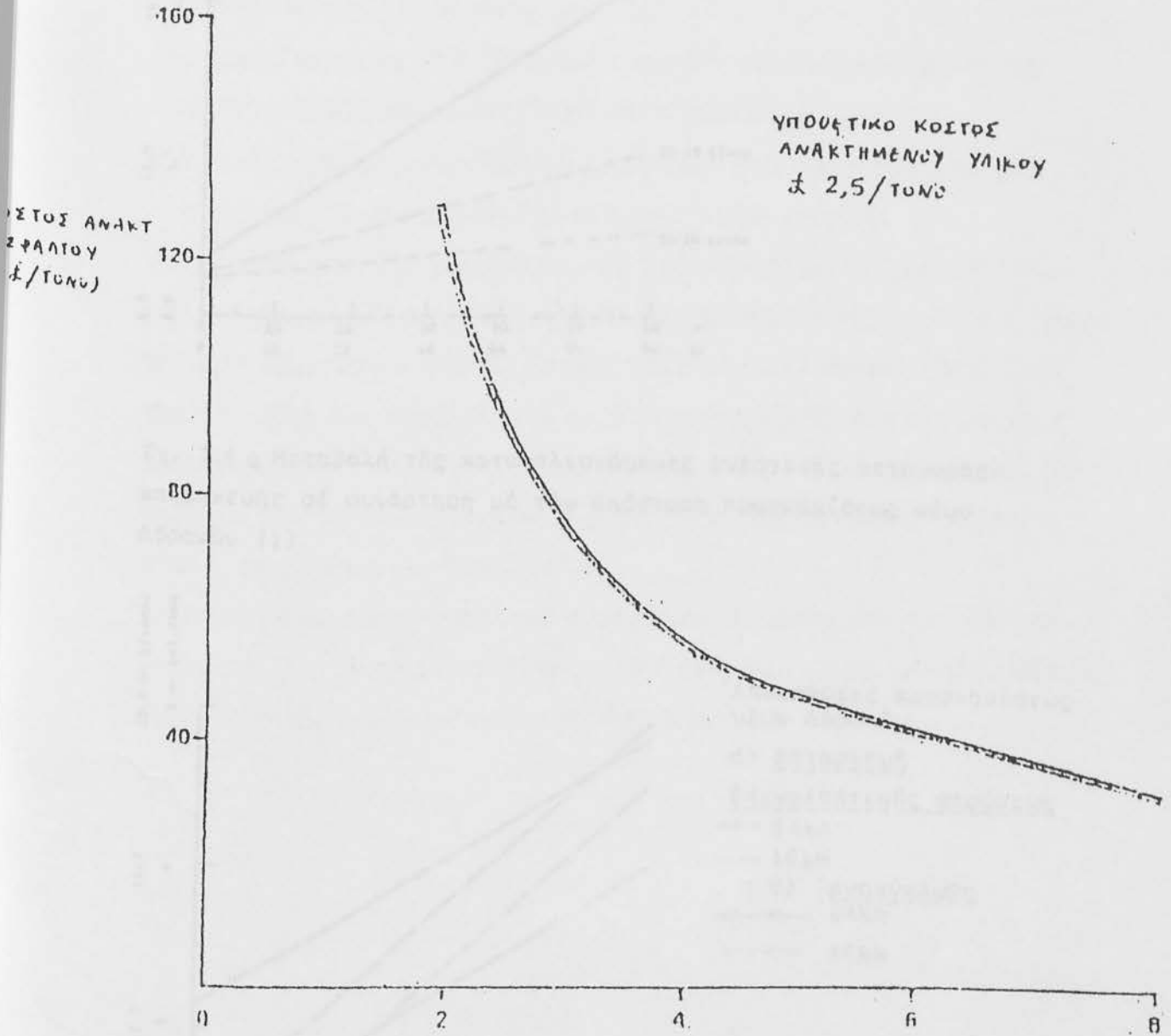
β) Αναμόχλευση σε βάθος 3εκ., προσθήκη 41kg/m νέου

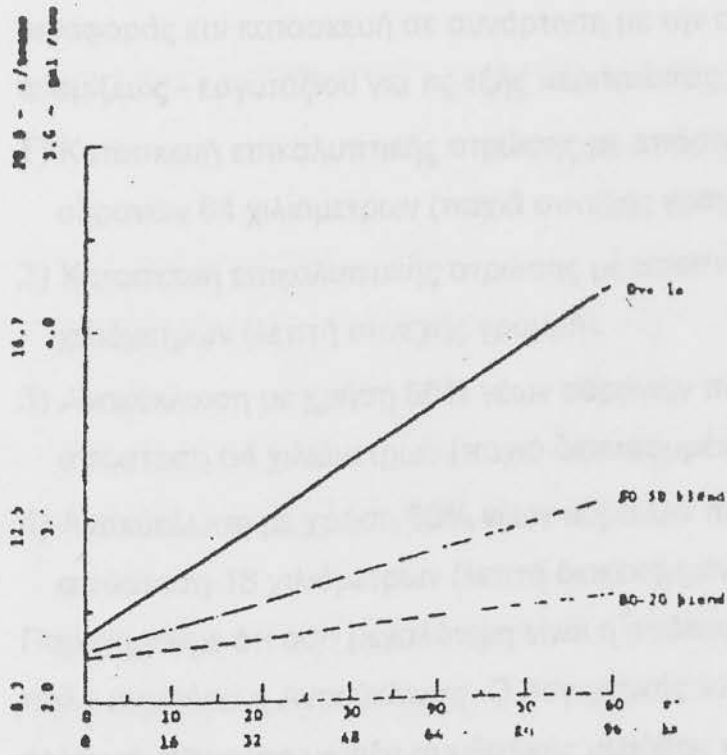
ασφαλτοσκυροδέματος, ανάμιξη με το παλιό οδόστρωμα και συμπίκνωση σε πάχος 4εκ. (REMIK).

Το παρακάτω σχήμα δείχνει την μεταβολή της καταναλισκόμενης ενέργειας μεταφοράς και κατασκευής σε συνάρτηση με την απόσταση μεταφοράς νέων αδρανών στην κεντρική εγκατάσταση για τρεις διαφορετικές μεθόδους επισκευής : α) για κατασκευή επικαλυπτικής στρώσης, β) για ανακύκλωση υλικών με χρήση 50% νέων αδρανών και γ) για ανακύκλωση με χρήση 20% νέων αδρανών.

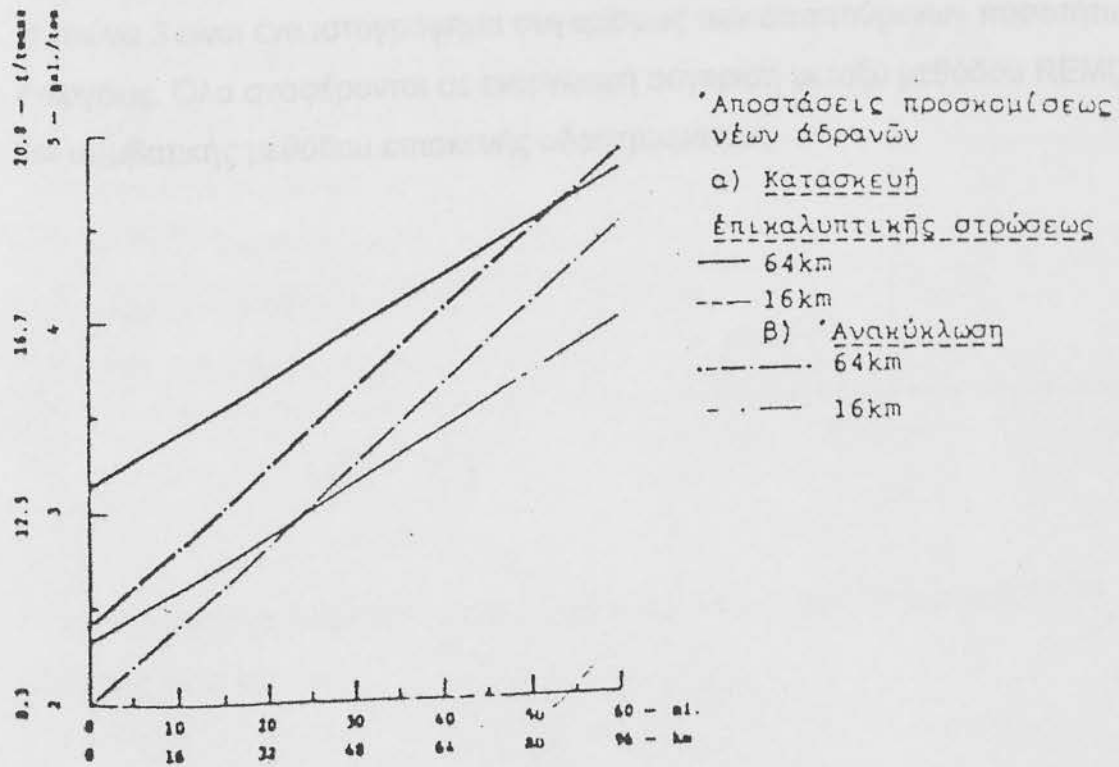


ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΗΣ  
ΑΣΦΑΛΤΟΥ





Εχ. 2.2 α Μεταβολή της καταναλισκόμενης ενέργειας μεταφοράς κατασκευής σε συνάρτηση με την απόσταση προσκομίσεως νέων άδρανων (1)



Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται η μεταβολή της καταναλισκόμενης ενέργειας μεταφοράς και κατασκευή σε συνάρτηση με την απόσταση εγκαταστάσεως αναμίξεως - εργοταξίου για τις εξής περιπτώσεις:

- 1) Κατασκευή επικαλυπτικής στρώσης με απόσταση μεταφοράς νέων αδρανών 64 χιλιομέτρων (παχιά συνεχής γραμμή).
- 2) Κατασκευή επικαλυπτικής στρώσης με απόσταση μεταφοράς 16 χιλιομέτρων (λεπτή συνεχής γραμμή).
- 3) Ανακύκλωση με χρήση 50% νέων αδρανών που προσκομίζονται από απόσταση 64 χιλιομέτρων (παχιά διακεκομμένη γραμμή).
- 4) Ανακύκλωση με χρήση 50% νέων αδρανών που προσκομίζονται από απόσταση 16 χιλιομέτρων (λεπτή διακεκομμένη γραμμή).

Παρατηρούμε ότι όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση μεταφοράς, τόσο πιο πολύ συμφέρει η Ανακύκλωση. Ο συγκριτικός πίνακας που ακολουθεί, δείχνει άλλη μια σύγκριση μεταξύ συμβατικής μεθόδου και μεθόδου REMIX. Στην περίπτωση αυτήν, προβλέπονται και αποστάσεις μεταφοράς υλικών και η μεθοδος REMIX αποδεικνύεται πολύ οικονομικότερη από τη συμβατική. Τα σχήματα που θα ακολουθήσουν δείχνουν παραστατικά το απαιτούμενο κόστος σε ενέργεια των δύο μεθόδων.

Η εικόνα 3 είναι ένα ιστογράφημα συγκρίσεως των απαιτούμενων ποσοτήτων ενέργειας. Όλα αναφέρονται σε ενεργειακή σύγκριση μεταξύ μεθόδου REMIX και συμβατικής μεθόδου επισκευής οδοστρωμάτων.

ΜΕΘΟΔΟΣ	ΚΟΣΤΟΣ	ΜΕΘΟΔΟΣ
ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ	67,50	REMIX
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗΣ		69,52
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ m <sup>2</sup>		

Παρατήρηση: Οι παραπάνω τιμές ισχύουν για ετήσια θερμοκρασία 25 βαθμούς Κελσίου.

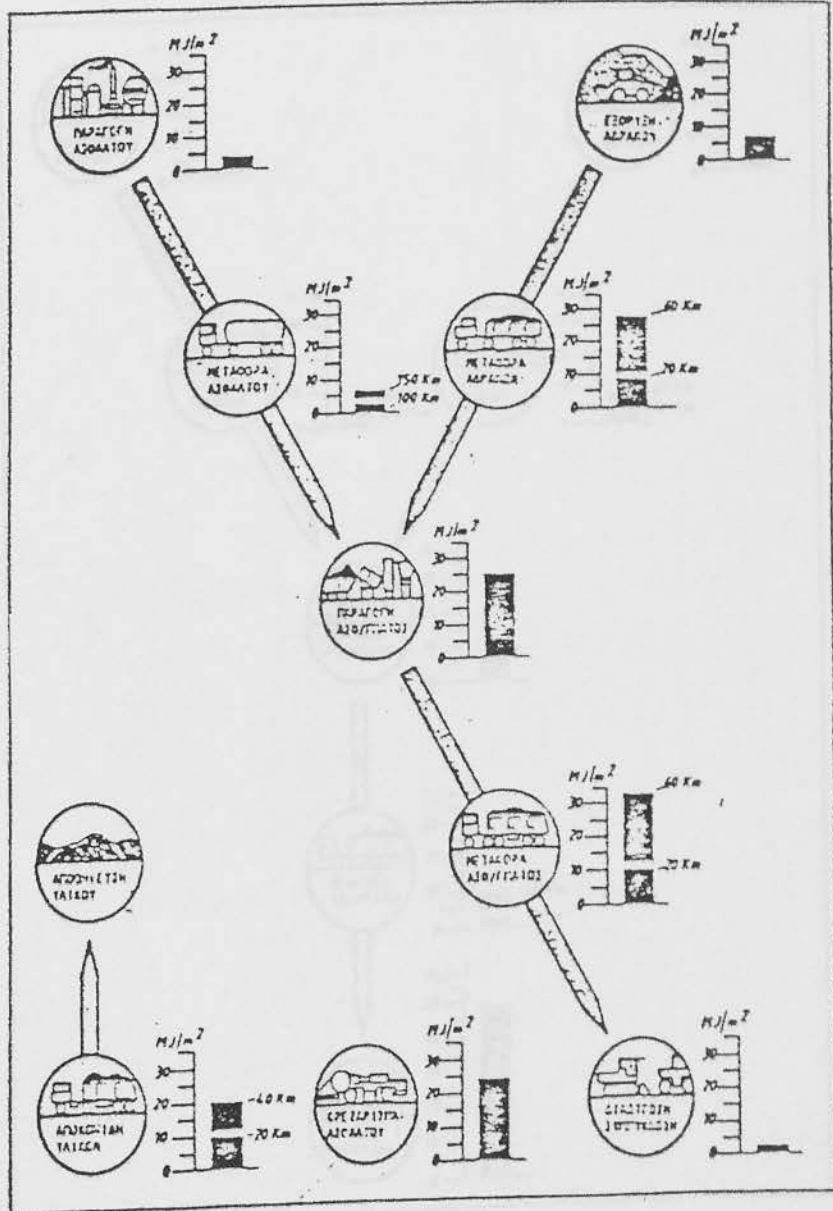
## ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ REMIX

	ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ MJ/M <sup>2</sup>	ΜΕΘΟΔΟΣ REMIX MJ/M <sup>2</sup>
Παραγωγή Ασφάλτου	3,72	1,12
Μεταφορά Ασφάλτου (100km απόσταση)	3,97	1,19
Εξόρυξη Αδρανών	6,95	2,08
Μεταφορά Αδρανών (20km απόσταση)	9,36	2,81
Παραγωγή ασφαλτομίγματος	25,66	7,70
Μεταφορά ασφαλτομίγματος (20km απόσταση)	11,20	3,36
Διάστρωση-Συμπύκνωση	1,75	-
Φρεζάρισμα ασφάλτου	24,93	-
Αποκομιδή Υλικών (20km απόσταση)	9,96	-
Εφαρμογή μεθόδου REMIX +Συμπύκνωση	-	51,26
Εφαρμογή μεθόδου REPAVE+ Συμπύκνωση	-	-
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ANA m <sup>2</sup>	97,50	69,52

*Παρατήρηση:* Οι παραπάνω τιμές ισχύουν για εξωτερική θερμοκρασία 25 βαθμούς Κελσίου.

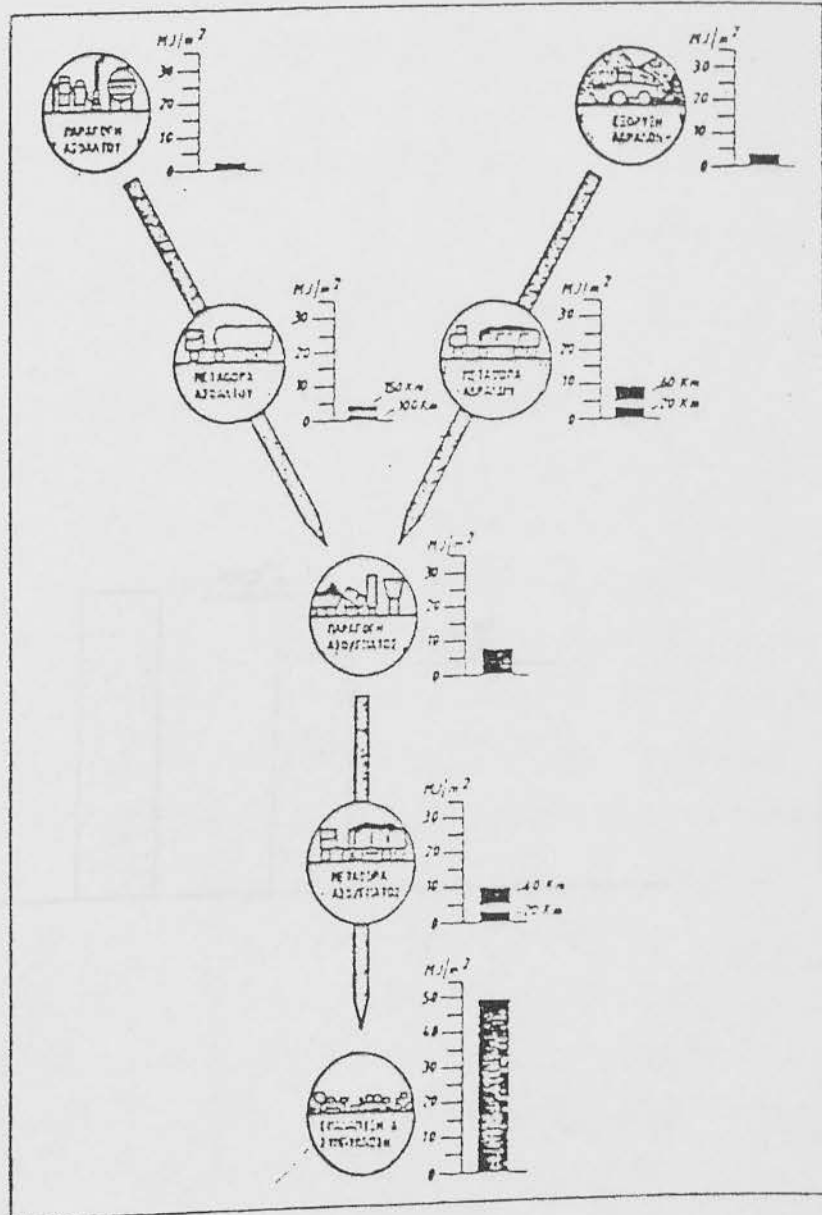
ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ  
ΣΤΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΑΔΙΑ  
ΑΣΦΑΛΤΟΣΤΡΩΣΗΣ

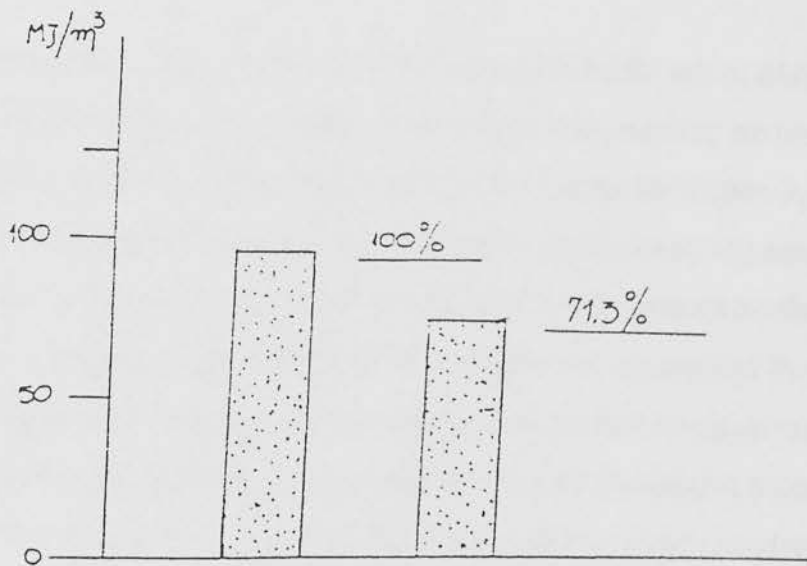
Συμβατική Μέθοδος



ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ  
ΣΤΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΑΔΙΑ  
ΑΣΦΑΛΤΟΣΤΡΩΣΗΣ

Μέθοδος Remix







## ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ - ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ

Όπως αναφέρθηκε και στο πρώτο κεφάλαιο στην επί τόπου εν θερμώ ανακύκλωση, η ανακατασκευή του οδοστρώματος γίνεται επί τόπου.

Διακρίνουμε τρεις επί μέρους μεθόδους :

- α) Επαναφορά χωρίς πρόσμιξη (RESHAPE)
- β) Επαναφορά με προσθήκη υλικού -χωρίς ανάμιξη (θερμοανανέωση - REPAVE)
- γ) Επαναφορά με προσθήκη υλικού -με ανάμιξη (REMIX)

### ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΜΙΞΗ (RESHAPE)

Χρησιμοποιείται το ίδιο μηχάνημα που χρησιμοποιούν και οι άλλες δύο μέθοδοι. Το οδόστρωμα θερμαίνεται με υπέρυθρες ακτίνες σε μια θερμοκρασία περίπου 130 βαθμών Κελσίου. Πρέπει να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του οδοστρώματος από φόβο γηράνσεως της ασφάλτου. Κατόπιν ακολουθεί αναμόχλευση του θερμού υλικού και επαναδιάστρωση του. Για να εφαρμοστεί αυτή η μέθοδος, πρέπει να προηγηθεί δειγματοληψία στον υπό επισκευή τάπητα, η οποία βεβαιώνει ότι δεν υπάρχει πρόβλημα στην κοκκομετρική διαβάθμιση. Επίσης πρέπει να υπάρχει η σωστή αναλογία σε άσφαλτο και να μην έχει αλλοιωθεί η διατομή του οδοστρώματος. Η μέθοδος αυτή λοιπόν διορθώνει μόνο γεωμετρικές ανωμαλίες του οδοστρώματος. Εφόσον λοιπόν δεν υπάρχουν προβλήματα βάσης ή υποβάσης στο δρόμο, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το μηχάνημα ανακύκλωσης για να θεραπεύσουμε ερπυσμούς, αυλάκια, ίχνη από τροχούς φθορές του οδοστρώματος. Τέτοιου είδους προβλήματα μπορούν να δημιουργηθούν σε δρόμους νέους σχετικά με πολύ βαριά κυκλοφορία καθώς επίσης και σε μία μόνο λουρίδα του δρόμου, π.χ. (μόνο την δεξιά λουρίδα). Η μέθοδος αυτή ίσως μπορεί να εφαρμοστεί σαν κάποιο είδος θερμοανακύκλωσης, βελτιώνοντας και τη χημική σύσταση του μίγματος, δηλαδή την άσφαλτο. Πράγματι αντί απλής αναμόχλευσης, θα μπορούσε το αναμοχλευόμενο υλικό να οδηγηθεί στον αναμικτήρα όπου και θα προστεθούν βαρέα έλαια που θα βελτιώσουν την ποιότητα της ασφάλτου.

## ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΥΛΙΚΟΥ ΧΩΡΙΣ ΑΝΑΜΙΞΗ

### (REPAVE)

Με χρήση του μηχανήματος ανακύκλωσης γίνονται συνήθως οι παρακάτω εργασίες. Θέρμανση και αναμόχλευση του οδοστρώματος και απομάκρυνση μιας ποσότητας υλικού, είτε αναμοχλευόμενου, είτε παλιού, από πριν με φρεζάρισμα. Κατόπιν διαστρώνεται ένας νέος λεπτοτάπητας, 2-2,5εκ. Η πρώτη δοκιμή της μεθόδου αυτής έγινε στην Γαλλία το 1976 και αναπτύχθηκε μέχρι το 1979.

Υπάρχουν συγκεκριμένες προϋπόθεσης που πρέπει να ισχύουν για να εφαρμοστεί η μέθοδος με επιτυχία.

Απαιτείται το υπάρχον υλικό να έχει εξαρχής την απαιτούμενη κοκκομετρική διαβάθμιση και την σωστή αναλογία σε άσφαλτο και η διατομή να μην έχει υποστεί εξαιρετικά μεγάλες αλλοιώσεις. Αν θα υπάρχουν τέτοιες αλλοιώσεις, επιφανειακά τουλάχιστον θεραπεύονται με τον νέο ασφαλτοτάπητα που διαστρώνεται. Αν όμως η γήρανση της ασφάλτου έχει προχωρήσει παρά πολύ, δηλαδή έχει διεισδυτικότητα κάτω από 30, γίνεται δύσκολη η αναμόχλευση και είναι αναγκαία η ανανέωση της ασφάλτου είτε επί τόπου, είτε σε κεντρική εγκατάσταση. Τοπικές φθορές στο οδόστρωμα που είναι ενδεικτικές για την μειωμένη αντοχή της υποβάσης, πρέπει να επισκευάζονται πριν αρχίσει η εργασία της ανακύκλωσης.

### ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Αφού αποφασιστεί ότι ο δρόμος μπορεί να επισκευαστεί με ανακύκλωση, πρέπει σ'όλο το υπό επισκευή τμήμα του δρόμου να παρθούν δοκίμια (καρότα). Από τα δοκίμια αυτά προσδιορίζονται:

- 1) Το πάχος των ασφαλτικών στρώσεων που υπάρχουν στο υπό επισκευή οδόστρωμα.
- 2) Η κοκκομετρική διαβάθμιση των υπαρχόντων αδρανών με εκχείλιση και κοκκομέτρηση.
- 3) Η ποιότητα και ο βαθμός γήρανσης της υπάρχουσας ασφάλτου αφού ανακτηθεί η άσφαλτος.

- 4) Μακροσκοπικά εξετάζονται οι γεωμετρικές ατέλειες του δρόμου και κατά πόσον η στάθμη του δρόμου ορίζεται από τα πεζοδρόμια ή όχι.
- 5) Εξετάζεται επίσης αν ο δρόμος έχει κλειστές καμπύλες μικρότερες από 50 μέτρα.

Σε περίπτωση που τα εργαστηριακά αποτελέσματα δεν δείξουν ολική καταστροφή του οδοστρώματος ώστε αυτό να χρειάζεται ανακατασκευή, αποφασίζεται η ανακύκλωση του υπάρχοντος τάπητα. Επίσης:

- 1) Η κοκκομετρική ανάλυση δείχνει ότι το υλικό είναι μέσα στις προδιαγραφές.
- 2) Η άσφαλτος δεν έχει υποστεί γήρανση σε μεγάλο βαθμό.
- 3) Δεν υπάρχουν στον υπό κατασκευή δρόμο καμπύλες μικρότερες από 50 μέτρα.

Επίσης μακροσκοπικά και με μετρήσεις, γίνεται εξέταση της ολισθηρότητας του δρόμου, η οποία αποδεικνύεται πολύ κακή.

Τότε αποφασίζεται η ανακύκλωση του υπάρχοντα ασφαλτοτάπητα με προσθήκη υλικού χωρίς ανάμιξη.

Πρώτο βήμα είναι η απόφαση του αν θα φρεζαριστεί υλικό ή θα απομακρυνθεί ανακυκλωμένο υλικό έτσι ώστε να δημιουργηθεί χώρος για το νέο υλικό που θα διαστρωθεί.

Ακολουθεί ο σχεδιασμός νέου ασφαλτομίγματος για να οριστεί ο τύπος των νέων αδρανών που θα χρησιμοποιηθούν καθώς και η περιεκτικότητα σε άσφαλτο του νέου λεπτοτάπητα. Η ποσότητα και η σύνθεση του υλικού εξαρτώνται επίσης από τις απαιτήσεις π.χ. (ενίσχυση του επικαλυπτικού τάπητα), και άλλα γεωμετρικά δεδομένα (διαμόρφωση διατομής στα σημεία επαφής με τις γειτονικές επιφάνειες που δεν έχουν υποστεί επεξεργασία, π.χ. λουρίδα προσπεράσματος), και από βαθμό φθοράς.

## ΕΡΓΟΤΑΞΙΑΚΟ ΜΕΡΟΣ - ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ

Τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για την επί τόπου εν θερμώ ανακύκλωση έχουν μεγάλο μήκος (14-20 μέτρα), γι' αυτό ο δρόμος πρέπει να έχει ανοιχτές καμπύλες. Αν ο δρόμος έχει λειοτριβηθεί μέχρι το απαιτούμενο για τη διάστρωση του λεπτοτάπητα υλικού βάθος, τότε δεν είναι ανάγκη να απομακρυνθεί ανακυκλωμένο υλικό.

Αλλιώς πρέπει να δημιουργηθεί χώρος (σε αστικές περιοχές), με απομάκρυνση ανακυκλωμένου υλικού, το οποίο συνίσταται να μην υπερβαίνει σε ποσότητα τα 30kg/m. Για να επιτευχθούν μια καλή σύνδεση μεταξύ παλιάς και νέας στρώσης, πρέπει να υπάρχει αρκετή ποσότητα ζεστού και διογκωμένου παλιού ασφαλτοσκυροδέματος στο οδόστρωμα, πάχους τουλάχιστον 3εκ. Το βάθος αναμόχλευσης λοιπόν, πρέπει να είναι τουλάχιστον 3-4εκ. Οι ποσότητες του πρόσθετου νέου υλικού, κυμαίνονται ανάλογα με το έργο, μεταξύ 10kg/m. Στο ασφαλτοσκυρόδεμα όμως πρέπει για τεχνικούς λόγους, η κατώτατη ποσότητα του πρόσθετου υλικού, να μην είναι μικρότερη των 15kg/m. Αν στην περιοχή που πρόκειται να γίνουν οι εργασίες υπάρχει σήμανση πάνω στον ασφαλτοτάπητα αυτή πρέπει να απομακρυνθεί. Αν είναι η σήμανση με χρωστικές ουσίες όπως θερμοπλαστική σήμανση διάρκειας πάχους μέχρι και 15εκ., δεν επιδρά στην ποιότητα της νέας στρώσης που θα δημιουργηθεί και δεν χρειάζεται να απομακρύνεται. Διάφορα μεταλλικά εμπόδια στο οδόστρωμα, όπως καλύμματα φρεάτων, σχάρες απορροής υδάτων, πρέπει να απομακρύνονται γιατί υπάρχει κίνδυνος καταστροφής των σκαπτικών εργαλείων του λειοτριβητήρα. Στο μεταξύ πριν την τοποθέτηση των καλυμμάτων σε οριστικό ύψος, τοποθετούνται χαλύβδινα καλύμματα πάχους 8 χιλιοστών σε αρκετό βάθος. Τα κενά γεμίζονται προσωρινά με ασφαλτόμιγμα, ώστε η κυκλοφορία να συνεχίζεται. Επίσης έτσι αποφεύγονται τυχόν εκρήξεις αέριων στους αγωγούς των λυμάτων, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται. Πρέπει κατόπιν να ελεγχθούν οι κυματισμοί της επιφάνειας, οι οποίοι δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 4χιλ. σε συνεχές μήκος των 4 μέτρων. Η επιφάνεια της στρώσης που προβλέπεται να αναμοχλευτεί, πρέπει να είναι καθαρή.

## ΕΚΤΕΛΕΣΗ

Για την εφαρμογή της μεθόδου συνίσταται θερμός και ξηρός καιρός. Ο πολύ κρύος καιρός, η βροχή, δυσκολεύουν τη σωστή θέρμανση του οδοστρώματος και γι' αυτό η αναμόχλευση γίνεται πολύ δύσκολη. Παρολ' αυτά, οι εργασίες ανακύκλωσης μπορούν να εκτελεστούν και με 8 βαθμούς Κελσίου, εξωτερική θερμοκρασία. Η υπερβολική ταχύτητα του άνεμου όμως, πρέπει να αποφεύγεται ειδάλλως τοποθετούνται στα πλάγια του μηχανήματος, καλύπτρες.

Η κλίση και η επίκληση του οδοστρώματος, μπορούν να φτάνουν τα 8-10%. Για να εξασφαλιστεί επαρκής αναμόχλευση και επομένως μια τέλεια σύνδεση στον αρμό εργασίας, πρέπει να θερμανθεί η υπάρχουσα στρώση τουλάχιστον κατά 10 εκ. πλατύτερα. Για να μην υποστούν βλάβη τα διάφορα σήματα σήμανσης, πρέπει να τηρηθεί κατά τις εργασίες αρκετή απόσταση από αυτά.

Ένα ευαίσθητο σημείο της μεθόδου, είναι η θερμοκρασία επιφάνειας. Η υπερθέρμανση της κυκλοφοριακής στρώσης του παλιού ασφαλτομίγματος, έχει σαν συνέπεια γήρανση του περιεχόμενου συνδετικού. Υπερβολικά ψηλές θερμοκρασίες, αναγνωρίζονται από την μεγάλη εκπομπή καπνού, και πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, από την μηχανική καταστροφή των κόκκων των αδρανών υλικών, τα όρια των θερμαινόμενων επιφανειών.

Η θέρμανση πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε συνυπολογίζοντας και την επιφάνεια των θερμαντήρων και την ταχύτητα εργασίας του μηχανήματος, η θερμοκρασία της στρώσης να είναι στην περίπτωση του ασφαλτοσκυροδέματος πριν από την συμπύκνωση τόσο ψηλή, ώστε να επιτευχθεί ο απαιτούμενος βαθμός συμπύκνωσης (100-110 βαθμοί Κελσίου).

Στην περίπτωση της χυτασφάλτου πρέπει η θερμοκρασία στο σημείο διάστρωσης να είναι τουλάχιστον 190 βαθμοί Κελσίου. Αν η στρώση προς επεξεργασία περιέχει σκληρό συνδετικό υλικό λόγω της μείωσης της ταχύτητας του μηχανήματος κάτω από 1M/MIN, επίσης σε κρύο καιρό και βροχή χρειάζεται και προσθετό θερμαντικό μηχανήμα.

## ΕΛΕΓΧΟΙ

Πρέπει να ελέγχεται συνεχώς η καλή κατάσταση του μηχανήματος, δηλαδή των θερμαντικών σωμάτων, των οδόντων αναμόχλευσης, του τέρμονα κοχλία και της λεπίδας που ακολουθεί. Επίσης κατά την διάρκεια της κατασκευής πρέπει να ελέγχεται η θερμοκρασία διαστρώσεως και ο βαθμός συμπύκνωσης. Τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται σήμερα πετυχαίνουν πολύ υψηλό βαθμό προσυμπύκνωσης(92%). Επίσης με δειγματοληψία πρέπει να ελέγχεται η σύσταση του νέου ασφαλτοσκυροδέματος. Μετά το τέλος της κατασκευής, πρέπει να ελεγχθούν οι κατά πλάτος και κατά μήκος συναρμογές, η αντιολισθηρότητα που επιτεύχθηκε, καθώς και ο βαθμός συμπύκνωσης. Ο βαθμός συμπύκνωσης υπολογίζεται από τα καρότα που λήφθηκαν από την έτοιμη στρώση. Η δειγματοληψία πρέπει να περιλαμβάνει το σύνολο της περιοχής που ανακατασκευάστηκε. Ο βαθμός συμπύκνωσης υπολογίζεται από την σχέση της πυκνότητας του δοκιμίου. Η τελευταία υπολογίζεται από το ασφαλτόμιγμα του καρότου με την μέθοδο MARSHALL. Αν το πάχος της στρώσης είναι μεγαλύτερο από 3,5εκ. τότε το καρότο κόβεται οριζόντια, σε δύο ισόπαχα τμήματα και η πυκνότητα υπολογίζεται ξεχωριστά για το κάθε ένα τμήμα. Από το υλικό των δύο μισών, κατασκευάζονται τα δοκίμια για τον υπολογισμό της σχετικής πυκνότητας. Οι στρώσεις που ανακατασκευάστηκαν, πρέπει να έχουν βαθμό συμπύκνωσης τουλάχιστον 97%.

## ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΥΛΙΚΟΥ ΜΕ ΑΝΑΜΙΞΗ (REMIX)

Είναι η μέθοδος που διορθώνει τα περισσότερα χαρακτηριστικά του δρόμου από τις τρεις μεθόδους. Εμφανίστηκε για πρώτη φορά στην Γαλλία το 1979. Τα μηχανήματα θερμοανακύκλωσης βελτιώνονται συνεχεία σε μια προσπάθεια αύξησης του βάθους επεξεργασίας ώστε να μειωθεί η σπουδαιότητα των διάφορων στη σύνθεση και το πάχος της κυκλοφοριακής στρώσης που συναντώνται στις διαδοχικές διατομές και έχουν σαν αποτέλεσμα, στιγμιαίες αλλαγές των αναλογιών, ανακυκλωμένο υλικό προς προσθετό ασφαλτοσκυρόδεμα. Η μέθοδος έχει όλες τις δυνατότητες των δύο

προηγούμενων και επί πλέον ανανεώνει το ασφαλτικό συνδετικό, αν αυτό έχει υποστεί οξειδωση, και διορθώνει την κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών, τροποποιώντας το παλιό ασφαλτόμιγμα σε όλη του τη μάζα.

## ΤΕΧΝΙΚΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Η μέθοδος υπόκειται στους τεχνικούς περιορισμούς των δύο προηγούμενων μεθόδων. Δηλαδή:

- προϋποθέτει επαρκή αντοχή της βάσης και της υποβάσης
- Η παλιά κυκλοφοριακή στρώση πρέπει να έχει πάχος 1,5-2εκ. μεγαλύτερο από το βάθος της αναμόχλευσης.
- Δεν πρέπει να υπάρχουν μικρές ακτίνες καμπυλών στην οριζοντιογραφία (μικρότερες από 50 μέτρα).
- Πρέπει να υπάρχουν ευνοϊκές μετεωρολογικές συνθήκες.
- Η επιφάνεια της στρώσης που προβλέπεται να ανακυκλωθεί πρέπει να παρουσιάζει ομοιογένεια, στη σύνθεση και σε μεγάλες επιφάνειες. Επίσης η επιφάνεια αυτή πρέπει να είναι καθαρή. Εφόσον κριθεί αναγκαίο πρέπει προηγουμένως ρυπαρά και χαλαρά στοιχεία να απομακρυνθούν. Ίσως να πρέπει να απομακρυνθούν και τα μπαλώματα εκείνα που έγιναν με ασφαλτόμιγμα με μεγάλη περιεκτικότητα.
- Επειδή η μέθοδος έχει δυνατότητα να αυξήσει το πάχος του οδοστρώματος, πρέπει να μελετηθεί αν αυτό επιτρέπεται από τα πλευρικά στοιχεία εγκιβωτισμού (πεζοδρομία- κρασπεδόρειθρα).
- Με βροχή κυρίως όταν είναι τόση ώστε να σχηματίζονται λίμνες νερού στο οδόστρωμα και θερμοκρασίες κάτω από τους 8 βαθμούς Κελσίου, κυρίως σε συνδυασμό με αέρα και υγρασία, είναι πολύ δύσκολη η εφαρμογή της μεθόδου. Επίσης φρεάτια και σχάρες υπόνομων πρέπει να απομακρύνονται. Το μέγιστο βάθος αναμόχλευσης περιορίζεται στα 4,5 εκ.
- Οι θερμοκρασίες μέσα στη μάζα του αναμοχλευόμενου υλικού, καθορίζουν ουσιαστικά το βάθος ενέργειας των εργαλείων του μηχανήματος άρα και τη σχετική αναλογία των διάφορων συστατικών του τελικού ασφαλτοσκυροδέματος. Η προϋπόθεση μιας τέλει ανάμιξης για τη

δημιουργία του τελικού μίγματος απαιτεί θερμοκρασία, όλων των υλικών που μπαίνουν στον αναμικτήρα 120-130 βαθμούς Κελσίου.

### ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Το μηχάνημα περνάει πάνω από την υπό ανακατασκευή στρώση και αναμοχλεύει το υλικό σε ένα ρυθμιζόμενο βάθος με την βοήθεια των 'δοντιών', που είναι προσαρμοσμένα σε έναν άξονα. Το σύστημα ρυθμίζεται σε ύψος. Η στρώση έχει θερμοανθεί. Το όλο σύστημα μοιάζει με δόντια χτένας. Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι σε μη επίπεδες επιφάνειες π.χ. λόγω αυλακώσεων πρέπει να αναμοχλευτούν όλα τα σημεία της διατομής. Σκοπός μας είναι, η στρώση που θα συμπυκνωθεί να έχει το ίδιο πάχος. Στην αναμόχλευση πρέπει να αποφευχθεί να συμπαρασυρθεί το υλικό βαθύτερων στρώσεων που τυχόν παρουσιάζει σημαντικά διαφορετική σύνθεση.

Το αναμοχλευόμενο υλικό συγκεντρώνεται στο κέντρο από έναν ατέρμονα κοχλία και από εκεί με μια ρυθμιζόμενη στο ύψος ανακυκλωσης λάμα οδηγείται σε έναν αναμικτήρα βίαιης ανάμιξης. Εκεί αναμιγνύεται με το προσθετό υλικό στην καθορισμένη αναλογία και κατόπιν διαστρώνεται και προσυμπυκνώνεται από ένα μηχάνημα προσαρμοσμένο στο μηχάνημα ανακύκλωσης. Λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών που υπαγορεύει αυτή η μέθοδος, πρέπει να γίνει σωστή επιλογή των συμπυκνωτών.

### ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Η μελέτη για την εν θερμώ ανακύκλωση επί τόπου με προσθήκη υλικού περιλαμβάνει :

- α) Την μελέτη του παλιού οδοστρώματος.
- β) Την μελέτη σύνθεσης του πρόσθετου ασφαλτοσκυροδέματος. Η διαδικασία θα αναπτυχθεί καταρχάς συνοπτικά, μια και το πειραματικό μέρος και το εργοταξιακό, αναφέρονται πολύ εκτενέστερα στα παρακάτω κεφαλαία, και γιατί αυτή η μέθοδος είναι η πρώτη μέθοδος ανακύκλωσης που εφαρμόστηκε στην χώρα μας. Προηγείται η δειγματοληψία (καρότα), τα οποία μας δείχνουν την υπάρχουσα κατάσταση του παλιού οδοστρώματος. Πρέπει να εξετάσουμε



το πάχος των κυκλοφοριακών ασφαλωμένων στρώσεων και να ερευνηθεί η δυνατότητα της κατασκευής να αντεπεξέλθει στη δοθείσα και μελλοντική κυκλοφορία. Κατόπιν απαιτείται η μακροσκοπική εξέταση των γεωμετρικών ατελειών του δρόμου, και το να αποφασιστεί αν θα φρεζαριστεί ή όχι για κάποια αποκατάσταση της γεωμετρίας της διατομής.

Κατόπιν με εκχύλιση και κοκκομέτρηση, γίνεται ποιοτικός έλεγχος του παλιού ασφαλτοσκυροδέματος. Αν:

- 1) Υπάρχουν εμφανείς γεωμετρικές ανωμαλίες (ερπυσμοί, σαμαράκια, φθορές, αυλάκια, ίχνη τροχών στο οδόστρωμα).
- 2) Ολισθηρότητα του υπάρχοντα τάπητα.
- 3) Κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών στο υπάρχον μίγμα εκτός προδιαγραφών ( συνήθως περίσσεια λεπτόκοκκου υλικού).
- 4) Από ανάκτηση ασφάλτου εμφανίζεται σε μεγάλο βαθμό γήρανση της ασφάλτου.

Τότε αποφασίζεται θερμοαναμόχλευση με προσθήκη υλικού (REMIX). Για να διαπιστωθούν τυχόν ασυνέχειες στη σύνθεση του παλιού ασφαλτοσκυροδέματος, γίνεται πυκνή δειγματοληψία σ'όλο το μήκος και πλάτος του υπό επισκευή δρόμου. Ο μέσος όρος όλων των δοκιμών σε κοκκομετρική διαβάθμιση και ποσοστό περιεχόμενης ασφάλτου αποτελούν οδηγό για την σύνθεση του νέου ασφαλτομίγματος. Έτσι προστίθενται αδρανή εκεί που οι κοκκομετρήσεις δείχνουν έλλειψη (χονδρόκοκοι συνήθως), και νέα άσφαλτος, έτσι ώστε το τελικό μίγμα να ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές και να παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά ενός νέου ασφαλτομίγματος. Το ποσοστό ανακύκλωσης καθορίζεται κάθε φορά από τις τυπικές συνθήκες που συναντώνται στο υπό μελέτη οδόστρωμα. Συνήθως είναι ανακύκλωση υψηλού ποσοστού (πάνω από 40%).

Η υπερβολική γήρανση της επιφανειακής ασφάλτου, απαιτεί ένα φρεζάρισμα της επάνω στρώσης έτσι ώστε να μείνει υλικό που μπορεί να ανακυκλωθεί χωρίς πρόβλημα.

## ΕΡΓΟΤΑΞΙΑΚΟ ΜΕΡΟΣ

Είναι ακριβώς ίδιο μ'αυτό που εφαρμόζεται στις δύο προηγούμενες μεθόδους. Διαφορές υπάρχουν στον προσεκτικό καθαρισμό της επιφάνειας από ρυπαρά και σαθρά κομμάτια, γιατί το επιφανειακό υλικό θα ξαναχρησιμοποιηθεί επί τόπου. Χρησιμοποιείται επίσης πάντα προθερμαντικό μηχάνημα. Η σειρά των μηχανημάτων είναι:

Προηγείται ο θερμαντήρας, ακολουθεί το φορηγό (ανατρεπόμενο που τροφοδοτεί τον κάδο του μηχανήματος-REMIXER- με νέο υλικό, το κύριο μηχάνημα αναμόχλευσης με την δονητική πλάκα προσαρμοσμένη επάνω του και ακολουθούν οι οδοστρωτήρες, συνήθως δύο, ένας μικρός και ένας μεγαλύτερος. Το πλάτος εργασίας υπερβαίνει τα 2,5 μέτρα και φτάνει συνήθως μέχρι τα 4 μέτρα.

Η περιβαλλοντική όχληση από θερμότητα, καπνό, αιθάλη, καυσαέρια, δυσμενείς αντιδράσεις στην δεντροφύτευση και στα γειτονικά κτίρια, δεν είναι στην περίπτωση της ανακύκλωσης μεγαλύτερη από αυτήν που προκύπτει με τις συμβατικές μεθόδους κατασκευής οδοστρωμάτων.

Εξάλλου η διάρκεια της όχλησης περιορίζεται γιατί ο χρόνος επισκευής του οδοστρώματος μειώνεται πολύ.

Επίσης η κυκλοφοριακή ενόχληση είναι ελάχιστη σε σύγκριση με τις συμβατικές μεθόδους. Κάθε φορά αποκλείεται μια λωρίδα πλάτους 3-4 μέτρων και μήκους 300 μέτρων περίπου. Ενώ με τις συμβατικές μεθόδους πολλές φορές υπάρχει ανάγκη αποκλεισμού του δρόμου και κατασκευής παρακαμπτηρίου. Πριν από την παράδοση στην κυκλοφορία πρέπει να προβλεφθεί επαρκής χρόνος ψύξης, που ανάλογα με τον καιρό κείται ανάμεσα σε 2 και 24 ώρες.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, θα μπορούσαμε να καταλήξουμε περιληπτικά, στα εξής, που αφορούν την επαναφορά χωρίς ανάμιξη, με προσθήκη υλικού (REPAVE), και την επαναφορά με προσθήκη υλικού με ανάμιξη (REMIX).

**ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΥΛΙΚΟΥ ΧΩΡΙΣ ΑΝΑΜΙΞΗ  
(REPAVE)**

**ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΕΠΙΣΤΡΩΣΗΣ Κ ΚΑΤΑΛΛΗΛΕΣ ΓΙΑ REPAVE**

**ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ**

- α) Η παραμόρφωση περιορίζεται μόνο στην επιφάνεια.
- β) Το ανακτημένο ασφαλτικό υλικό δεν είναι πολύ μαλακό.
- γ) Πάχος φθειρόμενης στρώσης πάνω από το βασικό ελάχιστο (2,5 εκ.).

**ΡΗΓΜΑΤΩΜΕΝΗ Ή ΞΕΦΤΙΣΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ**

- α) Οι ρωγμές περιορίζονται κυρίως στην φθαρμένη επιφάνεια.
- β) Το ανακτημένο συνθετικό υλικό, δεν είναι σκληρό.
- γ) Πάχος φθειρόμενης στρώσης πάνω από 2,5 εκ.

**ΛΕΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ**

- α) Η διαβάθμιση του αδρανούς και η άσφαλτος μέσα στις προδιαγραφές.
- β) Πάχος φθειρόμενης στρώσης πάνω από το ελάχιστο 2,5 εκ.

## ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ ΥΛΙΚΟΥ ΧΩΡΙΣ ΑΝΑΜΙΞΗ (REPAVE)

### ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΕΠΙΣΤΡΩΣΗΣ Κ, ΚΑΤΑΛΛΗΛΕΣ ΓΙΑ REPAVE

#### ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

- α) Η παραμόρφωση περιορίζεται μόνο στην επιφάνεια.
- β) Το ανακτημένο ασφαλτικό υλικό δεν είναι πολύ μαλακό.
- γ) Πάχος φθειρόμενης στρώσης πάνω από το βασικό ελάχιστο (2,5 εκ.).

#### ΡΗΓΜΑΤΩΜΕΝΗ Ή ΞΕΦΤΙΣΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

- α) Οι ρωγμές περιορίζονται κυρίως στην φθαρμένη επιφάνεια.
- β) Το ανακτημένο συνθετικό υλικό δεν είναι σκληρό.
- γ) Πάχος φθειρόμενης στρώσης, πάνω από 2,5 εκ.

#### ΛΕΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

- α) Η διαβάθμιση του αδρανούς και η ασφαλτος μέσα στις προδιαγραφές.
- β) Πάχος φθειρόμενης στρώσης πάνω από το ελάχιστο 2,5 εκ.

### ΤΑ ΠΡΟΣΙΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ

#### ΔΕΞΙΑΤΕΣ ΙΑΦΟΡΑ ΤΗΝ ΠΕΤΡΕΛΑΪΗ ΑΥΘΑΝΤΟ

Η ασφαλιστική εταιρεία είναι υπεύθυνη για την κάλυψη των ζημιών έως  
σύνταξη ασφαλιστικού αδειών. Λόγω του ότι αυτή είναι διακριτικό υλικό,  
ιδιαιτέρως σημαντικό για την εκτέλεση στις κατασκευές της για ορισμένες  
περιπτώσεις, προκειμένου οι ιδιοκτήτες αυτής που μπορούν να συνταχθούν  
και είναι μεταξύ αυτών οι ιδιοκτήτες ασφάλιστρος και το ασφαλιστήριο.

## ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΥΛΙΚΟΥ ΜΕ ΑΝΑΜΙΞΗ (REMIX)

### ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΣΤΡΩΣΗΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΕΣ ΓΙΑ REMIX

#### ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

- α) Η παραμορφωση προχωράει σε βάθος.
- β) Άσφαλτος και αδρανή εκτός προδιαγραφών και η άσφαλτος οξειδωμένη.
- γ) Πάχος φθειρόμενης στρώσης γύρω στα 4 εκ.

#### ΡΗΓΜΑΤΩΜΕΝΗ Ή ΞΕΦΤΙΣΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

- α) Οι ρωγμές προχωρούν αλλά περιορίζονται κυρίως στην επιφανειακή στρώση.
- β) Άσφαλτος και αδρανή εκτός προδιαγραφών.
- γ) Συνεχόμενες επιφάνειες με ίδια σύσταση.

#### ΛΕΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

- α) Άσφαλτος και αδρανή εκτός προδιαγραφών.
- β) Επαρκές πάχος φθειρόμενης στρώσης.

### ΤΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ

#### ΑΣΦΑΛΤΟΣ (ΑΦΟΡΑ ΤΗΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΚΗ ΑΣΦΑΛΤΟ)

Η άσφαλτος οδοστρωσίας ανήκει στην κατηγορία των ημιστερεών έως στέρεων ασφαλτικών υλικών. Λόγω του ότι αυτή είναι θερμοπλαστικό υλικό, ιδιαίτερη σημασία για την εκτίμηση της καταλληλότητας της για ορισμένους σκοπούς, παρουσιάζουν οι ιδιότητες αυτής που αφορούν την συνεκτικότητα και ιδίως μεταξύ αυτών ο βαθμός εισδύσεως και το σημείο μαλθώσεως.

## ΒΑΘΜΟΣ ΕΙΣΔΥΣΕΩΣ Ή ΕΙΣΔΥΤΙΚΟΤΗΤΟΣ

Ο βαθμός αυτός δηλώνει το βάθος σε χιλιοστά κατά το οποίο, βελόνη πρότυπων διαστάσεων υπό συνολικό φορτίο 100 γρ. εισδύει επί 5 δευτερόλεπτα μέσα σε δοκίμιο ασφάλτου σε θερμοκρασία 25 βαθμών Κελσίου. Εισδυσίς ενός χιλιοστόγραμμου αντιστοιχεί προς 10 βαθμούς. Ο συμβολισμός π.χ. 80/100 (είσδυσις βελόνης 8 ως 10 χιλιοστόγραμμα), δηλώνει τα όρια μεταξύ των οποίων πρέπει να κυμαίνεται ο βαθμός εισδύσεως της ασφάλτου.

## ΣΗΜΕΙΟ ΜΑΛΘΩΣΕΩΣ

Το σημείο μαλθώσεως κατά την μέθοδο του 'δακτυλίου' και σφαίρας είναι η θερμοκρασία υπό την οποία, πρότυπη χαλύβδινη σφαίρα, περνάει από στρώση ασφάλτου, ορισμένων διαστάσεων. Ο βαθμός εισδύσεως και το σημείο μαλθώσεως βρίσκονται σε αλληλεξάρτηση. Όσο μαλακότερη είναι η ασφαλτος, δηλαδή όσο χαμηλότερο είναι το σημείο μαλθώσεως, τόσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός εισδύσεως αυτής. Με συσχέτισμό αυτών των δύο χαρακτηριστικών, παρέχεται μέτρο ευαισθησίας των ασφάλτων στις μεταβολές της θερμοκρασίας, εκφραζόμενο αριθμητικά με τον δείκτη εισδύσεως. Ο δείκτης εισδύσεως για την ασφαλτο είναι αριθμός που δείχνει τις θερμοκρασιακές μεταπτώσεις, και εξάγεται από τον βαθμό εισδύσεως και το σημείο μαλθώσεως αυτής.

- 1) Σε ασφαλτομάκαστα κλάσσης 100 και 150 ασφαλτοειδή σφαιροειδή.
- 2) Σε ασφαλτομάκαστα κλάσσης 200 και 300 ασφαλτοειδή σφαιροειδή.
- 3) Σε ασφαλτομάκαστα κλάσσης 400 και 600 ασφαλτοειδή σφαιροειδή.

## ΤΥΠΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΣΦΑΛΤΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΣΙΑΣ

Τύπος 20/30. Για την κατασκευή χυτής ασφάλτου.

Τύπος 50/60. Για την κατασκευή επιστρώσεων από ασφαλτικό σκυρόδεμα με μικρή αναλογία αδρανούς σκελετού (κόκκων διαστάσεων 2 χιλιοστά).

Τύπος 80/100. Για συγκολλητικές επαλείψεις, απλές και πολλαπλές επιφανειακές επεξεργασίες, εμποτισμούς σκυρωτών, κατασκευή επιστρώσεων από ασφαλτικό σκυρόδεμα και Παρασκευή ασφαλτικών διαλυμάτων επί τόπου.

Επίσης υπάρχουν οι τύποι 120/220 και 220/320. Ο τελευταίος, χρησιμοποιείται και για την παραγωγή ασφαλτικών γαλακτωμάτων.

Τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα στην Ελλάδα, ασφαλτικά υλικά σε έργα οδοποιίας είναι:

- 1) Ασφαλτος οδοστρώσας τύπου 80/100 ή 180/220.
- 2) Ασφαλτικά διαλύματα, που παρασκευάζονται με προσθήκη διαλύτη, πετρέλαιο σε άσφαλο η οποία ρευστοποιείται.
- 3) Ασφαλτικά γαλακτώματα. Αυτά αποτελούνται από αιωρήματα σταγονιδίων ασφάλτου μεγέθους από 3 ως 10 μικρά μέσα σε νερό, που περιέχει και ειδικό παράγοντα γαλακτώσεως (γαλακτοποιητής) και είναι δύο κατηγοριών, όξινα και αλκαλικά.

Η άσφαλος αναμιγμένη με αδρανή, δηλαδή σπασμένα κομμάτια πετρωμάτων σε διάφορα μεγέθη, δημιουργεί τα ασφαλτικά μίγματα. Ανάλογα τώρα με την κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών υλικών και του ποσοστού ασφαλτικού συνδετικού, τα ασφαλτομίγματα διακρίνονται σε τρεις τύπους:

- 1) Σε ασφαλτομίγματα κλειστού τύπου ή ασφαλτικά σκυροδέματα.
- 2) Σε ασφαλτομίγματα ανοιχτής διαβάθμισης ή ασφαλτικά σκυρωτά.
- 3) Σε ασφαλτομίγματα ημίκλειστου τύπου.

## ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ

Ασφαλτικά σκυροδέματα είναι ασφαλτομίγματα των οποίων το συνδετικό υλικό είναι καθαρή άσφαλτος και ο ανόργανος σκελετός αποτελείται από υλικό χονδρόκοκκο, λεπτόκοκκο και παιπάλη υπό μελετημένες αναλογίες. Η αναλογία του μίγματος των αδρανών υλικών είναι τέτοια ώστε τα μεταξύ των μεγαλύτερων κόκκων υφιστάμενα κενά να γεμίζουν προοδευτικά και μέχρι ορισμένης αναλογίας με κόκκους μικρότερους μέχρι αυτών που διέρχονται από το κόσκινο νούμερο 200, (της παιπάλης).

## ΑΔΡΑΝΗ

Όπως είπαμε προηγουμένως, ο σκελετός του ασφαλτικού σκυροδέματος, αποτελείται από μίγμα χονδρόκοκκου υλικού, άμμου και πλήσματος. Το χονδρόκοκκο αδρανές γενικά, ορίζεται το αδρανές υλικό διαστάσεων μεγαλύτερων των 5 χιλ. Πρέπει να είναι καθαρό, ομοιόμορφης ποιότητας, συμπαγές, απαλλαγμένο από σαθρά κομμάτια, ψαμμιτικά κ.λπ. Το χονδρόκοκκο αδρανές, πρέπει να έχει κόκκους κατά το δυνατόν κυβοειδούς μορφής και να παρουσιάζει ικανοποιητική αντοχή σε τριβή και κρούση. Η φθορά κατά την μέθοδο LOS ANGELES (500 στροφές), δεν πρέπει να υπερβαίνει το 40%. Το χονδρόκοκκο υλικό πρέπει να είναι ενός τύπου, με αρκετά ευρέα όρια μέγιστου κόκκου και μέγεθος ελάχιστου κόκκου 5 χιλ., ή δύο τύπων, ψηφίδας διαστάσεων 5-10 χιλ. και χονδρόκοκκου υλικού, κόκκων μεγαλύτερων των 10 χιλ.

## ΑΜΜΟΣ

Χρησιμοποιείται η θραύστη άμμος λατομείου προερχόμενη κατά προτίμηση από πολλαπλή θραύση, ή φυσική άμμος, ή μίγμα αυτών. Πρέπει να αποτελείται γωνιώδεις κόκκους απαλλαγμένους από βώλους αργίλου και φυτικές ουσίες. Η άμμος μπορεί να είναι ενός μόνο κοκκομετρικού τύπου διαστάσεων κόκκου μικρότερου των 5 χιλ., προερχόμενη από πολλαπλή θραύση, ή δύο τύπων, χονδρόκοκκου, διαστάσεων κόκκου 0,5-5 χιλ., ή 0,3-3 χιλ., και λεπτόκοκκου διαστάσεων κόκκου μικρότερου των 0,25 χιλ.



## ΠΛΗΣΜΑ

Το υλικό το διερχόμενο από το κόσκινο νούμερο 200 (0,74 χιλ.), ονομάζεται παιπάλη (φίλερ). Πλήσμα ονομάζεται το λεπτόκοκκο υλικό του οποίου το 65% τουλάχιστον αποτελείται από παιπάλη. Το πλήσμα πρέπει να αποτελείται από τελείως ξηρό αλεύρι προερχόμενο από ασβεστόλιθους ή αλλά κατάλληλα πετρώματα αποκλειόμενης οποιασδήποτε προσμίξεως αργίλου.

## ΕΙΔΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΔΡΑΝΟΥΣ

Ειδική επιφάνεια αδρανούς, ονομάζουμε την επιφάνεια της μονάδας βάρους τούτου. Συνήθως εκφράζεται σε m/kg μίγματος αδρανούς και εξαρτάται από την κοκκομετρική διαβάθμιση αυτού. Αυτή υπολογίζεται με τον εξής τρόπο:

$S =$  όπου,

S: ειδική επιφάνεια

χ: το ποσοστό % χονδρόκοκκου υλικού διαστάσεων μεγαλύτερων των 3/8"

χ: το ποσοστό % χονδρόκοκκου υλικού διαστάσεων μεταξύ των κόσκινων 3/8" και Νο4

λ: το ποσοστό % λεπτόκοκκου υλικού διαστάσεων μεταξύ των κόκκων Νο4 και Νο50

λ: το ποσοστό % λεπτόκοκκου υλικού διαστάσεων μεταξύ των σείστρων Νο50 και Νο200

π: το ποσοστό % της παιπάλης

Η ειδική επιφάνεια αδρανούς χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του απαιτούμενου ποσοστού ασφάλτου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο

### ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΙ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

Στο κεφάλαιο αυτό, αναπτύσσονται οι προδιαγραφές που ισχύουν στην Ελλάδα και ακολουθήθηκαν για το σχεδιασμό του ανακυκλωμένου μίγματος καθώς επίσης και οι εργαστηριακοί έλεγχοι και πειράματα που εκτελούνται με σκοπό, τη σωστή κατασκευή του ασφαλτοσκυροδέματος.

### ΠΡΟΤΥΠΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ Α 265

#### Αντικείμενο

Η προδιαγραφή αυτή περιλαμβάνει τη σύνθεση και την κατασκευή στρώσεων από ασφαλτικό σκυρόδεμα οδών, αεροδρομίων κ.λ.π. Τα αναφερόμενα σ' αυτήν την προδιαγραφή, πρέπει να εφαρμόζονται όταν συντάσσονται μελέτες για τις εν λόγω οδούς.

#### Ορισμοί

Σαν ασφαλιστικό σκυρόδεμα ορίζεται το ομοιογενές μίγμα παρασκευαζόμενο σε μόνιμη εγκατάσταση με ανάμιξη θερμών και ξερών αδρανών χονδρόκοκκων, λεπτόκοκκων και παιπάλης με θέρμη, καθαρή άσφαλτοσαν συνδετικό : Το ασφαλτικό σκυρόδεμα προορίζεται για την κατασκευή στρώσεων κυκλοφορίας, συνδετικών και ισοπεδωτικών.

Στρώση κυκλοφορίας, ονομάζεται η ανώτερη στρώση του οδοστρώματος, η οποία δέχεται την άμεση επίδραση της κυκλοφορίας και παραλαμβάνει τις επαπτομενικές και τις υπόλοιπες αναπτυσσόμενες δυνάμεις, εξασφαλίζοντας ομαλή και άνετη κίνηση των οχημάτων. Το πάχος αυτής, δεν είναι μεγαλύτερο συνήθως από 5 εκ. Αυτή παρουσιάζει μεγάλη ευστάθεια, υδατοστεγανότητα, ανθεκτικότητα στις καιρικές επιδράσεις και δεν έχει ανάγκη προστασίας με σφραγιστικές επαλείψεις.

**Στρώση συνδετική**, ονομάζεται η κάτω της στρώσης κυκλοφορίας, στρώση από ασφαλτικό σκυρόδεμα, η οποία συνδέει την επιφανειακή στρώση μετά της υποκείμενης κατασκευής. Οι απαιτήσεις για την συνδετική στρώση, διαφέρουν εκείνων της στρώσης κυκλοφορίας κυρίως στο ότι η συνδετική στρώση δεν υπόκειται στην φθορά από την κυκλοφορία και γι' αυτό επιτρέπεται η χρησιμοποίηση μαλακότερων αδρανών υλικών και μικρότερου ποσοστού ασφάλτου.

**Στρώση ισοπεδωτική**, είναι η στρώση από ασφαλτικό σκυρόδεμα μεταβλητού πάχους, η οποία χρησιμοποιείται για την εξάλειψη των ανωμαλιών της επιφάνειας οδοστρώματος και την προσαρμογή προς το προγραμματισμένο γεωμετρικό σχήμα. Πάνω σ' αυτήν κατασκευάζεται στη συνέχεια, η επίστρωση από ασφαλτικό σκυρόδεμα. Οι απαιτήσεις για την ισοπεδωτική στρώση, δεν διαφέρουν από εκείνες της συνδετικής.

## **Υλικά κατασκευής**

### **Ασφαλτικό συνδετικό,**

Σαν συνδετική ύλη του ασφαλτικού σκυροδέματος, χρησιμοποιείται αποκλειστικά καθαρή άσφαλτος τύπων 50-60, 60-70, 80-100, 120-150, 180-220, που πληρεί τις απαιτήσεις της Πρότυπης Τεχνικής Προδιαγραφής, " Άσφαλτος οδοστρωσίας".

### **Αδρανή υλικά**

Τα χρησιμοποιούμενα αδρανή υλικά, πρέπει να πληρούν τις κατωτέρω ποιοτικές απαιτήσεις :

Χονδρόκοκκο αδρανές υλικό

Το χονδρόκοκκο αδρανές ( υλικό συγκρατούμενο επί κόσκινου τετραγωνικής οπής πλευράς 2 χιλ. Νο 10 ), πρέπει να συνίσταται από θραυστούς λίθους ή χαλίκια, παραγόμενων κατοπινά πολλαπλής θραύσης και να είναι καθαρό, ομοιόμορφης ποιότητας, συμπαγές, χωρίς αργιλικούς βόλους. Οι κόκκοι

πρέπει να είναι κυβικής μορφής. Η κοκκομετρική διαβάθμιση του χονδρόκοκκου αδρανούς, πρέπει να ανταποκρίνεται στα όρια διαβάθμισης του πίνακα 5.1.

### Λεπτόκοκκο αδρανές υλικό

Το λεπτόκοκκο αδρανές, πρέπει να αποτελείται από φυσική ή θραυστή άμμο ή συνδυασμό αυτών. Οι κόκκοι πρέπει να είναι τραχείας επιφάνειας και γωνιώδεις απαλλαγμένες βόλων αργίλου ή άλλων επιβλαβών ουσιών. Ειδικά για τις στρώσεις κυκλοφορίας δεν θα χρησιμοποιείται ασβεστολιθική άμμος παρά μόνον σε συνδυασμό με ίση ποσότητα μη ασβεστολιθικής άμμου, φυσικής ή θραυστής της οποίας οι κόκκοι θα είναι σκληροί, ανθεκτικοί τραχείας επιφάνειας και γωνιώδεις. Η κοκκομετρική διαβάθμιση του λεπτόκοκκου αδρανούς, πρέπει να ανταποκρίνεται στα αναγραφόμενα όρια του πίνακα 5.2.

### Παιπάλη

Σαν παιπάλη ορίζεται το δια του κόσκινου Νο 200, διερχόμενο υλικό. Η παιπάλη όταν απαιτείται να προστεθεί το ποσοστό της, δεν πρέπει να υπερβαίνει το 3% κατά βάρος του μίγματος αδρανών, πρέπει να αποτελείται από τελείως ξηρό άλευρο προερχόμενο από υγιείς ασβεστόλιθους ή από άλλα κατάλληλα πετρώματα. Τελείως καθαρά, αποκλειόμενης οποιαδήποτε προσμίξεως αργίλου. Η προσθήκη στο αδρανές υλικό άσβεστου ή τσιμέντου σε αναλογία 2-3%, μειούμενη αναλόγως της προβλεπόμενης ποσότητας παιπάλης αυξάνει την ευστάθεια του ασφαλτομίγματος.

Η κοκκομετρική διαβάθμιση της παιπάλης πρέπει να ανταποκρίνεται στα όρια που αναγράφονται στον πίνακα 5.3.

### Μίγμα αδρανών υλικών

Το σύνολο του αδρανούς υλικού του ασφαλτικού σκυροδέματος, συνιστάμενο από χονδρόκοκκο υλικό, λεπτόκοκκο υλικό και παιπάλη, πρέπει να προσκομίζεται στο εργοτάξιο σε δυο τουλάχιστον χωριστά κλάσματα. Επιτρέπεται η χρησιμοποίηση ενιαίου προϊόντος θραυστικού συγκροτήματος, στην περίπτωση ασφαλτικού σκυροδέματος μεγίστης διαστάσεως κόκκου ίσης ή

μικρότερης της 1/2 ίντσας και εφόσον πρόκειται για προϊόν σταθερής κοκκομετρικής διαβάθμισης.

### Σύνθεση ασφαλτικού σκυροδέματος

Θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν οι παρακάτω παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν ευνοϊκά την ευστάθεια του ασφαλτομίγματος, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις βαριάς κυκλοφορίας και μεγάλων ανά τροχών φορτίων.

- Χρησιμοποίηση αδρανούς της μέγιστης δυνατής διαστάσεως κόκκου.
- Χρησιμοποίηση της μέγιστης δυνατής αναλογίας χονδρόκοκκου αδρανούς.
- Αποφυγή χρησιμοποίησης υπέρμετρου ποσοστού ασφαλτικού συνδετικού.
- Έλεγχος του χρησιμοποιούμενου ποσοστού παιπάλης προς αποφυγή αναπτύξεως πλαστικότητας στο ασφαλτόμιγμα.

Στο σχήμα 5.1 παριστάνεται διάγραμμα που δείχνει τα όρια τα οποία προκύπτουν από την πείρα για το ποσοστό παιπάλης, που αφορά ασφαλτικά σκυροδέματα, προοριζόμενα για στρώσεις κυκλοφορίας και συνδετικές ή ισοπεδωτικές στρώσεις.

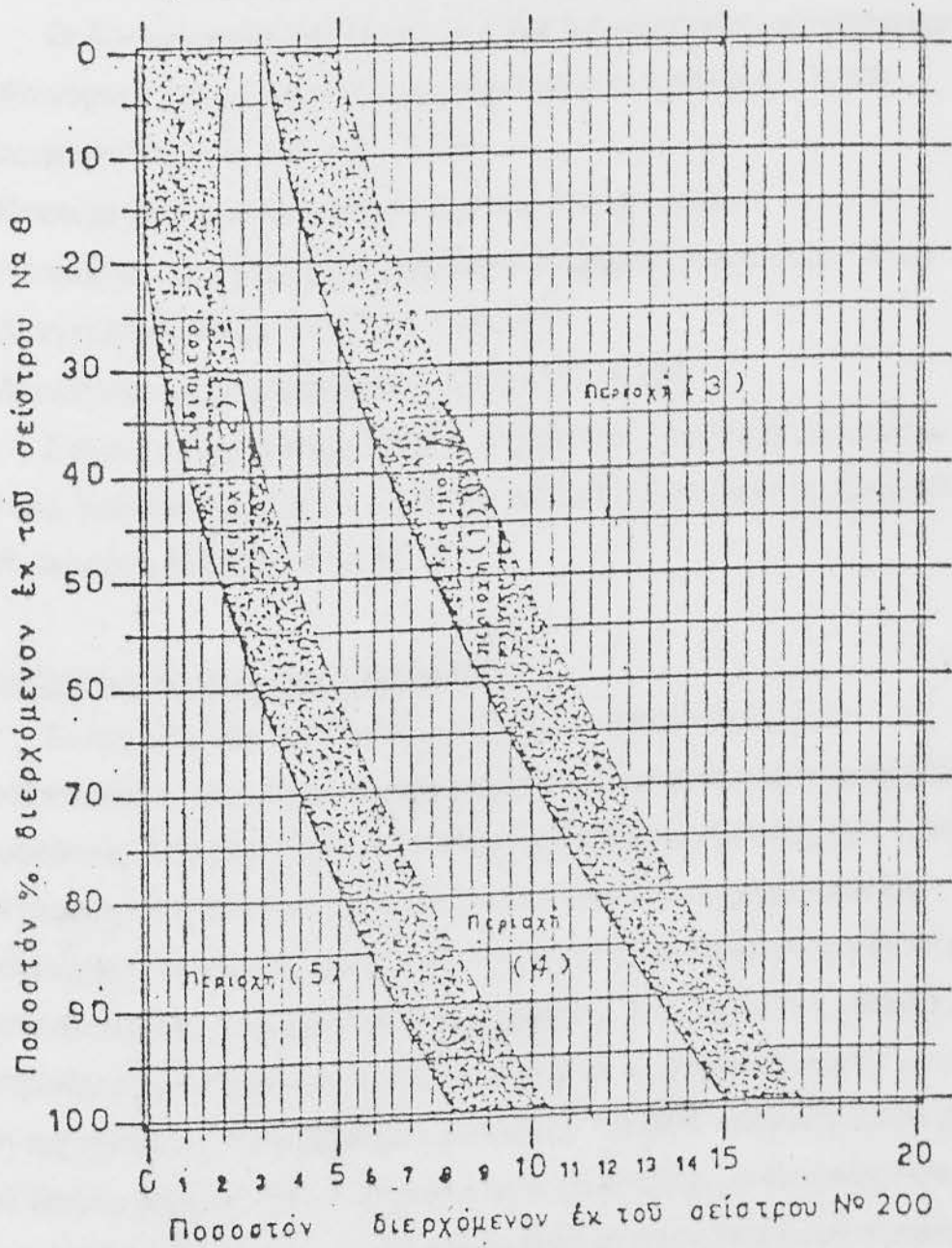
### ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ

Σε συντομία αναφέρονται όλοι οι έλεγχοι που εκτελούνται στο ασφαλτόμιγμα και στον ασφαλτοτάπητα.

#### α) Δοκιμές επί ασφαλτομίγματος

1. Δειγματοληψία.
2. Ποσοστό ασφάλτου.
3. Κοκκομετρική ανάλυση του αδρανούς του ασφαλτομίγματος.
4. Φαινόμενο ειδικό βάρος και κενά ασφαλτομίγματος.
5. Ευστάθεια κατά MARSHALL.
6. Δοκιμασία θλίψεως υδρεμποτισμού.

ΟΡΙΑ ποσοτών κλήματος δι' ασφαλτομίγματα προοριζόμενα  
 δια την κατασκευήν στρώσεων Βάσεως, Ύνδαιτικῶν  
 ἢ Ἰσοπεδωτικῶν καὶ Κυκλοφορίας.



## β) Δοκιμές επί συμπυκνωμένου ασφαλτοτάπητα

1. Δειγματοληψία.
2. Προσδιορισμός ασφάλτου ασφαλτοτάπητα.
3. Κοκκομετρική ανάλυση των αδρανών του ασφαλτοτάπητα.
4. Φαινόμενο ειδικό βάρος και κενά ασφαλτομίγματος.

Οι δοκιμές αυτές γενικά, υπακούουν στις παρακάτω προδιαγραφές.

- Φαινόμενο βάρος και κενά ασφαλτομίγματος. A.A.S.H.O. T-168
- Δειγματοληψία A.A.S.H.O. T-168
- Κοκκομετρική ανάλυση αδρανούς A.A.S.H.O. T-30
- Προσδιορισμός ποσοστού ασφάλτου (εκχείλιση) A.A.S.H.O. T-164
- Δοκιμή MARSHALL A.S.T.M. D-1559
- Δοκιμή υδρεμποτισμού θλίψης A.A.S.H.O. T-165

Επίσης έγινε για πρώτη φορά στην Ελλάδα, ανάκτηση ασφάλτου από διάλυμα, χρησιμοποιώντας την μέθοδο A.B.S.O.N. και κατά τις Αμερικάνικες προδιαγραφές A.S.T.M. D 1856-75.

## Προσδιορισμός ποσοστού ασφάλτου

Το έτοιμο ασφαλτόμιγμα ή το δοκίμιο του συμπυκνωμένου ασφαλτοτάπητα, τοποθετείται στον κλίβανο όπου και θερμαίνεται σε μια θερμοκρασία 110-120 βαθμών Κελσίου. Η ποσότητα κατ' ελάχιστο, πρέπει να είναι περίπου 1 KGR. Το μέγιστο εξαρτάται από την χωρητικότητα της φυγοκεντρικής συσκευής (σβούρας). Το θερμό ασφαλτόμιγμα ζυγίζεται και τοποθετείται μέσα στην φυγοκεντρική συσκευή. Αναμοχλεύεται ελαφρά, ώστε να διαστρωθεί ομοιόμορφα και μετά καλύπτεται με τετραχλωράνθρακα εντελώς. Τα χείλη της σβούρας, καθαρίζονται προσεκτικά. Κατόπιν τοποθετείται το φίλτρο, αφού πρώτα ζυγιστεί και τοποθετείται το καπάκι της φυγοκεντρικής συσκευής που σφίγγεται προσεκτικά. Το ασφαλτόμιγμα με τον τετραχλωράνθρακα, αφήνεται σε ηρεμία για 5-10 λεπτά και μετά η συσκευή τίθεται σε κίνηση. Οι στροφές που φυγοκεντρίζεται το μίγμα είναι 3000 - 4000 το λεπτό. Μετά από λίγο αρχίζει από το σωλήνα που βρίσκεται στο κάτω άκρο της συσκευής να βγαίνει τετραχλωράνθρακας μαζί με την άσφαλτο που παρασύρει.

Η συσκευή δουλεύει μέχρι να σταματήσει να βγαίνει υγρό από τον σωλήνα. Το διάλυμα είτε συλλέγεται σε δοκιμαστικό σωλήνα, είτε πετιέται. Η διάρκεια φυγοκέντρισης είναι κατά μέσο όρο 40 λεπτά. Για να είμαστε βέβαιοι ότι τα αδρανή θα "πλυθούν" καλά, προσθέτουμε για δεύτερη φορά τετραχλωράνθρακα, σε ίση ποσότητα με την αρχική, και φυγοκεντρίζουμε ξανά. Τα καθαρά αδρανή θερμαίνονται για να "στεγνώσουν" από τον τετραχλωράνθρακα και ζυγίζονται μαζί με το φίλτρο. Η διαφορά βάρους ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑ - ΑΔΡΑΝΕΣ, δίνει βάρος αδρανών.

Ακολουθεί η κοκκομέτρηση. Τα αδρανή πλένονται με τη βοήθεια λίγου απορρυπαντικού για να "σπάσει" το φίλλερ (παιπάλη) και κοσκινίζονται από το κόσκινο Νο 200. Κατόπιν ξηραίνονται και διέρχονται από τα κόσκινα της προδιαγραφής που θέλουμε. Το συγκρατούμενο αδρανές σε κάθε κόσκινο ζυγίζεται και ανάλογα με το ολικό βάρος των αδρανών μεταφέρεται σε ποσοστό επί τοις εκατό του αρχικού βάρους.

### Δοκιμή MARSHALL

Χρησιμοποιείται για την μελέτη σύνθεσης ασφαλικών σκυροδεμάτων, προσδιορίζοντας το βέλτιστο ποσοστό ασφάλτου καθώς και για έλεγχο μη συμπτυκνωμένων ασφαλτομιγμάτων όπου προσδιορίζονται τα κενά και το φαινόμενο ειδικό βάρος, η ευστάθεια και η υποχώρηση.

### Πριν αρχίσει η διαδικασία θα πρέπει :

- Τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν να πληρούν τις προδιαγραφές.
- Το μίγμα των αδρανών να έχει κοκκομετρική διαβάθμιση σύμφωνη με τις απαιτήσεις των προδιαγραφών.
- Να είναι γνωστά τα φαινόμενα ειδικά βάρη αδρανών - ασφάλτου.
- Η μέθοδος διερευνά τη σχέση της πυκνότητας του ασφαλτομίγματος ως προς τα κενά αυτού και τη σχέση της ευστάθειας προς την υποχώρηση των συμπτυκνωθέντων δοκιμίων.

Ευστάθεια, ενός δοκιμίου είναι το μέγιστο φορτίο LBS το οποίο μπορεί να φέρει ένα πρότυπο δοκίμιο στους 60 βαθμούς Κελσίου, όταν φορτίζεται ομοιόμορφα με σταθερή ταχύτητα παραμόρφωσης 2 IN/MIN.



**Υποχώρηση** σε 0,01 ίντσες, είναι η διαφορά ( παραμόρφωση ), μεταξύ μηδενικού φορτίου και φορτίου θραύσης.

Για να προσδιορίσουμε το βέλτιστο ποσοστό ασφάλτου για ένα ορισμένο μίγμα αδρανών φτιάχνουμε μια σειρά δοκιμών με διάφορα ποσοστά ασφάλτου αυξανόμενα κατά 0,5% ή 0,25 από το ανώτατο ως το κατώτατο όριο της προδιαγραφής. Φτιάχνουμε δυο τουλάχιστον δοκίμια από κάθε ποσοστό μέχρι που οι καμπύλες ( σχήμα 5.3 ) δείχνουν σαφώς τη βέλτιστη τιμή.

Για την κατασκευή ενός δοκιμίου (σχήμα 5.2), χρησιμοποιούνται αδρανή περίπου 1200γρ. τα οποία γεμίζουν κυλινδρικό καλούπι διαμέτρου 10,16 ΟΜ, με θερμοκρασία 100 - 155 βαθμούς Κελσίου και συμπυκνώνεται με 75 κτύπους από κάθε πλευρά, ώστε να πάρουμε ένα ύψος, διορθώνεται από ειδικό πίνακα. Τα αδρανή πρέπει να βρίσκονται σε θερμοκρασία περίπου 145 βαθμών Κελσίου και η άσφαλτος 120 - 138 βαθμούς Κελσίου.

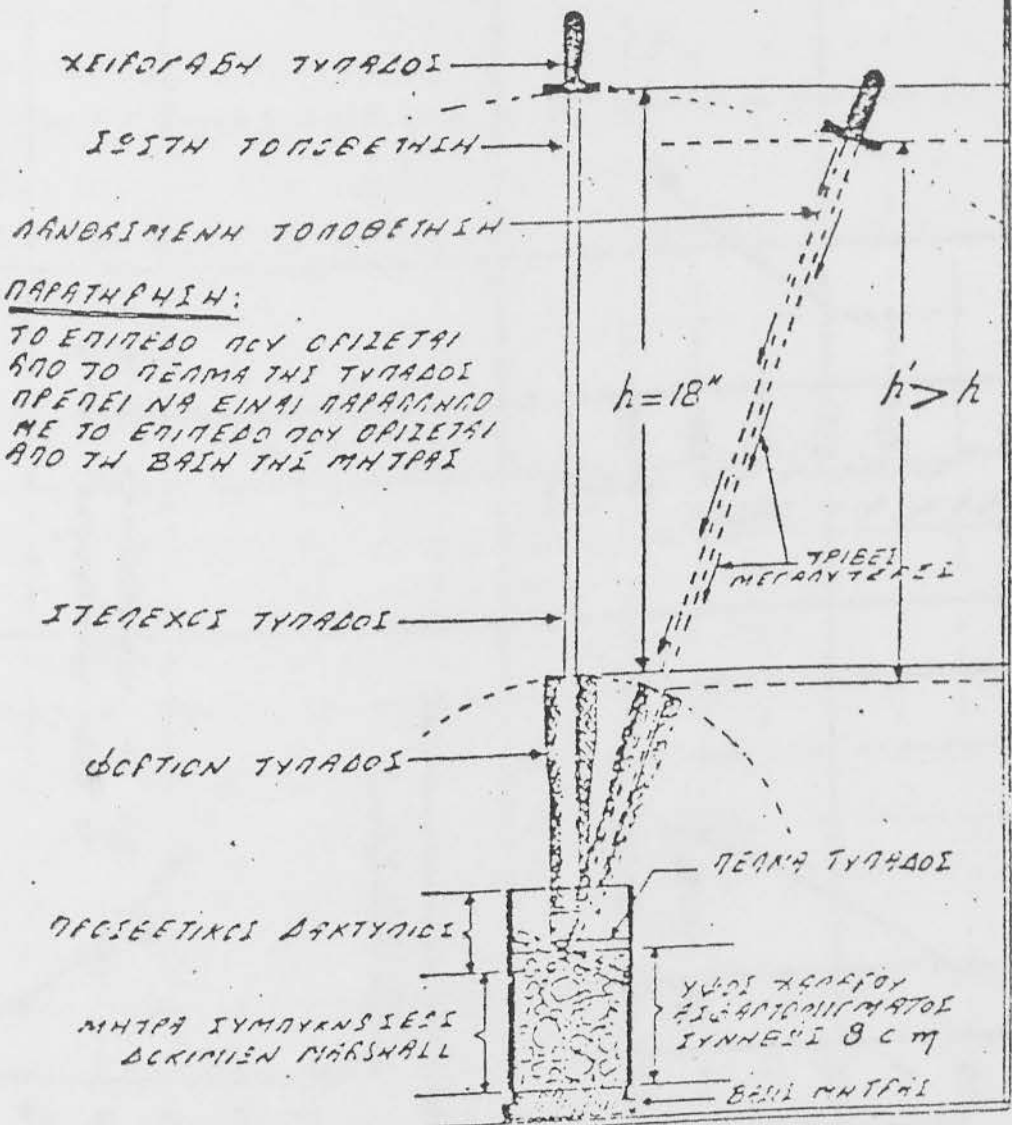
Τα συμπυκνωθέντα δοκίμια αφήνονται στη θερμοκρασία δωματίου για μια νύχτα, αφού βγουν με εσωλκέα από τη μήτρα. Κατόπιν τα δοκίμια βυθίζονται μέσα σε υδρόλουτρο θερμοκρασίας 60 βαθμών Κελσίου, εξάγονται και υποβάλλονται σε θλίψη, φορτιζόμενα ομοιόμορφα με σταθερή ταχύτητα παραμορφώσεως 5,08 ΟΜ (2 ίντσες) ανά λεπτό μέχρι θραύσεως, που ορίζεται από την μέγιστη ένδειξη ενός μηκυσιόμετρου της συσκευής. Η ένδειξη αυτή διορθωμένη με τη βοήθεια του νομογραφήματος του δακτυλίου της συσκευής είναι η ευστάθεια. Με άλλο μηκυσιόμετρο που εφαρμόζεται σε ειδική θέση της συσκευής, υπολογίζεται η υποχώρηση του δοκιμίου.

**Στη συνέχεια χαράζονται οι εξής γραφικές παραστάσεις :**

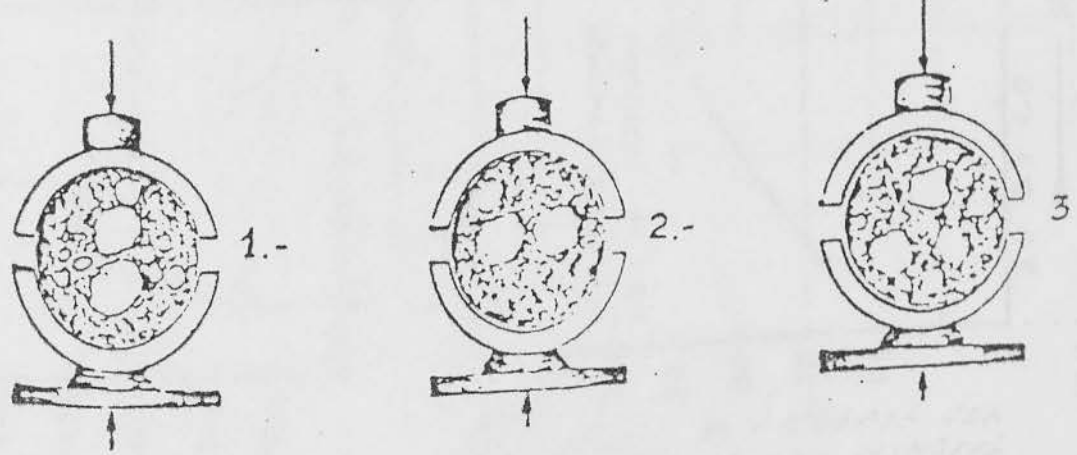
- Ευστάθεια ως προς το ποσοστό ασφάλτου.
- Υποχώρηση ως προς το ποσοστό ασφάλτου.
- Κενά ασφαλτομίγματος ως προς το ποσοστό ασφάλτου.
- Κενά αδρανών πληρωθέντων υπό ασφάλτου ως προς το ποσοστό ασφάλτου.
- Φαινόμενο βάρος ασφαλτομίγματος ως προς το ποσοστό ασφάλτου.

Ο όγκος του δοκιμίου προσδιορίζεται μετά την συμπύκνωση με 4 αντιδιαμετρικές μετρήσεις. Βάσει των διαγραμμάτων το βέλτιστο ποσοστό

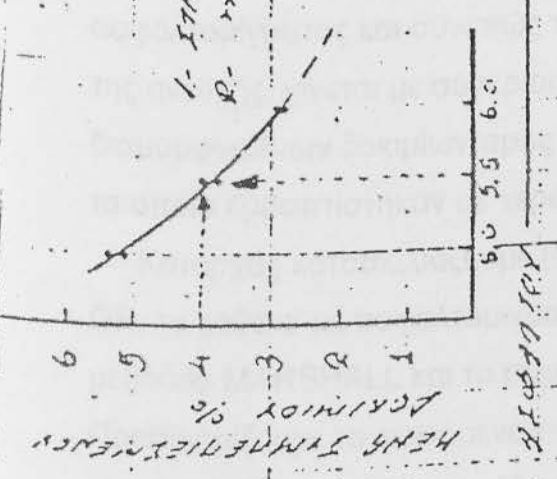
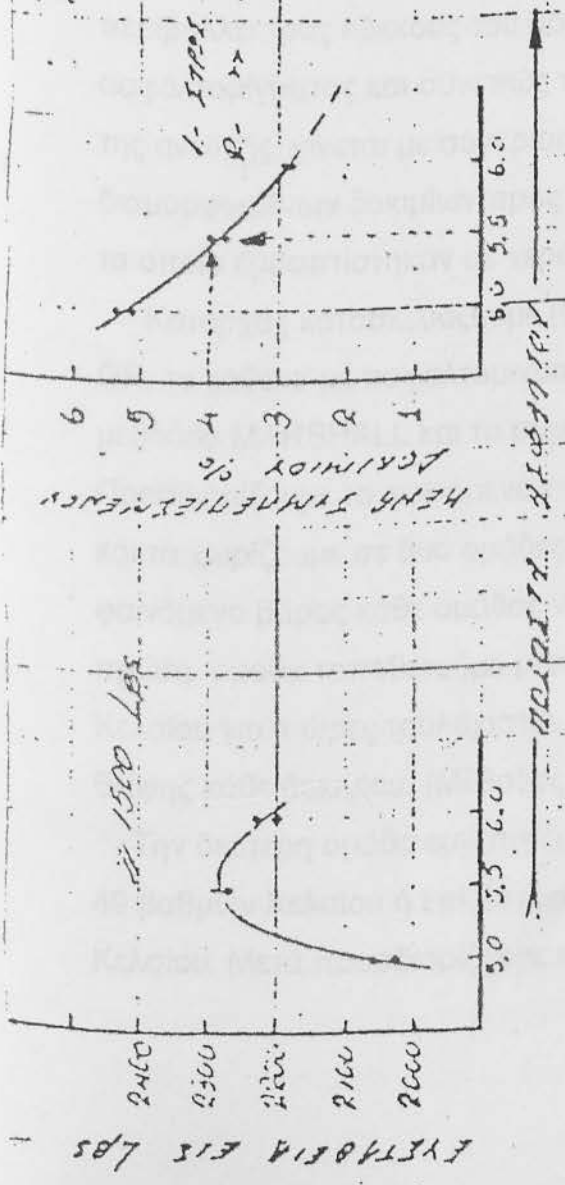
ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑ MARSHALL  
ΣΩΣΤΗ ΤΕΧΝΙΑΝ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΕΩΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ



- 1.- ΚΑΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΟΚΚΩΝ: ΑΠΟΤΕΛΕΙΟΝ ΜΕΓΑΛΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΚΑΙ ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΥΠΟΧΕΡΗΣΗ.-
- 2.- ΚΑΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΟΚΚΩΝ: ΑΠΟΤΕΛΕΙΟΝ ΜΙΚΡΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΚΑΙ ΜΕΓΑΛΗ ΥΠΟΧΕΡΗΣΗ.-
- 3.- ΣΩΣΤΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΟΚΚΩΝ: ΑΠΟΤΕΛΕΙΟΝ ΝΑ ΕΧΟΥΝ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΚΑΙ ΥΠΟΧΕΡΗΣΗ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΕΣ ΤΟΥ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

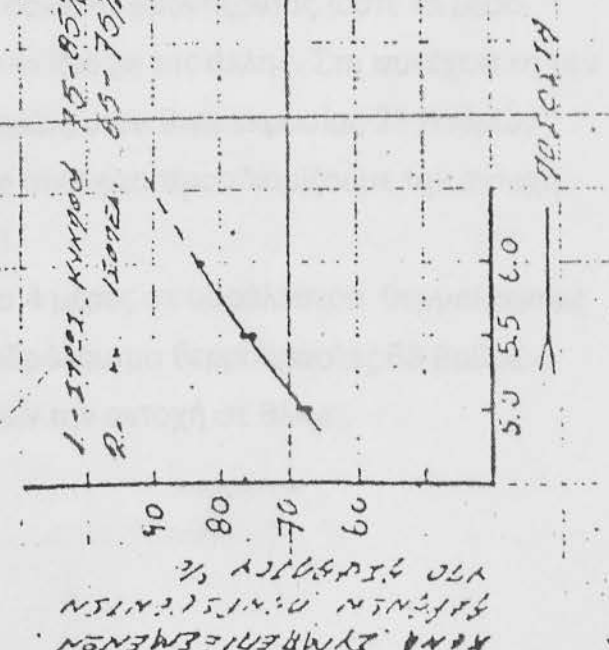
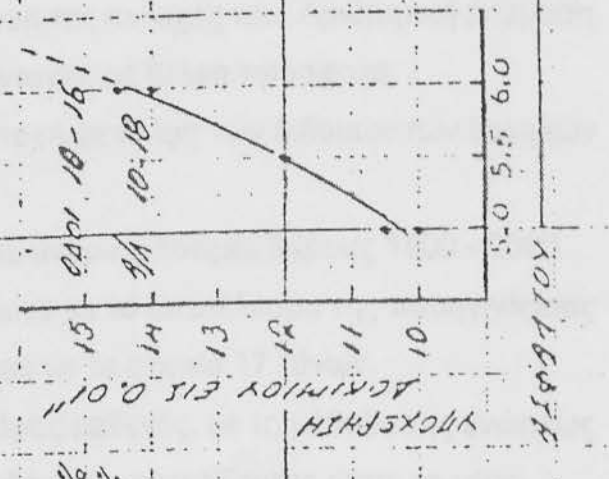
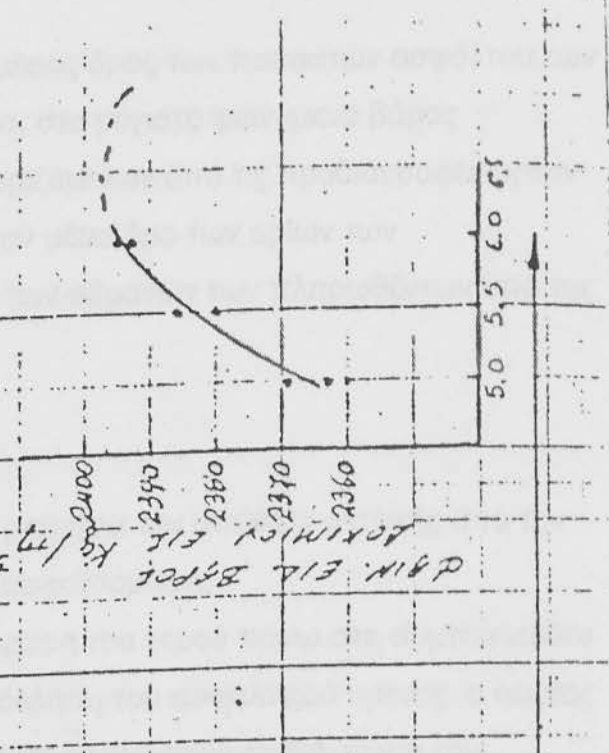


1950-1951  
 1-17000 KVAPOB 75-85%  
 2-11000 KVAPOB 65-75%



1-17000 KVAPOB 75-85%  
 2-11000 KVAPOB 65-75%

1950-1951  
 1-17000 KVAPOB 75-85%  
 2-11000 KVAPOB 65-75%



1-17000 KVAPOB 75-85%  
 2-11000 KVAPOB 65-75%

1950-1951  
 1-17000 KVAPOB 75-85%  
 2-11000 KVAPOB 65-75%

ασφάλτου βγαίνει, σαν ο αριθμητικός μέσος όρος των ποσοστών ασφάλτου των αντιστοιχούντων στη μέγιστη ευστάθεια, στο μέγιστο φαινόμενο βάρος ασφαλτομίγματος, στο μέσο όρο των οριζόμενων από τις προδιαγραφές ορίων για το ποσοστό κενών στο μίγμα, και τον μέσο όρο των ορίων των προδιαγραφών για το ποσοστό κενών των αδρανών των πληρωθέντων υπό της ασφάλτου.

### Δοκιμασία υδρεμποτισμού θλίψης

Η δοκιμασία αυτή γίνεται για να μετρήσει την απώλεια αντοχής από την επίδραση του νερού σε συμπυκνωθέν ασφαλτόμιγμα.

Σε μερικές περιπτώσεις με την επίδραση του νερού πάνω στο συμπυκνωθέν ασφαλτόμιγμα, επέρχεται μερική αποκόλληση του ασφαλικού υμένος, ο οποίος περιβάλλει τους κόκκους του αδρανούς με αποτέλεσμα τη διόγκωση του ασφαλτομίγματος και συνεπώς τη μείωση της αντοχής του. Αριθμητική έκφραση της αντοχής, γίνεται με σύγκριση της αντοχής σε θλίψη πρόσφατα διαμορφωμένων δοκιμίων προς την αντοχή σε θλίψη των διδύμων των δοκιμίων τα οποία εμβαπτίστηκαν σε νερό.

Καταρχάς κατασκευάζουμε (6), έξι κυλινδρικά δοκίμια βάρους 1800 - 2000 GR, το καθένα με ασφαλτόμιγμα σύμφωνο με το αποτέλεσμα της προηγηθείσας μεθόδου MARSHALL και τα συμπιέζουμε με το φορτίο 17 τόνων. Προσδιορίζουμε το φαινόμενο ειδικό βάρος καθενός, με τη μέθοδο της ενώσεως και τα χωρίζουμε σε δυο ομάδες ανά 3 δοκίμια, φροντίζοντας ώστε το μέσο φαινόμενο βάρος κάθε ομάδας να είναι το ίδιο με της άλλης. Στη συνέχεια τη μεν πρώτη ομάδα τοποθετούμε μέσα σε αερόλουτρο θερμοκρασίας 25 βαθμών Κελσίου για 4 ώρες τουλάχιστον και στη συνέχεια προσδιορίζουμε την αντοχή θλίψης κάθε δοκιμίου, (Μέθοδος T-167).

Την δεύτερη ομάδα εμβαπτίζουμε για 4 μέρες σε υδρόλουτρο θερμοκρασίας 49 βαθμών Κελσίου ή επί 24 ώρες σε υδρόλουτρο θερμοκρασίας 60 βαθμών Κελσίου. Μετά προσδιορίζουμε και αυτών την αντοχή σε θλίψη.

Η αριθμητική έκφραση της αντίστασης των ασφαλτομιγμάτων στην αποσυνθετική δράση του νερού αποδίδεται σαν ποσοστό της αρχικής του αντοχής που διατηρήθηκε μετά την εμβάπτισή του στο νερό.

**Λόγος παραμένουσας αντοχής =  $S_2 / S_1$ .**

$S_2$  : Αντοχή σε θλίψη στεγνών δοκιμίων.

$S_1$  : Αντοχή σε θλίψη υγρών δοκιμίων.

Ο λόγος αυτός  $S_2 / S_1$  πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 0,7 αλλιώς θα πρέπει να βρεθεί κατάλληλος τρόπος για βελτίωση του υλικού με αντιϋδρόφιλο.

### **Σύνθεση μίγματος**

Από 2 ή περισσότερα υλικά (χονδρόκοκκο - Άμμο), ή σκύρα ψηφίδα - άμμο φτιάχνεται ένα μίγμα αδρανών, τέτοιο ώστε να ανταποκρίνεται στην προδιαγραφή του έργου μας. Δηλαδή η κοκκομετρική καμπύλη να είναι παράλληλη με το άνω και το κάτω όριο της προδιαγραφής. Κατόπιν προσδιορίζουμε το βέλτιστο ποσοστό ασφάλτου στο μίγμα με την μέθοδο MARSHALL.

### **Ανάκτηση ασφάλτου**

Από την εκχύλιση, η ασφαλτος που έβαφε τα αδρανή παίρνεται σαν διάλυμα. Με ορισμένους μεθόδους μπορούμε διώχνοντας τον διαλύτη, να ανακτήσουμε την ασφαλτο. Η ανάκτηση της ασφάλτου για την ανακύκλωση έγινε για πρώτη φορά στην Ελλάδα με την μέθοδο ABSON που καλύπτει την ανάκτηση ασφάλτου από ασφαλτικό μίγμα με τριχλωροαιθυλένιο και ακολουθεί τις προδιαγραφές D 385. Η ασφαλτος ανακτάται με ιδιότητες ίδιες μ' αυτές που είχε στο ασφαλτικό μίγμα και σε ποσότητα αρκετή για παραπέρα εξετάσεις. Στο διάλυμα υπάρχει πάντα και λίγο φίλλερ. Το διάλυμα τοποθετείται σε φυγοκεντρική συσκευή οπότε λαμβάνεται καθαρός διαλύτης και ασφαλτος. Κατόπιν γίνεται σε κοινό αποστακτήρα προαπόσταξη. Το διάλυμα με περιεχόμενο γύρω στα 100-150 γρ. ασφαλτο αποστάζεται με  $CO_2$  για να μην οξειδωθεί η ασφαλτος και παίρνουμε την καθαρή ασφαλτο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο

### Η ΠΡΩΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

#### Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

Τα οδοστρώματα που επρόκειτο να κατασκευαστούν με την μέθοδο της ανακύκλωσης (π.χ. Πειραιώς), παρουσίαζαν κατά τη βάση τις εξής ελλείψεις :

- Αυλάκια κατά μήκος του δρόμου.
- Ερπισμούς του οδοστρώματος.
- Ανωμαλίες προερχόμενες από φρεναρίσματα.
- Μεγάλη καμπυλότητα της διατομής λόγω πολλαπλών στρώσεων ασφαλτομίγματος, ώστε η γεωμετρία του οδοστρώματος να είναι επικίνδυνη για την κυκλοφορία.
- Ολισθηρότητα του δρόμου.
- Ανάδυση ασφάλτου. Δηλαδή άσφαλτος μαζί με παιπάλη είχε εμφανιστεί στην επιφάνεια του οδοστρώματος και είχε δημιουργήσει μια λεπτόκοκκη κρούστα.

Αυτές οι αστοχίες υπετέθη εξαρχής ότι οφείλονταν :

- Στη μικρή σταθερότητα του ασφαλτομίγματος λόγω κακής κοκκομετρικής διαβάθμισης και πολύ μικρών κενών.
- Στην πολύ "μαλακή" άσφαλτο.
- Στις αλληπάλληλες στρώσεις ασφαλτομίγματος που κατά καιρούς προστέθηκαν στον αρχικό τάπητα

Οι υποθέσεις αυτές ενισχύθηκαν κατόπιν από τα εργαστηριακά αποτελέσματα. Για να εξακριβωθούν επακριβώς τα αίτια που προκάλεσαν αυτές τις ελλείψεις καθώς και για τον προσδιορισμό της μεθόδου ανακύκλωσης που θα μπορούσε να διορθώσει το δρόμο, έπρεπε να προηγηθεί εργαστηριακός έλεγχος του ασφαλτοτάπητα.

## ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΑΣΦΑΛΤΟΤΑΠΗΤΑ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΥΛΙΚΩΝ ΕΠΙ ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Έπρεπε να παρθούν καρότα σε τακτικά διαστήματα και οι θέσεις δειγματοληψίας να εξασφαλιστούν. Η αποκοπή των καρότων από τον ασφαλτοτάπητα έγινε με ειδικό μηχάνημα, την καροταρία που είναι κυλινδρικός σωλήνας με αδαμαντοκορώνα στη βάση του, και ψύχεται με νερό.

Η ποσότητα και η ποιότητα λήψεως των δοκιμών, καθορίζονται από πληροφορίες που υπάρχουν για την κατάσταση του δρόμου (ασυνεχείς και πολλές διαστρώσεις ασφαλτομίγματος, ηλικία του οδοστρώματος κ.λ.π), και τα πειραματικά αποτελέσματα των πρώτων δοκιμών.

Ένας σημαντικός παράγοντας για την ανακύκλωση επί τόπου είναι το να υπάρχει ομοιογενές υλικό σε μεγάλες συνεχείς επιφάνειες. Έγινε λοιπόν, πυκνή δειγματοληψία και πάρθηκαν περισσότερα από ένα καρότα, για κάθε 500 μέτρα. Ο τελικός αριθμός δειγμάτων υπερέβη τα 100, σ' ένα σύνολο 199000 M, προς επισκευή. Οι θέσεις δειγματοληψίας εξασφαλίστηκαν. Τα δοκίμια ήταν κυλινδρικά διαμέτρου 6 IN. Έγινε πρώτα μια μακροσκοπική εξέτασή τους. Έγινε καταμέτρηση των υπαρχουσών στρώσεων καθώς και μακροσκοπική εξέταση της κοκκομετρικής του διαβάθμισης. Βρέθηκαν τέσσερις στρώσεις, ασφαλτομένου υλικού με διακυμάνσεις στα πάχη.

Η πρώτη στρώση είχε μέσο πάχος 1,8 εκ. και κυμαινόταν από 0 - 2,5 εκ. με μέγιστο κόκκο 3/8 της ίντσας και ήταν κλειστού τύπου.

Η δεύτερη στρώση είχε πάχος 0 - 3,5 εκ. με μέγιστο κόκκο 1/2 της ίντσας, και ήταν κλειστού τύπου.

Η τρίτη στρώση είχε πάχος 2 - 5 εκ. με μέγιστο κόκκο μιας ίντσας και ήταν ανοικτού τύπου.

Μακροσκοπικά παρατηρήθηκε ότι η πρώτη στρώση είχε συγκεντρώσει λεπτόκοκκο υλικό και περιείχε ασφαλτο οξειδωμένη. Αυτό επιβεβαιώθηκε και εργαστηριακά.

Κρίθηκε λοιπόν αναγκαίο πριν από οποιαδήποτε εφαρμογή της ανακύκλωσης να απομακρυνθεί με φρεζάρισμα η πρώτη στρώση σαν τελείως ακατάλληλη.

Επίσης όπου υπήρχαν αλληπάλληλες στρώσεις υλικού, έπρεπε να φρεζαριστεί ο τάπητας, μέχρι την αρχική του στρώση.

Έγιναν εκχυλίσεις και κοκκομετρήσεις του ασφαλτομίγματος από τα δοκίμια. Αφαιρέθηκε πρώτα η πρώτη στρώση των 2 εκ. με σπάτουλα, αφού κάθε δοκίμιο ζεστάθηκε στο φούρνο. Δηλαδή τα πειραματικά αποτελέσματα αφορούν τη δεύτερη στρώση του δρόμου. Η εκχείλιση έγινε με τη μέθοδο A. A. S. H. O. T-164. Σαν διαλύτης χρησιμοποιήθηκε τετραχλωράνθρακας. Η κοκκομέτρηση έγινε σύμφωνα με την A. A. S. H. O T-30 και τα όρια που τέθηκαν ήταν τα όρια της Π.Τ.Π. Α265/α ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ.

Οι εικόνες 6.1, 6.2, 6.3, δείχνουν την κοκκομετρική ανάλυση ενός τυχόντος δοκιμίου, του Π-5. Φαίνεται καθαρά στο διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης ότι το υλικό είναι εκτός προδιαγραφής. Επίσης εκτός προδιαγραφής είναι και το ποσοστό ασφάλτου που βρέθηκε 3,49% (όρια προδιαγραφής Π.Τ.Π. Α/265/Α κυκλοφορίας 5-7%).

Στον πίνακα 6.1., φαίνονται τα αποτελέσματα από την εκχείλιση και κοκκομέτρηση 17 δοκιμίων . Στον πίνακα 6.2. υπάρχουν ο μέσος όρος της κοκκομέτρησης και του ποσοστού ασφάλτου 10 χαρακτηριστικών δοκιμίων. Επίσης υπάρχει μελέτη για συμπληρωματικό υλικό με σύνθεση 20% χαλίκι, 20% ψηφίδα και 60% άμμο και περιεκτικότητας σε ασφαλτο 5,36%. Όπως φαίνεται στον πίνακα, έχουν γίνει πειραματικές συνθέσεις διαφόρων ποσοστών με το παλιό και το συμπληρωματικό υλικό.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο

### Ο ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΟ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ

Η οργάνωση και η λειτουργία του εργοταξίου της ανακύκλωσης επί τόπου είναι δύσκολη, ιδίως όταν η μέθοδος εφαρμόζεται για πρώτη φορά και υπάρχει κάποια απειρία.

Η επιφάνεια που θα επεξεργαζόταν με την επί τόπου εν θερμό ανακύκλωση, είτε με τη μέθοδο REPAVE, είτε με τη μέθοδο REMIX, είχε προηγουμένως φρεζαριστεί για να απομακρυνθεί η άχρηστη επιφανειακή στρώση. Η περιοχή που αποκλειόταν από την κυκλοφορία ήταν της τάξης των 100-120 μέτρων μιας λωρίδας κυκλοφορίας. Το φρεζάρισμα έγινε με την ειδική φρέζα WIRTGEN.

Μια ελαστιχοφόρο φρέζα που εργάζεται εν ψυχρώ ψύχοντας ταυτόχρονα τα κοπτικά της εργαλεία με νερό, για μείωση της φθοράς τους. Το φρεζαρισμένο υλικό φορτωνόταν κατευθείαν σε φορητό που ερχόταν ακριβώς πίσω από την φρέζα. Η προεργασία απαίτησε την απομάκρυνση των σιδερένιων καπακιών που ήταν πάνω στο οδόστρωμα για την προστασία των κοπτικών εργαλείων. Οι τρύπες στο οδόστρωμα σκεπαζόνταν αμέσως με άσφαλο για να συνεχιστεί η κυκλοφορία. Μεγάλος κίνδυνος ήταν τα κρυμμένα καπάκια που με τις αλλεπάλληλες επιστρώσεις είχαν σκεπαστεί από άσφαλο και δεν υπήρχαν σε σχέδια.

Γι' αυτό το σκοπό χρησιμοποιήθηκε ανιχνευτής μετάλλων. Υπήρχαν όμως μέσα στο οδόστρωμα και παλιές γραμμές τραμ, οι οποίες δε είχαν ξηλωθεί, αλλά είχαν σκεπαστεί απλώς με άσφαλο. Για το σκοπό αυτό, έγιναν κατά πλάτος τομές στο οδόστρωμα στο τμήμα από Ιερά Οδό μέχρι και Ομόνοια. Ένα άλλο πρόβλημα που παρουσιάστηκε στην αρχή ήταν τα ψωμάκια που ξεχείλιζαν και κάλυπταν το ρείθρο του πεζοδρομίου. Όταν λοιπόν η φρέζα προχωρούσε στις ακραίες λωρίδες, η ρόδα πατώντας επάνω στις ανωμαλίες του ρείθρου θα προκαλούσε ανεπιθύμητα ανεβοκατεβάσματα των κοπτικών εργαλείων. Γι' αυτό έπρεπε να προσεχτούν αυτά τα σημεία και να αντιμετωπιστούν, είτε σπάζοντας

τα "ψωμάκια", είτε ρυθμίζοντας σε εκείνο το σημείο κατάλληλα το ύψος των δοντιών.

Τα μηχανήματα και η διάταξη που χρησιμοποιήθηκε στο φρεζάρισμα ήταν τα ακόλουθα : Μπροστά προχωρούσε η φρέζα με κυμαινόμενη ταχύτητα 8-10M/MIN. Πίσω ακολουθούσε με την όπισθεν, φορτηγό και το φρεζαρισμένο υλικό έπεφτε κατευθείαν στην καρότσα του.

Η δυνατότητα της μεταφορικής ταινίας να κινείται οριζόντια, βοηθούσε στη σωστή πλήρωση της καρότσας του φορτηγού. Πίσω ακολουθούσε ένας φορτωτής που έφευγε στα πλάγια από τη φρέζα πάλι στο φορτηγό. Πίσω από το φορτωτή ακολουθούσε μια κοινή κυλινδρική "σκούπα", προσαρμοσμένη σ' ένα τρακτέρ, που καθάριζε το οδόστρωμα από ρύπους και χαλαρά κομμάτια. Η "σκούπα" αυτή, μπορεί να αντικατασταθεί με μια αναρροφητική. Εργάτες με σκούπες μάζευαν που περίσσευε στην άκρη του δρόμου σε μικρούς σωρούς.

Όταν το μηχάνημα συναντούσε σχάρες υπονόμων κοντά στο ρείθρο, είχε την δυνατότητα να σηκώνει τμήμα από τα δόντια και να τα αποφεύγει. Όταν συναντούσε κρυμμένο καπάκι που δεν υπήρχε στα σχέδια και δεν το είχε εντοπίσει ο ανιχνευτής μετάλλων, έχανε 10-15 δόντια αξίας 400δρχ, το καθένα, προτού σταματήσει.

Η φρέζα δούλευε μόνο σ' ένα ρεύμα κυκλοφορίας κάθε φορά και λόγω της σχετικά γρήγορης κίνησής της, δεν παρουσιάστηκαν σοβαρά προβλήματα στην κυκλοφορία. Αφού φρεζαρίστηκε το υπό κατασκευή κομμάτι του δρόμου άρχιζε να δουλεύει το κυρίως μηχάνημα της ανακύκλωσης. Η εφαρμοζόμενη μέθοδος αρχικά ήταν η επί τόπου εν θερμό ανακύκλωση με προσθήκη υλικού. Η αναλογία ήταν 50% παλιό υλικό και 50% νέο υλικό. Το μήκος εργασίας των μηχανημάτων αυτών είναι πολύ μεγαλύτερο από εκείνο του φρεζαρίσματος. Λόγω της μεθόδου και του καιρού, προηγείτο ένας προθερμαντήρας, που προθέρμανε το οδόστρωμα με υπέρυθη ακτινοβολία.

Ακριβώς από πίσω του ακολουθούσε ένα ανατρεπόμενο με το συμπληρωματικό υλικό. Αυτό αδειάζόταν στον κάδο που βρισκόταν μπροστά από το μηχάνημα και με ένα σύστημα μεταφορικής ταινίας, μεταφερόταν στον αναμικτήρα.

Η ταχύτητα αυτής της μεταφορικής ταινίας, ρυθμίζεται σύμφωνα με το ποσοστό ανακύκλωσης, αλλά εξαρτάται βέβαια και από την ταχύτητα κίνησης του μηχανήματος.

Το ίδιο το μηχάνημα ανακύκλωσης έχει θερμαντικά σώματα που θερμαίνουν τελικά το ασφαλτόμιγμα. Περίπου στο μέσο του μηχανήματος, δόντια αναμόχλευαν τον τάπητα, πίσω τους ένας ατέρμονος κοχλίας έστρωνε και μάζευε το περίσσιο υλικό στο μέσο και η λεπίδα κατεβασμένη στα 3 CM, μάζευε το παλιό υλικό στον αναμικτήρα.

Ο αναμικτήρας βίαιης ανάμιξης, είχε δυνατότητα επεξεργασίας 80-90 τόνων υλικού, την ώρα. Τέλος, η δονητική πλάκα στο τέλος του μηχανήματος διάστρωνε το υλικό και το προσυμπήκωνε ( σε ρυθμιζόμενο πλάτος ).

Ο βαθμός προσυμπύκνωσης που επιτεύχθηκε, ήταν ψηλός (πάνω από 92%). Ακολουθούσαν δυο οδοστρωτήρες που φρόντιζαν για την τελική συμπύκνωση του οδοστρώματος.

Το τμήμα που κάθε φορά αποκλειόταν από την κυκλοφορία ήταν περίπου 200 μέτρα και επισημαινόταν με πλαστικούς κώνους./ Ο πολύ αργός ρυθμός εργασίας και η ανάγκη να υπάρχει κάποιος χρόνος για ψύξη του οδοστρώματος πριν από την απόδοση στην κυκλοφορία, δημιούργησαν κυκλοφοριακό πρόβλημα. Το πρόβλημα ήταν περισσότερο έντονο στο ρεύμα προς Αθήνα και κοντά στην Ομόνοια. Η έλλειψη κατανόησης από την πλευρά των οδηγών, οδήγησε σε μικροπαρεξηγήσεις με το συνεργείο. Φυσικά, σε περίπτωση συμβατικής ανακατασκευής, ο δρόμος θα έκλεινε τελείως και θα υπήρχε πολύ εντονότερο πρόβλημα και για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Έντονο κυκλοφοριακό πρόβλημα παρουσιάστηκε στους κόμβους, οι οποίοι ήταν αναγκαίο να κλείσουν για ορισμένη ώρα. Πολλές φορές, οι οδηγοί παραβαίνοντας την απαγορευτική σήμανση, πατούσαν στο φρεσκοστρωμένο οδόστρωμα στις διασταυρώσεις, αφήνοντας ίχνη και αναγκάζοντας τους οδοστρωτήρες σε πρόσθετες διαδρομές. Πρόβλημα παρουσιάστηκε και με την κλοπή αρκετών σιδερένιων καλυμμάτων φρεατίων. Έτσι δημιουργήθηκε πρόσθετο κόστος 700000 δρχ./ σχεδόν, για ενοικίαση ειδικής αποθήκης όπου φυλάσσονταν τα καπάκια.

Ο ψυχρός καιρός οδήγησε σε αυξημένη κατανάλωση καυσίμου (μίγμα βουτανίου - προπανίου). Σε ορισμένες περιπτώσεις υπήρξε έντονη εκπομπή καπνού.

Οι θερμομετρήσεις στο οδόστρωμα ακριβώς πίσω από το μηχάνημα ανακύκλωσης, έδωσαν μια μέση θερμοκρασία, 140 βαθμών Κελσίου που είναι πλήρως αποδεκτή. Η εικόνα του δρόμου μετά την ανακύκλωση μακροσκοπικά ήταν θαυμάσια. Το βάθος ανακύκλωσης ήταν 3 CM και το ίδιο συνήθως ήταν και το βάθος φρεζαρίσματος.

Έτσι ο νέος τάπητας με 50% παλιό υλικό και 50% συμπληρωματικό, έδωσε το ικανοποιητικό βάθος των 6 CM, απολύτως αρκετό για την παραλαβή των διατμητικών τάσεων. Κατόπιν, το ίδιο ακριβώς συγκρότημα, άρχισε να δουλεύει το υπόλοιπο τμήμα του δρόμου, (49000 M), με τη μέθοδο θερμοανανέωσης. Το κυρίως μηχάνημα χωρίς την χρήση του αναμικτήρα, διαστρώνει πάνω σε αναμοχλευόμενο υλικό (παλιό), 3 CM νέου τάπητα. Η λεπίδα έχει σηκωθεί στο τελικό ύψος του δρόμου. Η απόδοση ήταν περίπου 2500M την μέρα για τη μέθοδο θερμοανακύκλωσης, και 4000M την μέρα για τη μέθοδο θερμοανανέωσης.

## ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ Η ΦΡΕΖΑ

### (ΛΕΙΟΤΡΙΒΗΤΗΡΑΣ)

Χρησιμοποιήθηκε φρέζα της WIRITGEN τύπου 2100 C. Η φρέζα που φαίνεται στο σχ. 7.1 είναι αυτή ακριβώς που χρησιμοποιήθηκε, αλλά λείπει από το σχήμα ο ιμάντας μεταφοράς και το κυλινδρικό δοχείο νερού. Τα τεχνικά στοιχεία φαίνονται στον πίνακα κάτω από τη φρέζα.

Τα κοπτικά εργαλεία κρέμονται πάνω σ' ένα πλαίσιο από το τύμπανο που κινείται σύμφωνα με τη φορά κίνησης του μηχανήματος. Το ύψος των δοντιών ρυθμίζεται είτε για όλα τα δόντια, είτε για μερικά από αυτά, για να αποφεύγονται τα μεταλλικά εμπόδια στο οδόστρωμα. Το ντεπόζιτό της περιέχει 6000 λίτρα νερό για να ψύχει τα κοπτικά εργαλεία και να μειώσει τη φθορά τους. Το υλικό

φορτώνεται αυτόματα με μεταφορική ταινία στο φορτηγό. Αυξομειώνοντας την επιθυμητή κοκκομετρική διαβάθμιση.

### ΤΟ ΚΥΡΙΩΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑ - ΘΕΡΜΟΑΝΑΜΙΚΤΗΣ (REMIXER)

Στα σχήματα 7.4, 7.5, φαίνονται τα τεχνικά στοιχεία τύπου μηχανήματος της WIRTGEN που χρησιμοποιήθηκε. Η διαφορά των δυο σχημάτων είναι ότι στο 7.5, το μηχάνημα δεν έχει αναμίκτη και λειτουργεί μόνο σαν θερμοανανεωτής (REPAVER). Στο σχήμα 7.2α, φαίνεται η διάταξη των μηχανημάτων για επί τόπου θερμοανακύκλωση και στο σχήμα 7.2β, η συγκρότηση του μηχανήματος. Λεπτομέρειες από την συγκρότηση φαίνονται και στο σχήμα 7.3. το μηχάνημα της επί τόπου εν θερμό ανακύκλωση (REMIXER), είναι αυτοκινούμενο και εκτελεί ένα μέρος των θερμικών και όλα τα μηχανικά τμήματα εργασίας, εκτός από την τελική συμπύκνωση η οποία γίνεται με κοινό οδοστρωτήρα.

Το οδόστρωμα το οποίο ήδη έχει προθέρμανση, με την υπέρυθρη ακτινοβολία του κυρίως μηχανήματος, δηλ. του θερμοαναμίκτη πλαστικοποιείται τελείως. Η στρώση που έχει αναμοχλευτεί στο απαιτούμενο βάθος από τα δόντια οδηγείται μέσω ενός ατέρμονα κοχλία στη μέση της μηχανής. Πίσω από τον ατέρμονα κοχλία, ακολουθεί η εξισωτική λάμα και έτσι κατασκευάζεται η βάση.

Το παλιό υλικό μπαίνει σ' έναν αναμικτήρα με εσωτερικά πτερύγια που το ανακατεύει με το συμπληρωματικό υλικό το οποίο πέφτει από πάνω. Το έτοιμο μίγμα με ένα σύστημα ατέρμονα κοχλία, διαστρώνεται στη βάση που έχει επαναθερμανθεί. Η πλάκα συμπύκνωσης είναι συνδεδεμένη κατάλληλα στο μηχάνημα ώστε να επιτυγχάνεται στρώση ανάλογη με την επιθυμητή διατομή και με ψηλά προσυμπύκνωση.

Το συμπληρωματικό υλικό αδειάζεται από το φορτηγό στον κάδο υλικού του μηχανήματος. Ένας κεκλιμένος ιμάντας μεταφοράς, οδηγεί το υλικό στο ζυγιστικό μηχάνημα που με τη σειρά του τροφοδοτεί τον οριζόντιο ιμάντα μεταφοράς, που οδηγεί στον αναμικτήρα. Όλη η διαδρομή γίνεται σε κλειστούς σωλήνες και το υλικό θερμαίνεται με υπέρυθρες ακτίνες.

Το συμπληρωματικό υλικό πέφτει κατευθείαν μέσα στον αναμικτήρα, ο οποίος διαθέτει δυο πτερύγια που περιστρέφονται αντίθετα. Παρασκευάζεται έτσι ένα ομοιογενές μίγμα με τις απαιτούμενες ιδιότητες.

Όταν το μηχάνημα χρησιμοποιείται για REPAVE, ο αναμικτής απομονώνεται και το καινούργιο υλικό μεταφέρεται κατευθείαν στο διαστρωτήρα. Έτσι μπορούν να γίνουν επισκευές όταν το υλικό έχει ακόμα τις απαιτούμενες ιδιότητες, αλλά η επιφάνεια έχει πρόβλημα ολισθηρότητας.

Στο θερμαντικό κύκλωμα και του προθερμαντήρα και του θερμοαναμικτή λαμβάνονται υπόψιν οι εξωτερικές θερμοκρασίες, τα διαφορετικά βάθη εργασίας και το διαφορετικό ιξώδες των συνδετικών υλικών. Τα σώματα υπέρυθρης ακτινοβολίας τροφοδοτούνται με προπάνιο ή μίγμα βουτανίου - προπανίου από δεξαμενές που περιέχουν αέριο σε υγρή μορφή. Αυτό μετατρέπεται σε αέριο πριν φθάσει στα θερμαντικά σώματα. Η κανονική θέρμανση επιτυγχάνεται με ρύθμιση του ύψους των θερμαντικών σωμάτων και με ρύθμιση της ταχύτητας προώθησης του μηχανήματος.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8ο

### ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

#### Τα οικονομικά πλεονεκτήματα από μια ανακύκλωση των υλικών

Όταν πρόκειται να γίνει μια ανακατασκευή ή συντήρηση ενός ασφαλτικού οδοστρώματος, πρέπει να εξετάζεται αν είναι δυνατόν να εφαρμοστεί και η ανακύκλωση των παλιών υλικών και σε περίπτωση στην οποία είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίηση των υλικών να γίνεται μια σύγκριση με τη συνηθισμένη μέθοδο συντήρησης ή ανακατασκευής για να διαπιστώνεται αν προκύπτει κάποιο οικονομικό όφελος.

Πρέπει στο στάδιο της μελέτης να λαμβάνονται υπόψη και άλλοι παράγοντες οι οποίοι μπορεί να ευνοούν τη λύση της ανακύκλωσης των υλικών. Τέτοιοι παράγοντες είναι η διάρκεια των εργασιών και οι επιπτώσεις στην κανονική διεξαγωγή της κυκλοφορίας και άλλες ειδικές συνθήκες του έργου. Από τις εφαρμογές της επί τόπου ανακύκλωσης υλικών ασφαλτοταπήτων, που έγιναν στην περιοχή της Αθήνας πριν από λίγους μήνες και οι οποίες αναφέρθηκαν παραπάνω, προέκυψαν οι παρακάτω τιμές που τις επαναλαμβάνουμε για σύγκριση.

Η τιμή για το φρεζάρισμα σε βάθος 3CM ήταν  $170 \text{ δ/Μ}^2$ .

Η τιμή για αναμόρφωση του παλιού ασφαλτοτάπητα ήταν  $150 \text{ δρχ/Μ}^2$  (χωρίς προσθήκη νέου υλικού) σε βάθος 4 CM.

Η τιμή για επανοδοστρωσία του παλιού ασφαλτοτάπητα με διάστρωση λεπτοτάπητα από νέο ασφαλτόμιγμα έφτασε τις  $270 \text{ δρχ/Μ}^2$  ( πάχος 6,5 CM ).

Η τιμή για επανάμιξη του παλιού ασφαλτοτάπητα με νέο ασφαλτόμιγμα και διάστρωση του προκύπτοντος μίγματος έφτασε τις  $480 \text{ δρχ/Μ}^2$  ( πάχος 6-6,5 CM).

Ένας συνηθισμένος τάπητας από πυκνού τύπου ασφαλτικό σκυρόδεμα στοιχίζει από  $380 \text{ δρχ/Μ}^2$  για το πάχος 5 CM, έως  $455 \text{ δρχ/Μ}^2$  για το πάχος 6,5 CM.

Βέβαια, αυτά είναι στοιχεία από τις πρώτες εφαρμογές για την επί τόπου ανακύκλωση σε διάφορες παραλλαγές και υπάρχει επιβάρυνση γιατί δεν ανακατασκευάστηκαν πολλά ΚΜ ασφαλικών ταπήτων. Επίσης δεν υπάρχει η σχετική πείρα στους δικούς μας τεχνικούς. Προβλέπεται ότι με την παραπέρα εφαρμογή της μεθόδου, θα προκύψουν πραγματικά οικονομικά οφέλη σε εθνικό επίπεδο, εκτός από τις άλλες κατασκευαστικές διευκολύνσεις.

### Πότε συμφέρει περισσότερο η ανακύκλωση των υλικών παλιών οδοστρωμάτων για ασφαλτομίγματα.

Η παραγωγή ασφαλτομίγματος με ανακύκλωση συμφέρει τόσο περισσότερο, όσο ακριβότερα είναι τα αδρανή υλικά η άσφαλτος και τα καύσιμα. Η τιμή του ασφαλτομίγματος με ανακυκλωμένο υλικό επιβαρύνεται λιγότερο, όταν στοιχίζουν φθηνότερα οι εργασίες αποξήλωσης και θραύσης του παλιού ασφαλοτάπητα και όσο μεγαλύτερο ποσοστό από το παλιό υλικό περιέχεται στο νέο ασφαλτόμιγμα, που παράγεται με την ανακύκλωση.

Επίσης υπάρχει και κάποια οικονομική ακτίνα μεταφοράς πέρα από την οποία συμφέρει μόνο η επιτόπια ανακύκλωση.

### Τελικό συμπέρασμα για την ανακύκλωση

Η ανακύκλωση των υλικών από παλιά ασφαλικά οδοστρώματα φαίνεται να συμφέρει αν κρίνει κανείς από την έκταση που έχει πάρει η μέθοδος σε πολλές χώρες και από τις προσπάθειες που έχουν γίνει σε Ευρώπη και Αμερική για την κατασκευή των απαραίτητων μηχανημάτων.

Τόσο η επιτόπια ανακύκλωση των υλικών, όσο και η ανακύκλωση των υλικών, όσο και η ανακύκλωση σε κεντρικές εγκαταστάσεις παραγωγής ασφαλικού σκυροδέματος εν θερμό, προβλέπεται ότι θα τυγχάνουν όλο και μεγαλύτερης εφαρμογής στο μέλλον.



Για την επιτυχία της ανακύκλωσης των υλικών των ασφαλτικών οδοστρωμάτων, για ανακατασκευή ή συντήρηση των ασφαλτοτάπητων, πρέπει να γίνεται καλή μελέτη και συστηματική παρακολούθηση των εργασιών. Η μέθοδος, ιδιαίτερα με την επανάμιξη ή την παραγωγή του ασφαλτομίγματος σε κεντρική εγκατάσταση δίνει πολύ καλά αποτελέσματα και το κατασκευαζόμενο οδόστρωμα, παραδεχόμαστε ότι θα έχει την ίδια περίπου ζωή με το οδόστρωμα, που γίνεται με παρθένα υλικά.

Τέλος προτείνεται η σύνταξη από το ΥΠ. Δ.Ε. Τεχνικών Οδηγιών ή Τεχνικής Προδιαγραφής στα ελληνικά για την ανακύκλωση των παλιών ασφαλτομιγμάτων.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα παρακάτω συμπεράσματα μπορούν να βγουν, με βάση την εμπειρία και την έρευνα.

1. Οι διαδικασίες ανακύκλωσης προσφέρουν αξιόλογο οικονομικό όφελος σε όλες τις χώρες που χρησιμοποιούν για επίστρωση ασφαλτικά σκυροδέματα.
2. Η ανακύκλωση αντιμετωπίζεται διστακτικά από τα υπάρχοντα λατομεία και τη βιομηχανία ασφάλτου.
3. Το κόστος εγκατάστασης για ανακύκλωση κυμαίνεται αξιόλογα. Ωστόσο είναι πιθανό να εξοπλιστεί κάποιος για ανακύκλωση με μια μικρή επένδυση κεφαλαίου.
4. Δεν υπάρχει ομοφωνία σχετικά με την μακροπρόθεσμη επιτυχία της ανακύκλωσης. Μερικές χώρες και υπηρεσίες αυτοκινητοδρόμων δέχονται την ανακύκλωση, άλλες όχι.

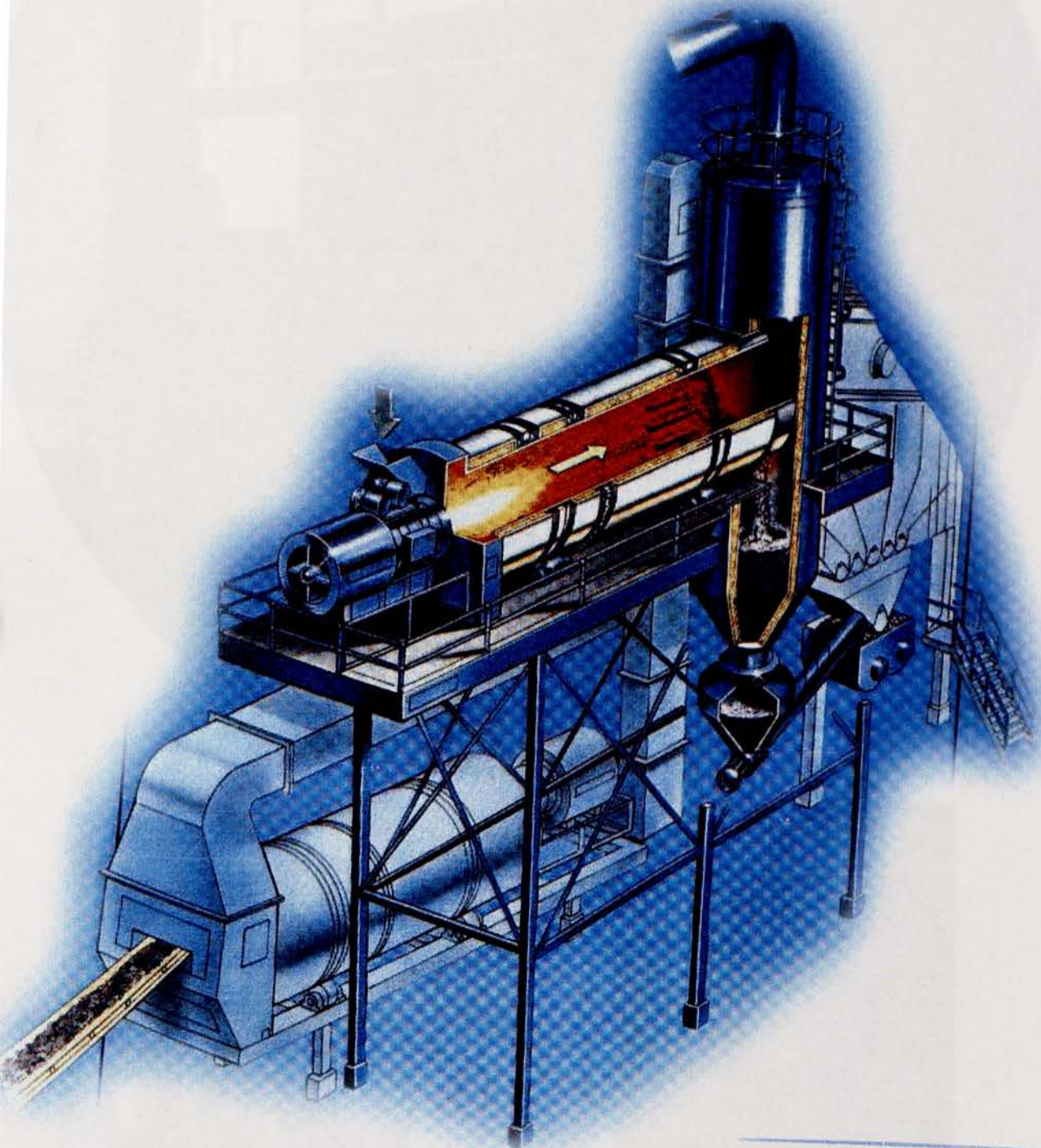
Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι δεν υπάρχει περίπτωση καταστροφικής αστοχίας μετά από 5 περίπου χρόνια εμπειρίας στην ανακύκλωση.

Ο πίνακας που ακολουθεί, συνοψίζει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των διαδικασιών ανακύκλωσης.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.

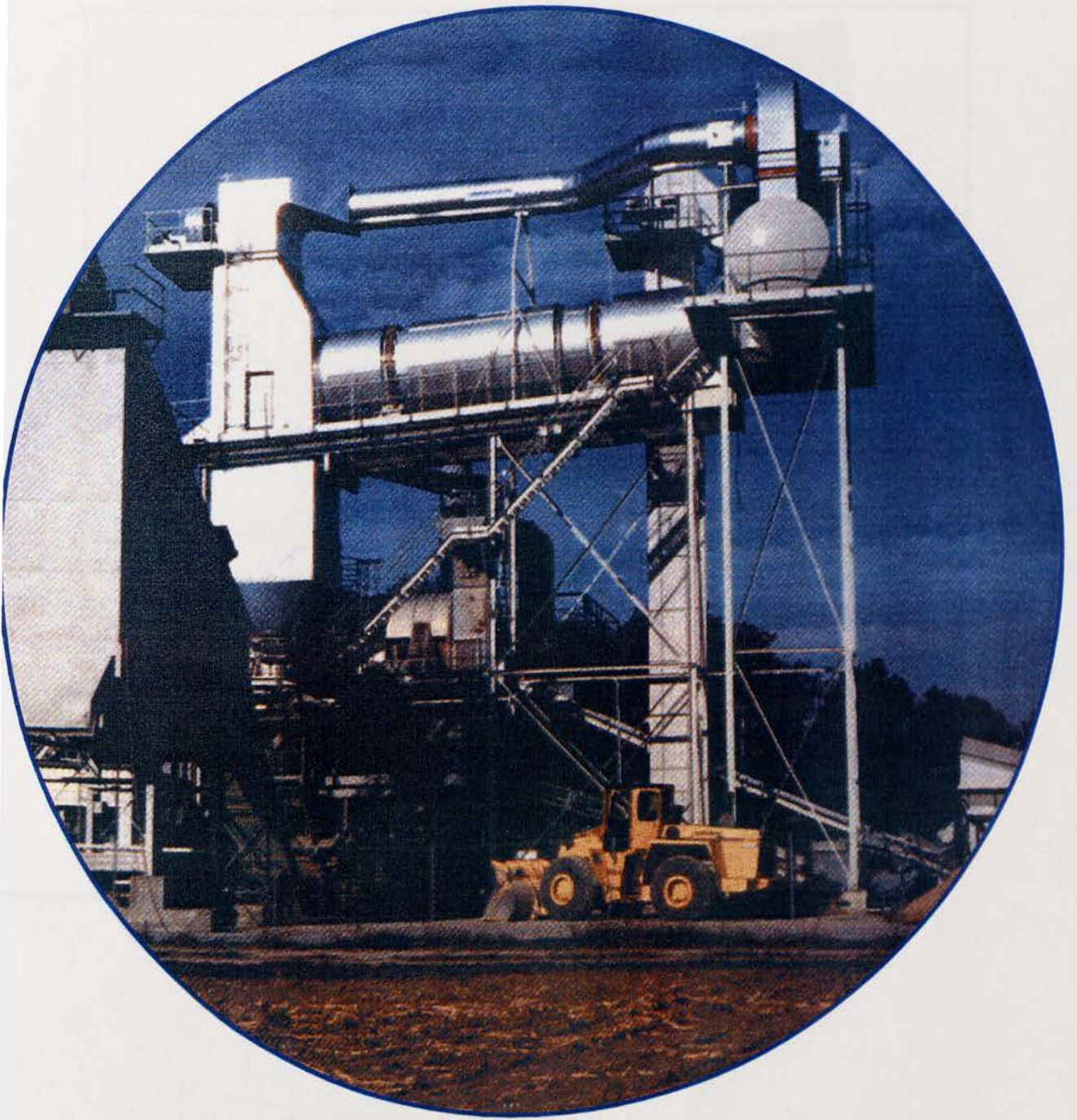
1. Η συντήρηση των ασφαλτικών οδοστρωμάτων με ανακύκλωση των υλικών (άρθρο του κ. Δ. Σπηλιοτόπουλου).
2. Οδική ομοσπονδία της Ελλάδος – Κ. Δ. Σπηλιοτόπουλου – Κέντρο Ερευνών Δημοσίων Έργων.
3. Εργαστήριο και κατασκευή (πρόγραμμα μετεκπαιδύσεως μηχανικών Υπουργείου Δημοσίων Έργων).
4. Ανακύκλωση υλικών οδοστρωσίας (διπλωματική εργασία Γ. Μπαρμπαρέσου).
5. Asphalt hot – mix recycling (the Asphalt Institute).
6. Methods and technology for asphalt recycling ( Itrans – European North – South Motorway project).
7. Specifications and construction methods for asphalt concrete (the Asphalt Institute).
8. Guidelines for recycling pavement materials (National Cooperative Highway Research Report)

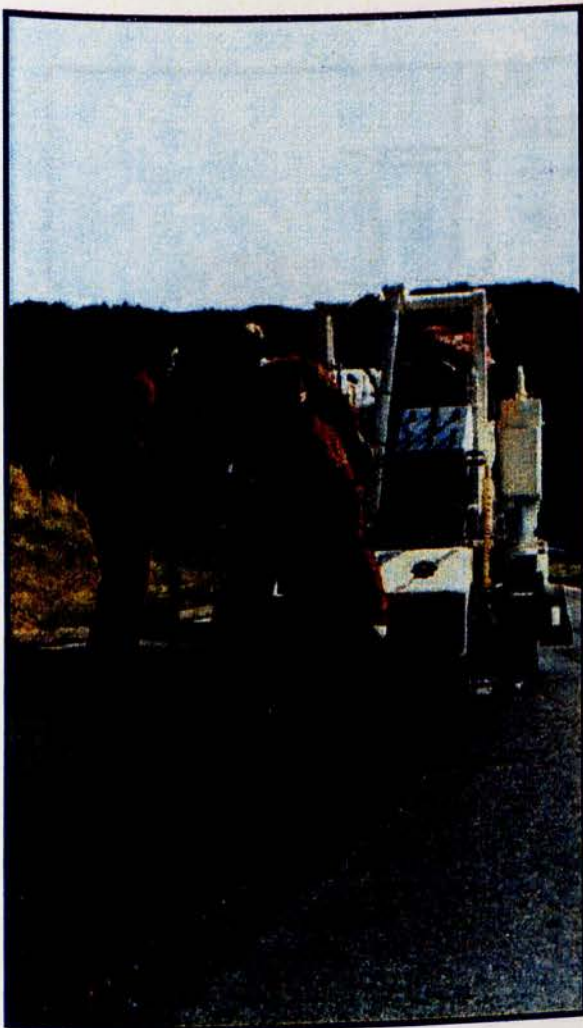
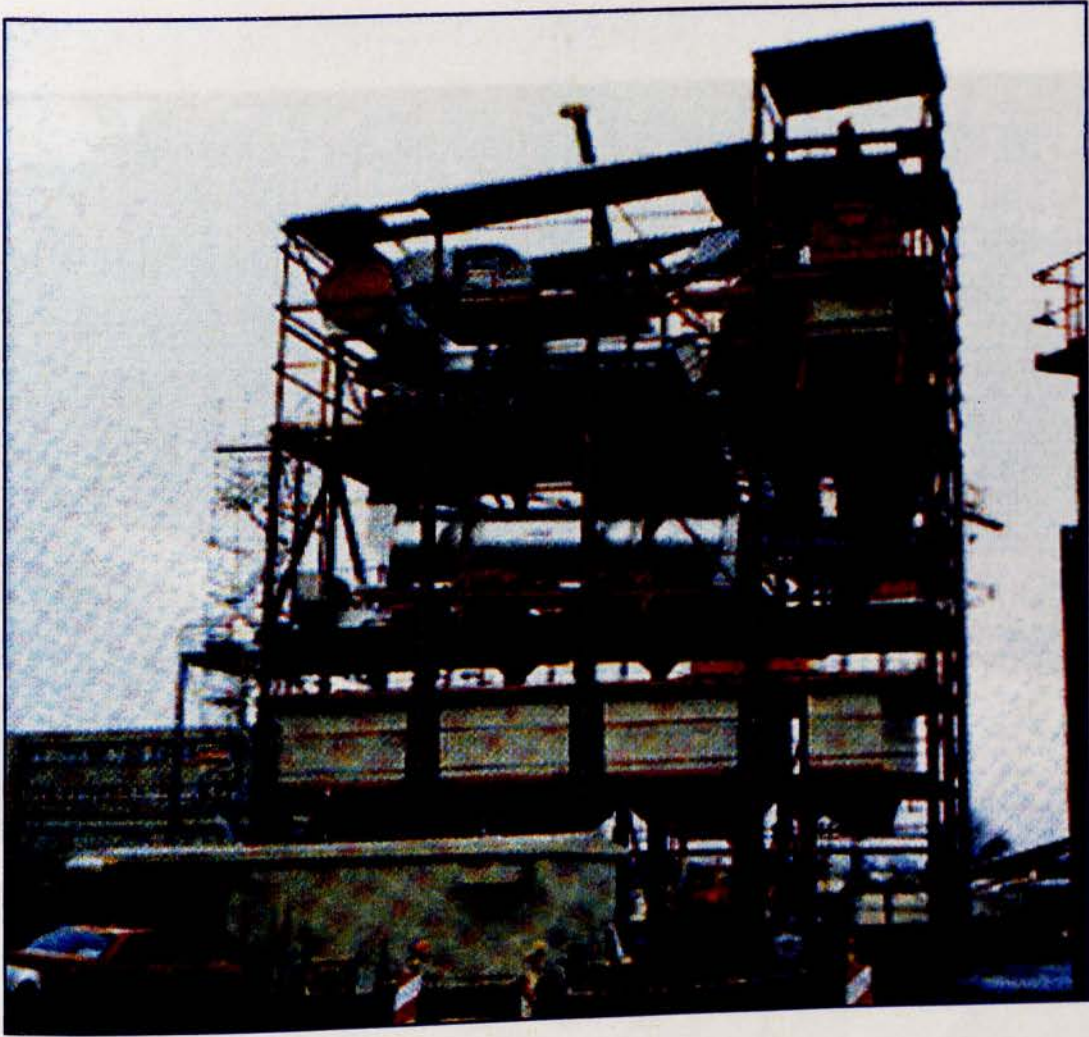
# ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΩΝ ΜΙΓΜΑΤΩΝ

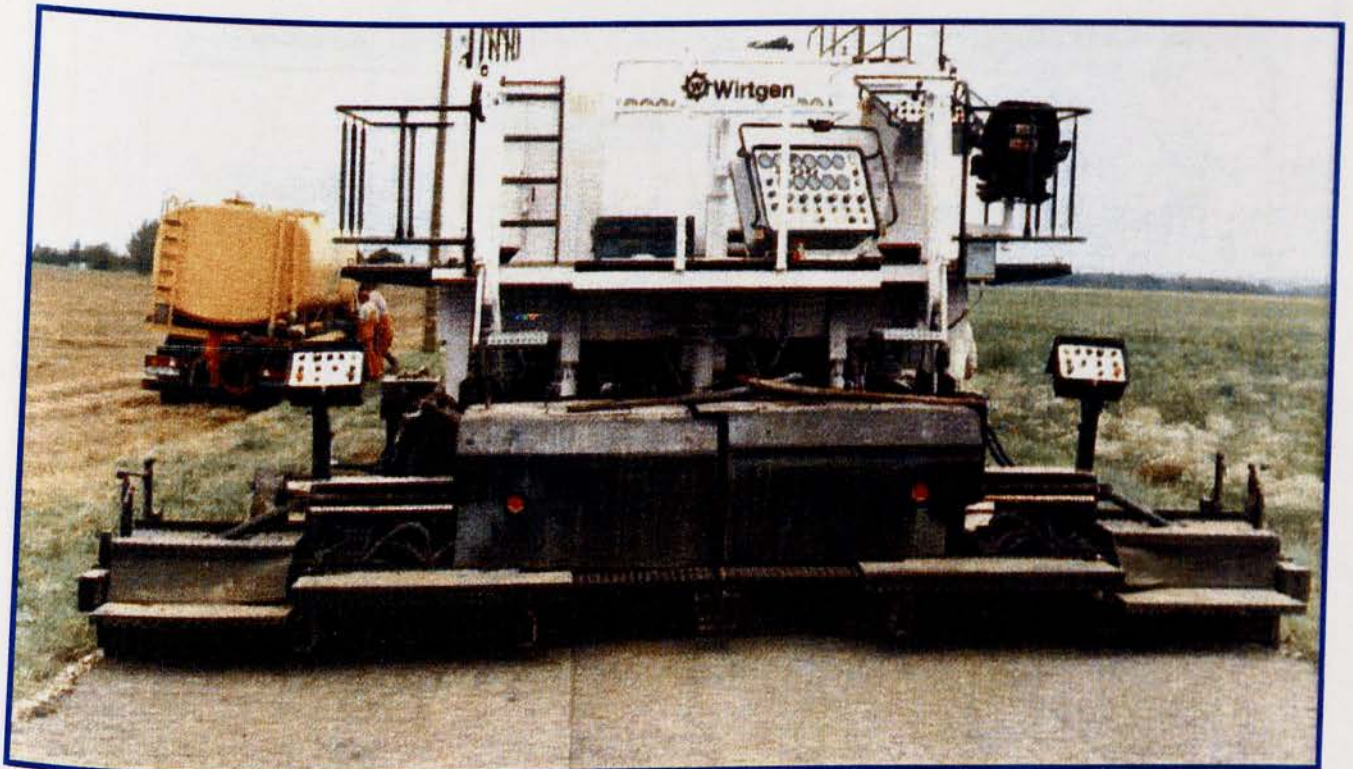


ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ  
ΜΕ ΤΥΜΠΑΝΟ

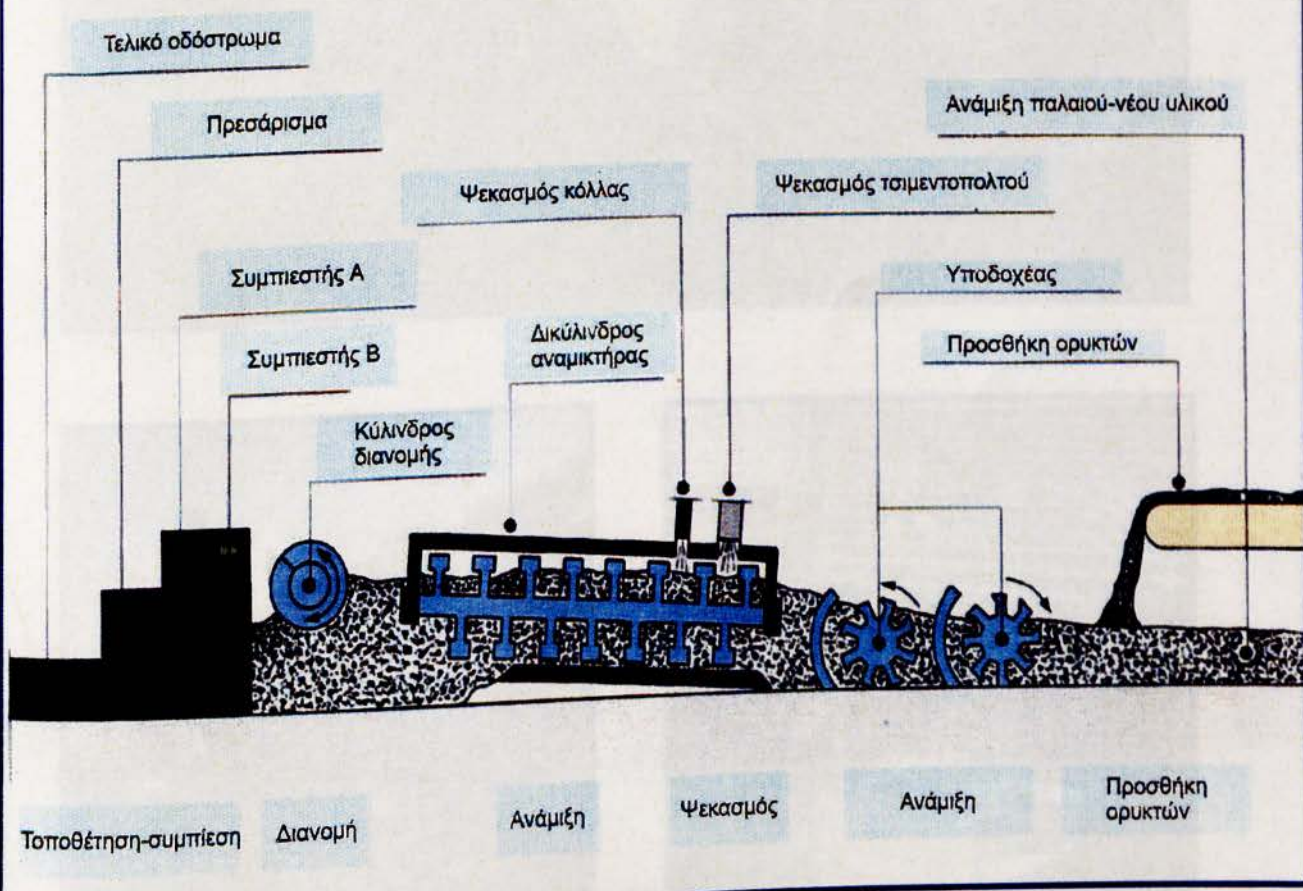


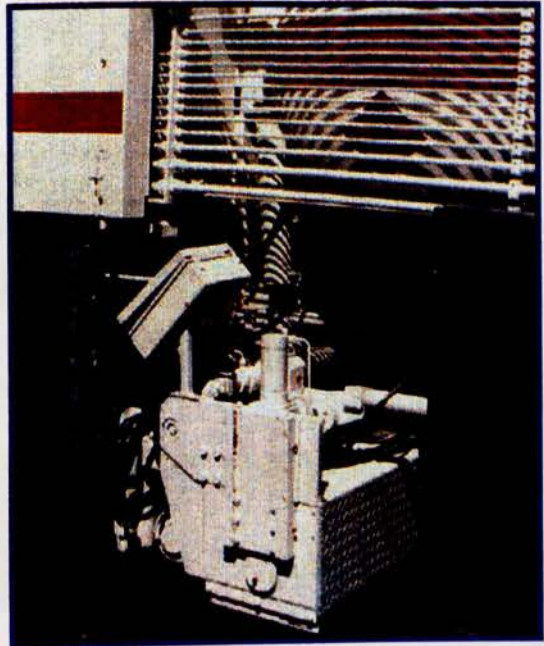
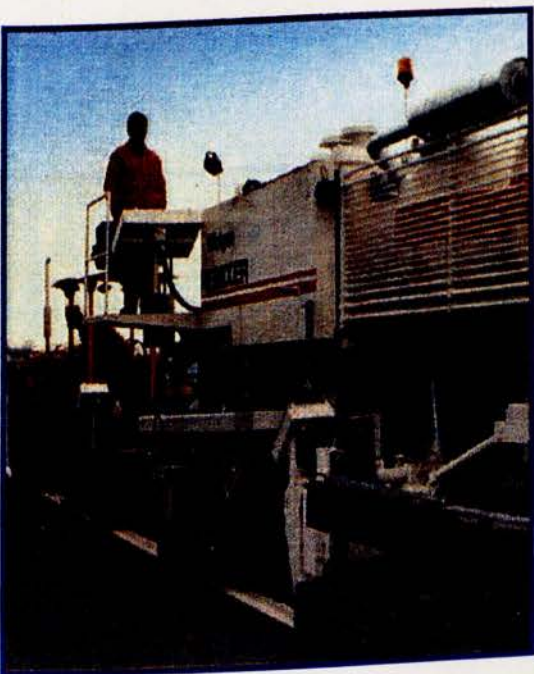
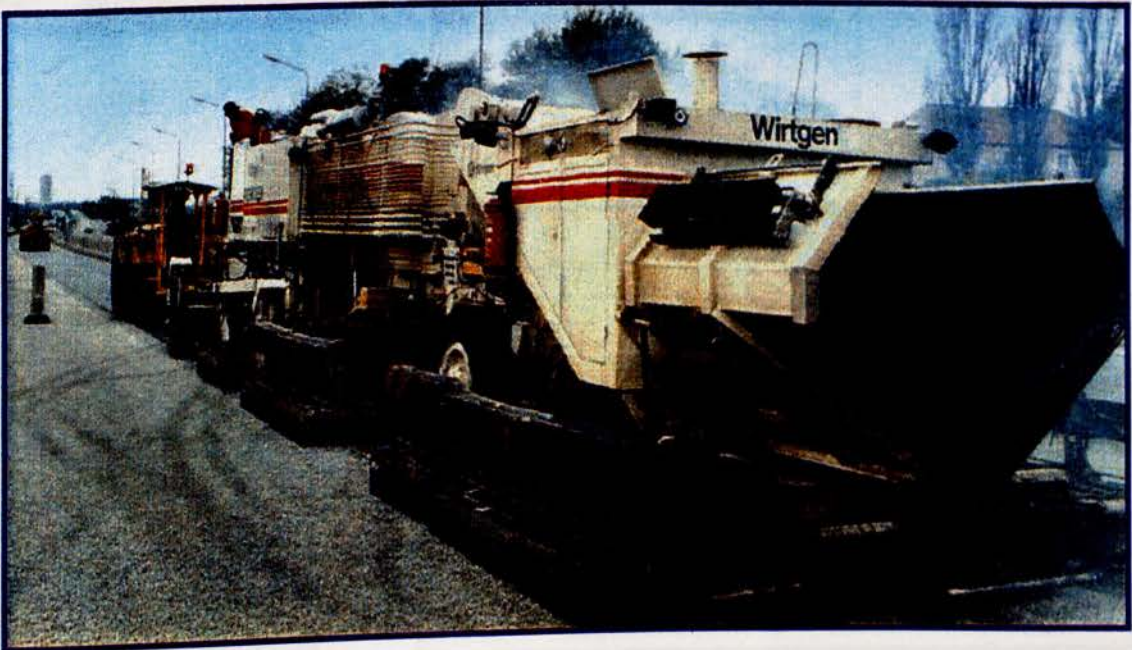




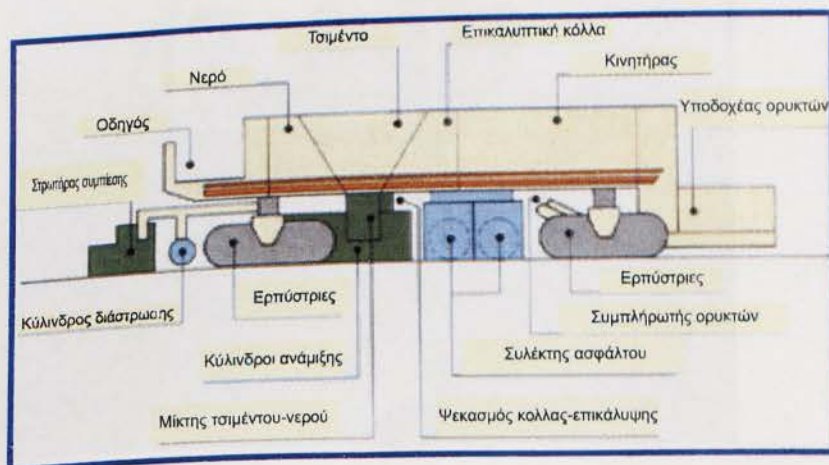


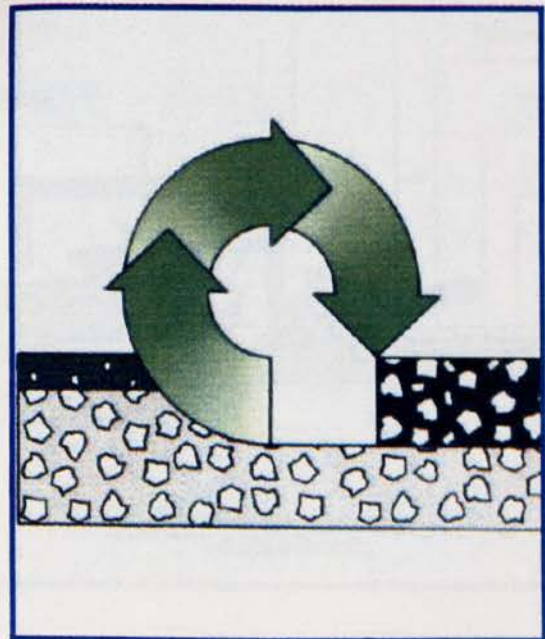
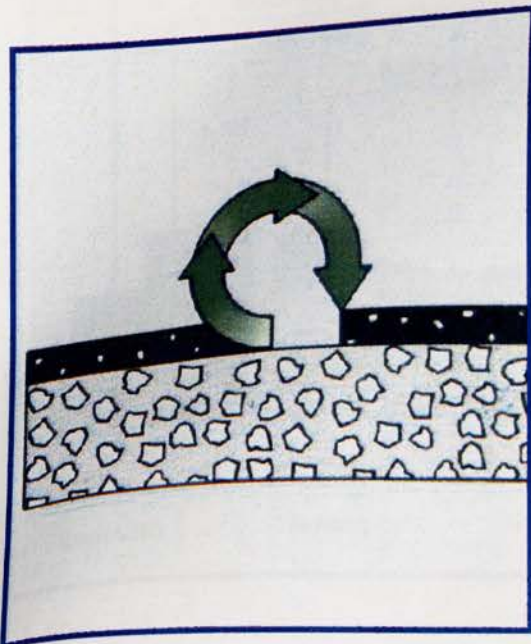
**ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΟΡΥΚΤΩΝ**

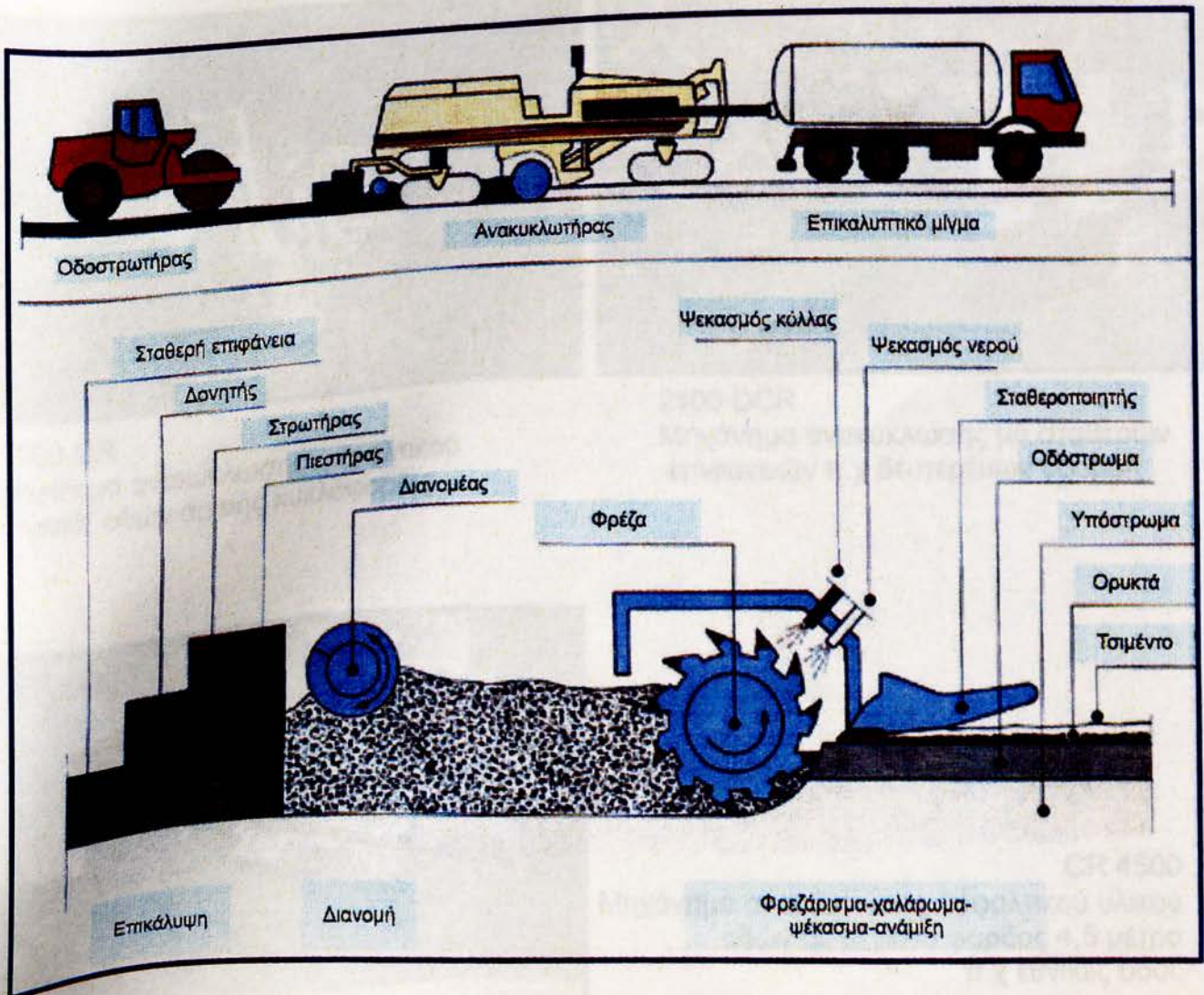
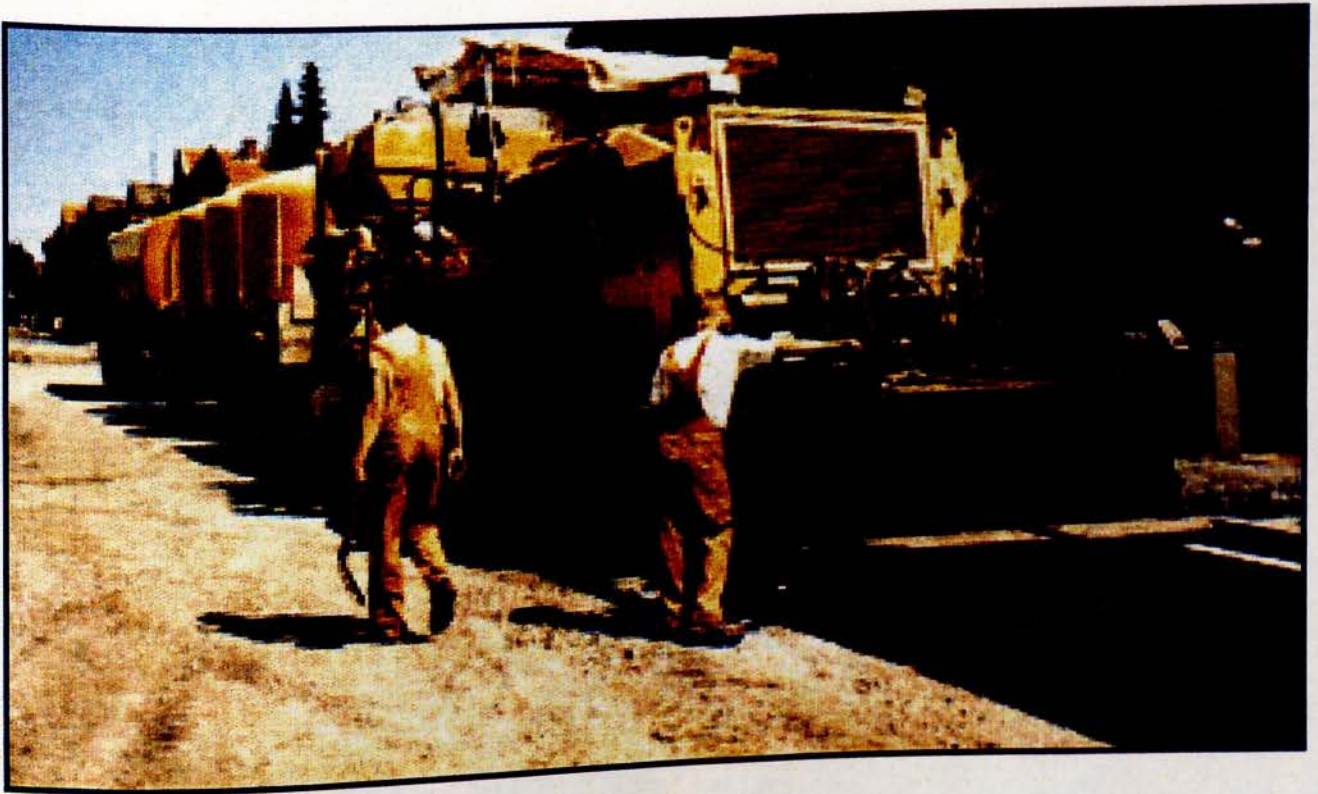


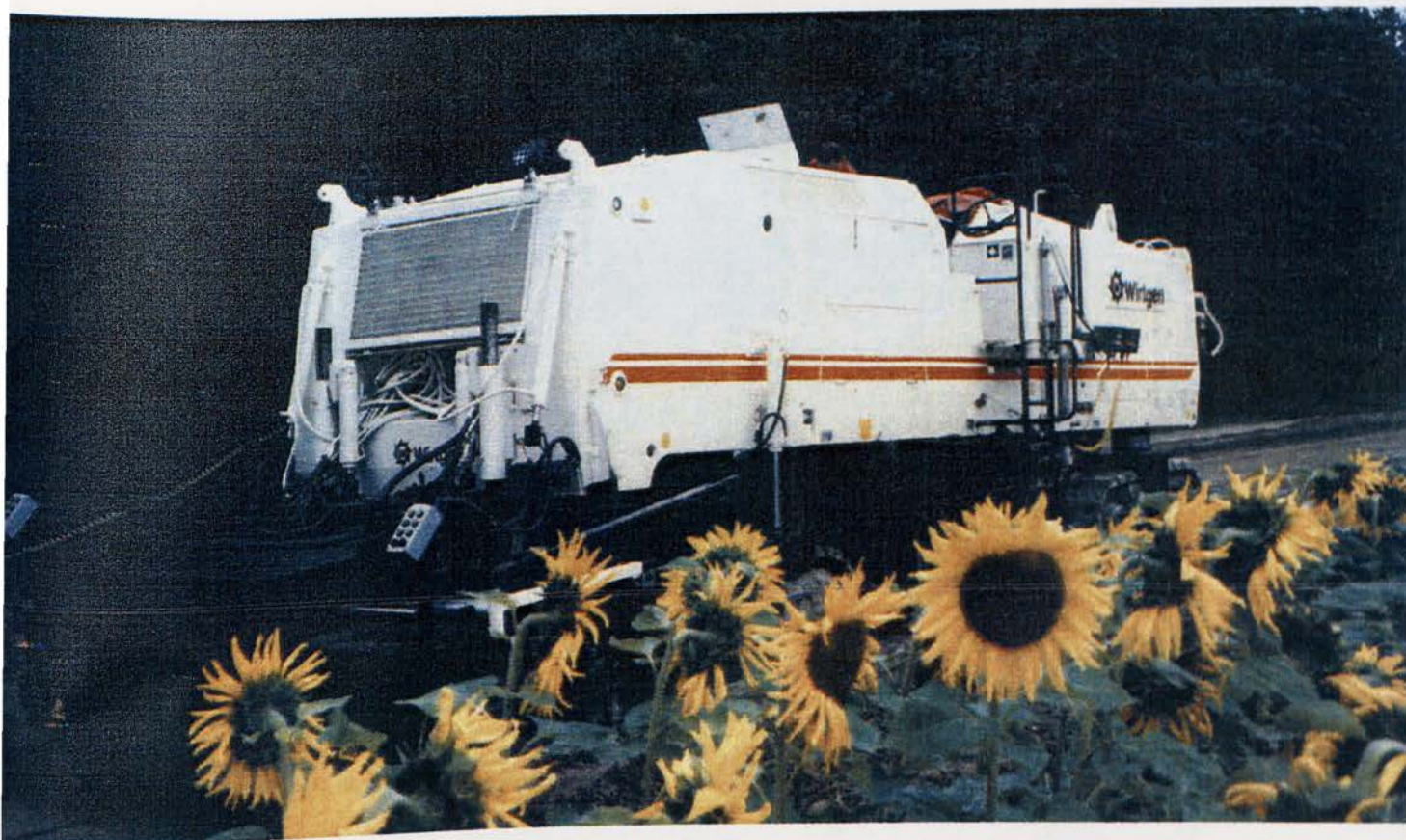












1000 CR  
μηχάνημα ανακύκλωσης ασφαλτικού  
υλικού, οδών αραιής κυκλοφορίας.

2100 DCR  
Μηχάνημα ανακύκλωσης μη σταθερών  
επιφανειών π.χ δευτερέων δρόμοι.



CR 4500  
Μηχάνημα ανακύκλωσης ασφαλτικού υλικού  
οδών με μέγιστο φάρδος 4,5 μέτρα  
π.χ εθνικές οδοί.

