

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΕΡΟΔΙΑΔΡΟΜΩΝ



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ: ΓΟΥΛΑ ΜΑΡΙΑ

ΠΑΡΘΕΝΗΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ

ΚΟΝΤΑΞΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΑΡΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ

ΠΑΤΡΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2014

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία με τίτλο «ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΕΡΟΔΙΑΔΡΟΜΩΝ» έχει ως αντικείμενο τις διαδικασίες και τις μελέτες που ακολουθούνται για να κατασκευαστεί ένας αεροδιάδρομος. Ανατέθηκε από τον καθηγητή του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε του Α.Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας Σαραντόπουλο Ανδρέα.

Για την εκπόνηση αυτής της εργασίας θα θέλαμε να εκφράσουμε τις βαθύτατες ευχαριστίες μας σε όλους εκείνους που συντέλεσαν στην ολοκλήρωση της πτυχιακής μας εργασίας. Πρώτα απ' όλους θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή μας Σαραντόπουλο Ανδρέα για το αμέριστο ενδιαφέρον του και τη βοήθεια που μας προσέφερε για την εκπόνηση της εργασίας, η οποία υπήρξε σημαντική για την ολοκλήρωση της εργασίας καθώς και για την υπόδειξη των μεθόδων με τις οποίες εργαστήκαμε.

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όλους εκείνους που έζησαν από κοντά τις πολλές ώρες γραψίματος όπως τους γονείς μας και τα αδέρφια μας για τη βοήθεια και τη συμπαράσταση τους καθώς και την φίλη μας Κατερίνα, Πολιτικό Μηχανικό του Πανεπιστημίου Πατρών για την πολύτιμη προσφορά της.

Θα νιώθουμε πάντα ευγνωμοσύνη προς όλους αυτούς που μας στήριξαν σε όλες τις αποφάσεις μας με κάθε τρόπο.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	2
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	5
1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΑ.....	5
1.2 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	10
<u>2. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ.....</u>	<u>10</u>
2.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ.....	11
2.2 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ.....	15
<u>2.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ.....</u>	<u>17</u>
2.3.1 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΟΠΗΚΤΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ.....	17
2.3.2 ΥΔΑΤΟΠΗΚΤΑ ΣΚΥΡΩΤΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ(MAC-ADAM).17	
2.3.3 ΛΙΘΟΣΤΡΩΤΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ.....	17
2.3.4 ΕΜΠΟΤΙΣΤΑ ΣΚΥΡΩΤΑ ΜΕ ΤΣΙΜΕΝΤΟ.....	18
2.3.5 ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΑΠΟ ΑΟΠΛΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ.....	18
2.3.6 ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ.....	19
<u>2.4 ΦΟΡΤΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ.....</u>	<u>19</u>
2.4.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	19
2.4.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ.....	20
2.4.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΟΥ LCN ΚΑΙ ΤΟΥ ΤΥΧΑΙΟΥ ΤΥΠΟΥ Α/Φ....	22
<u>2.5 ΑΡΧΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΕΥΚΑΜΠΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ.....</u>	<u>24</u>
2.5.1 ΑΡΧΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΥΚΑΜΠΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ.....	24
2.5.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΕΥΚΑΜΠΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟΥ.....	25

2.5.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΥΚΑΜΠΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟΥ.....	26
2.6 ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΚΑΜΠΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ.....	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	
<u>3.ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΗΣ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟΥ- ΑΕΡΟΔΙΑΔΡΟΜΟΥ.....</u>	44
3.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ.....	44
3.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΕΩΣ.....	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	
<u>4.Η ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΑΕΡΟΔΙΑΔΡΟΜΩΝ.....</u>	54
4.1 ΑΕΡΟΔΙΑΔΡΟΜΟΣ.....	54
4.2 ΠΛΗΘΟΣ ΑΕΡΟΔΙΑΔΡΟΜΩΝ.....	58
4.3 ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΕΡΟΔΙΑΔΡΟΜΩΝ.....	59
4.4 ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΕΡΟΔΙΑΔΡΟΜΟΥ.....	61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	
<u>5.ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ.....</u>	63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	
<u>6.ΣΗΜΑΝΣΗ ΑΕΡΟΔΙΑΔΡΟΜΩΝ.....</u>	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	
7.1 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ- ΑΝΑΝΕΩΣΗ ΑΣΦΑΛΤΟΤΑΠΗΤΑ ΑΕΡΟΔΙΑΔΡΟΜΩΝ.....	69
7.2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΙΣ.....	70
7.3 ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ.....	72
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	73

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως είναι γνωστό τα αεροδρόμια αποτελούν πλέον αναπόσπαστο κομμάτι της μετακίνησης των ανθρώπων. Το αεροπλάνο, όντας το πιο ασφαλές μέσο μαζικής μεταφοράς επιλέγονται καθημερινά από δεκάδες χιλιάδες ανθρώπους ανά τον κόσμο.

Προκειμένου όμως να υπάρχει καλή και το βασικότερο, ασφαλής και εύρυθμη λειτουργία των αεροσκαφών χρειάζεται να κατασκευαστούν ασφαλείς και σύμφωνα με τις προδιαγραφές διάδρομοι προσγείωσης και απογείωσης.

Τα είδη των οδοστρωμάτων, οι διαφορές και οι ανάγκες τους καθώς και η επιλογή της θέσης και ο σχεδιασμός, αποτελούν τα πρωταρχικά και πολύ σημαντικά κομμάτια της δημιουργίας αεροδιαδρόμων.

Η διάταξη των αεροδιαδρόμων, η υδραυλική μελέτη που γίνεται προκειμένου να απομακρύνονται τα ύδατα καθώς και η σήμανση και η συντήρησή τους είναι τα αντικείμενα με τα οποία ασχολούμαστε στη συνέχεια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΑ

Η μεταφορά των ανθρώπων και των εμπορευμάτων έχει εξελιχθεί σε μία επιτακτική ανάγκη για κάθε κοινωνία ανθρώπων, ανεξάρτητα από το μέγεθος ή το βαθμό ανάπτυξης της. Όσο ανεβαίνει το τεχνολογικό και οικονομικό επίπεδο μίας κοινωνίας τόσο μεγαλύτερη είναι η ανάγκη σε μεταφορές. Η μηχανοποίηση στον τομέα των μεταφορών ήταν αναπόφευκτη εξέλιξη και όπως είναι αυτονόητο βρίσκεται σε άμεση σχέση με το τεχνολογικό επίπεδο.

Κάνοντας μία αναδρομή στις πρώτες μορφές μεταφορικών μέσων δυσκολευόμαστε να διακρίνουμε την γενεσιουργό αιτία για την κατασκευή τους. Ήταν θέληση κάλυψης ανάγκης μεταφοράς η παρόρμηση για γνώση και υπερπήδηση των φυσικών δυνάμεων; Ιστορικά ως πρώτο αεροδρόμιο αναφέρεται η αμμουδιά του Κίτι Χοκ στη Β. Καρολίνα των Η.Π.Α., όπου οι αδερφοί Ράιτ, πρωτοπόροι στην αεροπλοΐα, ύψωσαν το πρώτο αεροπλάνο αρκετά μέτρα πάνω από την επιφάνεια της Γης. Ο διάδρομος προσγείωσης του αεροδρομίου αυτού ήταν δύο ράγες, πάνω στις οποίες γλιστρούσε ένα πέδιλο που είχε το αεροπλάνο αντί για ρόδες. Πολύ γρήγορα το πέδιλο αυτό αντικαταστάθηκε από τις ρόδες, χωρίς όμως να δημιουργηθούν ειδικοί διάδρομοι για την απογείωση και προσγείωση των αεροσκαφών, που απογειώνονταν και προσγειώνονταν σε εκτεταμένα λιβάδια με πολύ σκληρό χώμα, σε γήπεδα, σε κοινούς δρόμους (πεδία προσγείωσης). Το μικρό βάρος των αεροπλάνων επέτρεπε τη χρησιμοποίηση των παραπάνω για αεροδρόμια. Ακόμα ο πιλότος είχε τη δυνατότητα να απογειώνεται και να προσγειώνεται προς οποιαδήποτε κατεύθυνση, μια και η απογείωση και προσγείωση έπρεπε να γίνεται προς την αντίθετη κατεύθυνση του ανέμου.

Κατά το τέλος του Α΄ Παγκόσμιου πολέμου άρχισαν να κατασκευάζονται ειδικοί διάδρομοι, καθώς και εγκαταστάσεις για συντήρηση των αεροπλάνων. Οι διευθύνσεις των διαδρόμων αυτών ήταν ίδιες με τις διευθύνσεις των ανέμων που επικρατούσαν στην κάθε περιοχή, επειδή οι πλάγιοι άνεμοι επηρέαζαν άσχημα τις απογειώσεις και προσγειώσεις. Έτσι ήταν ανάγκη να γίνονται τόσοι διάδρομοι, όσες και οι συχνότερες διευθύνσεις των ανέμων, για να έχει τη δυνατότητα ο πιλότος να διαλέξει το διάδρομο με τον ασθενέστερο πλάγιο άνεμο. Οι διάδρομοι αυτοί κατασκευάζονται από μπετόν ή άσφαλτο. Η ευαισθησία των αεροπλάνων στους πλάγιους ανέμους

άρχισε να εξαφανίζεται, καθώς αυτά γίνονταν ταχύτερα και βαρύτερα, με αποτέλεσμα να μειώνεται ο αριθμός των διαδρόμων, αλλά να αυξάνει το μήκος τους.

Σήμερα τα μεγάλα αεροπλάνα δεν επηρεάζονται καθόλου από τους πλάγιους ανέμους και τα μικρά έχουν τη δυνατότητα να απογειώνονται και να προσγειώνονται κατά διεύθυνση που διαφέρει μέχρι και 30 μοίρες από τη διεύθυνση του ανέμου. Η τεχνική τελειοποίηση των αεροπλάνων έφερε σιγά σιγά την τελειοποίηση των αεροδρομίων και των αεροδιαδρόμων.

Ως πρώτο αεροπλάνο θεωρείται η κατασκευή των αδερφών Wright στο Kitty Hawk της Βόρειας Καρολίνας των ΗΠΑ. Η πρώτη πτήση πραγματοποιήθηκε στις 17/12/1903 και κάλυψε μία απόσταση 20μέτρων περίπου. Οι σημερινές αποστάσεις που καλύπτονται είναι εντυπωσιακά μεγαλύτερες. 70χρόνια μετά το πρώτο αεροπλάνο εμφανίζονται τα Concorde, δηλαδή αεροπλάνα με υπερηχητικές ταχύτητες τα οποία μεταφέρουν μέχρι και 400επιβάτες. Πλέον ο αριθμός αυτός έχει αυξηθεί και άλλο, ενώ μεγάλη ανάπτυξη έχει παρουσιαστεί στις εμπορικές μεταφορές και από αεροπλάνα που μπορούν να μετατραπούν από επιβατικά σε εμπορευματικά.

Τα αεροσκάφη διακρίνονται στις εξής βασικές κατηγορίες, σε πολιτικά και στρατιωτικά (ή πολεμικά). Τα πολιτικά με την σειρά τους, διακρίνονται σε άλλες κατηγορίες ανάλογα με την χωρητικότητά τους. Προκειμένου να σχεδιαστεί ένα στοιχείο ενός αεροδρομίου επιλέγεται πάντα ένα αεροσκάφος που το ορίζουμε ως αεροσκάφος μελέτης ή σχεδιασμού.

Ως αεροδρόμιο τώρα ορίζεται μία έκταση γης κατάλληλα διασκευασμένη, που περιλαμβάνει εγκαταστάσεις για την ομαλή και άνετη προσγείωση και απογείωση των αεροπλάνων, καθώς και για τη συντήρησή τους. Βασικότερο στοιχείο ενός αεροδρομίου είναι οι διάδρομοι προσγείωσης και απογείωσης. Αυτοί είναι ευθύγραμμα τμήματα πλατιών δρόμων από άσφαλτο ή γκρο μπετόν, που το μήκος τους ποικίλλει ανάλογα με τα αεροπλάνα που κινούνται πάνω τους. Οι διάδρομοι χρησιμεύουν στην ανάπτυξη μεγάλων ταχυτήτων κατά την απογείωση και στη μείωση και το μηδενισμό των ταχυτήτων κατά την προσγείωση των αεροπλάνων. Εκτός όμως από τους διαδρόμους αυτούς, που λέγονται διάδρομοι πτήσης, υπάρχουν και οι διάδρομοι κυκλοφορίας, που συνδέουν τους διαδρόμους πτήσης μεταξύ τους και με τα υπόστεγα των αεροπλάνων ή τα σημεία ανεφοδιασμού και χρησιμεύουν στην τροchioδρόμηση με μικρή ταχύτητα των αεροπλάνων, για να πάρουν θέση στις ειδικές πλατείες για την επιβίβαση και αποβίβαση των επιβατών. Ο αριθμός των διαδρόμων σε ένα αεροδρόμιο είναι προαιρετικός, ανάλογα με την κίνηση που παρουσιάζει το αεροδρόμιο.

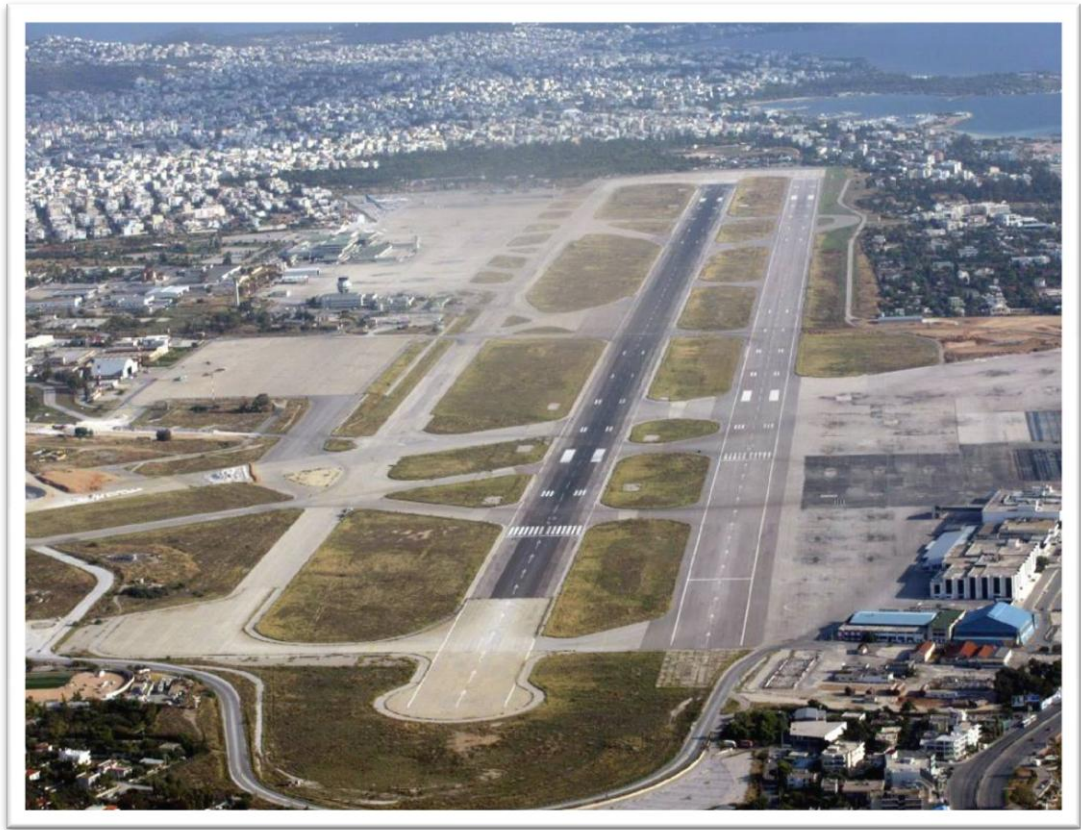
1.2 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ

Τα αεροδρόμια ανάλογα με τον σκοπό που εξυπηρετούν χωρίζονται στις εξής βασικές κατηγορίες (όπως και τα αεροπλάνα) σε πολιτικά είτε για δημόσια είτε για ιδιωτική χρήση και σε στρατιωτικά. Το πώς θα σχεδιαστεί ένα αεροδρόμιο και τι κριτήρια θα χρησιμοποιηθούν είναι άμεσα συνδεδεμένα με τον σκοπό που καλείται να εξυπηρετήσει.

Για παράδειγμα κοντά σε μεγάλα αστικά κέντρα, βιομηχανικά συγκροτήματα ή και τουριστικές περιοχές υπάρχουν σχεδόν πάντα πολιτικά αεροδρόμια. Αντιθέτως, τα στρατιωτικά αεροδρόμια τοποθετούνται κοντά σε στρατιωτικές βάσεις ή σε θέσεις όπου προσεγγίζεται ξένος στόχος. Στην Ελλάδα υπάρχουν τόσο στρατιωτικά αεροδρόμια όσο και πολιτικά, με τα δεύτερα σαφώς να είναι περισσότερα σε αριθμό και να είναι διασκορπισμένα στον ελλαδικό χώρο και στα νησιά.



Αεροδρόμιο Ανδραβίδας: Μήκος διαδρόμου 3.100 μέτρα



Αεροδρόμιο Ελληνικού
Στρατιωτικό αεροδρόμιο Αράξου



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

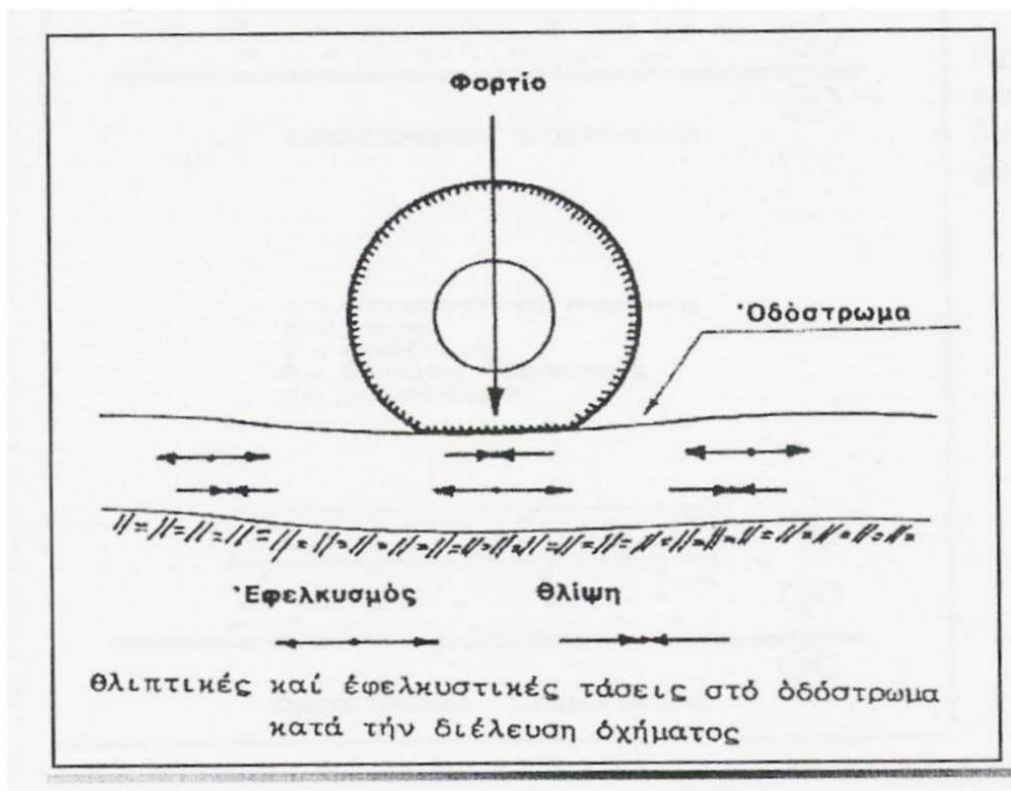
Το φυσικό έδαφος στη μορφή που βρίσκεται δεν είναι ικανό να φέρει τις προερχόμενες από την κυκλοφορία καταπονήσεις και δεν έχει την απαιτούμενη λεία επιφάνεια για την ομαλή κίνηση επ' αυτού των τροχών. Επί πλέον δεν αντέχει στις κλιματολογικές διακυμάνσεις, την υγρασία, την βροχή κλπ όταν στην επιφάνεια του κινούνται οχήματα. Για τους λόγους αυτούς κατασκευάζονται τα οδοστρώματα.

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

Είναι γνωστό ότι οι δρόμοι στην αρχαιότητα συνήθως δεν έφεραν οδόστρωμα, ήταν απλοί χωματόδρομοι, όπου όλο το βάρος δινόταν στην ομαλότητα της χάραξης. Οι χωματόδρομοι όμως είναι ευπαθείς τόσο στις καιρικές επιδράσεις, όσο και στη φθορά από τα φορτία κυκλοφορίας. Η δράση του νερού της βροχής κυρίως είναι εκείνη που μαλακώνει και διαβρώνει την επιφάνεια τους. Αντίστοιχα, οι τροχοί των οχημάτων, αλλά και η διέλευση ανθρώπων και ζώων, διαταράσσει και φθείρει την επιφάνεια των χωματόδρομων. Η συνδυασμένη δε επιρροή των παραπάνω παραγόντων (βροχή και φορτία κυκλοφορίας) θεωρείται ιδιαίτερα δυσμενής και φθοροποιός.

Είναι προφανές ότι, όσο αυξάνει η χρήση ενός δρόμου, τόσο μεγαλύτερες είναι και οι φθορές που δημιουργούνται, αλλά παράλληλα αυξάνονται και οι απαιτήσεις που οι χρήστες έχουν από αυτόν. Άρα η επίστρωση των οδών με σύγχρονα οδοστρώματα είναι αναγκαία για να επιτευχθεί ένα αποδεκτό επίπεδο ασφαλούς, άνετης, οικονομικής και γρήγορης μετακίνησης των οχημάτων.

Το οδόστρωμα έχει σαν κύριο λόγο να κατανέμει τις πιέσεις, ώστε, η καταπόνηση του εδάφους θεμελίωσης να μην υπερβαίνει τα όρια. Στο παρακάτω σχήμα (Εικ. 1) βλέπουμε τις θλιπτικές και εφελκυστικές τάσεις που αναπτύσσονται σ' ένα οδόστρωμα από το φορτίο του τροχού ενός οχήματος.



Εικ.1 Το φορτίο του οχήματος ασκεί τάσεις στο οδόστρωμα.

2.1. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Ανάλογα με την ελαστικότητα τους, τα οδοστρώματα διακρίνονται κατά κανόνα, σε εύκαμπτα και δύσκαμπτα (Εικ. 2).

Σαν εύκαμπτα θεωρούνται:

- . Τα ασφαλτικά
- . Τα κυκλοφοριόπηκτα
- . Τα σταθεροποιημένα
- . Τα σκυρωτά

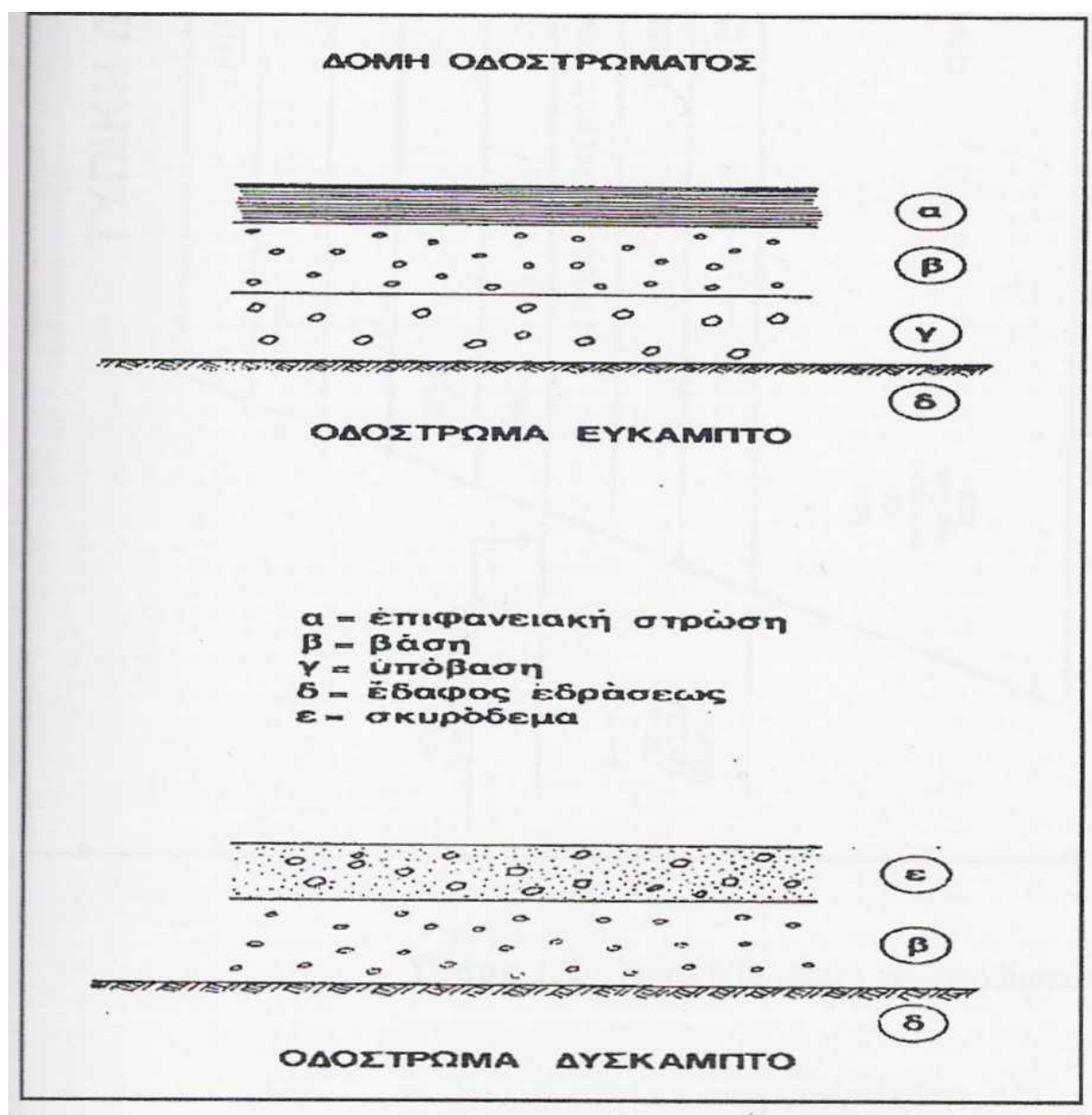
Σαν δύσκαμπτα θεωρούνται:

- . Τα οδοστρώματα από σκυρόδεμα
- . Τα λιθόστρωτα

Κατά κανόνα τα εύκαμπτα οδοστρώματα αποτελούνται από (Εικ. 2):

- Υπόβαση
- Βάση
- Επιφανειακή στρώση

Τα δύσκαμπτα οδοστρώματα κατασκευάζονται από σκυρόδεμα (άοπλο, οπλισμένο ή προεντεταμένο) και εδράζονται σε κατάλληλη βάση. Ο σκοπός και η λειτουργία των στρώσεων ποικίλει, ανάλογα με την ελαστικότητα του οδοστρώματος.

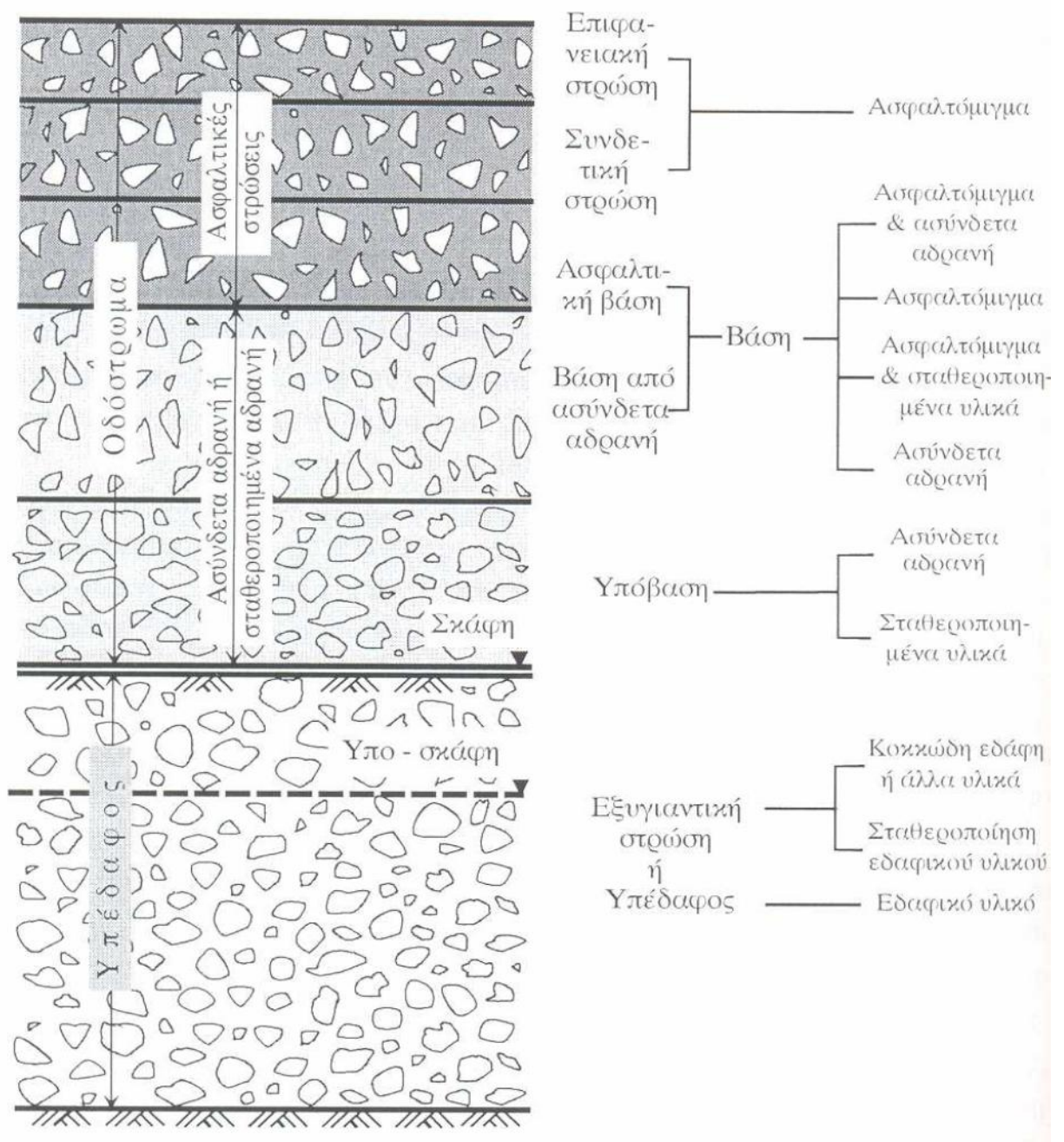


Εικ.2 Διατομές οδοστρώματων και τα διάφορα στρώματα που αποτελούνται

Στα εύκαμπτα οδοστρώματα οι στρώσεις υπόβασης και βάσης κατασκευάζονται, επειδή:

- Αποτρέπουν την άνοδο του ύδατος λόγω τριχοειδών φαινομένων
- Δίνουν μια πρόσθετη προστασία από τον παγετό
- Συντελούν στην αποστράγγιση
- Αυξάνουν τη φέρουσα ικανότητα
- Βοηθούν την κατανομή των φορτίων με το σύστημα των στρώσεων

Μερικές φορές λόγω ύπαρξης πολύ ασθενούς υπεδάφους κατασκευάζεται η εξυγιαντική στρώση μεταξύ υποβάσεως και υπεδάφους.



Εικ. 3 Τυπική κατασκευαστική διατομή εύκαμπτου οδοστρώματος

Στα δύσκαμπτα οδοστρώματα η στρώση βάσης κατασκευάζεται, επειδή:

- Αποτρέπει την άνοδο του ύδατος λόγω τριχοειδών φαινομένων
- Προστατεύει από τον παγετό
- Συντελεί στην αποστράγγιση.
- Αποτρέπει τις καθιζήσεις του εδάφους

- Αυξάνει την αντοχή του οδοστρώματος
- Διευκολύνει την κατασκευή

Στο εύκαμπτο οδόστρωμα η μεταφορά των φορτίων στο έδαφος γίνεται δια μέσου των στρώσεων του. Το ολικό πάχος του ευκάμπτου οδοστρώματος πρέπει να είναι τόσο, ώστε οι δυνάμεις που μεταβιβάζονται σε μεγαλύτερη συνεχώς επιφάνεια να μειωθούν μέχρι να γίνονται ανεκτές από το έδαφος έδρασης του οδοστρώματος. Στο δύσκαμπτο οδόστρωμα, όπου το υλικό του είναι μεγάλης αντοχής, το κύριο μέρος των τάσεων μεταβιβάζεται στο φορέα, ενώ το έδαφος θεμελίωσης απλώς αντιδρά στην παραμόρφωση του οδοστρώματος. Έτσι το πρόβλημα του υπολογισμού των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων είναι η στατική επίλυση πλάκας σκυροδέματος, που εδράζεται σε άπειρα ελαστικά σημεία.

2.2. ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Στην εικόνα 2 (Εικ. 2) έχει αποδοθεί σε σκαρίφημα η διαφορά στη δομή ευκάμπτων και δύσκαμπτων οδοστρωμάτων. Στα δύσκαμπτα οδοστρώματα, είναι προφανής η κυριαρχία της πλάκας σκυροδέματος. Πρόκειται συνήθως για οπλισμένη πλάκα πάχους 20 - 30 cm η οποία εδράζεται πάνω σε επιλεγμένο υλικό, στρώση η οποία θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι αντιστοιχεί στην υπόβαση των ευκάμπτων οδοστρωμάτων. Στην Ελλάδα κατασκευάζονται αποκλειστικά εύκαμπτα οδοστρώματα για τους δρόμους. Ο βασικός λόγος για αυτό είναι ότι τα δύσκαμπτα οδοστρώματα είναι ακριβότερα. Κατ' εξαίρεση σε ορισμένες περιπτώσεις, αλλά και στα αεροδρόμια, μπορεί να επιλεγεί η κατασκευή δύσκαμπτων οδοστρωμάτων.

Πέραν του κόστους, τα εύκαμπτα με τα δύσκαμπτα οδοστρώματα παρουσιάζουν μια ακόμα σειρά διαφοροποιήσεων:

Τα εύκαμπτα οδοστρώματα παραμορφώνονται περισσότερο από τη διέλευση ενός βαρέως φορτηγού. Γι' αυτό άλλωστε ονομάζονται και εύκαμπτα. Θα μπορούσε να αναφερθεί ότι μια τέτοια διέλευση προκαλεί βύθιση της τάξης των 2 mm, ενώ στα δύσκαμπτα οδοστρώματα η βύθιση είναι ανεπαίσθητη.

Η πίεση στη διεπιφάνεια οδοστρώματος - εδάφους, κάτω από το φορτίο κυκλοφορίας είναι υψηλότερη στα εύκαμπτα οδοστρώματα. Θα μπορούσε να αναφερθεί ότι είναι της τάξης του 15% των φορτίων κυκλοφορίας, ενώ στην ίδια θέση στα δύσκαμπτα οδοστρώματα είναι της τάξης του 2-3%.

Τα οδοστρώματα σκυροδέματος θεωρούνται καταλληλότερα όταν τα φορτία είναι ισχυρά. Για αυτό και χρησιμοποιούνται στην Ευρώπη και στις Η.Π.Α. και στους κεντρικούς αυτοκινητόδρομους και λεωφόρους (αν και όχι συχνά). Χρησιμοποιούνται όμως συχνότερα στα οδοστρώματα αεροδρομίων, αφού τα φορτία των αεροσκαφών είναι μια τάξη μεγαλύτερα από τα αξονικά φορτία των φορτηγών.

Τα οδοστρώματα σκυροδέματος θεωρούνται καταλληλότερα " σε ορισμένες ειδικές περιπτώσεις καταπόνησης, όπως, όπου βαριά οχήματα σταθμεύουν ή κινούνται πολύ αργά (σε χώρους στάθμευσης φορτηγών, αεροσκαφών, πριν από διόδους ή σε μεγάλες ανηφόρες, σε χώρους στάσης λεωφορείων, σε προβλήτες λιμανιών, σε τελωνεία κλπ.).

Αυτό οφείλεται στο ότι η άσφαλτος έχει ρεολογική συμπεριφορά, οι παραμορφώσεις της δηλαδή εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου, οπότε μακροχρόνια δράση ισχυρών φορτίων θα προκαλούσε τοπικές παραμορφώσεις. Θεωρούνται επίσης όπου υπάρχει κίνδυνος να πέσουν λάδια ή καύσιμα στο οδόστρωμα (τα καύσιμα και λιπαντικά, ως παραπλήσιας χημικής σύστασης με την άσφαλτο την προσβάλλουν και την διαλύουν. Έτσι, σε χώρους μακροχρόνιας στάθμευσης, σε πρατήρια καυσίμων, σε συνεργεία, προτιμώνται οδοστρώματα σκυροδέματος). Θεωρούνται, τέλος, καταλληλότερα όπου οι αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες θα μπορούσαν να επηρεάσουν τα εύκαμπτα οδοστρώματα.

Χαρακτηριστική θέση ανάπτυξης υψηλών θερμοκρασιών είναι η αρχή των αεροδιαδρόμων, εξ αιτίας των θερμών -αερίων που εκβάλλουν οι κινητήρες των αεροσκαφών.

Τα οδοστρώματα σκυροδέματος θεωρείται ότι φθείρονται λιγότερο, έχουν δηλαδή μεγαλύτερη διάρκεια ζωής (έως και 40 χρόνια αντί για 25 των ισχυρών εύκαμπτων οδοστρωμάτων).

Η επιρροή της θερμοκρασίας στους δύο τύπους οδοστρωμάτων είναι διαφορετική. Η άσφαλτος είναι θερμοπλαστικό υλικό. Υψηλές θερμοκρασίες την μαλακώνουν και ως εκ τούτου τα εύκαμπτα οδοστρώματα είναι ιδιαίτερα ευπαθή σε τροχαυλακώσεις κατά τους θερινούς μήνες. Επίσης ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες την καθιστούν εύθραυστη, με συνέπεια να είναι ευπαθής σε ρηγματώσεις στις χαμηλές θερμοκρασίες.

Αντίθετα τα οδοστρώματα σκυροδέματος υφίστανται συστολές - διαστολές από τη μεταβολή της θερμοκρασίας, δράση που αντιμετωπίζεται με την όπλιση των πλακών και την κατασκευή αρμών. Η αναγκαιότητα των αρμών δημιουργεί με τη σειρά της προβλήματα ευπάθειας των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων στην περιοχή των αρμών τους. Συναφές είναι και το πρόβλημα των τάσεων από τη συστολή πήξης που εμφανίζεται, προφανώς, μόνο στα οδοστρώματα σκυροδέματος.

Η βασικότερη, ωστόσο, διαφοροποίηση μεταξύ εύκαμπτων και δύσκαμπτων οδοστρωμάτων θεωρείται ο τρόπος συμπεριφοράς του συστήματος στα φορτία κυκλοφορίας. Στα εύκαμπτα οδοστρώματα το σύστημα έδαφος - οδόστρωμα συμπεριφέρεται πιο ενιαία. Αν υπάρχει στο υπέδαφος ένα ασθενές σημείο (το οποίο δεν έχει εντοπισθεί και εξυγιανθεί κατά την κατασκευή), τότε υπό τα φορτία κυκλοφορίας το έδαφος στο σημείο αυτό δεν θα υποστεί καθίζηση.

Το υπερκείμενο οδόστρωμα δεν έχει αυτοτέλεια συμπεριφοράς, η υπόβαση, ως ασύνδετο υλικό θα καταρρεύσει ακολουθώντας την καθίζηση του εδάφους και η βάση επίσης ως ασύνδετο υλικό θα καταρρεύσει και αυτή. Ο ασφαλοτάτητας είναι

στρώση με δομική συνοχή, όμως δεν είναι ανίκανη να γεφυρώσει μεγάλα υποκείμενα κενά για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αργά ή γρήγορα θα καταρρεύσει και αυτός ακολουθώντας την παραμόρφωση της υποκείμενης βάσης. Αντίθετα, αν αυτό συμβεί σε οδόστρωμα σκυροδέματος η υπόβαση, προφανώς, θα καταρρεύσει ακολουθώντας την καθίζηση του εδάφους, αλλά η πλάκα σκυροδέματος μπορεί χωρίς πρόβλημα να γεφυρώσει καθιζήσεις υπό την επιφάνεια της, εφόσον είναι οπλισμένη, χωρίς να ραγίσει. Άρα κατά τρόπο παραπλήσιο (διότι δεν είναι και παρόμοια οπλισμένη) με τις τυπικές πλάκες ενός κτιρίου, οι οποίες δεν υποστηρίζονται παρά μόνο περιμετρικά. Δεν έχουμε δηλαδή τόσο μεγάλη συνοχή εδάφους οδοστρώματος, όπως αυτή των ευκάμπτων οδοστρωμάτων.

2.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ:

2.3.1. Κυκλοφοριόπηκτα οδοστρώματα

Από απόψεως εξυπηρέτησεως των συγκοινωνιών τα κυκλοφοριόπηκτα οδοστρώματα κατατάσσονται αμέσως μετά τα οδοστρώματα με ασφαλική επάλειψη, είναι όμως πιο οικονομικά. Πρέπει να δώσουμε μεγάλη προσοχή στην εξεύρεση των αδρανών υλικών για την κατασκευή του κυκλοφοριόπηκτου οδοστρώματος. Τα αδρανή είναι ο κυριότερος παράγοντας για την επιτυχία του οδοστρώματος.

2.3.2. Υδατόπηκτα σκυρωτά οδοστρώματα (MAC-ADAM)

Το σκυρωτό οδόστρωμα MAC - ADAM αποτελείται:

- Από τη στρώση θεμελίωσης
- Από τη στρώση της επιφάνεια κυλίσεως

Η κάτω στρώση θεμελίωσης έχει χαρακτηριστικά που εξαρτώνται από την φύση του εδάφους (επιφάνεια εδράσεως).

Πάχη στρώσεως επιφάνειας κυλίσεως.

- Πάνω στρώση (με στρώση θεμελίωσης) 10 - 15 εκ
- Πάνω στρώση (χωρίς στρώση θεμελίωσης) 20 - 25 εκ

2.3.3. Λιθόστρωτα οδοστρώματα

Λιθόστρωτα οδοστρώματα καλούνται όλες οι στρώσεις κυκλοφορίας της οδού από φυσικούς λίθους που τοποθετούνται με το χέρι και που εφαρμόζονται ο ένας δίπλα στον άλλο. Έντεχνα λιθόστρωτα μπορούν να κατασκευασθούν μόνο με τα χέρια και

από έμπειρο προσωπικό. Απαγορεύεται στην κατασκευή των λιθόστρωτων να χρησιμοποιείται πέτρωμα ή υλικό που μπορεί να γίνει λείο από την κυκλοφορία.



2.3.4. Εμπότιστα σκυρωτά με τσιμέντο

Στα εμπότιστα σκυρωτά με τσιμέντο, σαν συνδετική ύλη χρησιμοποιούμε μίγμα τσιμέντου, άμμου και νερού. Το οδόστρωμα αποτελείται από μια στρώση αδρανών υλικών (σκληρών και καθαρών) με διαστάσεις 2,5 -7,5 εκ. που διαστρώνονται στην εκσκαφή ή στην υποθεμελίωση . Κατά αυτόν τον τρόπο δημιουργούμε ένα σκυρωτό οδόστρωμα με συνδετική ύλη τσιμέντου - άμμου - νερού. Το μίγμα (τσιμεντοκονίαμα) εκτοξεύεται στο οδόστρωμα από την αντλία του αναμκτήρα.

2.3.5. Οδοστρώματα από άοπλο σκυρόδεμα

Αυτά τα οδοστρώματα ανήκουν στην κατηγορία των δύσκαμπτων. Από στατικής συμπεριφοράς, διαφέρουν από τα εύκαμπτα στο ότι συμπεριφέρονται υπό το βάρος του φορτίου σαν ένα στατικό δύσκαμπτο στοιχείο που εδράζεται σε ελαστικό υπόστρωμα ενώ τα εύκαμπτα διανέμουν το φορτίο με τον μηχανισμό των στρώσεων.

Πλεονεκτήματα οδοστρωμάτων από άοπλο σκυρόδεμα

- Τα απαιτούμενα υλικά (άμμος, χαλίκι , τσιμέντο και νερό) βρίσκονται παντού και πολλές φορές κοντά στο έργο.
- Είναι οικονομικό διότι χρησιμοποιούμε μηχανές.
- Έχει επιφάνεια ομαλή, κανονική όχι ολισθηρή και με μεγάλο βαθμό συνάφειας.
- Σε περίπτωση που φθείρεται η επιφάνεια, είναι δυνατή η εφαρμογή ασφαλικής επιστρώσεως.
- Μεγάλη διάρκεια ζωής (20 - 30 χρόνια) .

Μειονεκτήματα οδοστρωμάτων από άοπλο σκυρόδεμα

- Στερείται ελαστικότητας (δύσκαμπτο οδόστρωμα), η δε επιφάνεια του τρίβεται ευκολότερα από τα άλλα οδοστρώματα.
- Οι μεταβολές της θερμοκρασίας και η κακή ποιότητα του εδάφους προκαλούν ρήγματα σε αυτό.
- Προκαλείται θόρυβος από την διέλευση των οχημάτων.
- Παρουσιάζει δυσχέρειες κατασκευής στα σημεία διαβάσεως από έκχωμα σε επίχωμα .

2.3.6. Οδόστρωμα από οπλισμένο σκυρόδεμα

Τα δύσκαμπτα οδοστρώματα είναι συνήθως άοπλα όταν οι πλευρές κάθε πλάκας έχουν λόγο μικρότερο του 1,25. Αν ο λόγος των πλευρών δεν έχει την τιμή αυτή ή αν οι πλάκες δεν είναι ορθογωνικές τότε χρειάζεται οπλισμός και κατά τις δύο διευθύνσεις.

2.4 ΦΟΡΤΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

2.4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ο αριθμός των αεροσκαφών που χρησιμοποιούν ένα αεροδρόμιο είναι γενικώς μικρότερος από τον αριθμό των οχημάτων που χρησιμοποιούν έναν δρόμο.

Σε ιδανικές περιπτώσεις, ένας αεροδιάδρομος μπορεί να εξυπηρετεί 50 περίπου προσγειο-απογειώσεις την ώρα, ενώ μία λωρίδα κυκλοφορίας οδού μέχρι 2000 αυτοκίνητα την ώρα.

Η κατανομή επίσης της κυκλοφορίας στο πλάτος των διαδρόμων-τροχοδρόμων είναι ενδιαφέρουσα. Τα αεροσκάφη, εφοδιασμένα με ηλεκτρονικό εξοπλισμό ακριβείας μπορούν να προσγειώνονται με μεγάλη ακρίβεια σε τρόπο που το 78% της κυκλοφορίας να επιβαρύνει τα κεντρικά 12m πάνω κάτω του διαδρόμου.

Για τον σχεδιασμό όμως είναι σαφές ότι πρέπει να ληφθεί υπόψη το δυσμενέστερο σενάριο που θέλει το χειρότερο αεροπλάνο να προσπαθεί να εξυπηρετηθεί σε κάθε διάδρομο ή τροχόδρομο. Έτσι τα αεροδρόμια που έχουν ξεχωριστούς χώρους εξυπηρέτησεως διαφόρων τύπων α/φ όπως για παράδειγμα τις πολιτικής αεροπορίας

και της αεροπλοΐας, είναι και αναμενόμενο να έχουν διαφορετικούς τύπους οδοστρωμάτων ανά περιοχή.

Εξ' άλλου ανεξάρτητα από το βάρος α/φ, τα οδοστρώματα μπορεί να διαφοροποιούνται ανάλογα με τον τρόπο χρήσης τους. Κύρια διάκριση γίνεται μεταξύ των επιφανειών όπου τα α/φ προσεδαφίζονται, επιβραδύνουν, επιταχύνουν και σταθμεύουν.

Από τους τύπους α/φ που πρόκειται να εξυπηρετήσει το αεροδρόμιο θα πρέπει να επιλέξουμε αυτό που προκαλεί το χειρότερο αποτέλεσμα όσο αναφορά την φόρτιση του οδοστρώματος. Οι παράμετροι που επηρεάζουν αυτό το αποτέλεσμα είναι:

- Το μέγιστο βάρος του α/φ
- Το πλήθος των τροχών
- Η κατανομή του βάρους του α/φ στους τροχούς
- Η διάταξη των τροχών
- Η πίεση των ελαστικών
- Η μορφή της επιφάνειας επαφής των ελαστικών

Προφανώς, βασικό στοιχείο για να υπολογίσουμε το οδόστρωμα είναι το υποκείμενο εδαφικό υλικό που ανάλογα με την μέθοδο υπολογισμού περιγράφεται από μία ή και περισσότερες παραμέτρους.

Βασικός είναι ο ρόλος της συχνότητας της φορτίσεως. Ανάλογα με την κυκλοφορία του αεροδρομίου, ο αριθμός των επαναληπτικών φορτίσεων που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι 30-60000 περίπου.

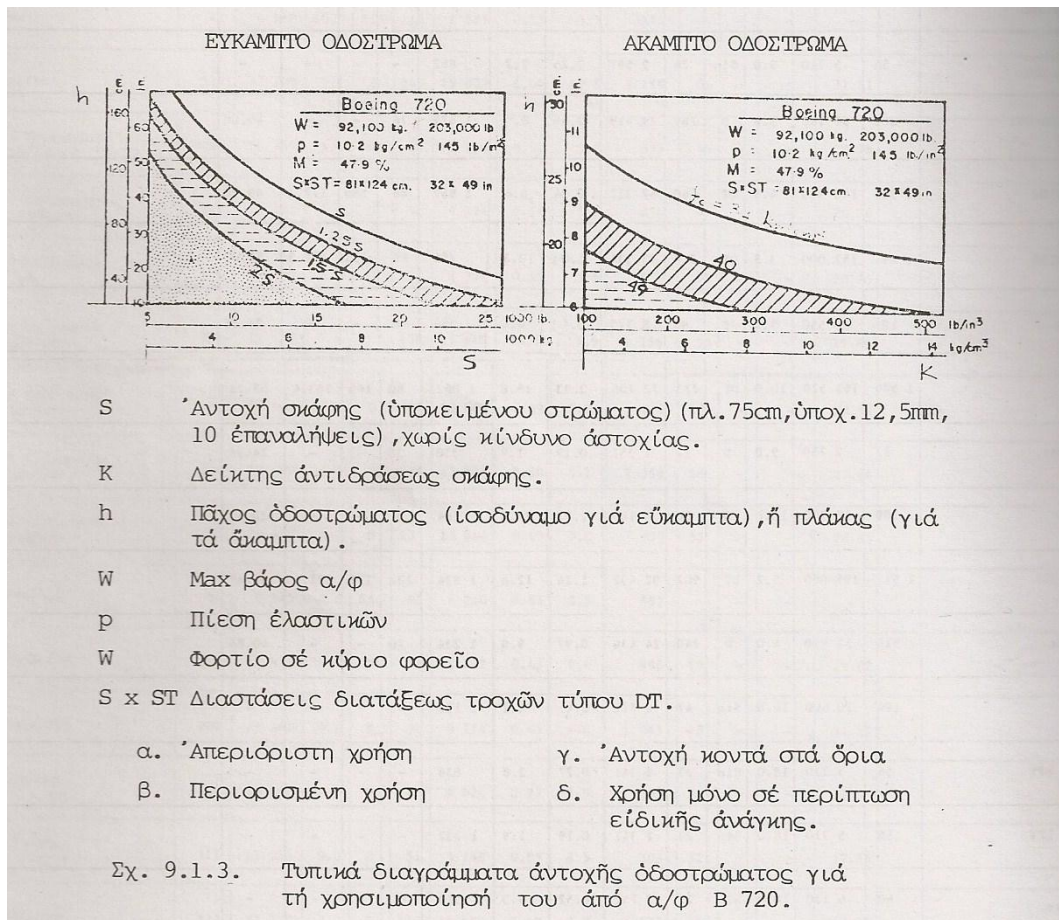
2.4.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι αναφοράς της αντοχής που έχει το οδόστρωμα ενός αεροδρομίου. Έτσι, η αντοχή ενός οδοστρώματος μπορεί να χαρακτηριστεί από τα εξής:

- Τα μέγιστο βάρος του α/φ που μπορεί με ασφάλεια να εξυπηρετήσει
- Το μέγιστο φορτίο φορείου τροχών που μπορεί να φέρει με ασφάλεια
- Τον αριθμό κατατάξεως του σε καθορισμένο σύστημα αναφοράς φορτίων

Οι δύο πρώτοι τρόποι είναι αυτονόητοι και αποτέλεσαν τους πρώτους και παλαιότερους τρόπους περιγραφής αντοχής. Ωστόσο επειδή η διάταξη των τροχών και η επιφάνεια επαφής τους με το οδόστρωμα-δηλαδή η πίεση των ελαστικών-ασκούν ουσιαστική επιρροή στον τρόπο που καταπονείται το οδόστρωμα, οι τρόποι οδηγούν στον έλεγχο κάθε τύπου α/φ για το συγκεκριμένο οδόστρωμα.

Το σχήμα παρακάτω (9.1.3) μας δείχνει τις δυνατότητες που έχει ένα συγκεκριμένο α/φ να εξυπηρετηθεί από ένα συγκεκριμένο οδόστρωμα.

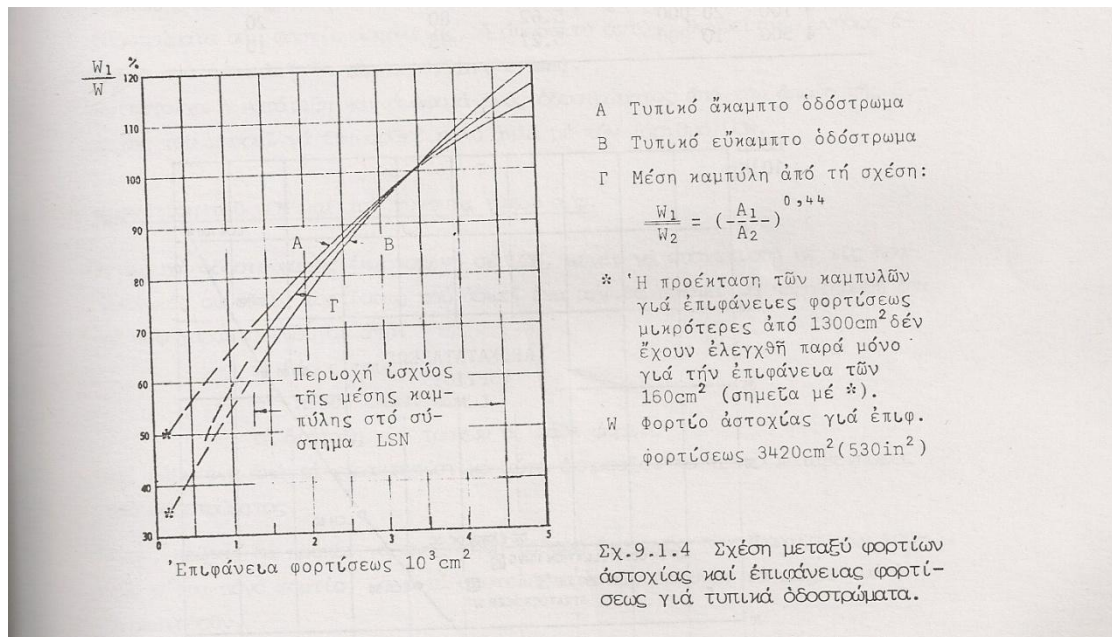


Η Τρίτη μέθοδος έχει εισαχθεί από τον ICAO και επικρατεί έναντι των υπολοίπων δύο. Στηρίζεται στην συσχέτιση ενός φορτίου που προκαλεί την αστοχία του οδοστρώματος και της επιφάνειας, μέσω της οποίας το φορτίο επιβάλλεται. Έρευνες αποδεικνύουν την αξιοπιστία της σχέσης:

$$\frac{W_1}{W_2} = \left[\frac{A_1}{A_2} \right]^{0.44}$$

Όπου W_1 είναι το φορτίο που προκαλεί την αστοχία ενός οδοστρώματος και εφαρμόζεται μέσω κυκλικής πλάκας επιφάνειας A_1 και $W_2 \neq W_1$ είναι το φορτίο που προκαλεί την αστοχία του ίδιου οδοστρώματος, αλλά εφαρμόζεται μέσω μίας κυκλικής πλάκας επιφάνειας A_2 .

Σχετικό είναι και το παρακάτω σχήμα (9.1.14).



2.4.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΟΥ LCN ΚΑΙ ΤΟΥ ΤΥΧΑΙΟΥ ΤΥΠΟΥ α/φ

Η αντοχή οδοστρώματος εκφρασμένη σε LCN μένει να συσχετισθεί με τις πραγματικές συνθήκες φορτίσεως που ασκεί ένα α/φ. Τα α/φ χαρακτηρίζονται από το βάρος τους, την πίεση των ελαστικών και την διάταξη των τροχών σε κάθε φορείο και κάθε ένα από αυτά τα χαρακτηριστικά επηρεάζει τον τρόπο που καταπονείται το οδόστρωμα.

Έτσι πρώτα θα πρέπει να αναζητήσουμε τον τρόπο αναγωγής των πραγματικών τροχών σε ένα μόνο φορτίο, ώστε τα αποτελέσματα των ερευνών να μπορούν να αξιοποιηθούν.

ESWL (equivalent single wheel load) ή αλλιώς ισοδύναμο φορτίο μοναδιαίου τροχού είναι το φορτίο ενός μόνο τροχού που δρώντας με την ίδια πίεση παράγει το κρίσιμο αποτέλεσμα σένα οδόστρωμα με το πραγματικό σύστημα τροχών.

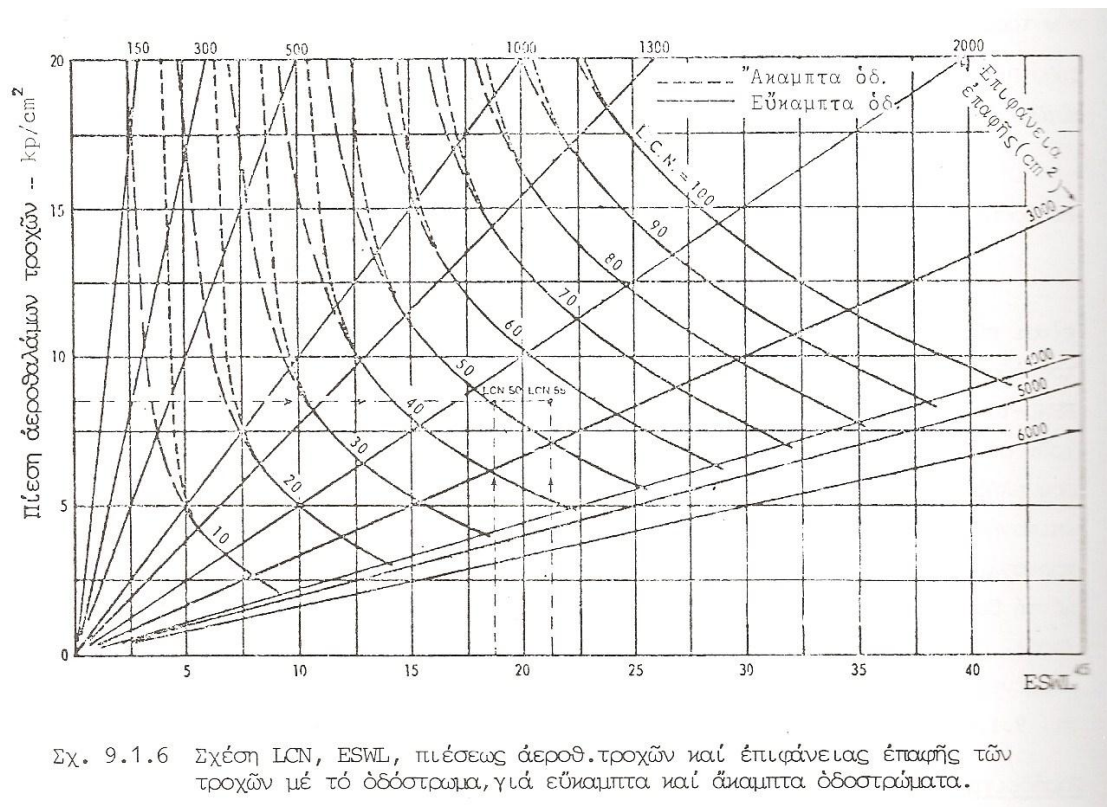
Η πίεση με την οποία ασκείται το φορτίο παραμένει ίδια ενώ σαν κρίσιμο αποτέλεσμα θεωρείται εκείνο που αντιστοιχεί στο φορτίο αστοχίας διαιρεμένο με τον αποδεκτό συντελεστή ασφαλείας.

Το ESWL ενός α/φ που έχει μόνο έναν τροχό σε κάθε φορείο μπορεί να θεωρηθεί ίσο προς το φορτίο του τροχού, με την παραδοχή ότι η επιφάνεια επαφής του τροχού μπορεί να εξομοιωθεί με τον κύκλο ίσης επιφάνειας.

Το ESWL ενός α/φ που έχει δύο ή περισσότερους τροχούς σε κάθε φορείο είναι δυσκολότερο να προσδιοριστεί μιας και η διάταξη σε διαφορετικά οδοστρώματα είναι δυνατόν να δώσει διαφορετικά αποτελέσματα.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ: Αν ένα α/φ έχει $ESWL=15900$ Kp και πίεση αεροθαλάμων 10.5 Kp/cm^2 , το διάγραμμα του σχ.9.1.6 δείχνει ότι το LCN του α/φ είναι 50 και κάθε οδόστρωμα με $LCN \geq 50$ μπορεί με ασφάλεια να το εξυπηρετήσει.

Αν ληφθεί ένα ορισμένο βάρος για κάθε τύπο α/φ, όπως για παράδειγμα το μέγιστο βάρος, μπορούμε να προσδιορίσουμε την τιμή LCN. Η σωστή μέθοδος όμως είναι για κάθε βάρος α/φ να προσδιοριστεί το αντίστοιχο ESWL και μέσω του διαγράμματος να βρίσκουμε το αντίστοιχο LCN. Αυτό χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις όπου θέλουμε να ελέγξουμε αν το οδόστρωμα του αεροδρομίου μπορεί να εξυπηρετήσει ένα βαρύ τύπο α/φ με μειωμένο βάρος. Σε αυτή την περίπτωση γίνεται χρήση βοηθητικών διαγραμμάτων που υπάρχουν για να δίνουν το αντίστοιχο ESWL για κάθε τύπο φορείου ή α/φ και πάχος οδοστρώματος.

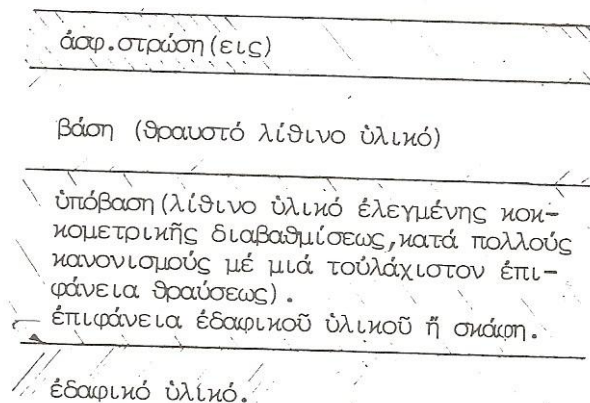


Σχ. 9.1.6 Σχέση LCN, ESWL, πιέσεως αεροθ.τροχών και έπιφάνειας έπαφής των τροχών μέ τό οδόστρωμα, για εύκαμπτα και άκαμπτα οδοστρώματα.

2.5 ΑΡΧΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΕΥΚΑΜΠΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

2.5.1 Αρχές υπολογισμού εύκαμπτων οδοστρωμάτων

Τα εύκαμπτα οδοστρώματα των αεροδρομίων διαμορφώνονται με τον ίδιο τρόπο με τα οδοστρώματα των οδών.



Σχ.9.2.1 Σχηματική διαμόρφωση εύκαμπτου οδοστρώματος αεροδρομίου.

Τα εύκαμπτα οδοστρώματα των αεροδρομίων διαμορφώνονται με τον ίδιο τρόπο της διαμόρφωσης των οδοστρωμάτων των οδών μιας και το σκεπτικό είναι το ίδιο. Τα φορτία τάσης προκαλούν τάσεις οι οποίες δεν μπορούν να αναληφθούν από το έδαφικό υλικό και ως αποτέλεσμα απαιτείται μια διαδοχή στρώσεων με καλύτερη αντοχή η μία από την άλλη (από κάτω προς τα πάνω) ώστε να μπορούν να αναληφθούν τα φορτία των τροχών και οι τάσεις στο επίπεδο επαφής οδοστρώματος και έδαφικού υλικού να υποβαθμίζονται σε τέτοιο βαθμό ώστε το έδαφικό υλικό να τις αναλαμβάνει με ασφάλεια.

Εξαιτίας των εφελκυστικών τάσεων που αναπτύσσονται στην επιφάνεια κρίνεται απαραίτητη μία σύνδεση των κόκκων στις επιφανειακές στρώσεις προκειμένου να αντιμετωπιστούν, μιας και οποιαδήποτε απουσία συνδετικού υλικού οδηγεί στην απόσπαση των κόκκων.

Οι θεωρητικές μέθοδοι δηλαδή το σύστημα δύο, τριών η και περισσότερων ελαστικών στρώσεων, προϋποθέτει μερικές βασικές παραδοχές :

- Το υλικό κάθε στρώσης είναι ομοιογενές και ισότοπο.
- Κάθε στρώση του οδοστρώματος έχει συγκεκριμένο πάχος ενώ η στρώση του εδαφικού υλικού από το τέλος της υποβάσεως και προς τα κάτω, εκτείνεται απεριόριστα.
- Κάθε στρώση επεκτείνεται απεριόριστα προς τα πλάγια.
- Στις διαχωριστικές επιφάνειες αναπτύσσεται πλήρης τριβή και ως αποτέλεσμα δεν υπάρχει ολίσθηση μεταξύ των στρώσεων.
- Αναγνωρίζεται η ελαστική συμπεριφορά των στρώσεων που ελέγχεται από το μέτρο ελαστικότητας E και τον λόγο Poisson μ .
- Δεν υπάρχουν επιφανειακές διατμητικές τάσεις.

2.5.2 Τεχνολογία των εύκαμπτων οδοστρωμάτων των αεροδρομίων

Δεν υπάρχουν ουσιαστικές διαφορές με τα εύκαμπτα οδοστρώματα των οδών, όμως υπάρχουν οι εξής:

- Η χρήση (από τα α/φ) τροχών με υψηλότερη πίεση αεροθαλάμων απ' ό τι στα συνήθη οδικά οχήματα
- Οι μεγαλύτερες ταχύτητες
- Η συγκέντρωση της κυκλοφορίας σε στενό πλάτος σχετικά με το πραγματικό πλάτος του οδοστρώματος
- Τα μεγάλα πλάτη των οδοστρωμάτων

Όλα αυτά συνεπάγονται με υψηλότερες απαιτήσεις στα υλικά και στην ποιότητα κατασκευής, προκειμένου να εξασφαλιστούν τα εξής:

- Ομαλότερη επιφάνεια κυλίσεως
- Σωστές συνθήκες απορροής όμβριων υδάτων
- Καλύτερα ασφαλτικά μίγματα που σε κάποιες θέσεις επιπονούνται πολύ ενώ σε κάποιες άλλες κινδυνεύουν από τα επακόλουθα προβλήματα της γήρανσης της ασφάλτου

Επομένως λοιπόν θα πρέπει να έχουν αυστηρή τήρηση των ειδικών προδιαγραφών των υλικών και της κατασκευής καθώς και σχολαστική τήρηση της προβλεπόμενης από τη μελέτη και τους κανονισμούς της οριζοντιογραφική και υψομετρική γεωγραφία.

Η σωστή κατασκευή ξεκινάει πάντοτε από τις χωματουργικές εργασίες. Έχει ιδιαίτερη σημασία κατά την κατασκευή να επιτυγχάνεται ένας υψηλός βαθμός συμπακνώσεως. Σε περίπτωση διαδοχής ορυγμάτων-επιχωμάτων πρέπει να κατασκευάζονται μεταβατικές ζώνες με ιδιαίτερη επιμέλεια. Άλλη μία προϋπόθεση σωστής κατασκευής και συμπεριφοράς του χωματουργικού τμήματος είναι και η καλή στράγγιση.

Το υλικό των βάσεων και των υποβάσεων είναι λίθινο ελεγμένης κοκκομετρικής διαβαθμίσεως κατά κανόνα θραυστό. Για την υποβάση επιτρέπεται από ορισμένους κανονισμούς συλλεκτό υλικό, ενώ κάποιοι επιβάλλουν οι κόκκοι να έχουν μία

τουλάχιστον επιφάνεια θραύσεως. Οι στρώσεις που κατασκευάζονται είναι συμπτυκνωμένου πάχους 10-12 cm.

Η διάστρωση πρέπει να γίνεται πάντα με οδοστρωτήρες (finishers) σε λωρίδες, όσο το δυνατόν μεγαλύτερου πλάτους. Έχει σημασία η επαφή των λωρίδων να γίνεται πριν από την πτώση της θερμοκρασίας του ασφαλτομίγματος για να αποφεύγονται οι ανωμαλίες και η ανομοιογένεια συμπεριφοράς του υλικού στις ραφές.

Τα αδρανή που χρησιμοποιούνται, πλην της άμμου, πρέπει να είναι προϊόν θραύσεως. Τα σκληρά αδρανή γενικά προτιμούνται διότι δίνουν αντιολισθηρή επιφάνεια. Γενικά, οι προδιαγραφές των υλικών και της κατασκευής είναι ανάλογες των οδικών έργων.

2.5.3 Μέθοδοι υπολογισμού εύκαμπτων οδοστρωμάτων αεροδρομίων

A. ΜΕΘΟΔΟΣ CBR

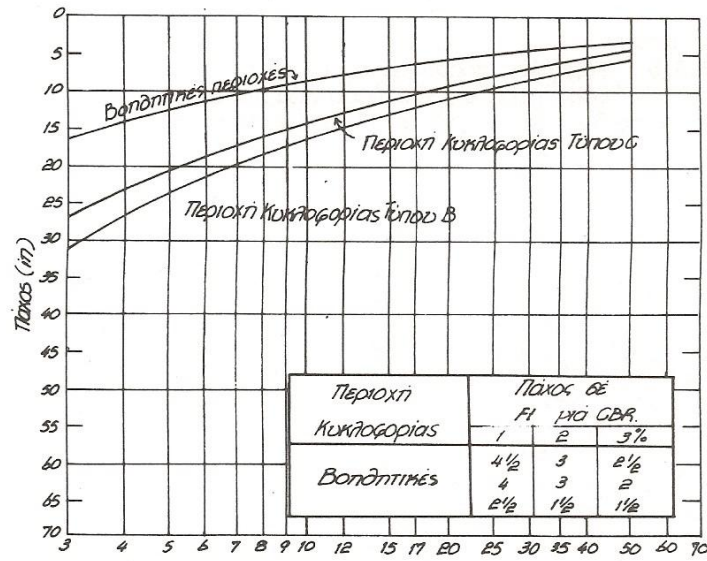
Η μέθοδος CBR είναι μία εμπειρική μέθοδος που χαρακτηρίζεται από μία απλότητα στη χρήση της αλλά και στις εργοταξιακές και εργαστηριακές δοκιμές που απαιτεί. Η βασική θεώρηση είναι το πάχος του οδοστρώματος να είναι τόσο ώστε το υποκείμενο εδαφικό υλικό να μπορεί να φέρει τα φορτία κυκλοφορίας με ασφάλεια. Η δυνατότητα αυτή εκφράζεται με το CBR του εδαφικού υλικού. Πρέπει λοιπόν να κάνουμε ορισμένες συσχετίσεις μεταξύ

- Του πάχους του οδοστρώματος και του επιθυμητού CBR της υποκείμενης στρώσης ή
- Του καθορισμένου CBR του εδαφικού υλικού και του απαιτούμενου πάχους του οδοστρώματος

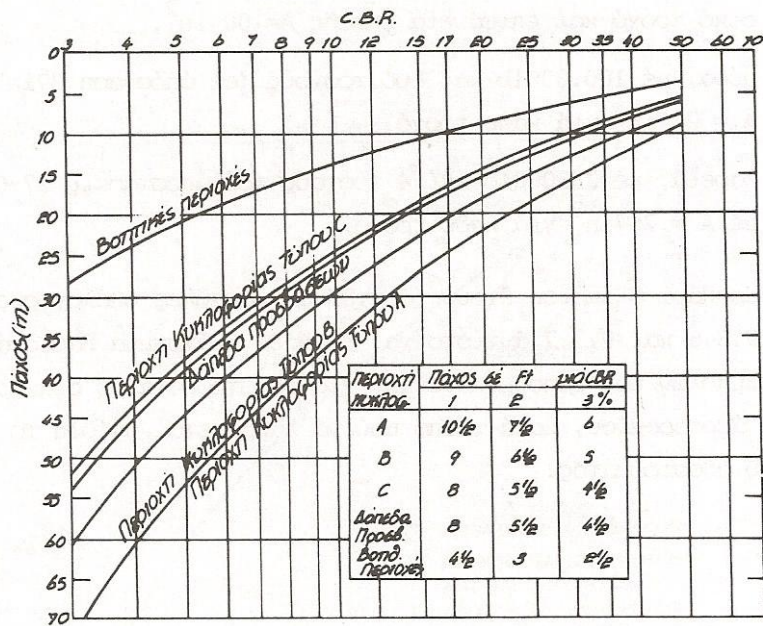
Τα οδοστρώματα γενικά χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες :

- Ελαφριά, με φορτίο φορείου για τον υπολογισμό 25000Ib, μοναδικό τροχό και επιφάνεια επαφής $A=100in^2$
- Μεσαία, με 100.000Ib και 2 τροχούς με $A=267in^2$ για κάθε τροχό.
- Βαριά, με 265.000Ib και 4 τροχούς με $A=267in^2$ για κάθε τροχό.

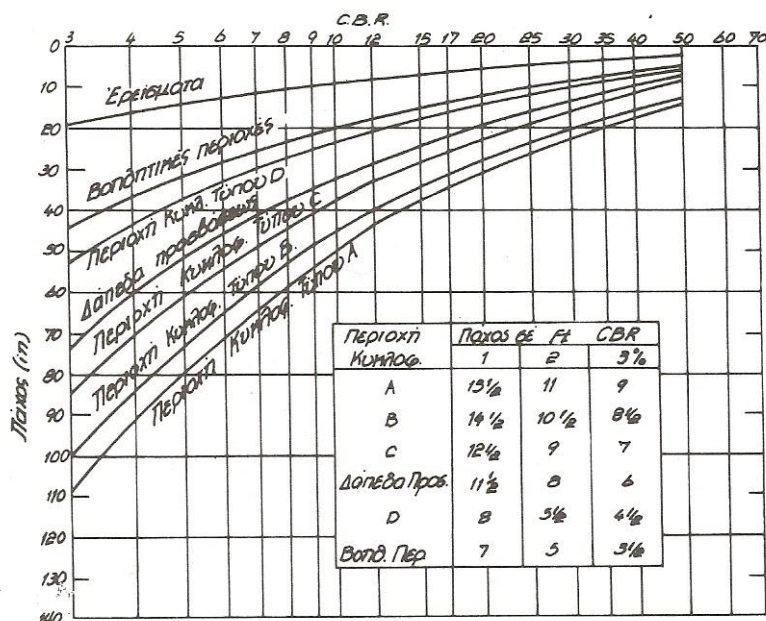
Με βάση την παραπάνω διάκριση, έχουν χαραχθεί οι καμπύλες υπολογισμού των παρακάτω σχημάτων. Σε κάθε διάγραμμα παριστάνεται μία οικογένεια καμπυλών που χρησιμοποιείται για οδοστρώματα σε διαφορετικές περιοχές του αεροδρομίου έτσι ώστε να λαμβάνουμε υπόψη το κυκλοφοριόπηκτο του οδοστρώματος.



Σχ. 9.3.5 Καμπύλες προσδιορισμού πάχους εύκαμπτων οδοστρωμάτων, για οδοστρώματα έλαφριά - Μοναδιαίως τροχός -A = 100 in².



Σχ. 9.3.6 Καμπύλες προσδιορισμού πάχους εύκαμπτων οδοστρωμάτων για οδοστρώματα μεσαία - διπλοί τροχοί σε 37 in απόσταση άξονων - A = 267 in².



Σχ. 9.3.7 Καμπύλες προσδιορισμού πάχους ευνιάμπτων οδοστρωμάτων για οδοστρώματα βαρειά-διπλοί τροχοί σε διπλό άξονα με απόστασεις μεταξύ 37 - 62 - 37 in, A = 267 in².

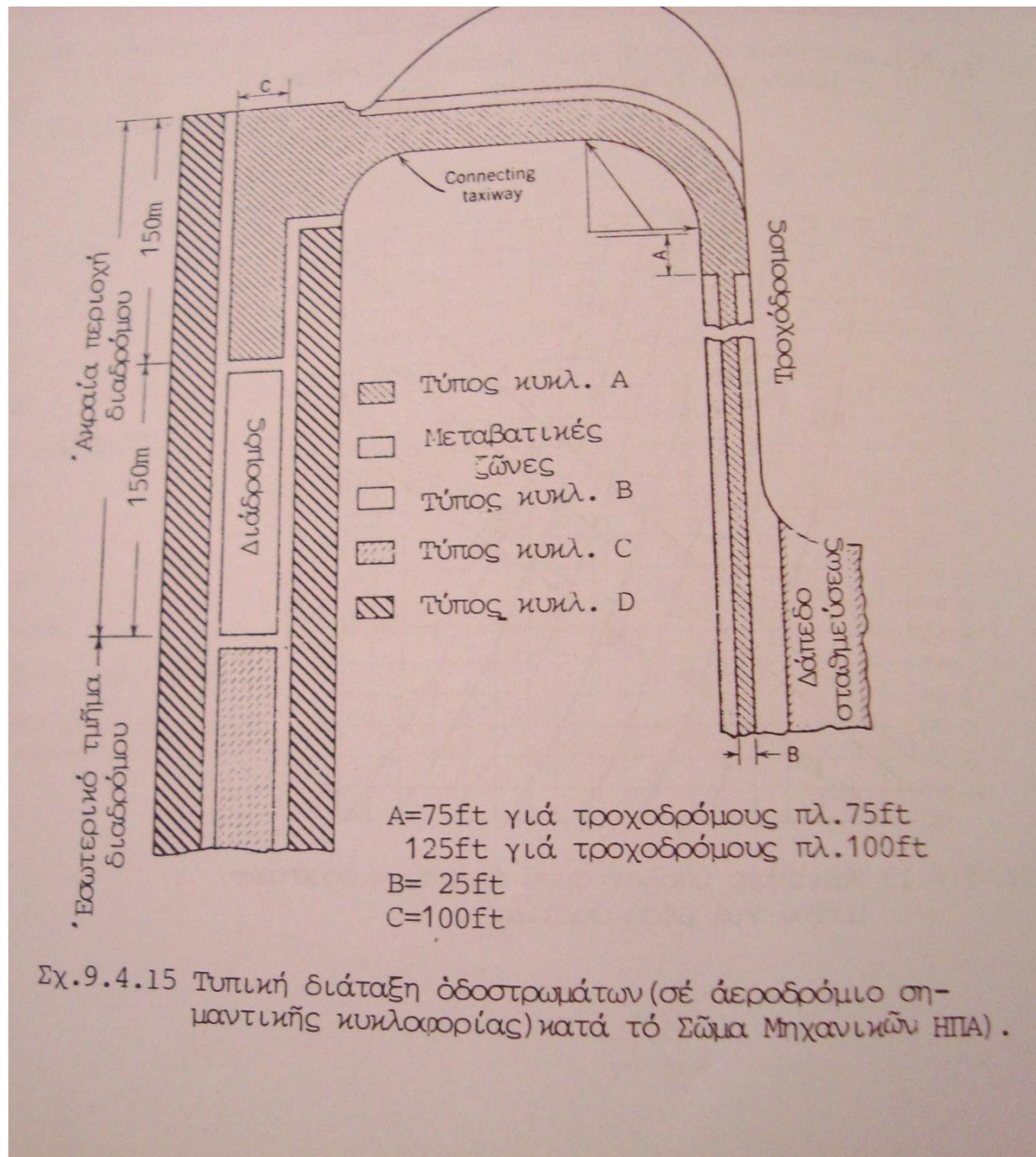
Κάθε διάγραμμα αντιστοιχεί σε ένα είδος οδοστρώματος. Στον άξονα των τετημεμένων διαβάζεται η τιμή του CBR της εκάστοτε στρώσης. Η τιμή αυτή προκύπτει από τις εργαστηριακές δοκιμές και επαληθεύεται όταν οι χωματουργικές εργασίες φτάσουν στη στάθμη που να πλησιάζει την προβλεπόμενη από τη μελέτη τελική επιφάνεια σκάφης. Οι καμπύλες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό:

- Του συνολικού πάχους του οδοστρώματος
- Του πάχους της βάσης, σύμφωνα με το CBR της υπόβασης

Στο σχήμα 9.4.15 φαίνονται οι περιοχές κυκλοφορίας ενός αεροδρομίου. Αναλυτικότερα έχουμε:

- Η περιοχή A είναι αυτή που συγκεντρώνει τη μεγαλύτερη κυκλοφορία α/φ με το μεγαλύτερο φορτίο. Γενικά είναι οι περιοχές των πρώτων 150μ των διαδρόμων, των δαπέδων στάσεως παρά τα άκρα των διαδρόμων, των κυρίων τροχοδρόμων. Αυτή η περιοχή υπολογίζεται για 25000περάσματα για τα βαρύτερα α/φ εκτός των B-52 η για 10000περάσματα για τα B-52.

- Η περιοχή B είναι εκείνη που συγκεντρώνει συνηθισμένη κυκλοφορία 5000περάσματα για το βαρύτερο τύπο με το μέγιστο φορτίο του. Η περιοχή αυτή είναι τα επόμενα 150μ των άκρων των διαδρόμων, τα δάπεδα σταθμεύσεως, τα δάπεδα συντηρήσεως κτλπ.
- Η περιοχή C αντιστοιχεί σε περιοχές που επιπονούνται λιγότερο κυρίως επειδή τα α/φ κυκλοφορούμε μεγάλες ταχύτητες και εξαιτίας αυτού η επιπόνηση του οδοστρώματος είναι μικρότερη. Η περιοχή C υπολογίζεται για 5000περάσματα και αντιστοιχεί στο εσωτερικό τμήμα του διαδρόμου, δευτερεύοντες τροχόδρομους κτλπ.
- Η περιοχή D είναι περιοχή περιστασιακής κυκλοφορίας α/φ. Τέτοια περιοχή προβλέπεται μόνο σε αεροδρόμια που υποδέχονται B-52 και αποτελούνται από 2 λωρίδες πλάτους 30μ, ενώ υπολογίζονται για 200 περάσματα μόνο.



Β. Μέθοδος της FAA (Federal Aviation Administration- Ομοσπονδιακή Διοίκηση Πολιτικής Αεροπορίας των ΗΠΑ)

Η μέθοδος αυτή αφορά τα οδοστρώματα που χρησιμοποιούνται από α/φ με βάρος μεγαλύτερο των 30000lb. Χρησιμοποιείται για τα πολιτικά αεροδρόμια των ΗΠΑ

αλλά και για αεροδρόμια άλλων χωρών. Βασικός άξονας της μεθόδου είναι η κατάταξη του εδαφικού υλικού έδρασης ανάλογα με:

- Την κατάταξη του εδαφικού υλικού σύμφωνα με τις φυσικές ιδιότητες και τη μηχανική του συμπεριφορά
- Τις συνθήκες αποστράγγισης
- Την ύπαρξη ή μη των προβλημάτων παγετοπληξίας.

Τέλος, λαμβάνουμε υπόψη την επιρροή του κρίσιμου φορτίου του α/φ και το μέγεθος της κυκλοφορίας.

Στους πίνακες που ακολουθούν (9.3.4 και 9.3.5) φαίνεται η κατάταξη των εδαφικών υλικών με βάση την μέθοδο FAA για τον υπολογισμό των εύκαμπτων οδοστρωμάτων.

Πίν. 9.3.4 Κατάταξη έδαφικών υλικών κατά την FAA, για τον υπολογισμό εύκαμπτων όδοστρωμάτων.

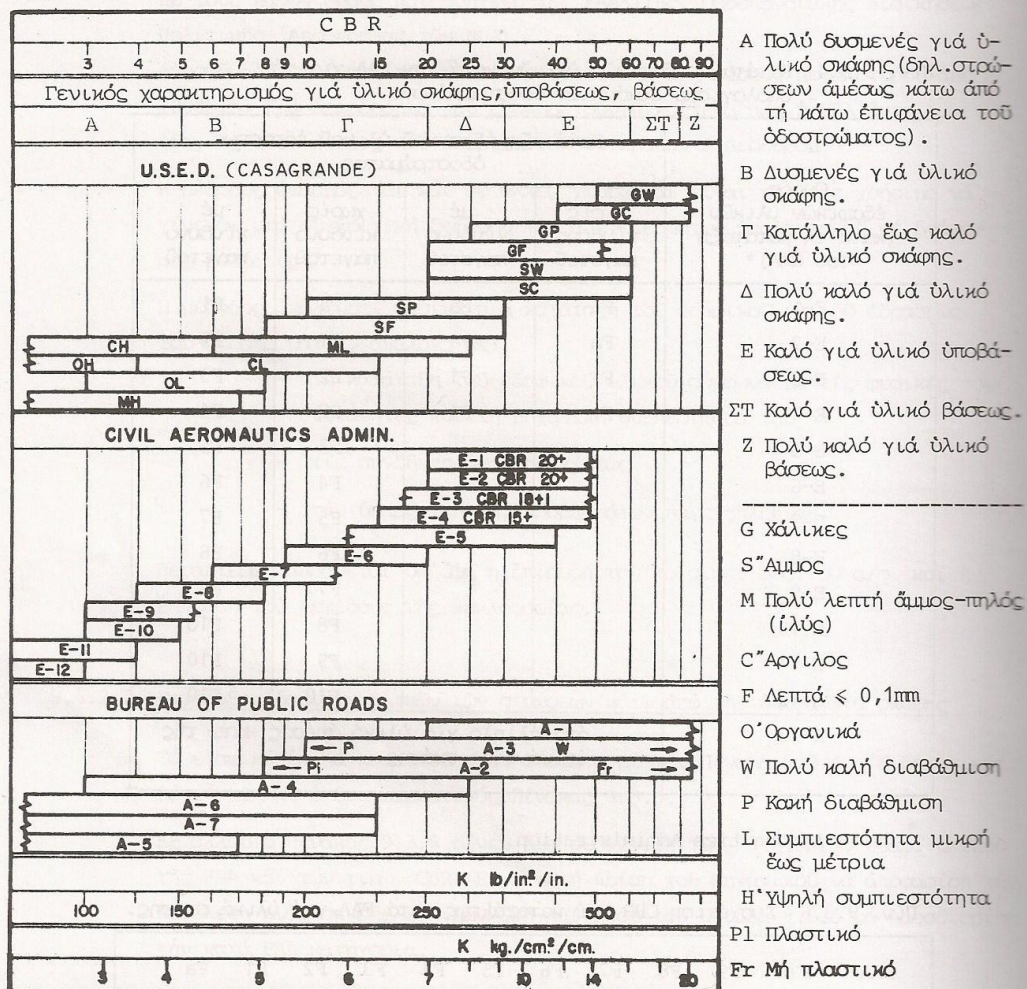
Όμιδα έδαφικών υλικών (κατά τή κατάταξη του CAA) *	Κατάταξη έδαφικού υλικού έδράσεως όδοστρώματος			
	χωρίς κίνδυνο παγετού	μέ κίνδυνο παγετού	χωρίς κίνδυνο παγετού	μέ κίνδυνο παγετού
E-1	Fa	Fa	Fa	F1
E-2	Fa	Fa	F1	F2
E-3	F1	F1	F2	F3
E-4	F1	F1	F2	F4
E-5			F3	F5
E-6			F4	F6
E-7			F5	F7
E-8			F6	F8
E-9			F7	F9
E-10			F8	F10
E-11			F9	F10
E-12			F10	F10
E-13	όμοιατάλληλο για υλικό άμέσως κάτω τής έπιφάνειας σιάνης.			

* Civil Aeronautics Administration.

Πίν. 9.3.6 Συσχέτιση CBR καί κατατάξεως κατά FAA για υλικά σιάνης.

FAA	F10	F9	F8	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	Fa
CBR	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	10	12	14,5	18	20

Πίν. 9.3.5 Συσχέτιση κατατάξεων έδ.ύλικών κατά διάφορα συστήματα, CBR & K.



- A Πολύ δυσμενές για ύλικό σκάφης (δηλ. στρώσεων άμέσως κάτω από τή κάτω έπιφάνεια του οδοστρώματος).
- B Δυσμενές για ύλικό σκάφης.
- Γ Κατάλληλο έως καλό για ύλικό σκάφης.
- Δ Πολύ καλό για ύλικό σκάφης.
- E Καλό για ύλικό υποβάσεως.
- ΣΤ Καλό για ύλικό βάσεως.
- Z Πολύ καλό για ύλικό βάσεως.
-
- G Χάλικες
- S Άμμιας
- M Πολύ λεπτή άμμιας-πηλός (ίλύς)
- C Άργιλος
- F Λεπτά < 0,1mm
- O Οργανικά
- W Πολύ καλή διαβάθμιση
- P Κακή διαβάθμιση
- L Συμπιεστότητα μικρή έως μέτρια
- H Ύψηλή συμπιεστότητα
- Pl Πλαστικό
- Fr Μή πλαστικό

Πηγή: ICAO Aerodrome Design Manual-Part 3-Pavements-1977

Σημειώσεις:

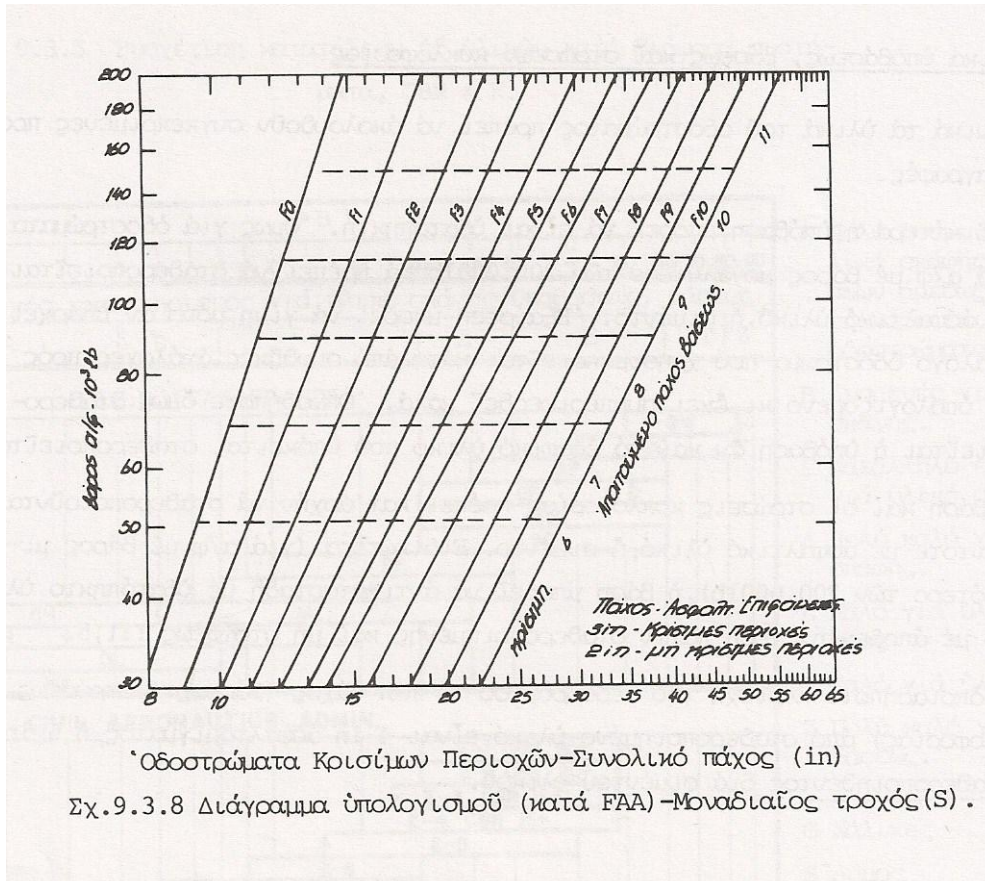
Οι συσχετίσεις είναι ένδεικτικές και δέν μπορούν να υποκαταστήσουν τίς άναγκαίεις δοκιμές προσδιορισμού των CBR, K κλπ. Πυριγενή ύλικά A-5 μπορεί να έχουν CBR > 80

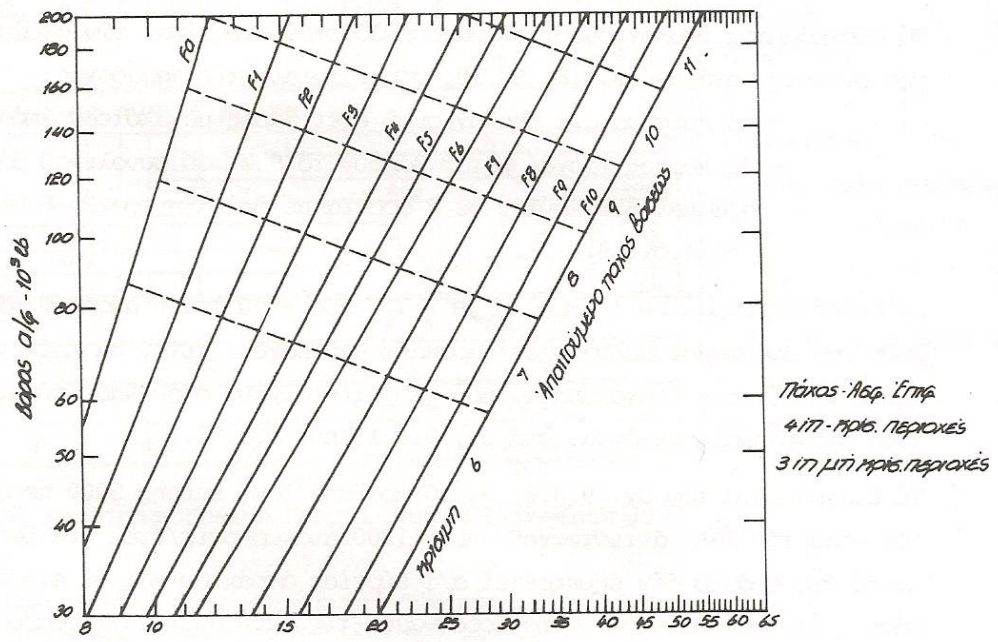
Υλικά υπόβασης, βάσης και στρώσεων κυκλοφορίας και διαγράμματα υπολογισμού του πάχους του οδοστρώματος

Γενικά τα υλικά του οδοστρώματος πρέπει να πληρούν συγκεκριμένες προδιαγραφές. Η υπόβαση πρέπει να είναι υδατόπηκτη και ανάλογα τα φορτία που παραλαμβάνει να σταθεροποιείται με ασφαλτικό ύλικό η τσιμέντο. Η βάση και οι στρώσεις κυκλοφορίας πρέπει και αυτές να σταθεροποιούνται με ασφαλτικό ύλικό εξαρχής.

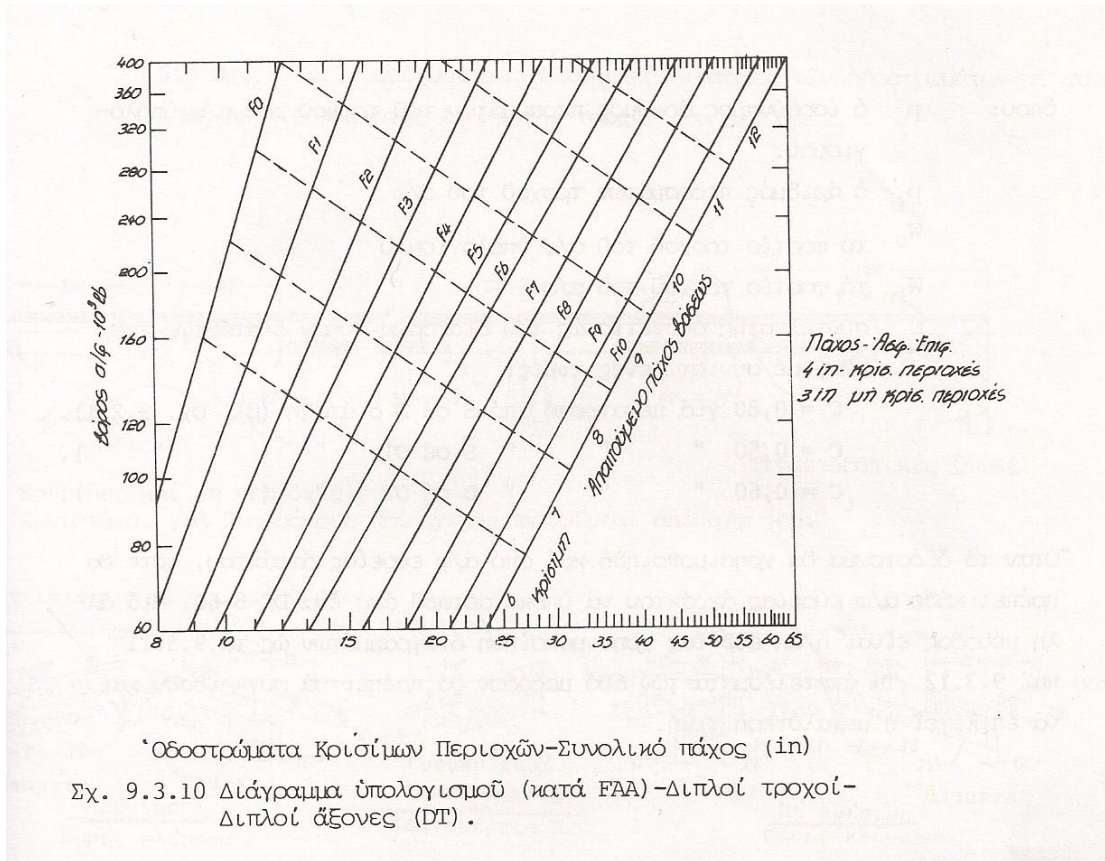
Στα ακόλουθα σχήματα (9.3.8, 9.3.9, 9.3.10) φαίνονται τα διαγράμματα υπολογισμού του πάχους του οδοστρώματος και των στρώσεων του, τα οποία στηρίζονται στα εξής:

- Το κρίσιμο α/φ υπολογισμού έχει βάρος μεγαλύτερο από 30000lb
- Οι κύριοι τροχοί μεταβιβάζουν το 95% του συνολικού βάρους του α/φ





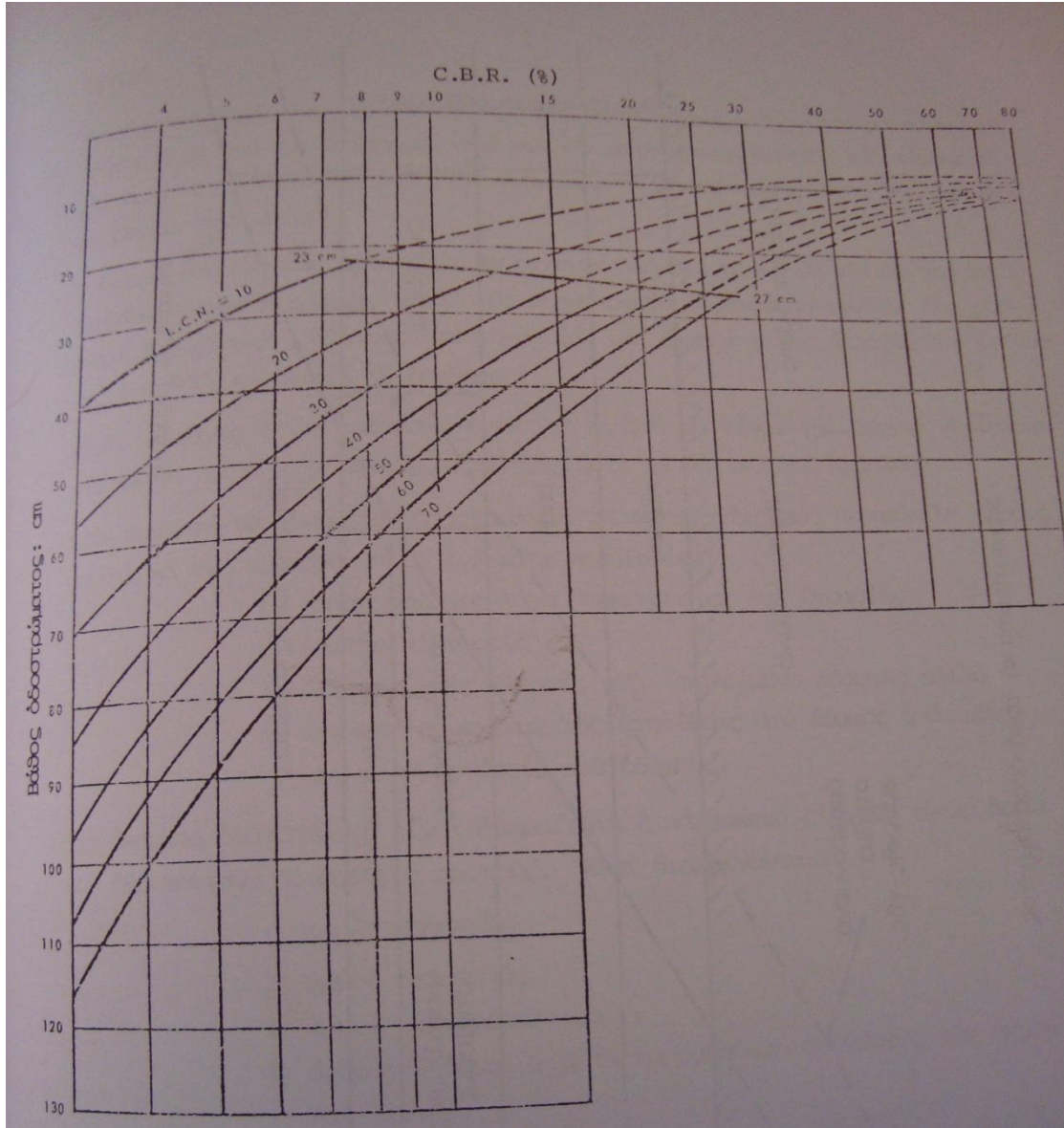
Όσοστράματα Κρισίμων Περιοχών-Συνολικό πάχος (in)
 Σχ. 9.3.9 Διάγραμμα ύπολογισμοῦ (κατά FAA)-Διπλοί τροχοί (D).



Γ. Μέθοδος υπολογισμού εύκαμπτου οδοστρώματος με την χρήση του αριθμού κατάταξης φορτίου LCN

Ο υπολογισμός του οδοστρώματος μπορεί να γίνει απλά με την χρήση ενός διαγράμματος καμπυλών LCN/CBR του εδαφικού υλικού.

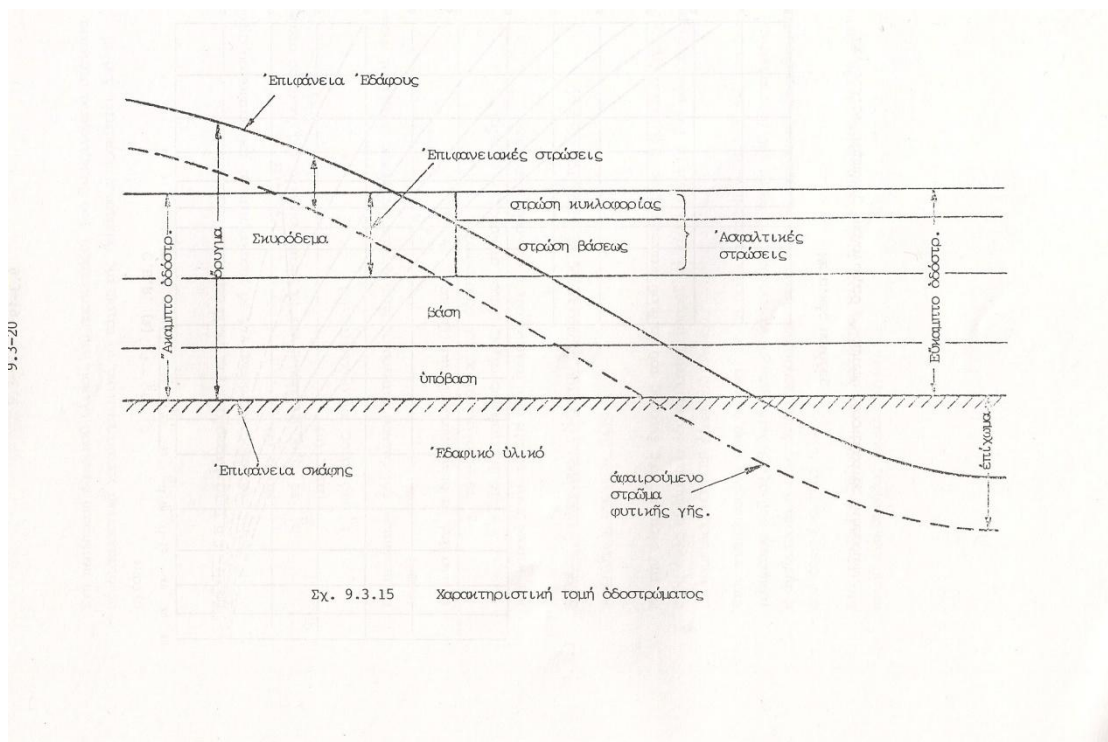
Έτσι για συγκεκριμένο τύπο α/φ και με τον συνδυασμό των πινάκων 9.3.1 και του σχ.9.3.14 έχουμε την δυνατότητα να υπολογίσουμε το πάχος του οδοστρώματος.



ΜΕΤΡΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

Σχ. 9.3.14 Καμπύλες υπολογισμού εύκαμπτου οδοστρώματος διαδρόμων.

Τέλος, στο σχ.9.3.15 μπορούμε να παρατηρήσουμε μία χαρακτηριστική τομή ενός οδοστρώματος.



2.6 ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΚΑΜΠΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Ως άκαμπτο οδόστρωμα εννοούμε μια σχετικά λεπτή πλάκα από σκυρόδεμα πάνω στο έδαφος ή σε ένα υλικό υπόβασης. Μιας και το μέτρο ελαστικότητας της πλάκας είναι κατά πολύ μεγαλύτερο του εδάφους το μεγαλύτερο ποσοστό της αντοχής οφείλεται στην πλάκα. Η ένταση στα άκαμπτα οδοστρώματα οφείλεται σε διάφορους παράγοντες όπως τα φορτία των τροχών, οι μεταβολές της θερμοκρασίας και της υγρασίας καθώς και διάφορες ογκομετρικές αλλαγές στο υπέδαφος ή στην υπόβαση.

Οι παράγοντες που προκαλούν τις τάσεις μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής :

- Παραμορφώσεις λόγω θερμοκρασίας και υγρασίας
- Εξωτερικά φορτία
- Ογκομετρικές αλλαγές στο υποκείμενο εδαφικό υλικό
- Διακοπή της στήριξης στο έδαφος λόγω μόνιμων παραμορφώσεων του

Στα άκαμπτα οδοστρώματα κρίνεται απαραίτητη η κατασκευή αρμών που εξυπηρετούν ορισμένους σκοπούς και διακρίνονται στις εξής κατηγορίες :

- Αρμοί συστολής

- Αρμοί διαστολής
- Αρμοί κατασκευής
- Αρθρωτοί αρμοί για την παρεμπόδιση ανυψώσεως των ακμών και των γωνιών

Οι αρμοί συστολής και διαστολής σκοπό έχουν να ανακουφίζουν την πλάκα από τις τάσεις που δημιουργούνται από τις μεταβολές της θερμοκρασίας.

Οι κατασκευαστικοί αρμοί εξυπηρετούν την δυνατότητα διακοπής της εργασίας είτε χρονικά πχ έπειτα από μία μέρα δουλειάς, είτε από τον περιορισμό του εύρους σκυροδέτησης που έχει ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται.

Τέλος, οι αρθρωτοί αρμοί χρησιμοποιούνται κυρίως στις ενώσεις οδοστρωμάτων διαφορετικών στοιχείων του αεροδρομίου πχ διάδρομος- τροχόδρομος.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΚΑΜΠΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Τα άκαμπτα οδοστρώματα κατασκευάζονται γενικά από σκυρόδεμα υψηλής ποιότητας B300-B450. Η απαιτούμενη υπόβαση έχει τις απαιτήσεις μίας υπόβασης εύκαμπτου οδοστρώματος με υψηλό βαθμό συμπκνώσεως της τάξεως 98-100% σύμφωνα με την μέθοδο PROCTOR.

Η κατασκευή προβλέπει την δημιουργία και την διάταξη αρμών. Οι σύνηθες διαστάσεις των πλακών που σχηματίζονται είναι 3,5-8,0μ χωρίς όμως να προσμετρείται τη τοποθέτηση οπλισμού. Σημαντικός παράγοντας καθορισμού του μεγέθους των πλακών είναι ο διαθέσιμος μηχανικός εξοπλισμός. Αν υπάρχουν μεγαλύτερες διαστάσεις πλάκας τότε χρειάζεται τοποθέτηση οπλισμού θερμοκρασίας και ειδικού οπλισμού για τους αρμούς προκειμένου να μεταφέρονται οι κατακόρυφες δυνάμεις από πλάκα σε πλάκα. Η δυνατότητα μεταφοράς δυνάμεων είναι πολύ σημαντική και ακόμα και αν δεν υπάρχει ο κατάλληλος εξοπλισμός συνίσταται να διαμορφώνεται κατάλληλα η παρειά της πλάκας.

Στον παρακάτω πίνακα, 9.4.3 , δίνονται οι γενικές οδηγίες για τις διαστάσεις των πλακών της υπηρεσίας της Ομοσπονδιακής Διοίκησης της πολιτικής αεροπορίας των ΗΠΑ (FAA) κτλπ.

Πίν. 9.4.3 Γενικές οδηγίες διαστάσεων πλακών

Υπηρεσία	Πάχος πλάκας (in)	Άοπλο σκυρόδεμα		Όπλισμένο σκυρόδεμα	
		Κατά μήκος (ft)	Κατά πλάτος (ft)	Κατά μήκος (ft)	Κατά πλάτος (ft)
FAA	≤ 9	12,5	15		
	9~12	20	20		
	> 12	25	25		
PCA	< 12	≤ 12,5	15~20	≤ 12,5	30~40
	12~15 μέ συγκ.κυκλ.	≤ 12,5	25~30	≤ 12,5	50
	>15 ή μέ συνήθη κυκλ.	ποικίλει	25~30	ποικίλει	50
Σώμα Μηχανικών	< 9	12,5	≤ 15		
	9~12	≤ 20	≤ 20		
	>12	< 25	≤ 25		

ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Ένα από τα βασικά προβλήματα που παρουσιάζεται στην κατασκευή του οδοστρώματος του διαδρόμου προσγείωσης και απογείωσης των αεροπλάνων, είναι οι πιθανές αστοχίες που μπορούν να δημιουργηθούν. Οι αστοχίες αρχικά χωρίζονται σε λειτουργικές και κατασκευαστικές.

Λειτουργική ονομάζεται η αστοχία κατά την οποία το οδόστρωμα που κατασκευάστηκε δεν μπορεί να εξυπηρετήσει πλέον τους σκοπούς λειτουργίας του. *Κατασκευαστική* είναι η αστοχία κατά την οποία ένα ή και περισσότερα στοιχεία του οδοστρώματος αστοχούν.

Τα αίτια των αστοχιών ποικίλουν ανάλογα με το είδος του οδοστρώματος.

Στα εύκαμπτα οδοστρώματα μπορεί να προέρχονται από επιφανειακή κόπωση, καθίζηση ή διάτμηση που αναπτύσσεται στο υπέδαφος κτλπ.

Στα άκαμπτα οδοστρώματα δύο λόγοι μπορούν να προκαλέσουν την παραμόρφωση. Καταρχάς η χειροτέρευση του ίδιου του οδοστρώματος από παγετό ή τήξη, χρησιμοποίησης ακατάλληλων υλικών, ανύψωση γωνιών κτλπ. Κατά δεύτερον η κατασκευαστική ανεπάρκεια του οδοστρώματος βάσης-υπεδάφους-στραγγίσεως, σπασίματα σε γωνίες, ανισοσταθμίσεις στις ενώσεις κτλπ.

Οι κυριότερες αστοχίες σε στοιχεία των οδοστρωμάτων έχουν ως εξής:

ΕΥΚΑΜΠΤΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

- Διασταυρούμενες ρηγματώσεις της ασφαλτικής επιφάνειας
- Παραμόρφωση στις λωρίδες που πατούν οι τροχοί (ροδιές)

- Καθιζήσεις, κυρίως λόγω υπέρβασης της διατμητικής αντοχής
- Διαμήκη ρήγματα που συνήθως συνοδεύονται από καθιζήσεις, κυρίως λόγω υπέρβασης της αντοχής των κατώτερων στρώσεων
- Παγοπληξία που εκδηλώνεται συνήθως με τοπικές προεξοχές (φουσκώματα)
- Λάκκοι που οφείλονται στη μεγάλη πλαστικότητα των υλικών
- Κυματώσεις που οφείλονται σε ανεπαρκή συμπίκνωση των υποκείμενων στρώσεων και κακή στράγγιση
- Εξίδρωση του ασφαλτικού υλικού

ΑΚΑΜΠΤΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

- Ρηγματωμένες επιφάνειες κυρίως λόγω κακής ποιότητας οδοστρώματος
- Ανομοιόμορφες επιφάνειες
- Ρήγματα συστολής
- Ρήγματα από διαφορά θερμοκρασίας
- Αστοχίες αρμών όπως καθιζήσεις που αυξάνονται με την διείδυση νερού
- Ρήγματα από ανεργακή αντοχή



Καθίζηση εδάφους



Λακούβα σε οδόστρωμα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ & ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΗΣ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟΥ- ΑΕΡΟΔΙΑΔΡΟΜΟΥ

3.1 Γενικές αρχές σχεδιασμού

Σε αυτό το κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με τα στοιχεία που απαιτούνται και σχετίζονται άμεσα με τον σχεδιασμό και την σωστή επιλογή της θέσης του αεροδιαδρόμου και κατ' επέκταση του αεροδρομίου και, θα εστιάσουμε στα στοιχεία που συνδέονται άμεσα με τον αεροδιάδρομο.

Η κατασκευή ενός νέου αεροδρομίου ή η βελτίωση ενός υπάρχοντος προϋποθέτει σημαντικό κόστος, όπου αυτό αυξάνεται ανάλογα με την ζήτηση. Γενικά, τα κόστη είναι:

- Οι δαπάνες κατασκευής (οικονομικό κόστος).
- Οι περιβαλλοντολογικές του επιπτώσεις σε φάση κατασκευής και λειτουργίας (μη οικονομικό κόστος).
- Η πολυπλοκότητα των λειτουργιών, μέτρων ασφαλείας και οι συναφείς δαπάνες (οικονομικό κόστος).

Η επιλογή θέσεως του αεροδιαδρόμου είναι σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τα πιο πάνω κόστη. Επιπρόσθετα, η σωστή εκλογή θέσεως εξαρτάται και από άλλους παράγοντες και από την γνώση της σωστής διατάξεως των εγκαταστάσεων του αερολιμένα.

Ο σχεδιασμός αεροδρομίου γενικά, παρουσιάζει την αντίληψη του σχεδιαστή (π.χ. πολιτικού μηχανικού). Το αποτέλεσμα της μελέτης είναι ένας οδηγός για

- την ανάπτυξη των εγκαταστάσεων του αεροδρομίου
- την χρήση γης μέσα και γύρω από το αεροδρόμιο
- τον καθορισμό των περιβαλλοντολογικών επιδράσεων από την κατασκευή μέχρι και την λειτουργία του
- των καθορισμό απαιτήσεων για την προσπέλαση στο αεροδρόμιο
- των καθορισμό των οικονομικών δεικτών και των χρηματοδοτήσεων και
- την δημιουργία χρονοδιαγράμματος για την κατασκευή του.

Η μελέτη σχεδιασμού είναι ουσιαστικά, ένα σύνολο επί μέρους απογραφών, αναλύσεων και μελετών, που τα στοιχεία της κάθε μίας χρησιμοποιούνται σαν δεδομένα της άλλης.

Οι επί μέρους μελέτες είναι: Απογραφή, Προβλέψεις, Ανάλυση ζήτησης-χωρητικότητας, Μελέτες καθορισμού τάξεως μεγέθους απαιτούμενων εγκαταστάσεων, Περιβαλλοντολογικές μελέτες, Επιλογή θέσεως, Γενικό σχέδιο ανάπτυξης, Χρηματοοικονομικές αναλύσεις, Χρονοδιάγραμμα κατασκευής των προτεινόμενων έργων.

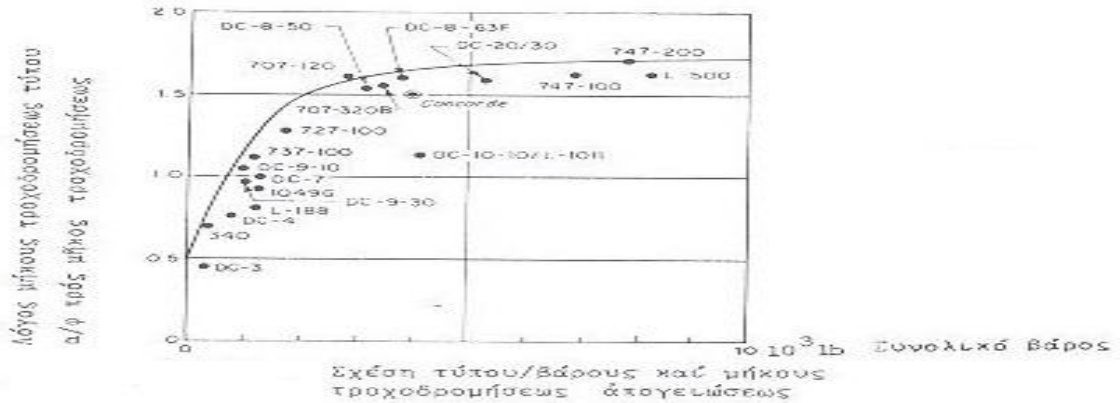
Ένας άλλος παράγοντας που συνδέεται με την κατασκευή του αεροδρομίου αλλά ιδιαίτερα στην κατασκευή του αεροδιαδρόμου, είναι οι τύποι αεροσκαφών που θα χρησιμοποιηθούν στον συγκεκριμένο αερολιμένα, καθώς η Πολιτική Αεροπορία χρησιμοποιεί σήμερα έναν πολύ μεγάλο αριθμό και τύπων αεροσκαφών. Για τα δεδομένα που χρειαζόμαστε θα μιλήσουμε στην παρακάτω ενότητα.

3.2 Εκλογή θέσεως

Για την σωστή εκλογή θέσεως κατασκευής του αεροδιαδρόμου, παίζουν ρόλο γεωμετρικά χαρακτηριστικά (απόρροια των παραπάνω μελετών), μετεωρολογικές συνθήκες κτλ. Ακολουθεί ανάλυση των βασικότερων παραγόντων που επηρεάζει τον σχεδιασμό και την γεωγραφική τοποθέτηση του αεροδιαδρόμου.

- Ο τύπος αεροσκαφών και το απαιτούμενο μήκος απογείωσης.

Η σχέση ωστικής ισχύος και βάρους, είναι καθοριστικός παράγοντας για την αναγκαία απόσταση τροχοδρομήσεως κατά την απογείωση. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η αναγκαία αυτή απόσταση που όπως παρατηρούμε η απόσταση απογείωσης δεν αυξάνει αναλογικά με το βάρος του αεροσκάφους



- Ο τύπος αεροσκαφών και το απαιτούμενο μήκος προσγειώσεως.

Τα αεροσκάφη προσεγγίζουν τον διάδρομο, προσεδαφίζονται και στην συνέχεια φρενάρουν για την ελάττωση της ταχύτητάς τους, μέχρι να σταματήσουν πλήρως, ή στα πιο μεγάλα αεροδρόμια μέχρι να φθάσουν σε ταχύτητα τέτοια ώστε να μπορούν να εγκαταλείψουν τον διάδρομο και να μπουν στο σύστημα τροχοδρόμων. Η ταχύτητα των αεροσκαφών κατά την πρώτη τους επαφή με τον διάδρομο, κυμαίνεται σε τάξεις μεγέθους ανάλογα με τους τύπους αεροσκαφών οι οποίες είναι:

B707, DC-8, DC-10, L1011, B747.....	140 m/hr
B727, B737, DC-9.....	130 m/hr
Δικινητήρια γενικά.....	95 m/hr
Μονοκινητήρια αεροπλοΐας.....	60 m/hr

Η μέση επιβράδυνση (από παρατηρήσεις) που επιτυγχάνεται (κυρίως με ανάδραση της ώσεως των κινητήρων αλλά και με φρενάρισμα), είναι 1.50m/sec^2 . Με αυτά τα στοιχεία βασικά υπολογίζεται η διάταξη των εξόδων, ανάλογα βέβαια με την ταχύτητα που μπορεί το αεροσκάφος να έχει στην κάθε έξοδο. Όμως, η προσέγγιση και η προσεδάφιση του αεροσκάφους μπορεί να είναι ανεπιτυχής. Έτσι, είναι απαραίτητο να επαρκεί το μήκος, όχι μόνο για την επιβράδυνση του αεροσκάφους, αλλά μετά από αυτή να υπάρχει αρκετό μήκος για να μπορέσει το αεροσκάφος να επιταχύνει και να απογειωθεί εκ νέου.

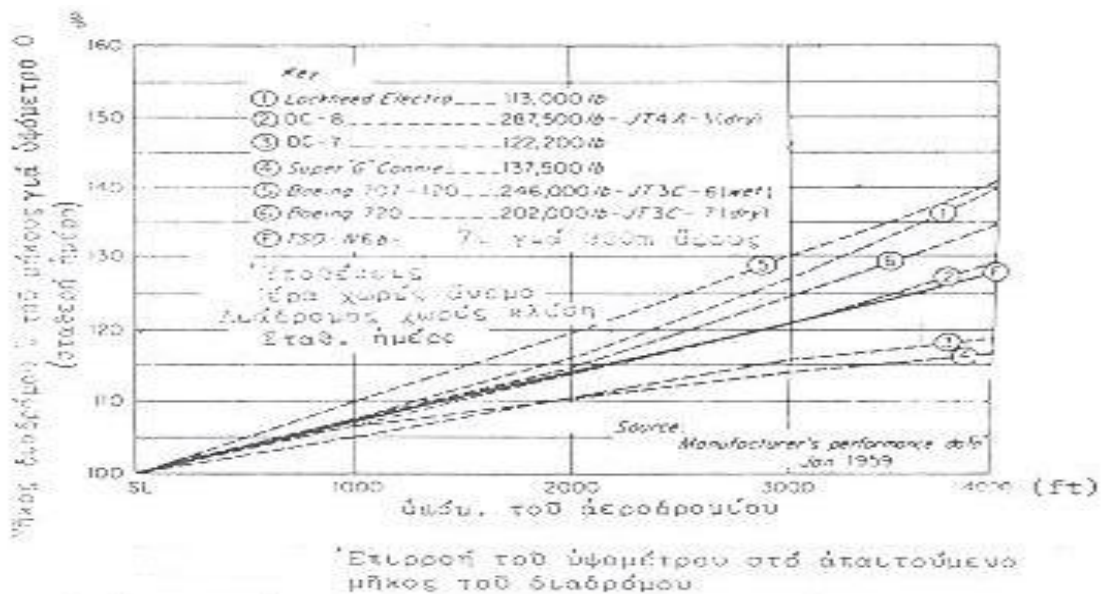
- Κατανομή των φορτίων του αεροσκάφους στους τροχούς.

Το βάρος αεροσκαφών φέρεται από τροχούς που διατάσσονται σε μονοαξονικά ή διαξονικά φορεία περί της κεντρικής περιοχής του αεροσκάφους. Στο πρόσθιο μέρος

(μύτη του αεροσκάφους), υπάρχει πάντα ένας τροχός ή δύο σε μικρή απόσταση και με κοινό άξονα. Οι τροχοί φέρουν ένα πολύ μικρό ποσοστό του συνολικού βάρους και χρησιμεύουν για τους ελιγμούς του αεροσκάφους επί του εδάφους. Ο ρινιαίος τροχός έχει αντικαταστήσει τον ουριαίο τροχό που παλαιά υπήρχε. Οι αεροθάλαμοι των τροχών έχουν μια πίεση 140-205 lb/in², δηλαδή 1,5-2 φορές μεγαλύτερη από την πίεση των αεροθαλάμων των μεγάλων φορτηγών, λεωφορείων κτλ. Η διάταξη των τροχών και τα φορτία που μεταβιβάζουν είναι τα στοιχεία πάνω στα οποία υπολογίζονται τα οδοστρώματα των διαδρόμων, τροχοδρόμων και δαπέδων σταθμεύσεων των αεροσκαφών.

- Επιρροή μέσου υψόμετρου του αεροδιαδρόμου.

Αυξητική επιρροή στο μήκος του διαδρόμου. Λόγω της μείωσης της πυκνότητας του αέρα με την αύξηση του υψόμετρου, τα απαιτούμενα μήκη διαδρόμων, αυξάνονται. Η αύξηση αυτή γίνεται, διότι το μήκος τροχοδρομίσσεως, τόσο στην απογείωση όσο και στην προσγείωση είναι αυξημένο. Και στις δύο φάσεις, το αεροσκάφος για να στηριχθεί στον αέρα θέλει μεγαλύτερη ταχύτητα, συνεπώς και μεγαλύτερο διάδρομο τροχοδρομίσσεως. Πάντως, οι τύποι αεροσκαφών επηρεάζονται άλλο λιγότερο, άλλο περισσότερο από την μεταβολή του υψόμετρου. Σύμφωνα με τους κανονισμούς, συνιστάται η αύξηση του αεροδιάδρομου κατά 7% για κάθε μεταβολή υψόμετρου 300m (100ft). Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η αριθμητική σχέση υψόμετρου αεροδιαδρόμου με κάθε τύπο αεροπλάνου σε συνάρτηση με το βάρος τους και η αύξηση του διαδρόμου σε μέτρα.



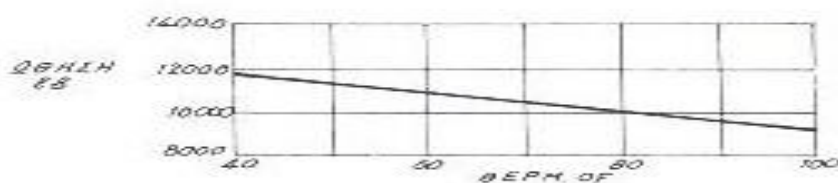
Καθορισμός μέσου υψόμετρου του αεροδρομίου: Για να υπολογισθεί η αναγκαία προσαύξηση, που επιβάλλει το υψόμετρο του διαδρόμου, πρέπει να είναι γνωστό το

ακριβές υψόμετρο του αεροδιαδρόμου. Για αεροδρόμια μικρά, ή με διασταυρούμενους διαδρόμους, σαν υψόμετρο διαδρόμου νοείται το μέσο υψόμετρο του διαδρόμου (μέσος όρος των υψομέτρων στα άκρα του, ή στο μέσον του), ή το υψόμετρο στην διασταύρωση των αξόνων. Για μεγάλα αεροδρόμια και σε περιπτώσεις που υπάρχει μεγάλη διαφορά υψομέτρων, κάθε διάδρομος ελέγχεται χωριστά. Τα παραπάνω ισχύουν εφ' όσον οι μετεωρολογικές συνθήκες στην περιοχή του αεροδρομίου δεν προκαλούν χαμηλές βαρομετρικές πιέσεις για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Αν κάτι τέτοιο συμβεί, θα πρέπει να γίνει αναγωγή του υψομέτρου, μέσω της βαρομετρικής πίεσης που λαμβάνεται στον υπολογισμό. Σε σταθερή ατμόσφαιρα, για μεταβολή υψομέτρου 1000ft, προκαλεί μείωση της πίεσης 1,06in (27mm) στήλης υδραργύρου.

- Επιρροή μετεωρολογικών συνθηκών

Η ορατότητα, η δημιουργία ομιχλών, η υψηλή βροχόπτωση, μπορεί να επιδρούν ανασταλτικά στην λειτουργία του αεροδρομίου. Ειδικότερα ο άνεμος και η θερμοκρασία είναι μετεωρολογικές συνθήκες που επηρεάζουν την λήψη αποφάσεων για την θέση, το μέγεθος και την διάταξη του αεροδρομίου. Η θερμοκρασία επιδρά στο μήκος των διαδρόμων, μιας και υψηλές θερμοκρασίες απαιτούν μεγαλύτερα μήκη διαδρόμων. Ο άνεμος επηρεάζει όχι μόνο το μήκος, αλλά και τον αριθμό των διαδρόμων. Ευνοϊκοί άνεμοι ελαττώνουν το μήκος, ενώ μη ευνοϊκοί αυξάνουν το μήκος για την σωστή λειτουργία τους.

Επιρροή θερμοκρασίας: Η θερμοκρασία επιδρά στην πυκνότητα του αέρα και στην απόδοση των κινητήρων, καθώς οι μηχανές των αεριοθούμενων αεροσκαφών είναι ευαίσθητες στην θερμοκρασία. Συγκεκριμένα, όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, πέφτει η ωστική δύναμη στην έξοδο των στροβιλοκινητήρων, άρα μεγαλύτερες θερμοκρασίες, συνεπάγεται μεγαλύτερο μήκος αεροδιαδρόμου. Ακολουθεί γράφημα συναρτήσεως ώθησης και θερμοκρασίας, όπου τα μεγέθη είναι ανάλογα.



Μείωση ωστικής δύναμης κινητήρων λόγω αύξησεως θερμοκρασίας περιβάλλοντος.

Παραδείγματος χάριν, α/φ τύπου B707-320 με βάρος απογειώσεως 320000lb στην επιφάνεια της θάλασσας, με άπνοια και χωρίς κλίση ο αεροδιάδρομος, με θερμοκρασία 15 βαθμούς C απαιτεί μήκος διαδρόμου 3500m, ενώ με 37 βαθμούς C απαιτεί μήκος 4270m.

Εδώ παίζει ρόλο η έννοια της σταθερής ατμόσφαιρας που σημαίνει: -Ο αέρας
είναι τελείως ξηρός. -Μέσο μοριακό

βάρος στην επιφάνεια της θάλασσας $M_0=28,9644 \times 10^{-3} \text{ kg/mole}$

- Ατμοσφαιρική πίεση, στην επιφάνεια της θάλασσας

$P_0=1013,250 \text{ millibars} = 1,013250 \times 10^5 \text{ Pa}$

Θερμοκρασία στην επιφάνεια της θάλασσας $T_0=15 \text{ βαθμούς C (59F)}$

-Πυκνότητα στην επιφάνεια της θάλασσας $\rho_0=1,2250 \text{ kgm}^{-3}$

-Με παγκόσμια σταθερά αερίων $R=8,31432 \text{ J}^{-1} \text{ mole}^{-1}$

-Με απόλυτη θερμοκρασία τριπλού σημείου του νερού $273,15 \text{ oK}$

Αφού ορίστηκε η έννοια της σταθερής ατμόσφαιρας και η μεταβολή θερμοκρασίας σε αυτήν, χρειάζεται ο προσδιορισμός της συμβατικής θερμοκρασίας του αεροδρομίου.

Έστω ότι T_a είναι η ζητούμενη θερμοκρασία και με την βοήθεια των θερμοκρασιών

T_1 & T_2 έχουμε: $T=T_1+1/3(T_2-T_1)$, με

T_1 : μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα του έτους

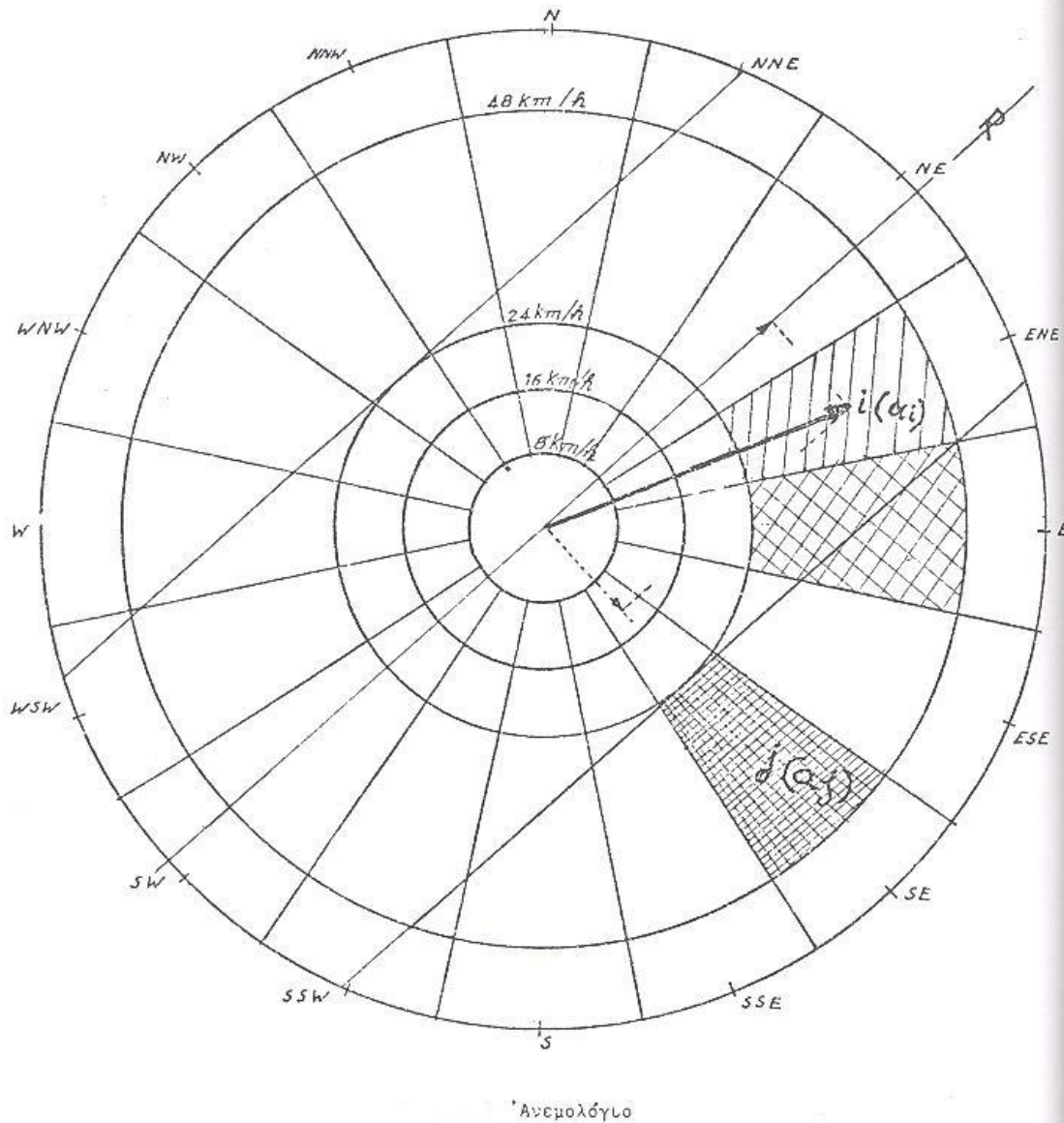
T_2 : μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία του ίδιου μήνα.

Γενικά, κάθε 1 oC που η T υπερβαίνει την θερμοκρασία σταθερής ατμόσφαιρας για το ίδιο υψόμετρο, το μήκος του διαδρόμου αυξάνεται κατά 1%.

Επιρροή ανέμων: Η ισορροπία των αεροσκαφών στον αέρα είναι αεροδυναμική και εξαρτιέται από την σχετική ταχύτητα του αεροπλάνου και αέρα. Στα μεγάλα ύψη, η διατάραξη της ισορροπίας δεν είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη, σε χαμηλά όμως ύψη είναι εξαιρετικά ευαίσθητη. Ισχυροί πλάγιοι άνεμοι, καθώς και καθοδικά ρεύματα μπορούν να προκαλέσουν επικίνδυνες ανωμαλίες στην αεροδυναμική ισορροπία του αεροσκάφους. Συνεπώς, ο προσανατολισμός του αεροδιαδρόμου πρέπει να γίνεται κατά την διεύθυνση των κρατούντων ανέμων. Επίσης, απαγορεύεται η προσγειοποίηση αεροσκαφών, όταν η εγκάρσια συνιστώσα του ανέμου υπερβαίνει κάποια τιμή ασφάλειας, η οποία διαφέρει σε κάθε τύπο αεροπλάνου, αφού η τιμή αυτή εξαρτάται από βάρος του αεροπλάνου και τον λόγο ισχύος/βάρους απογειώσεως. Πάντως, για τα πολιτικά αεροδρόμια που χρησιμοποιούνται από τα σύγχρονα επιβατικά και εμπορευματικά αεροσκάφη, η τιμή της εγκάρσιας συνιστώσας του ανέμου έχει οριστεί στα 24 km/hr (15 mi/hr). Επίσης, για να θεωρείται ένα αεροδρόμιο καλό και λειτουργικό, ιδίως όταν εξυπηρετεί πτήσεις εξωτερικού με τακτικές γραμμές, η συχνότητα εμφάνισης πλάγιων ισχυρών ανέμων που καθιστούν την λειτουργία του απαγορευτική, δεν πρέπει να υπερβαίνει το 5% ετησίως. Η, η κανονική λειτουργία του, πρέπει να είναι τουλάχιστον 95% των ημερών ετησίως.

Για την επιλογή του κατάλληλου προσανατολισμού των αεροδιαδρόμων απαιτείται, η συλλογή των ανεμολογικών στοιχείων και στατική επεξεργασία τους, ικανή να αποκαλύψει την συμπεριφορά των ανέμων στην περιοχή του αεροδιαδρόμου. Το

ανεμολόγιο που απεικονίζεται παρακάτω, χρησιμοποιείται διεθνές εδώ και δεκάδες χρόνια. Η λειτουργία του είναι ως εξής: Επί της περιφέρειας ενός κύκλου αναγράφονται 16 διευθύνσεις ανέμων. Έτσι, κάθε διεύθυνση αντιστοιχεί σε κυκλικό τομέα 22,5 μοιρών. Τέσσερις κατηγορίες ταχυτήτων (0:8), (8:24), (24:48), (48:73)km/hr αντιστοιχούν σε κυκλικούς δακτυλίους, όπου ο πρώτος αντιστοιχεί στο κύκλο με ακτίνα 8km/hr. Στην τομή κάθε κυκλικού δακτυλίου και κυκλικού τομέα, αναγράφεται το αντίστοιχο ποσοστό των ανέμων, που δείχνει με πόση συχνότητα εμφανίζονται οι άνεμοι ετησίως από κάθε κατεύθυνση.



Τώρα, για τον προσδιορισμό της βέλτιστης θέσης του αεροδιαδρόμου, ακολουθείται η εξής διαδικασία. Αν στο ανεμολόγιο χαραχθεί ο προσανατολισμένος άξονας του διαδρόμου R και χαραχθούν δύο παράλληλες εφαπτόμενες στον κύκλο των 24km/hr, τότε:

-Η μεταξύ των δύο παράλληλων περιοχή του κύκλου, δείχνει τα ποσοστά του χρόνου που οι πνέοντες άνεμοι στην περιοχή αυτή έχουν συνιστώσα κάθετη προς την διεύθυνση R όχι μεγαλύτερη από 24km/hr.

Η εκτός των δύο παράλληλων περιοχή, δείχνει τα ποσοστά του χρόνου κατά τον οποίο, οι πνέοντες άνεμοι έχουν συνιστώσα κάθετη προς την διεύθυνση R, μεγαλύτερη από 24km/hr. Πραγματικά, η επιβατική ακτίνα προς το τυχόν σημείο i του σχήματος παριστάνει ποσοστό χρόνου που πνέει άνεμος ορισμένης ταχύτητας και διευθύνσεως. Βέλτιστη διεύθυνση R θα είναι εκείνη για την οποία το άθροισμα των αι που αντιστοιχούν σε τμήματα των παραλλήλων θα είναι ελάχιστο. Για διεθνές αεροδρόμιο πρέπει $\Sigma j a_j < 5\%$ (κατά ICAO).

- Επιρροή τοπογραφίας-γεωλογίας

Η τοπογραφία της περιοχής, λόγω της κλίσεως του εδάφους, της τοποθεσίας και ποικιλίας των φυσικών χαρακτηριστικών όπως φυτική βλάστηση, υδάτινες πηγές και η ύπαρξη ανθρώπινων κατασκευών όπως κτιρίων, δρόμων, είναι καθοριστικός παράγοντας για τον όγκο των χωματουργικών εργασιών, των έργων αποχετεύσεως και αποστραγγίσεως για διαμορφώσεις κ.τ.λ. Έδαφος το οποίο έχει μικρές κλίσεις κοντά στα επιθυμητά όρια και το οποίο αποχετεύεται και στραγγίζεται σε ικανοποιητικό βαθμό, μειώνει κοντά στο 50% το κόστος κατασκευής από έναν αεροδιάδρομο με τα αντίθετα γεωλογικά χαρακτηριστικά. Επιπλέον, το κόστος κατασκευής του αεροδιαδρόμου εξαρτάται από την απόσταση των λατομείων και των υδάτινων πηγών που έχει από τον τόπο του έργου. Αν η θέση του αεροδιαδρόμου και κατ' επέκταση του αεροδρομίου βρίσκεται σε τροπική περιοχή ή σε περιοχή με ενδημικές ασθένειες, θα πρέπει να ληφθούν μέτρα ενάντια στην μετάδοση ασθενειών (όπως αποξήρανση τυχόν ελών). Γενικώς η τοπογραφία ενδιαφέρει και μελετάται προσεκτικά σε ακτίνα μέχρι και 15 km από την θέση του αεροδιαδρόμου.

- Επιρροή των οικολογικών παραμέτρων:

Από την μία το αεροδρόμιο εξυπηρετεί, προσφέρει υπηρεσίες στους κατοίκους της γύρω περιοχής και την αναβαθμίζει ποιοτικά, από την άλλη προκαλεί σημαντικές οχλήσεις. Αυτές οι δύο αντίθετες επιρροές πρέπει να συμβιβαστούν στο καλύτερο μέτρο για έναν σωστό συνδυασμό. Δηλαδή, ούτε ένα αεροδρόμιο να βρίσκεται μακριά ώστε να δημιουργεί προβλήματα μετακινήσεως, ούτε τόσο κοντά που να προκαλεί θόρυβο ανυπόφορο για τους ανθρώπους που ζουν εκεί. Εξάλλου, ένα

αεροσκάφος κατά την προ της προσγειώσεως και κατά την μετά της απογειώσεως χρονική περίοδο, πρέπει να ακολουθήσει ορισμένους σαφείς εναέριους διαδρόμους, για λόγους ασφαλείας. Αυτοί οι διάδρομοι θα πρέπει να αποφευχθούν να βρίσκονται πάνω από κατοικημένες περιοχές για λόγους ασφαλείας, διότι η προσγειοαπογείωση είναι από τα πιο επικίνδυνα στάδια μίας πτήσης, αλλά και για λόγους θορύβου.

Οι κυριότερες παράμετροι φυσικού-οικολογικού περιβάλλοντος που επηρεάζονται δυσμενώς από ένα αεροδρόμιο-αεροδιάδρομο, είναι

- Θόρυβος,
- κίνδυνος ατυχημάτων,
- μόλυνση ατμόσφαιρας,
- όχληση από την επίγεια κυκλοφορία συγκοινωνιών για την εξυπηρέτηση του αεροδρομίου
- κίνδυνος από την φύση του αεροδρομίου να αποτελεί πολεμικό στόχο
- αισθητικά προβλήματα, όπως η αλλοίωση του φυσικού περιβάλλοντος με την αφαίρεση φυσικών προεξοχών στο διάδρομο προσεγγίσεως-απογειώσεως,
- απαλλοτριώσεις και χρήσεις γης



Καθαρισμός θέσης κατασκευής αεροδιαδρόμου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΕΡΟΔΙΑΔΡΟΜΟΣ – ΔΙΑΤΑΞΗ

4.1 Αεροδιάδρομος

Ο Διάδρομος είναι το στοιχείο εκείνο του αεροδρομίου στο οποίο πραγματοποιούνται οι προσγειοαπογειώσεις και κατά συνέπεια εκείνο που πρέπει να εξυπηρετεί με ασφάλεια τις διαδικασίες προσγείωσης και απογείωσης όλων των αεροσκαφών που προβλέπεται να τον χρησιμοποιούν. Κατά άλλους, Διάδρομος είναι μια καθορισμένη ορθογωνική περιοχή ενός χερσαίου αεροδρομίου, που είναι προετοιμασμένη για την προσγείωση και απογείωση αεροσκαφών. Πρέπει ωστόσο να διευκρινιστούν κάποιες έννοιες:

- η ‘περιοχή’ έχει την μορφή λωρίδας
- η ορθογωνικότητα’ αναφέρεται στην οριζόντια προβολή της
- η ‘προετοιμασία’ κατά κανόνα σημαίνει μια πλήρη οδοστρωσία ικανή να αναλάβει τα φορτία των αεροσκαφών κατά τον τρόπο και επαναληπτικότητα επιβολής των, καθώς και γεωμετρία επιφανείας υπαγορευμένη από οικείους κανονισμούς.

Η μεγάλη διάσταση του διαδρόμου χαρακτηρίζεται ως μήκος και η μικρή ως πλάτος του. Ως άκρα του διαδρόμου, νοούνται τα πέρατα της οδοστρωμένης επιφάνειας με πλήρη αντοχή ικανότητα ανάληψης των φορτίων. Στο διάδρομο, αλλά και πέραν αυτού στην έννοια του μήκους καθώς και παραπλεύρως αυτού καθορίζονται αντιστοίχως χαρακτηριστικές αποστάσεις και πρόσθετες περιοχές που εξυπηρετούν την ασφάλεια των διαδικασιών προσγείωσης και απογείωσης. Οι αποστάσεις δηλώνονται και χαρακτηρίζουν τον διάδρομο. Οι κυριότερες αναλύονται στην επόμενη παράγραφο, απλά να επισημάνουμε πως οι περιοχές αυτές δεν απαιτείται να επιστρωθούν με οδόστρωμα πλήρους αντοχής.

Δηλούμενες αποστάσεις: Στις διαδικασίες προσγείωσης και απογείωσης αντιστοιχούν μερικές χαρακτηριστικές αποστάσεις, που καταγράφονται και χαρακτηρίζονται παρακάτω. Οι ορισμοί και οι χρησιμοποιούμενες συντομογραφίες στηρίζονται στο Παράρτημα 14 της σύμβασης ICAO όπως ισχύει. Οι δηλούμενες αποστάσεις πρέπει να υπολογίζονται για έναν διάδρομο που προορίζεται να χρησιμοποιηθεί για αεροπορικές μεταφορές.

TORA-Διαθέσιμο Μήκος Τροχοδρόμησης Απογείωσης (Take-off run available):

Είναι το τμήμα του διαδρόμου που έχει δηλωθεί ως διαθέσιμο και είναι κατάλληλο για την προς απογείωση τροχοδρόμηση ενός αεροσκάφους.

TODA-Διαθέσιμο Μήκος Απογείωσης (Take-off distance available):

Είναι η απόσταση μέσα στην οποία ένα αεροσκάφος μέχρι ένα ορισμένο ύψος, 35 ft τουλάχιστον. Το TORA πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 115% LOD.

LOD είναι το σημείο εκείνο, όπου η δύναμη της ώθησης του αεροσκάφους είναι ίση ή λίγο μεγαλύτερη του βάρους του, ή είναι το σημείο όπου η τροχοί του αεροσκάφους μόλις αφήνουν το έδαφος. Το LOD υπολογίζεται για το απαιτητικότερο αεροσκάφος για το οποίο σχεδιάζεται ο αεροδιάδρομος.

ASDA-Διαθέσιμο Μήκος Επιταχυνόμενης Τροχοδρόμησης-Στάσης (Accelerated-Stop distance available):

Είναι το TORA προσαυξημένο κατά το τμήμα SWY, όταν αυτό προβλέπεται. Το μήκος αυτό είναι τόσο ώστε το απογειούμενο αεροσκάφος, να μπορεί να ματαιώσει και να σταματήσει τροχοδρομώντας επί της επιστρωμένης επιφάνειας.

LDA-Διαθέσιμο Μήκος Προσγείωσης (Landing, Distance available):

Είναι το τμήμα του διαδρόμου που δηλώνεται ως διαθέσιμο και είναι κατάλληλο για την τροχοδρόμηση προσγειούμενου αεροσκάφους. Το μήκος αυτό αρχίζει από το καθοριζόμενο και σημεινόμενο κατώφλι. Το μήκος πρέπει να είναι τόσο ώστε σε απόσταση όχι μεγαλύτερη από 60% LDA να είναι δυνατή η στάση αεροσκάφους που προσγειώνεται και επίσης απογειούμενο αεροσκάφος υπεριπτάμενο του κατωφλίου να βρίσκεται σε ύψος 50 ft.

CWY-Ακραία ζώνη ασφάλειας απογείωσης (Clearway):

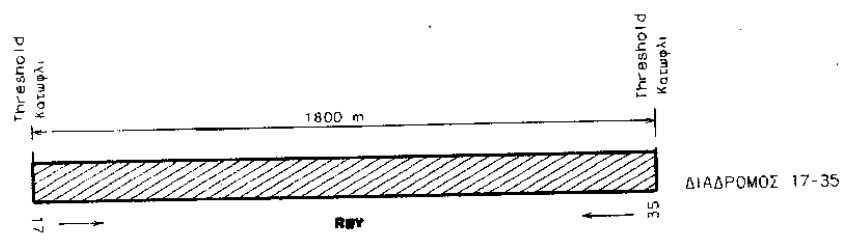
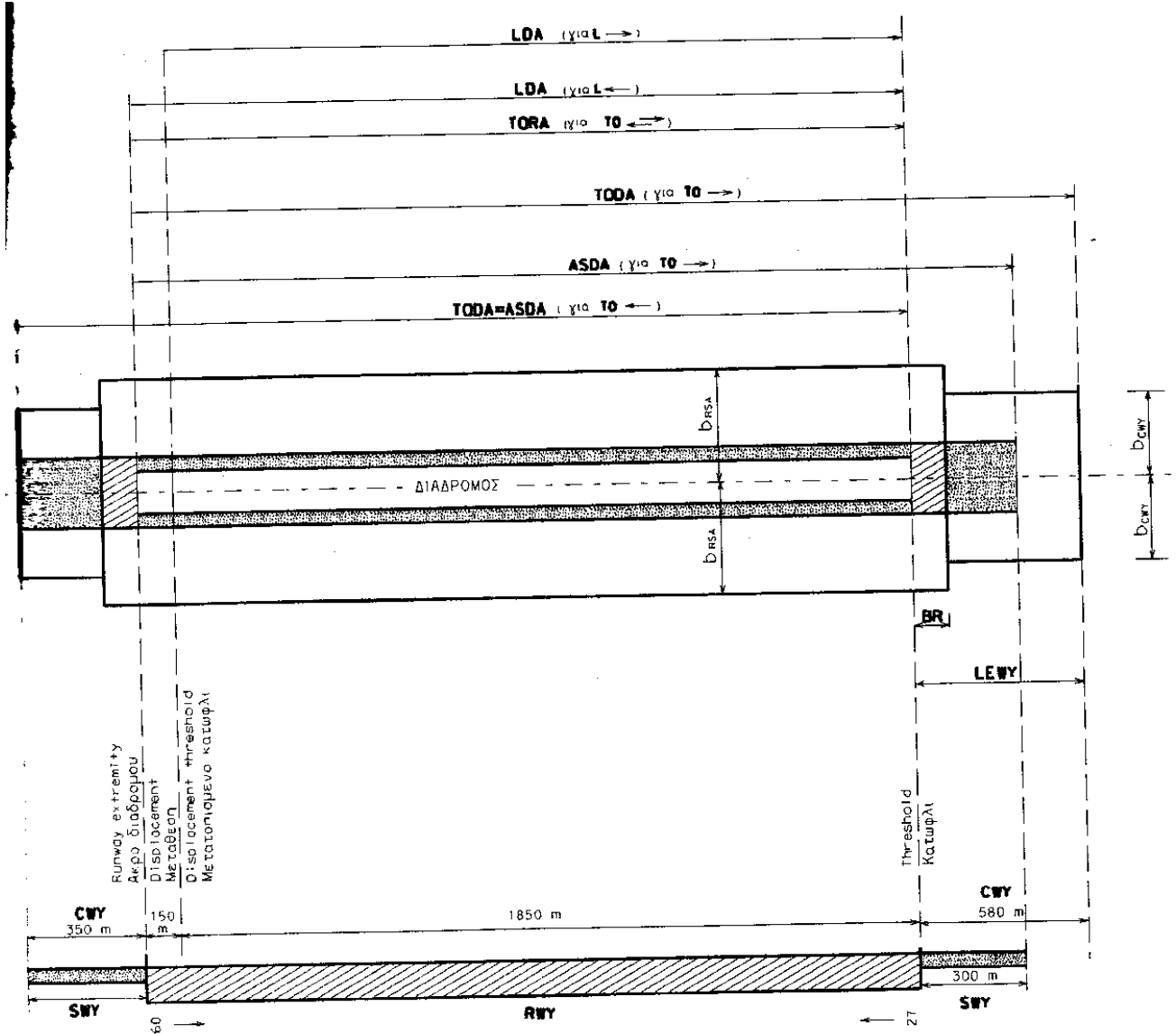
Είναι μια καθορισμένη ορθογωνική επιφάνεια στο έδαφος υπό τον έλεγχο των Αρχών του Αεροδρομίου, που έχει επιλεγεί και προετοιμαστεί κατάλληλα, υπεράνω της οποίας το αεροσκάφος μπορεί να πραγματοποιήσει μέρος της διαδικασίας ανόδου μέχρι ορισμένου ύψους. Το CWY βρίσκεται πέραν του άκρου του διαδρόμου και δεν πρέπει να έχει εμπόδια. Μόνο φώτα επισήμανσης επιτρέπεται να εξέχουν όταν έχουν ύψος όχι μεγαλύτερο από 26 in και διατάσσονται παρά την επέκταση των πλευρών του διαδρόμου. Η κλίση του επιπέδου που αρχίζει από το άκρο του διαδρόμου/ αρχή του CWY είναι 1.25% ανηφορική, Το πλάτος του CWY συνιστάται να είναι 2 x 75m, ήτοι 75m εκατέρωθεν της προέκτασης του άξονα του διαδρόμου. Το μήκος του CWY συνιστάται κατά ICAO να μην υπερβαίνει το TORA.

SWY-Ακραία ζώνη ασφάλειας στάσης (Stop way):

Το SWY οπτικά, είναι προέκταση του διαδρόμου. Διασφαλίζει το μήκος ASDA, αν το πραγματικό μήκος του διαδρόμου δεν το υπερκαλύπτει. Για τα ελικοφόρα απαιτείται να έχει κανονικό οδόστρωμα, μικρότερης όμως αντοχής, ως αναγνώρισης της χαμηλής πιθανότητας

συμβάντος ματαίωσης της διαδικασίας απογείωσης. Στην ακόμη μικρότερη πιθανότητα που αστοχήσει ένας κινητήρας μετά την V1, το αεροσκάφος θα έχει την ικανότητα να ολοκληρώσει την απογείωση, έστω με μείωση της περαιτέρω επιτάχυνσης, τροχοδρομώντας στο εναπομένον μήκος TODA.

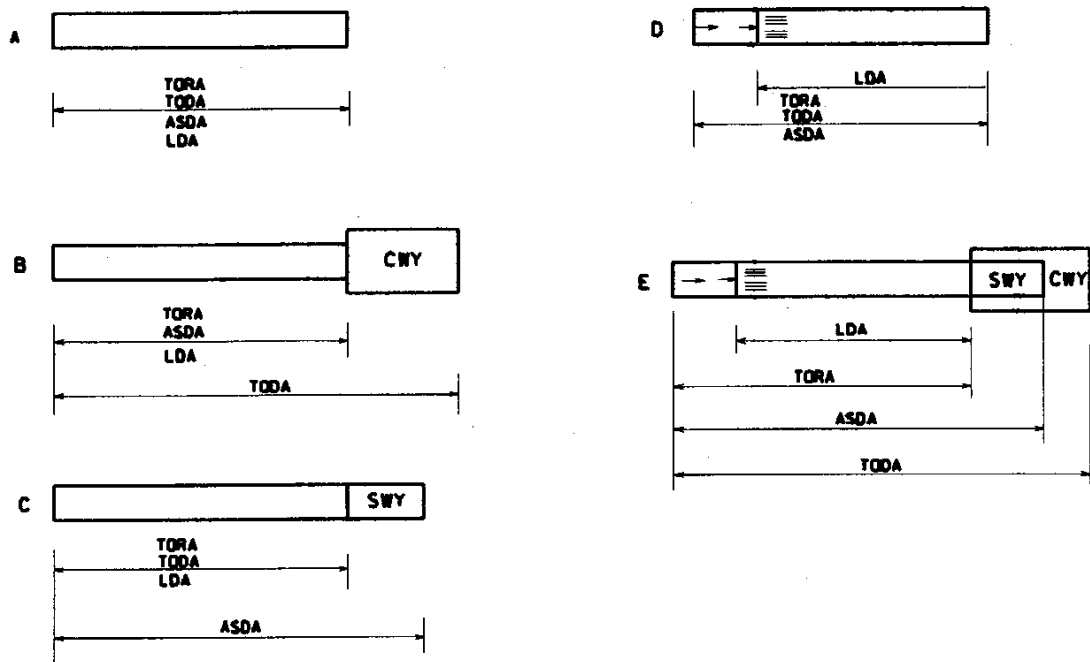
Στα παρακάτω σχήματα, επεξηγούνται διαγραμματικά οι δηλούμενες αποστάσεις σε διάφορες περιπτώσεις διαδρόμων. Η ένδειξη NU σημαίνει μη επιτρεπτή χρησιμοποίηση (not usable).



ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 09-27

RWY	TORA	ASDA	TODA	LDA
	m	m	m	m
09	2000	2300	2580	1850
27	2000	2350	2350	2000
17	NU	NU	NU	1800
35	1800	1800	1800	NU

NU: ΔΕΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ

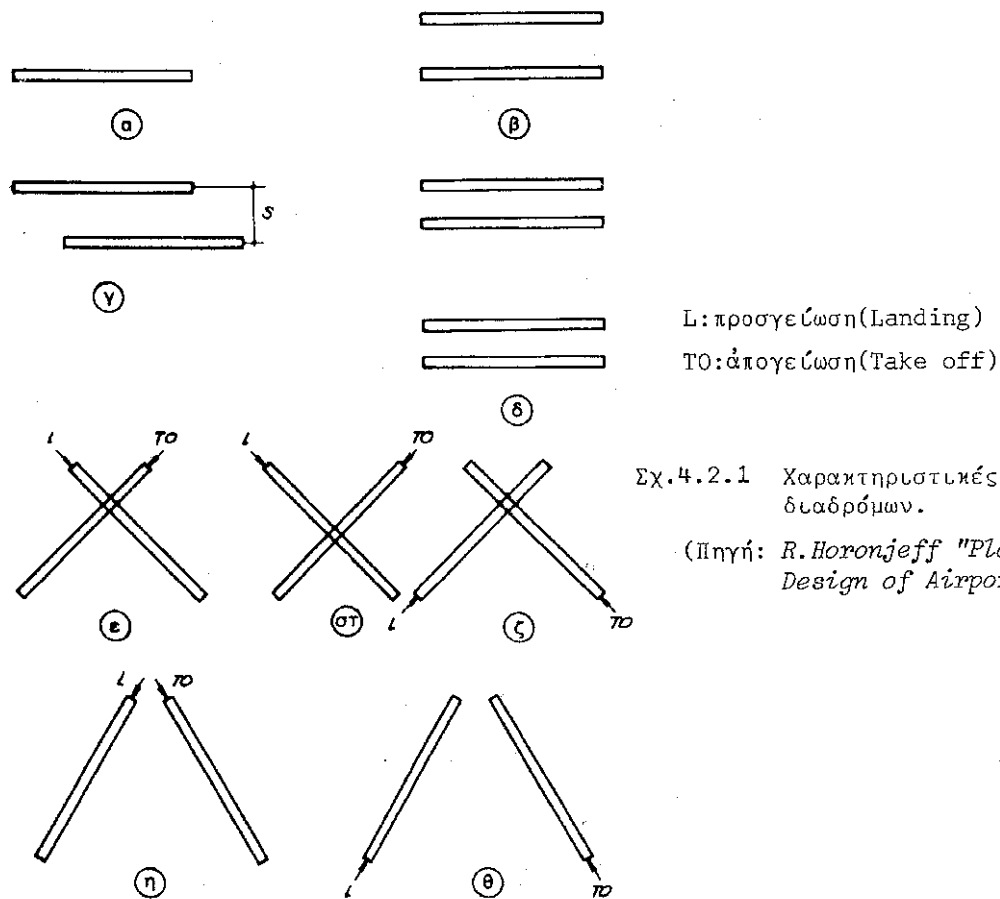


4.2 Πλήθος Αεροδιαδρόμων

Ο αριθμός των αεροδιαδρόμων εξαρτάται από τον όγκο κυκλοφορίας βάσει της μελέτης που έχει εκπονηθεί, του ανεμολογίου της περιοχής και από την τοπογραφία της περιοχής και τι δυνατότητες μας δίνει. Με την αύξηση της ωστικής ισχύος του αεροσκάφους η επιρροή των ανέμων πλάγιας διεύθυνσεως (μη επιθυμητοί) έχει μειωθεί. Αντιθέτως, έχουμε αύξηση στις απαιτήσεις ως προς τους ελεύθερους χώρους για την ασφαλή προσέγγιση και απογείωση. Βάσει στατιστικών μελετών, τα περισσότερα αεροδρόμια με αριθμό επιβατών 5.000.000/έτος, λειτουργούν με έναν διάδρομο με τον κατάλληλο προσανατολισμό απόρροια των παραπάνω. Όταν όμως οι συνθήκες ανέμων μιας περιοχής δεν επιτρέπουν την ικανοποιητική λειτουργία του αεροδρομίου με έναν αεροδιάδρομο, είναι δυνατό να προβλέπεται και δεύτερος ο οποίος διατάσσεται σε γωνία ως προς τον πρώτο.

Όταν η κυκλοφορία είναι πολύ μεγάλη τότε χρησιμοποιείται ζεύγος παράλληλων διαδρόμων που μπορεί να επαυξηθεί και με 3^ο και με 4^ο διάδρομο κ.ο.κ. Χαρακτηριστικές διατάξεις δίνονται στο παρακάτω σχήμα. Όπως θα δούμε, οι περιπτώσεις α, δ αντιστοιχούν σε αεροδρόμια που η σύνθεση της κυκλοφορίας και οι συνθήκες ανέμων επιτρέπουν την διάταξη αεροδιαδρόμων μιας κατευθύνσεως, ενώ

στις περιπτώσεις β, γ, δ έχουμε πολλαπλότητα λόγω επιθυμίας αυξήσεως της χωρητικότητας. Οι περιπτώσεις ε, στ, ζ είναι όταν οι συνθήκες ανέμων επιβάλλουν διαδρόμους κατά διαφορετικές διευθύνσεις. Τότε κι όταν επικρατούν ευνοϊκές καιρικές συνθήκες μπορεί η χρησιμοποίηση των διαδρόμων να γίνεται με σωστό συντονισμό των κινήσεων με χωρισμό των προσγειοαπογειώσεων σε κάθε διάδρομο. Τέλος, οι διατάξεις η, θ αντιστοιχούν σε ανάλογη περίπτωση, προϋποθέτουν όμως, κατά κανόνα μεγαλύτερη επιφάνεια και έχουν βελτιωμένη χωρητικότητα σε σχέση με τις προηγούμενες διατάξεις.



Σχ.4.2.1 Χαρακτηριστικές διατάξεις διαδρόμων.
 (Πηγή: R. Horonjeff "Planning and Design of Airports").

4.3 Διεύθυνση των αεροδιαδρόμων

Κατά το ICAO, η διεύθυνση των διαδρόμων σ' ένα αεροδρόμιο πρέπει να είναι τέτοια ώστε τα αεροσκάφη να μπορούν να προσγειώνονται στα 95% του χρόνου με εγκάρσια συνιστώσα ανέμου, όχι μεγαλύτερη από:

20 n m/h για αεροδιαδρόμους A & B

13 n m/h για αεροδιαδρόμους C

10 n m/h για αεροδιαδρόμους D & E

Αντίστοιχα η FAA δέχεται γενικά ότι η εγκάρσια συνιστώσα του ανέμου πρέπει να μην υπερβαίνει τα 13 n m/h. Τώρα, αν το ανεμολόγιο της περιοχής, δείχνει ότι μπορεί να πνέουν ισχυροί άνεμοι σε τόσες διαφορετικές συνθήκες και με τόση διάρκεια, έτσι ώστε οι παραπάνω περιορισμοί να μην ικανοποιούνται, τότε θα πρέπει να τοποθετηθεί αεροδιάδρομος ή αεροδιάδρομοι και προς άλλες κατευθύνσεις. Επίσης, σημαντικό στοιχείο για τον καθορισμό της κατεύθυνσεως είναι η όχληση στο περιβάλλον. Η έκταση που ενοχλείτε κυρίως από τον θόρυβο έχει μορφή στενής ατράκτου με άξονα τον αεροδιάδρομο ή τους αεροδιαδρόμους. Συνεπώς, πρέπει να αποφεύγεται η κατασκευή των αεροδιαδρόμων κατά κατεύθυνση (άξονα) με κατοικημένες περιοχές.

Κωδικός αναφοράς Αεροδρομίου:

Κάθε αεροδρόμιο χαρακτηρίζεται από έναν κωδικό που (κατά ICAO) έχει σκοπό να είναι εύκολη η δυνατότητα συσχετισμού με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του αεροδρομίου που είναι κατάλληλα για χρήση του από τα αντίστοιχα αεροσκάφη. Ο κωδικός συνιστάται από ένα αριθμητικό ψηφίο και ένα γράμμα. Το αριθμητικό ψηφίο συνδέεται με το μήκος του αεροδιαδρόμου αναφοράς του αεροσκάφους και το γράμμα με το άνοιγμα των πτερυγών και την απόσταση βάσης του συστήματος κυρίων τροχών. Η επιλογή του κατάλληλου συνδυασμού για σχεδιαστικό σκοπό σχετίζεται με τα χαρακτηριστικά του 'αεροσκάφους σχεδιασμού', που θα εξυπηρετείται. Στον παρακάτω πίνακα, καθορίζεται ο Κωδικός Αναφοράς με βάση τις οδηγίες του ICAO (Aerodrome Design Manual, Μέρη 1 & 2).

Κωδικός αναφοράς αεροδρομίου*

Πρώτο κωδικό στοιχείο		Δεύτερο κωδικό στοιχείο		
Κωδικός Αριθμός	Μήκος (διαδρόμου) αναφοράς α/φ (Βασικό Μήκος Διαδρόμου για το α/φ σχεδιασμού L_b (m))	Κωδικό γράμμα	Άνοιγμα πτερύγων W (m)	Πλάτος βάσης T συστήματος κυρίων τροχών (m)
1	$800 < L_b$	A	$15 < W$	$4,5 < T$
2	$800 \leq L_b < 1200$	B	$15 \leq W < 24$	$4,5 \leq T < 6$
3	$1200 \leq L_b < 1800$	C	$24 \leq W < 36$	$6 \leq T < 9$
4	$1800 \leq L_b$	D E	$36 \leq W < 52$ $52 \leq W < 65$	$9 \leq T < 14$ $9 \leq T < 14$

*Ανισοτόπως και διαδρόμου

4.4 ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΕΡΟΔΙΑΔΡΟΜΟΥ

Τα φυσικά χαρακτηριστικά ενός διαδρόμου καθορίζονται με βάση τους οικείους κανονισμούς σε σχέση με τον κωδικό αναφοράς και περαιτέρω τους κανόνες πτήσεως που χρησιμοποιούνται VRF, ή IFR με τις υποδιακρίσεις των. Πρέπει ωστόσο να σημειωθεί ότι οι κανονισμοί επιβάλλουν τις ελάχιστες απαιτήσεις. Ο μελετητής θα οδηγηθεί από αυτές για τον τελικό καθορισμό λαμβάνοντας υπόψη του τα γενικότερα στοιχεία για την ζήτηση που θα εξυπηρετήσει ο αεροδιάδρομος, ή το σύστημα διαδρόμων.

Μήκος διαδρόμου: Το μήκος διαδρόμου προκύπτει από το βασικό μήκος του αεροσκάφους σχεδιασμού, αφού το μήκος πολλαπλασιασθεί επί τους τρεις διορθωτικούς συντελεστές που αναφερθήκαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, ήτοι: αύξηση λόγω θερμοκρασίας, αύξησης λόγω κατά μήκος κλίσης και αύξησης λόγω υψομέτρου.

Πλάτος διαδρόμου: Κατά ICAO συστήνεται το πλάτος διαδρόμου (χωρίς τα ερείσματα) να μην είναι μικρότερο από τις τιμές του παρακάτω πίνακα:

Ελάχιστο πλάτος διαδρόμου (m)

Κωδικός Αριθμός	Κωδικό γράμμα				
	A	B	C	D	E
1*	18	18	23	-	-
2*	23	23	30	-	-
3	30	30	30	45	-
4	-	-	45	45	45

*Το πλάτος ενός διαδρόμου που χρησιμοποιείται για προσγειώσεις με ενόργανη ακριβή προσέγγιση δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 30 m.

Ερείσματα: Τα ερείσματα επεκτείνουν την επιστροφή πέραν του πλάτους του διαδρόμου και με τον τρόπο αυτόν διασφαλίζουν από πιθανές μη επιθυμητές τροχοδρομήσεις με άξονα διαφορετικό από τον διαμήκη άξονα του διαδρόμου, ενώ ακόμα διασφαλίζουν από αναρρόφηση κόκκων εδάφους και εμπλοκή τους στις μηχανές. Οι κυριότερες συστάσεις κατά ICAO, είναι:

- Συμμετρική, ως προς τον άξονα διάταξη των ερεισμάτων
- Πλάτος τόσο ώστε, ιδιαίτερα για αεροδιαδρόμους με κωδικό D και E το συνολικό πλάτος διαδρόμου και ερεισμάτων να είναι τουλάχιστον 60m
- Η επιφάνεια να διαμορφώνεται με εγκάρσια κλίση προς τα έξω 2.50%

Η αντοχή των ερεισμάτων να είναι κατάλληλη για να φέρει τα φορτία τροχών αεροσκάφους που μπορεί να εκτραπούν (που όμως λόγω της μικρής συχνότητας, μπορεί να έχουν αντοχή χαμηλότερη από αυτή του κυρίως διαδρόμου)

Μηκοτομή οδού: Η μηκοτομή ενός διαδρόμου διαμορφώνεται με ήπιες κλίσεις και μεγάλες ακτίνες καμπυλών κατακόρυφης συναρμογής. Οι κατά ICAO συνιστώμενοι

περιορισμοί συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα. Η κατά μήκος κλίση για κάποιο τμήμα του διαδρόμου σε κάποια γραμμή παράλληλη με τον άξονα, νοείται η υψομετρική διαφορά δύο σημείων διαιρεμένη δια της απόστασής τους.

Στοιχείο σχεδιασμού	Κωδικός αριθμός διαδρόμου			
	1	2	3	4
Μέγιστη κλίση στον άξονα (μέση γραμμή) του διαδρόμου	2%	2%	1%	1%
Μέγιστη κλίση κατά μήκος οποιασδήποτε γραμμής παράλληλης με τον άξονα α.- Γενικά (εκτός από τα ακραία τέταρτα) β.- Ακραία τέταρτα μήκους	2%	2%	1,5%	1,25%
Μέγιστη διαφορά δύο διαδοχικών κατά μήκος κλίσεων ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας κατά μήκος συναρμογής	2%	2%	0,8%*	0,8%
	1.500 m	7.500 m	15.000 m	30.000 m

*Ο περιορισμός ισχύει μόνο για την περίπτωση ακριβούς προσέγγισης κατηγορίας II ή III.

Επιπλέον πρέπει να αποφεύγονται οι πυκνές αλλαγές της κατά μήκος κλίσης. Συνιστάται οι δύο διαδοχικές κορυφές της μηκοτομής να απέχουν τουλάχιστον $R(|a_i|+|a_{i+1}|)$, όπου: $|a_i|$ η απόλυτη τιμή της αλγεβρικής διαφοράς των δύο εκατέρωθεν κλίσεων στην μία κορυφή και αντιστοίχως στην επόμενη και R: R= 30.000m για διαδρόμους κατηγορίας 4

R= 15.000m για διαδρόμους κατηγορίας 3

R= 5.000m για διαδρόμους κατηγορίας 2 και 1.

Σε κάθε περίπτωση η απόσταση δύο διαδοχικών κορυφών δεν μπορεί να είναι μικρότερη από 45 μέτρα.

Εγκάρσιες κλίσεις διαδρόμου: Οι εγκάρσιες κλίσεις πρέπει να περιορίζονται ενώ παράλληλα να εξασφαλίζουν την ροή των όμβριων υδάτων. Οι συνιστώμενες γενικές κλίσεις είναι 1.50% για διαδρόμους με κωδικό C, D, E και 2.00% για διαδρόμους με κωδικό A, B. Στις διασταυρώσεις διαδρόμου-τροχοδρόμου, μπορεί να απαιτούνται μικρότερες κλίσεις αν και δεν συνιστάται κλίση μικρότερη του 1.00

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Ένα βασικό πρόβλημα που παρουσιάζεται στα αεροδρόμια σχετίζεται με την μη ικανοποιητική απορροή ομβρίων υδάτων καθώς και με την ανεπαρκή αποστράγγιση. Το αποτέλεσμα είναι η σημαντική ελάττωση του χρόνου ζωής του οδοστρώματος και η μείωση της εξυπηρετικότητας του.

Παράγοντες που επηρεάζουν την εξυπηρετικότητα του οδοστρώματος είναι οι εξής:

- Η διείσδυση του νερού σε ρωγμές, αρμούς, διαπερατές επιφάνειες και άλλα, μιας και δεν μπορούν να εξασφαλισθούν πλήρως αδιαπέρατες επιφάνειες και κυρίως για μεγάλο χρονικό διάστημα.
- Οι μεταβολές της θερμοκρασίας, η κυκλοφορία, ο παγετός, η γήρανση της ασφάλτου που συντελούν στην δημιουργία ρωγμών και την αύξηση της διαπερατότητας των επιφανειακών στρώσεων.
- Η ύπαρξη χρονικών περιόδων που όλες οι στρώσεις βρίσκονται σε κατάσταση κορεσμού από άποψη υγρασίας (εξαιτίας ρωγμών, κακοσυντηρημένων αρμών και διαπερατότητα υλικού στρώσης) και ως αποτέλεσμα οι διηθημένες ποσότητες να μην μπορούν να στραγγιστούν αμέσως και έτσι τα κενά των στρώσεων να φτάνουν σε κατάσταση κορεσμού.
- Κατά την προαναφερθείσα περίοδο, η επίδραση των φορτίων είναι πολύ εντονότερη επειδή το νερό τείνει να εκτιναχθεί από οποιαδήποτε ρωγμή συμπαρασύροντας λεπτά υλικά και έτσι στο επόμενο πέρασμα φορτίων αυξάνονται τα κενά.

Τα παραπάνω μας οδηγούν αβίαστα στο συμπέρασμα ότι χρειαζόμαστε πολύ καλή κατασκευή, συνεχής συντήρηση με επισκευή των στρώσεων πριν προκληθεί από ρωγμές καταστροφή σε βαθύτερα στρώματα, και τέλος καλό σύστημα αποχέτευσης και αποστράγγισης.

Η πραγματική ζωή του οδοστρώματος κυμαίνεται μεταξύ 5 και 20 ετών αλλά αν το οδόστρωμα μπορούσε να κρατηθεί σε συνθήκες ξηρής περιόδου τότε το διάστημα αυτό θα αυξανόταν κατά 8 χρόνια περίπου.

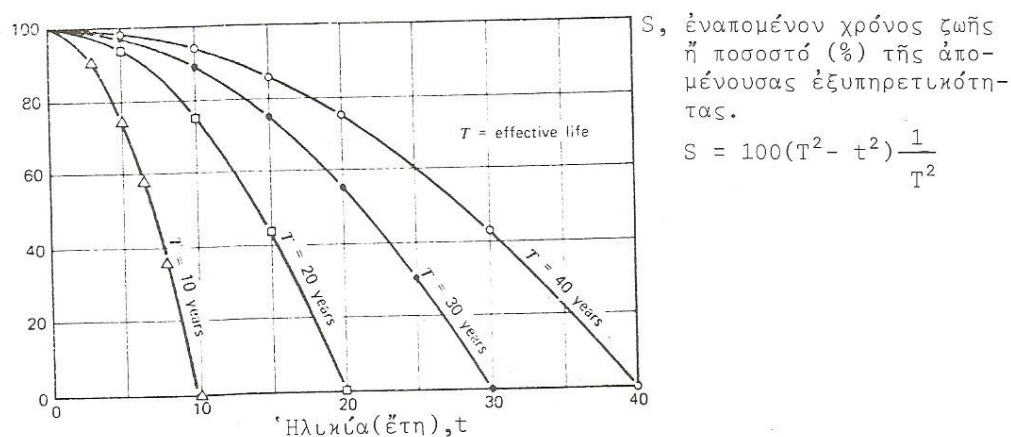
Το σύστημα αποχετεύσεως αποσκοπεί στο να απομακρύνει τα όμβρια ύδατα από τις επιφάνειες κυκλοφορίας του αεροδρομίου. Ο σχεδιασμός του πρέπει να γίνει κατά τρόπο που να εξασφαλίζεται η προστασία του χώρου του αεροδρομίου και η απορροή των υδάτων. Η προστασία του αεροδρομίου εξασφαλίζεται με την βοήθεια των περιφερειακών τάφρων και των τεχνικών έργων αποκατάστασης της συνέχειας των φυσικών κοιτών, ενώ η απορροή των ομβρίων υδάτων γίνεται με ένα δίκτυο τάφρων και υπογείων αγωγών. Αυτοί συνήθως είναι σωληνωτοί χωρίς όμως να

αποκλείονται και άλλες διατομές, και συνδυάζονται πάντα με φρεάτια υδροσυλλογής.

Το σύστημα στραγγίσεως απομακρύνει το διηθούμενο νερό καθώς και το νερό που εισχωρεί σε ρωγμές, ατέλειες αρμών κλπ. Οι διάδρομοι είναι εκείνοι που πρέπει να εξασφαλισθούν πρώτοι και να έχουν ικανοποιητική στράγγιση ακόμα και στο ενδιάμεσο τμήμα του διαδρόμου παρότι το οδόστρωμα σχεδιάζεται ελαφρότερο απ' ότι στις άκρες.

Έτσι, κατά κανόνα στα άκρα του οδοστρώματος πρέπει να προβλέπονται δύο στραγγιστήρια σε όλο το μήκος του διαδρόμου. Επίσης, κυρίως για τα άκαμπτα οδοστρώματα, συνίσταται η παρεμβολή υλικού βάσης με ανοιχτή διαβάθμιση μεταξύ πλάκας και υπόβασης. Οι διατομές των σωλήνων είναι μικρές και η ροή μέσα σε αυτούς γίνεται με μικρές ταχύτητες λόγω της μικρής παροχής. Επομένως χρειαζόμαστε σημαντικές κλίσεις μεγαλύτερες του 1% και σωλήνες με ανοιχτούς αρμούς.

Σε κατάλληλες θέσεις του δικτύου σωλήνων στραγγιστηρίων είναι αναγκαία και πρέπει να προβλέπονται τα φρεάτια επισκέψεως. Η κάλυψή τους είναι άκρως σημαντική για να μην εισρέουν τα όμβρια ύδατα.



Σχ. 10.1.1 Διάγραμμα ύδεικτων ρυθμών άπωλείας εξυπηρετικότητας για διαφορετικό χρόνο ζωής (T = 10, 20, 30, 40 έτη) ('Η άπώλεια τής εξυπηρετικότητας υποτίθεται ότι αυξάνει με τό τετράγωνο του χρόνου).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1 ΣΗΜΑΝΣΗ ΑΕΡΟΔΙΑΔΡΟΜΟΥ

Η σήμανση είναι πολύ σημαντική διότι διευκολύνει την απογείωση, την προσγείωση και γενικότερα την κίνηση των αεροπλάνων. Διακρίνεται σε δύο κατηγορίες, την οριζόντια σήμανση (marking) και την φωτεινή σήμανση (lighting). Η οριζόντια σήμανση χρησιμοποιείται από τους πιλότους αποκλειστικά κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ η φωτεινή σήμανση αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την κίνηση των αεροπλάνων κατά την διάρκεια της νύχτας ή όταν η ορατότητα είναι περιορισμένη.

Η φωτεινή σήμανση επιδιώκει όχι τον φωτισμό ολόκληρου του αεροδρομίου αλλά με μία σειρά ισαπέχοντων φώτων να δώσει το περίγραμμα του διαδρόμου. Τα συστήματα σήμανσης μαζί με τον ασύρματο, τα ραντάρ και τα ειδικά όργανα πτήσεως κάνουν εφικτή την τυφλή προσγείωση με κάθε ασφάλεια.

Οριζόντια σήμανση

Ο ορίζοντας, τα πλευρικά άκρα του διαδρόμου, το κατώφλι και ο κεντρικός του άξονας είναι τα πιο σημαντικά στοιχεία που πρέπει να δει ο πιλότος. Για να διακρίνονται εύκολα είναι σχεδιασμένα με χαρακτηριστικό τρόπο. Η αρχή του διαδρόμου επισημαίνεται με μία σειρά παράλληλων γραμμών, συμμετρικά ως προς τον άξονα του διαδρόμου και σε μήκος τουλάχιστον 30μ. Η σήμανση του διαδρόμου συμπληρώνεται με μία διακεκομμένη γραμμή στον άξονα του διαδρόμου, πλάτους 0,30-0,90μ ανάλογα με την κατηγορία του διαδρόμου. Το μήκος της διακεκομμένης δεν είναι μικρότερο από 30μ ενώ η γραμμή κενού που την ακολουθεί είναι 50-75μ. Για την οριζόντια σήμανση χρησιμοποιείται λευκό πλαστικό χρώμα.

Η σήμανση αυτή θεωρείται στοιχειώδης και ανάλογα με τις δυνατότητες του αεροδρομίου αυξάνεται και γίνεται πληρέστερη, υποβοηθούμενη από όργανα πτήσεως.



Φωτεινή σήμανση

Κατά τη διάρκεια της νύχτας ή στις περιπτώσεις που η ορατότητα είναι περιορισμένη λόγω δυσμενών καιρικών συνθηκών η οριζόντια σήμανση εκμηδενίζεται και η φωτεινή σήμανση αποκτά πρωταρχικό και κύριο ρόλο. Χαρακτηρίζεται κυρίως από φωτισμό υψηλής έντασης και έντονης ζωηρότητας που καλύπτει μήκος 900μ. Αποτελείται από τα λευκά πλευρικά φώτα του διαδρόμου σε αποστάσεις 60μ μεταξύ τους που στα τελευταία 600μ είναι κίτρινα για να προειδοποιήσουν τον πιλότο ότι είναι στην ακραία περιοχή, καθώς και τα λευκά της ζώνης επαφής. Τα φώτα αυτά είναι λευκού χρώματος επίσης και εκτείνονται σε μήκος 900μ από το κατώφλι του διαδρόμου.

Τα φώτα της κεντρικής γραμμής είναι τοποθετημένα ανά 15μ και σε απόσταση 0,60μ από την κεντρική γραμμή, λευκού χρώματος εκτός των τελευταίων 300μ που είναι κόκκινα, ενώ για 600μ ακόμα εναλλάσσονται κόκκινα και λευκά φώτα.

Σημαντική είναι και η σήμανση των τροχοδρόμων, δηλαδή του συστήματος που χρησιμοποιείται από το αεροπλάνο για την μετάβαση από τον διάδρομο προσγείωσης στους χώρους σταθμεύσεως (terminal areas) και στα υπόστεγα.

Βασικά κριτήρια σχεδιασμού είναι τα εξής:

- Η σήμανση των τροχοδρόμων πρέπει να είναι χαρακτηριστική ώστε να μην συγχέεται με την αντίστοιχη των διαδρόμων προσγείωσης
- Οι έξοδοι από τους διαδρόμους προσγείωσης πρέπει να αναγνωρίζονται εύκολα και κυρίως αυτοί οι υψηλής ταχύτητας μιας και ο πιλότος πρέπει να διακρίνει την έξοδο 360-450μ πριν το σημείο στροφής
- Ειδική σήμανση απαιτείται και στην διασταύρωση των τροχοδρόμων η διαδρόμων-τροχοδρόμων

Βάση αυτών η *οριζόντια σήμανση* αποτελείται:

- Από μία συνεχή γραμμή πλάτους 15 εκατοστών κίτρινου χρώματος σε όλο το μήκος του άξονα
- Στις διασταυρώσεις τροχοδρόμου και διαδρόμου τοποθετείται δέσμη παράλληλων γραμμών σε απόσταση 30μ από το σημείο εισόδου
- Οι γραμμές των αξόνων των τροχοδρόμων που ενώνονται δεν διακόπτονται
- Οι αξονικές γραμμές διακόπτονται στο άκρο του διαδρόμου

Στη σήμανση των τροχοδρόμων επικρατεί το κίτρινο χρώμα σε αντίθεση με τους διαδρόμους που επικρατεί το λευκό.

Τα κριτήρια που καθορίζουν την οριζόντια καθορίζουν και την φωτεινή σήμανση. Τα χρώματα που χρησιμοποιούνται στις πλευρές είναι χρώματος κυανού ενώ αυτά του άξονα πράσινα. Η πλευρική σήμανση αποτελείται από φώτα τοποθετημένα σε απόσταση μέχρι 60μ, ενώ πρόσθετα φώτα χρησιμοποιούνται στα σημεία συμβολής με διαδρόμους. Η σήμανση του άξονα γίνεται ως εξής:

- Με μία σειρά πράσινα φώτα καθ' όλο το μήκος του άξονα με μεγαλύτερη συγκέντρωση στα τμήματα των καμπυλών
- Στη συμβολή τροχοδρόμου-διαδρόμου τοποθετούνται κίτρινα φώτα σε απόσταση 1.50μ μεταξύ τους, εγκάρσια προς τον άξονα του τροχοδρόμου σαν προειδοποιητικό σημείο στάσεως





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

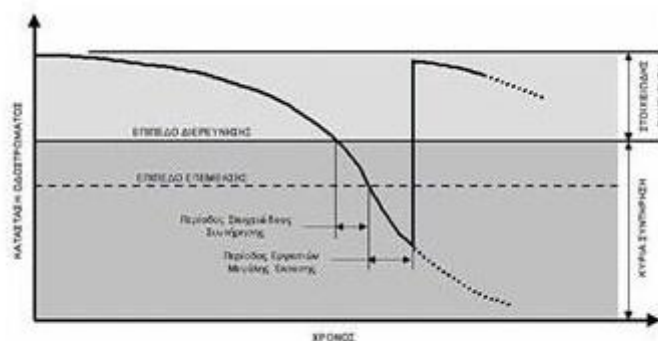
7.1 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ-ΑΝΑΝΕΩΣΗ ΑΣΦΑΛΤΟΤΑΠΗΤΑ ΑΕΡΟΔΙΑΔΡΟΜΩΝ

Η διαδικασία της συντήρησης, και όπου χρειάζεται της ανανέωσης του ασφαλτοτάπητα των αεροδιαδρόμων είναι σε γενικές γραμμές η ίδια με αυτήν που ακολουθείται για την άσφαλτο των δρόμων.

Η συντήρηση του οδοστρώματος αντιπροσωπεύει το 50% περίπου του συνολικού κόστους της συντήρησης μίας οδού. Η διατήρηση της οδού σε κατάσταση παρόμοια με αυτήν που ήταν αρχικά είναι πρακτικά αδύνατον να γίνει. Η κυκλοφορία, η γήρανση της ασφάλτου καθώς και οι καιρικές συνθήκες αποτελούν τους κυριότερους παράγοντες που μειώνουν την ποιότητα και την αντοχή του οδοστρώματος. Γι' αυτό, μετά από ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα απαιτείται η αποκατάσταση του οδοστρώματος με εργασίες είτε στοιχειώδους συντήρησης είτε με εργασίες συντήρησης μεγάλης έκτασης.

Στην στοιχειώδη συντήρηση έχουμε να κάνουμε με απλή συντήρηση της επιφάνειας του οδοστρώματος, δηλαδή αποκατάσταση των φθορών που έχουν δημιουργηθεί προκειμένου να διατηρηθεί υψηλό το επίπεδο εξυπηρέτησης. Οι εργασίες αυτές είναι προγραμματισμένες και δεν επηρεάζουν την δομική αντοχή του οδοστρώματος.

Στις εργασίες συντήρησης μεγάλης έκτασης πρέπει να ενισχύσουμε την δομική αντοχή του οδοστρώματος επομένως πρέπει να αποκατασταθούν πλήρως τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του οδοστρώματος. Και αυτές οι εργασίες είναι προγραμματισμένες.



Σχήμα 1. Κατάσταση οδοστρώματος και επιπτώσεις συντήρησης

Προκειμένου να προγραμματιστούν οι αναγκαίες εργασίες συντήρησης χρειάζονται τακτικοί περιοδικοί έλεγχοι και μετρήσεις ώστε να αξιολογηθούν τα ευρήματα για την λειτουργική και η δομική κατάσταση του οδοστρώματος.

Ως λειτουργική κατάσταση αναφερόμαστε στην

- Αντιολισθηρότητα (συντελεστής τριβής)
- Ομαλότητα διαμήκης και εγκάρσια
- Επιφανειακή υφή

- Επιφανειακές φθορές
- Ως δομική κατάσταση αναφερόμαστε στην
- Δομική αντοχή- φέρουσα ικανότητα του οδοστρώματος

7.2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΙΣ

ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΟΤΗΤΑ

Ως αντιολισθηρότητα ορίζεται η ικανότητα του οδοστρώματος να παρέχει την κατάλληλη πρόσφυση στα ελαστικά των οχημάτων ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα πλευρικής ή κατά μήκος απρόσμενης μετατόπισης τους.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την αντιολισθηρότητα είναι:

- Η ύπαρξη νερού στο οδόστρωμα
- Η κατάσταση των ελαστικών του οχήματος
- Η καθαρότητα του οδοστρώματος
- Η ποιότητα και η κατάσταση της επιφανειακής ασφαλτικής στρώσης
- Η ταχύτητα των οχημάτων
- Κλιματολογικές συνθήκες

Οι μετρήσεις της αντιολισθηρότητας στους αυτοκινητόδρομους πραγματοποιούνται με ειδικά μηχανήματα που καταγράφουν την αντιολισθηρότητα της επιφάνειας σε κίνηση. Τα μηχανήματα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τη μέθοδο μέτρησης.

Αρχικά, υπάρχουν τα συστήματα που μετρούν τον πλευρικό συντελεστή της τριβής της αντιολισθηρότητας. Έτσι προσομοιώνεται η δύναμη της αντίστασης των τροχών σε καμπύλα τμήματα. Στη συνέχεια, υπάρχουν τα συστήματα που μετρούν τον συντελεστή τριβής ή πέδησης. Ο συντελεστής τριβής προκύπτει ως ο λόγος της οριζόντιας δύναμης μεταξύ τροχού και επιφάνειας προς το κατακόρυφο φορτίο του τροχού.

Η συχνότητα των μετρήσεων ξεκινάει μετά το διάστημα 6 μηνών από την ολοκλήρωση της κατασκευής της τελευταίας επιφανειακής στρώσης. Για τα επόμενα 3 χρόνια οι μετρήσεις γίνονται 2 φορές το χρόνο, συνήθως Μάιο και Σεπτέμβριο. Ως αντιπροσωπευτική τιμή λαμβάνεται ο μέσος όρος των τιμών.

ΟΜΑΛΟΤΗΤΑ

Ως ομαλότητα ορίζεται η απόκλιση της επιφάνειας του οδοστρώματος από την θεωρητικώς επίπεδη επιφάνεια. Η ομαλότητα επηρεάζει την κύλιση των οχημάτων, την φόρτιση του εδάφους και την απορροή των υδάτων. Διακρίνεται σε διαμήκη

ομαλότητα και εγκάρσια. Στην διαμήκη ομαλότητα συνήθως οφείλεται σε κατασκευαστικές αστοχίες κατά τη διάστρωση των ασφαλτικών στρώσεων του οδοστρώματος καθώς και σε βλάβες του εδάφους όπως καθιζήσεις, λακκούβες κτλπ. Στην εγκάρσια οφείλεται σε αυλακώσεις από τα βαρέα οχήματα.

Οι μετρήσεις γίνονται με ειδικά αυτοκινούμενα οχήματα που μετρούν και καταγράφουν εν κινήσει την εγκάρσια και διαμήκη ομαλότητα.

Η συχνότητα των μετρήσεων τα 3 πρώτα χρόνια είναι τακτική ενώ μετά το πέρας της 3ετίας καθορίζεται από τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΥΦΗ (ΜΙΚΡΟΥΦΗ-ΜΑΚΡΟΥΦΗ)

Είναι χαρακτηριστικό του οδοστρώματος που σχετίζεται άμεσα με την αντιστοιχιστικότητα του εδάφους. Η μικροϋφή αφορά την τραχύτητα της επιφάνειας των αδρανών ενώ η μακροϋφή είναι η τραχύτητα του οδοστρώματος συνολικά.



Η μακροϋφή δηλαδή το βάθος υφή μετράται με την μέθοδο της κηλίδας της άμμου και με ειδικά συστήματα laser. Κατά τη μέθοδο της κηλίδας της άμμου συγκεντρώνεται άμμος με κυκλικές κινήσεις στην επιφάνεια του οδοστρώματος ώστε να σχηματιστεί μία κυκλική κηλίδα άμμου. Το βάθος της υφής υπολογίζεται ως ο λόγος του όγκου της άμμου που διαστρώθηκε προς το εμβαδό της κυκλικής κηλίδας.

Οι μετρήσεις είναι και εδώ συχνές και εξαρτώνται από τα αποτελέσματα που δίνουν.

7.3 ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Ο τόπος, ο χρόνος, η έκταση της αποκατάστασης των βλαβών καθώς και οι μέθοδοι που θα χρησιμοποιηθούν εξαρτώνται αφενός από τους δείκτες των μετρήσεων των χαρακτηριστικών της επιφάνειας του οδοστρώματος, τα αποτελέσματα των επιθεωρήσεων, τις κλιματολογικές συνθήκες, τα υπάρχοντα μέσα όπως μηχανήματα και ανθρώπινο δυναμικό, από τα υλικά αλλά κυριότερα από τους οικονομικούς πόρους.

Ο κύριος του έργου καθορίζει τον χρόνο και τον τρόπο αποκατάστασης του οδοστρώματος, συμβουλευόμενος τα συστήματα διαχείρισης οδοστρωμάτων (ΣΔΟ). Ως ΣΔΟ ορίζονται το σύνολο των εργαλείων και των μεθόδων που βοηθούν στην εύρεση της οικονομικά πιο συμφέρουσας στρατηγικής για την συντήρηση των οδοστρωμάτων ενώ ταυτόχρονα επιτυγχάνεται καλή εξυπηρέτηση του χρήστη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Στοιχεία Οδοποιίας, Ι. Κοφίτσας
- 2) Οδοποιία η κατασκευή των οδικών έργων Αναστάσιος κ. Μουρατίδης
- 3) Στοιχεία οδοστρωμάτων γ' έκδοση Κοφίτσας Ιωάννης Δ.
- 4) Brown, S.F., Tam, W.S. & Brunton, J.M. 1987. Structural evaluation and overlay design: Analysis and implementation. 6th int. conference on the structural design of asphalt pavements. Proceedings, vol. I: 1013-1029
- 5) Brunton, J.M., Armitage, R.J. & Brown, S.F. 1992. Seven years experience on pavement evaluation. 7th int. conference on asphalt pavements. Proceedings, vol. I: 17-30
- 6) Csanyi, Y.H. 1957. Foamed asphalt in bituminous paving mixtures. HRB, National Research Council, Washington D.C., Bull. 160:108-122
- 7) ELMOD Pavement Evaluation Manual. 2001
- 8) Hakim, B.A., Brown, S.F. & Armitage, R.J. 2002, Pavement evaluation and strengthening design: Sixteen years experience. ISAP, 9th int. conference on asphalt pavements. Proceedings, vol. I:1-15
- 9) Loizos, A., Collins, D. & Jenkins, K. 2004. Rehabilitation of a major Greek highway by recycling / stabilizing with foamed bitumen. 8th conference on asphalt pavements for southern Africa (CAPSA 04). Proceedings: 1195-1206
- 10) Milton, L.J. & Earland, M.G. 1999. Design guide and specification for structural maintenance of highway pavements by cold in-situ recycling. TRL Report 386
- 11) BS 2499, Specification for hot applied joint sealants for concrete pavements, British Standards Institution, London, 1993
- 12) Asphalt Institute, Asphalt in pavement maintenance, Manual Series No. 16 (MS-16), March 1983 Edition, Lexington, USA
- 13) Buchta H. and Nievelt G., Stress Absorbing Membranes (SAM) and chip seals for medium maintenance of flexible roads, 4th Eurobitume, p.596, Madrid 1989
- 14) Yeates C., An evaluation of the use of a fibre-reinforced membrane to inhibit reflective cracking, 2nd International Symposium on Highway
- 15) Οδοστρώματα – Υλικά – Έλεγχος Ποιότητας, κεφ. 13 Συντήρηση και ενίσχυση Οδοστρωμάτων Αθ. Νικολαΐδης

- 16)** Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Δ/νση 14, ΚΕΔΕ, Τεχνικές οδηγίες για την κατασκευή αντιολισθηρής ασφαλτικής στρώσης με την έμπηξη προεπαλειμμένων ψηφίδων, Αθήνα, 1986
- 17)** Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Δ/νση Δ14, ΚΕΔΕ, Τεχνικές οδηγίες για την κατασκευή αντιολισθηρού λεπτοτάπητα με τη μέθοδο Slurry sealing, Εγκύκλιος Ε96/ΕΚ2/6077/643/3.9.87, Αθήνα
- 18)** Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Δ/νση 14, ΚΕΔΕ, Έλεγχος αντιολισθηρών λεπτοταπήτων (Slurry seal) και μετρήσεις αντιολισθηρότητας, Τεχνική έκθεση, ΕΚ2/6722/876/26.11.85, Αθήνα
- 19)** Εικόνες από το internet
- 20)** AASHTO, guide for design of pavement structure, chapter 5: Rehabilitation methods with overlays, American association of state highway and transportation officials, Washington D.C. 1986
- 21)** Κ.Γ. Αμπακουμκιν, Καθηγητής ΕΜΠ, Αεροδρόμια , Αθήνα 1990