

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΜΑΘΗΜΑ: ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΑ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Κ.Γ. ΑΜΠΑΚΟΥΜΚΙΝ

ΕΠΟΠΤΗΣ: ΕΠ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Α. ΛΟΪΖΟΣ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ PCN ΕΥΚΑΜΠΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ.



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΦΑΚΙΝΟΣ ΓΙΑΝΝΗΣ

ΑΘΗΝΑ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 1997

Στην οικογένεια μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	ΣΕΛΙΔΑ
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΜΕΘΟΔΟΣ ACN-PCN.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΕΘΟΔΟΣ FAA[Federal Aviation Administration ,USA].....	17
3.1 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ.....	17
3.2 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ.....	17
3.3 ΤΡΟΠΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ.....	21
3.4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ.....	22
3.5 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ.....	24
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3.1. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ FAA.....	28
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3.2 . ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ FAA.....	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΟΥ ΓΑΛΛΙΚΟΥ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ .ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ [SERVICE TECHNIQUE DES BASES AERIENNES, MINISTRY OF TRANSPORTATION].....	31
4.1 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ.....	31
4.2 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ.....	32
4.3 ΤΡΟΠΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ.....	35
4.4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ.....	38.
4.5 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ.....	41
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.1. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΤΟΥ ΓΑΛΛΙΚΟΥ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ.....	45

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ Μ.ΒΡΕΤΑΝΙΑΣ

[DIRECTORATE OF CIVIL ENGINEERING SERVICES].....47

5.1 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ.....47

5.2 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ.....48

5.3 ΤΡΟΠΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ.....51

5.4 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ.....53

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5.1. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΜΕΘΟΔΟΥ57

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΑΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ /ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ PCN.....59

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....59

6.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ .

ΓΙΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΑΠΟΤΕΛΟΥΜΕΝΑ

ΜΟΝΟ ΑΠΟ ΑΣΦΑΛΤΙΚΕΣ ΣΤΡΩΣΕΙΣ.....59

6.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΒΑΣΗ

ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ..... 61

6.4 ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΒΑΣΗ ΤΟΥ

ΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ACN.....62

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ PCN.....64

7.1 ΟΜΟΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ..... 64

7.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΠΑΧΟΥΣ ΣΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ..... 67

7.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΕ ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΟ

ΠΑΧΟΣ ΒΑΣΗΣ..... 71

7.4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΕ ΔΙΑΤΟΜΕΣ

ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΟ ΠΑΧΟΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ..... 76

7.5 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΕ ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΜΕ	
ΣΤΑΘΕΡΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΑΧΟΣ.....	81
7.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	85
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ	
ΠΡΟΤΑΣΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ PCN ΣΕ	
ΕΥΚΑΜΠΤΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ.....	87
8.1 ΣΚΟΠΟΣ.....	87
8.2 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ.....	87
8.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ.....	91
8.4 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ.....	96
8.5 ΚΡΙΤΙΚΗ.....	102.
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ ΠΡΟΤΑΣΗΣ	
ΚΑΙ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ.....	105
9.1 ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	105
9.2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ	106
9.3 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ.....	110
9.4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΟ ΠΑΧΟΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ.....	110
9.5 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ.....	115
9.6 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΟ ΠΑΧΟΣ ΒΑΣΗΣ.....	115
9.7 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ.....	119
9.8 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΑΧΟΣ.....	119
9.9 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ.....	123
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10. ΤΕΛΙΚΑ ΣΧΟΛΙΑ.....	125
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1. ΠΙΝΑΚΕΣ ACN ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ.....	128
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2. ΠΙΝΑΚΕΣ PCN ΑΠΟ	
ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ.....	136
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ.....	155
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ.....	157.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η εξέταση των μεθόδων υπολογισμού του PCN, εύκαμπτων οδοστρωμάτων αεροδρομίων.

Η μέθοδος ACN-PCN (Aircraft Classification Number-Pavement Classification Number), είναι μια διεθνώς αποδεκτή μέθοδος υπολογισμού και αναφοράς, της φέρουσας ικανότητας οδοστρωμάτων αεροδρομίων. Παρουσιάζεται αναλυτικά στο κεφάλαιο 2. Ο ICAO (International Civil Aviation Organization) κατά την δημοσίευση της μεθόδου ACN-PCN δεν όρισε μια συγκεκριμένη μέθοδο υπολογισμού του PCN, αλλά έδωσε την δυνατότητα στην υπηρεσία αεροδρομίου κάθε χώρας να αναπτύξει την δική της. Έτσι υπάρχουν περισσότερες από μία μέθοδοι υπολογισμού του PCN οδοστρώματος.

Οι τρεις επικρατέστερες μέθοδοι εξετάστηκαν αναλυτικά στα κεφάλαια 3,4,5. Κατόπιν έγινε η σύγκριση των μεθόδων στο κεφάλαιο 7. Οι ελλείψεις των μεθόδων μας οδήγησαν στην διερεύνηση μιας εναλλακτικής πρότασης υπολογισμού του PCN βάση των επιτρεπόμενων διελεύσεων (κεφάλαιο 8). Τα αποτελέσματα της διερεύνησης ήταν ικανοποιητικά και αποτελούν ένα κίνητρο για την συνέχιση της.

Θέλω να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον κ. Κ.Γ. Αμπακούμκιν Διευθυντή του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής που μου έδωσε την δυνατότητα να ασχοληθώ με το αντικείμενο.

Επίσης ευχαριστώ τον κ. Ανδρέα Λοίζο επίκουρο καθηγητή Ε.Μ.Π για την ανάθεση αυτού του σημαντικού θέματος καθώς και για την υποστήριξη που μου παρείχε. Επίσης ευχαριστώ τον Γιώργο Χαρωνίτη για την βοήθεια που μου πρόσφερε κατά την διάρκεια της εκπόνησης αυτής της εργασίας.

ΑΘΗΝΑ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 1997

Φακίνος Γιάννης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

1

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εξέταση των μεθόδων υπολογισμού της φέρουσας ικανότητας εύκαμπτων οδοστρωμάτων αεροδρομίων βάση του δείκτη PCN (pavement classification number).

Ο δείκτης αυτός έχει εισαχθεί στα πλαίσια της μεθόδου ACN - PCN [1] του ICAO (International civil aviation organization). Παρά το γεγονός ότι αυτή παρουσιάζει σημαντικές αδυναμίες και ελλείψεις [2] παραμένει μια διεθνώς αποδεκτή μέθοδος υπολογισμού και αναφοράς φέρουσας ικανότητας οδοστρωμάτων αεροδρομίων. Μάλιστα είναι και η επίσημη μέθοδος αναφοράς φέρουσας ικανότητας για τον ICAO

Για το λόγο αυτό στο επόμενο κεφάλαιο **[κεφ 2]** παρουσιάζεται συνοπτικά το ιστορικό δημιουργίας, οι ορισμοί των μεγεθών ACN - PCN καθώς και ο κώδικας αναφοράς του PCN.

Ο ICAO (διεθνής οργανισμός πολιτικής αεροπορίας), αφού δημοσίευσε τον ορισμό των ACN - PCN δεν καθόρισε κάποια διεθνώς αποδεκτή μέθοδο προσδιορισμού του μεγέθους PCN. Αντίθετα έδωσε την δυνατότητα στις αρχές των αεροδρομίων κάθε χώρας να αναπτύξουν μια δική τους μέθοδο προσδιορισμού του PCN. Με αυτόν τον τρόπο ο υπολογισμός προσαρμόζεται στις συνθήκες και τις προδιαγραφές κάθε χώρας.

Κατά συνέπεια σήμερα υπάρχουν και εφαρμόζονται περισσότερες από μία μέθοδοι υπολογισμού των ACN - PCN. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται και αναλύονται οι επικρατέστερες διεθνείς μέθοδοι υπολογισμού ώστε να διερευνηθούν οι διαφορές αλλά και οι ομοιότητες

τους αν υπάρχουν. Επίσης εξετάζονται οι συνθήκες και ο τρόπος εφαρμογής και τελικά αναφέρονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν.

1.2 ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΠΟΥ ΑΚΟΛΟΥΘΗΘΗΚΕ

Οι μέθοδοι που εξετάστηκαν αναλυτικά στην παρούσα εργασία είναι η μέθοδος της FAA [FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION ,ΗΠΑ] η μέθοδος της διεύθυνσης υπηρεσιών πολιτικού μηχανικού Μ.Βρετανίας [DIRECTORATE OF CIVIL ENGINEERING SERVICES] και η μέθοδος του Γαλλικού υπουργείου Συγκοινωνιών {Τεχνική Υπηρεσία αεροδρομίων}, [Service Technique des Bases Aeriennes, MINISTRY OF TRANSPORTATION].

Έγινε μια προσπάθεια ώστε η παρουσίαση και η διερεύνηση τους να γίνει κατά τον ίδιο τρόπο παρά τις διαφορές που παρουσιάζουν. Ο όμοιος τρόπος παρουσίασης διευκολύνει την σύγκριση των μεθόδων [κεφ 7] και βοηθά στον εντοπισμό των διαφορών τους. Παρακάτω αναφέρονται περιληπτικά τα διαδοχικά βήματα της παρουσίασης.

1)ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ

Εδώ αναφέρεται γενικά το υπόβαθρο (background) της μεθόδου.Δηλαδή που βασίζεται ο τρόπος υπολογισμού της και ποιά είναι η προέλευση των διαγραμάτων ή σχέσεων που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του PCN.

2)ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

Σε αυτήν την παράγραφο αναφέρεται ποιές παραδοχές κάνει η εξεταζόμενη μέθοδος/ποιά μεγέθη απαιτούνται για τον υπολογισμό του PCN και το πεδίο ορισμού τους.Επίσης αναφέρεται το πεδίο εφαρμογής της μεθόδου δηλαδή υπό ποιές συνθήκες εφαρμόζεται

3)ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

___Σε αυτή την παράγραφο εξηγείται αναλυτικά ο τρόπος υπολογισμού της μεθόδου δηλαδή πως χρησιμοποιούνται τα διαγράμματα ή οι σχέσεις υπολογισμού.

4)ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

___Για την καλύτερη κατανόηση της διαδικασίας της μεθόδου γίνονται μερικά παραδείγματα.

5)ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

___Εδώ σχολιάζονται τα αποτελέσματα της μεθόδου και γενικότερα η διαδικασία η οποία προτείνεται. Αναφέρονται τα χαρακτηριστικά σημεία της μεθόδου και τα πρώτα μειονεκτήματα ή πλεονεκτήματα που πιθανώς εντοπίζονται.

Σημειώνεται ότι στο τέλος του κάθε κεφαλαίου υπάρχει το παράρτημα με τα διαγράμματα της κάθε μεθόδου. Ετσι διευκολύνεται ο αναγνώστης και η μέθοδος έχει μια αυτοτέλεια

Κατόπιν αναφέρονται οι μεθοδολογίες που δεν εξετάστηκαν διεξοδικότερα, καθώς και οι λόγοι που μας οδήγησαν σε αυτή την κατεύθυνση **[κεφ 6]**.

Ακολούθως έγινε μια λεπτομερή σύγκριση **[κεφ 7]** μεταξύ των μεθόδων με σκοπό να εντοπιστούν οι διαφορές και οι ομοιότητες τους. Από την σύγκριση αποκτήθηκε μια αντίληψη για τις ελλείψεις κάθε μεθόδου.

Οι κοινές ελλείψεις των μεθόδων οδήγησαν σε μια προσπάθεια προσδιορισμού του PCN με βάση τις διελεύσεις που επιτρέπει η φόρτιση ενός αεροσκάφους **[κεφ 8]**. Έγινε χρήση του ορισμού του PCN. Σε κάθε διατομή έγιναν δοκιμαστικές φορτίσεις αεροσκαφών. Το ζητούμενο μέγεθος είναι η εφελκυστική παραμόρφωση του πυθμένα της ασφατικής στρώσης που επιτρέπει 10000 διελεύσεις. Το ACN του αεροσκάφους, που προκαλεί παραμόρφωση που επιτρέπει 10000

διελεύσεις, γίνεται δεκτό ως PCN του οδοστρώματος. Οι διατομές χωρίστηκαν σε κατηγορίες ανάλογα με τα πάχη των στρώσεων, τα μέτρα δυσκαμψίας τους και τον δείκτη CBR. Τα ακριβή όρια των κατηγοριών αναφέρονται στο σχετικό κεφάλαιο [κεφ 8].

Οι παραμορφώσεις υπολογίστηκαν με το πρόγραμμα H/Y APSA 1.0. Τα αποτελέσματα απεικονίστηκαν σε διαγράμματα που συνδέουν το συνολικό πάχος με το PCN. Σε κάθε ομάδα σημείων έγινε προσαρμογή μιας καμπύλης με σχέση της μορφής $PCN=f(H)$. Αυτές οι σχέσεις επιτρέπουν τον εκτίμηση του PCN κατά κατηγορία διατομής.

Κατόπιν γίνεται σύγκριση της διερεύνησης υπολογισμού του PCN με τις μεθόδους που εξετάστηκαν [κεφ 9]. Εντοπίζονται τα πλεονεκτήματα της διερεύνησης που καλύπτουν τις ελλείψεις των μεθόδων. Επίσης επισημαίνεται η κατεύθυνση προς την οποία πρέπει να συνεχιστεί η διερεύνηση, ώστε να προκύψει μια ολοκληρωμένη μέθοδος υπολογισμού του PCN.

Τελικά ανακεφαλαιώνονται τα συμπεράσματα από την εξέταση των μεθόδων και της εναλλακτικής πρότασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

2

2. ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ACN - PCN ΤΟΥ ICAO

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για τον έλεγχο της επάρκειας και τον προσδιορισμό της φέρουσας ικανότητας των οδοστρωμάτων αεροδρομίων έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι . Οι οποίες χαρακτηρίζουν την φέρουσα ικανότητα του οδοστρώματος με κριτήριο ένα από τα παρακάτω μεγέθη:

- 1)το μέγιστο βάρος αεροσκάφους που μπορεί με ασφάλεια να εξυπηρετήσει.[1]
- 2)το μέγιστο φορτίο φορείου τροχών που μπορεί να φέρει με ασφάλεια.[1]
- 3)με τον αριθμό κατατάξεως του σε καθορισμένο σύστημα αναφοράς φορτίου.[1]

Οι δύο πρώτες μέθοδοι αποτελούν τις παλαιότερες μεθόδους υπολογισμού της φέρουσας ικανότητας οδοστρωμάτων αεροδρομίων και έχουν εγκαταληφθεί. Η τρίτη εφαρμόστηκε για αρκετά χρόνια και είναι γνωστή ως μέθοδος LCN [Load Classification Number] [3]. Δημιουργήθηκε από τον ICAO (διεθνής οργανισμός πολιτικής αεροπορίας) στα τέλη της δεκαετίας 1940-50 και στα επόμενα χρόνια καθιερώθηκε διεθνώς. Όμως παρά την μεγάλη χρήση της παρουσίασε αδυναμίες και ελλείψεις. Παράλληλα με την αύξηση της κυκλοφορίας και των φορτίων έγινε πιο επιτακτική η ανάγκη για πιο αποτελεσματικό έλεγχο της φέρουσας ικανότητας των οδοστρωμάτων. Για αυτούς τους λόγους ο ICAO εισήγαγε μια νέα μέθοδο την ACN - PCN [Aircraft Classification Number- Pavement classification Number] [4].

Η μέθοδος ACN - PCN εισήχθει το 1981 από τον ICAO με στόχο να γίνει ο διεθνής τρόπος ελέγχου της δομικής επάρκειας οδοστρωμάτων αεροδρομίων. Η δυνατότητα της να εκφράζει την αντοχή των οδοστρωμάτων επέτρεψε να χρησιμοποιηθεί και σε μεθοδολογίες σχεδιασμού.

Το βασικό χαρακτηριστικό της μεθόδου είναι ότι δίνεται έμφαση στην δημιουργία ενός δείκτη ο οποίος χαρακτηρίζει το φορτίο του αεροσκάφους όπως και στην μέθοδο LCN. Αντιθέτως δίνεται μικρότερη έμφαση στην έκφραση της φέρουσας ικανότητας του οδοστρώματος η οποία εκτιμάται σε σχέση με το φορτίο του αεροσκάφους που μπορεί να εξυπηρετηθεί χωρίς περιορισμό διελεύσεων.

2.2 ΟΡΙΣΜΟΙ

Η ανάγκη ύπαρξης ενός δείκτη χαρακτηρισμού του φορτίου ενός αεροσκάφους που να μην παρουσιάζει δυσκολίες όπως το ESWL οδήγησε στον ορισμό του ACN [4] .

ACN (Aircraft Classification Number) είναι ένας αριθμός ο οποίος εκφράζει την σχετική επίδραση ενός αεροσκάφους σε ένα οδόστρωμα για μια προκαθορισμένη αντοχή του εδάφους. Αριθμητικά προσδιορίζεται ως το διπλάσιο φορτίο (σε χιλιάδες κιλά) του μονού τροχού που έχει πίεση 1.25 MPa και προκαλεί την ίδια ένταση με το πραγματικό σύστημα τροχών του αεροσκάφους σε ένα οδόστρωμα πάχους ίσο με το πάχος αναφοράς.

Για τα εύκαμπτα οδοστρώματα το πάχος αναφοράς είναι ίσο με το συμβατικό πάχος οδοστρώματος που επιτρέπει 10000 διελεύσεις του πραγματικού συστήματος τροχών του α/φ για μια συγκεκριμένη κατηγορία εδαφικής αντοχής. Η επιλογή του ορίου των 10000 διελεύσεων έγινε από τον ICAO ώστε να εξασφαλιστεί μια ρεαλιστική εκτίμηση

της βαριάς φόρτισης από τα διαφορετικά α/φ που πρέπει να εξυπηρετήσει το οδόστρωμα ενός αεροδρομίου. Για τα άκαμπτα οδοστρώματα το πάχος αναφοράς είναι ίσο με το συμβατικό πάχος πλάκας σκυροδέματος, η οποία φορτιζόμενη στο κέντρο της από το πραγματικό σύστημα τροχών του αεροσκάφους ,αναπτύσει στη βάση της εφελκυστική τάση ίση με 2.75N/mm^2 .

Η σημασία του πάχους αναφοράς είναι η απεξάρτηση του ACN από το πάχος του εκάστοτε οδοστρώματος μελέτης. Ο υπολογισμός του γίνεται για κάθε μια από τις τέσσερις κατηγορίες εδαφικής αντοχής οι οποίες χαρακτηρίζονται από τον δείκτη CBR για τα εύκαμπτα και τον δείκτη k για τα άκαμπτα. Οι κατηγορίες φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. k

• ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ICAO [4]

ΑΝΤΟΧΗ	ΚΩΔΙΚΟΣ	CBR	K(MN/m3)
ΥΨΗΛΗ	A	15%	150
ΜΕΣΗ	B	10%	80
ΧΑΜΗΛΗ	C	6%	40
ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ	D	3%	20

Οι τιμές του δείκτη CBR και k είναι χαρακτηριστικές για κάθε κατηγορία. k

Για κάθε μια από αυτές τις κατηγορίες εδάφους το πάχος αναφοράς είναι διαφορετικό. Που σημαίνει ότι και η τιμή του ACN ενός α/φ μεταβάλλεται αντίστοιχα. Επίσης η τιμή μεταβάλλεται ανάλογα με το φορτίο του αεροσκάφους. k

Για αυτούς τους λόγους για κάθε κατηγορία αντοχής εδάφους υπολογίζονται δύο τιμές ACN. Η μια αντιστοιχεί στο μέγιστο βάρος του α/φ ενώ η άλλη όταν το α/φ είναι κενό. Οι τιμές των ACN όλων των αεροσκαφών για όλες τις κατηγορίες εδαφικής αντοχής και για τις δύο περιπτώσεις βαρών έχουν υπολογιστεί με προγράμματα H/Y και πινακοποιηθεί. Τέτοιοι πίνακες δίνονται στο παράρτημα 1.

Μετά την ολοκλήρωση της έκφρασης του φορτίου ακολουθεί η έκφραση της αντοχής του οδοστρώματος σε σχέση με το φορτίο που μπορεί να φέρει με ασφάλεια για απεριόριστο αριθμό διελεύσεων. Έτσι εισάγεται το PCN (pavement classification number) ως ο αριθμός που εκφράζει την φέρουσα ικανότητα του οδοστρώματος και ορίζεται ως το ACN του α/φ που προκαλεί την δυσμενέστερη φόρτιση που μπορεί να δεχτεί το οδόστρωμα χωρίς περιορισμό του αριθμού διελεύσεων [4].

Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή ο ICAO δεν υποδεικνύει καποια συγκεκριμένη μέθοδο προσδιορισμού του PCN, αλλά επιτρέπει στις αρχές του αεροδρομίου να επιλέγουν κατα την κρίση τους την πιο κατάλληλη.

Το PCN αναφέρεται με ένα συγκεκριμένο κωδικό αποτελούμενο από την αριθμητική τιμή και τέσσερις χαρακτήρες. Με αυτόν τον τρόπο αναφοράς λαμβάνονται και οι λοιπές παράμετροι υπολογισμού της φέρουσας ικανότητας οδοστρώματος [4]. Κάθε ένας από τους χαρακτήρες αναφοράς εκφράζουν τα εξής.

- 1) Τύπος οδοστρώματος. Αναφέρονται δύο τύποι οδοστρωμάτων. Τα εύκαμπτα συμβολίζονται με το γράμμα F(Flexible) ενώ τα άκαμπτα με το γράμμα R(Rigid).
- 2) Κατηγορία εδαφικής αντοχής. Η στρώση έδρασης κατατάσσεται ανάλογα με τον δείκτη CBR για τα εύκαμπτα ή τον δείκτη k για τα άκαμπτα σε

μία από τις τέσσερις κατηγορίες αντοχής ,όπως φαίνεται στον σχετικό πίνακα.

3)Μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση ελαστικών. Ο δείκτης αυτός προσδιορίζει την μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση ελαστικού που μπορεί να δεχτεί το οδόστρωμα. Οι κατηγορίες πίεσης φαίνονται στον πίνακα 2.2 που ακολουθεί.

• ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2 . ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΙΕΣΗΣ ΕΛΑΣΤΙΚΟΥ **[4]**

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΠΙΕΣΗ
ΥΨΗΛΗ	W	ΧΩΡΙΣ ΟΡΙΟ
ΜΕΣΗ	X	1.0-1.5 MPa
ΧΑΜΗΛΗ	Y	0.5-1.0 MPa
ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ	Z	0-0.5 MPa

4)Μεθοδολογία υπολογισμού. Όταν ο υπολογισμός του PCN γίνεται με χρήση διαγραμάτων ή σχέσεων δηλαδή υπολογιστικά τότε έχουμε τεχνικό υπολογισμό που συμβολίζεται με T. Αντίθετα όταν το PCN εκτιμάται με βάση την εμπειρία φόρτισης ενός αεροσκάφους στο εξεταζόμενο οδόστρωμα τότε έχουμε εμπειρικό υπολογισμό και συμβολίζεται με U.

2.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΟΜΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ACN-PCN

Όταν είναι γνωστό το ACN ενός αεροσκάφους και το PCN του οδοστρώματος μπορούμε να κρίνουμε αν το οδόστρωμα μπορεί να δεχτεί το συγκεκριμένο αεροσκάφος αν ισχύει η ανισότητα.

$$\text{PCN} > \text{ACN}$$

Σε αντίθετη περίπτωση το αεροσκάφος δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει το οδόστρωμα διότι υπάρχει κίνδυνος αστοχίας **[4]**.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

3

3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΤΗΣ FAA [FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION ,ΗΠΑ]

3.1. Ιστορικό δημιουργίας

Ο υπολογισμός βασίζεται σε μία σειρά διαγραμμάτων (παράρτημα 3.1). Στηρίζεται στον προσδιορισμό του επιτρεπόμενου συνολικού βάρους που μπορεί να φέρει το οδόστρωμα. Για τον προσδιορισμό του επιτρεπόμενου βάρους χρησιμοποιούνται τα διαγράμματα σχεδιασμού. Ακολουθείται μία αντίστροφη διαδικασία από αυτήν της διαστασιολόγησης, που θα αναφερθεί στη σχετική παράγραφο (3.3). Οι καμπύλες σχεδιασμού βασίζονται στη μέθοδο σχεδιασμού του CBR. Η μέθοδος CBR είναι βασικά εμπειρική, αλλά έχουν γίνει πολλές έρευνες με αυτή τη μέθοδο και έχουν αναπτυχθεί αξιόπιστοι συσχετισμοί [5].

3.2. Παραδοχές

Η μέθοδος της FAA (Federal Aviation Administration) [] υπολογίζει τη φέρουσα ικανότητα σε εύκαμπτα και σε δύσκαμπτα οδοστρώματα. Γενικά η μεθοδολογία υπολογισμού ουσιαστικά είναι μία αντιστροφή της διαδικασίας διαστασιολόγησης [6].

Τα οδοστρώματα εύκαμπτα ή άκαμπτα χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες με βάση το μέγεθος του φορτίου που μπορούν να παραλάβουν. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τα οδοστρώματα βαρέως φορτίου με ικανότητα παράλαβης φορτίου μεγαλύτερη από 13000 κιλά (30000 λιβρες). Η δεύτερη κατηγορία αφορά τα οδοστρώματα με ικανότητα παράλαβης φορτίου μεταξύ 5700 κιλών (12500 λιβρών) και 13000 κιλών (30000 λιβρών). Οι τιμές του φορτίου αναφέρονται στο συνολικό βάρος απογείωσης του αεροσκάφους.

Η μέθοδος για αναφορά αντοχής οδοστρωμάτων με φέρουσα ικανότητα μικρότερη από 5700 κιλά (12500 λίβρες) δεν έχει ακόμα διερευνηθεί [6]. Ο διαχωρισμός μεταξύ οδοστρωμάτων ελαφρού και βαρέως φορτίου οφείλεται στη διαφορετική ποιότητα των υλικών κατασκευής, σύμφωνα με τη διαδικασία διαστασιολόγησης. [7]

Η μέθοδος ACN-PCN αναγνωρίζει τέσσερις κατηγορίες εδαφικής αντοχής. Τα χαρακτηριστικά τους τόσο για εύκαμπτα όσο και για άκαμπτα οδοστρώματα αναφέρθηκαν στο σχετικό κεφάλαιο. Πριν τη δημοσίευση της μεθόδου ACN-PCN η μέθοδος σχεδιασμού της FAA χρησιμοποιούσε την δική της κατάταξη εδαφών. Μετά την εισαγωγή της μεθόδου ACN-PCN έγινε μία συσχέτιση των δύο συστημάτων κατάταξης εδαφών. Έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν παλαιότερα στοιχεία εδαφικής αντοχής και να μην χρειάζεται ο υπολογισμός εκ νέου της εδαφικής αντοχής, για κάθε υπολογισμό. Η συσχέτιση των δύο συστημάτων κατάταξης φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

• ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1

Σχέση των συστημάτων κατάταξης εδαφικής αντοχής [6]

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΝΤΟΧΗΣ	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΚΑΤΑΤΑΞΗ Εδάφους	
		ΕΝΟΠΟΙΗΜΕΝΗ	FAA
ΥΨΗΛΗ	A	GW, GP, GM	Fa, F1, F2
ΜΕΣΗ	B	GC, SW, SM, SP	F3, F4, F5
ΧΑΜΗΛΗ	C	SC, ML, CL, OL3	F6, F7, F8, F9
ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ	D	OM, CH, MH	F10

Για τον υπολογισμό του PCN χρησιμοποιούνται τα διαγράμματα διαστασιολόγησης [Παράρτημα 3.1], για τον προσδιορισμό του συνολικού

επιτρεπόμενου βάρους που μπορεί να παραλάβει το οδόστρωμα [7]. Κατόπιν χρησιμοποιούνται τα διαγράμματα υπολογισμού [Παράρτημα 3.2] για την εξαγωγή του PCN [6]. Για τα βαρέως φορτίου οδοστρώματα υπάρχει ένα διάγραμμα υπολογισμού για κάθε τυπικό κύριο σύστημά προσγείωσης. Το ίδιο συμβαίνει και με τα διαγράμματα διαστασιολόγησης. Τα τυπικά κύρια συστήματα προσγείωσης έχουν καθορισμένες αποστάσεις μεταξύ των τροχών για κάθε κατηγορία οδοστρωμάτων. Έχουμε για βαρέως φορτίου οδοστρώματα τα συστήματα:

- α) Μονού τροχού (single).
- β) Διπλού τροχού (dual) με απόσταση μεταξύ των τροχών 0,86 μέτρα (34 ίντσες) .
- γ) Διπλού ζεύγους μπρος-πίσω τροχού (dual tandem) με απόσταση μεταξύ των τροχών 0,76 μέτρα (30 ίντσες) και 1,39 μέτρα (55 ίντσες) μεταξύ των ζευγών.

Για τα ελαφρού φορτίου οδοστρώματα ισχύουν οι ίδιες διατάξεις τροχών με μικρότερες αποστάσεις, μεταξύ των τροχών. Συγκεκριμένα για σύστημα διπλού τροχού έχουμε 0,51μ (20 ίντσες) ενώ για σύστημα διπλού ζεύγους μπρος-πίσω τροχού (dual tandem) έχουμε 0,51μ(20 ίντσες) και 1,13μ (45 ίντσες), αντίστοιχα. Βέβαια για τα ελαφρού φορτίου οδοστρώματα υπάρχει ένα διάγραμμα διαστασιολόγησης και ένα υπολογισμού ανεξάρτητα από το είδος του συστήματος τροχών.

Για τα αεροσκάφη που έχουν ένα από τα τυπικά συστήματα προσγείωσης ισχύει η παραδοχή ότι το 95% του συνολικού βάρους παραλαμβάνεται από το κύριο σύστημα τροχών. Ενώ το υπόλοιπο 5% από το ριναίο σύστημα τροχών.

Όμως με την εισαγωγή νέων τύπων αεροσκαφών ευρείας ατράκτου (DC-10-10, B747) άλλαξαν τα δεδομένα καθώς μεταβλήθηκαν οι αποστάσεις μεταξύ των τροχών, και η αναλογία (95%, 5%) κατανομής του συνολικού βάρους. Έτσι δημιουργήθηκαν νέα διαγράμματα διαστασιολόγησης που αφορούν το κάθε

αεροσκάφος ευρείας ατράκτου **[παράρτημα 3.1] [7]**. Χωρίς την παράλληλη δημιουργία αντίστοιχων διαγραμμάτων υπολογισμού. Ο υπολογισμός του PCN στην περίπτωση αυτή γίνεται μέσω των ACN των αεροσκαφών. Ο τρόπος υπολογισμού θα περιγραφεί στη σχετική παράγραφο [3.3].

Σε κάθε διάγραμμα διαστασιολόγησης αναφέρονται οι ελάχιστες απαιτήσεις για το πάχος της ασφαλιστικής στρώσης. Η βάση και η υπόβαση σύμφωνα με τις προδιαγραφές διαστασιολόγησης αποτελούνται από κοκκώδη υλικά. Για οδοστρώματα βαρέως φορτίου το υλικό βάσης πρέπει να έχει ελάχιστο CBR 80%. Επίσης η υπόβαση δεν είναι απαραίτητη για οδοστρώματα πάνω σε εδάφη με CBR 20% ή μεγαλύτερο **[7]**. Τα επιτρεπόμενα πάχη της βάσης δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

• ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2

ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΑ ΠΑΧΗ ΒΑΣΗΣ **[7]**

Α/Φ	Φορτίο		Πάχος	
	λίβρες	κιλά	ίντσες	μέτρα
Μονού τροχού	30000-50000	13600-22700	4	0,1
	50000-75000	22700-34000	6	0,15
διπλού τροχού	50000-100000	22700-45000	6	0,15
	100000-200000	45000-90700	8	0,20
διπλού μπρος-πίσω τροχού	100000-250000	45000-113000	6	0,15
	250000-400000	113000-181000	8	0,20
B-757, B-767	200000-400000	90700-181000	6	0,15
DC-10, L1011	400000-600000	181000-272000	8	(2,00)
B-747	400000-600000	181000-272000	6	0,15
	600000-850000	272000-385000	8	0,20

Οι παραπάνω προδιαγραφές της μεθοδολογίας διαστασιολόγησης συνθέτουν το πεδίο εφαρμογής της μεθοδολογίας υπολογισμού . Αν σε ένα εξεταζόμενο οδόστρωμα το πάχος μίας στρώσης είναι μικρότερο από αυτό που προβλέπεται από το σχεδιασμό δεν μπορεί να υπολογιστεί το PCN από τη μέθοδο της FAA.

3.3 . Διαδικασία υπολογισμού

Στον τεχνικό υπολογισμό χρησιμοποιούνται τα διαγράμματα διαστασιολόγησης [**παράρτημα 3.1**] και τα αντίστοιχα υπολογισμού [**Παράρτημα 3.2**]. Ο υπολογισμός βασίζεται στον προσδιορισμό του μέγιστου επιτρεπόμενου συνολικού βάρους που μπορεί να φέρει το οδόστρωμα. Ο προσδιορισμός αυτός γίνεται από τα διαγράμματα διαστασιολόγησης.

Ακολουθείται μία αντίστροφη διαδικασία από αυτήν της διαστασιολόγησης για τον προσδιορισμό του συνολικού πάχους. Πρέπει να είναι γνωστά το συνολικό πάχος οδοστρώματος και ο δείκτης CBR της στρώσης έδρασης.

Ξεκινώντας από τα διαγράμματα διαστασιολόγησης [**παράρτημα 3.1**] εισάγουμε το συνολικό πάχος και το CBR, στον κάτω και στον πάνω οριζόντιο άξονα αντίστοιχα. Από τα σημεία εισαγωγής φέρνουμε κάθετες. Στο σημείο όπου η κάθετη από το συνολικό πάχος τμήσει την καμπύλη της ζητούμενης κυκλοφορίας, φέρνουμε οριζόντια μέχρι να τμήσει την κάθετη από το CBR. Το σημείο τομής αντιστοιχεί στο μέγιστο επιτρεπόμενο συνολικό βάρος. Το βάρος αυτό αντιστοιχεί στο σύστημα τροχών βάσει του οποίου γίνεται ο υπολογισμός. Κατόπιν εισάγουμε το επιτρεπόμενο βάρος στο αντίστοιχο διάγραμμα υπολογισμού [**παράρτημα 3.2**]. Από τον οριζόντιο άξονα του βάρους φέρνουμε κάθετη μέχρι την καμπύλη της αντίστοιχης εδαφικής

κατηγορίας. Από το σημείο τομής φέρνουμε οριζόντια μέχρι τον άξονα του PCN, όπου και διαβάζουμε την τιμή PCN.

Όταν ο υπολογισμός γίνεται με βάση αεροσκάφος ευρείας ατράκτου για τα οποία δεν υπάρχουν διαγράμματα υπολογισμού, τότε χρησιμοποιούνται τα ACN. Συγκεκριμένα υπολογίζονται τα επιτρεπόμενα βάρη από τα διαγράμματα σχεδιασμού **[παράρτημα 3.1]** όπως περιγράφηκε προηγουμένως. Τα ACN των αεροσκαφών είναι γνωστά από πίνακες **[παράρτημα 1]**, καθώς και τα βάρη στα οποία αντιστοιχούν. Κάνοντας μία γραμμική παρεμβολή μεταξύ μέγιστης και ελάχιστης τιμής ACN, μέγιστου-ελάχιστου βάρους, με το επιτρεπόμενο βάρος βρίσκουμε το PCN του οδοστρώματος. Επειδή ο υπολογισμός γίνεται με περισσότερα από ένα αεροσκάφη, προκύπτουν αντίστοιχες τιμές PCN. Η τελική τιμή του PCN θα είναι η μέγιστη εκείνη που αντιστοιχεί σε αεροσκάφος που αποδεδειγμένα δεν προκαλεί ζημιά στο οδόστρωμα ούτε λόγω πίεσης ούτε λόγω βάρους.

3.4. Παραδείγματα

Παράδειγμα 1

Έστω ότι έχουμε ένα εύκαμπτο οδόστρωμα το οποίο έχει υπολογιστεί ότι αντέχει συνολικό βάρος 113.500 κιλά (250000 λίβρες) σε σύστημα κυρίων τροχών διπλού μπρος-πίσω (dual tandem). Προηγούμενα δεδομένα δείχνουν κατηγορία εδάφους F6. Η μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση είναι 1,38 MPa. Η κατηγορία εδαφικής αντοχής είναι C όπως φαίνεται από το σχετικό πίνακα. Από το σχετικό διάγραμμα **[παράρτημα 3.1]** για 250000 λίβρες και χαμηλή αντοχή εδάφους προκύπτει PCN=48.

Πίεση 1,38 MPa αντιστοιχεί σε κωδικό X

Άρα PCN=48/F/C/X/T

Παράδειγμα 2

Συχνά τα οδοστρώματα δέχονται πολλά διαφορετικά αεροσκάφη. Τελικά πρέπει να αναφερθεί ένας αριθμός PCN. Στην περίπτωση που δίνονται πολλές δυνάμεις (συνολικού βάρους) αντοχής, τότε το πρόβλημα είναι στην εκλογή του κατάλληλου PCN για αναφορά. Έστω ένα εύκαμπτο οδόστρωμα που έχει υπολογιστεί ότι αντέχει τα ακόλουθα φορτία.

Μονού τροχού	34090 κιλά (75000 λίβρες)
Διπλού τροχού	88076 κιλά (194000 λίβρες)
Διπλού μπρος-πίσω τροχού	154550 κιλά (340000 λίβρες)
L1011-1	181820 κιλά (400000 λίβρες)

Από τα σχετικά διαγράμματα [Παράρτημα 3.1] και πίνακες [Παράρτημα 1] προκύπτουν τα PCN-ACN.

Μονού τροχού	28
Διπλού τροχού	53
Διπλού μπρος-πίσω	59
L1011-1	48 (γραμμική παρεμβολή)

Για την πίεση δεν υπάρχει περιορισμός οπότε PCN=59/F/B/W/T.

Παράδειγμα 3

Έστω εύκαμπτο οδόστρωμα με κατηγορία εδάφους B που έχει υπολογιστεί για τα παρακάτω φορτία

Μονού τροχού	31780 κιλά (70000 λίβρες)
Διπλού τροχού	88530 κιλά (195000 λίβρες)
Διπλού μπρος-πίσω τροχού	172520 κιλά (380000 λίβρες)

Μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση 1,00 MPa. Από τα σχετικά διαγράμματα

[Παράρτημα 3.1] έχω τα PCN

Μονού τροχού 27

Διπλού τροχού 53

Διπλού μπρος-πίσω 67

PCN=67/F/B/Y/T

3.5. Σχολιασμός

Οι παράμετροι υπολογισμού του PCN είναι το συνολικό επιτρεπόμενο βάρος, ο δείκτης CBR και το είδος του συστήματος προσγείωσης. Για τον προσδιορισμό του συνολικού επιτρεπόμενου βάρους χρειάζεται το συνολικό πάχος του οδοστρώματος καθώς και ο αριθμός των ετήσιων αφίξεων. Για αεροσκάφη ευρείας ατράκτου αφού υπολογιστεί το επιτρεπόμενο βάρος από τα σχετικά διαγράμματα **[Παράρτημα 3.1]**, λαμβάνονται και τα ACN από τους πίνακες **[Παράρτημα 1]**.

Τα οδοστρώματα χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Τα οδοστρώματα βαρέως φορτίου και ελαφρού φορτίου. Στη μέθοδο σχεδιασμού αναφέρεται ότι η διαφοροποίηση αυτή οφείλεται στη διαφορετική ποιότητα των υλικών κατασκευής. Για τα βαρέως φορτίου οδοστρώματα αναφέρονται προδιαγραφές κατασκευής της βάσης και της υπόβασης, όσον αφορά το ελάχιστο πάχος και το CBR. Επίσης αναφέρονται ελάχιστα όρια πάχους ασφαλτικής στρώσης και για τους δύο τύπους οδοστρωμάτων. Όμως γενικά δεν αναφέρονται τα κριτήρια ποιότητας υλικών με τα οποία γίνεται αυτός ο διαχωρισμός. Οριοθετείται μόνο με το συνολικό επιτρεπόμενο βάρος. Πάνω από 17500 κιλά (30000 λίβρες) θεωρούνται τα οδοστρώματα βαρέως φορτίου. Ενώ κάτω από αυτήν την τιμή είναι τα ελαφρού φορτίου. Το γεγονός αυτό μας αναγκάζει να κάνουμε δοκιμαστικούς υπολογισμούς στην περίπτωση που δεν είναι γνωστή η κατηγορία του αεροδρομίου, περιπλέκοντας την εφαρμογή της μεθόδου.

Άλλο χαρακτηριστικό της μεθόδου είναι ότι για τον προσδιορισμό του συνολικού επιτρεπόμενου βάρους χρησιμοποιείται το συνολικό πάχος του οδοστρώματος. Ενώ τα πάχη των στρώσεων δεν αποτελούν παραμέτρους υπολογισμού. Γνωρίζουμε όμως ότι μία μεταβολή τους συχνά αλλάζει ριζικά την εντατική κατάσταση του οδοστρώματος. Συγκεκριμένα μεταβάλλονται τα κρίσιμα μεγέθη που είναι η ανηγμένη εφελκυστική παραμόρφωση στον πυθμένα της ασφαλικής και η αντίστοιχη θλιπτική στη στρώση έδρασης. Οι παραμορφώσεις αυτές μαζί με τις αντίστοιχες τάσεις καθορίζουν το μέγεθος του επιτρεπόμενου φορτίου, και κατά συνέπεια θα έπρεπε τα επιμέρους πάχη των στρώσεων να αποτελούν παραμέτρους υπολογισμού.

Ακόμη αναφέρονται στη διαδικασία σχεδιασμού προδιαγραφές κατασκευής της βάσης και της υπόβασης βάσει του CBR. Γενικά αναφέρεται ότι αν ένα οδόστρωμα είναι πάνω σε έδαφος με CBR 20% ή μεγαλύτερο δεν χρειάζεται στρώση υπόβασης. Για τα βαρέως τύπου οδοστρώματα το υλικό της βάσης πρέπει να έχει ελάχιστο CBR 80%. Για την ασφαλική στρώση δεν αναφέρεται κάποιο όριο του μέτρου δυσκαμψίας. Έτσι διαπιστώνεται ότι για τα υλικά κατασκευής υπάρχουν μόνο προδιαγραφές σχεδιασμού. Τα μηχανικά χαρακτηριστικά (μέτρα ελαστικότητας λόγοι Poisson) των στρώσεων δεν υπεισέρχονται στον υπολογισμό. Όμως επηρεάζουν το μέγεθος των τάσεων και των παραμορφώσεων, άρα και το επιτρεπόμενο φορτίο με το οποίο υπολογίζεται το PCN, κάτι το οποίο που δεν λαμβάνει υπ' όψη η μέθοδος.

Με τη εισαγωγή σε χρήση κάθε νέου αεροσκάφους δημιουργήθηκε ένα αντίστοιχο διάγραμμα διαστασιολόγησης. Δεν έχουν δημιουργηθεί ακόμη όμως διαγράμματα υπολογισμού για τα νέα αεροσκάφη ώστε να εξαχεται αμέσως το PCN. Διότι θεωρήθηκε μη πρακτικό να υπάρχει ένα διάγραμμα υπολογισμού για κάθε αεροσκάφος.

Όμως συνέχεια εισάγονται νέοι τύποι αεροσκαφών. Τα τυπικά συστήματα τροχών θα υπάρχουν σε ολοένα και πιο λίγα αεροσκάφη. Ο υπολογισμός του

PCN θα βασίζεται ολοένα και περισσότερο στα νέα αεροσκάφη, που δεν διαθέτουν κάποιο από τα τυπικά συστήματα τροχών. Έτσι θα επιταχυνόταν ο υπολογισμός του PCN εάν είχαν δημιουργηθεί και διαγράμματα υπολογισμού με την εισαγωγή κάθε νέου τύπου αεροσκάφους.

Οι ελλείψεις αυτής της μεθόδου συνοψίζονται στο ότι απουσιάζουν ως παράμετροι τα μηχανικά χαρακτηριστικά (μέτρα ελαστικότητας, v_1, v_2, v_3) των στρώσεων και τα πάχη τους. Επίσης χρειάζεται με κάθε νέο τύπο αεροσκάφους να δημιουργείται και το αντίστοιχο διάγραμμα υπολογισμού. Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της μεθόδου φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

• ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Ο υπολογισμός του PCN μέσω του επιτρεπόμενου βάρους μπορεί να γίνει για όλα τα συνήθη αεροσκάφη.	Από τα διαγράμματα διαστασιολόγησης εξάγεται το μέγιστο συνολικό επιτρεπόμενο βάρος. Με αυτό με γραμμική παρεμβολή από τα ACN εξάγεται το PCN. Το PCN εξάγεται κατευθείαν από διαγράμματα υπολογισμού που ισχύουν μόνο για τα τρία τυπικά κύρια σκέλη τροχών. Δεν μπορεί να υπολογιστεί αμέσως για τα συνήθη αεροσκάφη.
Οι παράμετροι υπολογισμού είναι το συνολικό πάχος, ο δείκτης CBR και οι ετήσιες αφίξεις αεροσκάφους που χρησιμοποιεί το	Τα πάχη των στρώσεων και τα μέτρα ελαστικότητας αυτών δεν αποτελούν παραμέτρους υπολογισμού. Το γεγονός αυτό είναι

οδόστρωμα. Χρειάζονται σχετικά λίγα δεδομένα για τον υπολογισμό του PCN	σοβαρή έλλειψη ιδιαίτερα στην περίπτωση θερμοκρασιακής μεταβολής για την ασφατική στρώση. Επίσης το PCN αυξάνεται όσο αυξάνεται το CBR
Υπάρχουν προδιαγραφές όσον αφορά τα υλικά κατασκευής,προερχόμενες από την διαστασιολόγηση. Επίσης υπάρχουν απαιτήσεις ελάχιστων παχών των στρώσεων ανάλογα με το συνολικό φορτίο του αεροσκάφους. Έτσι οριοθετείται το πεδίο εφαρμογής της μεθόδου.	Η μεταβολή των παχών των στρώσεων (ενώ το συνολικό πάχος μένει σταθερό) μέσα στα πλαίσια των απαιτήσεων δεν επηρεάζει το εξαγόμενο PCN. Το ίδιο συμβαίνει και με μεταβολή των μηχανικών ιδιοτήτων των υλικών. Και στις δύο περιπτώσεις όμως η εντατική κατάσταση του οδοστρώματος μεταβάλλεται.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3.1

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

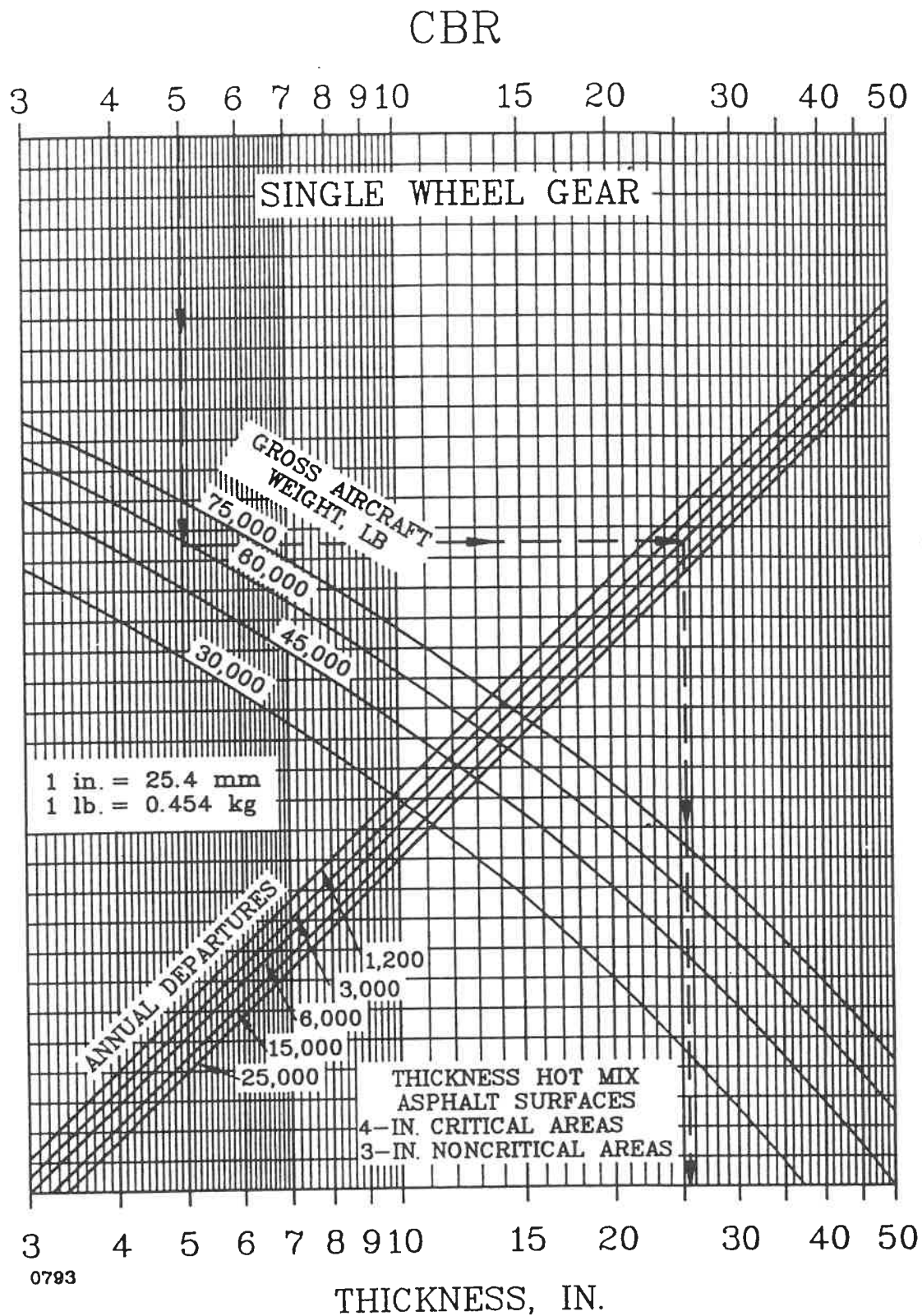


FIGURE 3-2 FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN CURVES, SINGLE WHEEL GEAR

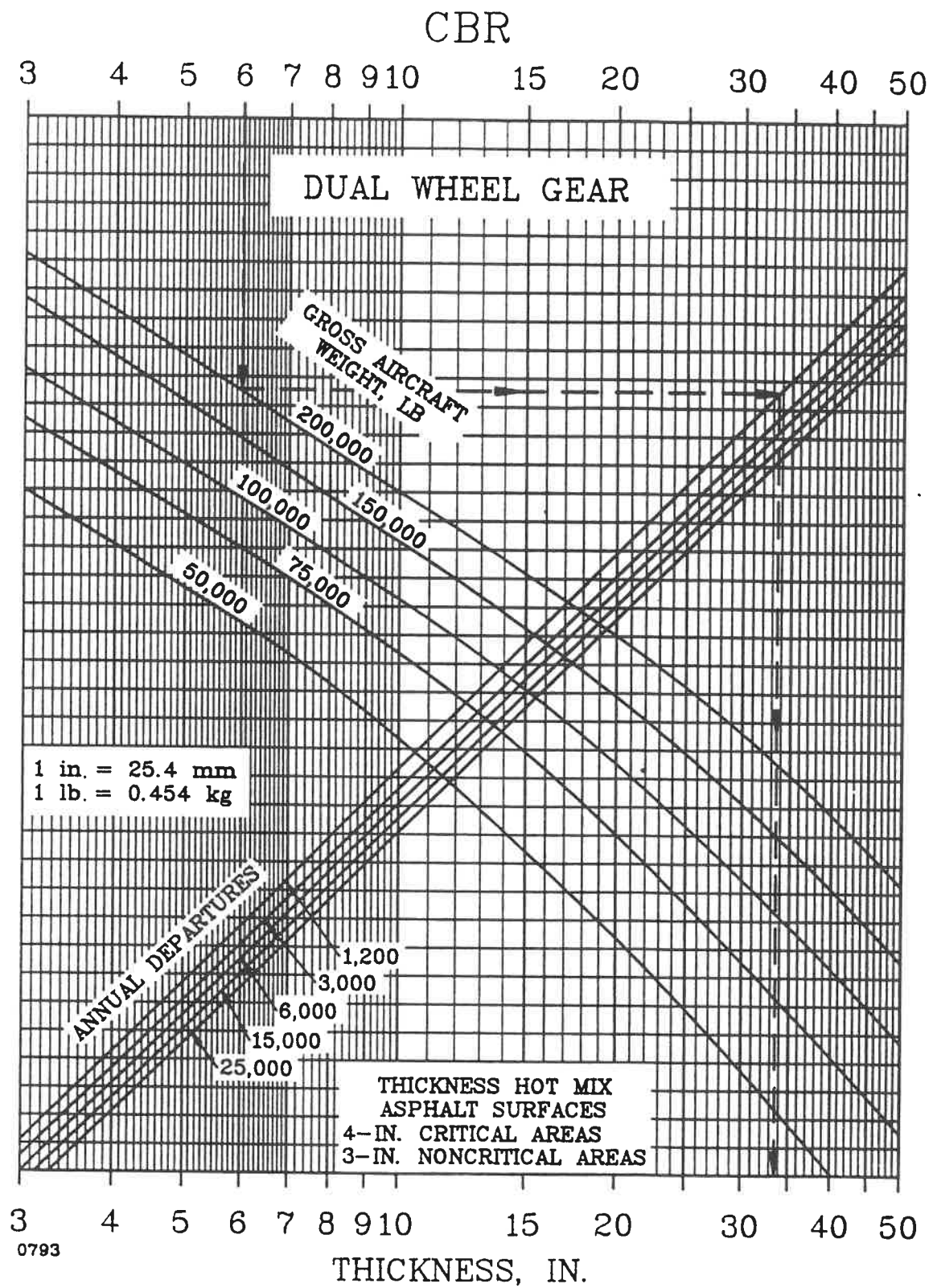


FIGURE 3-3 FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN CURVES, DUAL WHEEL GEAR

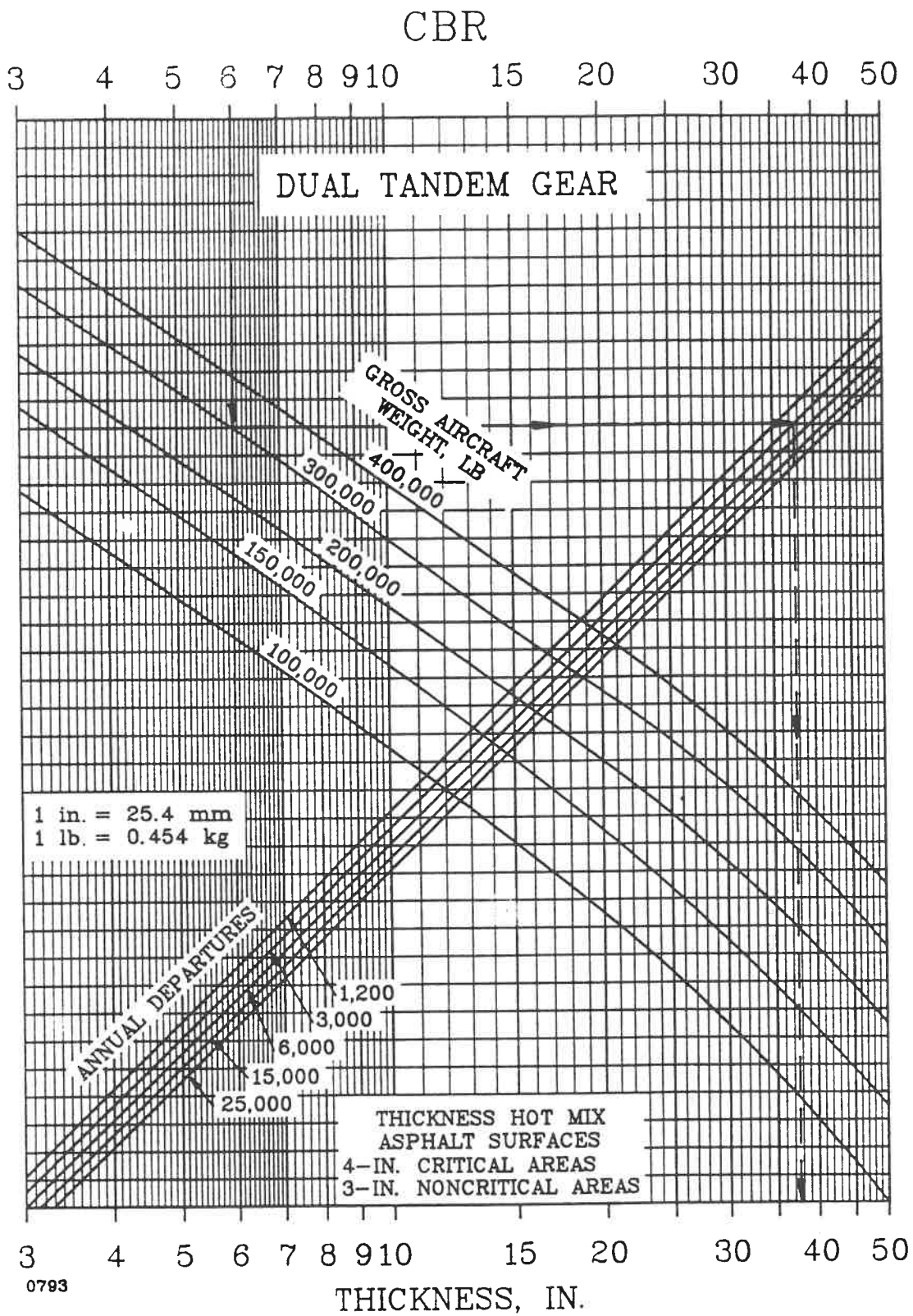


FIGURE 3-4 FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN CURVES, DUAL TANDEM GEAR

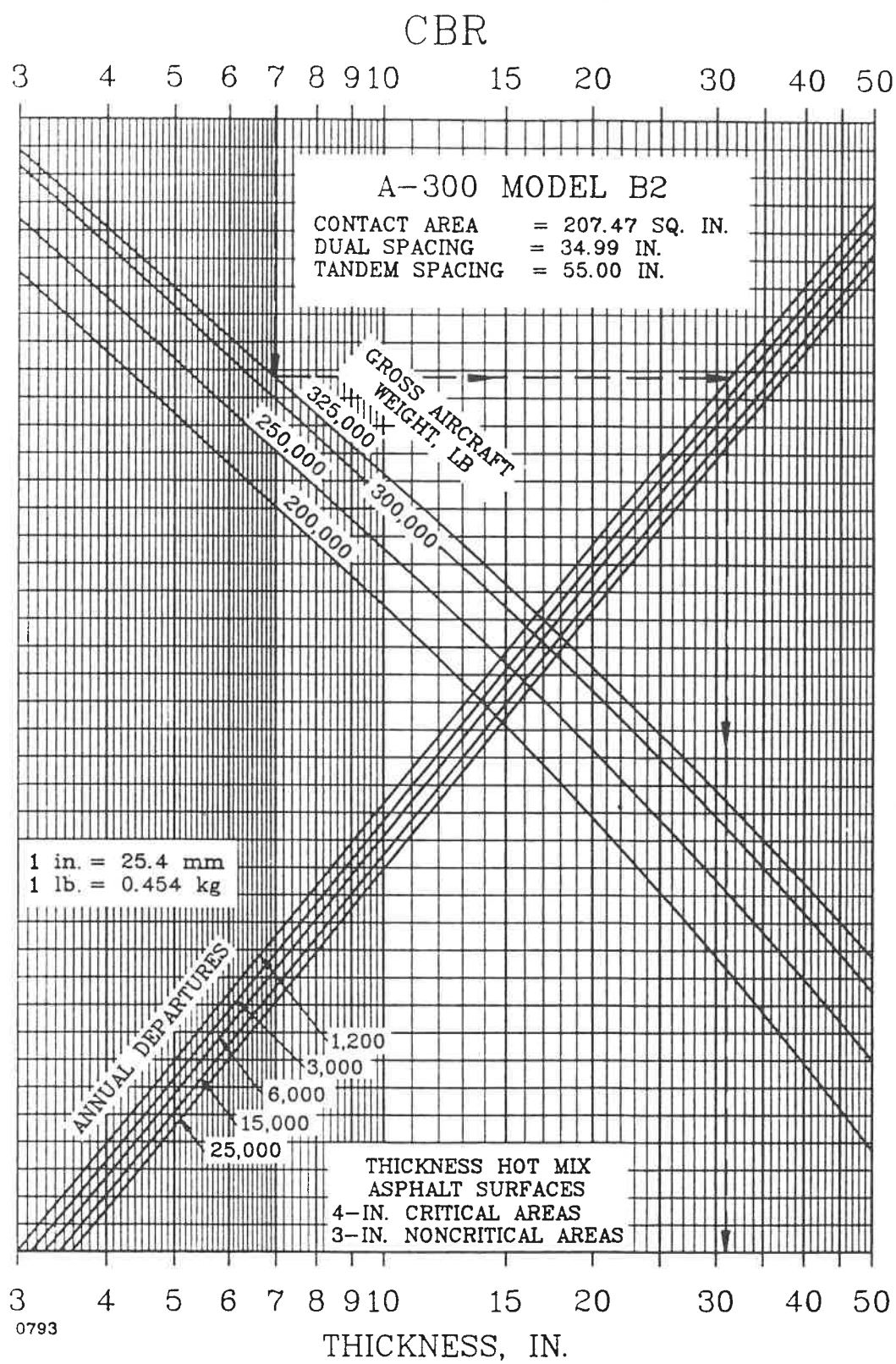


FIGURE 3-5 FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN CURVES, A-300 MODEL B2

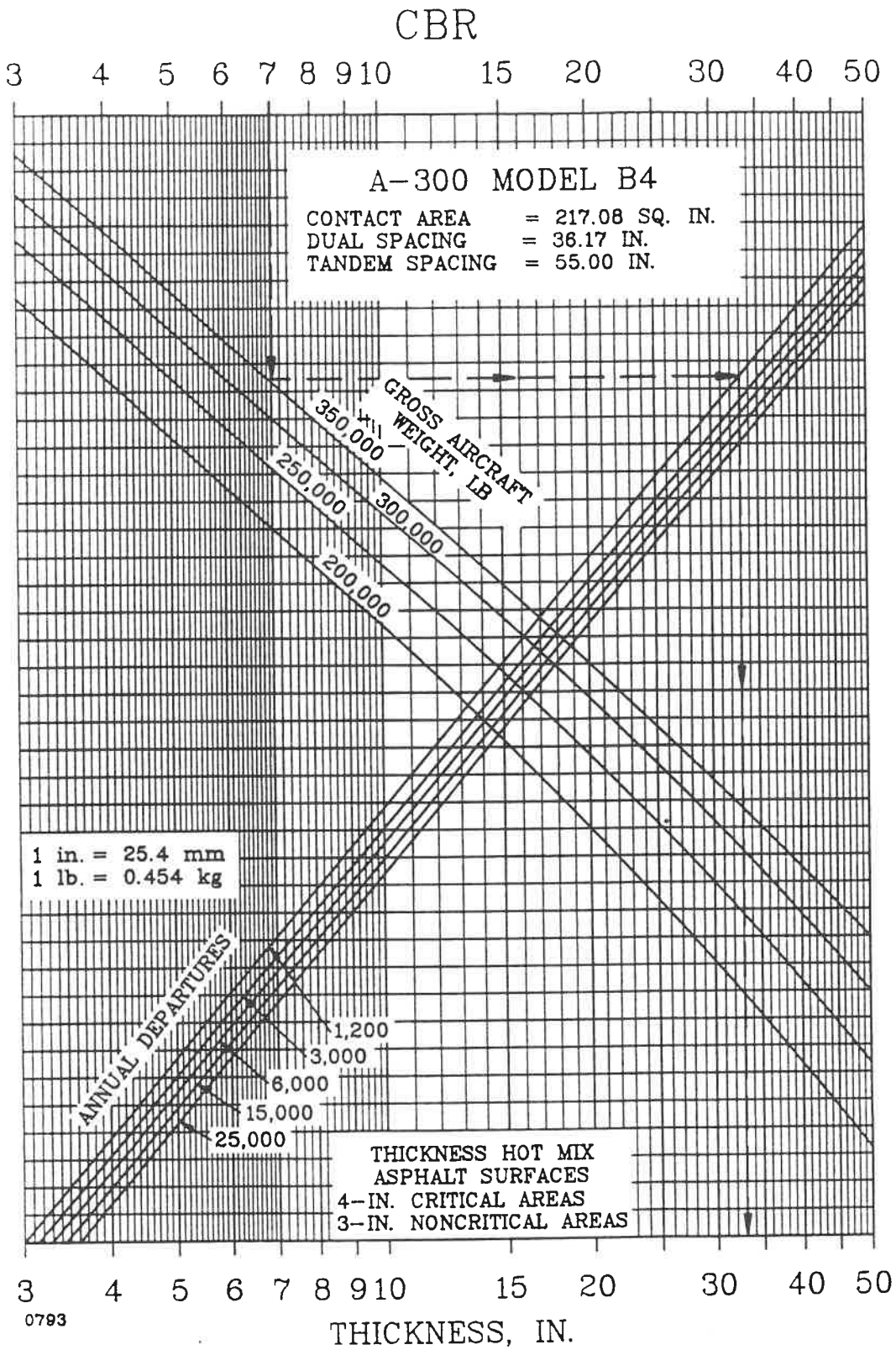


FIGURE 3-6 FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN CURVES, A-300 MODEL B4

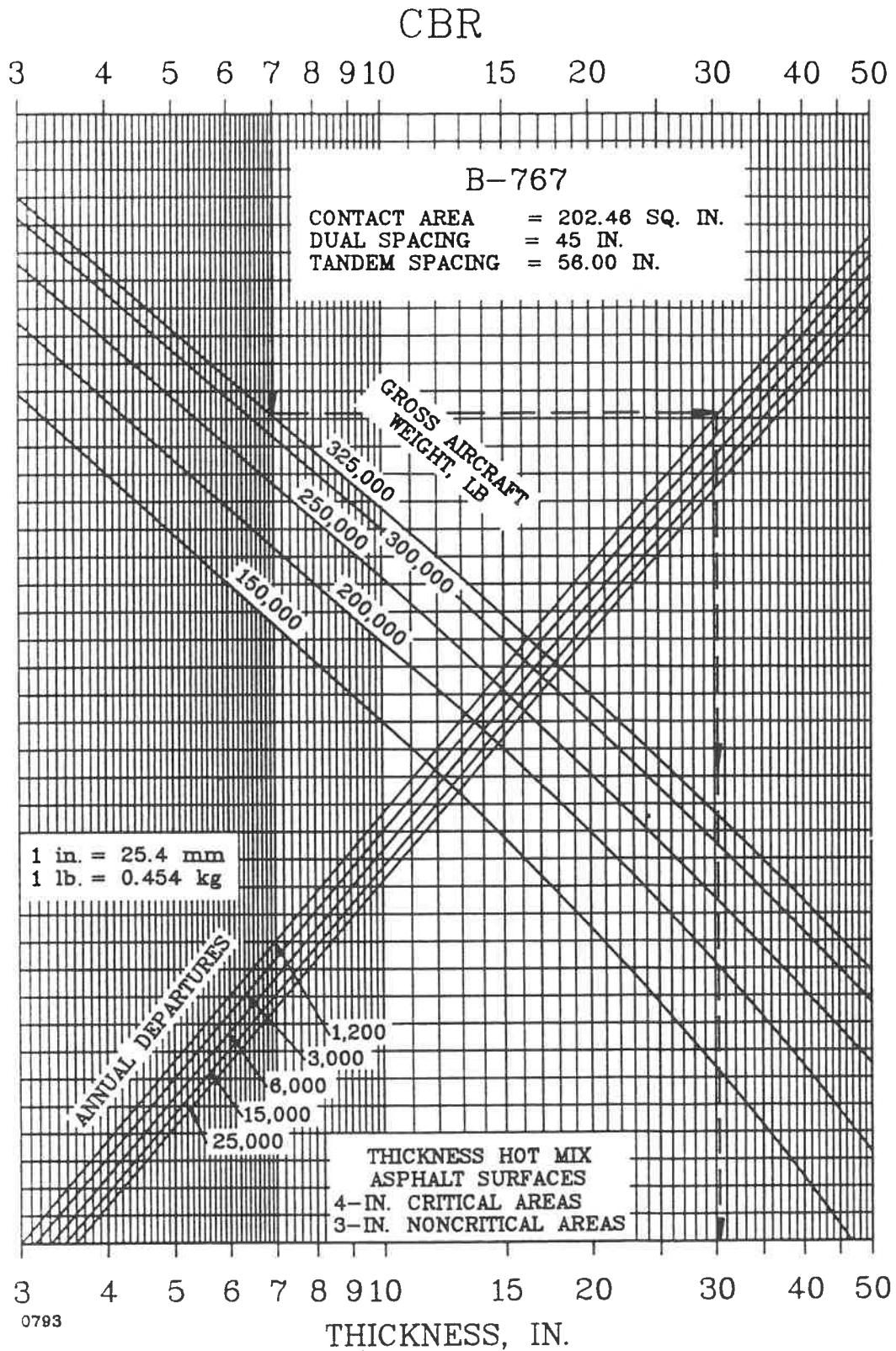


FIGURE 3-10 FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN CURVES, B-767

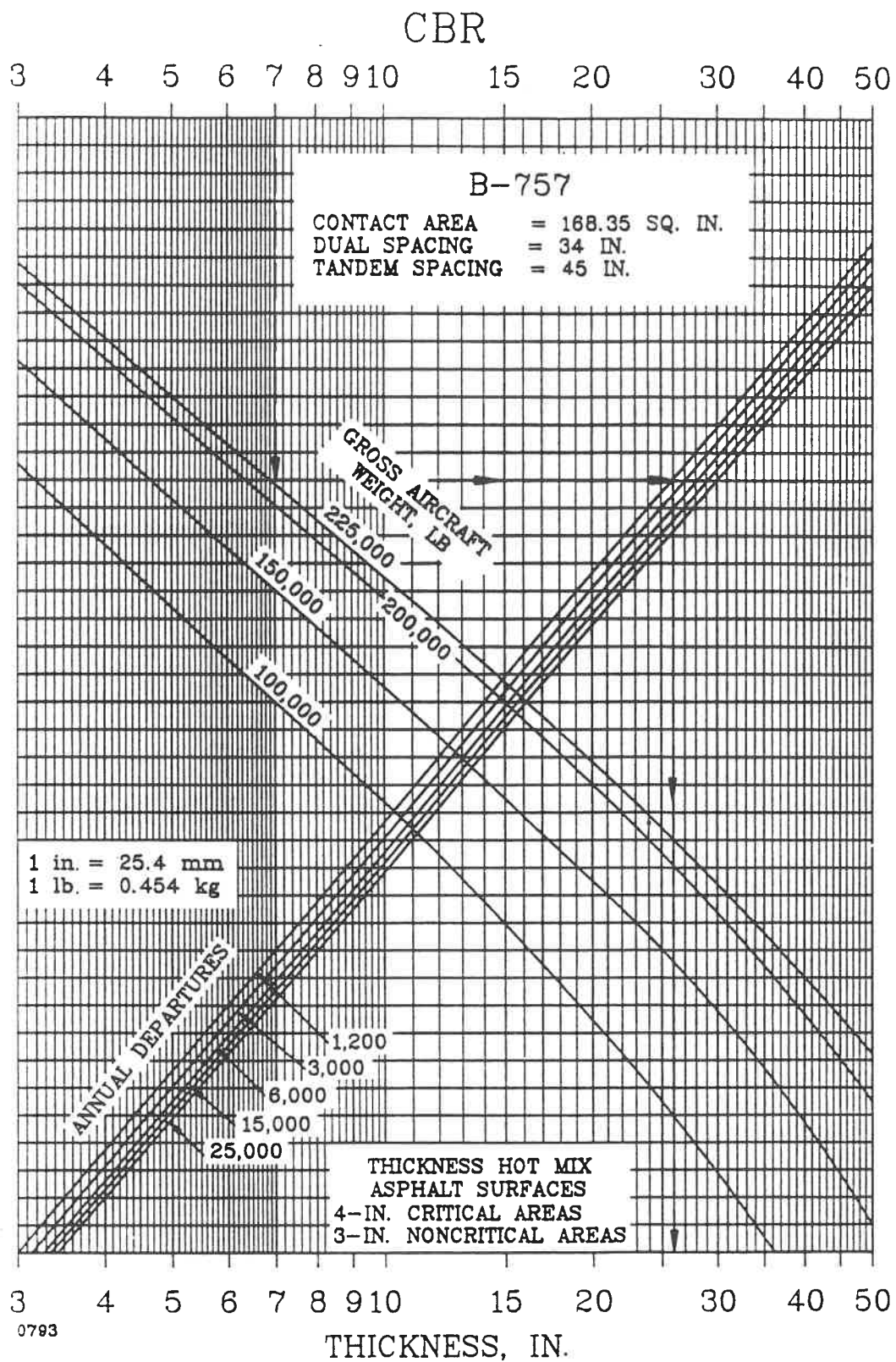


FIGURE 3-9 FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN CURVES, B-757

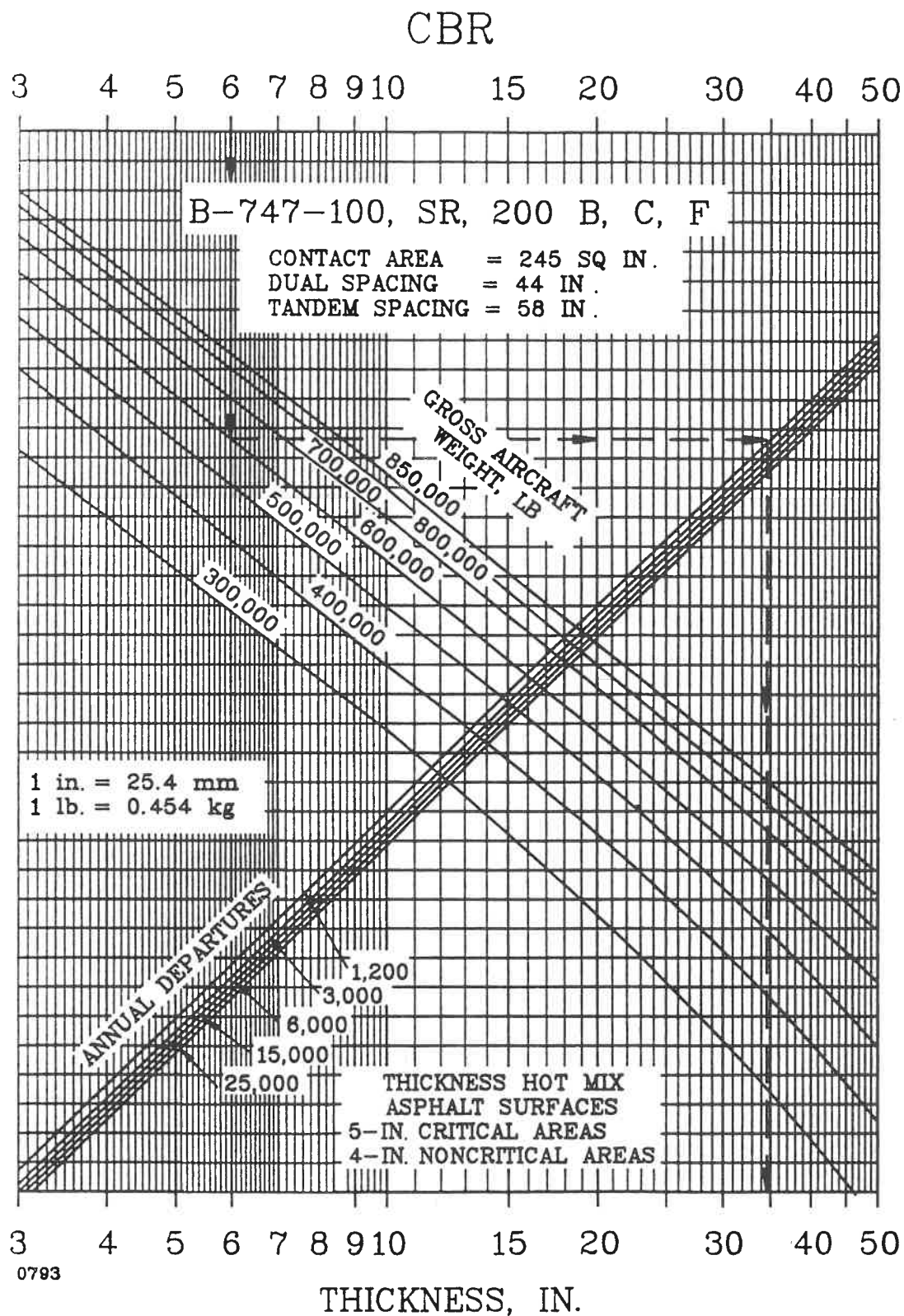


FIGURE 3-7 FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN CURVES, B-747-100,SR, 200 B, C, F

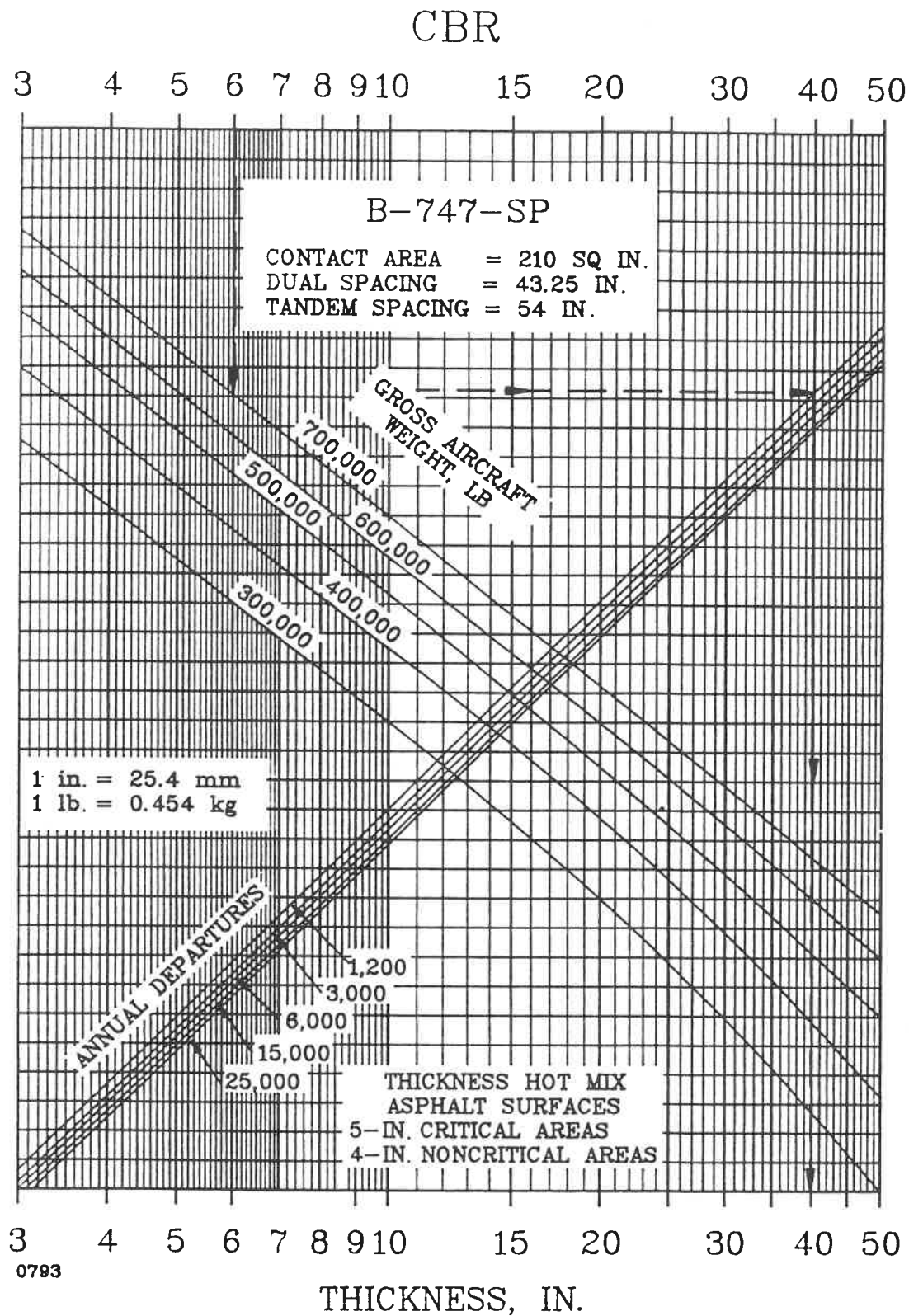


FIGURE 3-8 FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN CURVES, B-747-SP

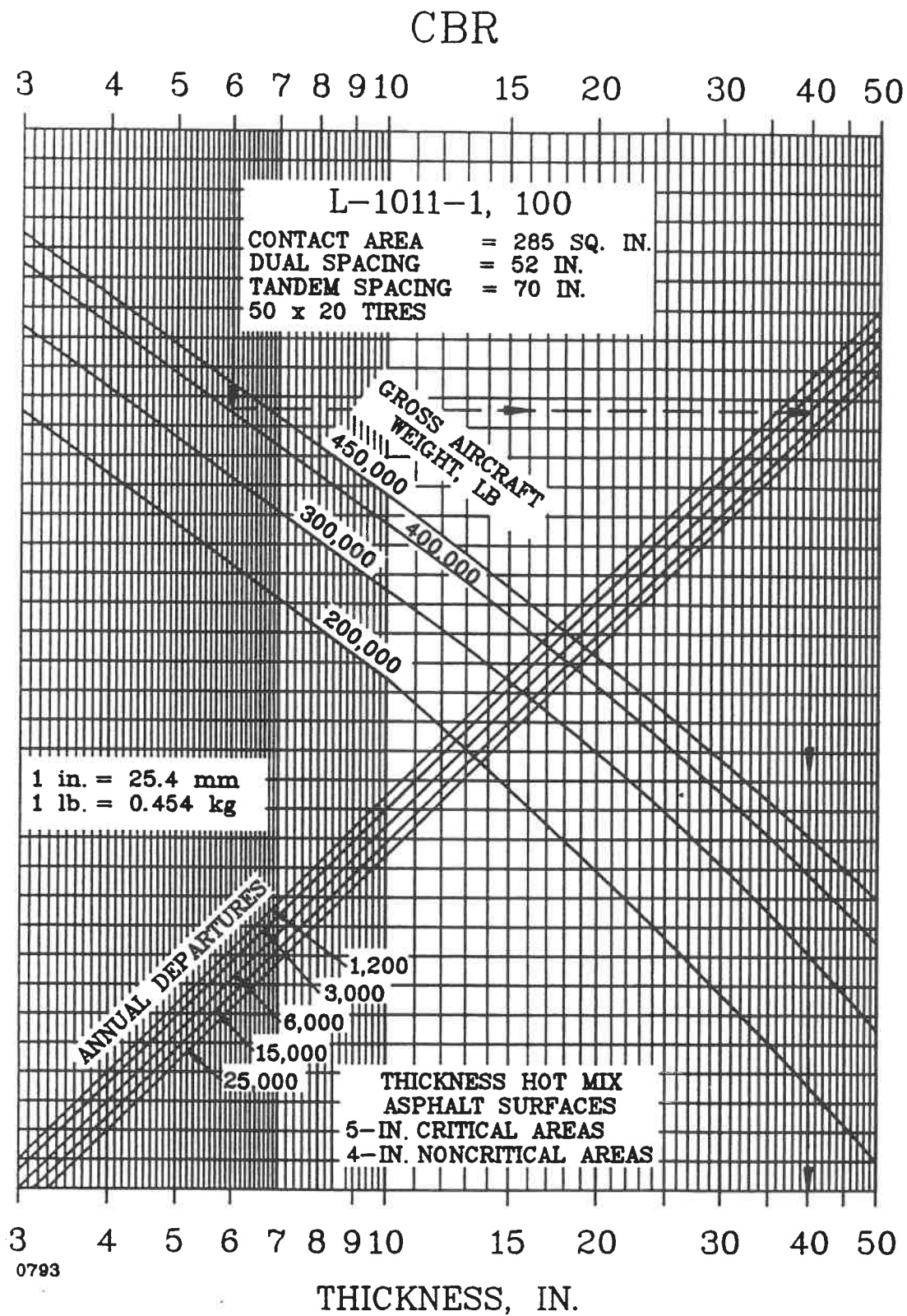


FIGURE 3-14 FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN CURVES, L-1011-1, 100

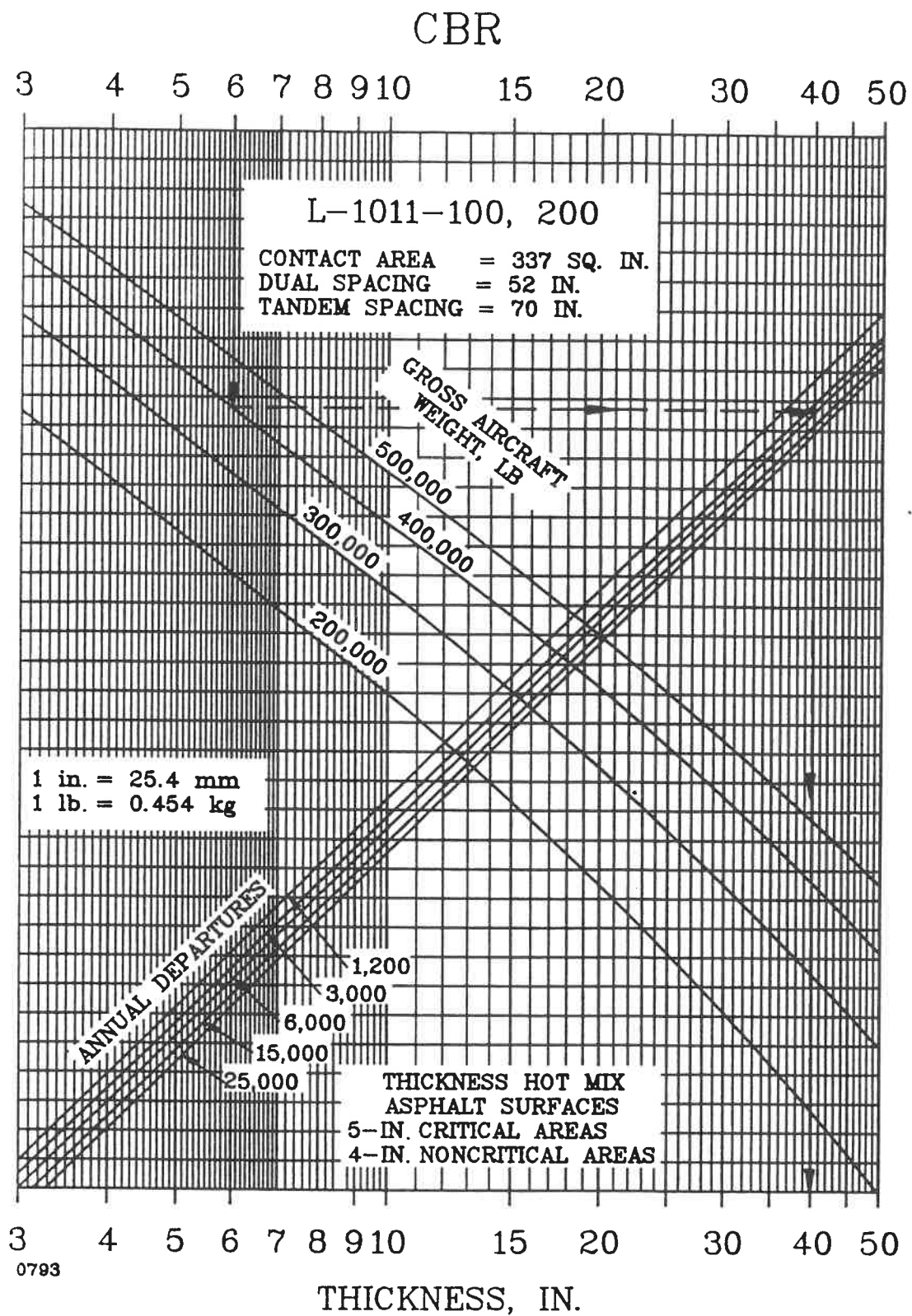


FIGURE 3-15 FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN CURVES, L-1011, -100, 200

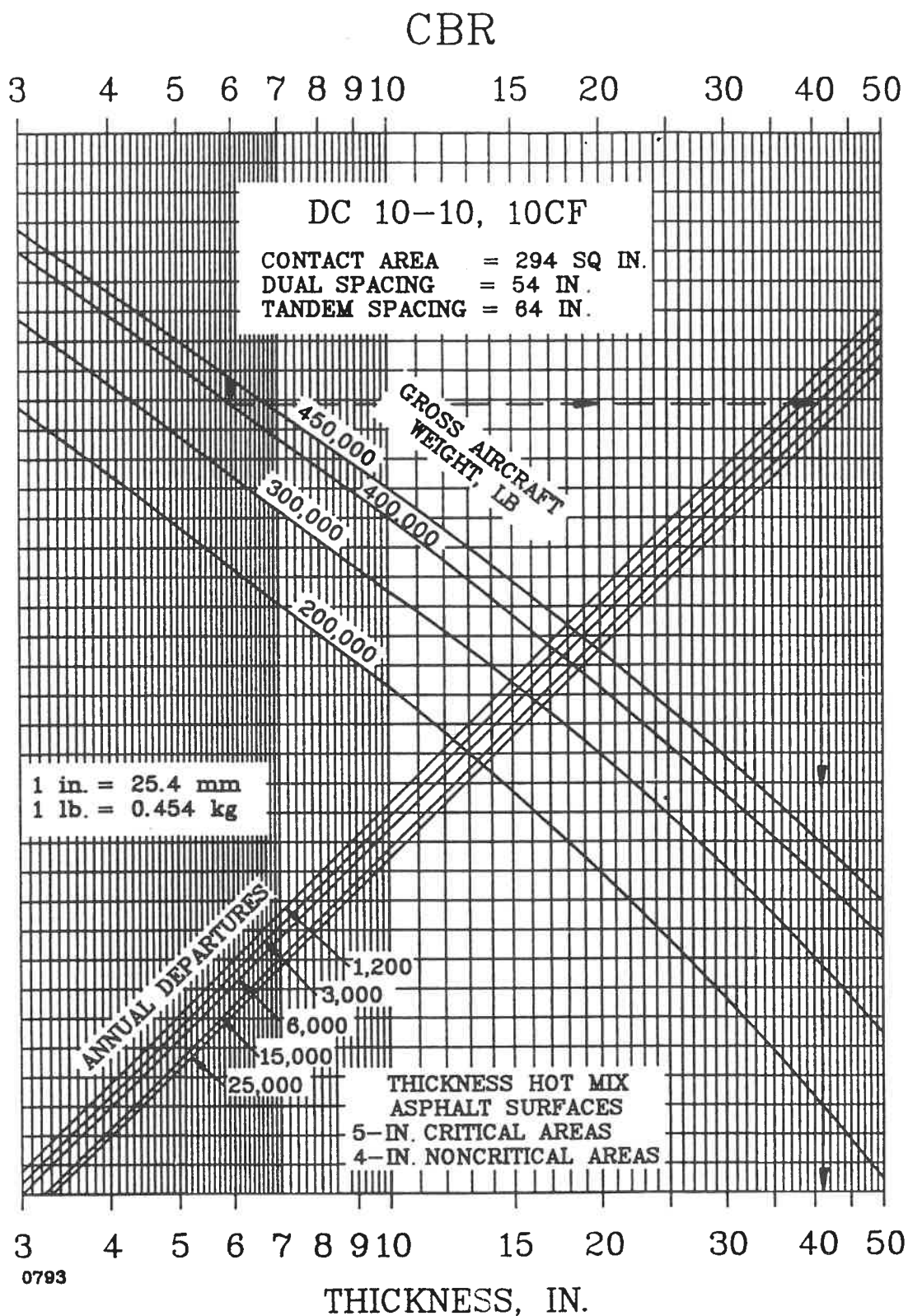


FIGURE 3-12 FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN CURVES, DC 10-10, 10CF

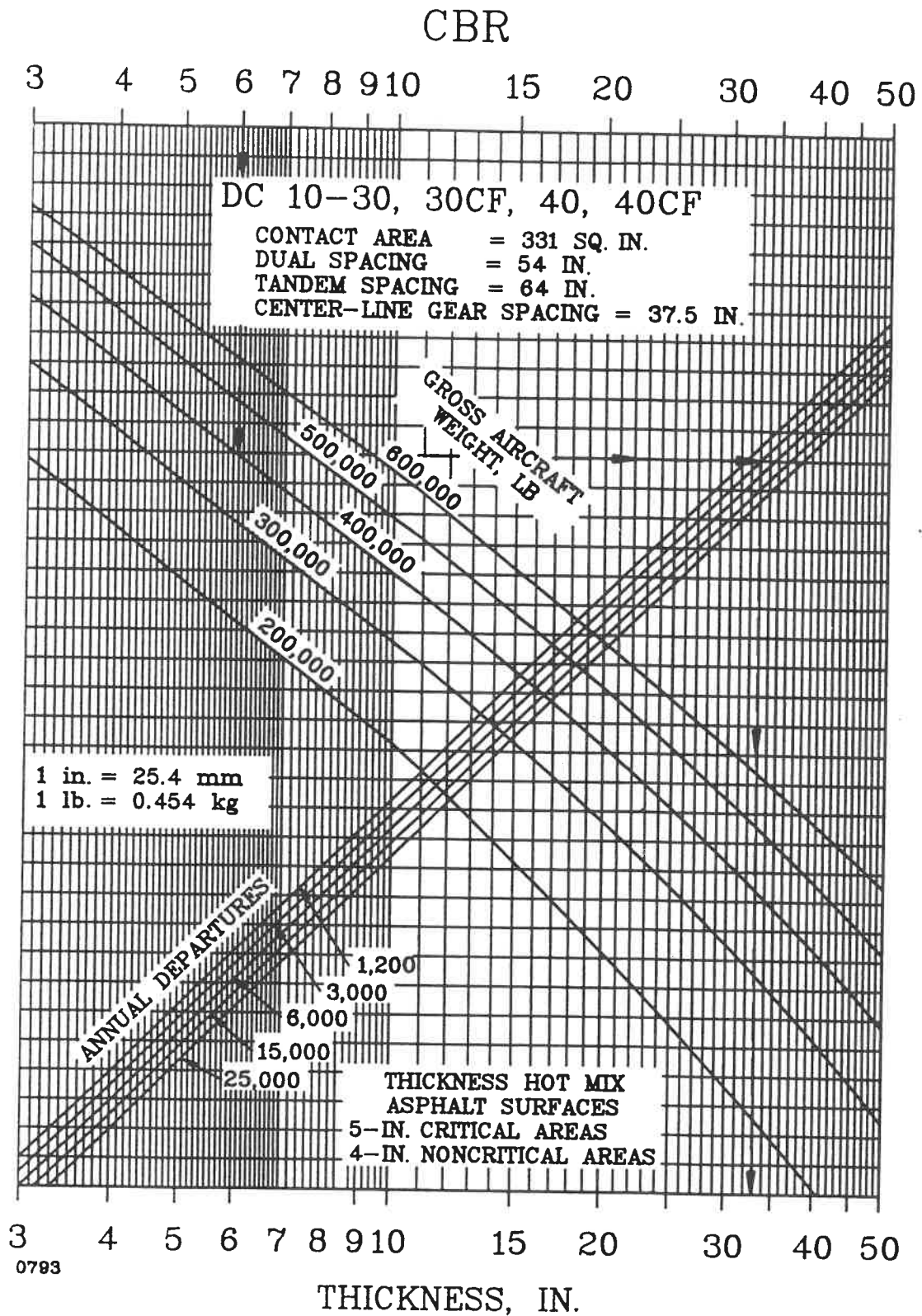


FIGURE 3-13 FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN CURVES, DC 10-30, 30CF, 40, 40CF

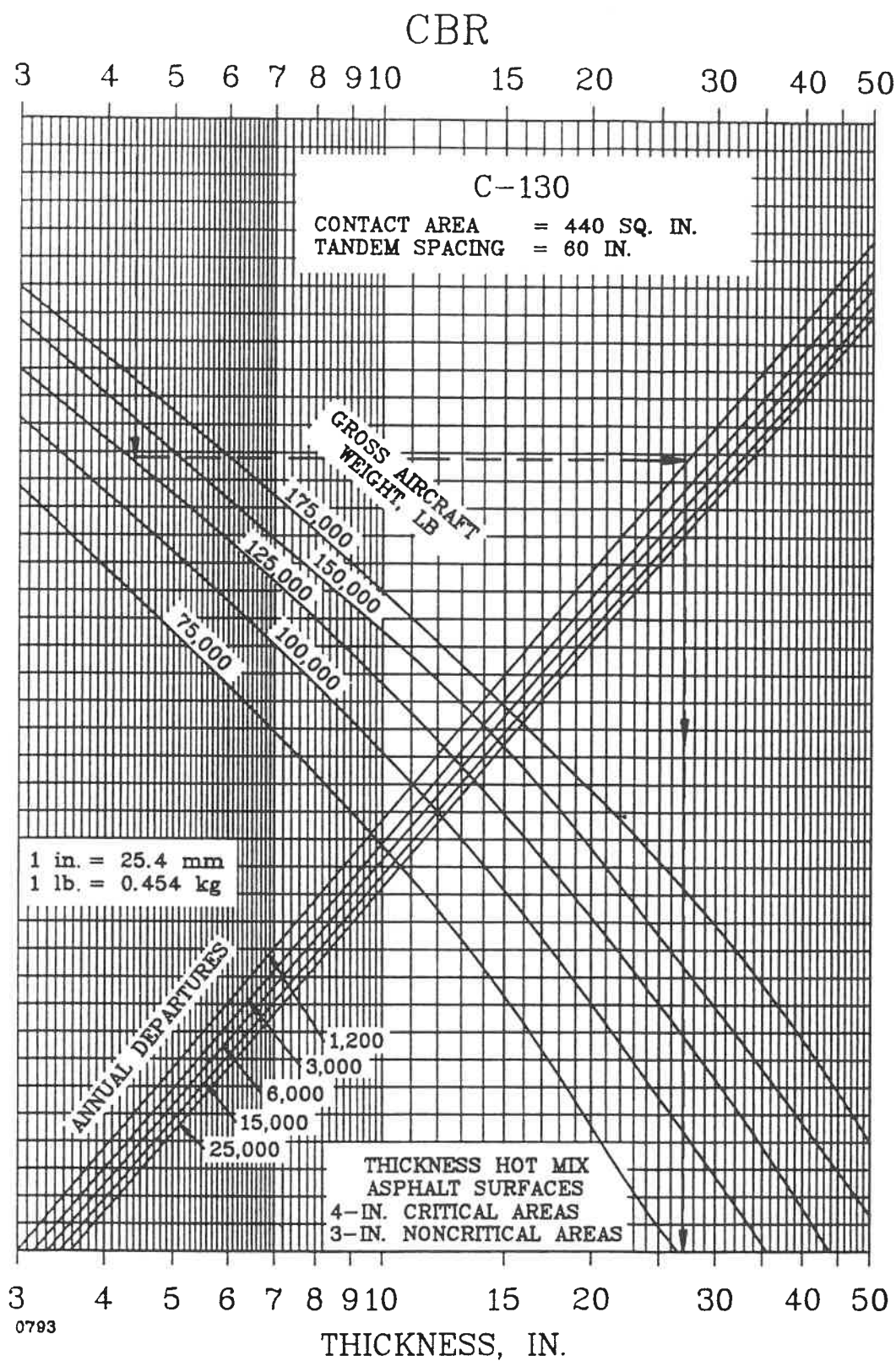


FIGURE 3-11 FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN CURVES, C-130

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3.2

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

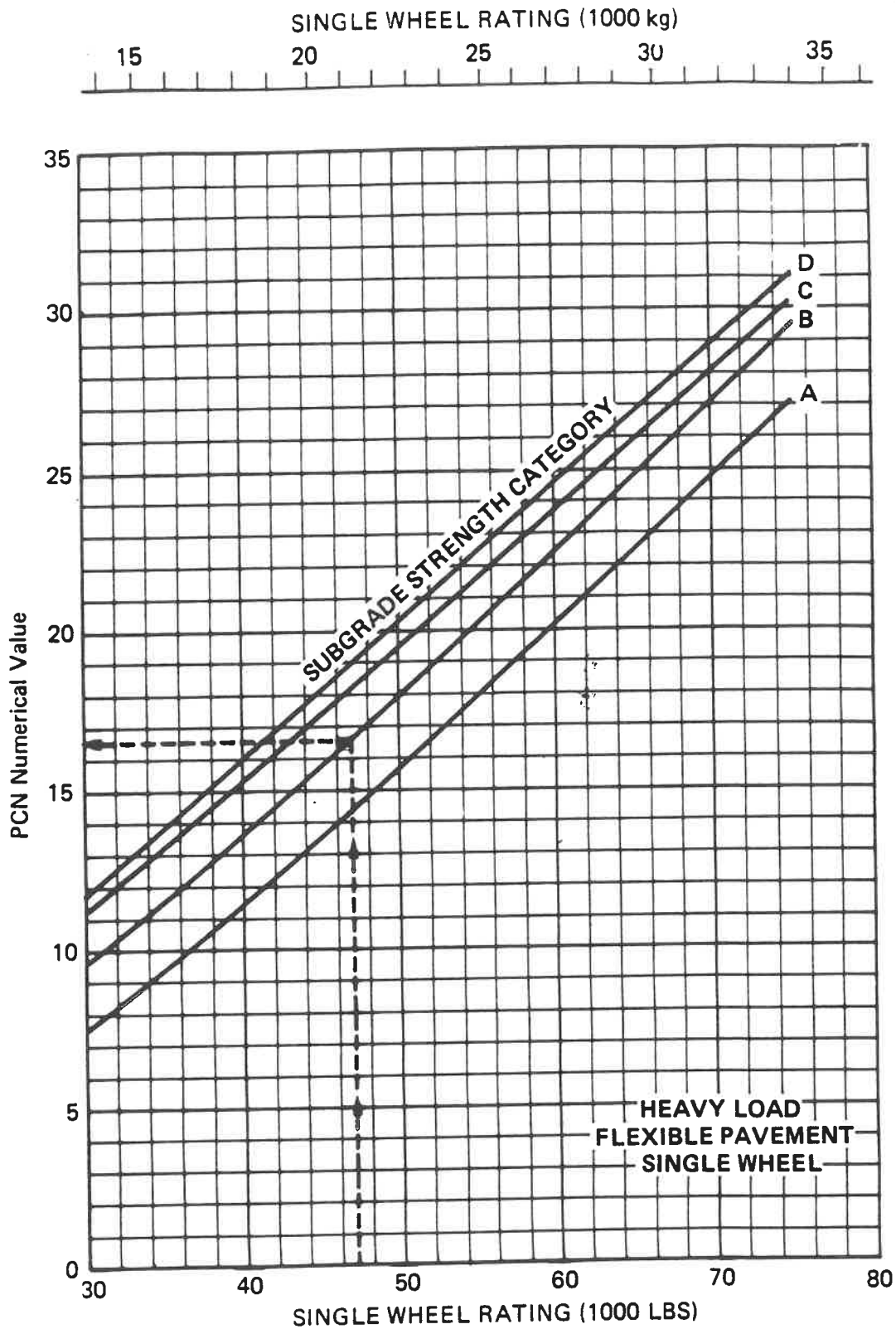


Figure 2-1. PCN Numerical Values for Single-Wheel Load Rating--Heavy Load Flexible Pavement

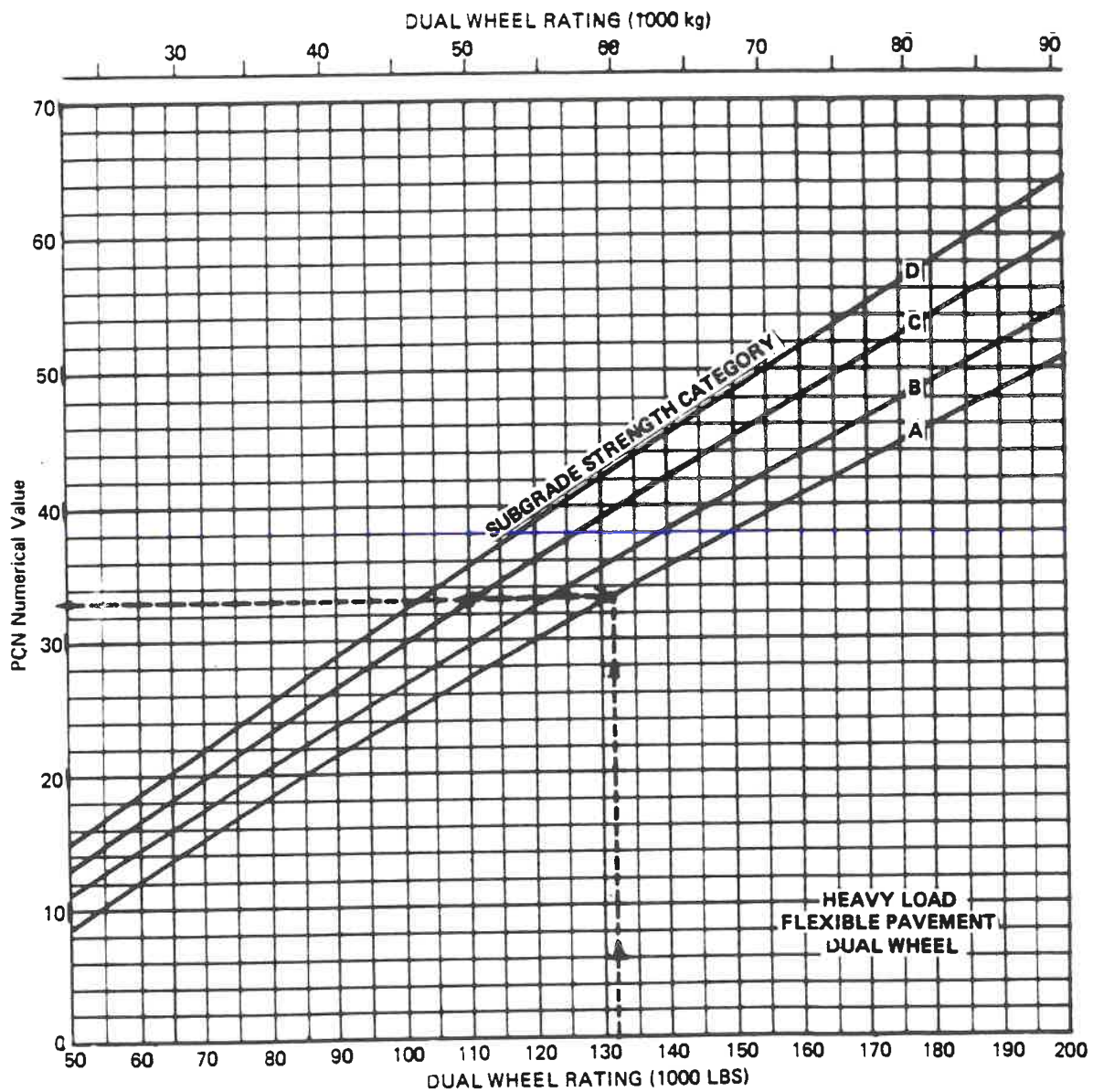


Figure 2-3. PCN Numerical Values for Dual-Wheel Load Rating--Heavy Load Flexible Pavement

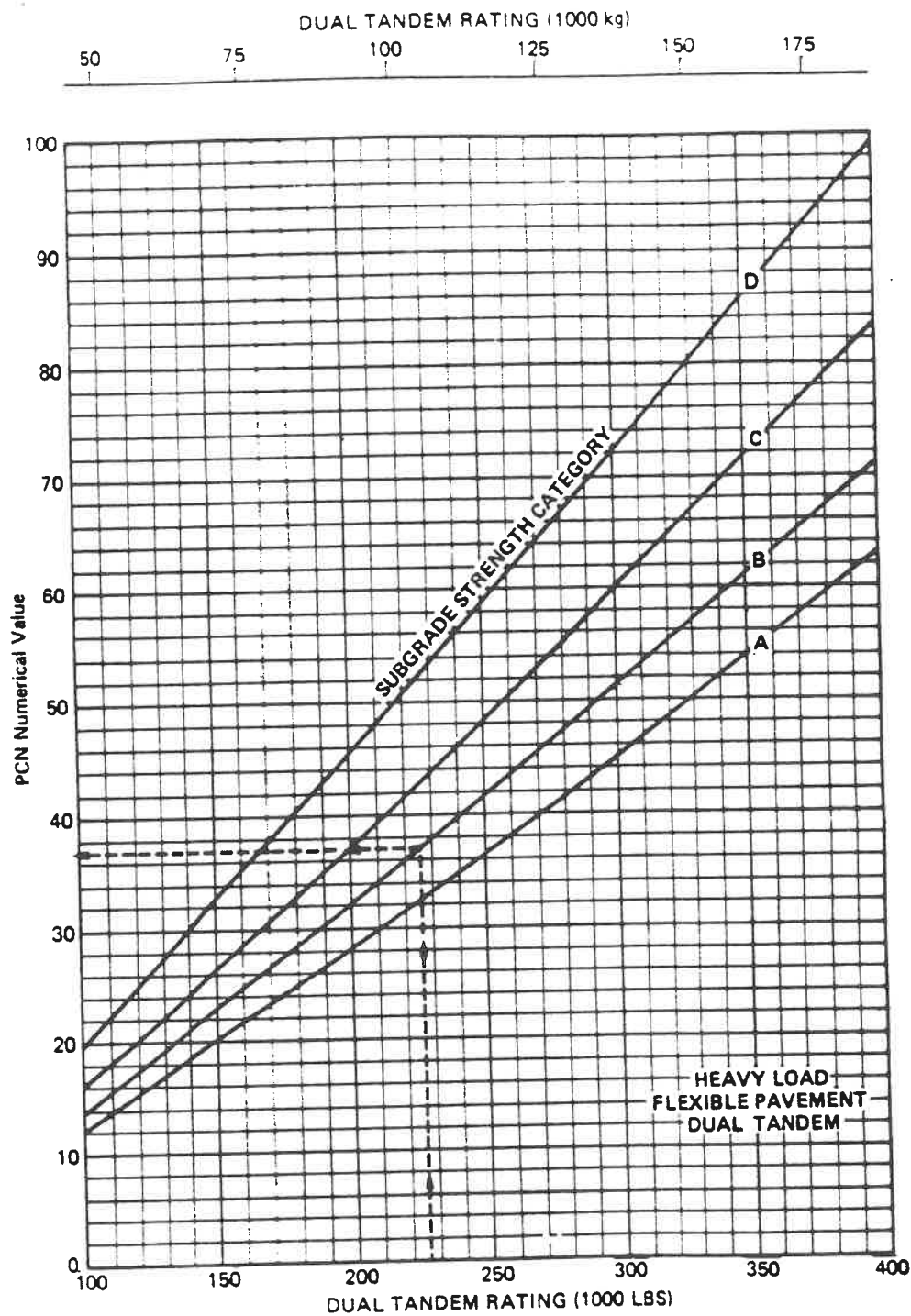


Figure 2-5. PCN Numerical Values for Dual-Tandem Load Rating--Heavy Load Flexible Pavement

6/15/83

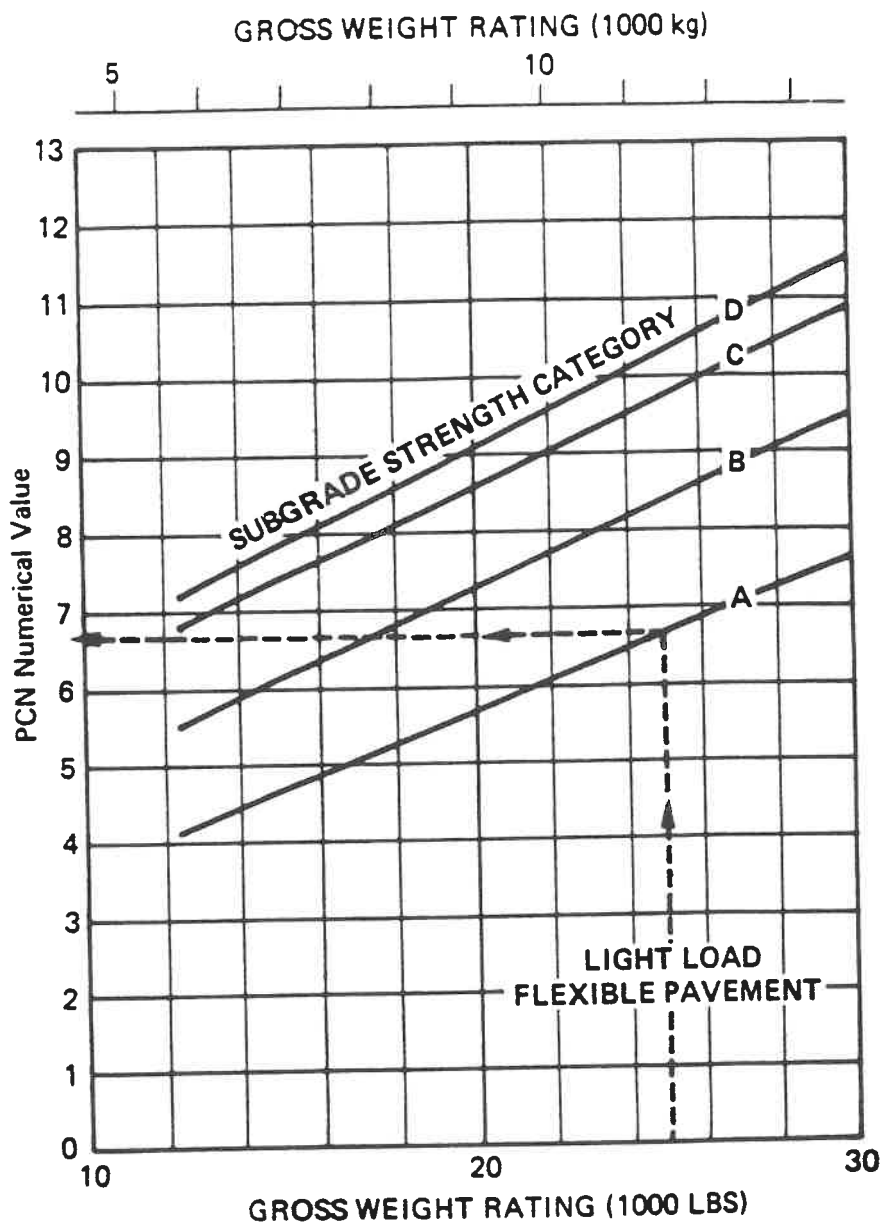


Figure 2-8. PCN Numerical Values For Gross Weight Rating--Light Load Flexible Pavement

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

4

4.ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΓΑΛΛΙΚΟΥ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ.[SERVICE TECHNIQUE DES BASES AERIENNES, MINISTRY OF TRANSPORTATION]

4.1 Ιστορικό δημιουργίας.

Στην Γαλλία πριν από την μέθοδο ACN-PCN χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του τυπικού σκέλους στήριξης [8]. Με την μέθοδο αυτήν προσδιορίζεται το μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο του κύριου σκέλους τροχών. Υπάρχουν τρία τυπικά σκέλη τροχών με καθορισμένες τις αποστάσεις μεταξύ των τροχών και τα όρια πίεσης. Τα στοιχεία αυτά αναφέρονται στην παράγραφο των παραδοχών (4.2).

Η διαδικασία αυτή βασίζεται στην παραδοχή ότι το 95% του συνολικού βάρους του αεροσκάφους παραλαμβάνεται από το κύριο σύστημα τροχών, ενώ το υπόλοιπο 5% από το ριναίο σύστημα.

Ομως με την εισαγωγή νέων τύπων αεροσκαφών ,ιδίως αυτών με ευρεία άτρακτο (B 747,DC-10-40) , μεταβλήθηκαν οι διατάξεις των συστημάτων προσγείωσης. Δηλαδή άλλαξαν οι αποστάσεις μεταξύ των τροχών και μεταβλήθηκε η αναλογία κατανομής βάρους.Το κύριο σκέλος τροχών έπαψε να είναι το μόνο που επιβάλλει κρίσιμη φόρτιση .Οπως για παράδειγμα στο B747 το ριναίο σύστημα παραλαμβάνει σημαντικό φορτίο.

Έτσι τα διαγράμματα των τυπικών σκελών στήριξης δεν μπορούν πλέον να χρησιμοποιούνται. Κάθε νέο αεροσκάφος είχε τις δικές του διαστάσεις στο σύστημα προσγείωσης. Έτσι δημιουργήθηκε ένα διάγραμμα διαστασιολόγησης **[Παράρτημα 4.1]**, για κάθε νέο αεροσκάφος.

Βέβαια τα διαγράμματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για υπολογισμό οδοστρωμάτων αν ακολουθηθεί η ανάστροφη διαδικασία από αυτή του διαστασιολόγησης. Επειδή δεν είναι πάντοτε εφικτό να υπάρχει ένα διάγραμμα για κάθε τύπο αεροσκάφους, επισημαίνεται ότι τα διαγράμματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για αεροσκάφη με χαρακτηριστικά που προσεγγίζουν αυτά του αεροσκάφους του διαγράμματος. Τα χαρακτηριστικά που εξετάζονται είναι η διάταξη και οι αποστάσεις των τροχών καθώς και η πίεση ελαστικού.

Σήμερα υπάρχουν διαγράμματα υπολογισμού (διαστασιολόγησης) **[Παράρτημα 4.1]** για όλα σχεδόν τα αεροσκάφη. Από αυτά υπολογίζεται το μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος του κύριου σκέλους τροχών.

4.2 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

__Τα τρία τυπικά σκέλη στήριξης έχουν καθορισμένες διαστάσεις και πιέσεις ελαστικών. _Για το σύστημα του μονού τροχού (single) η μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση είναι 0.6 MPa. Για το σύστημα διπλού τροχού (dual) η απόσταση μεταξύ των τροχών είναι 70 εκατοστά και η μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση είναι 0.9 MPa. Για το σύστημα διπλού μπρος-πίσω ζεύγους τροχών (dual tandem) η απόσταση μεταξύ των τροχών είναι 75 εκατοστά ενώ μεταξύ των ζευγών είναι 140 εκατοστά. Η μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση είναι 1.2 MPa. Ένα διάγραμμα αντιστοιχεί σε κάθε τυπικό σκέλος στήριξης. Από τα διαγράμματα αυτά εξάγεται το μέγιστο

επιτρεπόμενο βάρος που μπορεί να παραλάβει το κύριο σκέλος στήριξης [8].

Με την εισαγωγή νέων τύπων αεροσκαφών δημιουργήθηκε ένα διάγραμμα διαστασιολόγησης για κάθε τύπο αεροσκάφους.

Η εξεταζόμενη μέθοδος υπολογίζει δύο κατηγορίες οδοστρωμάτων. Τα εύκαμπτα και τα άκαμπτα. Σε κάθε κατηγορία περιέχονται και μερικές περιπτώσεις ημιάκαμπτων οδοστρωμάτων, όπως ορίζονται από την μέθοδο σχεδιασμού του ίδιου φορέα. Για παράδειγμα στην κατηγορία των εύκαμπτων περιλαμβάνονται πρώην άκαμπτα οδοστρώματα που έχουν πάθει σοβαρές ζημιές και ενισχύθηκαν με υλικά επεξεργασμένα με ασφαλικό συνδετικό. Οι παραδοχές αυτές ισχύουν και για την μεθοδολογία υπολογισμού [8].

Η μέθοδος θεωρεί ότι ένα εύκαμπτο οδόστρωμα αποτελείται από τρεις στρώσεις. Την υπόβαση την βάση και την επιφανειακή ασφαλική στρώση. Παράμετροι υπολογισμού είναι ο δείκτης CBR και το συνολικό ισοδύναμο πάχος. Ο ρόλος του ισοδύναμου πάχους είναι να ληφθούν υπόψιν τα διαφορετικά χαρακτηριστικά των υλικών των στρώσεων. Το συνολικό ισοδύναμο πάχος του οδοστρώματος είναι ίσο με το άθροισμα των ισοδυνάμων παχών όλων των στρώσεων. Το ισοδύναμο πάχος μιας στρώσης είναι ίσο με το πραγματικό πάχος πολλαπλασιασμένο με έναν συντελεστή ισοδυναμίας. Οι συντελεστές αναφέρονται παρακάτω.

• ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ [8]

ΥΛΙΚΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ
αμμοχάλικο επεξεργασμένο με άσφαλτο	1.5
πυκνό ασφαλικό μείγμα	2
γαλακτώδες αμμοχάλικο	1.2

ασφαλτικό μείγμα (κακή κατάσταση)	1-1.5
αμμοχάλικο επεξεργασμένο με υδραυλικές κονίες(τσιμέντο,ιπτάμενη τέφρα,σκωρία)	1.5
σκυρόδεμα (καλή κατάσταση)	3
σκυρόδεμα (κακή κατάσταση)	2
καλά διαβαθμισμένο χαλίκι	1
άμμος επεξεργασμένη με υδραυλικές κονίες (τσιμέντο,σκωρία)	1
άμμος	0.5
γαρμπίλι	0.75

Οι συντελεστές αυτοί είναι απαραίτητοι στον υπολογισμό για τον προσδιορισμό του ισοδύναμου πάχους. Επίσης στην αντίστοιχη Γαλλική μέθοδο σχεδιασμού ορίζονται ποιά υλικά χρησιμοποιούνται για κάθε στρώση. Για την βάση χρησιμοποιείται αμμοχάλικο με συνδετικό ασφαλτικό υλικό ή κατάλληλα διαβαθμισμένο χαλίκι. Όλες οι προδιαγραφές της μεθοδολογίας διαστασιολόγησης συνθέτουν το πεδίο εφαρμογής της μεθοδολογίας υπολογισμού **[8]**.

Ο δείκτης CBR και το συνολικό ισοδύναμο πάχος λαμβάνονται για παλαιά οδοστρώματα υστερα από πλήρεις υπολογισμούς. Για ενισχυμένα

οδοστρώματα από όμοιους υπολογισμούς για το οδόστρωμα πριν την ενίσχυση και από τα χαρακτηριστικά της ενίσχυσης. Ενώ για νέα οδοστρώματα από τις προδιαγραφές διαστασιολόγησης.

Ο υπολογισμός του PCN βασίζεται στον προσδιορισμό του συνολικού μέγιστου επιτρεπόμενου βάρους που μπορεί να φέρει το οδόστρωμα. Με το επιτρεπόμενο φορτίο υπολογίζεται το PCN από τους πίνακες των ACN [**παράρτημα 1**] με γραμμική παρεμβολή. Το μέγιστο συνολικό επιτρεπόμενο βάρος υπολογίζεται με τα διαγράμματα διαστασιολόγησης [**παράρτημα 4.1**], ακολουθώντας αντίστροφη διαδικασία από αυτήν της διαστασιολόγησης [8]. Η διαδικασία αυτή θα περιγραφεί αναλυτικά στην σχετική παράγραφο (4.3). Όλα τα διαγράμματα βασίζονται στην φόρτιση που ασκεί το κύριο σύστημα τροχών του κάθε αεροσκάφους.

Επίσης γίνεται αναφορά στην κατηγορία οδοστρωμάτων ελαφρού φορτίου. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα οδοστρώματα που μπορούν να δεχτούν αεροσκάφη μέγιστης συνολικής μάζας 5700 κιλών (12500 λίβρων). Η μέγιστη πίεση ελαστικού δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 0.6 MPa. Τα αεροσκάφη που χρησιμοποιούν αυτήν την κατηγορία οδοστρωμάτων είναι μικρά για ειδικές εργασίες, με κύριο σύστημα τροχών μονού τροχού (single). Για την αναφορά της φέρουσας ικανότητας των οδοστρωμάτων αυτών δεν χρησιμοποιείται η μέθοδος ACN-PCN. Αρκεί μόνο η αναφορά του μέγιστου συνολικού επιτρεπόμενου φορτίου και της μέγιστης επιτρεπόμενης πίεσης [8].

4.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Ο υπολογισμός του PCN οδοστρώματος βασίζεται στον προσδιορισμό του μέγιστου συνολικού επιτρεπόμενου βάρους. Προσδιορίζεται από τα διαγράμματα υπολογισμού [**Παράρτημα 4.1**] που αντιστοιχούν σε κάθε αεροσκάφος που χρησιμοποιεί το οδόστρωμα. Οι παράμετροι υπολογισμού

είναι το συνολικό ισοδύναμο πάχος και ο δείκτης CBR . Η διαδικασία υπολογισμού περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα [8].

ΒΗΜΑ1. Δημιουργείται μια λίστα με τα αεροσκάφη που χρησιμοποιούν ή αναμένεται να χρησιμοποιήσουν το οδόστρωμα .

ΒΗΜΑ 2 .Υπολογίζεται με διαδικασία αντίστροφη αυτής της διαστασιολόγησης ,το μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο που μπορεί να παραλάβει το κύριο σκέλος τροχών ,από τα διαγράμματα [παράρτημα 4.1]. Στον αριστερό κάθετο άξονα εισάγουμε το συνολικό ισοδύναμο πάχος σε εκατοστά. Από το σημείο εισαγωγής φέρνουμε μια οριζόντια ευθεία . Στον δεξιό κάθετο άξονα εισάγουμε την τιμή του CBR του εδάφους. Φέρνουμε από το σημείο εισαγωγής ευθεία παράλληλη με τις ευθείες των τιμών CBR. Από το σημείο τομής των δύο παραπάνω ευθειών φέρνουμε παράλληλη προς τις ευθείες του φορτίου. Στον πάνω οριζόντιο άξονα διαβάζουμε την τιμή του μέγιστου επιτρεπόμενου φορτίου που μπορεί να φέρει το ένα σκέλος του κύριου συστήματος τροχών.

Για κάθε αεροσκάφος είναι γνωστό το ποσοστό του συνολικού βάρους που παραλαμβάνεται από το ένα σκέλος του κύριου συστήματος τροχών,από πίνακες χαρακτηριστικών. Το μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο του σκέλους στήριξης αν διαιρεθεί με το ποσοστό αυτό μας δίνει το μέγιστο επιτρεπόμενο συνολικό βάρος του αεροσκάφους.

ΒΗΜΑ 3. Δεδομένου ότι τις περισσότερες φορές η τιμή του δείκτη CBR διαφέρει από τις χαρακτηριστικές τιμές που ορίζουν τις εδαφικές κατηγορίες , δεν μπορούμε να κατατάξουμε το έδαφος σε μια κατηγορία από την αρχή. Για το λόγο αυτό υποθέτουμε ότι το έδαφος ανήκει σε

δύο κατηγορίες, αυτές των οποίων οι χαρακτηριστικές τιμές βρίσκονται πλησιέστερα στην δοσμένη τιμή του CBR. Έτσι υπολογίζεται για κάθε κατηγορία εδάφους το ACN που αντιστοιχεί στο συνολικό μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο, με γραμμική παρέμβολή. Συγκεκριμένα χρησιμοποιείται η σχέση:

$$ACN = \min ACN + (\max ACN - \min ACN) (Po - \min M) / (\max M - \min M)$$

Όπου $\max ACN$ είναι η μέγιστη τιμή που αντιστοιχεί στην μέγιστη μάζα ($\max M$). Αντιστοίχα $\min ACN$ είναι η ελάχιστη τιμή που αντιστοιχεί στην ελάχιστη μάζα ($\min M$). Επειδή θα έχουμε περισσότερα από ένα αεροσκάφη που χρησιμοποιούν το οδόστρωμα, θα βρούμε τόσες αντίστοιχες τιμές ACN. Έτσι για κάθε εδαφική κατηγορία θεωρείται το PCN μεταξύ του μέγιστου και του ελάχιστου ACN που έχουν βρεθεί.

ΒΗΜΑ 4. Από το προηγούμενο βήμα προέκυψαν δύο τιμές PCN, μια για κάθε εδαφική κατηγορία. Σε κάθε εδαφική κατηγορία υπολογίζεται το συνολικό επιτρεπόμενο φορτίο για κάθε αεροσκάφος μέσω του PCN.

Χρησιμοποιείται η σχέση που ακολουθεί.

$$Po = \min M + (\max M - \min M) (PCN - \min ACN) / (\max ACN - \min ACN)$$

Έτσι σε κάθε εδαφική κατηγορία προκύπτει ένα συνολικό επιτρεπόμενο φορτίο (Po) για κάθε αεροσκάφος φόρτισης. Σε κάθε εδαφική κατηγορία συγκρίνουμε τα συνολικά επιτρεπόμενα φορτία των αεροσκαφών, που προέκυψαν από τα διαγράμματα (Po), με αυτά που προέκυψαν από την τελευταία σχέση ($Po1$). Η εδαφική κατηγορία όπου οι διαφορές μεταξύ των Po και $Po1$ είναι μικρότερες επιλέγεται για

δημοσίευση. Το τελικό PCN είναι το αντίστοιχο της επιλεγμένης κατηγορίας.

Στην περίπτωση που η εδαφική κατηγορία καθορίζεται από την αρχή το βήμα 4 δεν χρειάζεται. Για ελαφρού φορτίου οδοστρώματα αρκεί η αναφορά του μέγιστου συνολικού επιτρεπόμενου φορτίου και της μέγιστης επιτρεπόμενης πίεσης.

4.4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

Έστω εύκαμπτο οδόστρωμα με συνολικό ισοδύναμο πάχος 70 εκατοστά. Το CBR είναι 8%. Το οδόστρωμα δέχεται κυκλοφορία αποτελούμενη από B-727-200,A-300B2,B747-100

ΒΗΜΑ1

Το έδαφος μπορεί να καταταχθεί στην κατηγορία B ή στην C.Οι κατηγορίες αυτές θα εξεταστούν στα επόμενα βήματα

ΒΗΜΑ2

Υπολογίζουμε τα επιτρεπόμενα φορτία από τα σχετικά διαγράμματα.

[Παράρτημα 4.1]

ΑΕΡΟΣΚΑΦΟΣ	ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΟ	ΠΟΣΟΣΤΟ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ
	ΒΑΡΟΣ	ΕΠΙ ΟΛΙΚΟΥ	ΒΑΡΟΣ
A-300B2	66 t	46.5	142 t
B-727-200	39 t	46.4	84 t
B-747-100	76 t	23.125	329 t

ΒΗΜΑ3

Υπολογίζουμε τα ACN που αντιστοιχούν στα συνολικά επιτρεπόμενα φορτία που καθορίστηκαν για κάθε αεροσκάφος.

Κατηγορία εδάφους B

A-300B2 $ACN=23+(45-23)(142000-85690)/(142000-85690)=45$

B-727-200 $ACN=22+(43-22)(84000-44293)/(78471-44293)=46$

B-747-100 $ACN=20+(50-20)(329000-162703)/(334751-162703)=49$

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ C

A-300B2 $ACN=26+(55-26)(142000-85690)/(142000-85690)=55$

B-737-200 $ACN=24+(49-24)(84000-44293)/(78471-44293)=53$

B-747-100 $ACN=22+(60-22)(329000-162000)/(334751-162703)=59$

Το PCN για την μια κατηγορία είναι 45 έως 49 ενώ για την άλλη είναι 53 έως 59 . Το επιτρεπόμενο φορτίο του B-727-200 είναι μεγαλύτερο από το μέγιστο που μπορεί να έχει και για τις δύο κατηγορίες. Οπότε συνεχίζουμε με τα άλλα δύο αεροσκάφη.

ΒΗΜΑ 4

Η τελική εκλογή του PCN θα γίνει μεταξύ των μέσων τιμών του που προέκυψαν από τις δύο κατηγορίες (47 και 57). Με αυτές υπολογίζονται τα νέα επιτρεπόμενα φορτία.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	A/Φ	Po1	Po	ΔΙΑΦΟΡΑ
B	A-300B2	147.2 t	142 t	+5.2t
PCN=47	B-747-100	317.5 t	329 t	-11.5 t

C	A-300B2	145.8 t	142 t	+3.8 t
PCN=57	B-747-100	321.2 t	329 t	-7.8 t

Βλέπουμε ότι η διαφοράς μεταξύ των επιτρεπόμενων φορτίων είναι μικρότερες στην δεύτερη κατηγορία.

Άρα PCN=57/F/C/W/T

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2

Εστω εύκαμπτο οδόστρωμα με συνολικό ισοδύναμο πάχος 60 εκατοστών, που δέχεται τα αεροσκάφη A-300B2, A-300B4, B-737, B-747

Το CBR είναι 10% άρα κατηγορία B

ΒΗΜΑ2

A/Φ	ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΟ ΦΟΡΤΙΟ (t)	ΠΟΣΟΣΤΟ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΟ ΦΟΡΤΙΟ (t)
A-300B2	66,4	46,5	142,7
B-737	32	45,5	70
B-747	80	23,125	345,9
A-300B4	66	46,5	141,9

ΒΗΜΑ 3

$$A-300B2 \quad ACN=23+(45-23)(142700-85690)/(142000-85690)=46$$

$$A-300B4 \quad ACN =23+(51-23)(141900-87826)/(157000-87826)=44$$

$$B-737 \quad ACN= 11+(26-11)(70000-27293)/(52616-27293)=36$$

$$B-747 \quad ACN= 21+(50-21)(345900-162703)/(334751-1623703)=51$$

ΒΗΜΑ 4

Βλέπουμε ότι το συνολικό μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος είναι μεγαλύτερο από το πραγματικό μέγιστο για τα αεροσκάφη A-300B2, B-737, B-747. Οπότε το PCN θα είναι ίσο με το ACN του A-300B4. Δηλαδή PCN=44/F/B/W/T

4.5 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

___Οι παράμετροι για τον υπολογισμό του PCN είναι το συνολικό ισοδύναμο πάχος και το CBR. Επίσης χρησιμοποιούνται και οι πίνακες των αεροσκαφών για την λήψη των μαζών και των αντίστοιχων ACN .

Ο προσδιορισμός του συνολικού ισοδύναμου πάχους βασίζεται σε συντελεστές ισοδυναμίας . Ο ρόλος τους είναι να ληφθούν υπόψιν οι διαφορετικές ιδιότητες των υλικών κατασκευής όλων των στρώσεων. Η κάθε στρώση της πραγματικής διατομής μετατρέπεται σε μια ισοδύναμη στρώση πολλαπλασιάζοντας το πραγματικό πάχος με τον κατάλληλο συντελεστή ισοδυναμίας. Τελικά προκύπτει υποθετικά μια στρώση διαφορετικού υλικού ,ισοδύναμη με την πραγματική.

Παρατηρούμε ότι όταν σε μια διατομή το συνολικό πάχος μένει σταθερό αλλά μεταβληθούν τα επιμέρους πάχη των στρώσεων ,τότε θα

μεταβληθούν και τα ισοδύναμα πάχη κάθε στρώσης . Αφού μεταβάλλονται τα ισοδύναμα πάχη των στρώσεων θα μεταβάλεται και το συνολικό ισοδύναμο πάχος. Αυτό σημαίνει ότι τα επιμερους πάχη των στρώσεων παίζουν ρόλο στον υπολογισμό του μέγιστου συνολικού επιτρεπόμενου φορτίου. Δηλαδή με την εισαγωγή του ισοδύναμου πάχους τα πάχη των στρώσεων και οι μεταβολές τους υπεισέρχονται στον υπολογισμό.

Το γεγονός αυτό αποτελεί ένα ισχυρό πλεονέκτημα της μεθόδου. Διότι τα πάχη των στρώσεων παίζουν ρόλο στην φέρουσα ικανότητα του οδοστρώματος. Μια μεταβολή αυτών ,ενώ το συνολικό πάχος παραμένει σταθερό , αλλάζει την εντατική κατάσταση της διατομής. Οπότε θα μεταβάλεται και η φέρουσα ικανότητα του οδοστρώματος.

Εκτός αυτού οι συντελεστές ισοδυναμίας πρέπει να εκφράζουν και τις διαφορετικές ιδιότητες μεταξύ των υλικών. Ομως δεν υπάρχουν διαφορές μεταξύ των υλικών μόνο όσον αφορά την σύνθεση τους . Για παράδειγμα η μεθοδολογία του ισοδύναμου πάχους δεν προβλέπει την μεταβολή των μηχανικών χαρακτηριστικών (μέτρων ελαστικότητας λόγοι Poisson) στα υλικά των στρώσεων. Έτσι μια ασφαλική στρώση θα έχει μεγαλύτερο μέτρο δυσκαμψίας σε μια ψυχρή περίοδο από ότι σε μια θερμή θερινή περίοδο. Αυτό σημαίνει ότι η διατομή θα έχει διαφορετική φέρουσα ικανότητα στις δύο περιόδους. Ομως το συνολικό ισοδύναμο πάχος άρα και το PCN θα παραμείνει σταθερό.

Εδώ πρέπει να σημειωθεί το γεγονός ότι αναγνωρίζεται η ανάγκη δημοσίευσης δύο τιμών PCN μια για θερμή και μια για ψυχρή περίοδο , πλην όμως η διαφορά τους δεν μπορεί να προσδιοριστεί από την μέθοδο.

Το συμπέρασμα είναι ότι οι συντελεστές ισοδυναμίας πρέπει να συνδεθούν και με τις μεταβολές ιδιαίτερα του μέτρου δυσκαμψίας της ασφαλικής . Διότι μια μεταβολή αυτού αλλάζει την εντατική κατάσταση του οδοστρώματος άρα και την φέρουσα ικανότητα του.

Επιπλέον η ισοδυναμία τύπου ODEMARK , που χρησιμοποιείται έχει αποδειχτεί ότι δεν δίνει ικανοποιητική προσέγγιση της πραγματικής εντατικής ή παραμορφωσιακής κατάστασης του οδοστρώματος ως προς την οριζόντια διεύθυνση.

Δεν αναφέρεται με ποιά κριτήρια υπολογίζεται το μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο. Αφού όμως ο υπολογισμός γίνεται με μια διατομή ισοδύναμου πάχους μιας στρώσης και το CBR ,το κριτήριο θα είναι η αστοχία της στρώσης έδρασης. Δηλαδή το κρίσιμο μέγεθος είναι η ανηγμένη θλιπτική παραμόρφωση αυτής της στρώσης.

Όμως πρέπει να διερευνηθεί και η κρισημότητα της ανηγμένης εφελκυστικής παραμόρφωσης της ασφαλικής στρώσης. Διότι επηρεάζει την επιφανειακή κατάσταση του οδοστρώματος και την φέρουσα ικανότητα του. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να μην αστοχεί η στρώση έδρασης υπο την επίδραση ενός φορτίου αλλά η ασφαλική επιφανειακή στρώση. Το γεγονός αυτό δεν μπορεί να προβλεφθεί από την μέθοδο υπολογισμού.

Συνοπτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της μεθόδου φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

• ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Ο υπολογισμός του PCN μπορεί να γίνει για όλα τα συνήθη αεροσκάφη μέσω των διαγραμμάτων διαστασιολόγησης.	Το PCN υπολογίζεται από τους πίνακες των τιμών ACN βάση του επιτρεπόμενου φορτίου που εξάγεται από τα διαγράμματα. Δεν υπάρχουν διαγράμματα απευθείας υπολογισμού του PCN. Θα μειωνόταν ο χρόνος υπολογισμού αν το PCN εξαγόταν αμέσως.

Οι παράμετροι υπολογισμού είναι τα πάχη και η σύνθεση των στρώσεων και ο δείκτης CBR . Εχουμε λίγες παραμέτρους που αντιπροσωπεύουν την πραγματική κατάσταση του οδοστρώματος.	Τα μηχανικά χαρακτηριστικά των στρώσεων (μέτρα ελαστικότητας, v_1, v_2, v_3) των στρώσεων όπως και οι ετήσιες αφίξεις αεροσκαφών δεν αποτελούν παραμέτρους υπολογισμού. Επίσης το PCN αυξάνεται όσο αυξάνεται το CBR
Ο υπολογισμός του PCN γίνεται με το συνολικό ισοδύναμο πάχος. Το οποίο προκύπτει από τα πραγματικά πάχη των στρώσεων αν αυτά μετατραπούν με συντελεστές ισοδυναμίας. Οι οποίοι θεωρητικά εκφράζουν τις διαφορετικές ιδιότητες των υλικών.	Ο συντελεστής ισοδυναμίας της ασφάλτου δεν αλλάζει με την μεταβολή της θερμοκρασίας. Γενικά οι συντελεστές αλλάζουν μόνο με την σύσταση του υλικού. Επίσης δεν αναφέρεται ο τρόπος υπολογισμού τους.
Υπάρχουν προδιαγραφές ελάχιστου δείκτη CBR για τα υλικά βάσης και υπόβασης, από την εμπειρία κατασκευής. Έτσι οριοθετείται το πεδίο εφαρμογής της μεθόδου.	Όταν οι προδιαγραφές δεν ισχύουν το PCN δεν μπορεί να υπολογιστεί από αυτή τη μέθοδο.
Υπάρχουν διαγράμματα υπολογισμού του επιτρεπόμενου βάρους για όλα τα συνήθη αεροσκάφη . Αν για ένα αεροσκάφος δεν υπάρχει διάγραμμα τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί το αντίστοιχο ενός άλλου α/φ με όμοιο σύστημα τροχών.	__Πιθανή αναξιοπιστία της μεθόδου στην περίπτωση που δεν υπάρχει το κατάλληλο διάγραμμα. Ανάγκη συνεχούς συμπλήρωσης των διαγραμμάτων για νέα αεροσκάφη.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.1

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

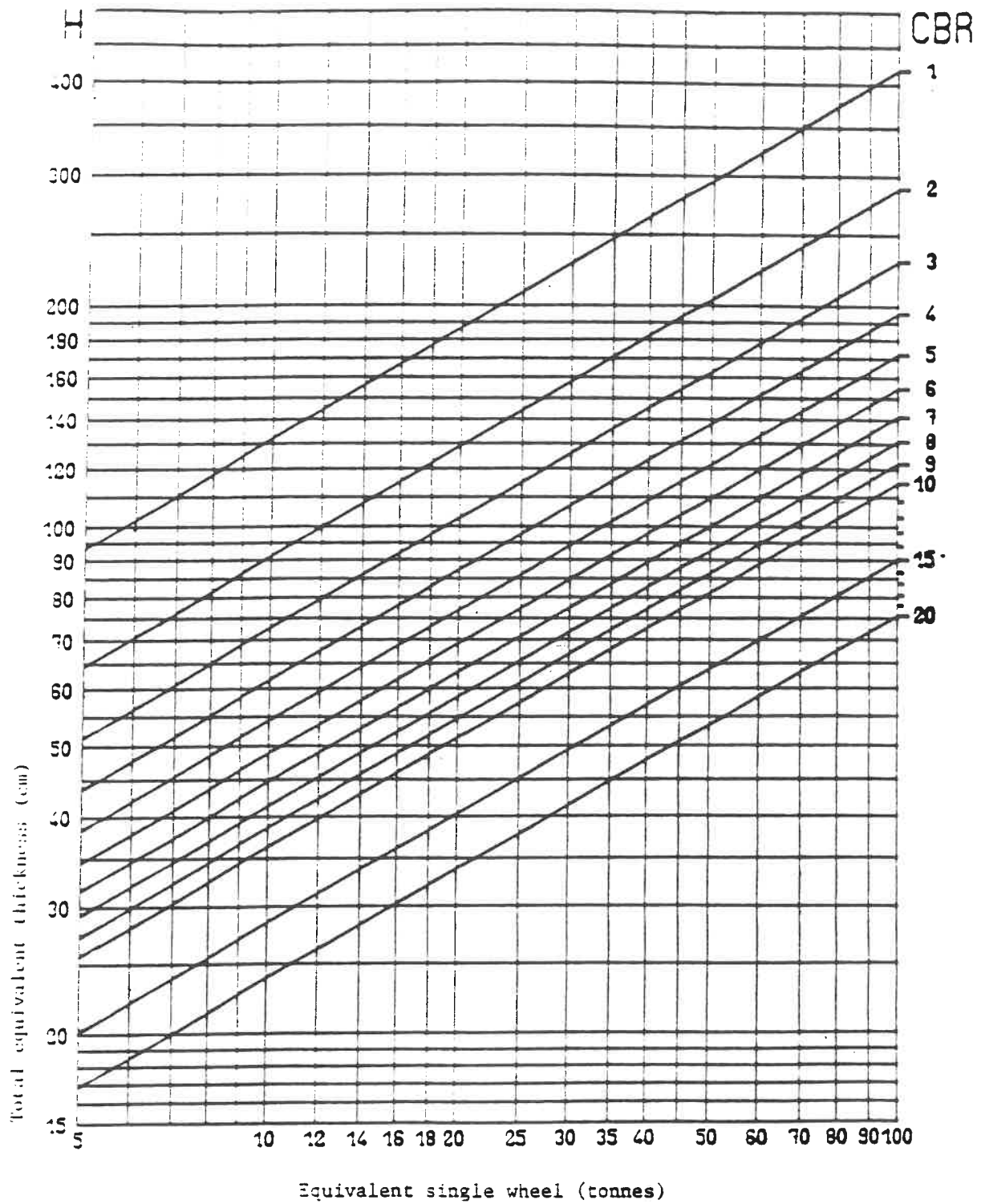


Figure 4-15. Flexible Pavement - typical undercarriage leg - single wheel

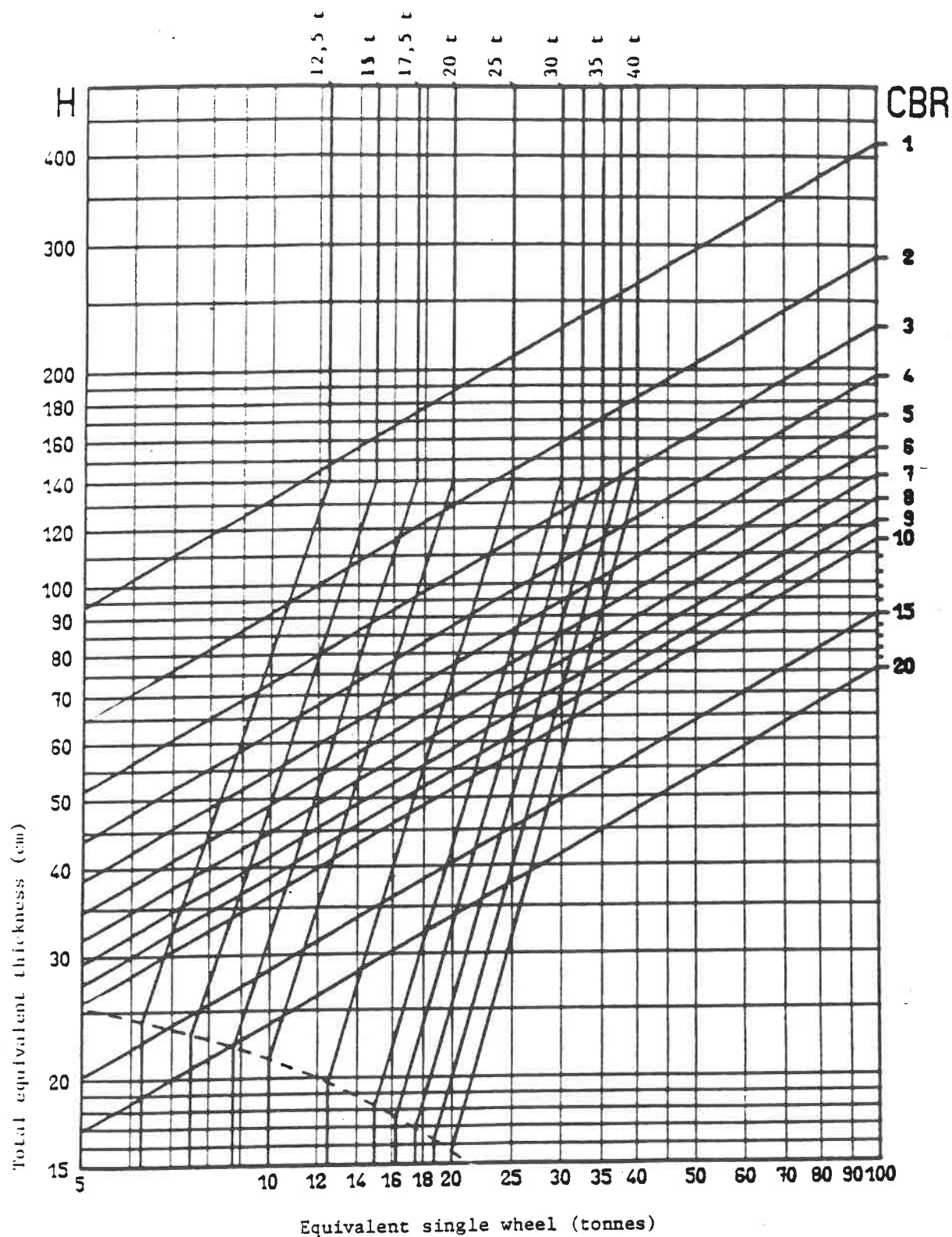


Figure 4-16. Flexible Pavement - typical undercarriage leg - dual wheels

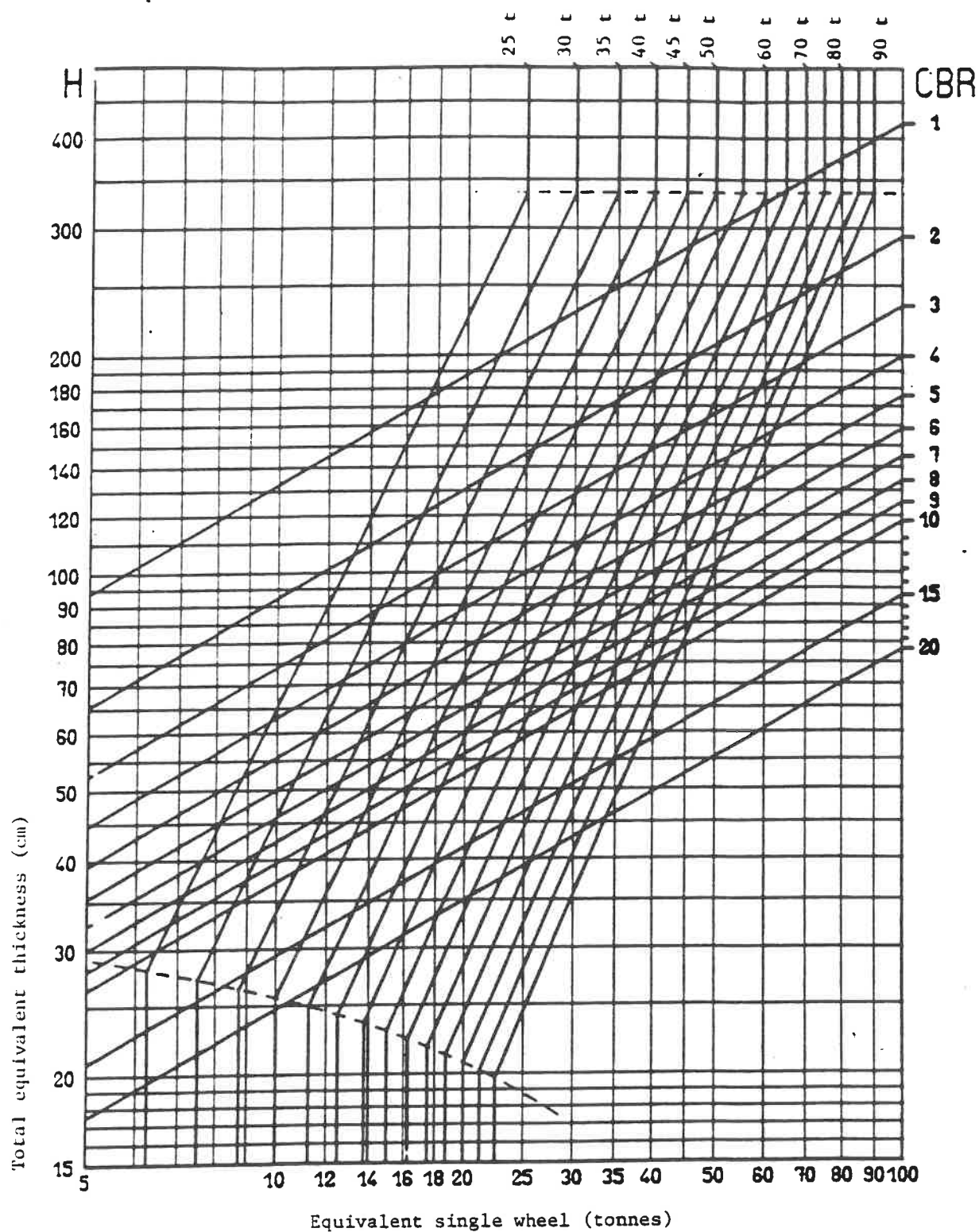


Figure 4-17. Flexible Pavement - typical undercarriage leg - dual tandem

FLEXIBLE PAVEMENT

A 300 B2

Main Leg

Tire pressure: 1.23 MPa

40t 50t 60t 66.4t

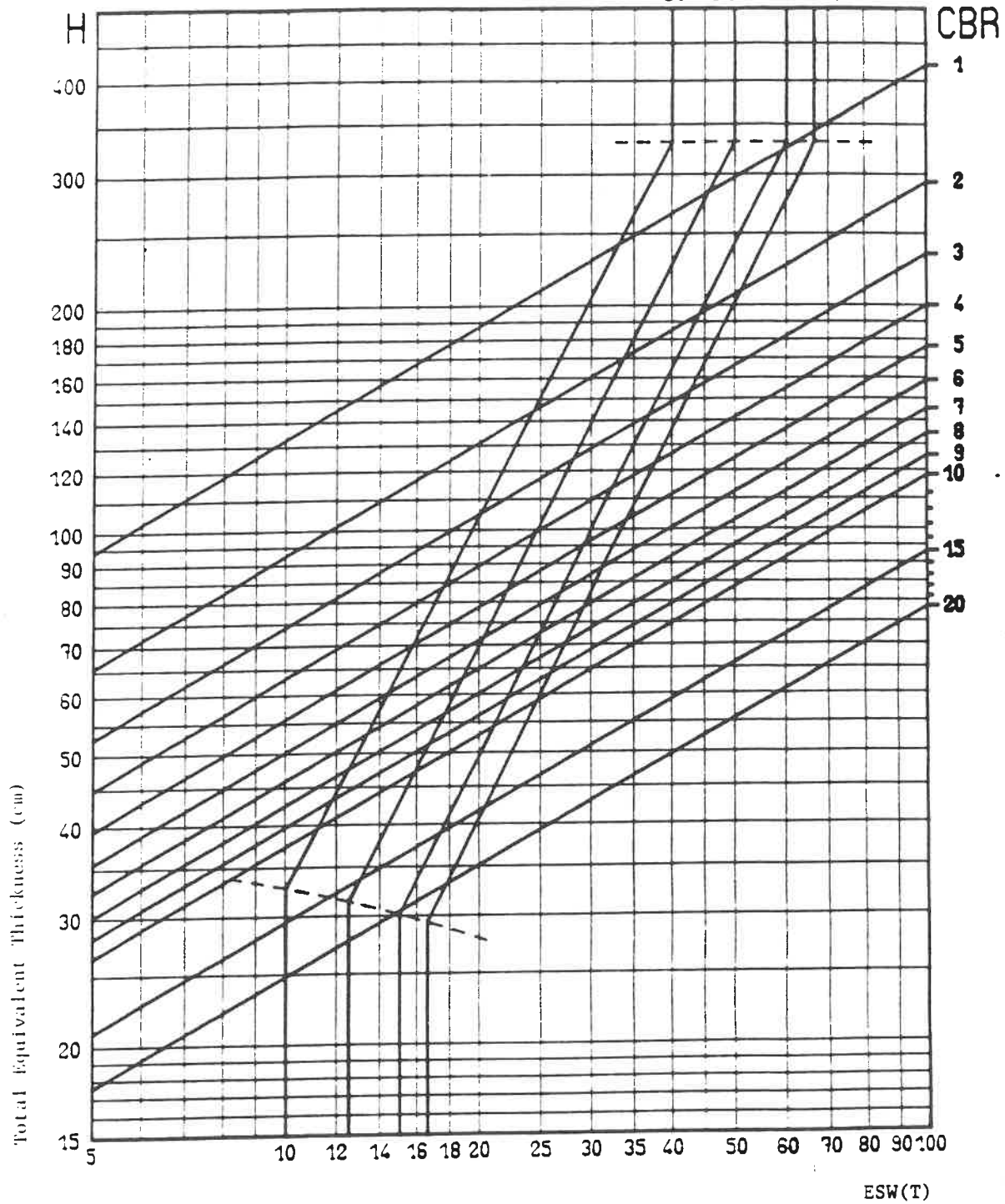


Figure A3-1

FLEXIBLE PAVEMENT

A 300 B4 - A310

Main Leg

Tire pressure: 1.41 MPa

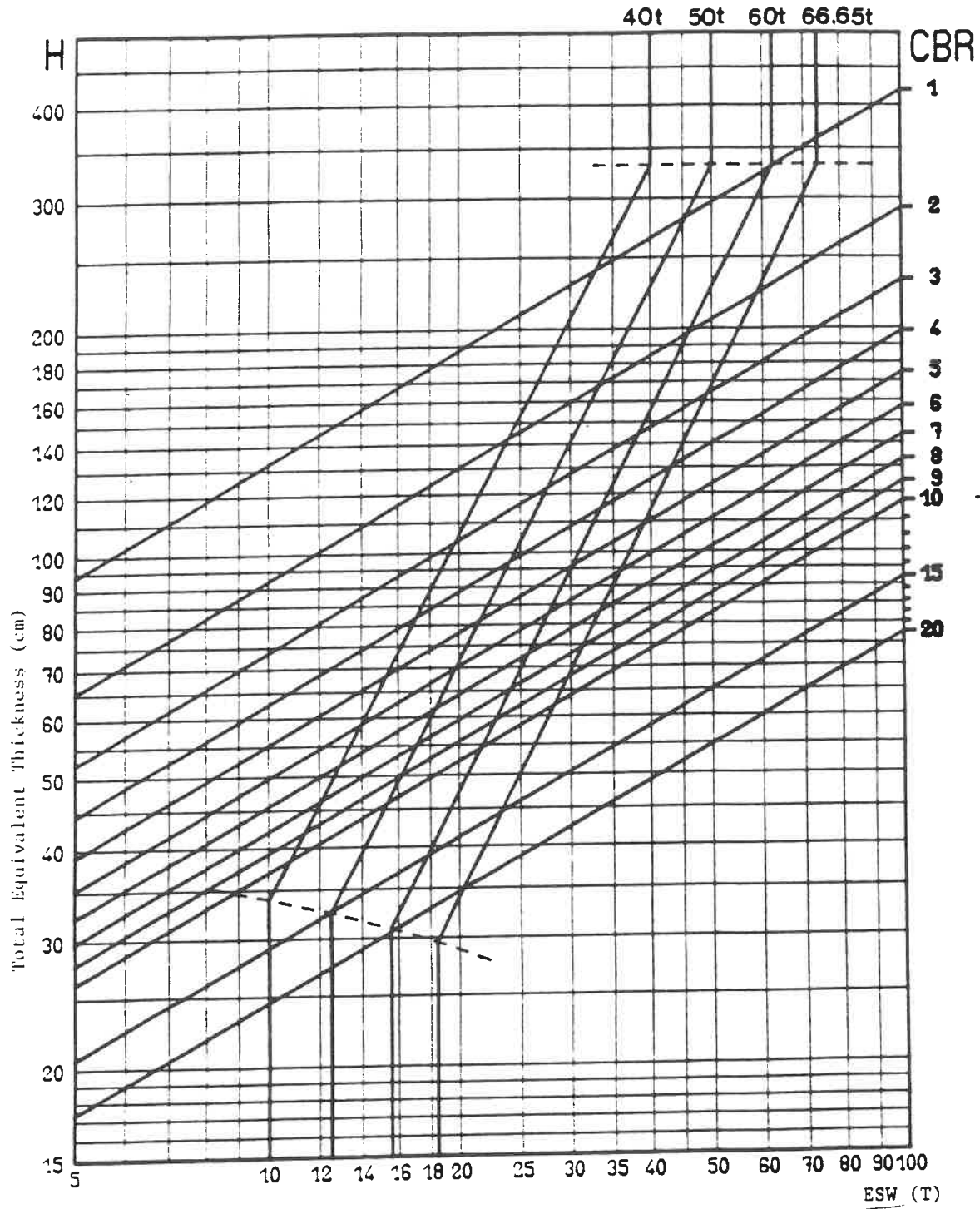


Figure A3-3

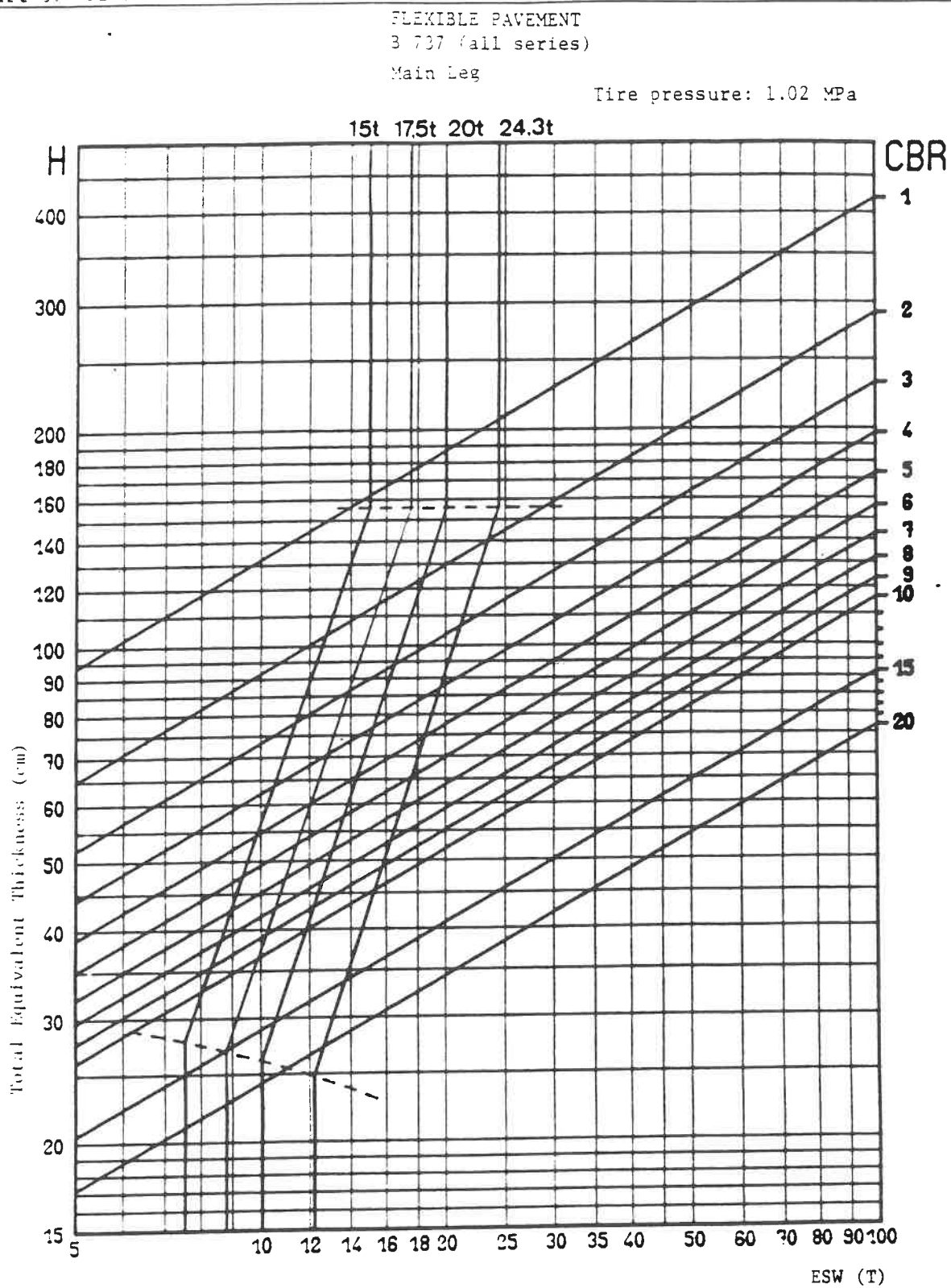


Figure A3-7

FLEXIBLE PAVEMENT
B 727 (all series)
Main Leg

Tire pressure: 1.09 MPa

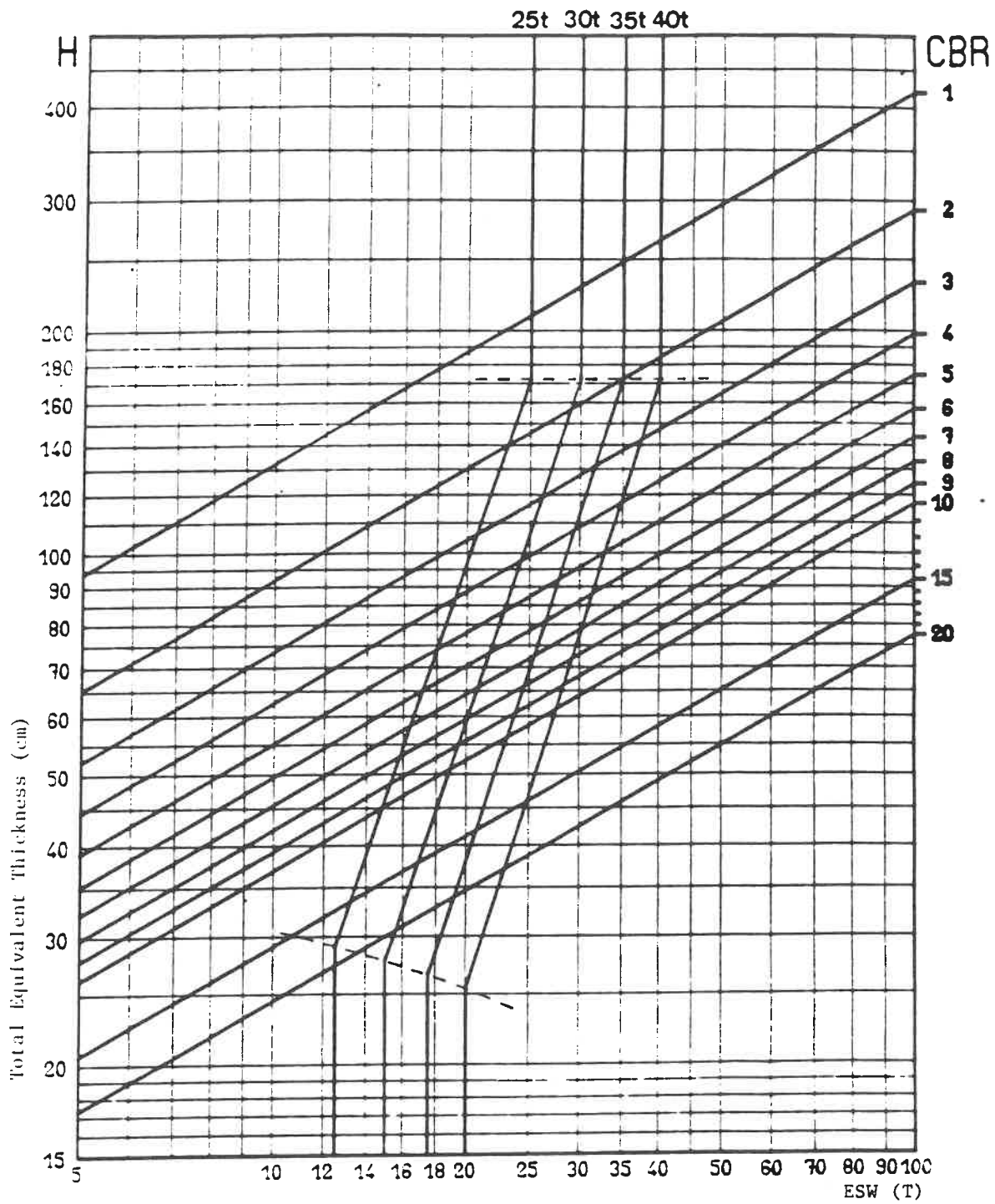


Figure A3-5

FLEXIBLE PAVEMENT
B 747 (series 100 - 200 - B, C, F - SR)
Main Leg

Tire pressure : 1.45 MPa

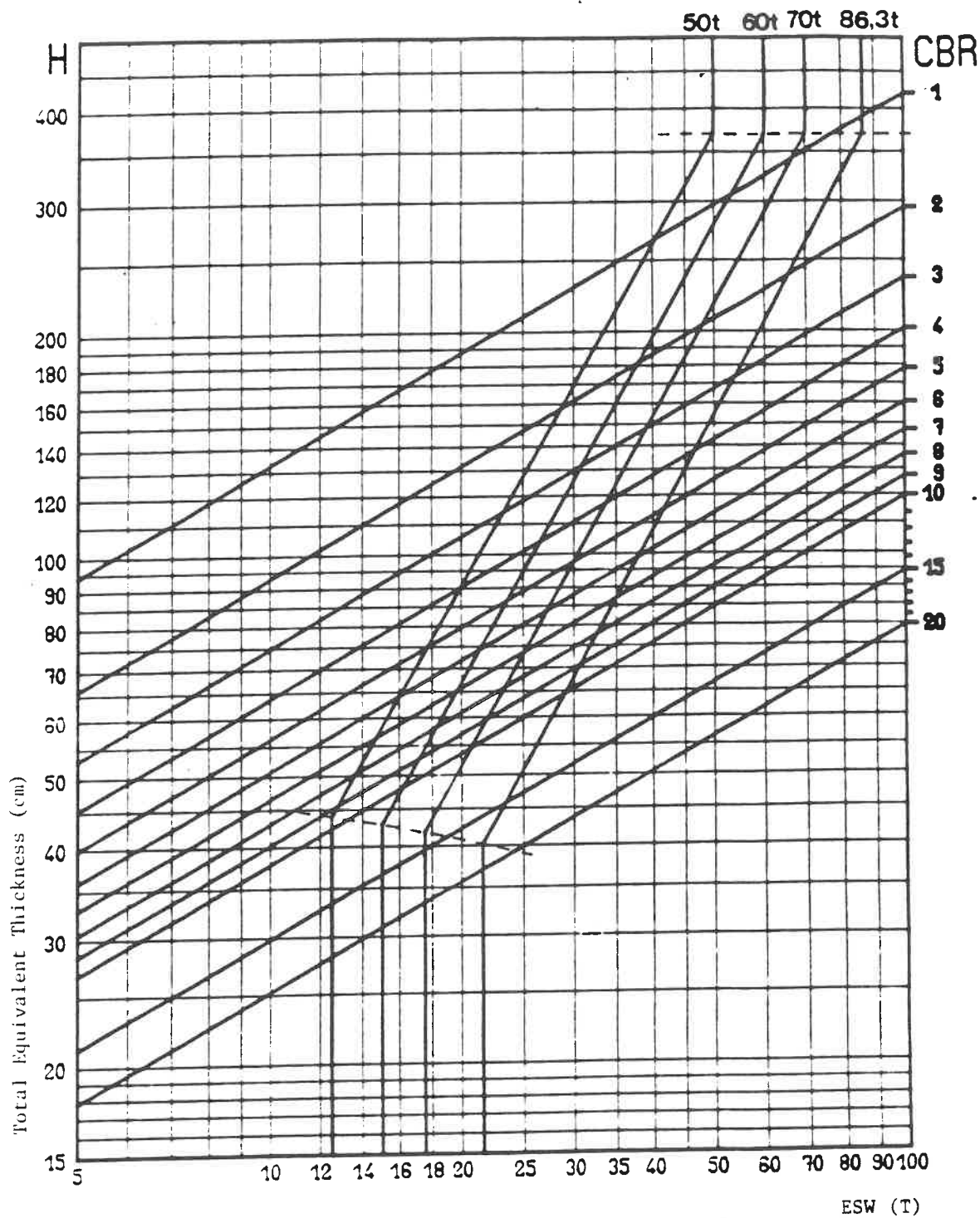


Figure A3-9

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

5

5.ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ M.ΒΡΕΤΑΝΙΑΣ [DIRECTORATE OF CIVIL ENGINEERING SERVICES]

5.1 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ

Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε με βάση την προηγούμενη εμπειρία κατασκευής οδοστρωμάτων. Έτσι δημιουργήθηκαν καμπύλες διαστασιολόγησης [**παράρτημα 5.1**] για κάθε κατηγορία οδοστρώματος [**9**]. Οι οποίες βασίζονται στην μέθοδο CBR [**5**]. Με την εισαγωγή της μεθόδου ACN-PCN έγινε μια τροποποίηση στα διαγράμματα ώστε να συμπεριλαμβάνεται και το ACN ως παράμετρος. Δηλαδή το φορτίο του αεροσκάφους να εκφράζεται μέσω του ACN.

Κατόπιν έγινε φανερό ότι αν ακολουθηθεί η αντίστροφη διαδικασία από αυτήν της διαστασιολόγησης ,τα διαγράμματα μπορούν να χρησιμεύσουν και για υπολογισμό PCN οδοστρωμάτων. Βέβαια προέκυψαν κάποιοι περιορισμοί που προέρχονται από τις προδιαγραφές διαστασιολόγησης. Οι περιορισμοί αυτοί μπορούν να ξεπεραστούν με την παραδοχή της ισοδύναμης διατομής [**9**].

5.2 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

Η εξεταζόμενη μέθοδος υπολογίζει το PCN εύκαμπτων άκαμπτων και σύνθετων οδοστρωμάτων αεροδρομίων [**9**].

Ο υπολογισμός του PCN γίνεται με τα διαγράμματα διαστασιολόγησης [**Παράρτημα 5.1**]. Ακολουθείται διαδικασία αντίστροφη

από αυτήν του διαστασιολόγησης. Οι παράμετροι που απαιτούνται για τον υπολογισμό είναι ο δείκτης CBR του εδάφους η συχνότητα κυκλοφορίας και το συνολικό πάχος του οδοστρώματος.

Η συχνότητα κυκλοφορίας διακρίνεται ανάλογα με τον αριθμό των coverage's. Με τον όρο coverage χαρακτηρίζεται η εφαρμογή μέγιστης τάσης σε ένα σημείο του οδοστρώματος. Το σημείο αυτό για τα εύκαμπτα είναι το σημείο επαφής του τροχού με την επιφάνεια. {A Coverage is defined as the application of the maximum stress at a point in a pavement. For flexible pavements this is a point in the pavement surface.}. Παρατηρούμε ότι ο ορισμός αυτού του μεγέθους ο οποίος δίνεται από την υπάρχουσα βιβλιογραφία **[9,page 113]** δεν είναι πλήρης.

Οι coverage's συνδέονται με τις διελεύσεις μέσω του λόγου των διελεύσεων προς τις coverage's.

Η επιφάνεια του οδοστρώματος χωρίζεται σε λωρίδες πλάτους ίσου με το πλάτος ελαστικού. Υπάρχουν διαγράμματα κατανομής των διελεύσεων ανά λωρίδα επιφανείας. Βάση αυτών υπολογίζεται ο αριθμός των coverage's που δέχεται η κάθε λωρίδα. Το οδόστρωμα διαστασιολογείται (υπολογίζεται) με βάση την λωρίδα που δέχεται τον μέγιστο αριθμό coverage's. Δηλαδή από τον αριθμό των διελεύσεων υπολογίζεται ο αριθμός των coverage's, βάση των οποίων υπολογίζεται (σχεδιάζεται) το οδόστρωμα. Μάλλον για τα coverage's θα μπορούσε να υιοθετηθεί ο όρος ισοδύναμες διελεύσεις.

Ορίζονται τρία επίπεδα συχνότητας κυκλοφορίας. Εχουμε χαμηλή συχνότητα για 10000 coverage's, μέση για 100000 και υψηλή συχνότητα για 250000 coverage's. Το διάγραμμα διαστασιολόγησης (υπολογισμού) δεν δίνει αποτέλεσμα για υψηλή συχνότητα κυκλοφορίας. Η διαδικασία διαστασιολόγησης προβλέπει ότι για εύκαμπτα οδοστρώματα πρέπει να αυξάνεται κατά 8% το πάχος της βάσης που υπολογίστηκε για μεσαία

συχνότητα. Δεν αναφέρεται αν ισχύει κάτι παρόμοιο στον υπολογισμό οδοστρωμάτων.

Η κατηγορία οδοστρωμάτων που θα ασχοληθούμε είναι τα εύκαμπτα με βάση και υπόβαση από ασύνδετο υλικό. Στον υπολογισμό υπεισέρχεται η έννοια του απαιτούμενου συνολικού πάχους βάσης και επιφανειακής στρώσης. Από το διάγραμμα διαστασιολόγησης οδοστρωμάτων προκύπτει ότι για κάθε τιμή PCN αντιστοιχεί μια τιμή συνολικού απαιτούμενου πάχους των δύο στρώσεων που αναφέρθηκαν. Όμως το πραγματικό συνολικό πάχος των δύο στρώσεων, για τα οδοστρώματα που θέλουμε να υπολογίσουμε, συχνά διαφέρει από το απαιτούμενο για μια τιμή PCN.

Στην περίπτωση αυτή για να προσδιοριστεί μια τιμή PCN πρέπει συχνά να μετατραπεί το συνολικό πραγματικό πάχος βάσης και ασφατικής ώστε να προσεγγίζει το απαιτούμενο. Η μετατροπή αυτή γίνεται με την βοήθεια συντελεστών ισοδυναμίας [9].

Παράμετροι των συντελεστών ισοδυναμίας είναι η ποιότητα των υλικών, η αντοχή του εδάφους, το πάχος της κατασκευής και το μέγεθος του φορτίου. Μπορούν δε να παρεμβληθούν γραμμικά. Δηλαδή να υπολογίσουμε την τιμή ενός συντελεστή για τιμή CBR διαφορετική από αυτές που δίνονται. Αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα.

• ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ [9]

ΥΛΙΚΟ	ΒΑΣΗ	ΥΠΟΒΑΣΗ		
		CBR		
		3%	10%	20%
υπόβαση από ασύνδετο αμμοχάλικο		1,0	1,0	1,0
βάση από ασύνδετο αμμοχάλικο.	1,0	2,0	1,5	1,0
ασφαλτική στρώση	1,15	2,3	1,75	1,15
βάση από αμμοχάλικο με συνδετικό	1,15	2,3	1,75	1,15
φτωχό σκυρόδεμα	1,15	2,3	1,75	1,15

Με την βοήθεια των συντελεστών ισοδυναμίας γίνονται οι αναγκαίες μετατροπές των στρώσεων ώστε να καλύπτονται οι προδιαγραφές των παχών. Τα χρησιμοποιούμενα διαγράμματα **[παράρτημα 5.1]** είναι βασικά διαγράμματα διαστασιολόγησης. Μετά την εισαγωγή της μεθόδου ACN-PCN τροποποιήθηκαν ώστε να χρησιμεύουν και στον υπολογισμό. Ο ρόλος των συντελεστών ισοδυναμίας είναι να ισχύουν οι προϋποθέσεις της κατασκευής και στην διαδικασία υπολογισμού. Διότι αυτή είναι αντίστροφη

της διαδικασίας σχεδιασμού. Έτσι ως προϋποθέσεις χρήσης των διαγραμμάτων αναφέρονται ότι το ασύνδετο υλικό της βάσης πρέπει να έχει ελάχιστο CBR 80% ,ενώ της υπόβασης 20%.

Επίσης το ελάχιστο πάχος της ασφαλτικής στρώσης πρέπει να είναι τουλάχιστον 100mm. Ειδικότερα όταν χρησιμοποιούνται αεροσκάφη με ACN>50 τότε το ελάχιστο πάχος είναι 150mm. Αναφέρονται και άλλες κατασκευαστικές κυρίως προδιαγραφές (βαθμός διεύθυνσης ασφάλτου,κοκομετρική διαβάθμιση) που δεν υπεισέρχονται στον υπολογισμό του PCN. Πάντως όλες οι προδιαγραφές διαστασιολόγησης συνθέτουν το πεδίο εφαρμογής της μεθοδολογίας υπολογισμού.

Επίσης σε όλα τα διαγράμματα αναγνωρίζονται τα τρία τυπικά κύρια συστήματα τροχών. Δηλαδή τα μονού τροχού (single) ,διπλού (dual) και διπλού ζεύγους μπρος-πίσω τροχών (dual tandem). Δεν γίνεται αναφορά σε άλλα κύρια συστήματα με διαφορετικές διαστάσεις. Μόνο όταν χρησιμοποιείται το B-747 για διαστασιολόγηση γίνεται κάποια διόρθωση των τιμών ACN λόγω διαφορών στο σύστημα τροχών. Αυτή η διόρθωση ίσως να μπορεί να λειτουργήσει αντίστροφα στον υπολογισμό (διόρθωση τιμών PCN) ,αλλά δεν αναφέρονται με ποιά κριτήρια ούτε με ποιόν τρόπο γίνεται.

5.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Υπάρχουν δύο τρόποι υπολογισμού. Ο τεχνικός και ο εμπειρικός που περιγράφονται πιο κάτω.

5.3.1 ΤΕΧΝΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ

Για τον υπολογισμό των εύκαμπτων οδοστρωμάτων με κοκκώδες υλικό βάσης και υπόβασης χρησιμοποιείται το σχετικό διάγραμμα [Παράρτημα

5.1,chart 6]. Οι παράμετροι υπολογισμού είναι το συνολικό πάχος οδοστρώματος τα πάχη των στρώσεων και ο δείκτης CBR.

Το συνολικό πάχος εισάγεται από τον δεξιό κάθετο άξονα .Ο δείκτης CBR εισάγεται από τον οριζόντιο άξονα από όπου φέρνουμε κατακόρυφη.Από το σημείο εισαγωγής του συνολικού πάχους ακολουθούμε την αντίστοιχη καμπύλη. Από το σημείο τομής καμπύλης και ευθείας φέρνουμε οριζόντια προς τον αριστερό κάθετο άξονα και διαβάζουμε την τιμή του PCN , ανάλογα με τον αριθμό των coverage's και το σύστημα τροχών. Ανάλογα με την τιμή PCN ακολουθούμε την σχετική διακεκομμένη καμπύλη που αντιστοιχεί στον άξονα με τα απαιτούμενα συνολικά πάχη βάσης και ασφαλτικής. Αν το πραγματικό συνολικό πάχος των δύο αυτών στρώσεων είναι μεγαλύτερο από απαιτούμενο τότε το περισσευούμενο πάχος μετατρέπεται σε επιπλέον στρώση υπόβασης. Ετσι αλλάζει το συνολικό πάχος (ισοδύναμη διατομή) το οποίο εισάγουμε ξανά και η διαδικασία επαναλαμβάνεται.

Η αποδεκτή τιμή του PCN θα είναι εκείνη όπου το συνολικό πάχος βάσης και ασφαλτικής θα είναι σχεδόν ίσο με το απαιτούμενο. Αν μετά την πρώτη ανάγνωση του PCN διαπιστωθεί ότι το συνολικό πάχος ασφαλτικής και βάσης είναι μικρότερο από το απαιτούμενο ,τότε το PCN καθορίζεται από το πραγματικό συνολικό πάχος των δύο στρώσεων.

5.3.2 ΕΜΠΕΙΡΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ

Ο εμπειρικός υπολογισμός βασίζεται στην εμπειρία χρήσης του οδοστρώματος από διάφορα αεροσκάφη. Είναι γενικά μη ακριβής μέθοδος. Διότι πρέπει να συνεκτιμηθούν διάφοροι παράγοντες όπως επιφανειακή φθορά οδοστρώματος ,αριθμός διελεύσεων , συνολικό βάρος αεροσκάφους και τύπος συστήματος τροχών. Η κρισιμότητα του καθενός σχετίζεται με την επίδραση των άλλων καθώς και με τις

κλιματικές συνθήκες. Γενικά όσο πιο πολλές είναι οι διελεύσεις τόσο πιο ακριβής είναι η εκτίμηση του PCN.

Η εκτίμηση γίνεται από ένα διάγραμμα [Παράρτημα 5.1] σε σχέση με τον αριθμό διελεύσεων και τον τύπο συστήματος τροχών. Προκύπτει έτσι ο λόγος του εκτιμώμενου PCN προς το ACN του χρησιμοποιούμενου αεροσκάφους.

5.4 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

Η εξεταζόμενη μέθοδος βασίζεται στην αντίστοιχη διαστασιολόγησης. Η μεθοδολογία διαστασιολόγησης περιλαμβάνει όλες τις κατηγορίες οδοστρωμάτων και περιέχει πολλές κατασκευαστικές παραδοχές [9]. Η μέθοδος υπολογισμού ακολουθεί την αντίστροφη διαδικασία από αυτήν της διαστασιολόγησης. Έτσι χρησιμοποιούνται οι ίδιες καμπύλες εκτός από την περίπτωση του εμπειρικού υπολογισμού. Αλλά κατά τον υπολογισμό ενός οδοστρώματος δεν μπορούμε να αγνοήσουμε τις παραδοχές της διαστασιολόγησης.

Ομως συχνά οι διατομές που πρέπει να υπολογιστούν δεν καλύπτουν τις απαιτήσεις της διαστασιολόγησης και συγκεκριμένα το συνολικό απαιτούμενο πάχος βάσης και ασφατικής. Για να ξεπεραστεί αυτό το εμπόδιο έγινε χρήση των συντελεστών ισοδυναμίας. Παράμετροι υπολογισμού των συντελεστών αυτών είναι η ποιότητα των υλικών ,η αντοχή του εδάφους ,το πάχος της κατασκευής και το μέγεθος του φορτίου. Έχουν υπολογιστεί έτσι ώστε να μπορούν να παρεμβληθούν γραμμικά.

Η ποιότητα των υλικών καθορίζεται από τις προδιαγραφές κατασκευής της μεθόδου σχεδιασμού. Αναφέρονται όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την κατασκευή όπως κοκομετρική διαβάθμιση αδρανών

και βαθμός διείδυσης ασφάλτου. Η πλήρη αναφορά αυτών των στοιχείων δεν εξυπηρετεί τον σκοπό αυτής της εργασίας.

Η παράμετρος του πάχους συνδέεται με τις απαιτήσεις διαστασιολόγησης. Για κάθε τιμή PCN υπάρχει ένα απαιτούμενο συνολικό πάχος βάσης και ασφαλτικής. Τα μεγέθη των απαιτούμενων παχών προέκυψαν από την εμπειρία σχεδιασμού και κατασκευής οδοστρωμάτων.

Για τον υπολογισμό των συντελεστών ισοδυναμίας λαμβάνεται υπ'όψιν και το μέγεθος του φορτίου. Την κρισιμότητα του φορτίου επηρεάζουν παράγοντες όπως το σύστημα τροχών, οι διελεύσεις και η θερμοκρασία. Αναγνωρίζονται τα τρία τυπικά συστήματα τροχών. Όμως υπάρχουν διαφορές μεταξύ των αεροσκαφών όσον αφορά τις αποστάσεις αλλά και την διάταξη των τροχών. Για παράδειγμα στο B-747 που έχει διπλή διάταξη διπλού ζεύγους τροχών (double dual tandem), γίνεται κάποια διόρθωση των τιμών ACN για τον σχεδιασμό. Δεν αποσαφηνίζεται πως θα προσαρμοστεί η παραπάνω διόρθωση στον υπολογισμό οδοστρωμάτων. Και γενικά δεν αναφέρεται τι γίνεται όταν οι διαστάσεις των συστημάτων τροχών διαφέρουν από τις τυπικές.

Στις καμπύλες αντί για διελεύσεις χρησιμοποιείται το μέγεθος των coverage's. Ο ορισμός αναγράφεται στην παράγραφο των παραδοχών (5.2). Δεν αναφέρονται τα κριτήρια με τα οποία υπολογίζεται η μέγιστη τάση, η οποία χαρακτηρίζει τα coverage's ούτε η επίδραση της θερμοκρασίας σε αυτήν. Η εντατική κατάσταση στις διεπιφάνειες των στρώσεων γενικά δεν υπεισέρχεται στον υπολογισμό.

Η θερμοκρασία παίζει ρόλο στην φέρουσα ικανότητα του οδοστρώματος. Διότι μια μεταβολή θερμοκρασίας μεταβάλλει το μέτρο δυσκαμψίας της ασφαλτικής στρώσης. Η μεταβολή του μέτρου δυσκαμψίας μεταβάλλει την εντατική κατάσταση του οδοστρώματος. Με συνέπεια να μεταβάλλεται και η φέρουσα ικανότητα του. Παρόλο που η θερμοκρασία

είναι παράμετρος υπολογισμού των συντελεστών ισοδυναμίας δεν προβλέπεται προσαρμογή αυτών της ασφαλικής στρώσης σε θερμοκρασιακές μεταβολές.

Οι ελλείψεις της μεθόδου οφείλονται κυρίως στην μεγάλη εξάρτηση της από τις προδιαγραφές κατασκευής οδοστρωμάτων. Οι οποίες είναι προσαρμοσμένες στις συνθήκες της χώρας προέλευσης της μεθόδου.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά τα μειονεκτήματα και τα πλεονεκτήματα της μεθόδου.

• ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Ο υπολογισμός του PCN γίνεται από ένα διάγραμμα (διαστασιολόγησης) απευθείας. Παράμετροι υπολογισμού είναι ο δείκτης CBR, τα πάχη των στρώσεων, η συχνότητα κυκλοφορίας και το είδος του κύριου συστήματος τροχών. Έχουμε παραμέτρους που αντιπροσωπεύουν την πραγματική κατάσταση του οδοστρώματος.	Στο διάγραμμα αυτό αναγνωρίζονται μόνο τα τρία τυπικά κύρια σκέλη τροχών. Υπάρχουν όμως σημαντικές διαφορές στα σκέλη τροχών μεταξύ των αεροσκαφών (αποστάσεις τροχών, πίεση ελαστικού). Επίσης το PCN αυξάνεται όσο αυξάνεται το CBR.
Υπάρχουν προδιαγραφές κατασκευής οδοστρωμάτων, που συνθέτουν το πεδίο εφαρμογής της μεθόδου.	Αν δεν ισχύουν οι προδιαγραφές δεν μπορεί να υπολογιστεί το PCN. Μερικές από τις προδιαγραφές είναι εξωπραγματικές για τα Ελληνικά δεδομένα (πχ, ελάχιστο CBR βάσης 80%).

Τα επιμέρους πάχη των στρώσεων αποτελούν παράμετρο υπολογισμού του PCN .	Τα μηχανικά χαρακτηριστικά των στρώσεων (μέτρα ελαστικότητας λόγοι Poisson) των στρώσεων δεν αποτελούν παράμετρο υπολογισμού. Το γεγονός αυτό αποτελεί σοβαρή έλλειψη ιδιαίτερα στην περίπτωση θερμοκρασιακής μεταβολής διότι τότε αλλάζει το μέτρο δυσκαμψίας της ασφαλτικής στρώσης.
Η μετατροπή της πραγματικής διατομής σε μια ισοδύναμη γίνεται με συντελεστές ισοδυναμίας, που εκφράζουν τις διαφορετικές ιδιότητες των υλικών. Έχουν υπολογιστεί αναλυτικά με παραμέτρους το συνολικό φορτίο ,το πάχος του οδοστρώματος την αντοχή του εδάφους και την ποιότητα των υλικών.	Οι συντελεστές ισοδυναμίας της ασφάλτου δεν μεταβάλλονται με την θερμοκρασία. Έτσι δεν μπορούν να εκφράσουν την μεταβολή του μέτρου δυσκαμψίας της.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5.1

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

CHART 6

Evaluation of Conventional Pavements

NOTE 1. X-AXIS.

The X-Axis represents the total pavement thickness including surfacing, base and sub-base. The thickness of surfacing should not be less than 125mm for aircraft with ACN > 50

NOTE 2. Y-AXIS.

The Y-Axis represents the combined thickness of surfacing and granular base.

Frequency of trafficking	High	Med
Main wheel gear type	All	Dual-tandems
ACN	See para 6.9	120 110 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10

X

Y

2000
1900
1800
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800

700

600

500

400

300

200

500

475

450

425

400

375

350

325

300

275

250

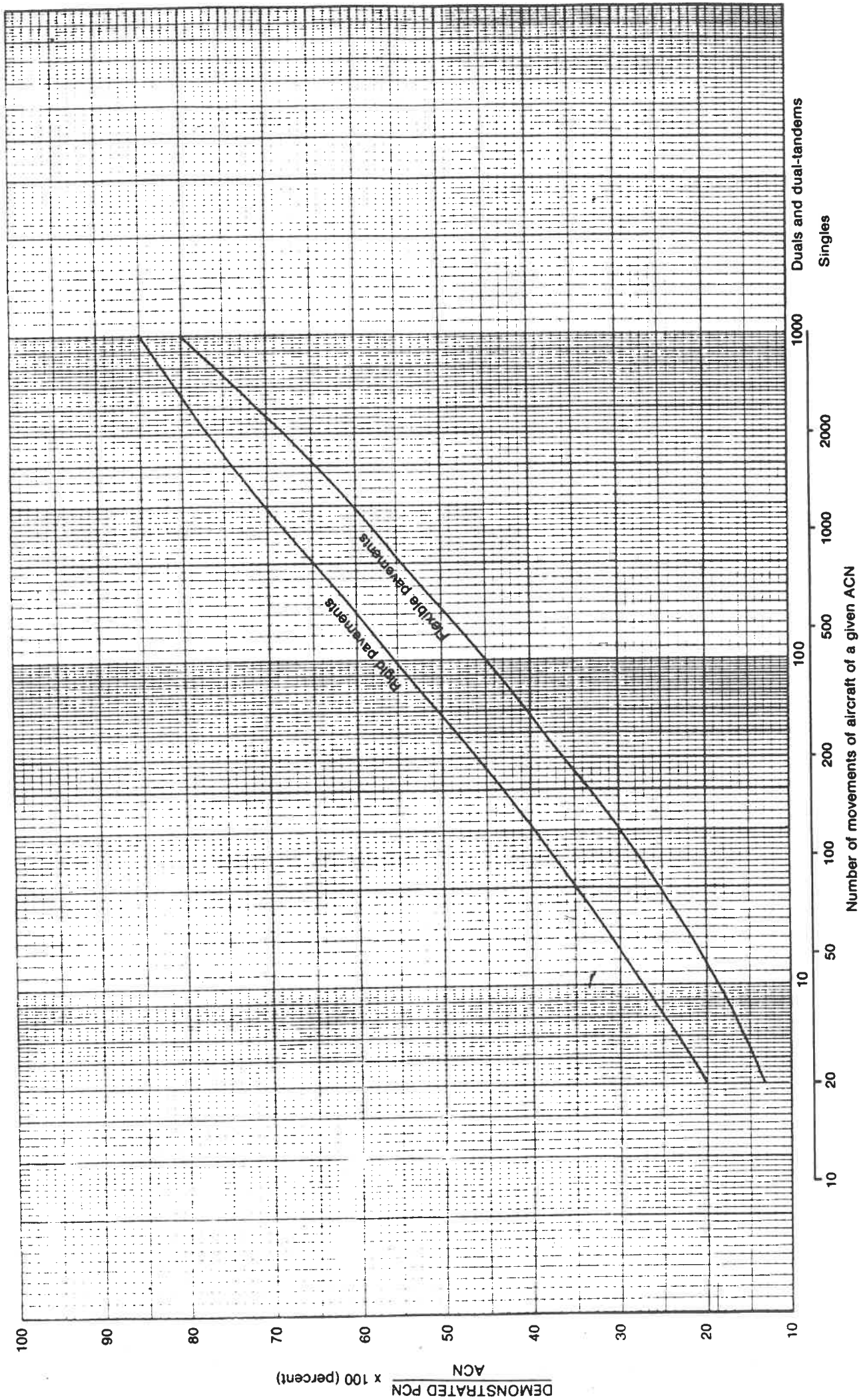
225

200

175

150

Fig. 40



PCN by user aircraft evaluation

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

6

6.ΑΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ/ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ PCN

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο αναφέρονται κάποιες άλλες δυνατότητες προσδιορισμού του PCN που δεν αναλύθηκαν όπως οι προηγούμενες. Οι βασικοί λόγοι που μας οδήγησαν σε αυτήν την επιλογή είναι:

- 1) Το μικρό πεδίο εφαρμογής των μεθόδων λόγω της ειδίκευσης τους.
- 2) Το γεγονός ότι μερικές μέθοδοι είναι ακόμη υπό ανάπτυξη.
- 3) Η μικρή διάδοση των μεθόδων.

6.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΑΠΟΤΕΛΟΥΝΤΑΙ ΜΟΝΟ ΑΠΟ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗ ΣΤΡΩΣΗ [Full depth Asphalt pavements]

Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε από το Asphalt Institute [10] και εφαρμόζεται μόνο σε οδοστρώματα τα οποία αποτελούνται από μία ή περισσότερες ασφαλτικές στρώσεις. Οι οποίες εδράζονται απ' ευθείας στο έδαφος χωρίς την παρεμβολή βάσης ή υπόβασης.

Η διαδικασία υπολογισμού είναι πολύ απλή. Χρησιμοποιείται ένα διάγραμμα υπολογισμού του PCN με παράμετρο το πάχος του οδοστρώματος (ασφαλτική στρώση) και τον δείκτη CBR του εδάφους. Το διάγραμμα αυτό φαίνεται στην επόμενη σελίδα.

Παρά το γεγονός ότι η ανάλυση της μεθόδου αναμένεται ενδιαφέρουσα, δεν έγινε διότι η εμπειρία από τέτοια οδοστρώματα στην χώρα μας είναι μικρή έως μηδαμινή.

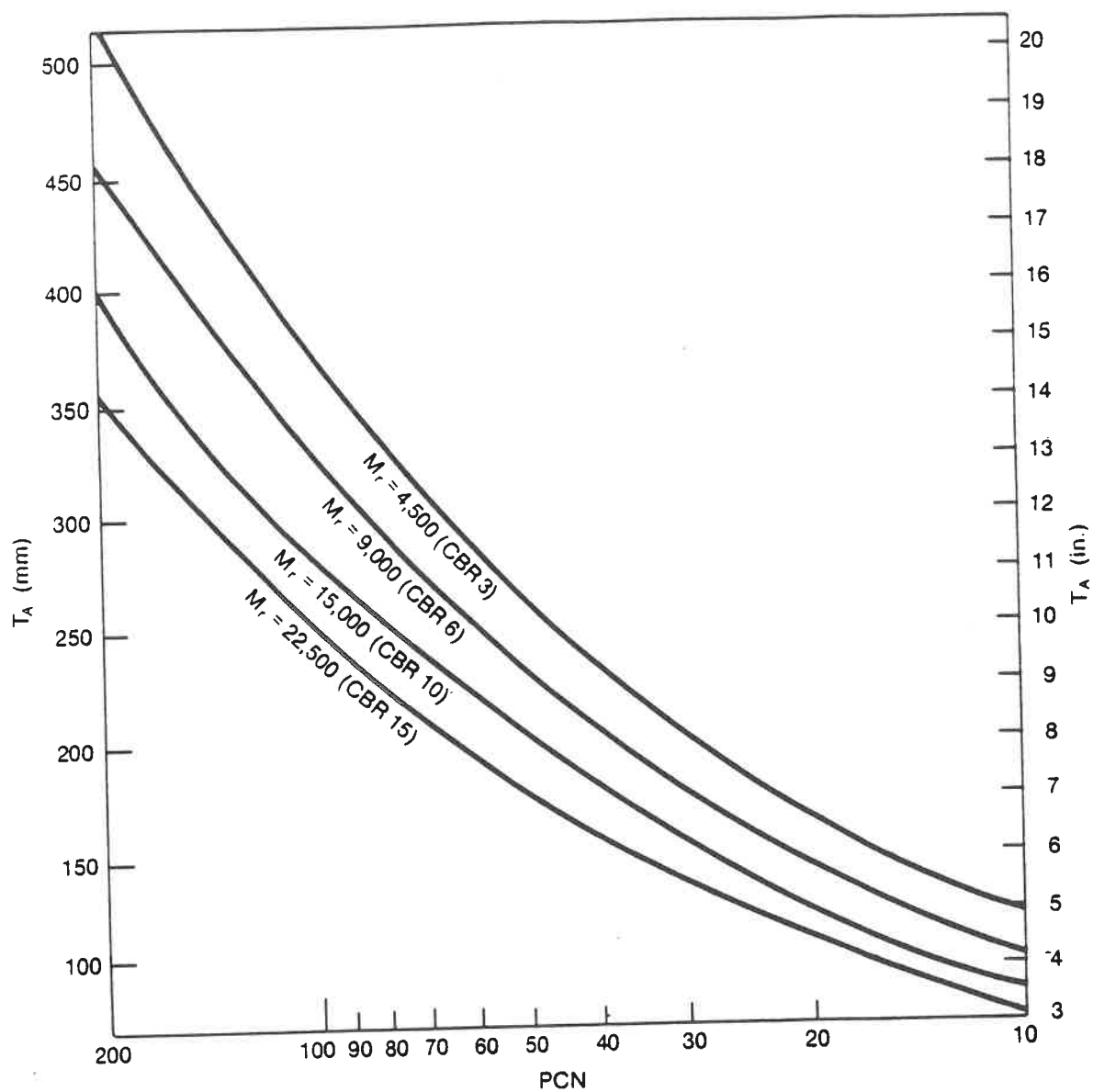


Figure IX-2. Chart for determining the Pavement Classification Number of a Full-Depth asphalt pavement

6.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ ΒΑΣΗ ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ.[CIVIL ENGINEERING TECHNION, ISRAEL INSTITUTE_OF TECHNOLOGY]

Η μέθοδος αυτή είναι υπό ανάπτυξη και βασίζεται στα αποτελέσματα των μη καταστροφικών ελέγχων [NDT, Non Destructive Tests] με FWD [11]. Σκοπός είναι ο προσδιορισμός των μέτρων ελαστικότητας των στρώσεων και του CBR του εδάφους [11]. Με αυτά τα μεγέθη και το συνολικό ισοδύναμο πάχος ως παραμέτρους, υπολογίζεται το επιτρεπόμενο φορτίο μονού τροχού [ASWL, Allowable Single Wheel Load]. Το PCN υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση [11].

σχέση 6.1

$$PCN = 124,1 \times \frac{ASWL}{(70,2 - CBR)} - \frac{(36,92 \times CBR)}{(70,2 - CBR)}$$

Η όλη διαδικασία υπολογισμού γίνεται με το πρόγραμμα H/Y EXPERT. Χρησιμοποιείται από το ίδιο πρόγραμμα μια σχέση και για εμπειρικό υπολογισμό του PCN. Πρόκειται για την σχέση 6.2 που φαίνεται ακολούθως [11].

$$PCN = 0,64 \times (\text{μέγ. στοβάρο ς} - 5)$$

Η προέλευση αυτών των σχέσεων δεν αναφέρεται στην σχετική βιβλιογραφία. Η όλη διαδικασία είναι μια πειραματική διερεύνηση για δημιουργία μεθόδου υπολογισμού οδοστρωμάτων αεροδρομίων με συνδυασμό NDT και αναλυτικού υπολογισμού. Δεν έχει ακόμη αναπτυχθεί πλήρως ούτε έχει ελεγχθεί η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων της, ενώ δεν είναι γνωστή καμιά περίπτωση εφαρμογής της.

6.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΒΑΣΗ ΤΟΥ ΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ACN.

Αντιστρέφοντας τη σχέση υπολογισμού του ACN μπορούμε να υπολογίσουμε το PCN ενός οδοστρώματος μόνο αν αυτό έχει διαστασιολογηθεί ή ακολουθεί πλήρως τις προδιαγραφές της μεθόδου CBR [5] των United States Army Corps of Engineers. Η σχέση φαίνεται παρακάτω.

Σχέση 6.3

$$ACN = \frac{\frac{h^2}{1000}}{\frac{0,878}{CBR} - 0,01249}$$

Από την σχέση 6.3 προκύπτει η ακόλουθη σχέση 6.4

Σχέση 6.4

$$PCN = \frac{\frac{H_{ref}^2}{1000}}{\frac{0,878}{CBR} - 0,01249}$$

Η σχέση αυτή χρησιμοποιείται σπάνια παρά το γεγονός ότι δεν είναι σπάνια τα οδοστρώματα που έχουν διαστασιολογηθεί με την μέθοδο του CBR κυρίως στις ΗΠΑ. Για την Ελλάδα δεδομένου ότι τα χαρακτηριστικά των οδοστρωμάτων διαφέρουν σημαντικά από τις προδιαγραφές CBR, η σχέση δεν έχει μεγάλα περιθώρια εφαρμογής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

7

7 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

7.1 ΟΜΟΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

__Οι μέθοδοι που εξετάστηκαν συγκριτικά είναι :

1)Η μέθοδος της διεύθυνσης υπηρεσιών Πολιτικού μηχανικού Μ.Βρετανίας, [Directorate of civil engineering services] ακολούθως θα αναφέρεται σαν Αγγλική μέθοδο για συντομία.

2)Η μέθοδος του Γαλλικού Υπουργείου Μεταφορών [Τεχνική Υπηρεσία αεροδρομίων ,ministry of transportation] που θα αναφέρεται ως Γαλλική για συντομία.

3)Η μέθοδος της FAA [Federal Aviation Administration]

Η σύγκριση βασίστηκε στις παραδοχές και τα αποτελέσματα της κάθε μεθόδου, με στόχο να εντοπιστούν τα σημεία όπου διαφέρει η μια από την άλλη. Έτσι θα αποκτηθεί μια συνολική εικόνα του κοινού πεδίου εφαρμογής των μεθόδων και θα εντοπιστούν οι κατευθύνσεις όπου πρέπει να συνεχιστεί η διερεύνηση.

Τα αποτελέσματα της σύγκρισης φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.

• ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1

Συνολική σύγκριση των μεθόδων.

ΟΜΟΙΟΤΗΤΕΣ	ΔΙΑΦΟΡΕΣ
Οι μέθοδοι υπολογισμού που εξετάστηκαν προέρχονται από μεθοδολογίες διαστασιολόγησης οδοστρωμάτων.	Κάθε μέθοδος διαστασιολόγησης έχει τις δικές της προδιαγραφές κατασκευής οδοστρωμάτων. Οι προδιαγραφές αυτές συνθέτουν το πεδίο εφαρμογής της κάθε μεθόδου. Το οποίο δεν είναι πάντα το ίδιο.

Το τελικό αποτέλεσμα είναι το PCN. Σε όλες τις μεθόδους υπολογισμού χρησιμοποιούνται τα διαγράμματα διαστασιολόγησης.	Στην Γαλλική και στην μέθοδο της FAA υπολογίζεται πρώτα το συνολικό επιτρεπόμενο φορτίο που μπορεί να φέρει το οδόστρωμα. Αντίθετα στην Αγγλική μέθοδο εξάγεται κατ'ευθείαν το PCN.
Όλες οι μεθοδολογίες διαστασιολόγησης χρησιμοποιούν διαγράμματα βασισμένα στην μέθοδο CBR.	Μετά την εισαγωγή της μεθόδου ACN-PCN τα διαγράμματα αυτά τροποποιήθηκαν ,το καθένα διαφορετικά ώστε να χρησιμεύουν στον υπολογισμό οδοστρωμάτων
Η Αγγλική μέθοδος και η Γαλλική χρησιμοποιούν την έννοια της ισοδύναμης διατομής. Στην μέθοδο της FAA δεν χρησιμοποιείται.	Η εφαρμογή της ισοδύναμης διατομής στον υπολογισμό γίνεται διαφορετικά σε κάθε μέθοδο. Στην Αγγλική η ισοδύναμη διατομή αποτελείται από τρεις στρώσεις,ενώ στην Γαλλική από μία.
Για τον υπολογισμό της ισοδύναμης διατομής χρησιμοποιούνται συντελεστές ισοδυναμίας.	Οι συντελεστές ισοδυναμίας για τα ίδια υλικά είναι διαφορετικοί στις δύο μεθόδους που χρησιμοποιούνται. Επίσης χρησιμοποιούνται για διαφορετικό σκοπό. Μόνο στην Αγγλική μέθοδο αναφέρονται οι παράμετροι υπολογισμού τους.

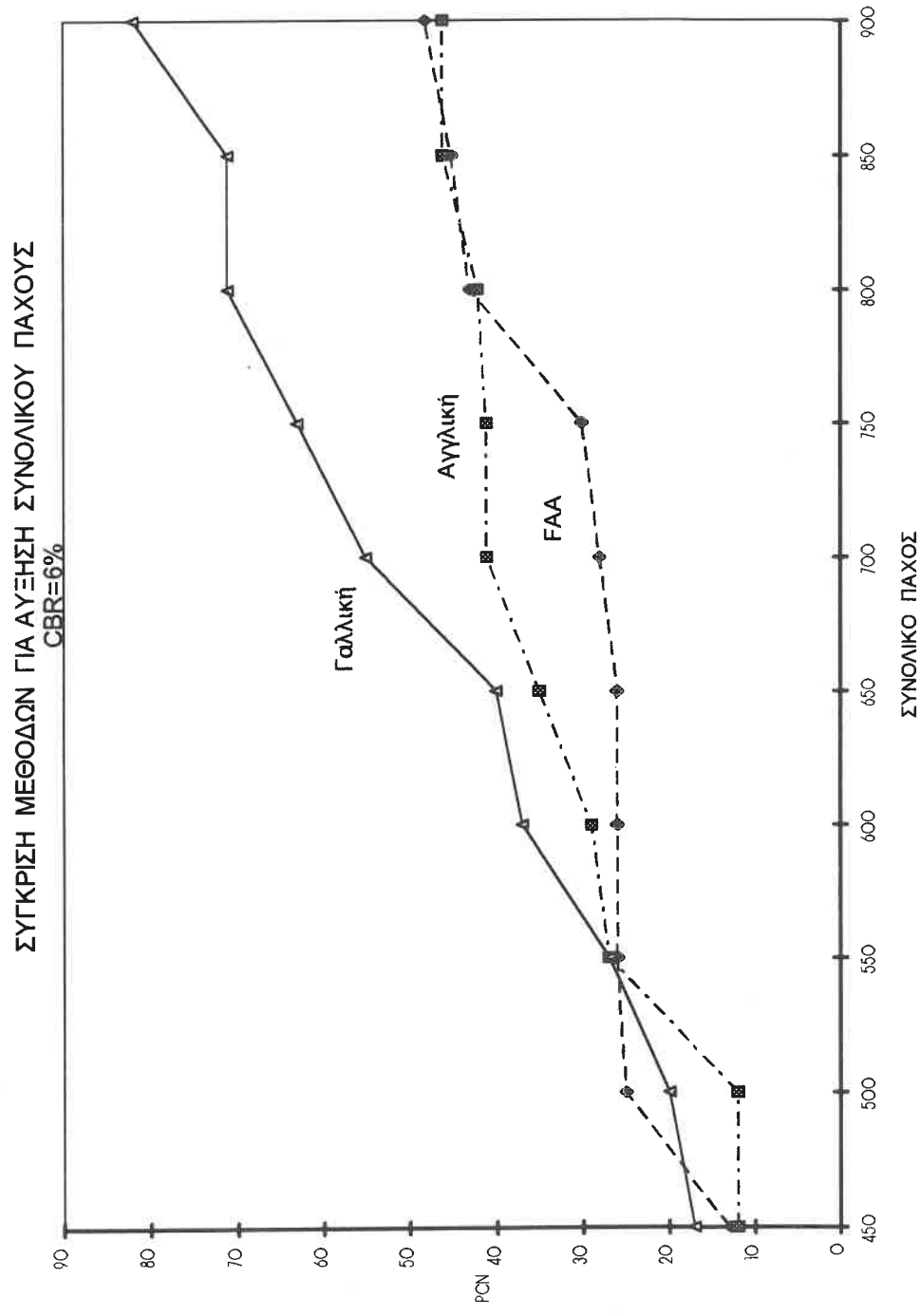
Για τον υπολογισμό του PCN απαιτούνται το συνολικό πάχος και ο δείκτης CBR και στις τρεις μεθόδους. Το PCN αυξάνει όσο αυξάνει το CBR.	Στην Γαλλική μέθοδο και στην Αγγλική απαιτούνται και τα επιμέρους πάχη των στρώσεων. Αντίθετα στην μέθοδο της FAA τα πάχη των στρώσεων δεν είναι παράμετροι υπολογισμού. Στην μέθοδο της FAA απαιτούνται οι ετήσιες αφίξεις των αεροσκαφών. Στην Αγγλική μέθοδο απαιτούνται τα coverage's που προκύπτουν από τις αφίξεις.
Στην Γαλλική και στην μέθοδο της FAA οι διαφορές των συστημάτων των τροχών υπεισέρχονται στον υπολογισμό. Υπάρχουν διαγράμματα για κάθε οικογένεια αεροσκαφών ανάλογα με το σύστημα τροχών.	Στην Αγγλική μέθοδο αναγνωρίζονται μόνο τα τρία τυπικά συστήματα κύριων τροχών. Τα οποία έχουν καθορισμένες διαστάσεις, και διαφέρουν από αυτά των νέων αεροσκαφών
Στην Γαλλική και στην μέθοδο της FAA υπάρχει ο διαχωρισμός σε οδοστρώματα βαρέως (>30000 λίβρες ή 13700 κιλά) και ελαφρού φορτίου (<30000 λίβρες ή 13700 κιλά).	Στην Αγγλική μέθοδο δεν υπάρχει αυτός ο διαχωρισμός.

7.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Έγιναν μερικά συγκριτικά παραδείγματα σε τυχαίες διατομές ώστε να εντοπιστούν οι διαφορές στα αποτελέσματα που δίνει η κάθε μέθοδος. Τα χαρακτηριστικά των διατομών επιλέχθηκαν έτσι ώστε να είναι δυνατή η εφαρμογή των μεθόδων και να είναι αντίστοιχα πραγματικών διατομών (Ελληνικών κυρίως) αεροδρομίων.

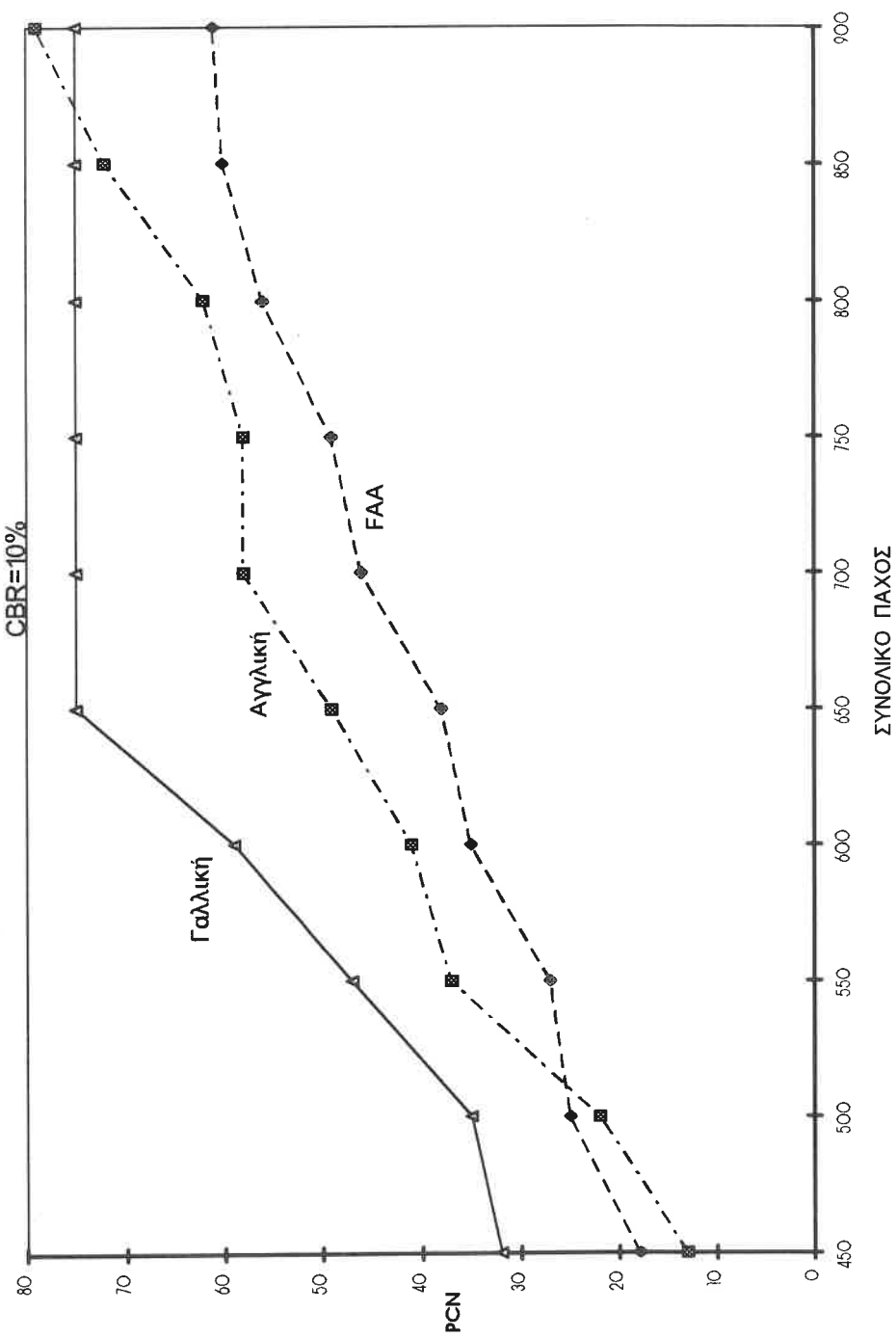
Τα αποτελέσματα αυτά απεικονίστηκαν σε διαγράμματα ώστε να είναι δυνατή μια εποπτική εικόνα του πεδίου τιμών PCN που δίνει η κάθε μέθοδος. Οι αναλυτικοί υπολογισμοί αναγράφονται στους πίνακες 7.2 , 7.3 , 7.4 στο παράρτημα 2. Σε κάθε διατομή αναγράφονται διαδοχικά τα πάχη ασφαλτικής βάσης και υπόβασης. Τα συγκριτικά αποτελέσματα απεικονίζονται στα σχήματα 7.1 7.2 7.3. Μετά από τα σχήματα ακολουθεί ο σχολιασμός τους

ΣΧΗΜΑ 7.1



ΣΧΗΜΑ 7.2

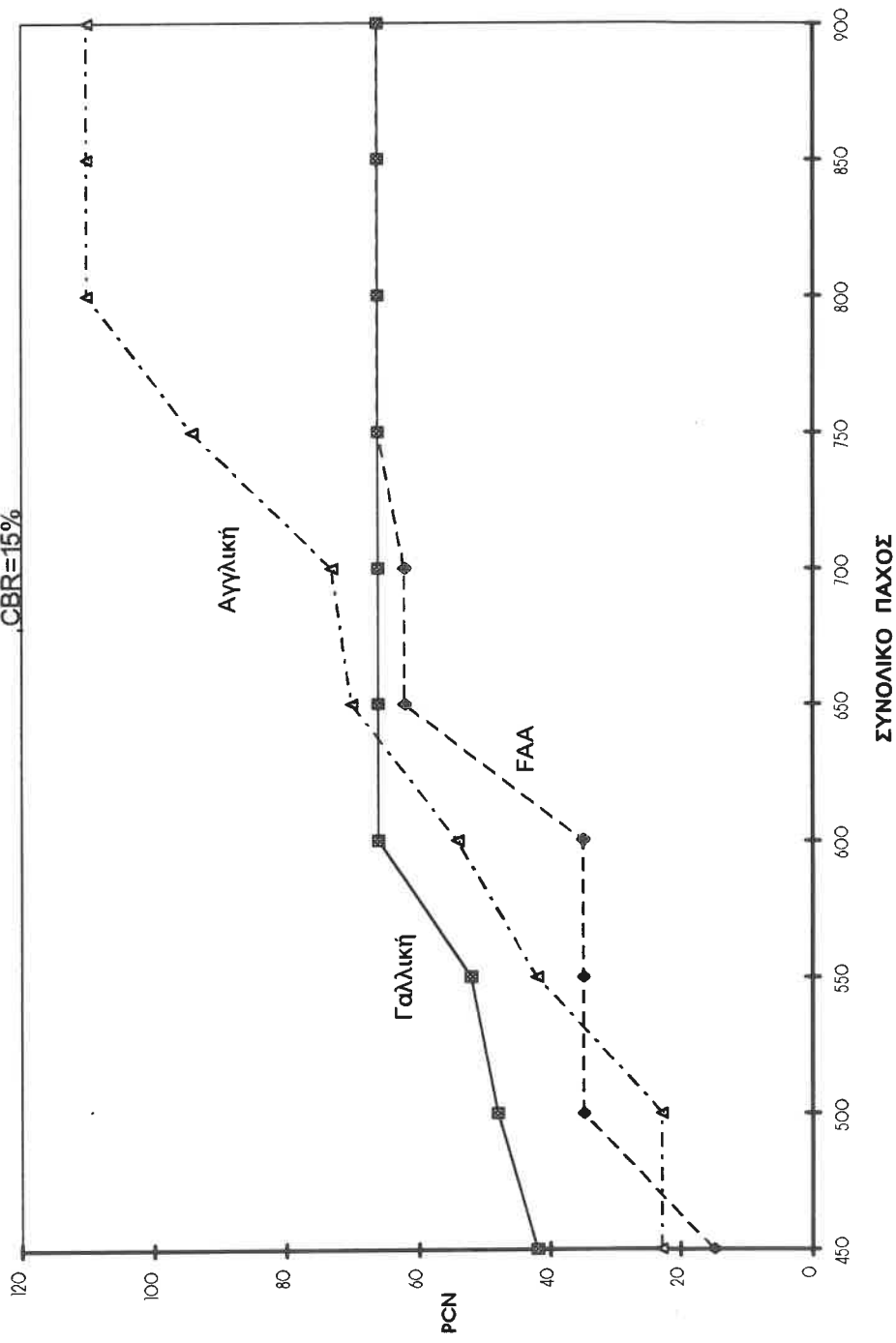
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ ΑΥΞΗΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΠΑΧΟΥΣ,
CBR=10%



ΣΧΗΜΑ 7.3

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ ΑΥΞΗΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΠΑΧΟΥΣ

CBR=15%



ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

Για $CBR=6\%$ βλέπουμε ότι η Γαλλική δίνει τα μεγαλύτερα αποτελέσματα. Η FAA δίνει τα μικρότερα και συνολικό πάχος από 500 έως 750 χιλιοστά δίνει παραπλήσια αποτελέσματα. Επίσης στην περιοχή συνολικού πάχους 800-900 χιλιοστών τα αποτελέσματα της FAA και της Αγγλικής ταυτίζονται.

Για $CBR=10\%$ η Γαλλική δίνει τα μεγαλύτερα αποτελέσματα. Ακόμα για συνολικό πάχος > 650 χιλιοστά δίνει "μέγιστο" αποτέλεσμα, δηλαδή δεχόμαστε ως PCN το μέγιστο ACN αεροσκάφους που υπάρχει (75). Η FAA δίνει τα μικρότερα αποτελέσματα τα οποία αυξάνονται με τον ίδιο ρυθμό με αυτά της Αγγλικής.

Για $CBR=15\%$ η Αγγλική δίνει τεράστιες τιμές PCN για συνολικό πάχος μεγαλύτερο από 650 χιλιοστά. Οι τιμές αυτές είναι πολύ μεγαλύτερες (της τάξης του 100) από το μεγαλύτερο ACN αεροσκάφους που υπάρχει. Η Γαλλική για συνολικό πάχος >600 mm δίνει "μέγιστο" αποτέλεσμα (66). Μέχρι τα 600 χιλιοστά δίνει τα μεγαλύτερα αποτελέσματα. Η FAA για διατομές πάχους >700 mm δίνει "μέγιστο" αποτέλεσμα.

Επίσης μια γενική διαπίστωση είναι ότι όσο αυξάνεται το CBR αυξάνεται και το PCN

7.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΟ ΠΑΧΟΣ ΒΑΣΗΣ ΚΑΙ ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΟ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ

Εγινε μια νέα σειρά υπολογισμών με τις τρεις μεθόδους, θεωρώντας μια διατομή με σταθερό πάχος ενοποιημένης βάσης/υπόβασης (400 mm) ενώ η άσφαλτος αυξάνεται διαδοχικά κατά 50 mm (αρχική τιμή 150 mm). Βέβαια γνωρίζουμε ότι στην μέθοδο της FAA μόνο το συνολικό πάχος υπεισέρχεται στον υπολογισμό. Οπότε τα αποτελέσματα σε αυτή τη

μέθοδο θα είναι ίδια με τα προηγούμενα για διατομές ίδιου συνολικού πάχους φυσικά.

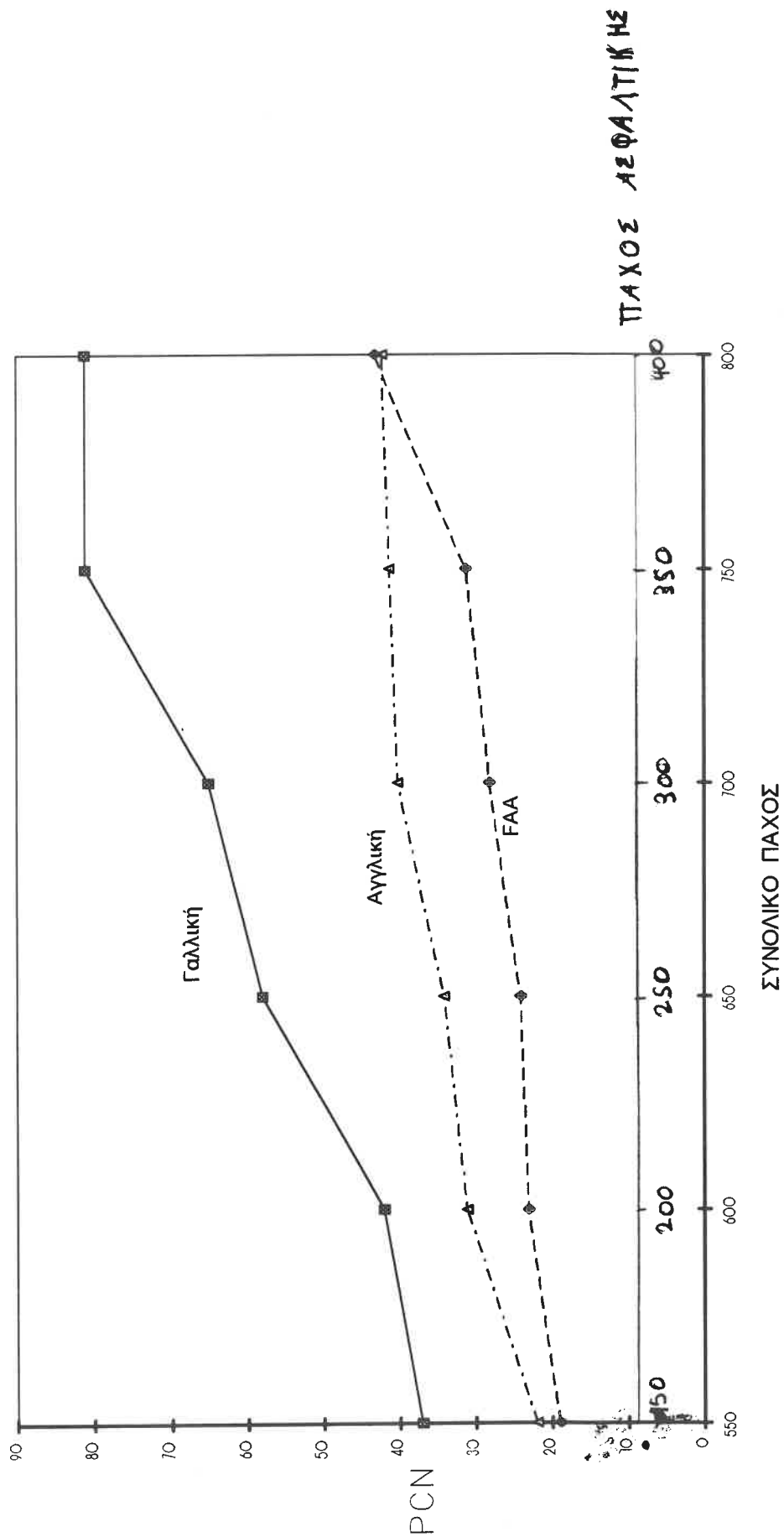
Επίσης γνωρίζουμε ότι η Αγγλική μέθοδος δέχεται διατομή τριών στρώσεων (ασφαλτικής βάσης ,υπόβασης). Ετσι υποθέτουμε ότι υπάρχει στρώση υπόβασης πάχους 150 mm .

Στην Γαλλική μέθοδο θεωρούμε ότι βάση και υπόβαση είναι κατασκευασμένες από το ίδιο υλικό ώστε να θεωρούνται μια στρώση ,κατά την μετατροπή της πραγματικής διατομής σε ισοδύναμη.

Οι τιμές των PCN αναγράφονται στους πίνακες 7.5, 7.6 , 7.7 στο παράρτημα 2 . Απεικονίζονται στα σχήματα 7.4 7.5 7.6. Μετά από τα σχήματα ακολουθεί ο σχολιασμός τους.

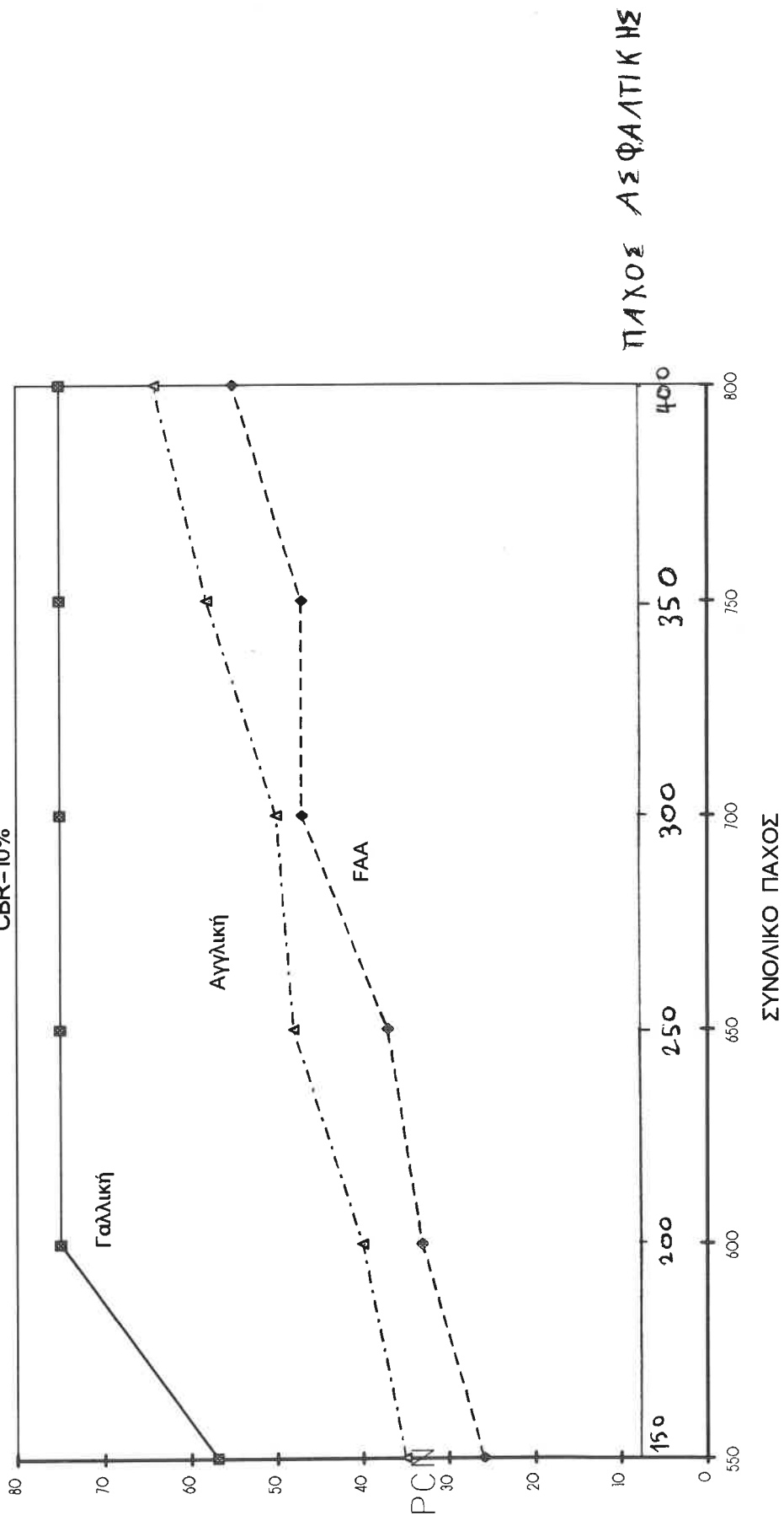
ΣΧΗΜΑ 7.4

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟ ΠΑΧΟΣ ΒΑΣΗΣ 40εκ ΚΑΙ ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΟ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ
, CBR=6%



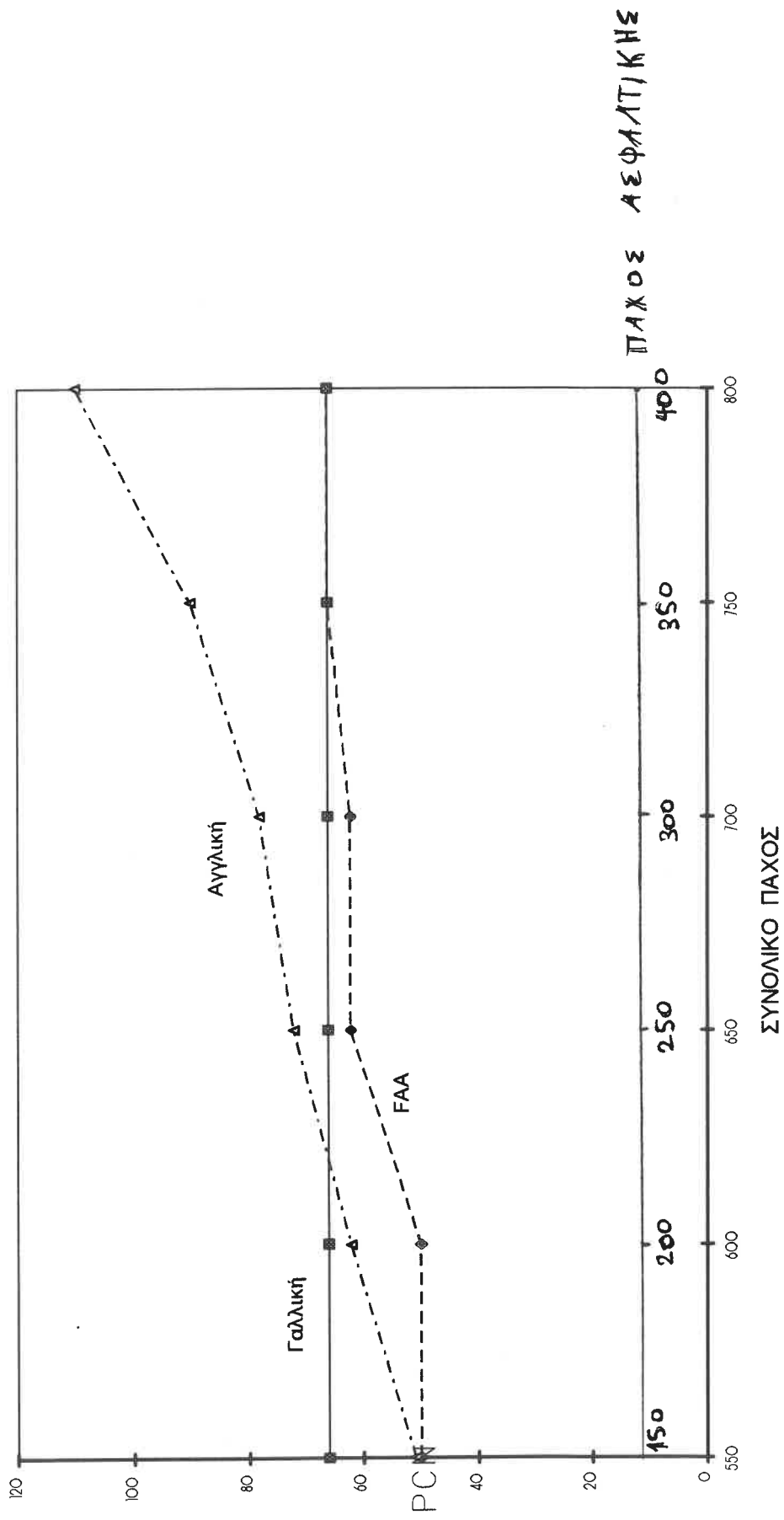
ΣΧΗΜΑ 7.5

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟ ΠΑΧΟΣ ΒΑΣΗΣ 40εκ ΚΑΙ ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΟ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ,
CBR=10%



ΣΧΗΜΑ 7.6

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟ ΠΑΧΟΣ ΒΑΣΗΣ 40εκ ΚΑΙ ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΟ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ ,
CBR=15%



ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

Για $CBR=6\%$ η Γαλλική δίνει τα μεγαλύτερα αποτελέσματα. Επίσης για διατομές πάχους $> 750\text{ mm}$ δίνει “μέγιστο” αποτέλεσμα. Έχει τον μεγαλύτερο ρυθμό αύξησης αποτελεσμάτων. Η FAA δίνει τα μικρότερα αποτελέσματα. Έχει σχεδόν τον ίδιο ρυθμό αύξησης αποτελεσμάτων με την Αγγλική μέθοδο. Βλέπουμε ότι σε αυτές τις μεθόδους η αύξηση του πάχους της ασφαλτικής στρώσης δεν επιφέρει μεγάλες αυξήσεις στα αποτελέσματα (PCN) στην περιοχή συνολικού πάχους $550-800\text{ mm}$.

Για $CBR=10\%$ η Γαλλική δίνει με διαφορά τα μεγαλύτερα αποτελέσματα. Για διατομές συνολικού πάχους $>600\text{ mm}$ δίνει “μέγιστο” αποτέλεσμα. Η FAA δίνει τα μικρότερα αποτελέσματα και έχει σχεδόν τον ίδιο ρυθμό αύξησης με την Αγγλική μέθοδο.

Για $CBR=15\%$ η Γαλλική δίνει παντού “μέγιστο” αποτέλεσμα. Η Αγγλική για διατομές συνολικού πάχους $>600\text{ mm}$ δίνει τεράστιες τιμές PCN πολύ μεγαλύτερες από το μέγιστο ACN. Η FAA δίνει τα μικρότερα αποτελέσματα και για διατομές συνολικού πάχους $>750\text{ mm}$ δίνει “μέγιστο” αποτέλεσμα. Γενικά βλέπουμε ότι και στις τρεις μεθόδους όσο αυξάνει το CBR αυξάνεται και το PCN.

7.4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΟ ΠΑΧΟΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ ΣΤΡΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΟ ΒΑΣΗΣ

Εδώ έχω αρχική διατομή που αποτελείται από ασφαλτική πάχους 150 mm και ενοποιημένη βάση πάχους 300 mm αρχικά. Σημειώνεται ότι στην μέθοδο της FAA τα αποτελέσματα επηρεάζονται από την μεταβολή του συνολικού πάχους και όχι από την μεταβολή των στρώσεων όταν το συνολικό πάχος μένει σταθερό. Οπότε τα αποτελέσματα θα είναι ίδια με τα προηγούμενα.

Στην Αγγλική μέθοδο θεωρώ ότι έχω υπόβαση πάχους 150 mm η οποία μένει σταθερή κατά την αύξηση του συνολικού πάχους της

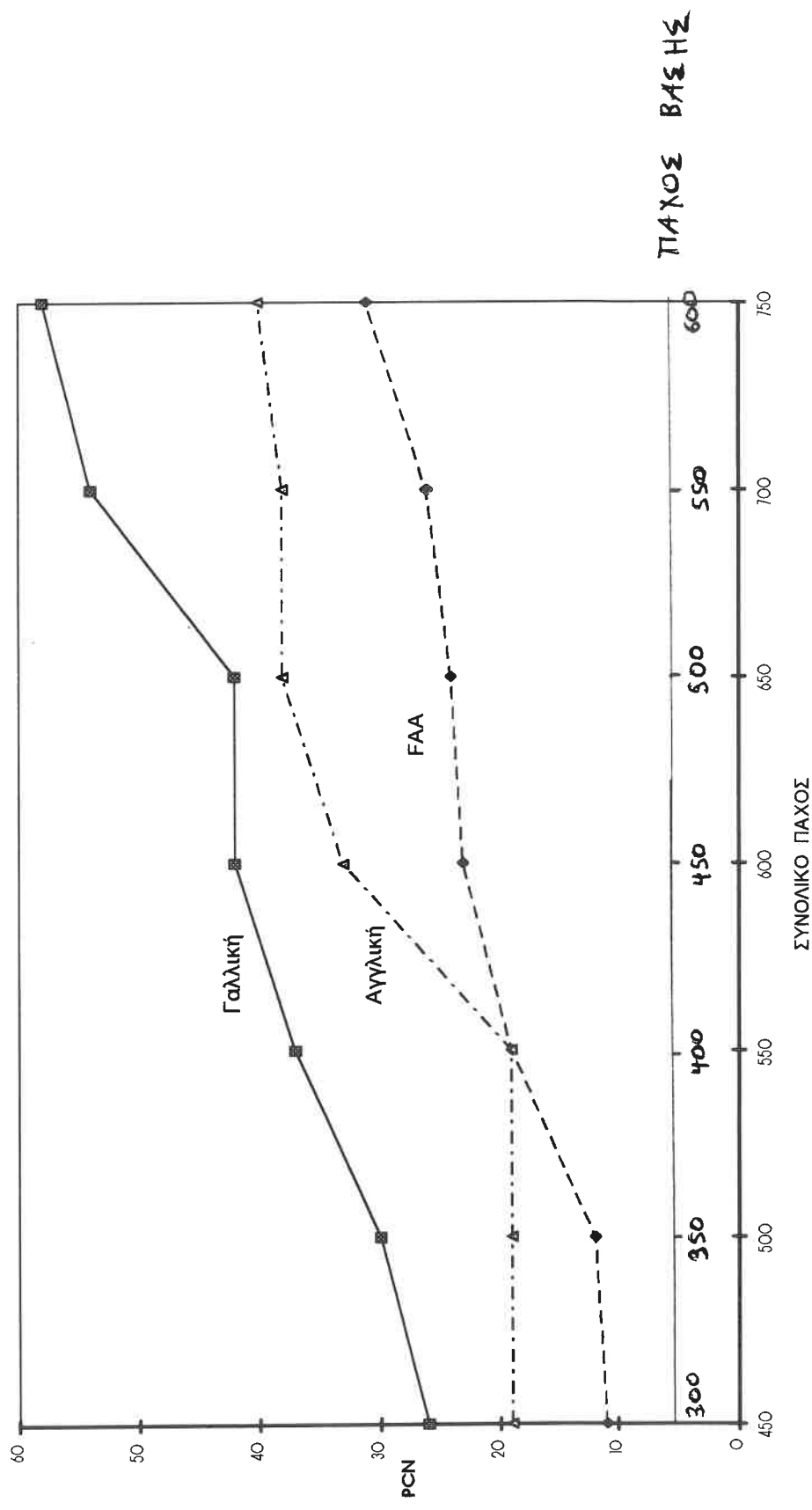
διατομής. Δηλαδή εδώ θεωρούμε ότι στην αρχική διατομή συνολικού πάχους 450mm τα 150mm ανήκουν στην ασφατική τα 150mm στην βάση και τα υπόλοιπα 150mm στην υπόβαση. Το συνολικό πάχος αυξάνεται με την αύξηση των 150mm της βάσης κατά 50mm διαδοχικά.

Στην Γαλλική μέθοδο θεωρώ ότι έχω στην αρχική διατομή πάχους 450mm 150mm ασφατικής και 300mm βάσης. Η αύξηση του συνολικού πάχους γίνεται με την αύξηση του πάχους της βάσης.

Οι τιμές των PCN αναγράφονται στους πίνακες 7.8 7.9 7.10 στο παράρτημα 2. Απεικονίζονται στα σχήματα 7.7 7.8 7.9. Μετά από τα σχήματα ακολουθεί ο σχολιασμός τους.

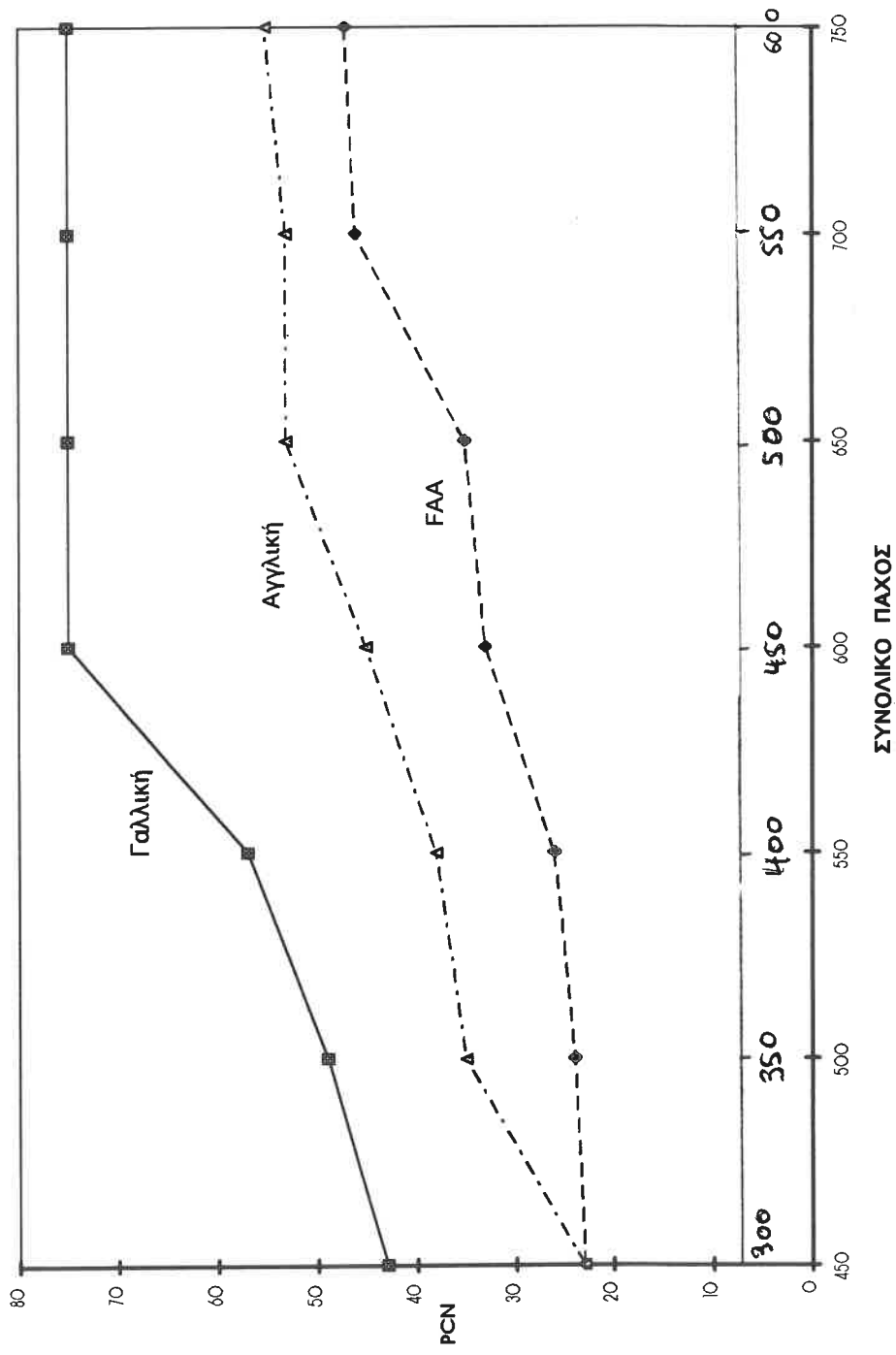
ΣΧΗΜΑ 7.7

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟ ΠΑΧΟΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ 15εκ ΚΑΙ ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΟ ΒΑΣΗΣ,
CBR=6%



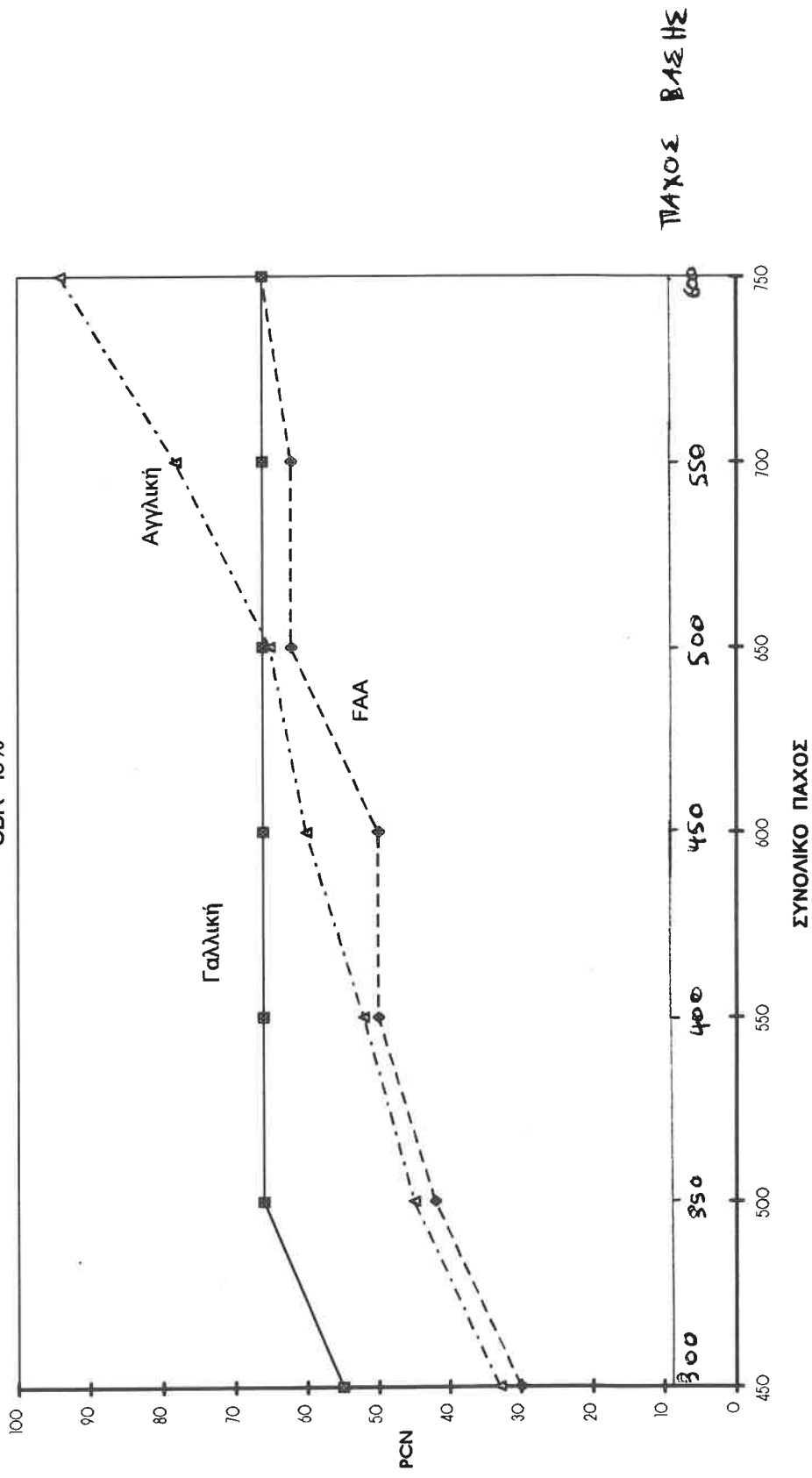
ΣΧΗΜΑ 7.8

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟ ΠΑΧΟΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ 15εκ ΚΑΙ ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΟ ΒΑΣΗΣ,
CBR=10%



ΣΧΗΜΑ 7.9

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟ ΠΑΧΟΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ 15εκ ΚΑΙ ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΟ ΒΑΣΗΣ,
CBR=15%



ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

Για $CBR=6\%$ η Γαλλική δίνει τα μεγαλύτερα αποτελέσματα. Η FAA δίνει τα μικρότερα. Η Αγγλική για διατομές πάχους 450-550 mm δίνει σταθερό αποτέλεσμα.

Για $CBR=10\%$ η Γαλλική μέθοδος δίνει τα μεγαλύτερα αποτελέσματα. Για διατομές πάχους >600 mm δίνει "μέγιστο" αποτέλεσμα. Η FAA δίνει τα μικρότερα αποτελέσματα και έχει τον ίδιο ρυθμό αύξησης με την Αγγλική.

Για $CBR=15\%$ η Γαλλική για διατομές συνολικού πάχους >500 mm δίνει "μέγιστο" αποτέλεσμα. Η Αγγλική για διατομές συνολικού πάχους >650 mm δίνει τεράστιες τιμές PCN, μεγαλύτερες από το μέγιστο ACN (66). Γενικά βλέπουμε ότι σε όλες τις μεθόδους όσο αυξάνεται το CBR αυξάνεται το PCN.

7.5 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΑΧΟΣ.

Θεωρούμε μια διατομή σταθερού συνολικού πάχους 600mm. Σε αυτή μεταβάλλονται τα πάχη των στρώσεων. Συγκεκριμένα ξεκινάμε από πάχος ασφαλτικής 120mm και ενοποιημένης βάσης 480mm. Αυξάνουμε διαδοχικά το πάχος της ασφαλτικής μειώνοντας όμοια το πάχος της βάσης.

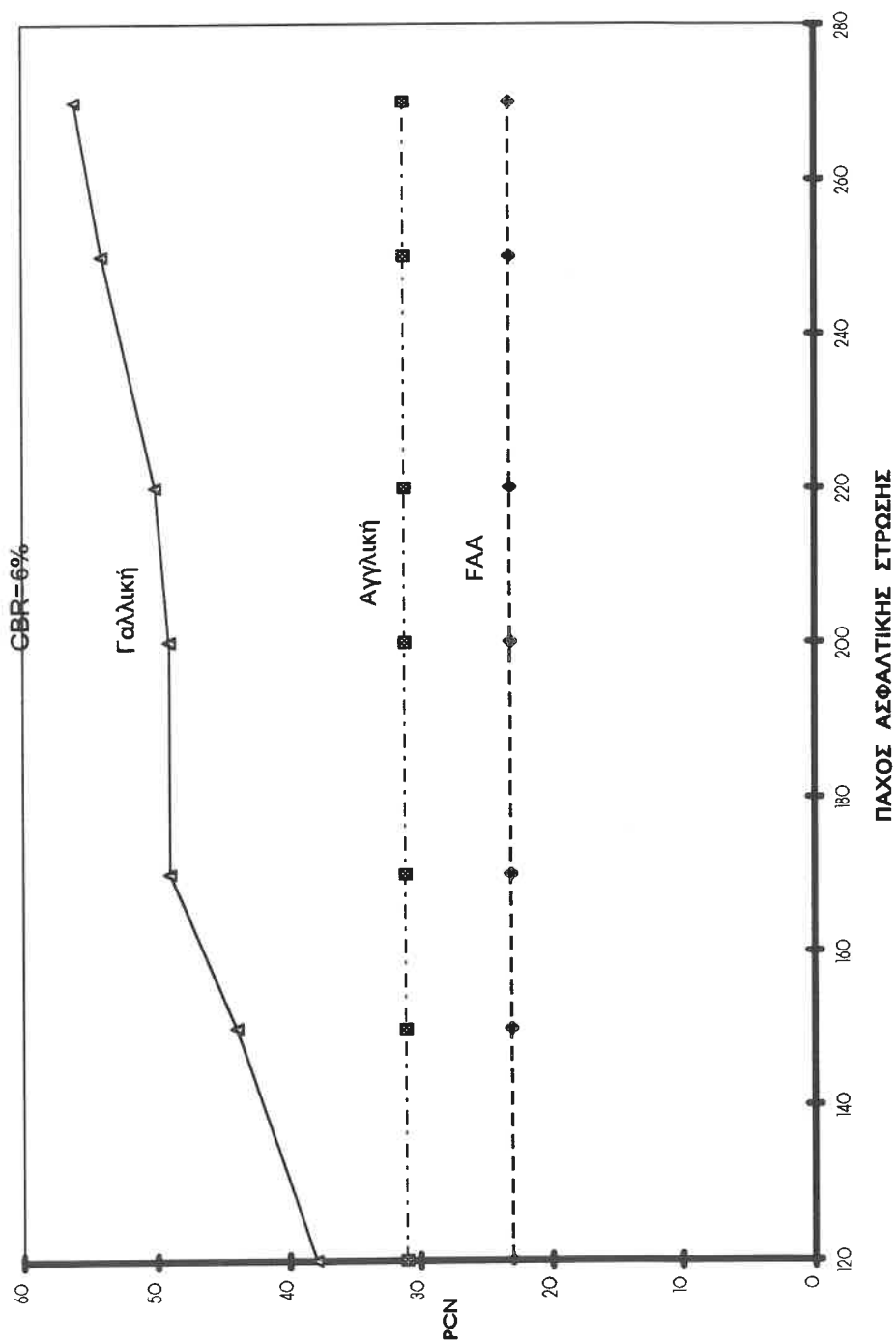
Στην μέθοδο της FAA αφού δεν αλλάζει το συνολικό πάχος δεν αλλάζει και το εξαγόμενο PCN.

Στην Αγγλική μέθοδο έγινε η υπόθεση ότι δεν έχουμε ενοποιημένη βάση αλλά υπόβαση πάχους 150mm και βάση που αυξάνεται όσο μειώνεται το πάχος της ασφαλτικής.

Οι τιμές των PCN αναγράφονται στους πίνακες 7.11 7.12 7.13. Απεικονίζονται στα σχήματα 7.10 7.11 7.12. Μετά από τα σχήματα ακολουθεί ο σχολιασμός τους.

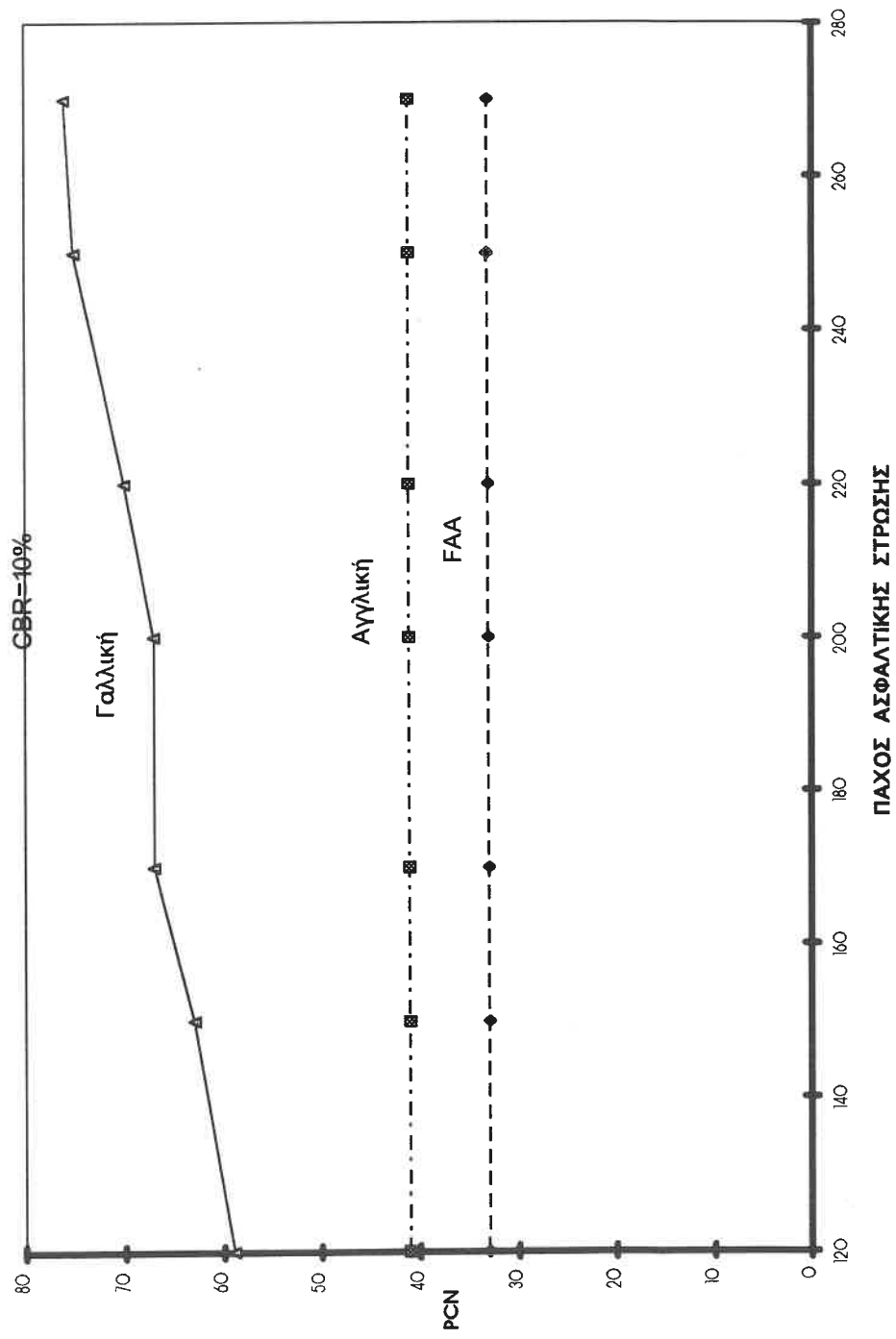
ΣΧΗΜΑ 7.10

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΠΑΧΟΥΣ 600mm
ΚΑΙ ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΟΥ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ



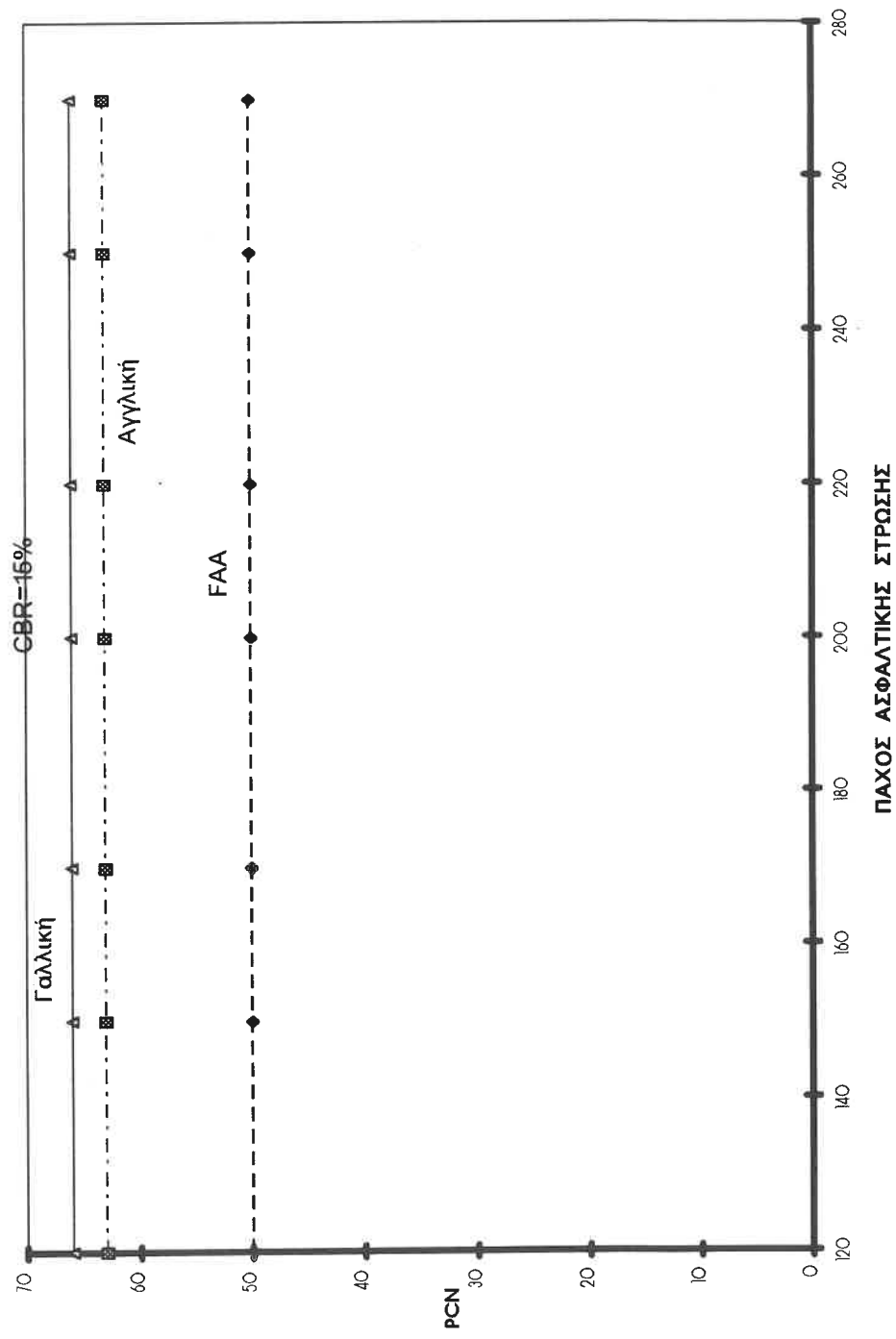
ΣΧΗΜΑ 7.11

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΠΑΧΟΥΣ
600mm ΚΑΙ ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΟΥ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ



ΣΧΗΜΑ 7.12

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΠΑΧΟΥΣ
600mm ΚΑΙ ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΟΥ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ



ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

Διαπιστώθηκε ότι και στις τρεις μεθόδους όταν αυξάνεται το CBR αυξάνεται και το PCN. Η μέθοδος της FAA δίνει σταθερό αποτέλεσμα όταν δεν μεταβάλλεται το συνολικό πάχος. Παρατηρούμε ότι το ίδιο συμβαίνει και στην Αγγλική μέθοδο παρά το γεγονός ότι τα πάχη των στρώσεων που μεταβάλλονται αποτελούν παραμέτρους υπολογισμού. Αυτό συμβαίνει διότι το συνολικό πάχος καθορίζει το απαιτούμενο πάχος βάσης και ασφαλικής στρώσης, το οποίο καθορίζει με την σειρά του το PCN που εξάγεται.

Βλέπουμε έτσι ότι οι δύο μέθοδοι παρουσιάζουν μια σημαντική αδυναμία, διότι δεν μπορούν να προβλέψουν την μεταβολή των παχών των στρώσεων.

Αντίθετα η Γαλλική μέθοδος προβλέπει την μεταβολή του πάχους των στρώσεων όταν το συνολικό πάχος μένει σταθερό. Το PCN αυξάνεται όσο μεγαλώνει το πάχος της ασφαλικής. Αυτό συμβαίνει διότι με την αύξηση του πάχους της ασφαλικής μεγαλώνει το ισοδύναμο συνολικό πάχος της διατομής που καθορίζει την τιμή του PCN.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

8

8. ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΤΟΥ PCN ΣΕ ΕΥΚΑΜΠΤΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ.

8.1. Σκοπός

Η εξέταση των μεθόδων υπολογισμού έδειξε ότι τα πάχη των στρώσεων (στην FAA) και τα μηχανικά χαρακτηριστικά τους (σε όλες) δεν παίζουν ρόλο στον υπολογισμό του PCN. Όμως θα ανέμενε κανείς αυτές οι παράμετροι να επηρεάζουν την φέρουσα ικανότητα του οδοστρώματος.

Η φόρτιση ενός οδοστρώματος από ένα αεροσκάφος έχει σαν αποτέλεσμα την πρόκληση τάσεων και παραμορφώσεων. Το μέγεθος αυτών επηρεάζουν παράγοντες όπως τα πάχη των στρώσεων τα μέτρα ελαστικότητας αυτών, οι αντίστοιχοι λόγοι του Poisson και φυσικά το μέγεθος του φορτίου.

Όταν αυξάνεται η θερμοκρασία η ελάττωση του μέτρου δυσκαμψίας του ασφαλτομείγματος επιφέρει και την αύξηση των παραμορφώσεων σε αυτήν. Λαμβάνοντας υπ' όψη τους νόμους αστοχίας των υλικών της ασφαλικής στρώσης βλέπουμε ότι συνδέουν τις επιτρεπόμενες διελεύσεις με την εφελκυστική παραμόρφωση. Έτσι η αύξηση των παραμορφώσεων οδηγεί σε μείωση των επιτρεπόμενων διελεύσεων. Άρα και σε μείωση της φέρουσας ικανότητας του οδοστρώματος. Η περίπτωση αυτή δεν προβλέπεται σε καμιά μέθοδο παρ' όλο που αναγνωρίζεται η ανάγκη υπολογισμού δύο τιμών PCN, μια για θερμή περίοδο και μια για ψυχρή, από την Γαλλική μέθοδο (Γαλλικού υπουργείου Μεταφορών).

Οι ελλείψεις των μεθόδων που εξετάστηκαν οδήγησαν στην προσπάθεια ανάπτυξης μιας νέας μεθόδου υπολογισμού του PCN. Η

διαδικασία υπολογισμού διαμορφώθηκε έτσι ώστε να καλύπτονται τα κενά που παρουσιάζει ο υπολογισμός με τις άλλες μεθόδους. Για να επιτευχθεί ικανοποιητικός βαθμός αξιοπιστίας, ο υπολογισμός βασίστηκε στην εντατική κατάσταση του οδοστρώματος. Οι παράμετροι υπολογισμού αντιπροσωπεύουν τα πραγματικά χαρακτηριστικά του οδοστρώματος. Επίσης απαιτήθηκε οι Ελληνικές συνθήκες να συμπεριλαμβάνονται στο πεδίο εφαρμογής της μεθόδου.

Ετσι ξεπερνιέται ένα βασικό εμπόδιο εφαρμογής των άλλων μεθόδων στις συνθήκες της χώρας μας, που πηγάζει από τις προδιαγραφές των υλικών κατασκευής.

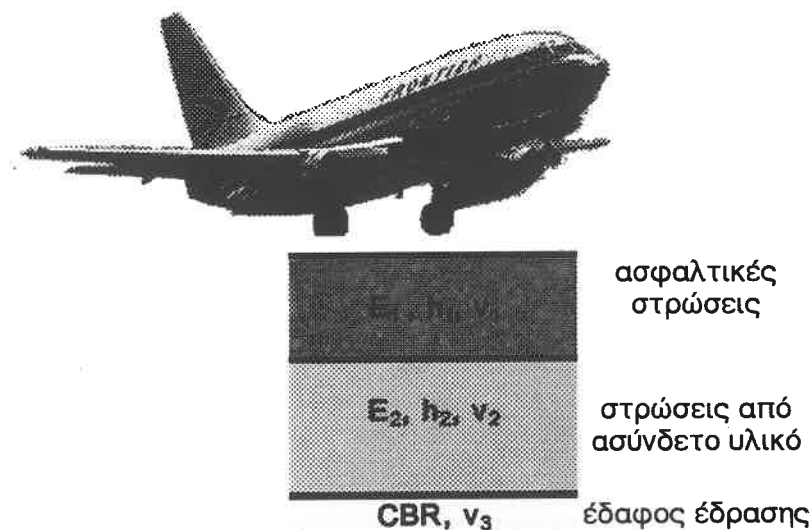
8.2. Παραδοχές

Το μέγεθος που επιλέχθηκε για τον αναλυτικό υπολογισμό του PCN είναι η εφελκυστική παραμόρφωση της ασφαλτικής στρώσης. Η επιλογή βασίστηκε στην κρισιμότητα του συγκεκριμένου μεγέθους. Αυτή δικαιολογείται στην σχετική παράγραφο [8.3].

Ο υπολογισμός του PCN από την εφελκυστική παραμόρφωση της ασφαλτικής στρώσης βασίστηκε σε δοκιμαστικές φορτίσεις διατομών. Η φόρτιση εξασκείται από το αεροσκάφος που δοκιμάζεται, μέσω του κυρίου συστήματος προσγείωσης. Από πίνακες χαρακτηριστικών **[παράρτημα 3]** των αε/φων εξήχθησαν οι παράμετροι φόρτισης από πλευράς αε/φους που είναι ο τύπος του συστήματος προσγείωσης, οι αποστάσεις μεταξύ των τροχών, η πίεση του ελαστικού και η ακτίνα επαφής.

Υπάρχουν 4 τύποι συστήματος προσγείωσης που είναι: μονού τροχού (single) , διπλού τροχού (dual) , διπλού ζεύγους μπρος-πίσω (dual tandem) και διπλή διάταξη διπλού ζεύγους μπρος-πίσω τροχού. Η τελευταία διάταξη απαντάται μόνο στα B747. Η πίεση του ελαστικού είναι δεδομένη. Η ακτίνα επαφής όμως εξάγεται συναρτήσει της πίεσης ελαστικού και του βάρους που

πέφτει σε κάθε τροχό. Το στατικό προσομοίωμα της διατομής θεωρείται ότι έχει τρεις στρώσεις, την ασφαλτική, την ενοποιημένη βάση και τη στρώση έδρασης. Φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 8.1: Στατικό πρότυπο ανάλυσης (εύκαμπτου) οδοστρώματος αεροδρομίου.

Αρχικά πριν από την έναρξη των δοκιμαστικών φορτίσεων δημιουργήθηκαν δύο κατηγορίες διατομών ανάλογα με τα μέτρα δυσκαμψίας. Η κατηγοριοποίηση των διατομών έγινε μετά από δοκιμαστικές φορτίσεις, όπου φάνηκε ότι αλλαγές εντός του πεδίου τιμών κάθε κατηγορίας δεν αποφέρουν σημαντικές αυξομειώσεις στις τιμές PCN που υπολογίζονται. Οι κατηγορίες φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

• ΠΙΝΑΚΑΣ 8.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΕΤΡΩΝ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ

	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Α	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Β
ΜΕΤΡΑ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ	4000-6000 MPa	6000-8000 MPa
ΜΕΤΡΑ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ ΒΑΣΗΣ	400-600 MPa	600-800 MPa

Στις δοκιμαστικές φορτίσεις μεταβάλλονται τα μέτρα δυσκαμψίας όπως αναφέρθηκαν στις κατηγορίες Α και Β. Επίσης μεταβάλλεται και το συνολικό πάχος από μία τιμή 500mm μέχρι 900 mm.

Από μια δεύτερη σειρά δοκιμαστικών φορτίσεων έγινε φανερή η ανάγκη κατάταξης των διατομών με βάση το λόγο των παχών των στρώσεων. Η αύξηση του PCN ακολουθεί την αύξηση του συνολικού πάχους της διατομής αλλά με τρόπο απρόβλεπτο. Με την κατηγοριοποίηση των διατομών με βάση το λόγο των παχών των στρώσεων, καθώς αυξάνεται το συνολικό πάχος αυξάνεται και το πάχος των στρώσεων. Αλλά ο λόγος των παχών παραμένει σταθερός. Έτσι επιτυγχάνεται για σταθερή φόρτιση οι παραμορφώσεις να αυξο- μειώνονται κατά τρόπο σχεδόν ανάλογο, και κατά συνέπεια και οι τιμές ACN.

Δημιουργήθηκαν οι κατηγορίες λόγου παχών 1/3, 1/2, που αποτελούν συνήθη όρια οδ/των αεροδρομίων.

Για την αντοχή του εδάφους έδρασης χρησιμοποιήθηκαν οι 3 από τις 4 κατηγορίες του ICAO ανάλογα με το CBR. Η πρώτη κατηγορία έχει CBR 6%

η δεύτερη CBR 10% και η τρίτη 15%. Η τέταρτη κατηγορία με $CBR < 6\%$ δεν μελετήθηκε διότι σπάνια συναντάται στην χώρα μας. Ο πρώτος υπολογισμός του PCN γίνεται σε μία διατομή που έχει σταθερό πάχος λόγω παχών στρώσεων τα μέτρα δυσκαμψίας και το δείκτη CBR. Ο υπ/σμός προχωράει με τη μεταβολή των παραμέτρων στα πλαίσια των κατηγοριών.

8.3. Διαδικασία Υπολογισμού

Για τον υπολογισμό του PCN έγινε χρήση του ορισμού. Σύμφωνα με αυτόν το PCN κάθε διατομής είναι το ACN του αε/φους που μπορεί να χρησιμοποιήσει το οδόστρωμα για 10000 διελεύσεις. Οι διελεύσεις υπολογίζονται με βάση την εφελκυστική παραμόρφωση της ασφαλικής στρώσης. Δεν διερευνήθηκε συστηματικά η κρισιμότητα της θλιπτικής παραμόρφωσης της στρώσης έδρασης διότι αυτή είναι σχεδόν πάντα πολύ μικρότερη από από αυτήν της ασφαλικής. Οι διελεύσεις που επιτρέπει είναι σχεδόν πάντα μεγαλύτερες από αυτές που επιτρέπει η εφελκυστική της ασφαλικής στρώσης.

Η αντιστοιχία της παραμόρφωσης με τις επιτρεπόμενες διελεύσεις γίνεται με το νόμο αστοχίας σταθερής παραμόρφωσης της ασφαλικής στρώσης.

$$[\text{σχέση 7.1}] \quad N_{ep} = 4,3 \cdot 10^{-14} (\epsilon_r)^{-4,831} \quad [7]$$

Όμως ο αριθμός των διελεύσεων ενός αε/φους εξαρτάται και από το είδος του συστήματος προσγείωσης. Όταν το σύστημα προσγείωσης είναι μονού ή διπλού τροχού τότε μία διέλευση αε/φους ισοδυναμεί με μία διέλευση των τροχών που φορτίζουν τη διατομή οδ/τος. Όταν όμως το σύστημα προσγείωσης είναι διπλό μπρος-πίσω (dual tandem) τότε μία διέλευση αε/φος ισοδυναμεί με δύο διελεύσεις των τροχών φόρτισης. Γι' αυτό η προκαλούμενη παραμόρφωση από αυτά τα αεροσκάφη πρέπει να επιτρέπει 20000 διελεύσεις των τροχών φόρτισης.

Από πράξεις προκύπτει ότι η παραμόρφωση που επιτρέπει 10000 διελεύσεις σε αε/φη με σύστημα προσγείωσης μονού ή διπλού τροχού είναι

254 micro. Για αε/φη με σύστημα προσγείωσης διπλού μπρος-πίσω (dual-tandem) και για το B747 η ζητούμενη παρ/ση είναι 222 micro.

Οι παράμετροι υπο/σμού του PCN, για το οδόστρωμα είναι τα πάχη των στρώσεων, τα μέτρα δυσκαμψίας τους και ο δείκτης CBR της στρώσης έδρασης. Για το αε/φος είναι η πίεση ελαστικού η ακτίνα επαφής, το σύστημα και οι αποστάσεις των τροχών.

Ο υπ/σμος ξεκινά από μία διατομή με σταθερά πάχη και μέτρα δυσκαμψίας στρώσεων και CBR στρώσης έδρασης. Δοκιμάζονται διάφορα αε/φη τα οποία ανάλογα με τις παραμέτρους τους προκαλούν μία εφελκυστική παρ/ση στην βάση της ασφαλτικής στρώσης. Όταν η προκαλούμενη ανηγμένη παρ/ση είναι ίδια με τη ζητούμενη τότε το ACN του αε/φους είναι ίσο με το PCN του οδ/τος.

Ο υπ/σμος συνεχίζεται μεταβαίνοντας σε άλλες διατομές αλλάζοντας πρώτα το CBR της στρώσης έδρασης. Όταν τα πάχη και τα μέτρα δυσκαμψίας των στρώσεων παραμένουν σταθερά, μεταβάλλοντας το CBR έχουμε τρεις διατομές, αντίστοιχες με τις τιμές του CBR (6%, 10%, 15%). Αφού υπολογιστούν αυτές οι τρεις διατομές μεταβάλλονται τα μέτρα δυσκαμψίας κατά τη μετάβαση από την κατηγορία A (4000-6000, 400-600 MPa) στην κατηγορία B (6000-8000, 600-800 MPa). Μεταβάλλοντας το CBR έχουμε άλλες τρεις διατομές οι οποίες και υπολογίζονται. Κατόπιν μεταβάλλονται τα πάχη των στρώσεων στα πλαίσια της κατηγορίας λόγω παχών και η διαδικασία επαναλαμβάνεται. Οι κατηγορίες που υπεισέρχονται στην διαδικασία υπολογισμού φαίνονται στον παρακάτω πίνακα και αντιστοιχούν στα διαδοχικά βήματα του υπολογισμού.

• ΠΙΝΑΚΑΣ 8.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ PCN

Κατηγορίες μέτρων ελαστικότητας	κατηγορία A κατηγορία B
Κατηγορίες λόγων παχών ασφαλτικής προς στρώση βάσης	1/2 1/3
Επιλογή CBR	6%
	10%
	15%
Υπολογισμός επιτρεπόμενων διελεύσεων	$N_{επ}=4,3 \cdot 10^{-14} (\epsilon_{ππ})^{-4,831}$

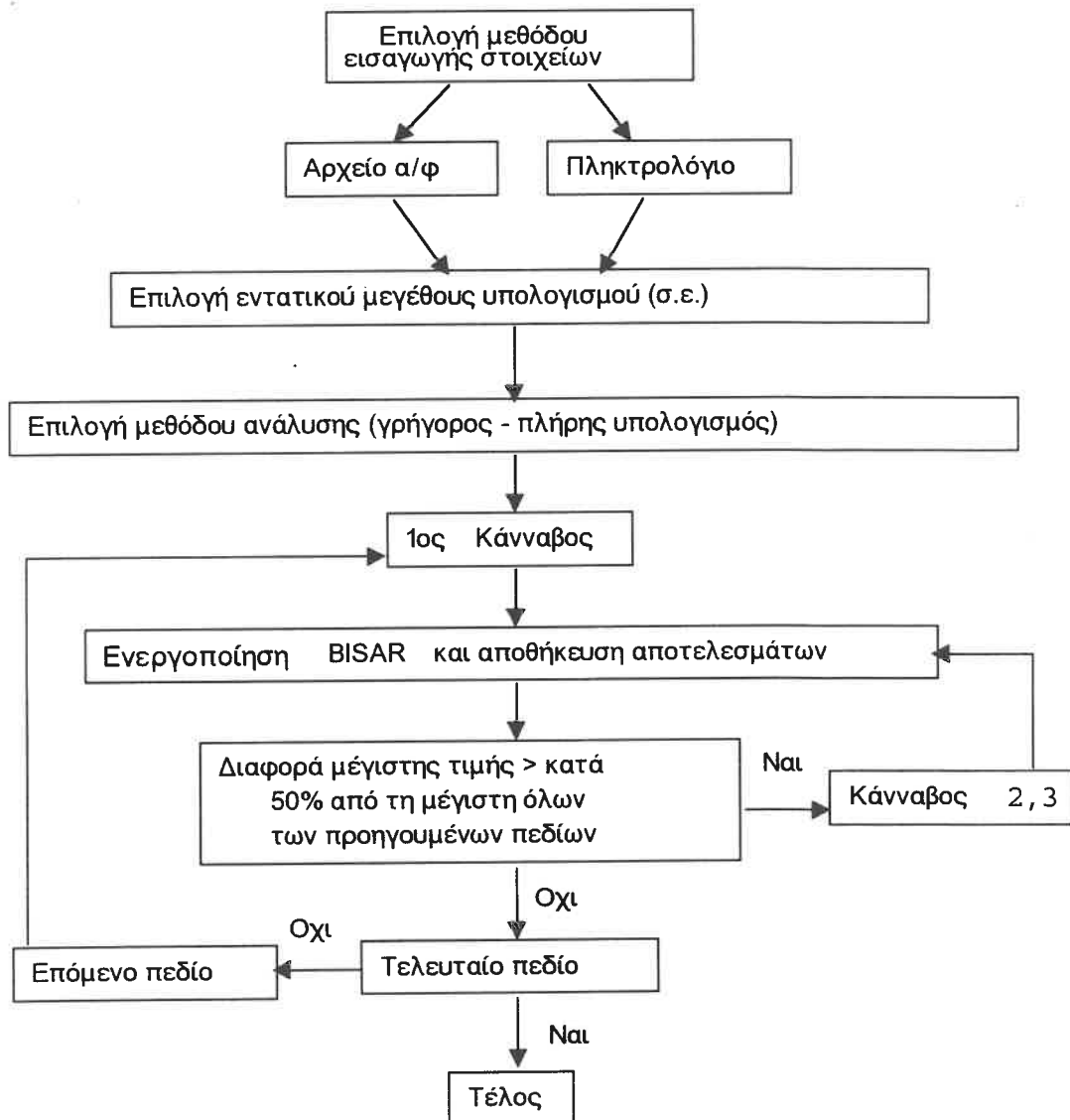
Τα ACN των αε/φων λαμβάνονται από τους σχετικούς πίνακες [παράρτημα 1] και αντιστοιχούν στο μέγιστο βάρος τους.

Ο υπο/σμός των παρ/σεων έγινε με το πρόγραμμα APSA 1.0 (Aircraft Pavement Structural Analysis) του εργαστηρίου οδοποιίας του ΕΜΠ. Το πρόγραμμα αυτό υπολογίζει τάσεις ή ανηγμένες παραμορφώσεις. Η διαδικασία υπολογισμού βασίζεται στη δημιουργία ενός κανάβου 4 ή 12 πεδίων. Το κάθε πεδίο έχει διαστάσεις 2x2 m. Η επιλογή του αριθμού των πεδίων γίνεται από το χρήστη του προγράμματος ανάλογα με την έκταση που επηρεάζουν οι τροχοί του εξεταζόμενου αεροσκάφους. Μέσα σε κάθε πεδίο αναπτύσσονται διαδοχικά τρεις νέοι κάνναβοι 16 ή 25 σημείων (επιλογή του χρήστη). Η ανάπτυξη του δεύτερου και του τρίτου καννάβου γίνεται με κέντρο το σημείο που εμφανίζεται η μέγιστη τιμή της ανηγμένης παρ/σης (τάσης) στον προηγούμενο κάνναβο. Έτσι προσεγγίζεται η πραγματική τιμή της και το σημείο εφαρμογής. Ο αναλυτικός υπο/σμός των παραμορφώσεων γίνεται με τον αλγόριθμο BISAR. Η τελική τιμή παραμόρφωσης που προκύπτει είναι η μέγιστη που προέκυψε από τον υπολογισμό σε όλα τα σημεία.

Οι παράμετροι φόρτισης οδ/τος που αφορούν τα αεροσκάφη είναι η πίεση και ακτίνα επαφής των τροχών το σύστημα προσγείωσης και οι αποστάσεις των τροχών. Τα στοιχεία αυτά αποθηκεύτηκαν στο σχετικό αρχείο του προγράμματος (planes.dat) ώστε να λαμβάνονται αμέσως και να μην χρειάζεται η πληκτρολόγησή τους σε κάθε υπολογισμό παραμόρφωσης.

Συνολικά έχουν εισαχθεί στο αρχείο στοιχεία για 33 αε/φη που καλύπτουν όλες τις βαθμίδες φόρτισης. Τα ACN των αε/φων λαμβάνονται από τους αντίστοιχους πίνακες και αντιστοιχούν στο μέγιστο βάρος[**παράρτημα 1**].

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8.1 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΤΟΥ APSA 1.0



Τα αποτελέσματα του υπολογισμού κάθε κατηγορίας διατομών καταχωρήθηκαν με τη μορφή ζεύγους τιμών συνολικού πάχους και τιμής PCN. Ωστε να μπορούν να απεικονιστούν σε διαγράμματα με μονάδες αξόνων τα παραπάνω μεγέθη.

Στόχος της διαδικασίας υπ/σμού ήταν να εξαχθούν όσο γίνεται περισσότερα αποτελέσματα ώστε να έχουμε περισσότερα σημεία στα διαγράμματα. Γι' αυτό στα πλαίσια των κατηγοριών Α και Β (κατηγορίες μέτρων δυσκαμψίας) έγιναν και άλλοι υπο/σμοί σε διατομές που προήλθαν από τη μεταβολή των μέτρων δυσκαμψίας. Έτσι ο συνολικός αριθμός των εξεταζόμενων διατομών είναι περίπου 1000.

Όπως αναφέρθηκε τα σημεία (συνολικό πάχος, PCN) απεικονίστηκαν σε διαγράμματα ανά κατηγορία μέτρου δυσκαμψίας και λόγου παχών. Έτσι δημιουργήθηκαν ομάδες σημείων που αντιπροσωπεύουν διατομές με σταθερό λόγο παχών σταθερά μέτρων δυσκαμψίας και CBR. Εγινε μία προσπάθεια από κάθε ομάδα σημείων να βρεθεί μία καμπύλη με σχέση της μορφής $PCN=f(H)$. Όπου H το συνολικό πάχος. Μετά από δοκιμές βρέθηκε ότι για την κατηγορία Α προσαρμόζονται καλύτερα οι εκθετικές καμπύλες ενώ για την κατηγορία Β οι ευθείες [σχήμα 8.2,8.3,8.4,8.5].

Με τις καμπύλες που δημιουργήθηκαν είναι δυνατός ο γρήγορος υπολογισμός του PCN με την εισαγωγή του συνολικού πάχους.

Επειδή δεν είναι δυνατόν πάντα τα εξεταζόμενα οδοστρώματα να ανήκουν στις κατηγορίες που αναφέρθηκαν έγιναν νέες δοκιμαστικές φορτίσεις. Δημιουργήθηκαν δύο νέες κατηγορίες μέτρων δυσκαμψίας ανταλλάσσοντας τα μέτρα ελαστικής παραμόρφωσης των βάσεων των αρχικών κατηγοριών. Έτσι στην κατηγορία Α1 έχουμε για την ασφαλική στρώση 4000-6000 MPa ενώ για την στρώση βάσης 600-800 MPa. Αντίστοιχα στην κατηγορία Β1 έχουμε 6000-8000 MPa και 400-600 MPa. Βρέθηκε ότι με την αλλαγή των μέτρων ελαστικής παραμόρφωσης στην κατηγορία Α έχω αύξηση του PCN κατά 35% περίπου, ενώ στην

κατηγορία Β έχω μείωση κατά 35% περίπου. Δεδομένου ότι το δείγμα ήταν σχετικά μικρό. Επίσης στην περίπτωση που μια διατομή έχει λόγο παχών μεταξύ 1/3 και 1/2 τότε μπορεί να γίνει μια γραμμική παρεμβολή μεταξύ των αντίστοιχων καμπυλών.

Σε διατομές μεγάλου συνολικού πάχους οι παραμορφώσεις, βάσει του νόμου αστοχίας της ασφαλτικής αντιστοιχούσαν σε επιτρεπόμενες διελεύσεις της τάξης των 30000-35000. Τα ACN των βαρύτερων αε/φων για CBR 6% είναι της τάξης του 75-80. Έτσι τα PCN των διατομών αυτών αν εκτιμηθούν είναι της τάξης 100-110. Οι διατομές αυτές έχουν μικρότερο συνολικό πάχος στην κατηγορία Β από ό,τι στην κατηγορία Α. Αυτό είναι λογικό διότι στην κατηγορία Β έχουμε μεγαλύτερα μέτρα ελαστικότητας. Άρα υπό την ίδια φόρτιση θα έχουμε μικρότερες παραμορφώσεις σε μία διατομή κατηγορίας Β από ότι στην ίδια διατομή αλλά κατηγορίας Α.

Ακολουθούν τα σχήματα 8.1 8.2 8.3 8.4 όπου παρουσιάζονται καμπύλες που υπολογίστηκαν. Οι παράμετροι των διαγραμμάτων φαίνονται παρακάτω.

8.4 Υπολογισμός του PCN με τις καμπύλες από αναλυτικό υπολογισμό.

Στατικό προσομοίωμα διατομής

$E_1 \quad h_1 \quad \nu_1$
$E_2 \quad h_2 \quad \nu_2$
$CBR \propto \nu_3$

• ΠΙΝΑΚΑΣ 8.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΕΤΡΩΝ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ

	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Α	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Β
ΜΕΤΡΑ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ	4000-6000 MPa	6000-8000 MPa
ΜΕΤΡΑ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ ΒΑΣΗΣ	400-600 MPa	600-800 MPa

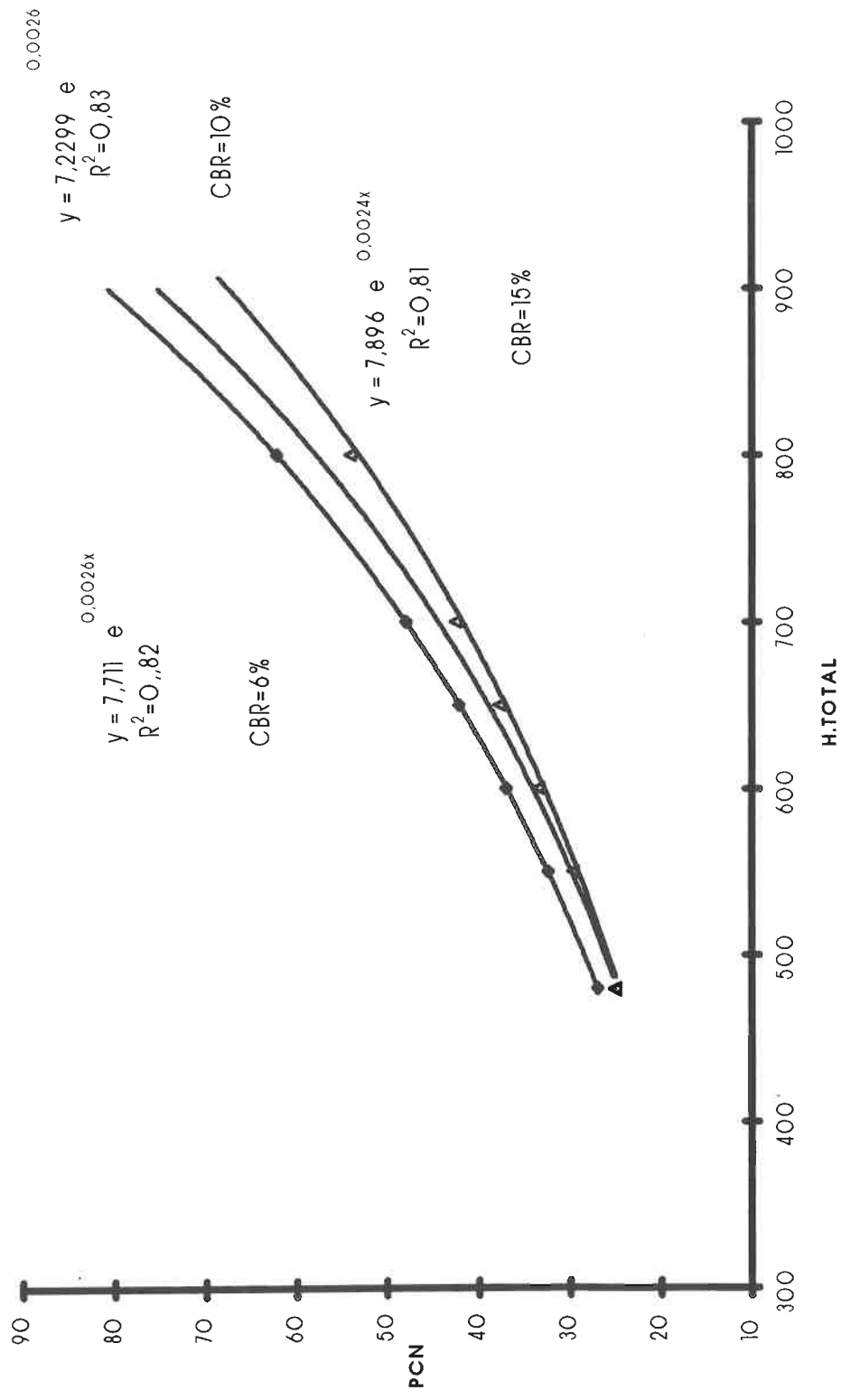
ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΛΟΓΟΥ ΠΑΧΩΝ

$h_1/h_2=1/2$ ή $h_1/h_2=1/3$

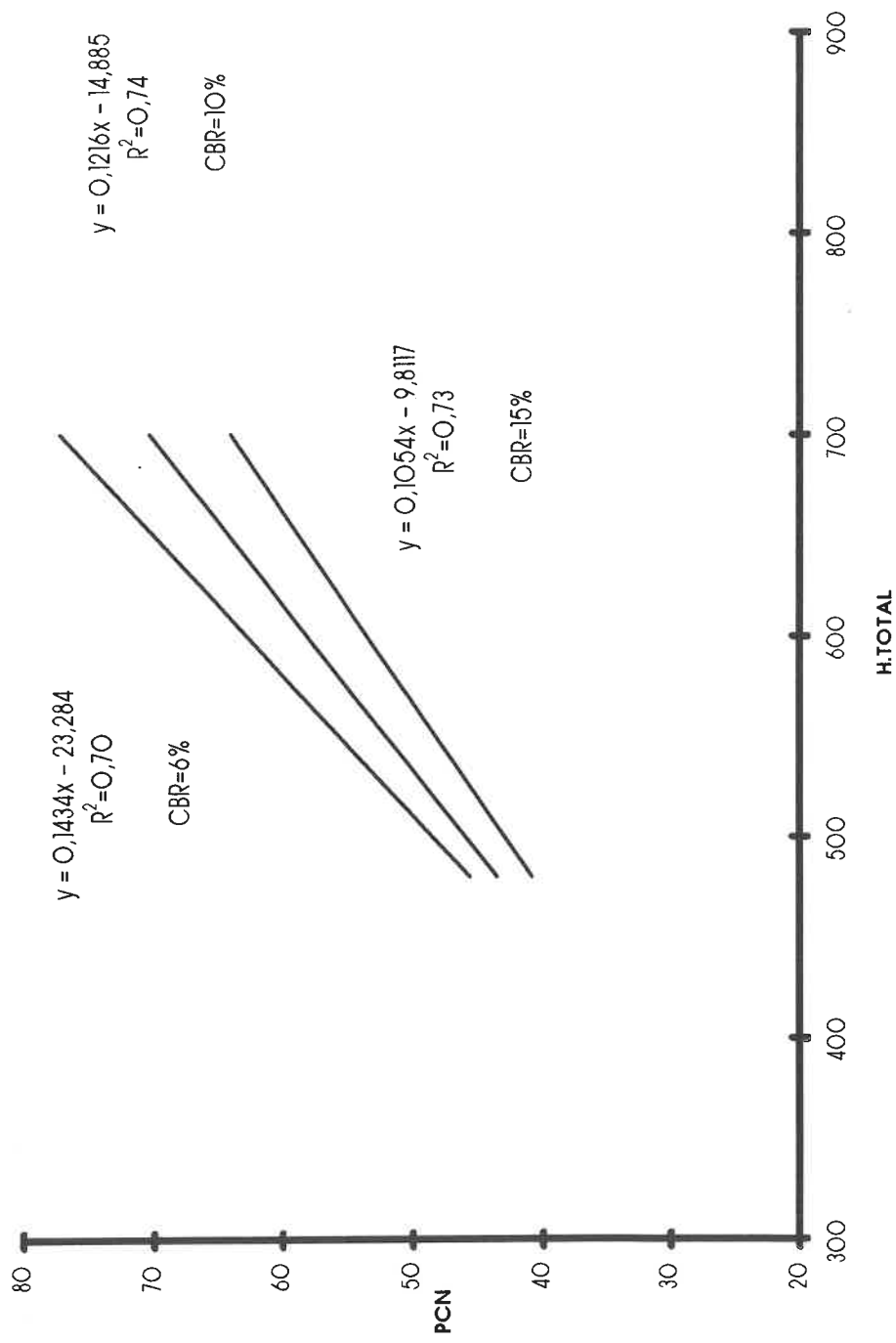
CBR=6% , 10%, 15%

Εστω ότι θέλουμε να υπολογίσουμε το PCN μιας διατομής . Ανάλογα με τα στοιχεία της (E_1 E_2 h_1 h_2 CBR) κατατάσσεται στις κατηγορίες που αναφέρθηκαν. Ανάλογα με αυτές πάμε στο αντίστοιχο διάγραμμα. Εισάγουμε στον οριζόντιο άξονα το συνολικό πάχος , φέρνουμε κάθετη μέχρι την καμπύλη που αντιστοιχεί στο CBR της διατομής. Κατόπιν φέρνουμε οριζόντια μέχρι τον κατακόρυφο άξονα όπου διαβάζεται η τιμή του PCN.

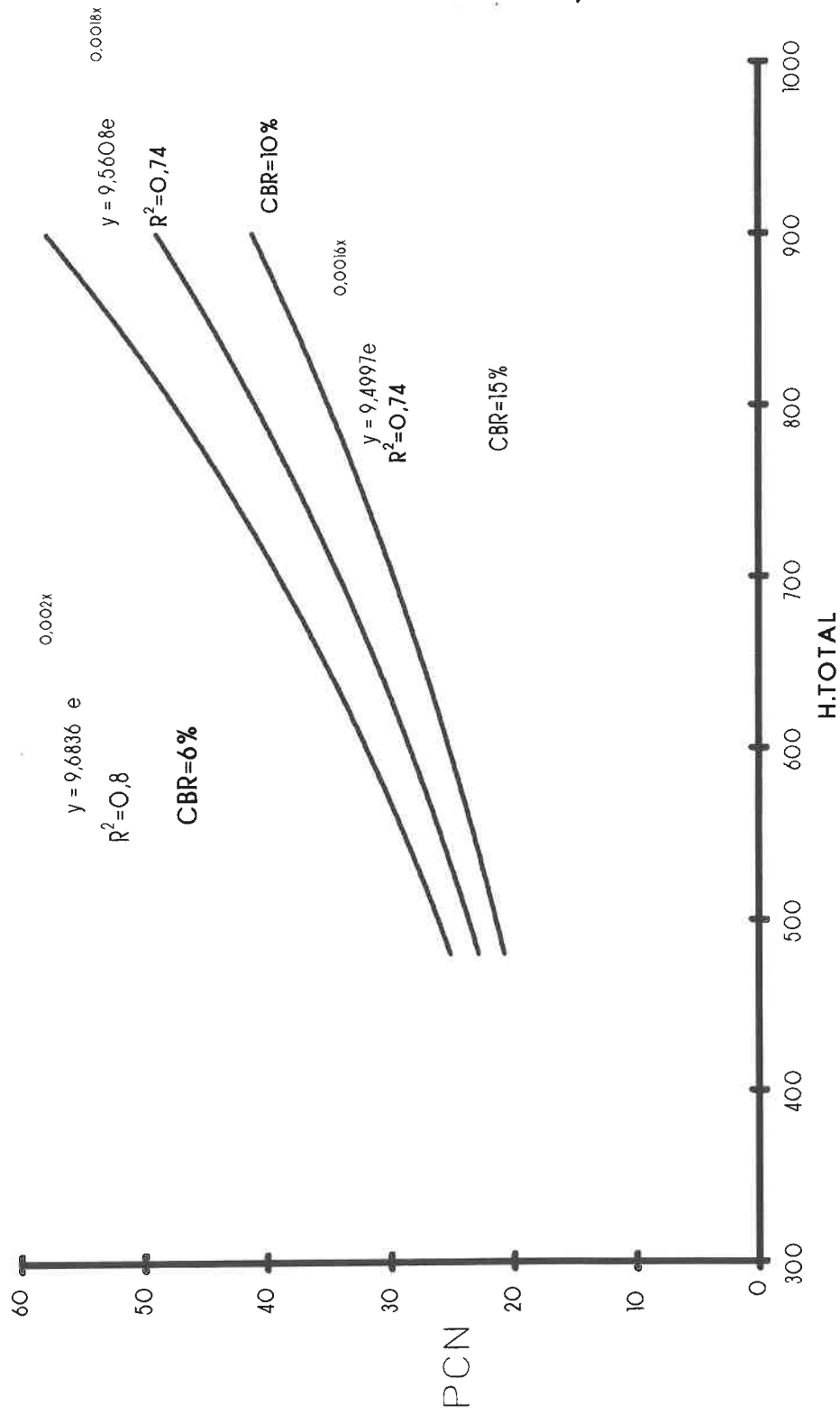
ΣΧΗΜΑ 8.1
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΠΑΧΩΝ 1/2
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΜΕΤΡΩΝ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ Α



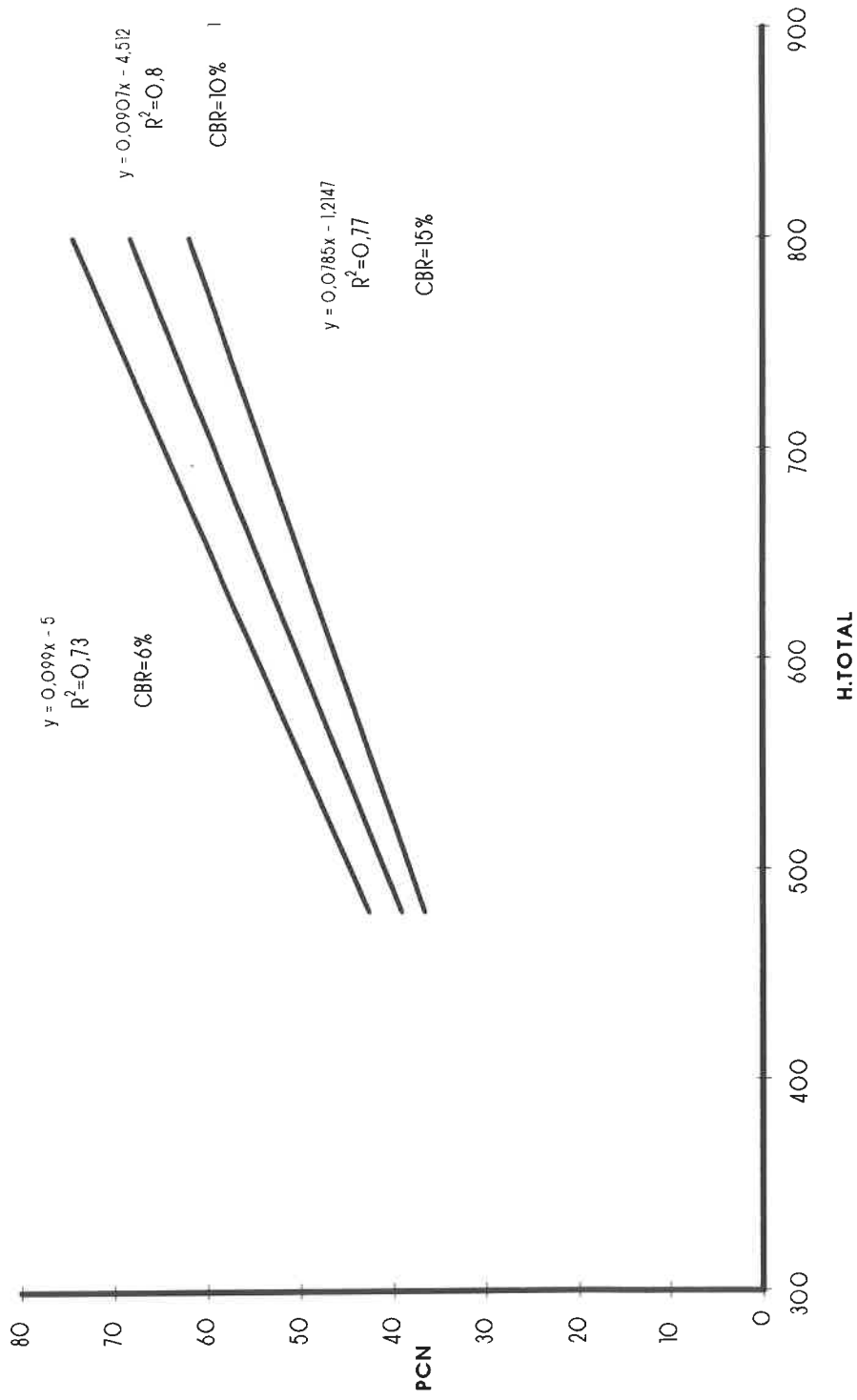
ΣΧΗΜΑ 8.2
 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΠΑΧΩΝ 1/2
 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΜΕΤΡΩΝ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ Β



ΣΧΗΜΑ 8.3
 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΠΑΧΩΝ 1/3
 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΜΕΤΡΩΝ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ A



ΣΧΗΜΑ 8.4
 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΠΑΧΩΝ 1/3
 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΜΕΤΡΩΝ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ Β



8.5 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

Η διαδικασία υπολογισμού είχε ως αποτέλεσμα την δημιουργία καμπυλών που επιτρέπουν τον άμεσο υπολογισμό του PCN μόνο με την εισαγωγή του συνολικού πάχους. Αυτός ο τρόπος υπολογισμού είναι πολύ πιο σύντομος σε σχέση με τις άλλες μεθόδους.

Οι καμπύλες αντιπροσωπεύουν όλα τα χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την φέρουσα ικανότητα του οδοστρώματος. Έχουν προκύψει από αναλυτικό υπολογισμό της εντατικής κατάστασης του οδοστρώματος.

Σε περίπτωση που μια διατομή δεν ανήκει σε μια κατηγορία μέτρων ελαστικότητας (Α ή Β) διότι τα μέτρα της βάσης ανήκουν στην μία κατηγορία και αυτά της ασφαλικής στην άλλη, τότε χρησιμοποιούνται οι συντελεστές μεταβολής του PCN. Δηλαδή υπολογίζεται μια όμοια διατομή που ανήκει σε μια από τις κατηγορίες Α ή Β και το PCN που εξάγεται μετατρέπεται με τους συντελεστές.

Για να υπολογιστεί το PCN πρέπει να είναι γνωστά τα μέτρα ελαστικότητας και τα πάχη των στρώσεων. Πολλές φορές όμως αυτά δεν είναι γνωστά. Τότε πρέπει να εκτιμηθούν με καταστροφικούς (δειγματοληψία με "καρότο") ή μη ελέγχους (πχ μέθοδος παραμορφωσιμέτρου πίπτοντος βάρους).

Η διερεύνηση πρέπει να συνεχιστεί και για άλλες κατηγορίες διατομών (πχ τις Α1 Β1 που αναφέρθηκαν). Επίσης πρέπει να γίνει μια διερεύνηση εναλλακτικής πρότασης βάση νόμου αστοχίας σταθερής τάσης, ώστε να προσδιοριστεί και η επίδραση αυτού του εντατικού μεγέθους.

Η εναλλακτική πρόταση παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

Πλεονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι εάν είναι γνωστά τα μέτρα ελαστικότητας και τα πάχη των στρώσεων, τότε το PCN μπορεί να υπολογιστεί αμέσως. Απαιτείται μόνο η εισαγωγή του συνολικού πάχους στα διαγράμματα. Επίσης τα διαγράμματα υπολογισμού δημιουργήθηκαν με στοιχεία προερχόμενα από αναλυτική διαδικασία. Τα PCN που εξάγονται σχετίζονται με εντατικό μέγεθος και συγκεκριμένα με την ανηγμένη εφελκυστική παραμόρφωση της ασφατικής στρώσης. Ακόμα τα απαιτούμενα στοιχεία μπορούν να υπολογιστούν με περισσότερους από έναν τρόπους.

Μειονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι για να υπολογιστεί το PCN πρέπει να είναι γνωστά τα μέτρα ελαστικότητας και τα πάχη των στρώσεων. Εάν δεν είναι γνωστά πρέπει να εκτιμηθούν. Η εκτίμηση αυτή μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους οι οποίοι έχουν αναφερθεί προηγουμένως (καταστροφικοί ή μη έλεγχοι).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

9

9.ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ ΠΡΟΤΑΣΗΣ ΜΕ ΤΙΣ ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ PCN ΠΟΥ ΕΞΕΤΑΣΤΗΚΑΝ.

9.1 ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Με την σύγκριση των τριών μεθόδων [κεφ 7] προέκυψαν συμπεράσματα για το πεδίο εφαρμογής τους. Η εναλλακτική πρόταση υπολογισμού του PCN [κεφάλαιο8] σκοπό έχει να γίνει μία διαφορετική προσέγγιση στον υπολογισμό του PCN εύκαμπτων οδοστρωμάτων αεροδρομίων. Παρακάτω αναγράφονται οι ομοιότητες και οι διαφορές που υπάρχουν μεταξύ της εναλλακτικής πρότασης και των μεθόδων.

ΟΜΟΙΟΤΗΤΕΣ

Χρησιμοποιούνται ως παράμετροι υπολογισμού ο δείκτης CBR και τα πάχη των στρώσεων (εκτός της FAA) . Το τελικό αποτέλεσμα είναι το PCN

ΔΙΑΦΟΡΕΣ

___Τα μέτρα ελαστικής παραμόρφωσης των στρώσεων αποτελούν παραμέτρους υπολογισμού. Αντίθετα η συχνότητα κυκλοφορίας δεν αποτελεί παράμετρο. Το PCN εξάγεται αμέσως χωρίς τον ενδιάμεσο υπολογισμό άλλου μεγέθους (πχ μέγιστο συνολικό επιτρεπόμενο βάρος στην FAA) . Ο υπολογισμός βασίζεται σε εντατικό μέγεθος, την εφελκυστική παραμόρφωση της βάσης της ασφαλτικής στρώσης. Το πεδίο εφαρμογής της εναλλακτικής πρότασης περιλαμβάνει και τις Ελληνικές συνθήκες. Ενώ οι μέθοδοι που εξετάστηκαν έχουν απαιτήσεις , πολλές φορές εξωπραγματικές για τα Ελληνικά δεδομένα (πχ ελάχιστο CBR για στρώση βάσης 80%).

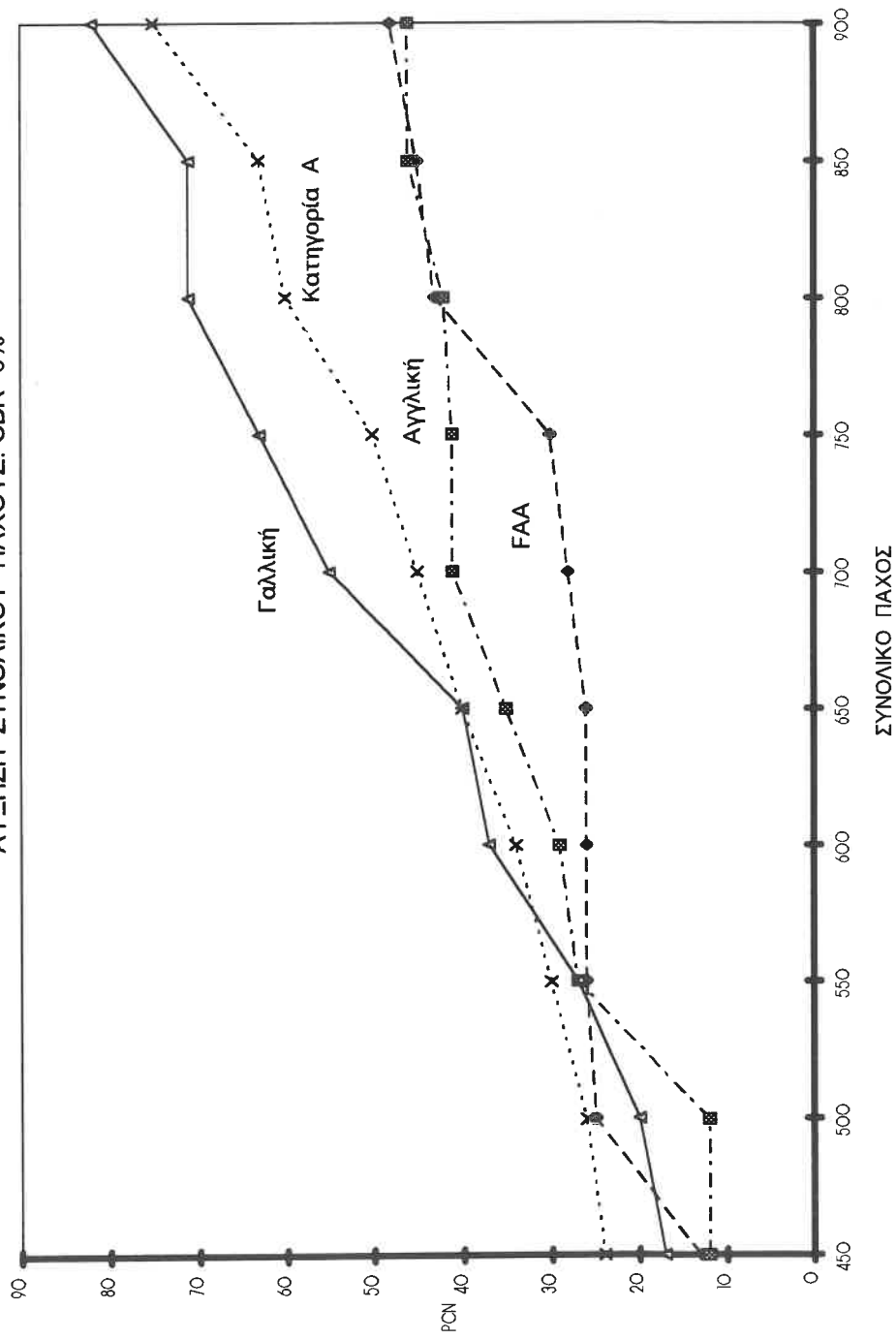
Τα διαγράμματα υπολογισμού της εναλλακτικής πρότασης δημιουργήθηκαν με αναλυτικό υπολογισμό. Τα αντίστοιχα διαγράμματα των μεθόδων προέρχονται από την εμπειρία κατασκευής οδοστρωμάτων.

9.2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΓΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΠΑΧΟΥΣ

Τα διαγράμματα υπολογισμού χρησιμοποιήθηκαν για να υπολογιστεί το PCN στις διατομές που χρησιμοποιήθηκαν για την σύγκριση των μεθόδων [κεφ 7] [πίνακες 7.2,7.3,7.4, παράρτημα 2]. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 9.1 [παράρτημα 2]. Για την σύγκριση χρησιμοποιείται μόνο η κατηγορία Α. Η σύγκριση φαίνεται στα σχήματα 9.1, 9.2, 9.3. Στα παραδείγματα αυτά φαίνεται η επιρροή της αύξησης του συνολικού πάχους

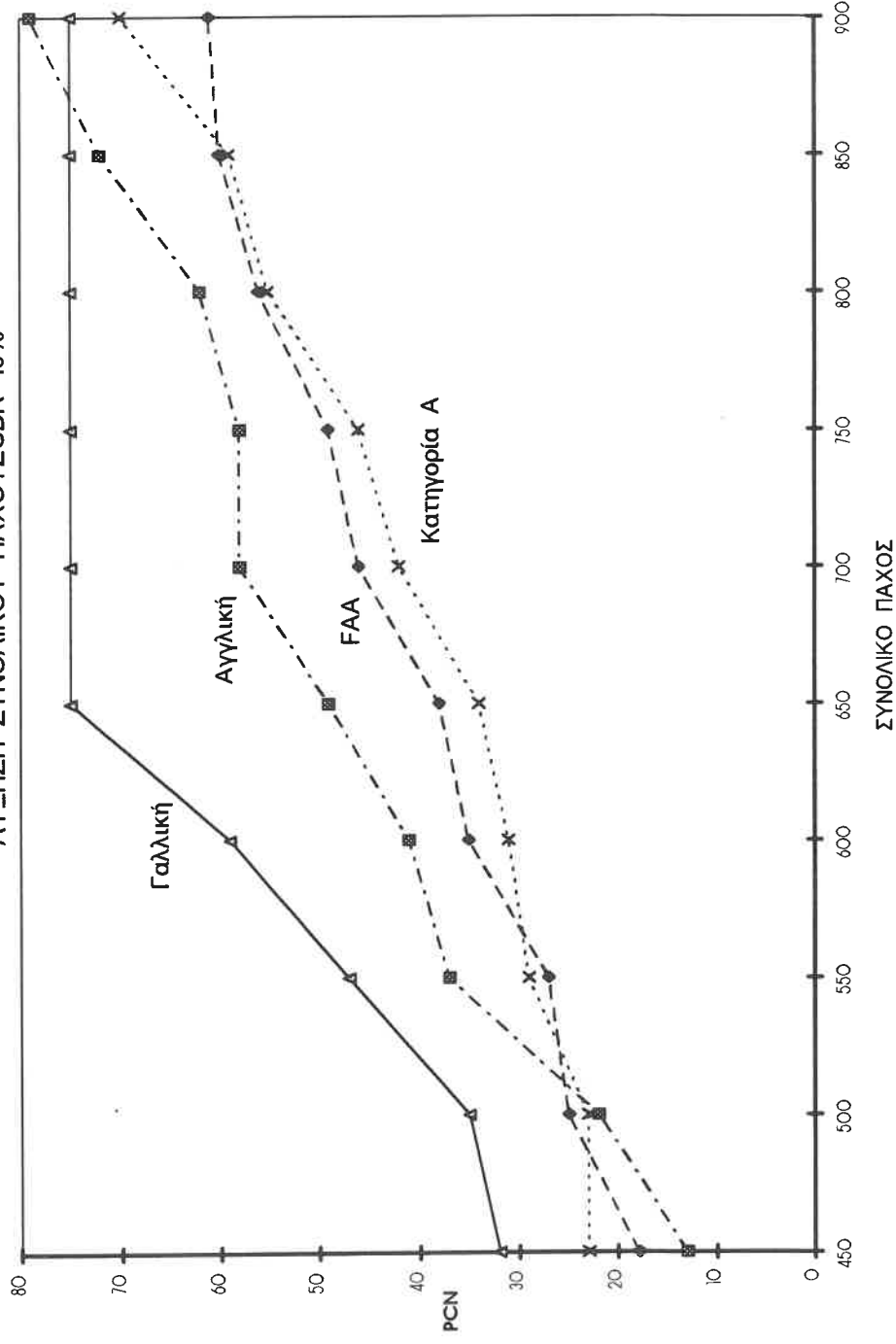
ΣΧΗΜΑ 9.1

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ Α ΓΙΑ
ΑΥΞΗΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΠΑΧΟΥΣ. CBR=6%



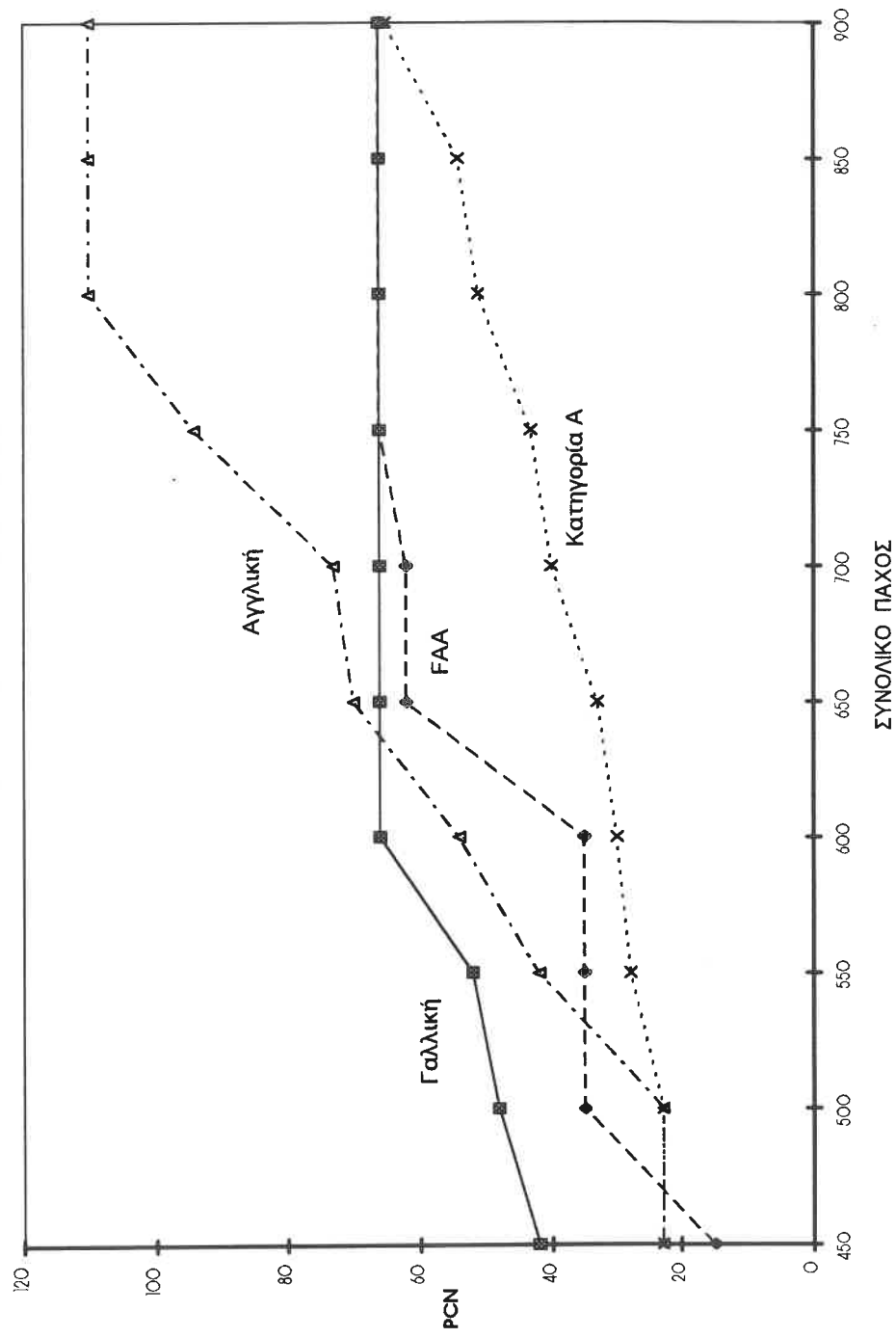
ΣΧΗΜΑ 9.2

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ Α, ΓΙΑ
ΑΥΞΗΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΠΑΧΟΥΣCBR=10%



ΣΧΗΜΑ 9.3

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ Α, ΓΙΑ
ΑΥΞΗΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΠΑΧΟΥΣ CBR=15%



9.3 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Από τα παραδείγματα διαπιστώθηκε ότι με την εναλλακτική πρόταση υπολογισμού το PCN μειώνεται όσο αυξάνει το CBR. Σε όλες τις άλλες μεθόδους συμβαίνει το αντίθετο. Στην Γαλλική και στην FAA ο υπολογισμός του PCN βασίζεται στον υπολογισμό του μέγιστου συνολικού επιτρεπόμενου βάρους που μπορεί να φέρει το οδόστρωμα. Το βάρος αυτό είναι μεγαλύτερο όταν αυξάνεται η αντοχή του εδάφους, η οποία εκφράζεται με το CBR.

Για CBR =6% η εναλλακτική πρόταση προσεγγίζει την Γαλλική μέθοδο. Η εναλλακτική πρόταση έχει την πιο ομαλή αύξηση. Δίνει μεγαλύτερα αποτελέσματα από την Αγγλική και την FAA. Για συνολικό πάχος <550 mm δίνει μεγαλύτερα αποτελέσματα από την Γαλλική.

Για CBR=10% προσεγγίζει την μέθοδο της FAA. Εξακολουθεί να έχει την πιο ομαλή αύξηση. Στην περιοχή συνολικού πάχους 550-850 mm δίνει τα μικρότερα αποτελέσματα.

Για CBR=15% η εναλλακτική πρόταση δίνει τα μικρότερα αποτελέσματα από όλες τις μεθόδους χωρίς να προσεγγίζει καμία. Ο ρυθμός αύξησης των αποτελεσμάτων είναι ο μικρότερος.

Γενικά στην εναλλακτική πρόταση δεν έχουμε απότομες μεταβολές του PCN καθώς μεταβάλλεται το συνολικό πάχος, γεγονός που δεν συμβαίνει σε καμία μέθοδο.

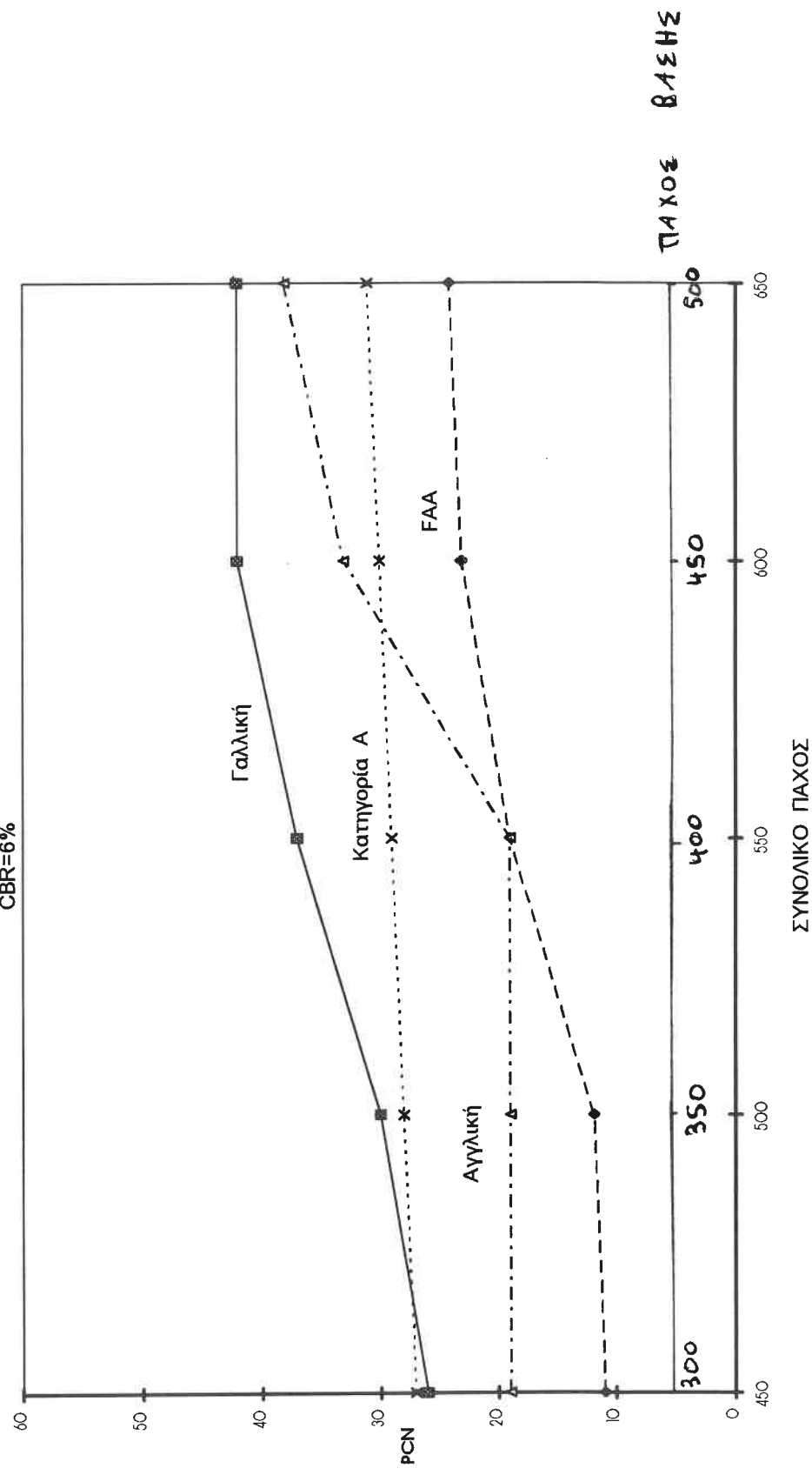
9.4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΗΣ ΑΥΞΗΣΗΣ ΤΟΥ ΠΑΧΟΥΣ ΒΑΣΗΣ.

Σε αυτή την σειρά των παραδειγμάτων το πάχος της ασφαλικής στρώσης θεωρείται σταθερό με τιμή 15 εκ. Αντίθετα το πάχος της ενοποιημένης βάσης/υπόβασης αυξάνεται διαδοχικά κατά 5 εκ από μια αρχική τιμή 30 εκ. Οι τιμές των PCN που υπολογίστηκαν με την

εναλλακτική πρόταση φαίνονται στον πίνακα 9.2 [παράρτημα 2]. Η σύγκριση φαίνεται στα σχήματα 9.4 9.5 9.6 που ακολουθούν.

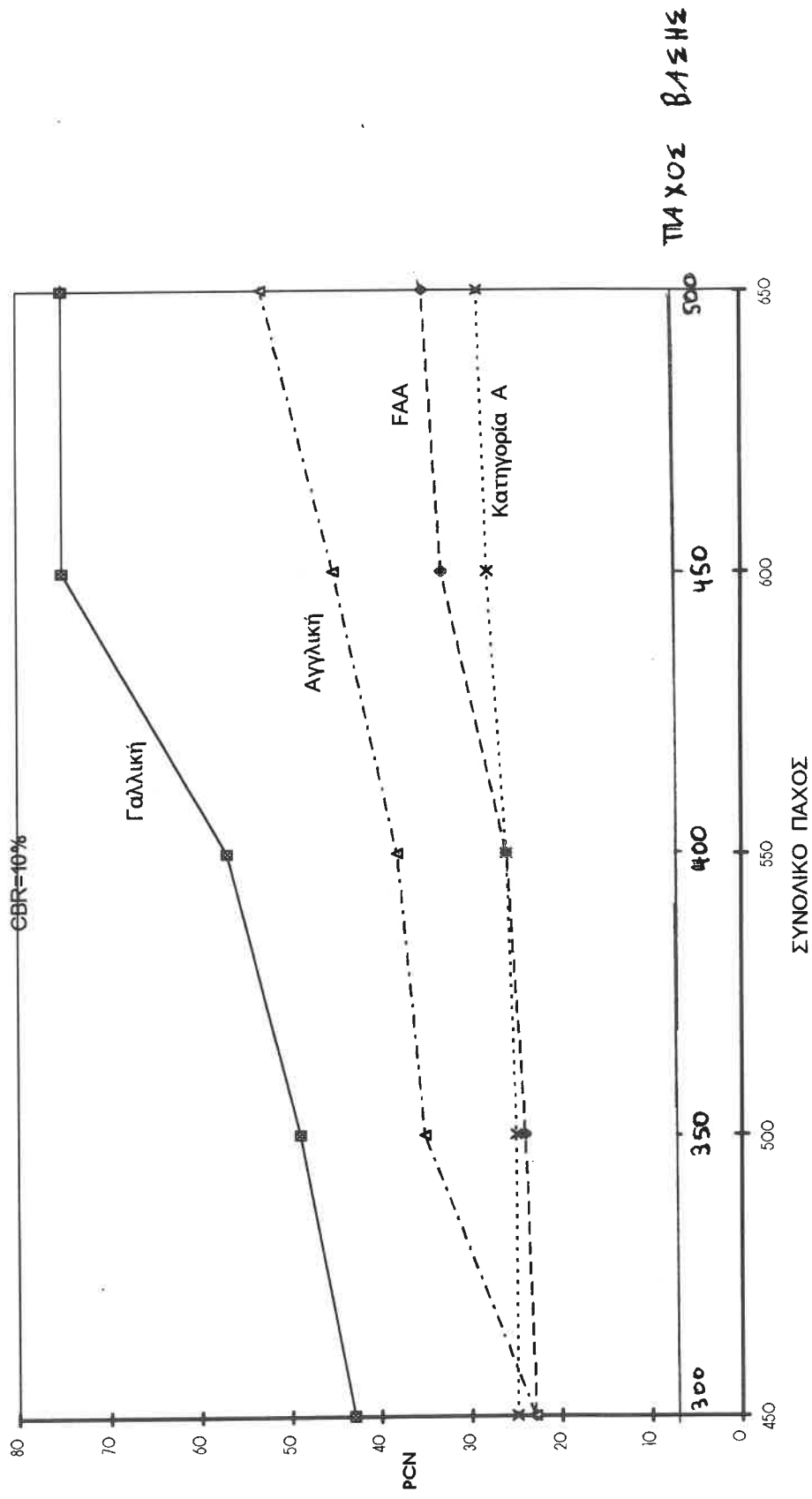
ΣΧΗΜΑ 9.4

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ -ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ Α ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟ ΠΑΧΟΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ =15εκ ΚΑΙ
ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΟ ΒΑΣΗΣ
CBR=6%



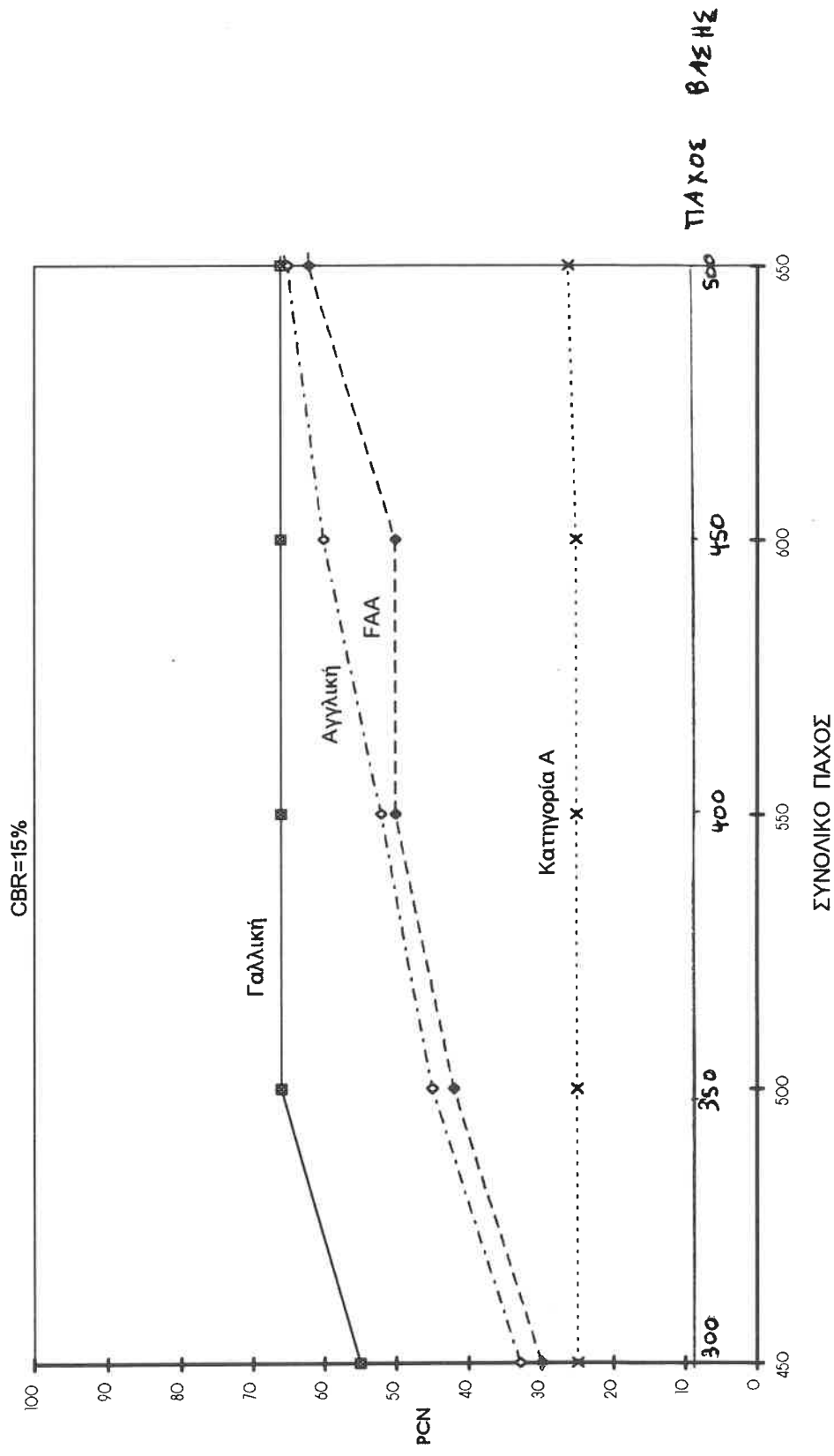
ΣΧΗΜΑ 9.5

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ-ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Α ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟ ΠΑΧΟΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ 15εκ ΚΑΙ
ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΟ ΒΑΣΗΣ



ΣΧΗΜΑ 9.6

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ-ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ Α ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟ ΠΑΧΟΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ=15εκ
ΚΑΙ ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΟ ΒΑΣΗΣ



9.5 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Η περιοχή συνολικού πάχους όπου γίνεται η σύγκριση επιλέγεται από το πεδίο εφαρμογής της εναλλακτικής πρότασης. Η εναλλακτική πρόταση υπολογίζει διατομές με λόγο παχών ασφατικής προς βάσης $1/2$ και $1/3$. Οι διατομές που υπολογίστηκαν ανήκουν στις κατηγορίες λόγων που αναφέρθηκαν ή έχουν λόγο ενδιαμέσο στις πιο πάνω τιμές.

Για $CBR=6\%$ βλέπουμε ότι η εναλλακτική πρόταση δίνει σχεδόν σταθερό αποτέλεσμα (από 27 έως 31). Δίνει μεγαλύτερα αποτελέσματα από την FAA, και από την Αγγλική για διατομές συνολικού πάχους <60 εκ.

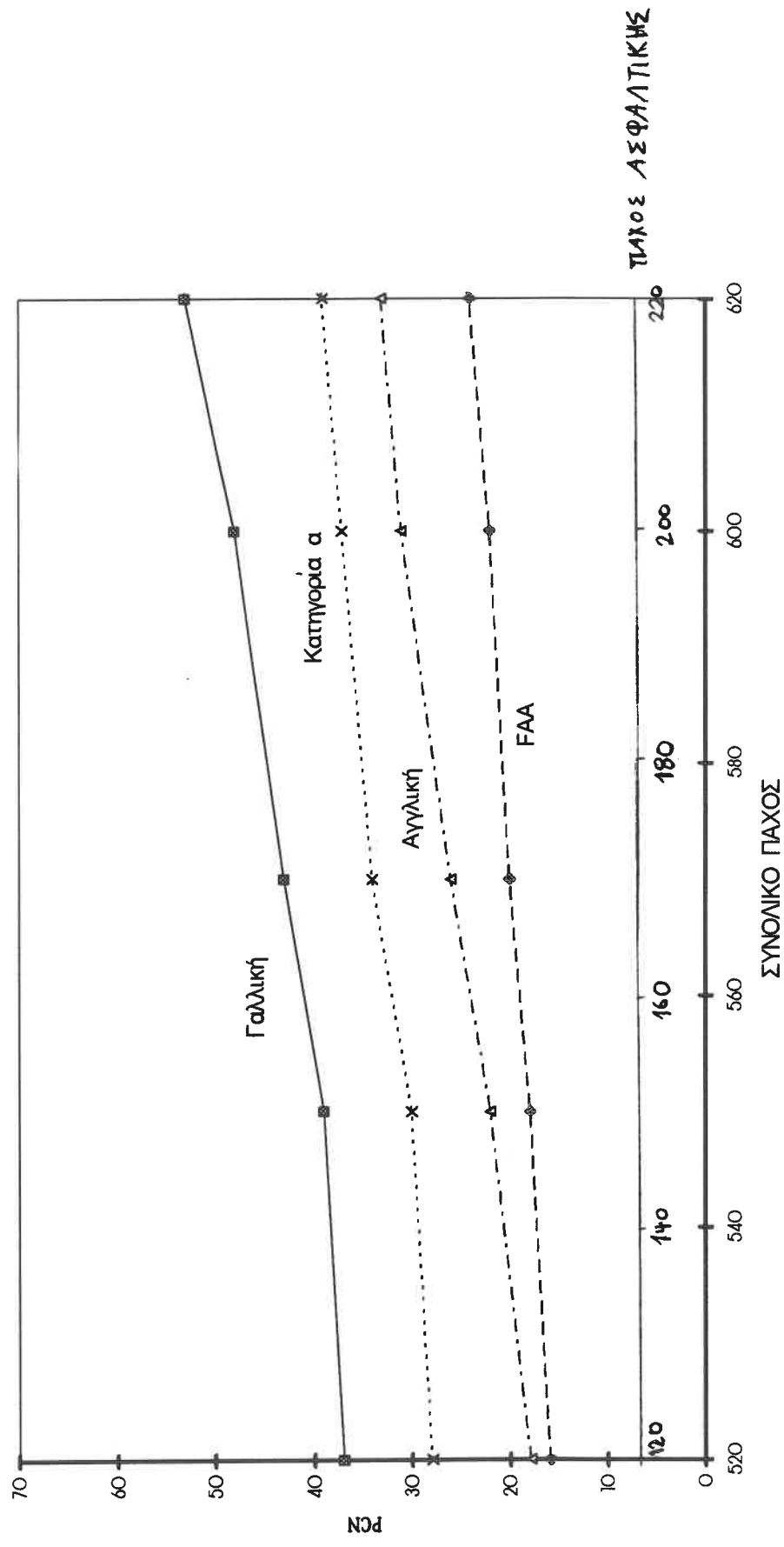
Για $CBR=10\%$ βλέπουμε ότι η εναλλακτική πρόταση προσεγγίζει την FAA και για διατομές συνολικού πάχους <55 εκ δίνει μεγαλύτερα αποτελέσματα από αυτήν. Επίσης δίνει τις μικρότερες μεταβολές του PCN κατά την αύξηση του πάχους της βάσης. Οι τιμές PCN που δίνει η εναλλακτική πρόταση για $CBR=10\%$ είναι μικρότερες από αυτές για $CBR=6\%$. Σε όλες τις άλλες μεθόδους συμβαίνει το αντίθετο.

Για $CBR=15\%$ παρατηρούμε ότι η εναλλακτική πρόταση δίνει με διαφορά τα μικρότερα αποτελέσματα. Επίσης οι τιμές PCN που υπολογίζονται με την εναλλακτική πρόταση παρουσιάζουν πολύ μικρές μεταβολές καθώς αυξάνεται το πάχος της βάσης. Γενικά παρατηρούμε ότι στην εναλλακτική πρόταση, όσο αυξάνεται το CBR μειώνεται το PCN. Ενώ στις άλλες μεθόδους συμβαίνει το αντίθετο.

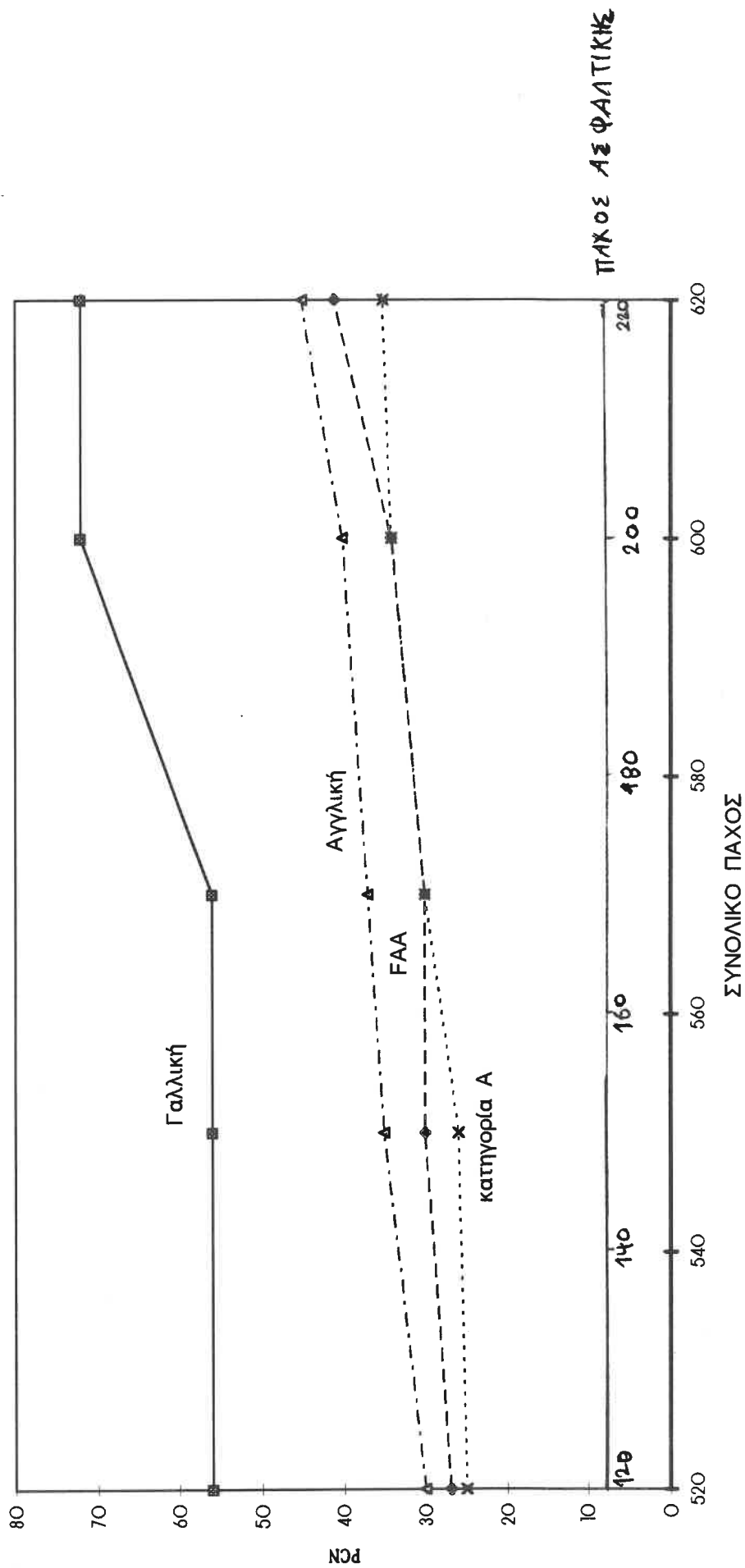
9.6 Παραδείγματα με σταθερό πάχος βάσης

Εγιναν για διερεύνηση της επιρροής της αύξησης του πάχους της ασφατικής. Οι υπολογισμένες τιμές του PCN φαίνονται στους πίνακες 9.3 9.4 9.5 9.6 στο παράρτημα 2. Ακολουθούν τα σχήματα 9.7 9.8 9.9

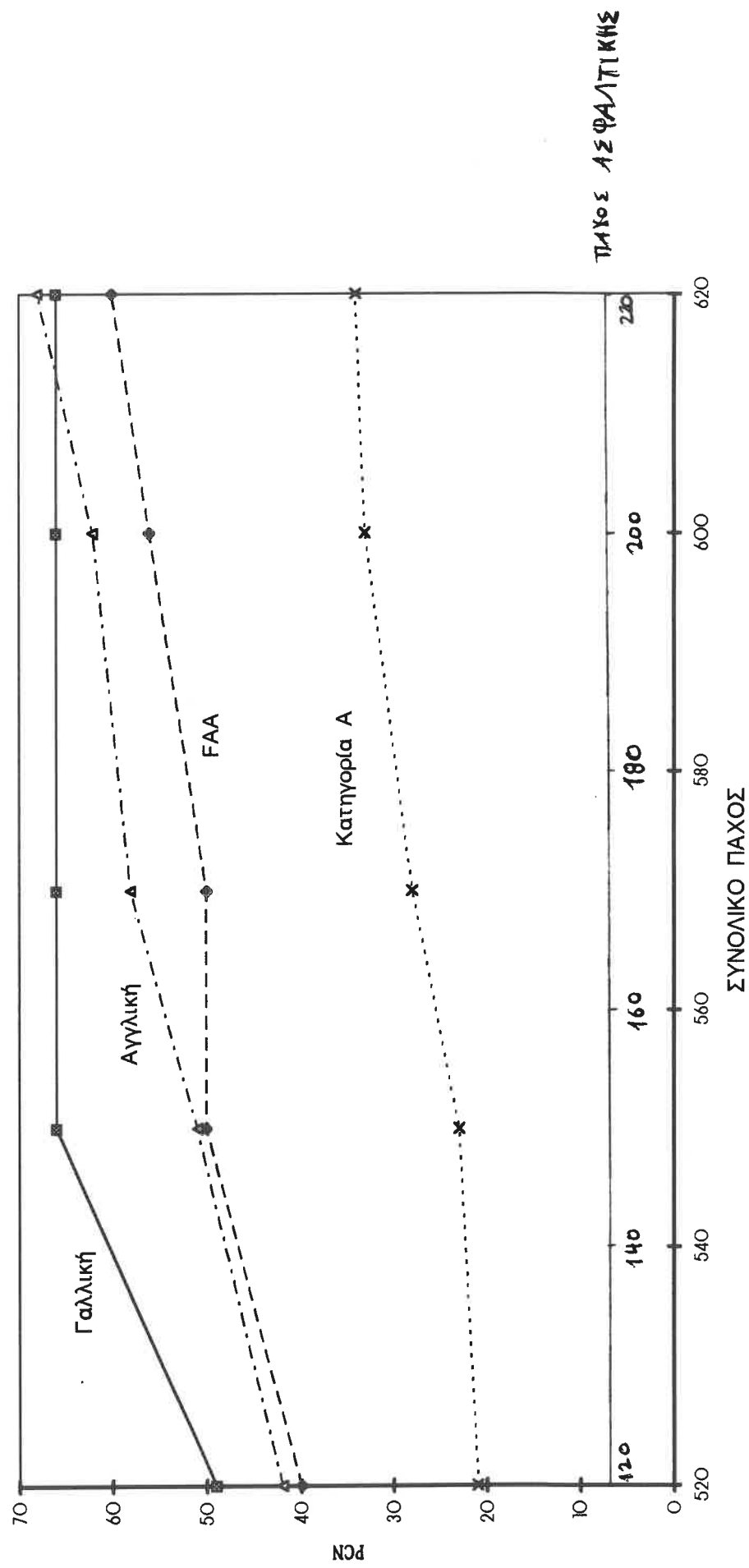
ΣΧΗΜΑ 9.7 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΑΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟ ΠΑΧΟΣ
ΒΑΣΗΣ 40εκ ΚΑΙ ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΟ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ CBR=6%



ΣΧΗΜΑ 9.8 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ -ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ Α ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟ ΠΑΧΟΣ
ΒΑΣΗΣ 40εκ ΚΑΙ ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΟ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ CBR=10%



ΣΧΗΜΑ 9.9 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ -ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ Α ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟ ΠΑΧΟΣ
ΒΑΣΗΣ 40εκ ΚΑΙ ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΟ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ CBR=15%



9.6 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

Εχουμε μικρή περιοχή συνολικού πάχους για αυτό όλες οι μέθοδοι δεν παρουσιάζουν μεγάλες μεταβολές.

Για CBR=6% η κατηγορία A δίνει μικρότερα αποτελέσματα από την Γαλλική και μεγαλύτερα από τις άλλες δύο. Επίσης βλέπουμε ότι η Αγγλική η FAA και η κατηγορία A έχουν σχεδόν τον ίδιο μικρό ρυθμό αύξησης του PCN όσο αυξάνει το πάχος της ασφαλτικής.

Για CBR=10% βλέπουμε ότι η Κατηγορία A δίνει τα μικρότερα αποτελέσματα και προσεγγίζει την FAA. Όλες έχουν τον σχεδόν τον ίδιο ρυθμό αύξησης του PCN όσο αυξάνει το πάχος της ασφαλτικής, εκτός από την Γαλλική.

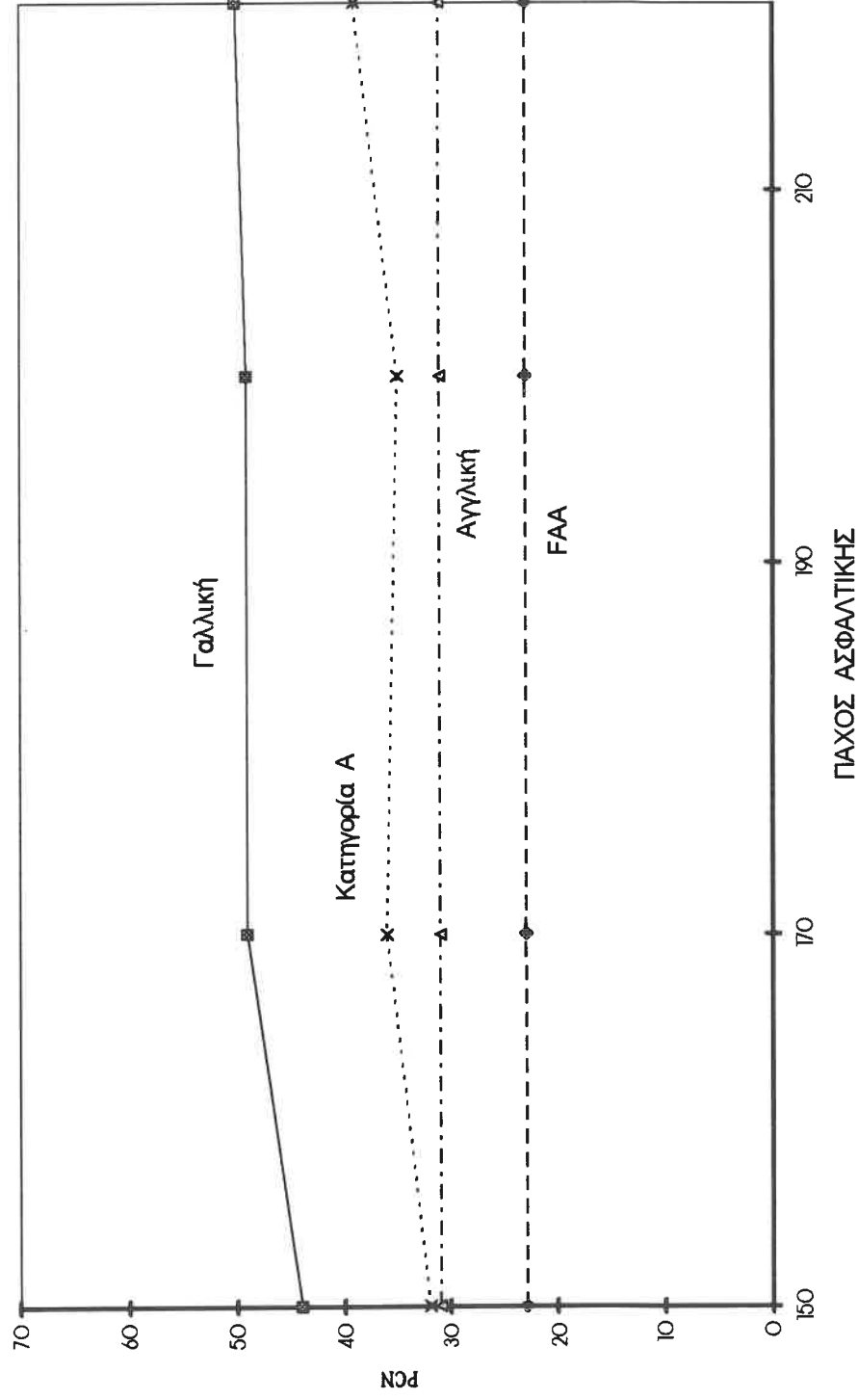
Για CBR=15% βλέπουμε ότι η Κατηγορία A δίνει με διαφορά τα μικρότερα αποτελέσματα από όλες τις μεθόδους.

9.7 Παραδείγματα με σταθερό συνολικό πάχος

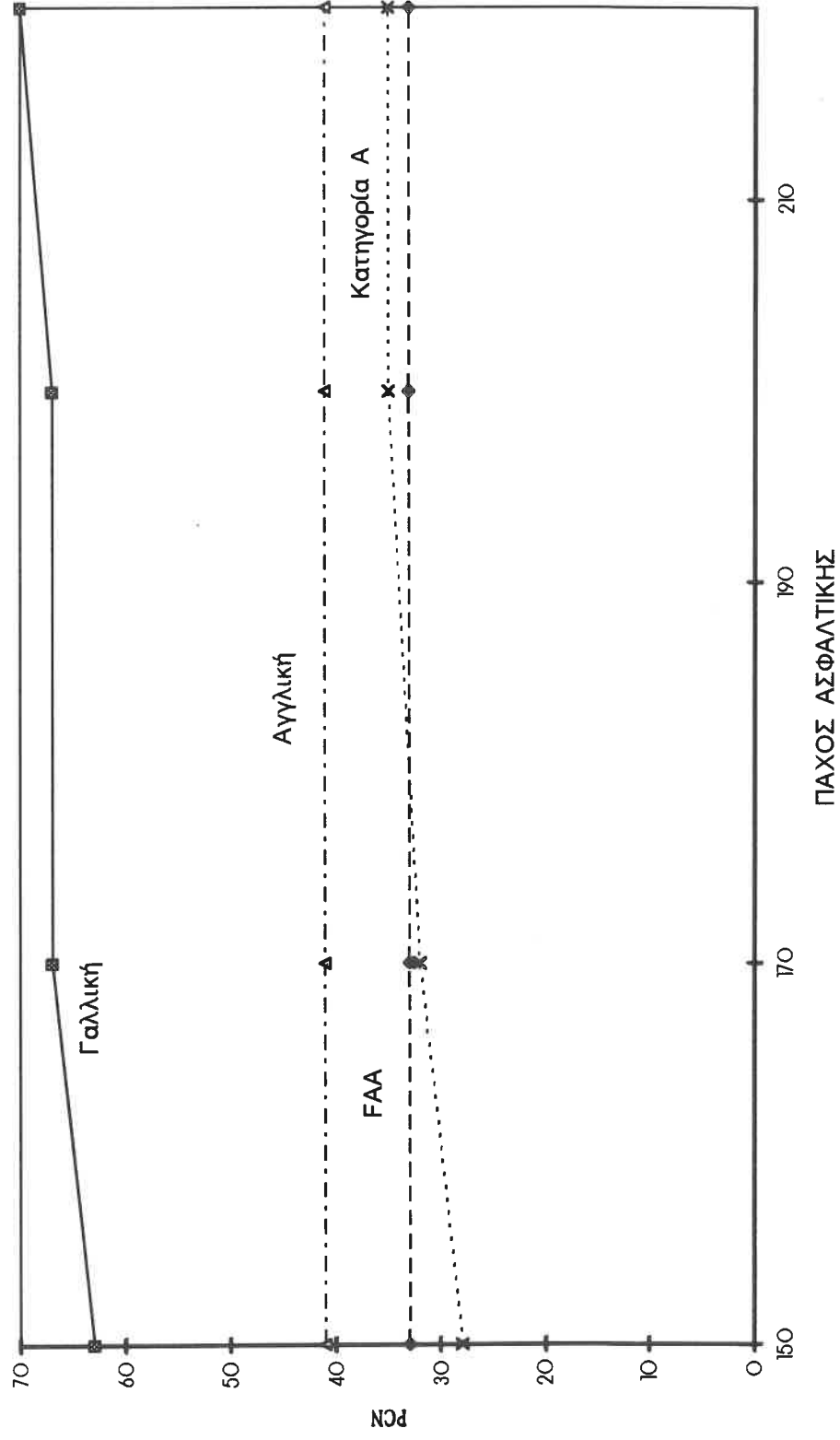
Έγιναν για την διερεύνηση της επιρροής της αύξησης του πάχους της ασφαλτικής ενώ το συνολικό πάχος μένει σταθερό(60εκ).

Οι τιμές PCN που υπολογίστηκαν φαίνονται στους πίνακες 7.12 7.13 9.8 9.7 στο παράτημα 2. Ακολουθούν τα σχήματα 9.10 9.11 9.12.

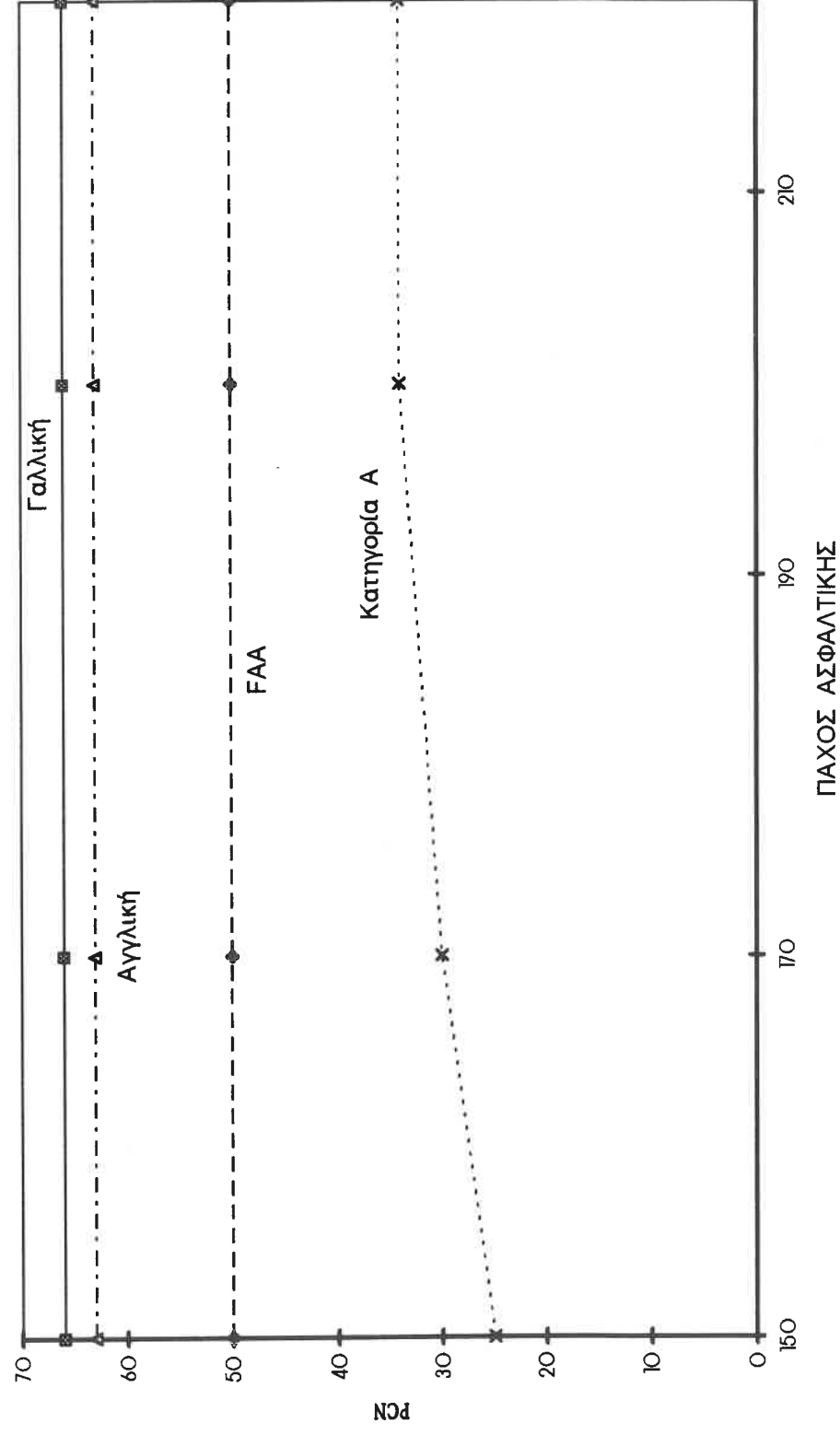
ΣΧΗΜΑ 9.10 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ-ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ Α ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΑΧΟΣ 60 ΕΚ
ΚΑΙ ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΟ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ CBR=6%



ΣΧΗΜΑ 9.11 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ -ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ Α ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΑΧΟΣ 60εκ
ΚΑΙ ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΟ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ CBR=10%



ΣΧΗΜΑ 9.12 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ -ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ Α ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΑΧΟΣ
60εκ ΚΑΙ ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΟ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ CBR=15%



9.8 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ.

Για $CBR=6\%$ βλέπουμε ότι η Κατηγορία Α δίνει μικρότερα αποτελέσματα από την Γαλλική και μεγαλύτερα από τις άλλες δύο. Επίσης παρατηρούμε ότι για την Κατηγορία Α το PCN αυξάνει με την αύξηση του πάχους της ασφαλτικής ενώ το συνολικό πάχος μένει σταθερό.

Για $CBR=10\%$ η Κατηγορία Α προσεγγίζει την FAA η οποία δίνει τα μικρότερα αποτελέσματα. Παρατηρούμε ότι για την κατηγορία Α το PCN αυξάνει με την αύξηση του πάχους της ασφαλτικής ενώ το συνολικό πάχος μένει σταθερό. Το ίδιο συμβαίνει και στην Γαλλική μέθοδο.

Για $CBR=15\%$ η Κατηγορία Α δίνει τα μικρότερα αποτελέσματα. Παρατηρούμε πάλι ότι το PCN αυξάνει με την αύξηση του πάχους της ασφαλτικής ενώ το συνολικό πάχος μένει σταθερό.

Γενικά η περιοχή συνολικού πάχους ή πάχους στρώσεων όπου έγιναν οι συγκρίσεις είναι μικρή. Αυτό συμβαίνει διότι η Κατηγορία Α υπολογίζει διατομές με λόγο παχών στρώσεων ασφαλτικής προς βάσης $1/2$ και $1/3$. Οι διατομές που ανήκουν στην περιοχή που οριοθετούν οι παραπάνω λόγοι είναι λίγες όπως φάνηκε στα παραδείγματα. Επίσης παρατηρούμε ότι στην εναλλακτική πρόταση (Κατηγορία Α) όσο μεγαλώνει το CBR μειώνεται το PCN.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

10

10. ΤΕΛΙΚΑ ΣΧΟΛΙΑ

____Σκοπός της εργασίας ήταν να εξεταστούν οι υπάρχουσες μεθοδολογίες ,για υπολογισμό οδοστρωμάτων βάση του μεγέθους ACN-PCN. Πριν από την εισαγωγή της μεθόδου ACN-PCN από τον ICAO υπήρχαν μεθοδολογίες διαστασιολόγησης (και υπολογισμού) οδοστρωμάτων. Μετά την δημοσίευση της μεθόδου ACN-PCN τροποποιήθηκαν οι μεθοδολογίες αυτές ώστε να συμπεριλαμβάνουν και το μέγεθος ACN-PCN . Η διαστασιολόγηση σκοπό έχει να προσδιορίσει το πάχος της κατασκευής με παραμέτρους το CBR ,ACN και άλλες ανάλογα με την μέθοδο. Διαπιστώθηκε ότι με αντιστροφή της διαδικασίας διαστασιολόγησης οδηγούμαστε στον υπολογισμό του PCN μιας διατομής. Αυτή είναι η φιλοσοφία όλων των μεθόδων υπολογισμού που εξετάστηκαν.

Οι μέθοδοι που εξετάστηκαν (της **FAA, Διεύθυνσης Υπηρεσιών Πολιτικού Μηχανικού Μ.Βρετανίας,Γαλλικού Υπουργείου Μεταφορών**) έχουν υιοθετηθεί από διεθνείς οργανισμούς. Εχει αποκτηθεί μεγάλη εμπειρία από την χρήση τους κυρίως για διαστασιολόγηση παρά για υπολογισμό οδοστρωμάτων. Γι'αυτό το πεδίο εφαρμογής σε όλες τις μεθόδους οριοθετείται από τις απαιτήσεις της διαστασιολόγησης.

Επίσης αναφέρονται οι μέθοδοι που δεν εξετάστηκαν αναλυτικά, καθώς και οι λόγοι που μας οδήγησαν σε αυτήν την αντιμετώπιση **[κεφάλαιο 6]**.

Η σύγκριση των μεθόδων έδειξε ομοιότητες κυρίως όσον αφορά την προέλευση τους και την διαδικασία που ακολουθούν για τον υπολογισμό του PCN. Οι διαφορές αφορούν κυρίως τις παραδοχές της κάθε μεθόδου, οι οποίες περιέχουν πολλές προδιαγραφές κατασκευής οδοστρωμάτων αεροδρομίων.

Κάθε μέθοδος εξετάστηκε με βάση τις παραδοχές και τον τρόπο υπολογισμού της. Υπάρχουν ελλείψεις σε κάθε μέθοδο που αναφέρονται στον σχολιασμό των μεθόδων. Η κοινή έλλειψη όλων των μεθόδων είναι η απουσία των μέτρων ελαστικότητας των στρώσεων ως παράμετροι υπολογισμού. Ιδίως για την ασφαλική στρώση, σε μεταβολή της θερμοκρασίας μεταβάλλεται το μέτρο δυσκαμψίας. Αυτό σημαίνει ότι μεταβάλλεται και η φέρουσα ικανότητα της διατομής. Γενικά υπάρχει ανάγκη δημοσίευσης (υπολογισμού) δύο τιμών PCN, μία για θερμή και μία για ψυχρή περίοδο. Η απαίτηση αυτή δεν ικανοποιείται από καμιά μέθοδο παρόλο που αναγνωρίζεται από την μέθοδο του Γαλλικού Υπουργείου Μεταφορών.

Επίσης παρατηρούμε ότι σε όλες τις μεθόδους όσο αυξάνει ο δείκτης CBR αυξάνει και το εξαγόμενο PCN. Το γεγονός αυτό απαιτεί περισσότερη διερεύνηση, διότι αντιβαίνει στον ορισμό των ACN-PCN. Όπως είναι γνωστό το ACN μειώνεται όσο αυξάνει ο δείκτης CBR. Το PCN αποτελεί το άνω όριο των τιμών ACN, οπότε θα έπρεπε να μειώνεται με την αύξηση του CBR, όπως προκύπτει και από την εναλλακτική πρόταση υπολογισμού του PCN.

Το πεδίο εφαρμογής των μεθόδων που εξετάστηκαν περιέχει πολλές φορές απαιτήσεις που δεν συμφωνούν με τα Ελληνικά δεδομένα. Επίσης οι μέθοδοι βασίζονται στην εμπειρία διαστασιολόγησης των οδοστρωμάτων. Δεν συνδέονται με την εντατική κατάσταση του οδοστρώματος.

Για αυτούς τους λόγους έγινε μια εναλλακτική πρόταση υπολογισμού του PCN με βάση τις διελεύσεις που επιτρέπονται. Τα αποτελέσματα αυτής της διερεύνησης φαίνονται στο σχετικό κεφάλαιο [κεφ 8]. Η διερεύνηση έδειξε ότι είναι δυνατόν να αναπτυχθεί μια μέθοδος υπολογισμού του PCN με βάση την πραγματική εντατική κατάσταση που προκαλεί η φόρτιση ενός αεροσκάφους. Αν τελικά δημιουργηθεί μια

τέτοια μέθοδος θα έχει μεγάλο βαθμό αξιοπιστίας διότι ως παράμετροι θα λαμβάνονται οι πραγματικές ιδιότητες των υλικών, μέσω των μέτρων ελαστικότητας.

Η βασική παράμετρος υπολογισμού του PCN σε αυτήν την διαδικασία είναι τα μέτρα ελαστικότητας των στρώσεων. Σε καινούργια οδοστρώματα μπορούν να ληφθούν από τις προδιαγραφές κατασκευής τους. Ομως σε παλαιά ή επανεπιστρωμένα οδοστρώματα υπάρχει η ανάγκη μιας ακριβούς εκτίμησης των μέτρων ελαστικότητας. Διότι αυτά μεταβάλλονται με τις κλιματολογικές επιδράσεις (για την ασφαλική) και την βαρύτητα της φόρτισης. Θα ήταν θετικό στοιχείο η καθιέρωση μιας μεθόδου εκτίμησης των μηχανικών χαρακτηριστικών των στρώσεων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΣΝ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ

Table A5-1. ACNs for several aircraft types on rigid and flexible pavements

Aircraft type	All-up mass (kg)	Load on one main gear leg (%)	Tire pressure (MPa)	ACN FOR RIGID PAVEMENT SUBGRADES - MN/m ³				ACN FOR FLEXIBLE PAVEMENT SUBGRADES - CBR			
				High 150	Medium 80	Low 40	Ultra-low 20	High 15	Medium 10	Low 6	Very low 3
				5	6	7	8	9	10	11	12
A300 B2 Airbus	137 000 85 910	47.0	1.2	35 18	42 21	50 25	58 29	39 20	43 22	53 24	68 34
A300 B2 Airbus	142 000 85 910	47.0	1.29	35 19	45 22	53 26	61 30	40 21	45 22	55 25	71 34
A300 B4 Airbus	150 000 88 180	47.0	1.39	41 20	49 22	57 26	65 31	43 21	49 22	59 25	76 35
A300 B4 Airbus	157 000 88 330	47.0	1.48	45 20	53 22	62 26	70 31	46 21	52 22	63 25	80 36
A300 B4 Airbus	165 000 88 505	47.0	1.29	46 17	55 20	64 25	73 29	49 20	56 21	68 25	84 36
A300-600 Airbus	165 000 87 100	47.0	1.29	46 17	55 19	64 24	73 28	49 19	56 21	68 24	84 35
A300-600R Airbus	170 000 85 033	47.4	1.35	49 17	58 19	68 23	78 28	52 19	58 20	71 23	89 34
A300-600R Airbus	171 700 85 033	47.4	1.35	50 17	59 19	69 23	79 28	52 19	59 20	72 23	90 34
A310-200 Airbus	132 000 76 616	46.7	1.23	33 15	39 18	46 21	54 24	36 18	40 19	48 20	64 27
A310-200 Airbus	138 600 76 747	46.7	1.3	35 16	42 18	51 21	58 25	39 18	43 19	52 20	68 28
A310-200 Airbus	142 000 75 961	46.7	1.33	37 15	44 17	52 20	60 23	40 17	44 18	54 20	70 27
A310-300 Airbus	150 000 77 037	47.0	1.42	42 13	49 14	58 17	66 20	44 15	49 15	59 16	76 24
A310-300 Airbus	157 000 78 900	47.4	1.49	45 14	54 15	63 18	71 22	47 15	53 15	64 16	81 25
A320-100 Airbus Dual	66 000 37 203	47.1	1.28	37 19	40 20	42 21	44 23	33 18	34 18	38 19	44 22
A320-100 Airbus Dual	68 000 39 700	47.1	1.34	39 20	41 22	43 23	45 24	35 19	36 19	40 20	46 23
A320-100 Airbus Dual Tender	68 000 40 243	47.1	1.12	18 9	21 10	24 12	28 14	18 9	19 10	23 11	32 14

Aircraft type	All-up mass (kg)	Load on one main gear leg (%)	Tire pressure (MPa)	ACN FOR RIGID PAVEMENT SUBGRADES - MN/m ³				ACN FOR FLEXIBLE PAVEMENT SUBGRADES - CBR			
				High 150	Medium 80	Low 40	Ultra-low 20	High 15	Medium 10	Low 6	Very Low 3
				5	6	7	8	9	10	11	12
A320-200	73 500	47.0	1.45	44	46	48	50	38	40	44	50
Airbus Dual	39 748			20	22	23	25	19	19	20	24
A320-200	73 500	47.0	1.21	18	22	26	30	19	21	26	35
Airbus Dual Tander	40 291			9	10	11	13	9	10	11	14
BAC 1-11	39 690	47.5	0.93	25	26	28	29	22	24	27	29
Series 400	22 498			13	13	14	15	11	12	13	15
BAC 1-11	44 679	47.5	0.57	22	25	27	28	19	24	28	31
Series 475	23 451			10	11	12	13	9	10	12	15
BAC 1-11	47 400	47.5	1.08	32	34	35	36	29	30	33	35
Series 500	24 757			15	16	16	17	13	13	15	17
BAe 146	37 308	46.0	0.80	18	20	22	23	17	18	20	24
Series 100	23 000			10	11	12	13	10	10	11	13
BAe 146	37 308	46.0	0.52	16	18	19	21	13	16	19	23
Series 100	23 000			9	10	11	12	8	9	11	13
BAe 146	40 600	47.1	0.88	22	23	25	26	19	21	23	27
Series 200	23 000			11	12	13	14	10	10	11	13
BAe 146	40 600	47.1	0.61	19	21	23	24	16	20	22	27
Series 200	23 000			10	11	12	12	8	10	11	13
B707-120B	117 027	46.7	1.17	28	33	39	46	31	34	41	54
	57 833			12	12	15	17	13	14	15	20
B707-320B	148 778	46.0	1.24	38	46	54	62	42	47	57	72
	64 764			13	14	17	20	15	15	17	22
B707-320C (Freighter)	152 407	46.7	1.24	40	48	57	66	44	49	60	76
	61 463			13	14	16	19	14	15	17	21
B707-320C (Convertible)	152 407	46.7	1.24	40	48	57	66	44	49	60	76
	67 269			14	15	18	21	16	17	19	24
B707-320/420	143 335	46.0	1.24	36	43	52	59	40	44	54	69
	64 682			13	14	17	20	15	15	17	22
B720	104 326	47.4	1.00	25	30	37	42	29	31	39	51
	50 258			10	11	13	16	11	12	14	18
B720 B	106 594	46.4	1.00	25	30	37	42	29	31	39	51
	52 163			10	11	13	16	11	12	14	18
B727-100	77 110	47.6	1.14	46	48	51	53	41	43	49	54
	41 322			22	23	25	26	20	20	22	26
B727-100C	73 028	47.8	1.09	43	45	48	50	39	40	46	51
	41 322			22	23	25	26	20	21	22	26

Aircraft type	All-up mass (kg)	Load on one main gear leg (%)	Tire pressure (MPa)	ACN FOR RIGID PAVEMENT SUBGRADES - MN/m ³				ACN FOR FLEXIBLE PAVEMENT SUBGRADES - CBR			
				High 150	Medium 80	Low 40	Ultra-low 20	High 15	Medium 10	Low 6	Very low 3
				5	6	7	8	9	10	11	12
B727-200 (Standard)	78 471 44 293	48.5	1.15	48 24	50 26	53 27	56 29	43 22	45 23	51 25	56 29
B727-200 (Advanced)	84 005 44 270	48.0	1.02	49 23	52 24	55 26	58 28	45 21	48 22	55 24	60 29
B727-200 (Advanced)	86 636 44 347	47.7	1.06	51 23	54 25	58 26	60 28	47 22	50 22	56 24	61 28
B727-200 (Advanced)	89 675 44 470	46.9	1.15	54 23	57 25	60 27	62 28	49 21	51 22	58 24	63 28
B727-200 (Advanced)	95 254 45 677	46.5	1.19	58 24	61 25	64 27	67 29	52 22	55 22	62 25	66 29
B737-100	44 361 26 581	46.2	0.95	23 12	24 13	26 14	27 15	20 12	22 12	24 13	28 15
B737-200	45 722 27 170	46.4	0.97	24 13	25 14	27 15	29 16	22 12	23 12	26 14	30 16
B737-200	52 616 27 125	45.5	1.14	29 13	31 14	32 15	34 16	26 12	27 12	30 13	34 15
B737-200	52 616 27 125	45.5	0.66	24 11	26 12	28 13	30 14	21 10	25 11	29 13	34 15
B737-200/200C (Advanced)	53 297 29 257	46.4	1.16	30 15	32 16	34 17	35 18	27 14	28 14	31 15	36 17
B737-200/200C (Advanced)	56 699 28 985	46.3	1.23	33 15	34 16	36 17	38 18	29 14	30 14	34 15	38 17
B737-200 (Advanced)	58 332 29 620	46.0	1.25	34 15	36 16	38 17	39 18	30 14	31 14	35 15	39 17
B737-300	61 462 32 904	45.9	1.34	37 18	39 18	41 20	42 21	32 16	33 16	37 17	41 20
B737-300	61 462 32 904	45.9	1.14	35 17	37 18	39 19	41 20	31 15	33 16	37 17	41 20
B737-400	64 864 33 643	46.9	1.44	41 19	43 20	45 21	47 22	35 16	37 17	41 18	45 21
B737-500*	60 781 31 312	46.1	1.34	37 17	38 17	40 19	42 19	32 15	33 15	37 16	41 19
B747-100	323 410 162 385	23.4	1.50	41 17	48 19	57 22	65 25	44 19	48 20	58 22	77 28
B747-100B	334 749 173 036	23.1	1.56	43 18	50 20	59 24	68 28	46 20	50 21	60 24	80 30

* Preliminary data

Aircraft type	All-up mass (kg)	Load on one main gear leg (%)	Tire pressure (MPa)	ACN FOR RIGID PAVEMENT SUBGRADES - MN/m ³				ACN FOR FLEXIBLE PAVEMENT SUBGRADES - CBR			
				High 150	Medium 80	Low 40	Ultra- low 20	High 15	Medium 10	Low 6	Very low 3
				5	6	7	8	9	10	11	12
B747-100B	341 553 171 870	23.1	1.32	41 17	49 19	58 22	68 26	46 20	51 21	62 23	82 30
B747-100B SR	260 362 164 543	24.1	1.04	27 16	32 17	40 21	47 25	33 19	36 20	43 23	59 30
B747SP	302 093 147 716	22.9	1.30	35 14	42 16	51 19	59 22	40 17	44 17	52 19	71 25
B747SP	318 881 147 996	21.9	1.40	37 14	44 15	52 18	60 21	41 16	45 17	54 18	72 23
B747-200B	352 893 172 886	23.6	1.37	45 18	53 20	64 24	73 28	50 21	55 22	67 24	88 31
B747-200C	373 305 166 749	23.1	1.30	46 16	55 18	66 21	76 25	52 19	57 20	70 22	92 29
B747-200F/300	379 201 156 642	23.2	1.39	47 16	57 17	68 20	78 24	53 18	59 19	73 21	94 26
B747-400	395 987 178 459	23.4	1.41	53 19	63 21	75 25	85 29	57 21	64 22	79 25	101 32
B757-200	109 316 60 260	45.2	1.17	27 12	32 14	38 17	44 19	29 14	32 14	39 17	52 22
B767-200	143 789 78 976	46.2	1.31	33 15	38 17	46 20	54 24	37 18	40 19	47 21	65 26
B767-200-ER	159 755 80 853	46.9	1.21	37 16	44 18	54 21	63 25	43 19	47 19	57 22	77 28
B767-300	159 665 86 070	47.5	1.21	38 17	45 19	54 23	63 27	43 20	48 21	58 24	78 32
B767-300-ER	172 819 87 926	46.9	1.31	43 18	51 20	61 24	71 28	48 21	53 22	65 24	86 32
B767-300-ER	185 520 88 470	46.0	1.38	47 18	56 20	66 24	76 28	51 21	57 22	70 24	92 31
Caravelle Series 10	52 000 29 034	46.1	0.75	15 7	17 8	20 9	22 10	15 7	17 7	19 9	23 11
Caravelle Series 12	55 960 31 800	46.0	0.88	16 8	19 9	22 10	25 12	17 8	19 9	21 10	26 12
Concorde	185 066 78 698	48.0	1.26	61 21	71 22	82 25	91 29	65 21	72 22	81 26	98 32
Canadair CL 44	95 708 40 370	47.5	1.12	25 9	30 10	35 11	40 13	27 9	30 10	36 11	47 14

Aircraft type	All-up mass (kg)	Load on one main gear leg (%)	Tire pressure (MPa)	ACN FOR RIGID PAVEMENT SUBGRADES - MN/m ³				ACN FOR FLEXIBLE PAVEMENT SUBGRADES - CBR			
				Ultra-low							
				High 150	Medium 80	Low 40	low 20	High 15	Medium 10	Low 6	Very low 3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Convair 880 M	87 770 40 195	46.6	1.03	26 9	31 10	36 12	41 14	27 10	31 10	36 12	44 15
Convair 990	115 666 54 685	48.5	1.28	41 15	48 17	54 19	60 22	40 15	45 16	53 19	64 24
DC-3	11 430 7 767	46.8	0.31	6 4	7 5	7 5	7 5	4 3	6 4	8 5	9 6
DC-4	33 113 22 075	46.8	0.53	13 8	15 9	17 10	18 11	11 7	14 9	16 10	20 12
DC-8-43	144 242 61 919	46.5	1.22	41 15	49 16	57 18	65 21	43 15	49 16	59 18	74 23
DC-8-55	148 778 62 716	47.0	1.30	45 15	53 16	62 19	69 22	46 15	53 16	63 18	78 24
DC-8-61/71	148 778 68 992	48.0	1.30	46 17	54 19	63 22	71 25	48 18	54 19	64 21	80 28
DC-8-62/72	160 121 65 025	46.5	1.29	47 15	56 16	65 19	73 22	49 16	56 16	67 18	83 24
DC-8-63/73	162 386 72 002	47.6	1.34	50 17	60 19	69 23	78 26	52 18	59 19	71 22	87 29
DC-9-15	41 504 22 300	46.2	0.90	23 11	25 12	26 13	28 14	21 10	22 11	26 12	28 14
DC-9-21	45 813 23 879	47.2	0.98	27 12	29 13	30 14	32 15	24 11	26 12	29 13	32 15
DC-9-32	49 442 25 789	46.2	1.07	29 14	31 15	33 15	34 16	26 12	28 13	31 14	34 16
DC-9-41	52 163 27 821	46.7	1.10	32 15	34 16	35 17	37 18	28 13	30 14	33 15	37 18
DC-9-51	55 338 29 336	47.0	1.17	35 17	37 17	39 18	40 19	31 15	32 15	36 16	39 19
MD-81	63 957 35 571	47.8	1.17	41 20	43 21	45 23	46 24	36 18	38 19	43 21	46 24
MD-82/88	68 266 35 629	47.6	1.27	45 21	47 22	49 24	50 25	39 18	42 19	46 20	50 24
MD-83	73 023 36 230	47.4	1.34	49 21	51 22	53 24	55 25	42 18	46 19	50 21	54 24
MD-87	68 266 33 965	47.4	1.27	45 19	47 21	49 22	50 23	39 17	42 18	46 19	50 22

Part 3.- Pavements

Aircraft type	All-up mass (kg)	Load on one main gear leg (%)	Tire pressure (MPa)	ACN FOR RIGID PAVEMENT SUBGRADES - MN/m ³				ACN FOR FLEXIBLE PAVEMENT SUBGRADES - CER			
				High 150	Medium 80	Low 40	Ultra- low 20	High 15	Medium 10	Low 6	Very low 3
				5	6	7	8	9	10	11	12
DC-10-10	<u>196 406</u> 108 940	47.2	1.28	<u>45</u> 23	<u>52</u> 25	<u>63</u> 28	<u>73</u> 33	<u>52</u> 26	<u>57</u> 27	<u>68</u> 30	<u>93</u> 38
DC-10-10	<u>200 942</u> 105 279	46.9	1.31	<u>46</u> 22	<u>54</u> 24	<u>64</u> 27	<u>75</u> 31	<u>54</u> 24	<u>58</u> 25	<u>69</u> 28	<u>96</u> 36
DC-10-15	<u>207 746</u> 105 279	46.7	1.34	<u>48</u> 22	<u>56</u> 24	<u>67</u> 27	<u>74</u> 31	<u>55</u> 24	<u>61</u> 25	<u>72</u> 28	<u>100</u> 36
DC-10-30/40	<u>253 105</u> 120 742	37.7	1.17	<u>44</u> 20	<u>53</u> 21	<u>64</u> 24	<u>75</u> 28	<u>53</u> 22	<u>59</u> 23	<u>70</u> 25	<u>97</u> 32
DC-10-30/40	<u>260 816</u> 124 058	37.6	1.21	<u>46</u> 20	<u>55</u> 21	<u>67</u> 25	<u>78</u> 29	<u>56</u> 23	<u>61</u> 23	<u>74</u> 26	<u>101</u> 33
DC-10-30/40	<u>268 981</u> 124 058	37.9	1.24	<u>49</u> 20	<u>59</u> 21	<u>71</u> 25	<u>83</u> 29	<u>59</u> 23	<u>64</u> 23	<u>78</u> 26	<u>106</u> 33
MD-11	<u>274 650</u> 127 000	39.2	1.41	<u>56</u> 23	<u>66</u> 25	<u>79</u> 28	<u>92</u> 32	<u>64</u> 25	<u>70</u> 26	<u>85</u> 29	<u>114</u> 37
DCH 7 DASH 7	<u>19 867</u> 11 793	46.8	0.74	<u>11</u> 6	<u>12</u> 6	<u>13</u> 7	<u>13</u> 7	<u>10</u> 5	<u>11</u> 6	<u>12</u> 6	<u>14</u> 8
FOKKER 27 Mk500	<u>19 777</u> 11 879	47.5	0.54	<u>10</u> 5	<u>11</u> 6	<u>12</u> 6	<u>12</u> 7	<u>8</u> 4	<u>10</u> 5	<u>12</u> 6	<u>13</u> 7
FOKKER 50 HTP	<u>20 820</u> 12 649	47.8	0.59/ 0.55	<u>10</u> 6	<u>11</u> 6	<u>12</u> 7	<u>13</u> 7	<u>8</u> 5	<u>10</u> 5	<u>12</u> 6	<u>14</u> 8
FOKKER 50 LTP	<u>20 820</u> 12 649	47.8	0.41	<u>9</u> 5	<u>10</u> 5	<u>11</u> 6	<u>12</u> 7	<u>6</u> 4	<u>9</u> 5	<u>11</u> 6	<u>14</u> 8
FOKKER 28 Mk1000LTP	<u>29 484</u> 15 650	46.3	0.58	<u>14</u> 6	<u>15</u> 7	<u>17</u> 8	<u>18</u> 9	<u>11</u> 5	<u>14</u> 6	<u>16</u> 7	<u>19</u> 9
FOKKER 28 Mk1000HTP	<u>29 484</u> 16 550	46.3	0.69	<u>15</u> 8	<u>16</u> 8	<u>18</u> 9	<u>18</u> 10	<u>13</u> 6	<u>15</u> 7	<u>17</u> 8	<u>20</u> 10
FOKKER 100	<u>44 680</u> 24 375	47.8	0.98	<u>28</u> 13	<u>29</u> 14	<u>31</u> 15	<u>32</u> 16	<u>25</u> 12	<u>27</u> 13	<u>30</u> 14	<u>32</u> 16
HS125-400A -400B	<u>10 600</u> 5 683	45.5	0.77	<u>6</u> 3	<u>6</u> 3	<u>7</u> 6	<u>7</u> 3	<u>5</u> 2	<u>5</u> 3	<u>6</u> 3	<u>7</u> 3
HS125-600A -600B	<u>11 340</u> 5 683	45.5	0.83	<u>7</u> 3	<u>7</u> 3	<u>7</u> 3	<u>8</u> 3	<u>5</u> 2	<u>6</u> 3	<u>7</u> 3	<u>8</u> 3
HS748	<u>21 092</u> 12 183	43.6	0.59	<u>10</u> 5	<u>11</u> 5	<u>11</u> 6	<u>12</u> 6	<u>8</u> 4	<u>9</u> 5	<u>11</u> 6	<u>13</u> 7
IL-62	<u>162 600</u> 66 400	47.0	1.08	<u>42</u> 14	<u>50</u> 15	<u>60</u> 18	<u>69</u> 20	<u>47</u> 16	<u>54</u> 17	<u>64</u> 18	<u>79</u> 24

Aircraft type	All-up mass (kg)	Load on one main gear leg (%)	Tire pressure (MPa)	ACN FOR RIGID PAVEMENT SURGRADES - MN/m ³				ACN FOR FLEXIBLE PAVEMENT SURGRADES - CBR			
				Ultra-							
				High 150	Medium 80	Low 40	low 20	High 15	Medium 10	Low 6	Very low 3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
IL-62M	168 000	47.0	1.08	43	52	62	71	50	57	67	83
	71 400			16	17	19	22	17	18	20	26
IL-76T	171 000	23.5	0.64	38	38	38	39	37	40	45	53
	83 800			11	14	16	16	15	16	18	22
IL-86	209 500	31.2	0.88	25	31	38	46	34	36	43	61
	111 000			13	14	16	19	16	17	19	23
L-100-20	70 670	48.2	0.72	30	33	36	38	27	31	33	38
	34 205			14	15	16	17	12	14	15	16
L-100-30	70 670	48.4	0.72	30	33	36	38	27	31	33	39
	34 701			14	15	16	17	12	14	15	17
L-1011-1	195 952	47.4	1.33	45	52	62	73	52	56	66	91
	108 862			24	25	28	33	25	27	29	38
L-1011 -100/200	212 281	46.8	1.21	46	55	66	78	56	61	73	100
	110 986			23	24	28	32	25	26	30	38
L-1011 -500	225 889	46.2	1.27	50	59	72	84	60	65	79	107
	108 924			23	24	27	31	25	26	28	36
Trident 1E	61 160	46.0	1.03	32	34	37	39	23	24	27	32
	33 203			15	16	17	18	10	11	12	15
Trident 2E	65 998	47.0	1.07	37	39	42	44	26	28	31	36
	33 980			16	17	18	19	11	12	13	16
Trident 3	68 266	45.5	1.14	37	40	42	44	26	28	31	36
	39 060			18	19	21	22	13	14	15	18
TU-134A	47 600	45.6	0.83	11	13	16	19	12	13	16	21
	29 350			7	8	9	10	7	8	9	12
TU-154B	98 000	45.1	0.93	19	25	32	38	20	24	30	38
	53 500			8	10	13	17	10	11	13	18
VC10-1150	151 953	48.3	1.01	38	46	56	65	44	50	61	77
	71 940			16	17	20	23	17	18	21	27

- END -

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2
ΠΙΝΑΚΕΣ ΤΙΜΩΝ PCN ΑΠΟ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ

ΠΙΝΑΚΕΣ ΤΙΜΩΝ PCN ΑΠΟ ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ

• ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΕΤΡΩΝ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ ΠΡΟΤΑΣΗΣ

	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Α	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Β
ΜΕΤΡΑ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ	4000-6000 MPa	6000-8000 MPa
ΜΕΤΡΑ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ ΒΑΣΗΣ	400-600 MPa	600-800 MPa

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΛΟΓΩΝ ΠΑΧΩΝ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣ ΒΑΣΗ 1/2

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΑΧΟΣ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Β PCN			ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Α PCN		
	CBR(%)			CBR(%)		
	6%	10%	15%	6%	10%	15%

480	29	26	24	43	42	42
	26	24	24	36	38	39
	31	28	28	46	46	46
	29	29	28	46	42	42
510	29	28	26	55	46	42
	31	26	24	43	42	39
	31	30	31	50	54	52
		28	26	50	46	42
540	31	28	28	50	54	48
	33	26	24	46	45	42
	29	32	26	48	59	46
		30	28	63	54	52
550	31	28	26	50	49	44
570	29	28	26	50	46	42
	36	40	40	65	61	55
	36	32	31	62	51	46
600	39	32	29	62	51	55
	31	28	28	50	54	52
	43	38	39	79	65	63
	36	38	36	79	65	60

620	36	45	43	79	65	60
630	33	30	31	55	55	55
	43	42	39	72	72	65
640	33	32	36	72	61	55
650	36	32	39	79	65	60
660	33	32	33	62	61	55
	46	46	42	81	64	59
	46	43	39	72	72	65
	43	38	42	72	72	65
690	36	38	36	72	65	65
	50	53	52			
700	58	54	53	81	64	59
720	46	42	39	81	72	
	43	42	39	79		
	64	59	55			
750	71	59	52	78		
	46	42	42			
	71	61	55			
	71	46	52			
780	65	59	60			

810	71	65	60			
840	72	61	55			
850	72	72	59			
900	75	72	65			

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΛΟΓΩΝ ΠΑΧΩΝ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣ ΒΑΣΗΣ 1/3

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΑΧΟΣ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Α			ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Β		
	PCN			PCN		
	CBR			CBR		
	6%	10%	15%	6%	10%	15%
480	26	26	24	36	42	39
		26	24	36	38	39
520	29	26	24	46	45	42
	26	22	21	36	38	36
	29	28	26	50	46	42
	29	26	26	43	42	39
530		26	24	46	42	42
560	29	26	24	46	42	39
	26	30	28	53	42	39
	31	28	24	50	53	48
	31			43	38	39
580	29	26	24	50	46	42

600	33	30	31	46	53	46
	33	30	28	60	59	52
				46	46	42
620	31	28	26	64	54	48
640	31	28	26	64	54	48
	31	28	26	50	54	52
	29	26	24	63	46	42
	36	32	31	50	61	55
	33	30	28	62	46	42
				50		
680	33	30	28	64	59	46
	29	28	26	50	53	48
	43	38	36	72	61	55
	36	32	31	71	51	46
720	36	32	31	62	65	60
	31	28	26	64	59	52
	43	38	36	79	70	65
	43	38	36	71	56	60
760	33	30	30	71	54	48
	46	42	39	81	72	65
	43	38	36	72	65	65
800	43	38	39	81	72	65
	37	32	31	79	65	60
	46	46	42	81	72	65
	46	42	39			
840	46	42	39	81	72	65
			46			

880	53	46	44	81	72	65
	64	59	46	81	72	65
	50	46	42			
	63	53	46			
920	64	54	48			

Ακολουθούν οι πίνακες με τους υπολογισμούς για σύγκριση των μεθόδων. Σε κάθε διατομή αναφέρονται διαδοχικά τα πάχη ασφαλτικής βάσης και υπόβασης σε χιλιοστά.

• ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΑΓΓΛΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟ

ΔΙΑΤΟΜΗ	CBR	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ		
		ΧΑΜΗΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	
			Μονός διπλός τροχός	ή Διπλό ζεύγος τροχών
120/200/130	6%	15	11	12
	10%	19	12	13
	15%	32	22	23
120/200/180	6%	19	11	11
	10%	35	22	22

	15%	30	20	21
150/200/200	6%	29	20	21
	10%	50	35	37
	15%	55	40	42
200/200/200	6%	38	27	29
	10%	52	39	41
	15%	72	52	54
200/200/250	6%	49	32	35
	10%	65	46	49
	15%	94	67	70
250/200/250	6%	55	40	41
	10%	75	55	58
	15%	108	70	73

250/250/250	6%	51	37	41
	10%	75	55	58
	15%	125	89	94
300/250/250	6%	48	34	42
	10%	85	60	62
	15%	109	75	110
300/250/300	6%	63	45	46
	10%	99	70	72
	15%	110	105	110
300/300/300	6%	60	42	44
	10%	107	75	79
	15%	110	110	110

• ΠΙΝΑΚΑΣ 7.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΦΑΑ

ΔΙΑΤΟΜΗ	CBR		
	6%	10%	15%
120/200/130	13	18	15
120/200/180	26	25	35
150/200/200	25	27	35
200/200/200	22	35	35
200/200/250	26	38	62
250/200/250	28	46	62
250/250/250	30	49	66
300/250/250	43	56	66
300/250/300	45	60	66
300/300/300	48	61	66

• ΠΙΝΑΚΑΣ 7.4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΓΑΛΛΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟ

ΔΙΑΤΟΜΗ	CBR		
	6%	10%	15%
120/200/130	17	32	42
120/200/180	20	35	48
150/200/200	27	47	52
200/200/200	37	59	66
200/200/250	40	73	66
250/200/250	55	73	66

250/250/250	63	73	66
300/250/250	71	73	66
300/250/300	71	73	66
300/300/300	82	73	66

- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.5 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΤΗΝ FAA ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟ ΠΑΧΟΣ ΒΑΣΗΣ ΚΑΙ ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΟ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΑΧΟΣ	PCN		
	CBR		
	6%	10%	15%
550	19	26	50
600	23	33	50
650	24	37	62
700	28	46	62
750	31	47	66
800	35	55	66

- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.6 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΓΑΛΛΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟ ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟ ΠΑΧΟΣ ΒΑΣΗΣ ΚΑΙ ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΟ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΑΧΟΣ	PCN		
	CBR		
	6%	10%	15%
550	37	57	66
600	42	75	66
650	58	75	66
700	65	75	66
750	81	75	66
800	81	75	66

- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.7 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΑΓΓΛΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟ ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟ ΠΑΧΟΣ ΒΑΣΗΣ ΚΑΙ ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΟ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΑΧΟΣ	PCN		
	CBR		
	6%	10%	15%
550	22	35	51
600	31	40	62
650	34	48	72
700	41	50	78
750	41	58	90
800	42	64	110

- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.8 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΦΑΑ ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟ ΠΑΧΟΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΟ ΒΑΣΗΣ

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΑΧΟΣ	PCN		
	CBR		
	6%	10%	15%
450	11	23	30
500	12	24	42
550	19	26	50
600	23	33	50
650	24	37	62
700	28	46	62
750	31	47	66

- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.9 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΓΑΛΛΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟ ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟ ΠΑΧΟΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΟ ΒΑΣΗΣ

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΑΧΟΣ	PCN		
	CBR		
	6%	10%	15%
450	26	43	55
500	30	49	66

550	37	57	66
600	42	75	66
650	42	75	66
700	54	75	66
750	58	75	66

- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.10 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΑΓΓΛΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟ ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟ ΠΑΧΟΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΟ ΒΑΣΗΣ

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΑΧΟΣ	PCN		
	CBR		
	6%	10%	15%
450	19	23	33
500	19	35	45
550	19	38	52
600	33	45	60
650	38	53	65
700	38	53	78
750	40	55	94

- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.11 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΓΑΛΛΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟ ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΑΧΟΣ

ΠΑΧΗ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΒΑΣΗΣ	PCN		
	CBR		
	6%	10%	15%
120/480	38	59	66
150/450	44	63	66
170/430	49	67	66
200/400	49	67	66
220/380	50	70	66
250/350	54	75	66
270/330	56	76	66

- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.12 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΤΗΝ FAA ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΑΧΟΣ

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΑΧΟΣ	PCN		
	CBR		
	6%	10%	15%
600	23	33	50

- ΠΙΝΑΚΑΣ 7.13 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΑΧΟΣ ΣΤΗΝ ΑΓΓΛΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟ.

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΑΧΟΣ	PCN		
	CBR		
	6%	10%	15%
600	31	41	63

- ΠΙΝΑΚΑΣ 9.1 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΝΝΑΛΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΤΑΣΗ ΓΙΑ ΤΙΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΤΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ 7.2, 7.3, 7.4

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΑΧΟΣ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Α			ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Β		
	CBR(%)			CBR(%)		
	6	10	15	6	10	15
450	24	23	23	39	40	35
500	26	23	23	47	45	42
550	30	29	28	53	50	45
600	34	31	30	60	55	50
650	40	34	33	69	61	55
700	45	42	40	75	67	59
750	50	46	43	82	76	65
800	60	55	51	89	82	70
850	63	59	54	96	88	75
900	75	70	65	103	94	81

- ΠΙΝΑΚΑΣ 9.2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΤΑΣΗ ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟ ΠΑΧΟΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ 15 εκ. ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Α

Συνολικό πάχος	CBR		
	6%	10%	15%
450	27	25	25
500	28	25	25
550	29	26	25
600	30	28	25
650	31	29	26

- ΠΙΝΑΚΑΣ 9.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΗ ΒΑΣΗ ΣΤΗΝ FAA

Πάχος ασφαλτικής/πρός πάχος ενοποιημένης βάσης/υπόβασης (mm)	CBR		
	6%	10%	15%
120/400	16	27	40
150/400	18	30	50
170/400	20	30	50
200/400	22	34	56
220/400	24	41	60

• ΠΙΝΑΚΑΣ 9.4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΗ ΒΑΣΗ ΣΤΗΝ ΓΑΛΛΙΚΗ

Πάχος ασφαλτικής/πρός πάχος ενοποιημένης βάσης/υπόβασης (mm)	CBR		
	6%	10%	15%
120/400	37	56	49
150/400	39	56	65
170/400	43	56	65
200/400	48	72	65
220/400	53	72	65

• ΠΙΝΑΚΑΣ 9.5 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΗ ΒΑΣΗ ΣΤΗΝ ΑΓΓΛΙΚΗ

Πάχος ασφαλτικής/πρός πάχος ενοποιημένης βάσης/υπόβασης (mm)	CBR		
	6%	10%	15%
120/400	18	30	42
150/400	22	35	51
170/400	26	37	58
200/400	31	40	62
220/400	33	45	68

• ΠΙΝΑΚΑΣ 9.6 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΗ ΒΑΣΗ ΣΤΗΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Α

Πάχος ασφαλτικής/πρός πάχος ενοποιημένης βάσης/υπόβασης (mm)	CBR		
	6%	10%	15%
120/400	28	25	21
150/400	30	26	23
170/400	34	30	28
200/400	37	34	33
220/400	39	35	34

• ΠΙΝΑΚΑΣ 9.7 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΑΧΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΓΑΛΛΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟ

Πάχος ασφαλτικής/πρός πάχος ενοποιημένης βάσης/υπόβασης (mm)	CBR		
	6%	10%	15%
150/450	44	63	66
170/430	49	67	66
200/400	49	67	66
220/380	50	70	66

- ΠΙΝΑΚΑΣ 9.8 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΑΧΟΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Α.

Πάχος ασφαλτικής/πρός πάχος ενοποιημένης βάσης/υπόβασης (mm)	CBR		
	6%	10%	15%
150/450	32	28	25
170/430	36	32	30
200/400	39	35	34
220/400	39	35	34

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ

ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ

TABLE IX-2
AIRCRAFT CHARACTERISTICS

Col (a)	Col (b)	Col (c)	Col (d)	Col (e)	Col (f)	Col (g)	Col (h)	Col (i)	Col (j)	Col (k)	Col (l)	Col (m)	Col (n)	Col (o)	Col (p)	Col (q)
AIRCRAFT COMPANY/MODEL	LANDING GEAR ASSEMBLY TYPE	MAXIMUM GROSS WEIGHT lb. x 10 ³	NOSE ASSEMBLY TYPE	TIRE SPACING in.	MAXIMUM GEAR WEIGHT lb. x 10 ³	MAXIMUM WEIGHT PER TIRE lb. x 10 ³	TIRE PRESSURE psi	MAIN ASSEMBLY TYPE	TIRE SPACING in.	MAXIMUM GEAR WEIGHT lb. x 10 ³	MAXIMUM WEIGHT PER TIRE lb. x 10 ³	TIRE PRESSURE psi	X ₁	X ₂	Y ₁	Y ₂
I BOEING	B747-400	853.0	(1)	36.0	51.8	25.9	205	(2)	44x58	200.3	50.1	200	180.5	63.5	78.11.5	89.0.5
	B747-200	836.0	(1)	36.0	60.4	30.2	188	(2)	44x58	193.9	48.5	201	180.5	63.5	78.11.5	89.0.5
	B747-200/300	778.0	(1)	36.0	42.8	21.4	196	(2)	44x58	183.8	46.0	199	180.5	63.5	78.11.5	89.0.5
	B747-100B/300	753.0	(1)	36.0	57.0	28.5	170	(2)	44x58	174.0	43.5	192	180.5	63.5	78.11.5	89.0.5
	B747-SP	703.0	(1)	36.0	86.6	43.3	209	(2)	43.25x54	154.1	38.5	205	180.5	63.5	78.11.5	89.0.5
	B747-100B/300SR	613.0	(1)	36.0	22.2	11.1	140	(2)	44x58	147.7	36.9	161	180.5	63.5	78.11.5	89.0.5
	B767-300	352.0	(1)	25.0	17.8	8.9	150	(2)	45x56	167.1	41.8	175	15.3	NA	74.8	NA
	B767-200ER	352.0	(1)	25.0	21.4	10.7	155	(2)	45x56	165.3	41.3	175	15.3	NA	64.7	NA
	B707-320C	336.0	(1)	22.0	26.0	13.0	115	(2)	34.5x56	157.0	39.3	180	110.6	NA	59.0	NA
	B707-320B	328.0	(1)	22.0	24.4	12.2	145	(2)	34.5x56	151.0	37.8	180	110.6	NA	59.0	NA
	B707-320/420	317.0	(1)	25.0	24.4	12.2	145	(2)	34.5x56	146.3	36.8	180	110.6	NA	59.0	NA
	B707-120B	316.0	(1)	22.0	25.0	12.5	115	(2)	34.5x56	145.5	36.4	180	110.6	NA	52.4	NA
	B727-200ADV	258.0	(1)	22.0	16.8	8.4	90	(2)	34x45	120.6	30.2	170	110.6	NA	52.4	NA
	B727-200	241.0	(1)	24.0	23.2	11.6	150	(2)	34x45	108.9	27.2	170	12.0	NA	60.0.3	NA
	B727-100	210.0	(1)	24.0	14.8	7.4	100	(1)	34	97.6	48.8	173	94.5	NA	63.3	NA
	B727-100	173.0	(1)	24.0	5.2	2.6	100	(1)	34	83.9	42.0	167	94.5	NA	63.3	NA
	B737-300	170.0	(1)	24.0	8.0	4.0	100	(1)	34	81.0	40.5	165	94.5	NA	53.3	NA
	B737-200ADV	135.5	(1)	15.0	11.1	5.6	165	(1)	30.5	62.2	31.1	165	87	NA	40.10	NA
	B737-200ADV	128.6	(1)	15.0	10.4	5.2	140	(1)	30.5	59.1	29.6	182	87	NA	37.4	NA
	B737-200	116.0	(1)	15.0	10.4	5.2	145	(1)	30.5	52.8	26.4	166	87	NA	37.4	NA
	B737-100	111.0	(1)	15.0	9.0	4.5	145	(1)	30.5	51.0	25.5	157	87	NA	34.4	NA
II McDONNELL-DOUGLAS	DC-10-40/40CF	583.0	(1)	25.0	50.7	25.4	185	(2)	54x64	218.8	54.7	177	17.6	NA	72.4.6	NA
	DC-10-30/30CF	583.0	(1)	25.0	50.7	25.4	185	(1)	54x64	218.8	54.7	177	17.6	NA	72.4.6	NA
DC-10-10/10CF	DC-8-73/73F(DC-8-63/63F)	458.0	(1)	24.0	30.6	15.3	165	(2)	54x64	213.7	53.4	195	17.6	NA	72.4.6	NA
	DC-8-72/72F(DC-8-62/62F)	358.0	(1)	18.5	13.8	6.9	143	(2)	32x55	172.1	43.0	196	10.5	NA	77.6	NA
	DC-8-71/71F(DC-8-61/61F)	353.0	(1)	18.5	17.4	8.7	168	(2)	32x55	167.8	42.0	191	10.5	NA	60.10	NA
	DC-8-55/55F	331.0	(1)	18.5	13.2	6.6	118	(2)	30x55	158.9	39.7	190	10.5	NA	77.6	NA
	DC-8-43/43F	328.0	(1)	18.5	17.4	8.7	171	(2)	30x55	155.3	38.8	186	10.5	NA	57.6	NA
	MD-83	318.0	(1)	18.5	22.0	11.0	162	(2)	30x55	148.0	37.0	177	10.5	NA	57.6	NA
	MD-82	161.0	(1)	14.0	8.4	4.2	170	(1)	28.13	76.3	38.2	195	8.4.1	NA	72.5.1	NA
	MD-81	150.5	(1)	14.0	7.5	3.8	155	(1)	28.13	71.5	35.8	184	8.4.1	NA	72.5.1	NA
	MD-87	141.0	(1)	14.0	6.2	3.1	155	(1)	28.13	67.4	33.7	170	8.4.1	NA	72.5.1	NA
	DC-9-51	141.0	(1)	14.0	6.2	3.1	155	(1)	28.13	67.4	33.7	170	8.4.1	NA	72.5.1	NA
III AIRBUS INDUSTRIE	A300-C4	366.0	(1)	24.6	26.0	13.0	131	(2)	38.5x60	170.0	42.5	180	15.9	NA	61.0.6	NA
	A300-B4	349.0	(1)	24.6	23.0	11.5	131	(2)	38.5x60	163.0	40.8	206	15.9	NA	61.0.6	NA
	A310-300	339.3	(1)	24.6	19.7	9.9	158	(2)	36.5x55	159.8	40.0	203	15.9	NA	49.11.2	NA
	A300-B2	315.0	(1)	24.6	21.0	10.5	125	(2)	36.5x55	147.0	36.8	180	15.9	NA	61.0.6	NA
IV BRITISH AEROSPACE	A310-200	293.0	(1)	24.6	19.0	9.5	139	(2)	36.5x55	137.0	34.3	172	15.9	NA	49.11.2	NA
	CONCORDE	412.0	(1)	21.1	14.2	7.1	174	(2)	26.72x65.7	198.9	49.7	187	12.8	NA	59.8	NA
	BAC 1-11-500	100.0	(1)	13.7	5.0	2.5	115	(1)	21	47.5	23.8	174	7.1.5	NA	48.5	NA
	BAe 146-200	90.0	(1)	16.3	5.6	2.8	135	(1)	28	42.2	21.1	165	7.9	NA	36.9	NA
V LOCKHEED	BAe 146-100	82.8	(1)	16.3	6.6	3.3	135	(1)	28	38.1	19.1	130	7.9	NA	33.1	NA
	L-1011-500	498.0	(1)	25.0	38.0	19.0	220	(2)	52x70	230.0	57.5	184	18.0	NA	61.8	NA
	L-1011-100(200)	468.0	(1)	25.0	30.0	15.0	180	(2)	52x70	219.0	54.8	175	18.0	NA	70.0	NA
	L-1011-1	432.0	(1)	24.0	23.8	11.9	200	(2)	52x70	204.1	51.0	180	18.0	NA	70.0	NA
L-100-30	L-100-30	155.8	(1)	22.0	5.2	2.6	60	(7)	60.5	75.3	37.7	105	7.1.5	NA	40.5	NA
	L-100-20	155.8	(1)	22.0	5.6	2.8	60	(7)	60.5	75.3	37.7	105	7.1.5	NA	40.5	NA
	ELECTRA 1-188	116.0	(1)	16.0	6.0	3.0	90	(1)	26	55.0	27.5	151	15.7	NA	37.1	NA

NOTES: (1) See Figure IX-3 for aircraft assembly type legend

(2) See Figure IX-4 for gear assembly type legend

(3) See Figure IX-5 for explanation of X, Y values of aircraft gear layout

(4) Dimensions shown for tire spacings in Table IX-2 are center-to-center of the tires or axles, depending on direction
Dimensions are shown in the alphabetical order noted in Figure IX-4 for the respective assembly type

(5) Nose and Main gear weights are based on static condition. Maximum nose gear weights during braking conditions generally are in excess of those noted in Table IX-2

(6) Metric unit conversion factors applicable to this table are

Pound x 0.004448 = Kilonewton (kN)
Inch x 0.0254 = Metre (m)
Foot x 0.3048 = Metre (m)
psi x 0.0689476 = Kilonewton per square meter (kN/m²)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

- [1] Κ.Γ. Αμπακούμκιν "Αεροδρόμια", **εκδόσεις "Συμμετρία"**, Αθήνα 1990.
- [2] Α. Λοΐζος, Κ. Αμπακούμκιν, Γ. Χαρωνίτης, "Αξιοπιστία της μεθόδου ACN-PCN, στα Πλαίσια της Δομικής Αξιολόγησης Οδοστρωμάτων Αεροδρομίων", υπό δημοσίευση ερευνητική εργασία, **Τεχνικά Χρονικά, επιστημονική έκδοση ΤΕΕ, 1997.**
- [3] ICAO "Aerodrome Manual (Part 2 - Physical characteristics)" , **International Civil Aviation Organization, 1965.**
- [4] Κ.Γ. Αμπακούμκιν Α. Λοΐζος, " Δομική Αξιολόγηση Οδοστρωμάτων με την Μέθοδο ACN-PCN". **Εκδόσεις Ε.Μ.Π.** Αθήνα 1997.
- [5] W.I. Turbul, Engineer chief and R. G. Ahlvin, "Mathematical Expression of the CBR (California Bearing Ratio), Relations", **Flexible Pavements Branch, Waterways Experiment, Station Corps of Engineers, Vicksburg Mississippi USA November 1956.**
- [6] FAA Advisory Circular. " Standardized method of reporting Airport Pavement strength-PCN" . **Department of transportation (publications and forms section).** USA MAY 1983
- [7] Federal Aviation Administration, Advisory Circular "Airport Pavement Design and Evaluation" . **Department of transportation (publications and forms section),** USA, June 1995.
- [8] International Civil Aviation Organization "Aerodrome Design Manual " (Part 3 Pavements) {Chapter 4 , Appendix 3}. **ICAO Publications, 1983**
- [9] Directorate of Civil Engineering Services. "A Guide of Airfield Pavement Design and Evaluation" . **Property Services Agency, Department of the environment.** United Kingdom 1989
- [10] Asphalt Institute. " Thickness design of asphalt Pavements for Air carrier Airports". **Manual series No 11 . Third edition .** USA 1987

[11] G. Wiseman, J. Uzan , J. Greenstein. "Airfield Pavement Evaluation and Strengthening based on NDT (Non Destructive Tests) and aided by an EXPERT system". **Abstract , Civil Engineering, Technion, Israel Institute of Technology.** Haifa 1996