



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΜΑΘΗΜΑ : ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΟΔΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : Α. ΛΟΪΖΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΦΟΡΑ ΤΗΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΕΝΟΣ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟΥ



ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Η. ΜΑΦΟΥΝΗΣ

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2012

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον κ Ανδρέα Λοΐζο, επιβλέποντα καθηγητή της παρούσας εργασίας, για την ανάθεση του θέματος καθώς και για τη συνεχή και ουσιαστική καθοδήγησή του σε όλα τα στάδια εκπόνησής της.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην κα Αγγελική Αρμένη, επιστημονικό συνεργάτη του Εργαστηρίου Οδοποιίας του ΕΜΠ, για την πολύτιμη και διαρκή υποστήριξή της, καθώς και για την υπομονή που επέδειξε καθ' όλη τη διάρκεια συγγραφής της εργασίας.

Ακόμη, ευχαριστώ θερμά τον κ Δημήτρη Καλαμάτα για το χρόνο που αφιέρωσε για τη μελέτη και το σχολιασμό του κειμένου και τον κ Δημήτρη Τσιώτα, μαθηματικό, για τον έλεγχο των θεμάτων της παρούσας που άπτονται του γνωστικού του πεδίου. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τη συμπαράστασή της, καθώς και τους ανθρώπους του στενού περιβάλλοντός μου για την υποστήριξή τους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	- 9 -
ABSTRACT	- 10 -
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	- 12 -
1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ACN-PCN.....	- 16 -
1.1 Όρια Εφαρμογής της Μεθόδου.....	- 16 -
1.2 Ορισμός των ACN και PCN	- 16 -
1.3 Προσδιορισμός του PCN	- 18 -
1.3.1 Αριθμητική τιμή PCN	- 19 -
1.3.2 Τύπος οδοστρώματος	- 19 -
1.3.3 Κατηγορία εδάφους.....	- 20 -
1.3.4 Πίεση αεροθαλάμων τροχών	- 20 -
1.3.5 Μεθοδολογία υπολογισμού	- 21 -
1.4 Ρύθμιση ACN - Μεταβολή στην Πίεση των Αεροθαλάμων των Τροχών.....	- 22 -
1.5 Έλεγχος Φέρουσας Ικανότητας και Υπερφόρτωση Οδοστρώματος.....	- 24 -
1.6 Παραδοχές	- 25 -
2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ - ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΤΟΥ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟΥ	- 26 -
2.1 Γενικά.....	- 26 -
2.2 Διατομές.....	- 26 -
2.3 Εδαφοτεχνικά Στοιχεία	- 27 -
2.4 Ασφαλοσκυροδέματα.....	- 34 -
2.5 Σκυρόδεμα Δύσκαμπτων Οδοστρωμάτων Προδιαγραφής ΔΕ-7	- 35 -
2.6 Σύνθεση Κυκλοφορίας Αεροσκαφών	- 35 -
3 ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ FAA	- 38 -
3.1 Θεωρητικά Στοιχεία της Μεθόδου.....	- 38 -
3.1.1 Γενικά.....	- 38 -
3.1.2 Ταξινόμηση εδαφών.....	- 38 -

3.1.3	Κατηγορίες οδοστρωμάτων ανάλογα με το φορτίο	39 -
3.2	Υπολογισμός - Αναγωγή του δείκτη K του εδάφους.....	42 -
3.3	Τεχνική Μέθοδος Κατάταξης - Εφαρμογή.....	44 -
3.3.1	Επιλογή αεροσκάφους σχεδιασμού.....	44 -
3.3.2	Ισοδύναμη κυκλοφορία αεροσκαφών	46 -
3.3.3	Μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο κρίσιμου αεροσκάφους	48 -
3.3.4	Υπολογισμός του PCN - Συγκεντρωτικά αποτελέσματα	49 -
3.4	Παραδοχές	50 -
3.5	Προβλήματα κατά την Εφαρμογή της Μεθόδου.....	52 -
4	ΜΕΘΟΔΟΣ FAA.....	54 -
4.1	Θεωρητικά Στοιχεία της Μεθόδου.....	54 -
4.1.1	Γενικά.....	54 -
4.1.2	Παράγοντας alpha.....	55 -
4.1.3	Ισοδύναμη κυκλοφορία αεροσκαφών	56 -
4.2	Υπολογισμός - Αναγωγή του δείκτη K του εδάφους.....	62 -
4.3	Τεχνική Μέθοδος Κατάταξης - Εφαρμογή.....	63 -
4.3.1	Εύκαμπτο τμήμα κυρίως Δ/Π.....	63 -
4.3.2	Δύσκαμπτο τμήμα κυρίως Δ/Π	66 -
4.3.3	Εύκαμπτο τμήμα νότιου Π/Τ	69 -
4.3.4	Δύσκαμπτο τμήμα νότιου Π/Τ.....	71 -
4.3.5	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα	74 -
4.4	Μέθοδος του Χρησιμοποιούμενου Αεροσκάφους - Εφαρμογή.....	75 -
4.4.1	Υπολογισμός του ACN των Αεροσκαφών.....	75 -
4.4.2	Κυρίως Δ/Π	76 -
4.4.3	Νότιος Π/Τ.....	76 -
4.4.4	Βόρειος Π/Τ.....	77 -
4.4.5	Δάπεδο ΜΣΒ, δύσκαμπτοι ακραίοι συνδετήριοι τροχόδρομοι	78 -
4.4.6	Loop No 1	79 -

4.4.7	Loop No 2	- 79 -
4.4.8	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα	- 80 -
5	ΜΕΘΟΔΟΣ UK.....	- 82 -
5.1	Θεωρητικά Στοιχεία της Μεθόδου.....	- 82 -
5.1.1	Γενικά.....	- 82 -
5.1.2	Σύστημα τροχών του C-130	- 82 -
5.2	Αναγωγή του Δείκτη K του Εδάφους	- 83 -
5.3	Τεχνική Μέθοδος Κατάταξης - Εφαρμογή.....	- 85 -
5.3.1	Ισοδύναμη Κυκλοφορία Αεροσκαφών	- 85 -
5.3.2	Εύκαμπτο τμήμα του κυρίως Δ/Π και του νότιου Π/Τ	- 89 -
5.3.3	Δύσκαμπτο τμήμα του κυρίως Δ/Π και του νότιου Π/Τ	- 90 -
5.3.4	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα	- 90 -
5.4	Μέθοδος Βασισμένη στην Εμπειρία του Χρησιμοποιούμενου Αεροσκάφους - Εφαρμογή.....	- 91 -
5.5	Μέθοδος υπολογισμού του PCN με μετατροπή του LCN - Εφαρμογή	- 93 -
6	ΜΕΘΟΔΟΣ UFC	- 94 -
6.1	Γενικά.....	- 94 -
6.2	Υπολογισμός - Αναγωγή του Δείκτη K του Εδάφους	- 95 -
6.3	Κατάταξη με τη Μέθοδο της Αεροπορίας.....	- 96 -
6.3.1	Γενικά - Περιοχές κίνησης αεροσκαφών	- 96 -
6.3.2	Ομαδοποίηση αεροσκαφών	- 98 -
6.3.3	Μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο	- 99 -
6.3.4	Υπολογισμός της αριθμητικής τιμής του PCN.....	- 101 -
6.3.5	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα	- 103 -
6.4	Κατάταξη με τη Μέθοδο του Στρατού	- 104 -
6.4.1	Γενικά - Περιοχές κίνησης αεροσκαφών	- 104 -
6.4.2	Διελεύσεις που προσμετρώνται στην κυκλοφορία	- 106 -
6.4.3	Κρίσιμο αεροσκάφος	- 106 -

6.4.4	Ισοδύναμες διελεύσεις.....	106 -
6.4.5	Μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο	108 -
6.4.6	Υπολογισμός της αριθμητικής τιμής του PCN.....	111 -
6.4.7	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα	113 -
6.5	Κατάταξη με τη Μέθοδο του Ναυτικού (Navy & Marine Corps)	114 -
6.5.1	Γενικά - Περιοχές κίνησης αεροσκαφών	114 -
6.5.2	Ομαδοποίηση αεροσκαφών	116 -
6.5.3	Ισοδύναμες διελεύσεις.....	117 -
6.5.4	Μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο	118 -
6.5.5	Υπολογισμός της αριθμητικής τιμής του PCN.....	119 -
6.5.6	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα	123 -
7	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ	126 -
7.1	Γενικά.....	126 -
7.2	Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα.....	126 -
7.3	Διαγραμματική Αποτύπωση Αποτελεσμάτων	128 -
7.4	Εύρος Τιμών	132 -
7.5	Αποκλίσεις Τιμών.....	133 -
7.6	Αιτιολόγηση Αποκλίσεων.....	136 -
7.6.1	Τρόπος υπολογισμού K_{eff}	136 -
7.6.2	Λόγος P/C	138 -
7.6.3	Σύνθεση κυκλοφορίας	141 -
7.6.4	Κρίσιμο αεροσκάφος.....	143 -
7.6.5	Ισοδύναμες διελεύσεις.....	145 -
7.6.6	Διαμόρφωση του συστήματος τροχών.....	148 -
7.6.7	Ποσοστό του βάρους που παραλαμβάνει το κύριο σύστημα τροχών.....	151 -
7.6.8	Τμήμα φορτιζόμενης πλάκας.....	152 -
7.6.9	Κριτήρια διάρκειας ζωής οδοστρώματος	153 -
7.6.10	Ακρίβεια εφαρμογής μεθόδου.....	155 -

7.6.11	Διακριτές - Συνεχείς τιμές μεταβλητών.....	- 155 -
7.6.12	Άλλοι περιορισμοί.....	- 156 -
7.7	Εφαρμογή Μεθόδων υπό τις Ίδιες Αρχικές Συνθήκες	- 157 -
8	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ - ΕΠΙΛΟΓΗ PCN	- 160 -
8.1	Γενικά.....	- 160 -
8.2	Κρίση Μηχανικού - Απλοποίηση Αναφερόμενων Στοιχείων.....	- 160 -
8.3	Λήψη Απόφασης από το Φορέα του Αεροδρομίου	- 161 -
8.4	Ποιοτική Σύγκριση Μεθόδων (1 ^η Προσέγγιση).....	- 161 -
8.5	Επεξεργασία των Αποτελεσμάτων	- 168 -
8.5.1	Εφαρμογή Dixon's Q-test	- 168 -
8.5.2	Μέσος όρος τιμών PCN.....	- 169 -
8.5.3	Μέγιστες Τιμές PCN	- 175 -
8.5.4	Αποτελέσματα απόρριψης ακραίων τιμών - εφαρμογής μέγιστων τιμών ..	- 177 -
8.6	Ποιοτική Σύγκριση με Επεξεργασία των Αποτελεσμάτων (2 ^η Προσέγγιση).....	- 177 -
8.7	Σύγκριση Αποτελεσμάτων	- 183 -
9	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	- 186 -
9.1	Γενικά.....	- 186 -
9.2	Ειδικά	- 186 -
9.3	Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα	- 189 -
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	- 192 -
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	- 194 -

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο την αναφορά της φέρουσας ικανότητας των καταστρωμάτων ενός αεροδρομίου. Για το σκοπό αυτό, αφού αναφερθούν γενικά στοιχεία της μεθόδου ACN-PCN του ICAO, γίνεται εφαρμογή της πιο διαδεδομένης μεθόδου προσδιορισμού του PCN, σε συγκεκριμένο αεροδρόμιο της Πολεμικής Αεροπορίας, από την οποία προκύπτουν χρήσιμα συμπεράσματα. Στη συνέχεια, αξιοποιούνται και οι δυνατότητες των υπόλοιπων μεθόδων που χρησιμοποιούνται διεθνώς για τον προσδιορισμό του PCN.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζουν σημαντικές αποκλίσεις, παρά το γεγονός ότι οι μέθοδοι έχουν αναπτυχθεί υπό την ίδια τεχνική βάση. Για το λόγο αυτό, εντοπίζονται οι σημαντικότεροι παράγοντες που επιδρούν στη διαμόρφωση των αποτελεσμάτων σε κάθε μέθοδο και επιχειρείται η επιλογή του PCN για κάθε οδόστρωμα, που αντιπροσωπεύει καλύτερα και πιο ρεαλιστικά τη φέρουσα ικανότητά του.

Λέξεις κλειδιά: ACN, PCN, LCN, FAA, UK, UFC, δομική κατάταξη, οδοστρώματα αεροδρομίων

ABSTRACT

The subject of this diploma thesis is the reporting of the pavement strength of an airport. For this purpose, after mentioning the general principles of the ACN-PCN method of ICAO, the most widespread method of the PCN determination is applied on a specific Air Force airport and many useful conclusions have come from this approach. Then the capabilities of other methods used internationally to determine the PCN are utilized, too.

The results show significant differences, despite the fact that these methods have been developed on the same technical basis. For this reason the most important factors that influence the results of each method are identified and for each pavement it is attempted the selection of the PCN which reflects better and more realistically its load-bearing capacity.

Key words: ACN, PCN, LCN, FAA, UK, UFC, reporting, airport pavements

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συμβολή των αερομεταφορών στη διαμόρφωση των σύγχρονων γεωπολιτικών, οικονομικών και πολιτισμικών συσχετίσεων και αλληλεπιδράσεων, δια μέσω της διευκόλυνσης διακίνησης αγαθών και προσώπων, θεωρείται δεδομένη. Ωστόσο, η επιτυχημένη και ομαλή διεξαγωγή τους στην πορεία του χρόνου, δεν ήταν δυνατό να εξασφαλιστεί χωρίς τη θεσμοθέτηση κοινών κανόνων και πρακτικών, μεταξύ των κρατών. Για το λόγο αυτό συντάχθηκε η Συνθήκη του Σικάγου [1], η οποία υπογράφηκε το Δεκέμβριο του 1944 από 37 χώρες, μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα. Οι χώρες αυτές, όπως και άλλες που προσχώρησαν στη συνέχεια, αποτελούν μέλη του Διεθνούς Οργανισμού Πολιτικής Αεροπορίας (ICAO¹) και ως εκ τούτου οφείλουν να συμμορφώνονται, κατά το δυνατό, με τις επιταγές του.

Ένα από τα θέματα που πραγματεύεται η ανωτέρω Συνθήκη για τη Διεθνή Πολιτική Αεροπορία, αποτελεί η αξιολόγηση της δομικής κατάστασης των οδοστρωμάτων, με στόχο τον προσδιορισμό της φέρουσας ικανότητάς τους. Σύμφωνα με το παράρτημα 14 αυτής (Αεροδρόμια²), προβλέπεται η δημοσίευση της φέρουσας ικανότητας των οδοστρωμάτων όλων των πολιτικών αεροδρομίων (Α/Δ), στις Εκδόσεις Αεροναυτικών Πληροφοριών (AIP³). Παλαιότερα, ήταν αποδεκτές τέσσερις διαφορετικές μέθοδοι κατάταξης των οδοστρωμάτων. Καθεμία από τις μεθόδους αυτές θεωρούνταν ισοδύναμη, όμως η παράλληλη χρήση τους προκαλούσε δυσχέρειες με αποτέλεσμα να κριθεί απαραίτητη η ανάπτυξη ενός ενιαίου κώδικα επικοινωνίας.

Για το λόγο αυτό, το 1977 συγκροτήθηκε από τον ICAO μια ομάδα εργασίας, προκειμένου να αναπτυχθεί μια κοινή διεθνής μέθοδος κατάταξης. Ως αποτέλεσμα της μελέτης προέκυψε η μέθοδος ACN-PCN⁴, η οποία καθιερώθηκε το Νοέμβριο του 1981. Η καινοτομία της νέας μεθόδου που της προσέφερε συγκριτικό πλεονέκτημα έναντι των προγενέστερων, έγκειται στη δυνατότητα έκφρασης της επίδρασης ενός συγκεκριμένου αεροσκάφους (Α/Φ) σε διαφορετικά οδοστρώματα, χωρίς να απαιτείται ο προσδιορισμός του πάχους τους. Αντίστοιχα, η φέρουσα ικανότητα των οδοστρωμάτων είναι δυνατό να

¹ International Civil Aviation Organization

² Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation - Aerodromes

³ Aeronautical Information Publication

⁴ Aircraft Classification Number - Pavement Classification Number

περιγραφεί από ένα μεμονωμένο αριθμό, χωρίς αυτός να αναφέρεται σε ένα συγκεκριμένο αεροσκάφος [2].

Η εισαγωγή της νέας μεθόδου κατάταξης, οδήγησε στην ανάπτυξη ανά τον κόσμο διαφορετικών επιμέρους μεθόδων υπολογισμού, οι οποίες παρά το γεγονός ότι βασίζονται στις ίδιες γενικές αρχές, παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές κατά την εφαρμογή τους, χρησιμοποιώντας διαφορετικές παραδοχές. Ωστόσο, όλες οι επιμέρους μέθοδοι θεωρούνται ισότιμες και αποδεκτές και κάθε κράτος και αρχή αεροδρομίου δύναται να τις χρησιμοποιήσει κατά βούληση [3].

Στην παρούσα εργασία γίνεται εφαρμογή των πιο διαδεδομένων από αυτές για συγκεκριμένο αεροδρόμιο, σύγκριση των αποτελεσμάτων, αιτιολόγηση των διαφοροποιήσεων που παρατηρούνται και εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων. Απώτερο στόχο αποτελεί ο προσδιορισμός της πραγματικής φέρουσας ικανότητας των οδοστρωμάτων, η οποία και θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί κατά τη σχετική αναφορά. Με τη συγκεκριμένη διερεύνηση είναι δυνατή η επικαιροποίηση των στοιχείων κατάταξης που τηρούνται στο αεροδρόμιο. Συγκεκριμένα, τα στοιχεία της φέρουσας ικανότητας των οδοστρωμάτων του υπόψη αεροδρομίου, όπως και πολλών αεροδρομίων της χώρας μας, περιγράφονται με τη μέθοδο LCN, η οποία είναι προγενέστερη και έχει αντικατασταθεί από τη μέθοδο ACN-PCN.

Σύμφωνα με τη συνήθη πρακτική, ο υπολογισμός του PCN γίνεται στους κύριους διαδρόμους των αεροδρομίων. Στην παρούσα εργασία διερευνάται η δυνατότητα επέκτασης αυτής της θεώρησης για όλα τα καταστρώματα και σχολιάζονται τα αποτελέσματα αυτής της προσέγγισης. Με τη συγκεκριμένη προσέγγιση προκύπτει επαύξηση των δυνατοτήτων του αεροδρομίου και είναι δυνατή η εξυπηρέτηση περισσότερων τύπων αεροσκαφών. Συνοπτικά η θεματολογία του κάθε κεφαλαίου περιγράφεται στη συνέχεια.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρατίθενται γενικά στοιχεία της μεθόδου ACN-PCN. Ειδικότερα, προσδιορίζονται τα όρια και οι περιορισμοί εφαρμογής της μεθόδου και αναλύεται ο τρόπος τυποποιημένης καταγραφής των αποτελεσμάτων της. Στο δεύτερο κεφάλαιο, καταγράφονται τα στοιχεία που σχετίζονται με τη φέρουσα ικανότητα των οδοστρωμάτων και τα στοιχεία κυκλοφορίας του αεροδρομίου.

Στα κεφάλαια τρία έως έξι, γίνεται εφαρμογή των βασικών μεθόδων που περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία και ισχύουν διεθνώς:

α. Εμπειρική μέθοδος της FAA⁵

β. Μέθοδος της FAA

⁵ Federal Aviation Administration (Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας)

- γ. Μέθοδος του Ηνωμένου Βασιλείου (UK)
- δ. Μέθοδος των Αμερικάνικων Ενόπλων Δυνάμεων (UFC⁶)
 - i. Μέθοδος της Αεροπορίας (A/F)
 - ii. Μέθοδος του Στρατού (ARMY)⁷
 - iii. Μέθοδος του Ναυτικού (NAVY)

Με παρατήρηση των εξαγόμενων αποτελεσμάτων, διαπιστώνεται μεγάλη διασπορά των τιμών του PCN, κατά περίπτωση οδοστρώματος. Το γεγονός αυτό, δεδομένου ότι οι επιμέρους μέθοδοι αναπτύσσονται υπό την ίδια τεχνική βάση, αποτελεί αφορμή για τη διερεύνηση των παραγόντων που συντελούν στη διαμόρφωση των αποκλίσεων. Ο εντοπισμός, η καταγραφή και η διερεύνηση των συντελεστών που διαμορφώνουν την τελική τιμή του PCN, αποτελούν το περιεχόμενο του έβδομου κεφαλαίου. Με κατάλληλη αξιολόγησή τους, επιχειρείται στο όγδοο κεφάλαιο η επιλογή του PCN που αντιπροσωπεύει καλύτερα τη φέρουσα ικανότητα των οδοστρωμάτων του αεροδρομίου που εξετάζεται. Τέλος, στο ένατο κεφάλαιο αναφέρονται συγκεντρωτικά ορισμένα σχόλια, παρατηρήσεις και συμπεράσματα που προέκυψαν από την υπόψη διερεύνηση.

⁶ Unified Facilities Criteria (Ενοποιημένα Κριτήρια Εγκαταστάσεων)

⁷ Για τυπική και εκτεταμένη διάρκεια ζωής των οδοστρωμάτων

1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ACN-PCN

1.1 Όρια Εφαρμογής της Μεθόδου

Η επίσημη μέθοδος κατάταξης της φέρουσας ικανότητας των οδοστρωμάτων των αεροδρομίων, σύμφωνα με τον ICAO, είναι η ACN-PCN. Το πεδίο εφαρμογής της περιλαμβάνει τα οδοστρώματα που έχουν κατασκευαστεί προκειμένου να υποστηρίξουν πτήσεις αεροσκαφών μέγιστου μεικτού βάρους μεγαλύτερου ή ίσου των 5.700 Kg [2].

Σε οδοστρώματα μικρότερης της προαναφερόμενης αντοχής, η μέθοδος κατάταξης παραμένει αμετάβλητη. Συγκεκριμένα, ο προσδιορισμός της φέρουσας ικανότητάς τους γίνεται αναφέροντας τα ακόλουθα στοιχεία:

- α. Τη μέγιστη επιτρεπόμενη μάζα του αεροσκάφους
- β. Τη μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση των αεροθαλάμων των τροχών [4]

Διευκρινίζεται ότι ο υπολογισμός του PCN ενός οδοστρώματος, γίνεται αποκλειστικά για λόγους κατάταξής του, ενώ δε δύναται να χρησιμοποιηθεί ως μέθοδος σχεδιασμού ή αξιολόγησης [2].

1.2 Ορισμός των ACN και PCN

Το ACN και το PCN είναι ο αριθμός κατάταξης αεροσκάφους και ο αριθμός κατάταξης οδοστρώματος αντίστοιχα και ορίζονται ως ακολούθως:

Ο αριθμός κατάταξης αεροσκάφους ή Aircraft Classification Number (ACN) είναι ένας αριθμός ο οποίος εκφράζει τη σχετική επίδραση ενός αεροσκάφους σε ένα οδόστρωμα για μια προκαθορισμένη αντοχή του εδάφους. Αριθμητικά προσδιορίζεται ως το διπλάσιο φορτίο (σε χιλιάδες Kg) 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 ίσου με το οδόστρωμα αναφοράς.

Το πάχος αναφοράς (t), στα εύκαμπτα οδοστρώματα, είναι ίσο με το συμβατικό πάχος του οδοστρώματος που επιτρέπει 10.000 διελεύσεις του πραγματικού συστήματος τροχών του αεροσκάφους για μια συγκεκριμένη κατηγορία εδαφικής αντοχής. Η επιλογή του συμβατικού αριθμού των 10.000 διελεύσεων έγινε από τον ICAO ώστε να εξασφαλιστεί μια ρεαλιστική εκτίμηση της βαριάς φόρτισης από τα διαφορετικά αεροσκάφη που πρέπει να εξυπηρετεί το οδόστρωμα ενός αεροδρομίου.

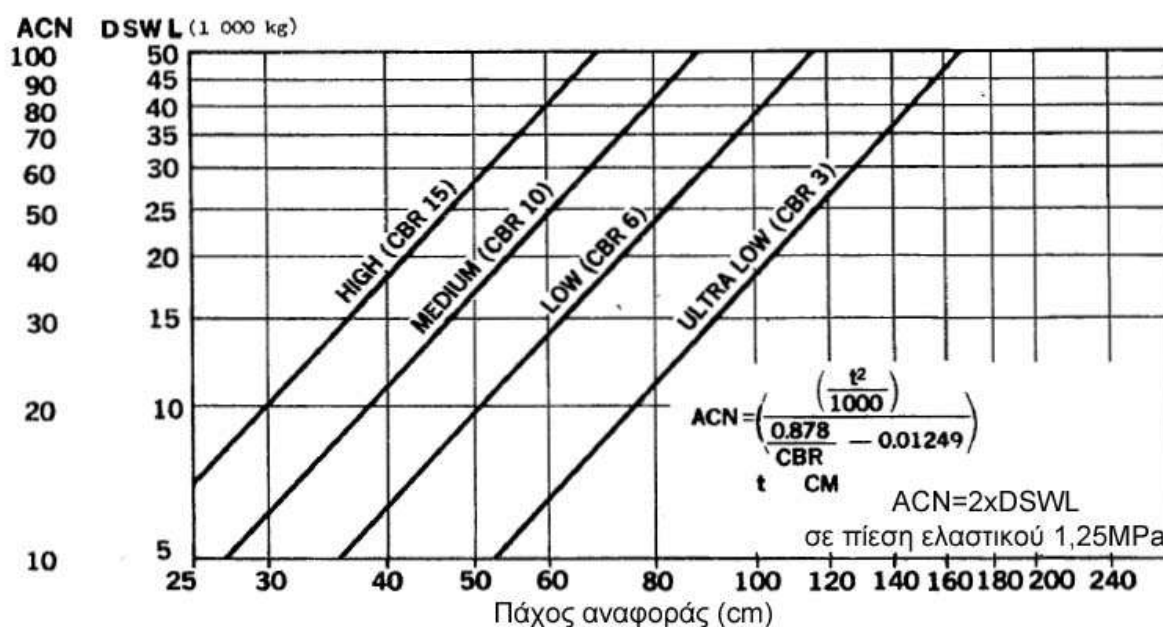
Η τιμή του πάχους αναφοράς περιγράφεται από την εξίσωση 1.1.

$$t = \sqrt{\frac{DSWL}{C_1 \cdot CBR} - \frac{DSWL}{C_2 \cdot P_s}} \quad (\text{Εξίσωση 1.1})$$

όπου CBR η χαρακτηριστική τιμή της αντοχής της στρώσης έδρασης, $C_1=0,5695$, $C_2=32,035$, t σε cm και $DSWL^8$ φορτίο μονού τροχού σε πίεση $P_s=1,25$ MPa [5].

Αντίστοιχα, στα δύσκαμπτα 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, αναπτύσσει στη βάση της εφελκυστική τάση ίση με $2,75 \text{ N/mm}^2$.

Η ουσιαστική προσφορά του πάχους αναφοράς είναι η απεξάρτηση του ACN από το πάχος του εκάστοτε οδοστρώματος μελέτης. Στο σχήμα 1.1 εικονίζεται διάγραμμα υπολογισμού του ACN για εύκαμπτα οδοστρώματα, ενώ στο σχήμα 1.2 για δύσκαμπτα.



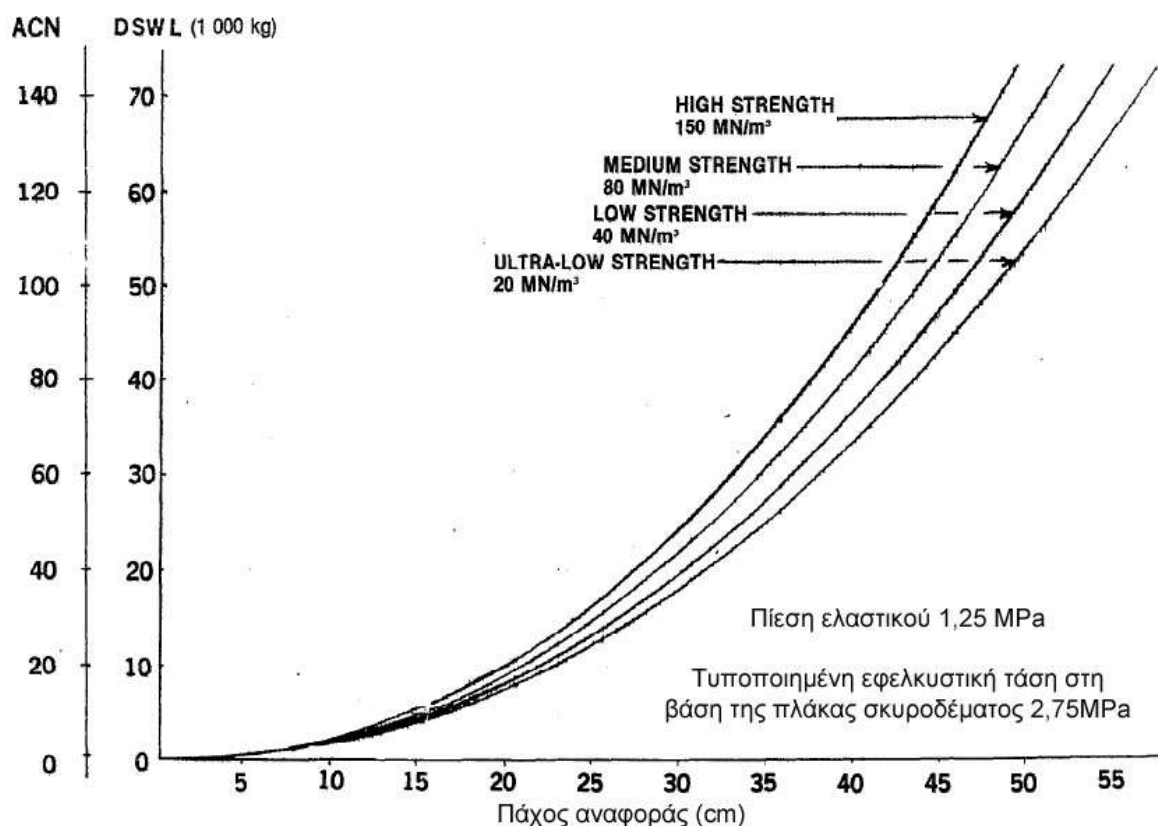
Σχήμα 1.1: Διάγραμμα υπολογισμού του ACN για εύκαμπτα οδοστρώματα [5]

Το ACN προσδιορίζεται για δύο τύπους οδοστρωμάτων, εύκαμπτα - δύσκαμπτα, ενώ επιπρόσθετα για κάθε τύπο οδοστρώματος το ACN υπολογίζεται για τέσσερις διαβαθμίσεις της φέρουσας ικανότητας της στρώσης έδρασης. Οι τέσσερις διαφορετικές αντοχές της στρώσης έδρασης είναι: Υψηλή (150 MN/m^3 - CBR=15%), Μεσαία (80 MN/m^3 - CBR=10%), Χαμηλή (40 MN/m^3 - CBR=6%) και Πολύ Χαμηλή (20 MN/m^3 - CBR=3%).

Όσον αφορά στο θεωρητικό υπόβαθρο που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του ACN, στην περίπτωση εύκαμπτων οδοστρωμάτων είναι η μέθοδος CBR (California

⁸ Derived Single Wheel Load

Bearing Ratio), ενώ στα δύσκαμπτα η επίλυση γίνεται με τη μέθοδο Westergaard για φορτισμένη ελαστική πλάκα σε έδαφος τύπου Winkler. Το ACN υπολογίζεται και παρέχεται ως πληροφορία από τους κατασκευαστές των αεροσκαφών [2].



Σχήμα 1.2: Διάγραμμα υπολογισμού του ACN για δύσκαμπτα οδοστρώματα [5]

Ο αριθμός κατάταξης οδοστρώματος ή Pavement Classification Number (PCN) είναι ένας αριθμός ο οποίος εκφράζει τη φέρουσα ικανότητα ενός οδοστρώματος και ορίζεται ως το ACN του αεροσκάφους που προκαλεί τη μέγιστη ένταση την οποία μπορεί να δεχτεί το οδοστρώμα, χωρίς περιορισμό των διελεύσεων του αεροσκάφους [6].

Το σύστημα έχει δομηθεί με τέτοιο τρόπο, ώστε οδοστρώματα με συγκεκριμένο PCN, να έχουν τη δυνατότητα να υποστηρίξουν χωρίς περιορισμούς βάρους, αεροσκάφη των οποίων το ACN είναι μικρότερο ή ίσο από το PCN του οδοστρώματος. Αυτό είναι δυνατό, δεδομένου ότι το ACN και το PCN έχουν υπολογιστεί υπό την ίδια τεχνική βάση [2].

1.3 Προσδιορισμός του PCN

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου ACN-PCN, η φέρουσα ικανότητα του οδοστρώματος περιγράφεται αναφέροντας τις ακόλουθες πληροφορίες:

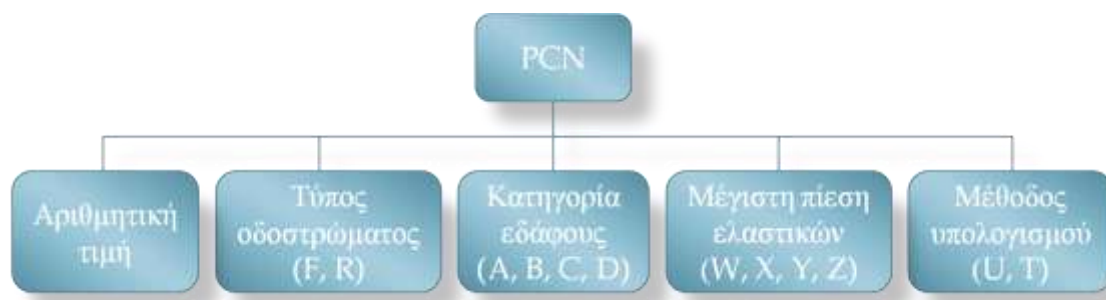
- α. Την αριθμητική τιμή του PCN
- β. Τον τύπο του οδοστρώματος

γ. Την κατηγορία αντοχής της στρώσης έδρασης

δ. Τη μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση των αεροθαλάμων των τροχών ή τη μέγιστη επιτρεπόμενη κατηγορία πίεσης

ε. Τη μεθοδολογία υπολογισμού [4]

Σχηματικά το παραπάνω αναλύεται ως εξής:



Σχήμα 1.3: Στοιχεία που περιλαμβάνει το PCN

1.3.1 Αριθμητική τιμή PCN

Γενικά, η αριθμητική τιμή του PCN αποτελεί μια ενδεικτική τιμή της φέρουσας ικανότητας ενός οδοστρώματος σε όρους τυποποιημένου φορτίου μοναδιαίου τροχού για πίεση των αεροθαλάμων των τροχών ίση με 1,25 MPa. Η αριθμητική τιμή του PCN πρέπει να αναφέρεται σε ακέραιους τους αριθμούς, στρογγυλοποιώντας οποιαδήποτε δεκαδικά στον κοντινότερο ακέραιο αριθμό. Για τα οδοστρώματα που έχουν διαφορετική φέρουσα ικανότητα σε διάφορα σημεία τους, η αριθμητική τιμή του PCN αφορά στο πιο αδύνατο τμήμα τους. Η κρίση του μηχανικού στο σημείο αυτό διαδραματίζει σημαντικό ρόλο, καθώς είναι πιθανό το πιο αδύναμο τμήμα του διαδρόμου να μην είναι και το πιο βαριά χρησιμοποιούμενο. Σε αυτή την περίπτωση άλλο αντιπροσωπευτικό τμήμα μπορεί να είναι πιο κατάλληλο για να καθορίσει το PCN [3]. Εκτενέστερη ανάλυση αναφορικά με τον τρόπο υπολογισμού της αριθμητικής τιμής του PCN με κάθε μέθοδο, πραγματοποιείται στα σχετικά κεφάλαια.

1.3.2 Τύπος οδοστρώματος

Αναφορικά με τον τύπο του οδοστρώματος διακρίνουμε:

α. Τα εύκαμπτα οδοστρώματα⁹ που συμβολίζονται με F

β. Τα δύσκαμπτα οδοστρώματα¹⁰ που συμβολίζονται με R

⁹ Flexible pavements

¹⁰ Rigid pavements

γ. Σύνθετα οδοστρώματα¹¹

Η ταυτόχρονη παρουσία ασφαλτικού και σκυροδέματος στην ίδια διατομή ενός οδοστρώματος, το καθιστά σύνθετο. Στην περίπτωση αυτή, σύμφωνα με τον ICAO, θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται σχετική σημείωση. Ανάλογα με την επιμέρους μέθοδο που εφαρμόζεται και τα κριτήρια θέτει, το οδόστρωμα στην κωδικοποίηση θα αναγράφεται ως εύκαμπτο (F) ή δύσκαμπτο (R). Για τον έλεγχο των σύνθετων οδοστρωμάτων, η κάθε μέθοδος προβλέπει συγκεκριμένη διαδικασία, όπως για παράδειγμα μετατροπή τους σε ισοδύναμου πάχους δύσκαμπτο οδόστρωμα ή θεώρησή τους ως εύκαμπτα, εφόσον η εύκαμπτη στρώση διαθέτει αρκετά μεγάλο πάχος (75% του δύσκαμπτου) [4].

1.3.3 Κατηγορία εδάφους

Ανάλογα με την τιμή του CBR ή του δείκτη K, το έδαφος κατατάσσεται σε μια από τις κατηγορίες που φαίνονται στον πίνακα 1.1.

Πίνακας 1.1: Κωδικοποίηση αντοχής στρώσης έδρασης [3]

	Δύσκαμπτα (K σε MN/m ³)		Εύκαμπτα (CBR %)	
Κατηγορία εδαφικής αντοχής	Εύρος τιμών της αντοχής του εδάφους	Χαρακτηριστική τιμή	Εύρος τιμών της αντοχής του εδάφους	Χαρακτηριστική τιμή
Υψηλή (A)	>120	150	>13	15
Μεσαία (B)	60-120	80	8-13	10
Χαμηλή (C)	25-60	40	4-8	6
Πολύ Χαμηλή (D)	<25	20	<4	3

1.3.4 Πίεση αεροθαλάμων τροχών

Σε συνάρτηση με τη μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση των αεροθαλάμων των τροχών, υπάρχουν οι κατηγορίες που φαίνονται στον πίνακα 1.2. Στην περίπτωση που η μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση των αεροθαλάμων των τροχών δε συμπίπτει επακριβώς με τα όρια του πίνακα και υπέρ της ασφάλειας δεν είναι επιθυμητή η προσέγγισή της με ένα από αυτά, τότε είναι

¹¹ Composite pavements

δυνατό να αναγραφεί στην κωδικοποιημένη μορφή του PCN, η ακριβής τιμή της επιτρεπόμενης πίεσης των αεροθαλάμων των τροχών [4].

Πίνακας 1.2: Κωδικοποίηση πίεσης αεροθαλάμων τροχών [3]

Κατηγορία πίεσης	Μέγιστη πίεση (MPa)	Κωδικοποίηση
Υψηλή	Χωρίς όριο πίεσης	W
Μεσαία	1,50	X
Χαμηλή	1,00	Y
Πολύ Χαμηλή	0,50	Z

Η πίεση των αεροθαλάμων των τροχών, στην περίπτωση των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων, δεν αποτελεί καθοριστικό παράγοντα ο οποίος δύναται να υποβαθμίσει τη φέρουσα ικανότητα του οδοστρώματος. Ως εκ τούτου, για την κατάταξη των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων με το σύστημα ACN-PCN, το σύμβολο που χρησιμοποιείται είναι το W (χωρίς όριο πίεσης) [3].

Στα εύκαμπτα οδοστρώματα η υψηλή πίεση των αεροθαλάμων των τροχών επηρεάζει τις επιφανειακές στρώσεις του οδοστρώματος, δηλαδή τις ασφατικές στρώσεις και το άνω μέρος της βάσης. Για το λόγο αυτό η πίεση των αεροθαλάμων ενδέχεται να πρέπει να περιοριστεί, ανάλογα με την ποιότητα του ασφαλικού μίγματος και τις κλιματολογικές συνθήκες. Η επίδραση της πίεσης των αεροθαλάμων των τροχών σε μια ασφατική στρώση σχετίζεται με τη σταθερότητα του μίγματος αναφορικά με τις δυνάμεις συνάφειας και τη συμπύκνωση. Ένα κακώς κατασκευασμένο ασφατικό οδόστρωμα μπορεί να υποστεί τροχοαυλάκωση εξαιτίας της συμπύκνωσης που θα συμβεί λόγω φορτίου. Η κύρια ανησυχία αναφορικά με την επίδραση της πίεσης των αεροθαλάμων των τροχών στο οδόστρωμα, αφορά στη σταθερότητα και την αντίσταση σε διάτμηση των ασφατομιγμάτων χαμηλής ποιότητας [3].

1.3.5 Μεθοδολογία υπολογισμού

Σχετικά με τη μεθοδολογία υπολογισμού, διακρίνουμε την τεχνική αξιολόγηση, η οποία συμβολίζεται με T¹² και τη μέθοδο του χρησιμοποιούμενου αεροσκάφους, η οποία

¹² Technical Evaluation

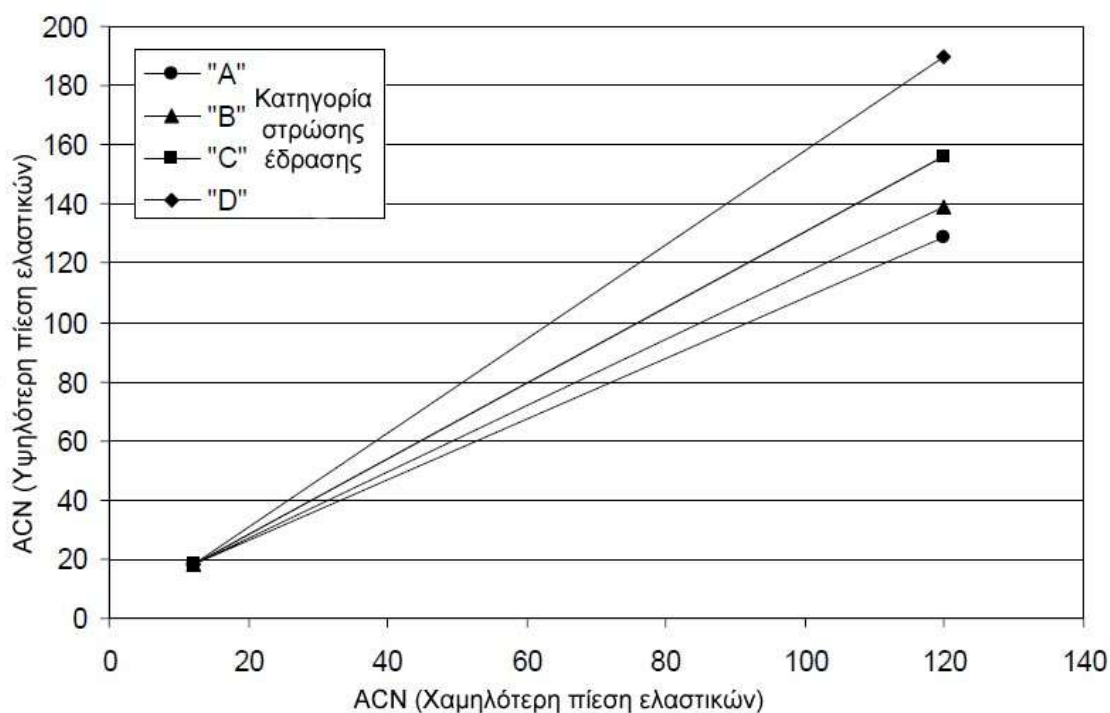
συμβολίζεται με U^{13} . Η πρώτη αντιπροσωπεύει μια ειδική μελέτη των χαρακτηριστικών του οδοστρώματος και εφαρμογή τεχνολογίας ανάλυσης της συμπεριφοράς του. Η δεύτερη βασίζεται στη γνώση του δυσμενέστερου αεροσκάφους, το οποίο υποστηρίζεται από το οδόστρωμα κάτω από φυσιολογικές συνθήκες χρήσης.

Σημειώνεται ότι είναι δυνατό να υφίστανται διαφορετικά PCN εφόσον η αντοχή του οδοστρώματος υπόκειται σε εποχικές διακυμάνσεις.

Επιπλέον, εάν απαιτείται, είναι δυνατή η στρογγυλοποίηση του PCN με ακρίβεια ενός δεκαδικού [4].

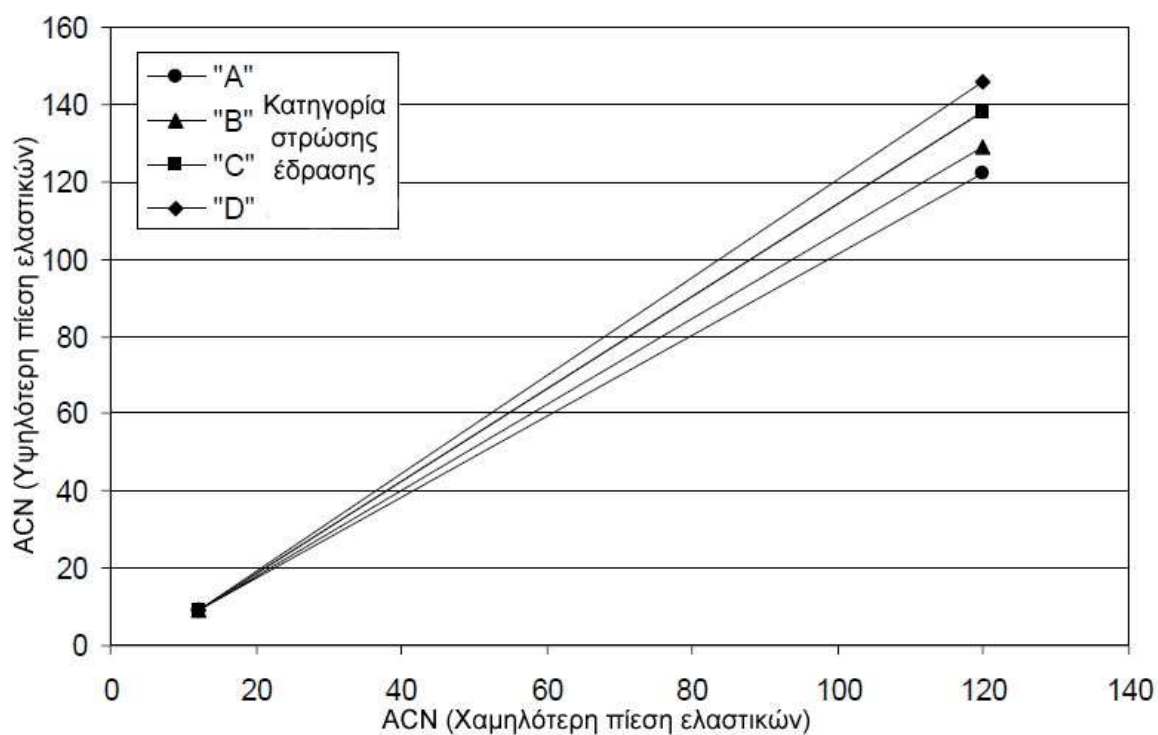
1.4 Ρύθμιση ACN - Μεταβολή στην Πίεση των Αεροθαλάμων των Τροχών

Η πίεση των αεροθαλάμων των τροχών αποτελεί δευτερεύοντα παράγοντα κατά τον υπολογισμό του ACN. Ωστόσο, υπάρχουν διαδικασίες για τον προσδιορισμό της μεταβολής του ACN σε περιπτώσεις που η πίεση είναι διαφορετική από αυτή που χρησιμοποιήθηκε κατά τον προσδιορισμό του ACN. Το τροποποιημένο ACN είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί σε ασυνήθιστες συνθήκες, όπως όταν υπάρχει κάποια ασθενής στρώση στο άνω τμήμα του οδοστρώματος ή στην περίπτωση λεπτής ασφαλικής στρώσης [5]. Η μετατροπή που περιγράφεται παραπάνω, γίνεται κατά περίπτωση σύμφωνα με τα σχήματα που ακολουθούν.

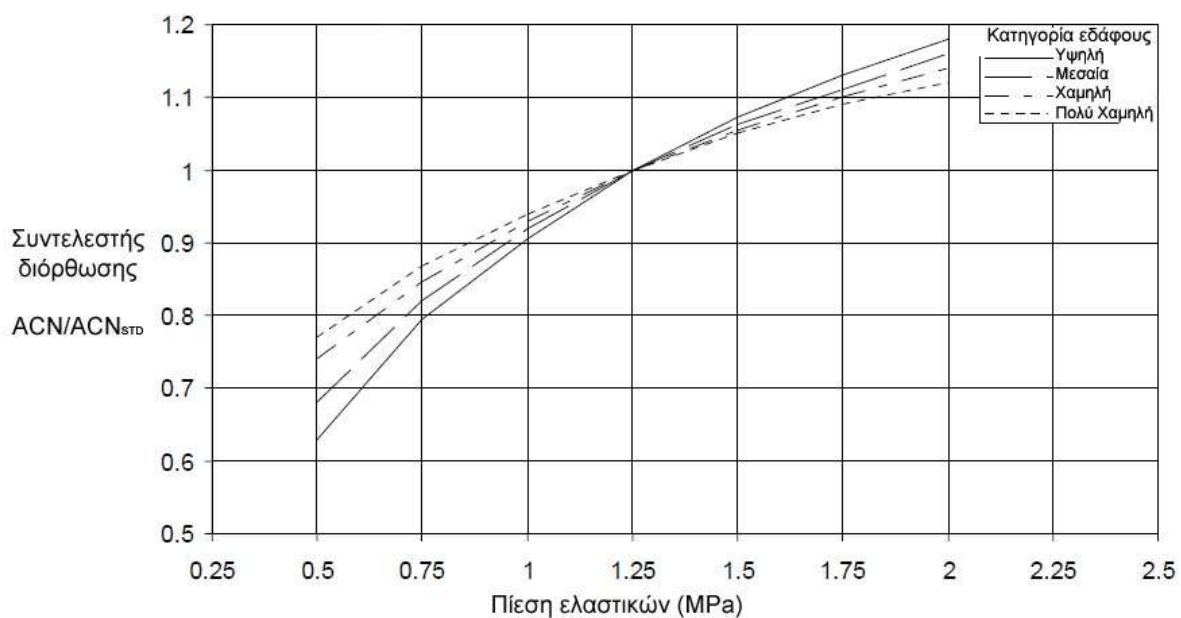


Σχήμα 1.4: Τροποποίηση του ACN σε εύκαμπτα οδοστρώματα (κατηγορία Y σε Z και αντιστρόφως) [5]

¹³ Using Aircraft Experience



Σχήμα 1.5: Τροποποίηση του ACN σε εύκαμπτα οδοστρώματα (κατηγορία W σε X, X σε Y και αντιστρόφως) [5]



Σχήμα 1.6: Τροποποίηση του ACN σε δύσκαμπτα οδοστρώματα [5]

1.5 Έλεγχος Φέρουσας Ικανότητας και Υπερφόρτωση Οδοστρώματος

Γενικά, η χρήση των οδοστρωμάτων ενός αεροδρομίου, τόσο από αεροσκάφη της τακτικής κυκλοφορίας του, όσο και από αεροσκάφη που δεν ανήκουν σε αυτή, διέπεται από την ακόλουθη βασική αρχή:

$$ACN \leq PCN \quad (\text{Ανίσωση 1.1})$$

Εφόσον τηρείται η ανίσωση 1.1 μεταξύ του ACN του αεροσκάφους και του PCN του οδοστρώματος, θεωρητικά το οδόστρωμα θα ανταπεξέλθει στη φόρτιση που δέχεται από την κυκλοφορία και η διάρκεια ζωής του θα είναι αυτή για την οποία σχεδιάστηκε, χωρίς να απαιτηθεί εκτεταμένη συντήρηση.

Ωστόσο, είναι δυνατή η χρήση οδοστρωμάτων από αεροσκάφη με $ACN > PCN$, χωρίς να απαιτείται επιπλέον λεπτομερής ανάλυση, αλλά με τις παρακάτω προϋποθέσεις:

α. Στα εύκαμπτα οδοστρώματα οι περιστασιακές κινήσεις αεροσκαφών με ACN που δεν υπερβαίνει το 10% του αναφερόμενου PCN δεν επηρεάζουν δυσμενώς το οδόστρωμα.

β. Στα δύσκαμπτα ή σύνθετα οδοστρώματα, στα οποία το δύσκαμπτο τμήμα αποτελεί κύριο συστατικό του οδοστρώματος, οι περιστασιακές κινήσεις αεροσκαφών με ACN που δεν υπερβαίνει το 5% του αναφερόμενου PCN δεν επηρεάζουν δυσμενώς το οδόστρωμα.

γ. Εάν η δομή του οδοστρώματος είναι άγνωστη, τότε εφαρμόζεται ο ανωτέρω περιορισμός με επιτρεπόμενο ποσοστό 5%.

δ. Το πλήθος των ετήσιων κινήσεων αεροσκαφών που εμπίπτουν στις παραπάνω διατάξεις δε θα πρέπει να υπερβαίνει το 5% του συνολικού αριθμού κινήσεων αεροσκαφών σε ετήσια βάση. [4]

Πίνακας 1.3: Γενικές οδηγίες από το NATO ανάλογα με το λόγο ACN/PCN [7]

Λόγος ACN/PCN	Οδηγίες του NATO
<1	Απεριόριστες διελεύσεις
1,0-1,25	Συνέχιση των επιχειρήσεων, αλλά παρακολούθηση της καταπόνησης - φθοράς του οδοστρώματος
1,25-1,5	Περιορισμός των διελεύσεων σε 10 συνολικά
>1,5	Μόνο σε επείγουσες περιπτώσεις

Η περίπτωση υπερφόρτωσης των οδοστρωμάτων στρατιωτικών αεροδρομίων, προβλέπεται από το NATO, σύμφωνα με το [7], σε απρόοπτες καταστάσεις και επείγουσες περιπτώσεις (πχ. αναγκαστική προσγείωση). Ανάλογα με το λόγο ACN/PCN και δεδομένου ότι η διάρκεια ζωής των οδοστρωμάτων μικραίνει, οι προβλεπόμενες ενέργειες περιγράφονται παραπάνω, στον πίνακα 1.3.

1.6 Παραδοχές

Στην παρούσα εργασία, γίνεται η παραδοχή ότι η φέρουσα ικανότητα των οδοστρωμάτων δεν επηρεάζεται από συνθήκες εποχιακής παγοποίησης. Κατά την ονομαζόμενη και ως εαρινή ρήξη, είναι πιθανό να προκληθούν βλάβες στα οδοστρώματα, λόγω της μείωσης της φέρουσας ικανότητας του υπεδάφους, κατά την περίοδο τήξης του παγετού, ακόμη και όταν δεν έχει προηγηθεί διόγκωση λόγω αυτού. Το φαινόμενο εντείνεται όταν λαμβάνουν χώρα μεγάλες βροχοπτώσεις κατά την περίοδο του φθινοπώρου και του χειμώνα, που οδηγούν σε κορεσμό του υπεδάφους, ή ακόμη περισσότερο όταν εκτεταμένες βροχοπτώσεις συμβαίνουν κατά την περίοδο τήξης του παγετού [8]. Επιπλέον, δεν εξετάζεται η επίδραση της πίεσης των αεροθαλάμων των τροχών στα εύκαμπτα οδοστρώματα, ενώ θεωρείται ότι οι ιδιότητες των υλικών, συμφωνούν ως προς αυτές που προδιαγράφονται από την αντίστοιχη μέθοδο σχεδιασμού.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας γίνεται διερεύνηση της κατάταξης, με τη μέθοδο ACN-PCN, των οδοστρωμάτων ενός αεροδρομίου, τα στοιχεία του οποίου φαίνονται αναλυτικά στο κεφάλαιο που ακολουθεί. Τα στοιχεία αυτά θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια για την ενεργοποίηση των διαφόρων μεθόδων υπολογισμού του PCN.

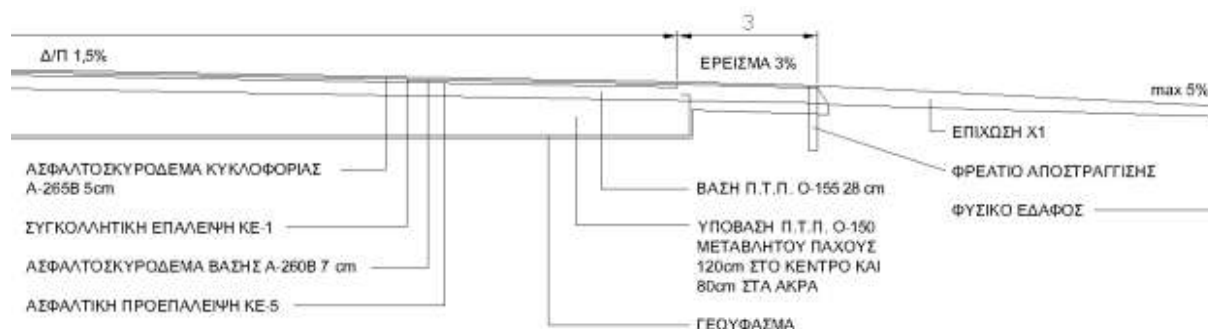
2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ - ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΤΟΥ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟΥ

2.1 Γενικά

Στο παρόν κεφάλαιο αναφέρονται γενικά στοιχεία του αεροδρομίου που επιλέχθηκε στα πλαίσια της παρούσας διερεύνησης. Τα βασικά καταστρώματα του αεροδρομίου είναι ο κυρίως διάδρομος προσγειώσεων (Δ/Π), ο νότιος παράλληλος τροχόδρομος (Π/Τ), ο βόρειος τροχόδρομος (Τ/Δ), καθώς και δύο loop.

2.2 Διατομές

Σύμφωνα με τις μελέτες κατασκευής των οδοστρωμάτων, από επιτόπου στοιχεία όπως έχουν συλλεχθεί καθώς και από εδαφοτεχνικές μελέτες, η διατομή του κυρίως Δ/Π και του νότιου Π/Τ του αεροδρομίου φαίνονται στο Παράρτημα του παρόντος κεφαλαίου. Ενδεικτικά, στη συνέχεια παρατίθεται τμήμα της τυπικής διατομής του εύκαμπτου τμήματος του κυρίως Δ/Π.



Σχήμα 2.1: Τμήμα τυπικής διατομής εύκαμπτου τμήματος κυρίως Δ/Π

Το πάχος του οδοστρώματος που λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς, είναι κοινό για όλες και αντιστοιχεί κατά περίπτωση στο ελάχιστο πάχος. Αυτό βρίσκεται όσο το δυνατόν πιο κοντά στα ερείσματα επί του θεωρούμενου πλάτους στο οποίο διεξάγεται η κυκλοφορία.

Πίνακας 2.1: Ελάχιστο πάχος κυρίως Δ/Π και νότιου Π/Τ

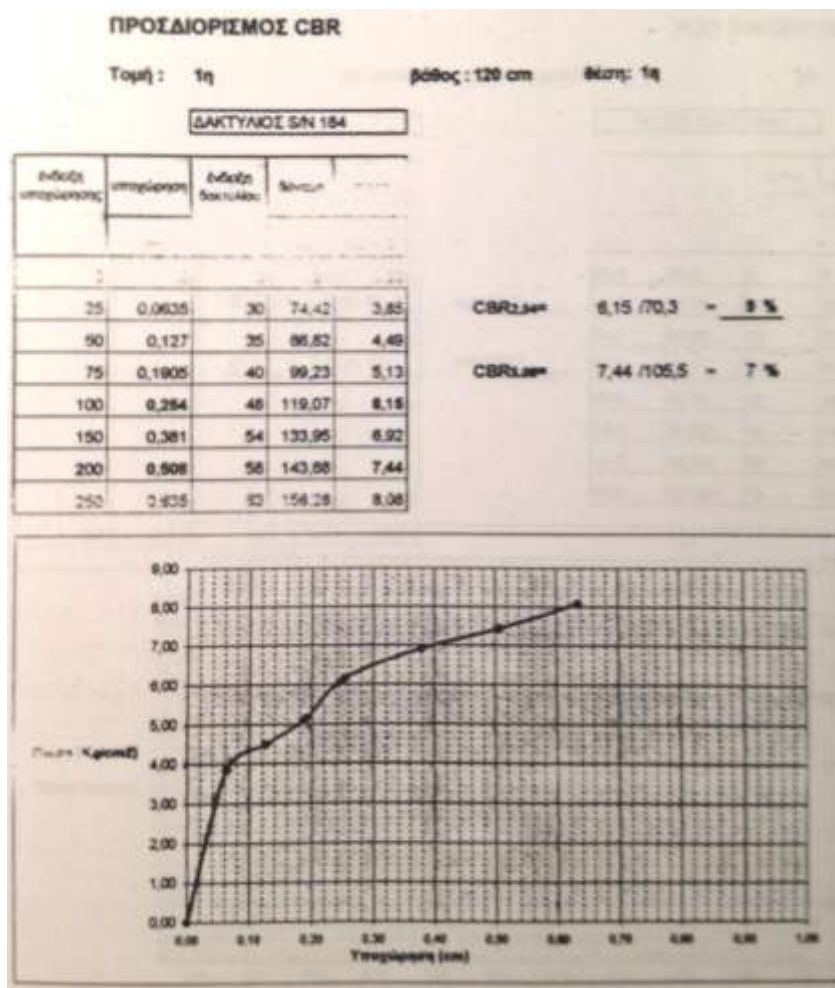
	Ελάχιστο πάχος κυρίως Δ/Π (in)		Ελάχιστο πάχος νότιου Π/Τ (in)	
	Εύκαμπτο	Δύσκαμπτο	Εύκαμπτο	Δύσκαμπτο
Κεντρική κυκλοφορία	60	55	70	70
Παράπλευρη κυκλοφορία	52	47	65	65

Σχετικά με την πλευρική απόκλιση των αεροσκαφών κατά την απογείωση και δεδομένου ότι δεν απαιτείται μεγάλη ακρίβεια στην εκτίμησή της λόγω της μικρής επίκλισης των οδοστρωμάτων αυτή λαμβάνεται εμπειρικά το πολύ ίση με 2 m. Σε αυτή την απόσταση, για κεντρική και παράπλευρη κυκλοφορία το πάχος των οδοστρωμάτων λαμβάνει τις τιμές του πίνακα 2.1.

2.3 Εδαφοτεχνικά Στοιχεία

Κυρίως Δ/Π

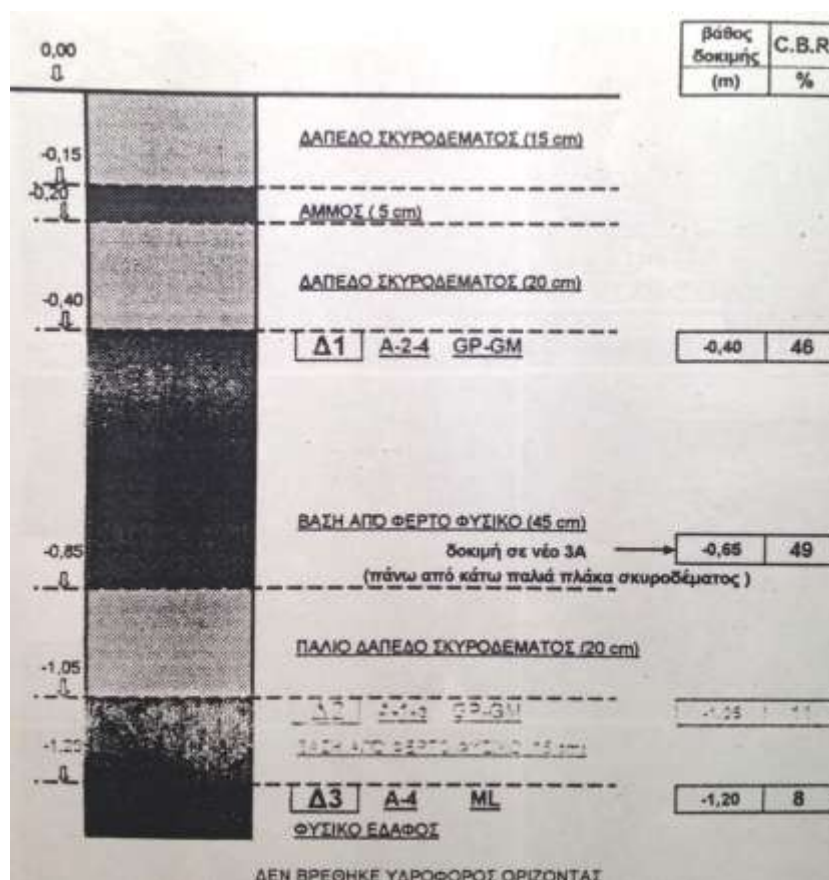
Τα διαθέσιμα στοιχεία για τον κυρίως Δ/Π, λαμβάνονται από 6 εγκάρσιες ερευνητικές τομές βάθους 1,50 m και πλάτους 3 m, που έγιναν κατά μήκος του διαδρόμου, καθώς και παράπλευρες ερευνητικές εκσκαφές σε βάθος περίπου 4,5 m.



Σχήμα 2.2: Διάγραμμα προσδιορισμού CBR

Σημειώνεται ότι οι μετρήσεις έγιναν μήνα Δεκέμβριο και δε βρέθηκε γενικά υδροφόρος ορίζοντας στο βάθος των 4 m. Επιπλέον, σημειώνεται ότι για τον υπολογισμό κάθε CBR έγιναν τρεις μετρήσεις σε κάθε τομή και ελήφθη ο μέσος όρος, ο οποίος είχε υπολογιστεί και

αναγραφόταν στα τελικά σχήματα των τομών. Ένα ενδεικτικό διάγραμμα προσδιορισμού του CBR καθώς και μια από τις 6 ερευνητικές τομές του εδάφους φαίνονται στα σχήματα 2.2, 2.3.



Σχήμα 2.3: Ερευνητική τομή του εδάφους

Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι γενικά το υπέδαφος του κυρίως Δ/Π αποτελείται από ιλύες και αργίλους με κατά τόπους αργιλώδεις άμμους (τομή 1), αμμοχάλικα (τομή 2) αλλά και αργιλοαμμώδη χαλίκια (τομή 3).

Από την υπόψη εδαφοτεχνική μελέτη λαμβάνονται οι πληροφορίες που φαίνονται στους πίνακες 2.2, 2.4.

Πίνακας 2.2: CBR εδάφους

Βάθος	Τομή	CBR 1	CBR 2	CBR 3	M.O. CBR
1.2	1	9	8	7	8
1.2	2	7	6	6	6,33
1.15	3		3		3
1.1	4		5		5
0.97	5		6		6
1.2	6	7		6	6,5

Πίνακας 2.3: Μέσος όρος όλων των μετρήσεων CBR εδάφους

Μέσος όρος όλων των μετρήσεων:	6,36
Τυπική Απόκλιση	1,57
M.O.-1*T.A.	4,79

Πίνακας 2.4: Κατάταξη εδάφους σύμφωνα με το Ενιαίο Σύστημα

Τομή	CBR M.O.	Εγκάρσιες ερευνητικές τομές	Παράπλευρες ερευνητικές εκσκαφές
1	8	ML	ML/SC
2	6	ML	ML/SW-SM
3	4	GC	ML/GC/ML
4	6	ML(2.3m)/ML-CL	ML/ML/ML-CL
5	6	ML(1.43m)/CL	ML/CL
6	6	ML	ML/CL
M.O.	6		
T.A.	1,26		
M.O.-1*T.A.	4,74		

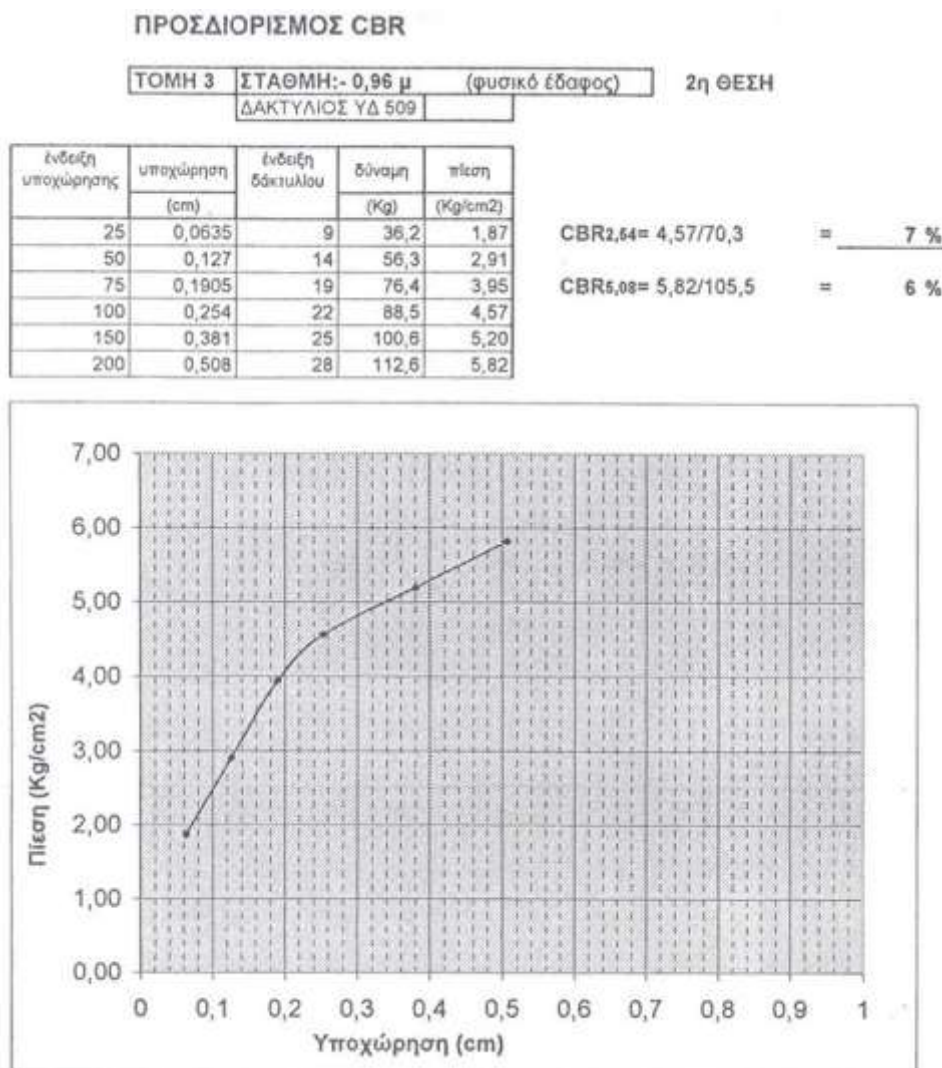
Σύμφωνα με τα παραπάνω, για το εύκαμπτο τμήμα του κυρίως Δ/Π ο μέσος όρος των CBR για τη στρώση έδρασης είναι 6, που αντιστοιχεί σε κατηγορία εδάφους C.

Ωστόσο, ο αριθμός δοκιμών CBR που απαιτούνται για να καθοριστεί κατάλληλα μια τιμή σχεδιασμού δεν μπορεί να καθοριστεί απλά. Η μεταβλητότητα των εδαφολογικών συνθηκών έχει τη μέγιστη επιρροή αναφορικά με τον αριθμό των δοκιμών που απαιτούνται. Κατά προσέγγιση και με βάση την εμπειρία σε κάθε διαφορετικό σημαντικό εδαφολογικό τύπο θα πρέπει να υλοποιηθούν τρεις δοκιμές CBR. Μια προκαταρκτική χαρτογράφηση του εδάφους είναι δυνατό να αποκαλύψει πόσοι διαφορετικοί εδαφολογικοί τύποι υπάρχουν. Η τιμή σχεδιασμού του CBR πρέπει να επιλέγεται συντηρητικά. Συνήθη πρακτική της μηχανικής των οδοστρωμάτων αποτελεί η επιλογή μιας τιμής του CBR που είναι κατά μια τυπική απόκλιση κάτω από το μέσο όρο. Η χαμηλότερη τιμή CBR που επιτρέπεται να οριστεί είναι ίση με 3%. Σε περιπτώσεις όπου η φέρουσα ικανότητα της στρώσης έδρασης είναι χαμηλότερη από CBR=3%, τότε θα πρέπει να βελτιωθεί μέσω σταθεροποίησης ή άλλων μέσων προκειμένου να αυξηθεί η τιμή σχεδιασμού του CBR. [9]

Από την παραπάνω διατύπωση προκύπτει και ο αριθμός των μετρήσεων που πρέπει να διεξαχθούν προκειμένου να διατίθεται αντιπροσωπευτικό δείγμα τιμών του CBR. Στην περίπτωση που εξετάζεται, το πλήθος των ερευνητικών τομών που έχουν πραγματοποιηθεί και από τις οποίες έχουν προκύψει έξι μέσες τιμές CBR, επιτρέπει την αξιόπιστη εκτίμηση του CBR του εδάφους, δεδομένου ότι δεν αλλάζει σημαντικά ο τύπος του εδάφους από τομή σε τομή. Σύμφωνα με την παραπάνω πρακτική, υπολογίζεται η τυπική απόκλιση των τιμών του CBR (1,26), οπότε από το μέσο όρο των τιμών του CBR μείον μια φορά την τυπική απόκλιση προκύπτει η τιμή $4,74 > 4$ (%), οπότε το έδαφος κατατάσσεται στην κατηγορία C.

Νότιος Π/Τ

Για το νότιο Π/Τ πριν από την ανακατασκευή του, κατόπιν σχετικών μετρήσεων συντάχθηκε εδαφοτεχνική μελέτη. Στο σχήμα 2.4 φαίνεται ενδεικτικό διάγραμμα προσδιορισμού του CBR, καθώς και μια από τις 3 ερευνητικές τομές που πραγματοποιήθηκαν.



Σχήμα 2.4: Διάγραμμα προσδιορισμού CBR

ΤΟΜΗ 3 (ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ)



Σχήμα 2.5: Ερευνητική τομή νότιου Π/Τ πριν από την ανακατασκευή του

Από την εδαφοτεχνική μελέτη λαμβάνονται οι πληροφορίες που φαίνονται στους πίνακες 2.5, 2.7.

Πίνακας 2.5: CBR εδάφους

Τομή	CBR 1	CBR 2	M.O.CBR
1	15	-	15,0
2	19	20	19,5
3	10	7	8,5

Πίνακας 2.6: Μέσος όρος όλων των μετρήσεων CBR εδάφους από εδαφοτεχνική μελέτη

		Κατηγορία
Μέσος Όρος όλων των μετρήσεων:	14,2	A
Τυπική Απόκλιση	5,6	
M.O.-1*T.A.	8,6	B

Πίνακας 2.7: Μέσος όρος των Μ.Ο. CBR από εδαφοτεχνική μελέτη

Τομή	M.O.CBR	
1	15,0	
2	19,5	
3	8,5	Κατηγορία
M.O.	14,3	A
T.A.	5,5	
M.O.-1*T.A.	8,8	B

Παρατηρούμε ότι είτε λάβουμε το Μέσο Όρο (Μ.Ο.) και την Τυπική Απόκλιση (Τ.Α.) όλων των μετρήσεων, είτε το Μέσο Όρο του CBR για κάθε τομή, η κατάταξη δεν αλλάζει καθώς ο τελικός Μέσος Όρος του CBR αυτούσιος ή απομειωμένος κατά μία Τυπική Απόκλιση μεταβάλλεται ελάχιστα στις δύο περιπτώσεις.

Αντιθέτως, παρατηρούμε ότι αλλάζει η κατάταξη του εδάφους στην περίπτωση που λάβουμε το Μέσο Όρο αυτούσιο ή απομειωμένο κατά μια Τυπική Απόκλιση. Συγκεκριμένα, με χρήση του Μέσου Όρου προκύπτει έδαφος κατηγορίας Α, ενώ εάν ληφθεί υπόψη η προαναφερθείσα απομείωση, το έδαφος γίνεται κατηγορίας Β. Στη δεύτερη περίπτωση παρατηρούμε ότι το αποτέλεσμα είναι κοντά στο άνω όριο της εδαφικής κατηγορίας C.

Οι τιμές του CBR που έχουν μετρηθεί κυμαίνονται από 7% έως 20%, που αντιστοιχούν σε εδάφη κατηγορίας C έως Α. Το μικρό πλήθος των μετρήσεων, σε συνδυασμό με τη μεγάλη διακύμανση των μετρημένων τιμών προκαλεί μια αβεβαιότητα ως προς την επιλογή της κατάλληλης εδαφικής κατηγορίας, ενώ συνηγορεί προς την απαίτηση απομείωσης του Μέσου Όρου κατά μία Τυπική Απόκλιση. Από τα παραπάνω προκύπτει εδαφική κατηγορία Β.

Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμη και μια δεύτερη προσέγγιση, καθώς υπάρχει η σχετική δυνατότητα, η οποία στο τέλος θα αξιολογηθεί συγκριτικά με αυτή που προηγήθηκε. Ειδικότερα, λαμβάνοντας υπόψη τα στοιχεία του πίνακα 2.8, τα οποία έχουν προκύψει από την ίδια εδαφοτεχνική μελέτη στην οποία αναφερόμαστε παραπάνω, είναι δυνατή η εκτίμηση κατάταξης του εδάφους, σύμφωνα με το Ενοποιημένο Σύστημα Κατάταξης Εδαφών.

Πίνακας 2.8: Στοιχεία εδαφοτεχνικής μελέτης

Όριο Υδαρότητας	47,4
Όριο Πλαστικότητας	29,6
Δείκτης Πλαστικότητας	17,9
Στοιχεία Κοκκομετρίας	Σχήμα 2.6
Πίνακας Ενοποιημένου Συστήματος Κατάταξης Εδαφών	Πίνακας 2.9

Αριθμός Κόσκινου	Ανοίγμα Κόσκινου	Συγκρατούμενο Βάρος σε gr	Διερχόμενο βάρος σε gr	Ποσοστό %
3"	76,10			
2 1/2"	64,00			
2"	50,80			
1 1/2"	38,10			
1 1/4"	32,00			
1"	25,40			
3/4"	19,00			
5/8"	16,00			
1/2"	12,70			
3/8"	9,51		954	100
1/4"	6,35			
No 4	4,75	1	953	99.9
No 8	2,38			
No 10	2,00	8	945	99.1
No 16	1,19			
No 30	0,60			
No 40	0,42	15.5	929.5	97.9
No 50	0,30			
No 80	0,18			
No 100	0,15			
No 200	0,07	32	897.5	94.1
Παιτάλη:				
Ολικό Βάρος:				
Παρατηρήσεις:				

Σχήμα 2.6: Στοιχεία κοκκομετρίας νότιου Π/Τ από εδαφοτεχνική μελέτη

Πίνακας 2.9: Ενοποιημένο Σύστημα Κατάταξης Εδαφών

ΧΟΝΔΡΑΚΟΚΚΑ εδαφ: < 50% διέρχεται από το Νο. 200	ΧΑΛΙΚΕΣ: < 50% του χονδρακόκκου κλάσματος διέρχεται από το Νο. 4	ΚΑΘΑΡΟΙ ΧΑΛΙΚΕΣ: < 5% διέρχεται από το Νο. 200	ΚΑΛΩΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΟΙ ΧΑΛΙΚΕΣ: $C_u > 4$	GW
			ΚΑΚΩΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΟΙ ΧΑΛΙΚΕΣ: $C_u < 4$	GP
	ΑΜΜΟΙ: > 50% του χονδρακόκκου κλάσματος διέρχεται από το Νο. 4	ΧΑΛΙΚΕΣ ΜΕ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟ υλικό: > 12% διέρχεται από το Νο. 200	ΙΛΥΩΔΕΙΣ ΧΑΛΙΚΕΣ: κάτω από τη γραμμή A, ή $I_p < 4$	GM
			ΑΡΓΙΛΩΔΕΙΣ ΧΑΛΙΚΕΣ: πάνω από τη γραμμή A, ή $I_p > 7$	GC
		ΑΜΜΟΙ ΜΕ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟ υλικό: > 12% διέρχεται από το Νο. 200	ΚΑΛΩΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ ΑΜΜΟΙ: $C_u > 6$	SW
			ΚΑΚΩΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ ΑΜΜΟΙ: $C_u < 6$	SP
ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΑ εδαφ: > 50% διέρχεται από το Νο. 200	εδαφ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ: $w_L < 50\%$	ΑΡΓΙΛΟΙ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ: πάνω από τη γραμμή A		CL
		ΙΛΕΙΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ: κάτω από τη γραμμή A		ML
		ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΙΛΕΙΣ ή ΑΡΓΙΛΟΙ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ		OL
	εδαφ ΥΨΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ: $w_L > 50\%$	ΑΡΓΙΛΟΙ ΥΨΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ: πάνω από τη γραμμή A		CH
		ΙΛΕΙΣ ΥΨΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ: κάτω από τη γραμμή A		MH
		ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΙΛΕΙΣ ή ΑΡΓΙΛΟΙ ΥΨΗΛΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ		OH
Κυρίως ΟΡΓΑΝΙΚΑ υλικά				Pe

Πίνακας 2.10: Κατάταξη εδάφους με το Ενοποιημένο Σύστημα Κατάταξης Εδαφών

Τύπος Εδάφους	Εδαφική Κατηγορία
ML-CL (πιο πιθανό)	C
ML (πιθανό)	C
OL (λιγότερο πιθανό)	C

Παρατηρούμε ότι παρόλο που με τα διαθέσιμα στοιχεία δεν είναι δυνατό να προσδιοριστεί επακριβώς η κατάταξη του εδάφους σύμφωνα με το Ενοποιημένο Σύστημα Κατάταξης Εδαφών, η εδαφική κατηγορία (C) είναι η ίδια και στις τρεις περιπτώσεις, όπως προκύπτει από την αντιστοιχία του σχετικού πίνακα της εμπειρικής μεθόδου της FAA [2].

Επιπρόσθετα, η γεινίαση του νότιου Π/Τ με τον κυρίως Δ/Π (για τον οποίο διαθέτουμε περισσότερα εδαφοτεχνικά δεδομένα και γνωρίζουμε ότι ως επί το πλείστον κατατάσσεται σε κατηγορία ML με διάφορες υποκείμενες στρώσεις) μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι πιθανόν και ο νότιος Π/Τ θα έχει ως στρώση έδρασης παρόμοιο εδαφικό υλικό, το οποίο συμφωνεί ως επί το πλείστο με την κατάταξη εδαφικής κατηγορίας που έγινε στην προηγούμενη παράγραφο.

Εάν ως προς τα ανωτέρω ληφθεί υπόψη η λογική της κατάταξης προς την πλευρά της ασφάλειας, τότε θα έπρεπε στο νότιο Π/Τ να θεωρήσουμε εδαφική κατηγορία C. Ωστόσο, η κατάταξη του εδάφους σε κατηγορίες A-D θεωρείται πιο αξιόπιστη με απευθείας χρήση του CBR που υπολογίστηκε εργαστηριακά, παρά με έμμεση εκτίμηση βάσει των εδαφοτεχνικών δεδομένων που αφορούν στην κατάταξη του εδάφους με το ενοποιημένο σύστημα και την εκ των υστέρων αντιστοίχιση με χρήση του σχετικού πίνακα.

Κατόπιν των ανωτέρω, για το νότιο Π/Τ επιλέγεται κατηγορία εδάφους B, για τα εύκαμπτα οδοστρώματα με CBR=8,8%.

Λοιπές Επιφάνειες

Για τις λοιπές επιφάνειες του αεροδρομίου, όπως ο βόρειος Π/Τ, οι συνδετήριοι τροχόδρομοι και τα δύο Ισορ, δεν υπάρχουν διαθέσιμα εδαφοτεχνικά στοιχεία.

2.4 Ασφαλτοσκυροδέματα

Η τελική στρώση κυκλοφορίας, όπου αυτή είναι από ασφαλτοσκυρόδεμα, είναι κατηγορίας A-265 διαβάθμισης B, με πάχος 5 cm ενώ κάτω από αυτή βρίσκεται ασφαλτοσκυρόδεμα κατηγορίας A-260/B πάχους 7 cm, όπως φαίνεται και στις διατομές του παραρτήματος.

Για την περίπτωση του αεροδρομίου που εξετάζεται δεν έχουν επιβεβαιωθεί τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ασφαλικής στρώσης, καθώς και η συνάφειά τους με τα

προδιαγραφόμενα υλικά στις επιμέρους μεθόδους κατάταξης. Το παραπάνω δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσας εργασίας και για το λόγο αυτό γίνεται η παραδοχή ότι τα εύκαμπτα οδοστρώματα πληρούν τα ποιοτικά κριτήρια που απαιτούνται ώστε να δύνανται να εξυπηρετήσουν τη σύνθεση κυκλοφορίας για την οποία έχουν κατασκευαστεί. Έτσι, αποδεχόμενοι ότι επιτρέπεται κυκλοφορήσουν αεροσκάφη με πίεση 312,5 psi, τα οδοστρώματα κατατάσσονται αυτομάτως σε κατηγορία W.

Άλλωστε, ενδεικτικά αναφέρεται ότι όσον αφορά στην πίεση των αεροθαλάμων των τροχών, στο Ηνωμένο Βασίλειο σύμφωνα με το [10], επιτρέπεται ο χαρακτηρισμός της κατηγορίας πίεσης των τροχών ως W, όταν η ασφαλική επιφανειακή στρώση είναι τύπου Marshall και η κυκλοφορία των αεροσκαφών είναι χαμηλή (10.000 coverages). Αντίστοιχα, σύμφωνα με την FAA, ένα κατάλληλα προετοιμασμένο και τοποθετημένο μίγμα που συμμορφώνεται με την προδιαγραφή P-401, όπως περιγράφεται στην [11], μπορεί να αντισταθεί ουσιαστικά σε πίεση τροχών πάνω από 218 psi (1,5 MPa), ενώ ακατάλληλα παρασκευασμένα και διαστρωμένα ασφαλτομίγματα μπορεί να παρουσιάσουν σημεία καταπόνησης κάτω από πιέσεις αεροθαλάμων 100 psi (0,7 MPa) ή λιγότερο.

Παρόλο που τα φαινόμενα αυτά είναι ανεξάρτητα από το πάχος της ασφαλικής στρώσης, οδοστρώματα με καλά διαστρωμένη ασφαλική στρώση πάχους 4-5 in (10,2-12,7 cm) μπορούν να χαρακτηριστούν με τον κωδικό X ή W, ενώ πιο λεπτά οδοστρώματα χαμηλότερης ποιότητας ασφαλτοσκυροδέματος δε θα πρέπει να χαρακτηρίζονται με κωδικό άνω του Y.

2.5 Σκυρόδεμα Δύσκαμπτων Οδοστρωμάτων Προδιαγραφής ΔΕ-7

Η καμπτική αντοχή του σκυροδέματος ΔΕ-7 ορίζεται να είναι 4 MPa (580,15 psi) σύμφωνα με τη σχετική προδιαγραφή, ενώ σύμφωνα με μετρήσεις που έγιναν κατά τη διάρκεια της κατασκευής η μέση τιμή της στις 28 ημέρες, μετά από κατάλληλη στατιστική επεξεργασία προκύπτει ίση με 5.2 MPa ή 754.2 psi. Το πάχος κάθε πλάκας είναι 40 cm.

2.6 Σύνθεση Κυκλοφορίας Αεροσκαφών

Μια υποθετική σύνθεση της κυκλοφορίας αεροσκαφών περιγράφεται από τον πίνακα 2.11. Η κίνηση των αεροσκαφών δεν καταπονεί τα οδοστρώματα ομοιόμορφα σε όλο το πλάτος τους. Συγκεκριμένα, μόνο το 10% των κινήσεων των αεροσκαφών F-16 και F-4 γίνονται επί του άξονα του διαδρόμου, ενώ το υπόλοιπο 90% μοιράζεται σε δύο επί 45% με άξονα σε απόσταση ίση με το $\frac{1}{4}$ του πλάτους του κυρίως Δ/Π από τα ερείσματα. Το παραπάνω συμβαίνει διότι σε ποσοστό 90% τα συγκεκριμένα αεροσκάφη θεωρείται ότι απογειώνονται σε ζεύγη.

Πίνακας 2.11: Σύνθεση κυκλοφορίας αεροσκαφών

Αεροσκάφος	Traffic Cycle (TC)	Έτη κυκλοφορίας	Κινήσεις σε 20 έτη
F-16	4.600	20	92.000
F-4	2.300	20	46.000
C-130	350	20	7.000
Embraer EMB-145H	52	20	1.040
C-27	35	20	700
M-2000	20	20	400
A-7	5	20	100

Επιπλέον, για την εξαγωγή του παραπάνω συμπεράσματος λαμβάνεται υπόψη το γεγονός ότι η προσγείωση γίνεται επί του άξονα του διαδρόμου αλλά το φορτίο του αεροσκάφους είναι μικρότερο λόγω της μικρότερης ποσότητας καυσίμου που φέρει σε σύγκριση με την απογείωση. Επιπλέον, λαμβάνεται υπόψη η ύπαρξη παράλληλου τροχόδρομου γεγονός που επιδρά επί του συνολικού αριθμού των διελεύσεων, καθώς και το γεγονός ότι κατά την εφαρμογή των διαφόρων μεθόδων η σύνθεση κυκλοφορίας θα είναι η ίδια προκειμένου να είναι δυνατή η μεταξύ τους σύγκριση.

Επισημαίνεται ότι στην περίπτωση του κυρίως Δ/Π δεν υφίσταται επικάλυψη των ιχνών κίνησης των αεροσκαφών που κινούνται κεντρικά με αυτών που κινούνται παράπλευρα λόγω της μεγάλης μεταξύ τους απόστασης. Αντίθετα, στο νότιο Π/Τ η απόσταση των ακραίων ιχνών από αυτά της κεντρικής κίνησης αεροσκαφών είναι μικρή και θεωρείται ότι είναι πιθανή επικάλυψή τους. Για το λόγο αυτό στον κυρίως Δ/Π το PCN υπολογίζεται για την κεντρική κυκλοφορία ξεχωριστά και για την παράπλευρη επίσης. Στο νότιο Π/Τ όλη η κυκλοφορία θεωρείται ότι γίνεται επί του άξονα ενώ επιπλέον εξετάζεται και μεμονωμένα η παράπλευρη κυκλοφορία.

Τα παραπάνω στοιχεία θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια για την ενεργοποίηση των μεθόδων υπολογισμού του PCN, που ακολουθούν.

3 ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ FAA

3.1 Θεωρητικά Στοιχεία της Μεθόδου

3.1.1 Γενικά

Ο χαρακτηρισμός «εμπειρική», αποδίδεται στην παρούσα μέθοδο της Ομοσπονδιακής Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας¹⁴ (FAA) προκειμένου να διαχωριστεί από την πιο σύγχρονη εκδοχή της, που εφαρμόζεται με τη βοήθεια του λογισμικού COMFAA, που έχει αναπτυχθεί από την υπόψη Υπηρεσία. Η εμπειρική μέθοδος της FAA δε στερείται τεχνικής βάσης, αλλά εφαρμόζεται με τη βοήθεια νομογραφημάτων, που στηρίζονται στο ίδιο θεωρητικό υπόβαθρο με αυτό της σύγχρονης εκδοχής της.

Επιγραμματικά, η διαδικασία που ακολουθείται για τον υπολογισμό του PCN με τη συγκεκριμένη μέθοδο, περιγράφεται στη συνέχεια.

- Υπολογισμός του δείκτη K του εδάφους από το CBR, με τη χρήση κατάλληλου διαγράμματος (για τα δύσκαμπτα οδοστρώματα)
- Αναγωγή του δείκτη K του εδάφους, στην επιφάνεια της υπόβασης, με χρήση σχετικού διαγράμματος και κατάλληλου αναγωγικού τύπου (για τα δύσκαμπτα οδοστρώματα)
- Υπολογισμός απαιτούμενου πάχους οδοστρώματος (ή πλάκας σκυροδέματος στα δύσκαμπτα) για κάθε αεροσκάφος μεμονωμένα, με εφαρμογή νομογραφημάτων
- Επιλογή του κρίσιμου αεροσκάφους, ως εκείνο που απαιτεί το μεγαλύτερο πάχος οδοστρώματος, κατά περίπτωση
- Υπολογισμός της ισοδύναμης κυκλοφορίας των αεροσκαφών της τρέχουσας σύνθεσης κυκλοφορίας, ως προς το κρίσιμο αεροσκάφος, με τη χρήση μαθηματικών τύπων
- Υπολογισμός του μέγιστου επιτρεπόμενου φορτίου του κρίσιμου αεροσκάφους, με αντίστροφη χρήση των νομογραφημάτων
- Υπολογισμός του PCN, με τη χρήση σχετικών διαγραμμάτων

3.1.2 Ταξινόμηση εδαφών

Αναφορικά με την ταξινόμηση των εδαφών, πέραν των γενικών στοιχείων που αναγράφονται σε προηγούμενο κεφάλαιο, για μεγαλύτερη ευκολία, στην εμπειρική μέθοδο της FAA, οι κατηγορίες της στρώσης έδρασης, ανάλογα με την αντοχή τους, έχουν συσχετιστεί με το

¹⁴ Federal Aviation Administration

Ενιαίο Σύστημα Ταξινόμησης των Εδαφών¹⁵ και το σύστημα ταξινόμησης της FAA, όπως φαίνεται στον πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1: Αντιστοιχία κατάταξης εδάφους - κωδικοποιημένης αντοχής [2]

Κατηγορία	Κωδικοποίηση	Ταξινόμηση εδαφών	
		Ενοποιημένο σύστημα κατάταξης εδαφών	FAA
Υψηλή	A	GW, GP, GM	Fa, F1, F2
Μεσαία	B	GC, SW, SM, SP	F3, F4, F5
Χαμηλή	C	SC, ML, CL, OL	F6, F7, F8, F9
Πολύ Χαμηλή	D	OM, CH, MH	F10

3.1.3 Κατηγορίες οδοστρωμάτων ανάλογα με το φορτίο

Στην εμπειρική μέθοδο της FAA διακρίνονται δύο διαδικασίες υπολογισμού του PCN, για δύο κατηγορίες οδοστρωμάτων, οι οποίες έχουν επιλεγεί έτσι ώστε να υπάρχει συμφωνία με τις τυποποιημένες διαδικασίες υπολογισμού και αξιολόγησης και οι οποίες είναι οι ακόλουθες:

α. Οδοστρώματα υψηλών φορτίων, για βάρη αεροσκαφών μεγαλύτερα ή ίσα των 13.000 Kg.

β. Οδοστρώματα χαμηλών φορτίων για βάρη αεροσκαφών μεταξύ 5.700 Kg και 13.000 Kg.

Σημειώνεται ότι η περίπτωση του αεροδρομίου που εξετάζεται εμπίπτει στη πρώτη περίπτωση, ενώ για λόγους πληρότητας γίνεται μικρή αναφορά στη δεύτερη περίπτωση, καθώς και στην περίπτωση που το βάρος του αεροσκάφους είναι μικρότερο και από 5.700 Kg [2].

Οδοστρώματα Υψηλών Φορτίων

Ο υπολογισμός της αριθμητικής τιμής του PCN έχει σχεδιαστεί ώστε να απαιτεί την εισαγωγή ενός ελάχιστου πλήθους δεδομένων. Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί διαγράμματα από τα οποία μπορεί να εξαχθεί το PCN με την εισαγωγή της κατηγορίας αντοχής της στρώσης έδρασης και του επιτρεπόμενου μεικτού βάρους.

¹⁵ Unified System

Με χρήση των διαγραμμάτων του παραρτήματος του παρόντος κεφαλαίου, είναι δυνατός ο υπολογισμός του PCN για απλούς τροχούς, ζεύγη τροχών και διπλούς εν σειρά τροχούς. Ο υπολογισμός που γίνεται στα διαγράμματα αυτά αφορά γενικευμένες διαμορφώσεις του συστήματος των τροχών και δεν αφορούν κάποιο συγκεκριμένο αεροσκάφος. Διαγράμματα για διπλούς παράλληλα και εν σειρά τροχούς δεν έχουν κατασκευαστεί στα πλαίσια της εμπειρικής μεθόδου της FAA, διότι αναφέρονται σε συγκεκριμένο αεροσκάφος¹⁶, το Boeing 747. Στις γενικευμένες αυτές διαμορφώσεις έχουν γίνει κάποιες παραδοχές, όπως ότι το 95% του μεικτού βάρους του αεροσκάφους παραλαμβάνεται από το κύριο σύστημα τροχών, ενώ ο ρηναίος τροχός μεταβιβάζει στο οδόστρωμα το 5% του μεικτού βάρους του αεροσκάφους [2].

Επιπλέον παραδοχές για την κατασκευή των διαγραμμάτων αυτών αναγράφονται στους πίνακες 3.2-3.4.

Πίνακας 3.2: Αντιστοιχία μεικτού βάρους αεροσκάφους - πίεσης αεροθαλάμων για μονό τροχό [2]

Μεικτό βάρος (Kg)	Πίεση τροχών (MPa)
13.600	0,52
20.400	0,62
27.200	0,73
34.000	0,83

Πίνακας 3.3: Αντιστοιχία μεικτού βάρους αεροσκάφους - πίεσης αεροθαλάμων για ζεύγος τροχών [2]

Μεικτό βάρος (Kg)	Πίεση τροχών (MPa)	Απόσταση μεταξύ των τροχών (cm)
22.700	0,55	51
34.000	0,76	53
45.400	0,97	58
68.000	1,10	76

¹⁶ Κατά τη χρονική περίοδο σύνταξης της μεθόδου

90.700	1,38	86
--------	------	----

Πίνακας 3.4: Αντιστοιχία μεικτού βάρους αεροσκάφους-πίεσης αεροθαλάμων διπλών εν σειρά τροχών [2]

Μεικτό βάρος (Kg)	Πίεση τροχών (MPa)	Απόσταση μεταξύ των τροχών (cm) κατά την έννοια:	
		Παράλληλα	Εν σειρά
45.400	0,83	51	114
68.000	0,97	53	114
90.700	1,10	66	117
136.100	1,25	-	130
181.400	1,38	76	140

Ορισμένες φορές, για την εφαρμογή της παρούσας μεθόδου πραγματοποιούνταν η κατασκευή διαγραμμάτων υπολογισμού του PCN για ειδικά αεροσκάφη, όπως το Boeing 747 με σύστημα διπλών παράλληλα και εν σειρά τροχών. Ωστόσο, εξαιτίας του μεγάλου πλήθους διαφορετικών αεροσκαφών, καθώς και της ποικιλίας των μοντέλων κάθε αεροσκάφους θεωρήθηκε ότι δεν ήταν πρακτικό να αναπτυχθεί και διατηρηθεί επίκαιρο, μεγάλο πλήθος διαγραμμάτων.

Στην περίπτωση που το μεικτό φορτίο των αεροσκαφών είναι διαφορετικό αυτών που αναγράφονται στους προαναφερθέντες πίνακες, χρησιμοποιείται η μέθοδος της γραμμικής παρεμβολής, η οποία θεωρείται επαρκώς ακριβής γι' αυτού του είδους την εφαρμογή. Ο υπολογισμός της αριθμητικής τιμής του PCN από το ACN είναι κατάλληλος, καθώς το ACN και το PCN υπολογίζονται υπό την ίδια τεχνική βάση [2].

Οδοστρώματα χαμηλών φορτίων

Η μέθοδος προσδιορισμού του PCN που ακολουθείται στην περίπτωση χαμηλών φορτίων είναι παρόμοια με αυτή που χρησιμοποιείται και στην περίπτωση των υψηλών φορτίων, οπότε παράγεται παρόμοιο αποτέλεσμα PCN με πέντε πεδία. Δεδομένου ότι τα υλικά που χρησιμοποιούνται σε οδοστρώματα χαμηλών φορτίων είναι υποδεέστερα σε ποιότητα συγκριτικά με αυτά που χρησιμοποιούνται σε οδοστρώματα υψηλών φορτίων, έχουν αναπτυχθεί διαφορετικά διαγράμματα, στα οποία ωστόσο δεν υπάρχει διάκριση ανάλογα με

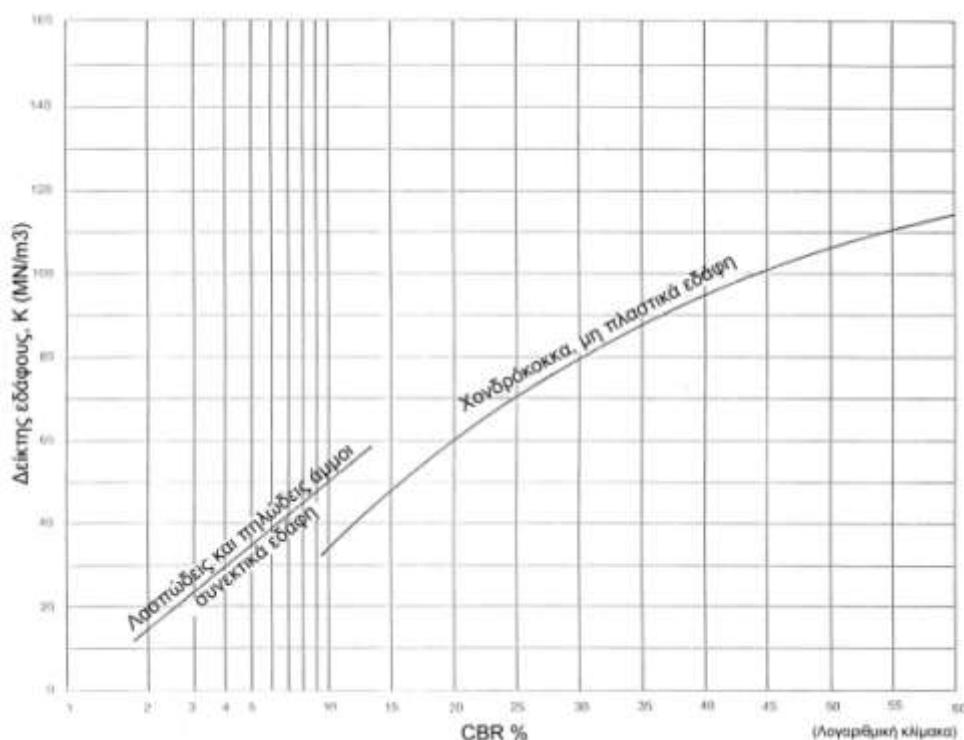
τη διαμόρφωση του συστήματος τροχών του αεροσκάφους. Στα δύσκαμπτα οδοστρώματα μάλιστα, με τη χρήση του διαγράμματος γίνεται απευθείας συσχέτιση του μεικτού βάρους του αεροσκάφους με την αριθμητική τιμή του PCN, ανεξάρτητα και από την κατηγορία αντοχής της στρώσης έδρασης [2].

Οδοστρώματα Φέρουσας Ικανότητας Μικρότερης των 5.700 Kq

Στα οδοστρώματα αυτά δε χρησιμοποιείται η μέθοδος ACN-PCN για την κατάταξή τους, αλλά απλώς αναγράφεται το επιτρεπόμενο βάρος σε rounds [2].

3.2 Υπολογισμός - Αναγωγή του Δείκτη K του Εδάφους

Για το δύσκαμπτο τμήμα του κυρίως Δ/Π γίνεται χρήση του διαγράμματος που φαίνεται στη συνέχεια, από το οποίο για CBR=4,74% εξάγεται $K=33,5 \text{ MN/m}^3$. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε κατηγορία εδάφους C.



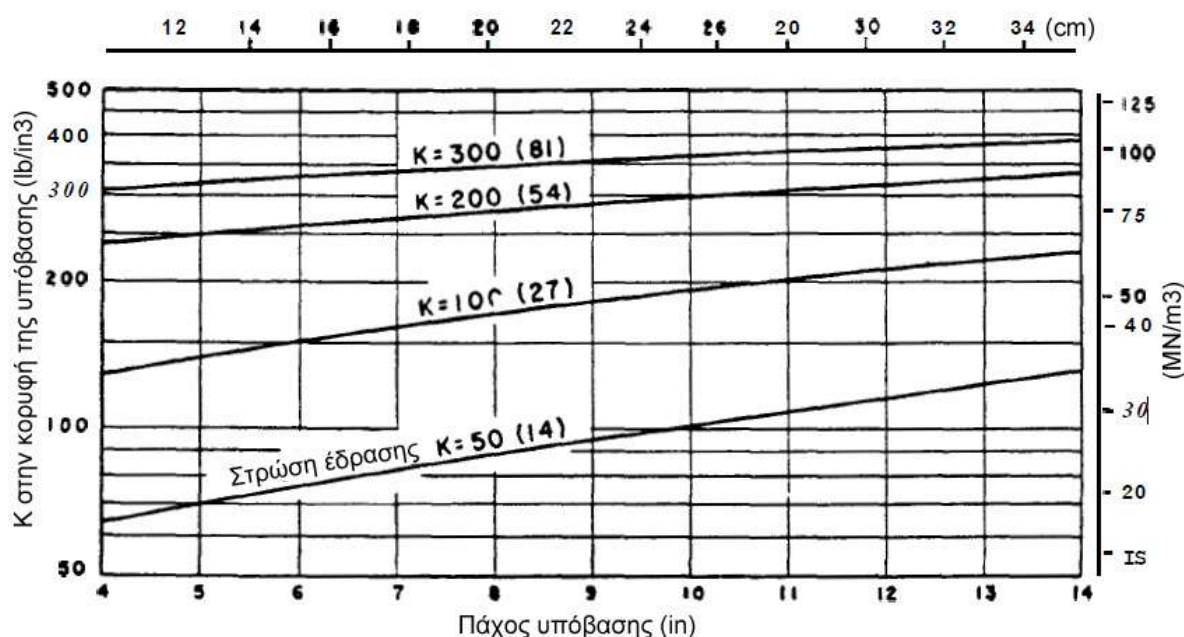
Σχήμα 3.1: Αντιστοιχία CBR/K [10]

Στο διάγραμμα του σχήματος 3.1, ο αριστερός κλάδος αφορά λασπώδεις και πηλώδεις άμμους και συνεκτικά υλικά εδάφους (με οριζόντιο άξονα σε λογαριθμική κλίμακα), ενώ ο δεξιός κλάδος αφορά σε χονδρόκοκκα διαβαθμισμένο, μη πλαστικό έδαφος.

Το διάγραμμα αυτό εφαρμόζεται και για το δύσκαμπτο τμήμα του νότιου Π/Τ. Πιο συγκεκριμένα, για CBR=8,8% προκύπτει τιμή του K ίση με $46,8 \text{ MN/m}^3$ για ιλυώδεις άμμους (αριστερός κλάδος) ή 30 για καλά διαβαθμισμένα χονδρόκοκκα μη πλαστικά εδάφη (δεξιός

κλάδος). Λόγω της μεγαλύτερης εγγύτητας του υφιστάμενου τύπου του εδάφους προς τον τύπο του εδάφους που αντιστοιχεί στον αριστερό κλάδο, λαμβάνεται $K=46,8 \text{ MN/m}^3$ και εδαφική κατηγορία C για το δύσκαμπτο οδόστρωμα του νότιου Π/Τ.

Για τους υπολογισμούς στο δύσκαμπτο τμήμα του κυρίως Δ/Π και του νότιου Π/Τ απαιτείται αναγωγή του δείκτη K του εδάφους στην επιφάνεια της υπόβασης. Η συγκεκριμένη αναγωγή γίνεται με τη βοήθεια του σχήματος 3.2.



Σχήμα 3.2: Αναγωγή του K στην επιφάνεια της υπόβασης [2]

Επειδή το πάχος που υποστηρίζεται από το συγκεκριμένο σχήμα δεν επαρκεί για χρήση του στον κυρίως Δ/Π και στο νότιο Π/Τ, έγιναν διαδοχικές προσεγγίσεις, λαμβάνοντας υπόψη την τάση των διαγραμμάτων, έως ότου προσεγγιστεί το επιθυμητό πάχος υπόβασης. Για τον καθορισμό των τιμών των καμπυλών σε μεγάλη κλίμακα (για πάχος υπόβασης ίσο με 14 in) εφαρμόστηκε ο εκθετικός νόμος με τύπο $y=118.65181 \cdot (1 - e^{(-0.0268145 \cdot x)})$, ενώ στο τέλος, σε μικρότερη κλίμακα εφαρμόστηκε γραμμική παρεμβολή. Οι τελικοί πίνακες υπολογισμού του K_{eff} παρατίθενται στη συνέχεια:

Πίνακας 3.5: Αναγωγή του K στην επιφάνεια της υπόβασης για τον κυρίως Δ/Π

Οδόστρωμα	Κυρίως Δ/Π	
	Κεντρική	Παράπλευρη
$K_{\text{εδ.}} \text{ (MN/m}^3\text{)}$	33,5	33,5
Πάχος υπόβασης (in)	39,25	31,25
$K_{\text{eff.}} \text{ (MN/m}^3\text{)}$	108,7	101,6
$K_{\text{eff.}} \text{ (pci)}$	399,6	373,5

Πίνακας 3.6: Αναγωγή του K στην επιφάνεια της υπόβασης για το νότιο Π/Τ

Οδοστρώμα	Νότιος Π/Τ	
Κίνηση	Κεντρική	Παράπλευρη
$K_{εδ.}$ (MN/m ³)	46,8	46,8
Πάχος υπόβασης (in)	54,25	49,25
$K_{eff.}$ (MN/m ³)	112,6	112,3
$K_{eff.}$ (pci)	414,0	412,9

Οι τιμές του K στην επιφάνεια της υπόβασης μεταβάλλονται όπως φαίνεται στους ανωτέρω πίνακες, μεταβαίνοντας από $K=33,5$ MN/m³ ή 46,8 MN/m³ σε 101,6 MN/m³ ή 108,7 MN/m³ ή 112,3 MN/m³ ή 112,6 MN/m³ κατά περίπτωση (κυρίως Δ/Π ή νότιος Π/Τ και κεντρική ή παράπλευρη κίνηση).

3.3 Τεχνική Μέθοδος Κατάταξης - Εφαρμογή

3.3.1 Επιλογή αεροσκάφους σχεδιασμού

Το αεροσκάφος που επιλέγεται ως αεροσκάφος σχεδιασμού είναι εκείνο το οποίο απαιτεί το μεγαλύτερο συνολικό πάχος οδοστρώματος. [9]. Για το λόγο αυτό, με εφαρμογή των διαγραμμάτων της μεθόδου, υπολογίζονται τα εν λόγω πάχη, όπως φαίνεται στους πίνακες 3.7-3.10.

Πίνακας 3.7: Απαιτούμενο πάχος οδοστρώματος για την κεντρική κίνηση του κυρίως Δ/Π

A/Φ	Μέγιστο φορτίο (lbs)	Traffic Cycle (TC)	TC για 20 έτη	Φορτίο απλού τροχού W_2 (lbs)	Απαιτούμενο συνολικό πάχος εύκαμπτου (in)	Υφιστάμενο πάχος εύκαμπτου οδοστρώματος (in)	Απαιτούμενο πάχος ΔΕ-7 (in)	Υφιστάμενο πάχος ΔΕ-7 (in)
F-16	35.526,3	460	9.200	16.875,0	15	60	5,0	15,75
F-4	54.947,4	230	4.600	26.100,0	19	60	6,4	15,75
C-130	175.000,0	350	7.000	41.562,5	30	60	8,0	15,75
Embraer EMB-145H	51.588,0	52	1.040	12.252,2	16	60	4,7	15,75
C-27 τροπ.	31.189,9	70	1.400	14.815,2	13,75	60	2,9	15,75
M-2000	30.284,5	20	400	14.385,2	X	60	X	15,75
A-7	42.000,0	5	100	19.950,0	X	60	X	15,75

Πίνακας 3.8: Απαιτούμενο πάχος οδοστρώματος για την παράπλευρη κίνηση του κυρίως Δ/Π

Α/Φ	Μέγιστο φορτίο (lbs)	Traffic Cycle (TC)	TC για 20 έτη	Φορτίο απλού τροχού W_2 (lbs)	Απαιτούμενο συνολικό πάχος εύκαμπτου (in)	Υφιστάμενο πάχος εύκαμπτου οδοστρώματος (in)	Απαιτούμενο πάχος ΔΕ-7 (in)	Υφιστάμενο πάχος ΔΕ-7 (in)
F-16 παράπλ.	35.526,3	2.070	41.400	16.875,0	18	52	5,8	15,75
F-4 παράπλ	54.947,4	1.035	20.700	26.100,0	22,2	52	7,3	15,75

Πίνακας 3.9: Απαιτούμενο πάχος οδοστρώματος για την κεντρική κίνηση του νότιου Π/Τ

Α/Φ	Μέγιστο φορτίο (lbs)	Traffic Cycle (TC)	TC για 20 έτη	Φορτίο απλού τροχού W_2 (lbs)	Απαιτούμενο συνολικό πάχος εύκαμπτου (in)	Υφιστάμενο πάχος εύκαμπτου οδοστρώματος (in)	Απαιτούμενο πάχος ΔΕ-7 (in)	Υφιστάμενο πάχος ΔΕ-7 (in)
F-16	35.526,3	4.600	92.000	16.875,0	13,3	70	6,2	15,75
F-4	54.947,4	2.300	46.000	26.100,0	16,5	70	7,9	15,75
C-130	175.000	350	7.000	41.562,5	19	70	8	15,75
Embraer EMB-145H	51.588,0	52	1.040	12.252,2	11	70	4,7	15,75
C-27 τροπ.	31.189,9	70	1.400	14.815,2	8,8	70	3,8	15,75
M-2000	30.284,5	20	400	14.385,2	X	70	X	15,75
A-7	42.000,0	5	100	19.950,0	X	70	X	15,75

Πίνακας 3.10: Απαιτούμενο πάχος οδοστρώματος για την παράπλευρη κίνηση του νότιου Π/Τ

Α/Φ	Μέγιστο φορτίο (lbs)	Traffic Cycle (TC)	TC για 20 έτη	Φορτίο απλού τροχού W_2 (lbs)	Απαιτούμενο συνολικό πάχος εύκαμπτου (in)	Υφιστάμενο πάχος εύκαμπτου οδοστρώματος (in)	Απαιτούμενο πάχος ΔΕ-7 (in)	Υφιστάμενο πάχος ΔΕ-7 (in)
F-16 παράπλ.	35.526,3	2.070	41.400	16.875,0	11,8	65	5,7	15,75
F-4 παράπλ	54.947,4	1.035	20.700	26.100,0	15,5	65	7,1	15,75

Στο παράρτημα του παρόντος κεφαλαίου παρατίθενται ενδεικτικά ορισμένα από τα διαγράμματα της μεθόδου [9] που εφαρμόστηκαν για την εκτέλεση των υπολογισμών και τη συμπλήρωση των πινάκων 3.7-3.10. Συγκεκριμένα, με τη χρήση των διαγραμμάτων αυτών

είναι δυνατός ο υπολογισμός του απαιτούμενου πάχους των οδοστρωμάτων για τα εύκαμπτα οδοστρώματα και της πλάκας του σκυροδέματος για τα δύσκαμπτα οδοστρώματα. Επισημαίνεται ότι για το σκοπό αυτό και για τη σύνθεση κυκλοφορίας του αεροδρομίου, χρησιμοποιήθηκαν διαγράμματα που αφορούν αεροσκάφη με σύστημα προσγείωσης απλού, διπλού τροχού και ξεχωριστά διαγράμματα για το C-130.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι δυσμενέστερο αεροσκάφος για την κεντρική κίνηση των αεροσκαφών είναι το C-130 γιατί σε κάθε περίπτωση (εύκαμπτο και δύσκαμπτο τμήμα Δ/Π και νότιο Π/Τ) απαιτεί το μεγαλύτερο συνολικό πάχος οδοστρώματος. Για την παράπλευρη κίνηση των αεροσκαφών, κρίσιμο αεροσκάφος προκύπτει το F-4, το οποίο σε κάθε περίπτωση απαιτεί μεγαλύτερο συνολικό πάχος οδοστρώματος σε σχέση με το F-16.

3.3.2 Ισοδύναμη κυκλοφορία αεροσκαφών

Για τον υπολογισμό της ισοδύναμης κυκλοφορίας, αρχικά γίνεται αναγωγή του πλήθους των διελεύσεων των αεροσκαφών, σε ισοδύναμες διελεύσεις του συστήματος τροχών του κρίσιμου αεροσκάφους, με τη χρήση κατάλληλου συντελεστή διάταξης τροχών. Στη συνέχεια γίνεται μια επιπλέον αναγωγή, στην οποία βασικό συντελεστή αποτελεί ο λόγος του φορτίου του μονού τροχού των αεροσκαφών προς το φορτίο μονού τροχού του κρίσιμου αεροσκάφους.

Με εφαρμογή των παραπάνω προκύπτουν οι πίνακες 3.11 έως 3.14, από τους οποίους εξάγονται οι ισοδύναμες διελεύσεις του κρίσιμου αεροσκάφους.

Για τον κυρίως Δ/Π ισχύει:

Πίνακας 3.11: Ισοδύναμες διελεύσεις για τις παράπλευρες κινήσεις στον κυρίως Δ/Π

A/Φ	Μέγιστο φορτίο (lbs)	Traffic Cycle (TC)	TC για 20 έτη	Συντελεστής διάταξης τροχών	Ισοδύναμοι TC λαμβάνοντας υπόψη το συντελεστή διάταξης τροχών (R_2)	Φορτίο απλού τροχού W_2 (lbs)	Λόγος φορτίων τροχών $(W_2/W_1)^{1/2}$	Ισοδύναμοι TC με κρίσιμο A/Φ (R_1)
F-16	35.526,3	2.070	41.400	1	2.070	16.875,0	0,80	463,8
F-4	54.947,4	1.035	20.700	1	1.035	26.100,0	1,00	1.035,0

Άθροισμα:	1.499
σε 20 έτη:	29.976

Πίνακας 3.12: Ισοδύναμες διελεύσεις για τις κεντρικές κινήσεις στον κυρίως Δ/Π

Α/Φ	Μέγιστο φορτίο (lbs)	Traffic Cycle (TC)	TC για 20 έτη	Συντελεστής διάταξης τροχών	Ισοδύναμοι TC λαμβάνοντας υπόψη το συντελεστή διάταξης τροχών (R_2)	Φορτίο απλού τροχού W_2 (lbs)	Λόγος φορτίων τροχών $(W_2/W_1)^{1/2}$	Ισοδύναμο i TC με κρίσιμο Α/Φ (R_1)
F-16	35.526,3	460	9.200	1	460	16.875,0	0,64	49,7
F-4	54.947,4	230	4.600	1	230	26.100,0	0,79	74,4
C-130 τροπ.1	87.500,0	700	14.000	1	700	41.562,5	1,00	700,0
Embraer EMB-145H	51.588,0	52	1.040	1,25	65	12.252,2	0,54	9,6
C-27 τροπ.	31.189,9	70	1.400	1	70	14.815,2	0,60	12,6
M-2000	30.284,5	20	400	1	20	14.385,1	0,59	5,8
A-7	42.000,0	5	100	1	5	19.950,0	0,69	3,0

Άθροισμα:	855
σε 20 έτη:	17.106

Για το νότιο Π/Τ ισχύει:

Πίνακας 3.13: Ισοδύναμες διελεύσεις για τις παράπλευρες κινήσεις στο νότιο Π/Τ

Α/Φ	Μέγιστο φορτίο (lbs)	Traffic Cycle (TC)	TC για 20 έτη	Συντελεστής διάταξης τροχών	Ισοδύναμοι TC λαμβάνοντας υπόψη το συντελεστή διάταξης τροχών (R_2)	Φορτίο απλού τροχού W_2 (lbs)	Λόγος φορτίων τροχών $(W_2/W_1)^{1/2}$	Ισοδύναμο i TC με κρίσιμο Α/Φ (R_1)
F-16	35.526,3	2.070	41.400	1	2.070	16.875,0	0,80	463,8
F-4	54.947,4	1.035	20.700	1	1.035	26.100,0	1,00	1.035,0

Άθροισμα:	1.499
σε 20 έτη:	29.976

Πίνακας 3.14: Ισοδύναμες διελεύσεις για τις κεντρικές κινήσεις στο νότιο Π/Τ

Α/Φ	Μέγιστο φορτίο (lbs)	Traffic Cycle (TC)	TC για 20 έτη	Συντελεστής διάταξης τροχών	Ισοδύναμοι TC λαμβάνοντας υπόψη το συντελεστή διάταξης τροχών (R_2)	Φορτίο απλού τροχού W_2 (lbs)	Λόγος φορτίων τροχών $(W_2/W_1)^{1/2}$	Ισοδύναμοι TC με κρίσιμο Α/Φ (R_1)
F-16	35.526,3	4.600	92.000	1	4.600	16.875,0	0,64	215,7
F-4	54.947,4	2.300	46.000	1	2.300	26.100,0	0,79	461,3
C-130 τροπ.1	87.500,0	700	14.000	1	700	41.562,5	1,00	700,0
Embraer EMB-145H	51.588,0	52	1.040	1,25	65	12.252,2	0,54	9,6
C-27 τροπ.	31.189,9	70	1.400	1	70	14.815,2	0,60	12,6
M-2000	30.284,5	20	400	1	20	14.385,1	0,59	5,8
A-7	42.000,0	5	100	1	5	19.950,0	0,69	3,0

Άθροισμα:	1.408
σε 20 έτη:	28.164

3.3.3 Μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο κρίσιμου αεροσκάφους

Το μέγιστο φορτίο που δύναται να φέρει το κρίσιμο αεροσκάφος φαίνεται στους πίνακες 3.15 και 3.16, με αντίστροφη εφαρμογή των σχετικών διαγραμμάτων του παραρτήματος.

Πίνακας 3.15: Μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο κρίσιμου αεροσκάφους στον κυρίως Δ/Π

Οδόστρωμα	Κυρίως Δ/Π	Κυρίως Δ/Π	Κυρίως Δ/Π	Κυρίως Δ/Π
Είδος οδοστρώματος	Εύκαμπο	Εύκαμπο	Δύσκαμπο	Δύσκαμπο
Κίνηση	Κεντρική	Παράπλευρη	Κεντρική	Παράπλευρη
Κρίσιμο Α/Φ	C-130 τροπ.1	F-4	C-130 τροπ.1	F-4
Ισοδύναμες διελεύσεις	855	1.499	855	1.499
Πραγματικό πάχος οδοστρώματος σε δυσμενέστερη θέση διέλευσης τροχών (in)	60	52	55 (15,75)	47 (15,75)
Μέγιστο φορτίο Α/Φ	210.000	165.000	210.000	198.000
Μέγιστο φορτίο μονού τροχού	99.750	78.375	99.750	94.050

Πίνακας 3.16: Μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο κρίσιμου αεροσκάφους στο νότιο Π/Τ

Οδόστρωμα	Νότιος Π/Τ	Νότιος Π/Τ	Νότιος Π/Τ	Νότιος Π/Τ
Είδος οδοστρώματος	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο
Κίνηση	Κεντρική	Παράπλευρη	Κεντρική	Παράπλευρη
Κρίσιμο Α/Φ	C-130 τροπ.1	F-4	C-130 τροπ.1	F-4
Ισοδύναμες διελεύσεις	1.408	1.499	1.408	1.499
Πραγματικό πάχος οδοστρώματος σε δυσμενέστερη θέση διέλευσης τροχών (in)	70	65	70 (15,75)	65 (15,75)
Μέγιστο φορτίο Α/Φ	255.000	570.000	200.000	199.000
Μέγιστο φορτίο μονού τροχού	121.125	270.750	95.000	94.525

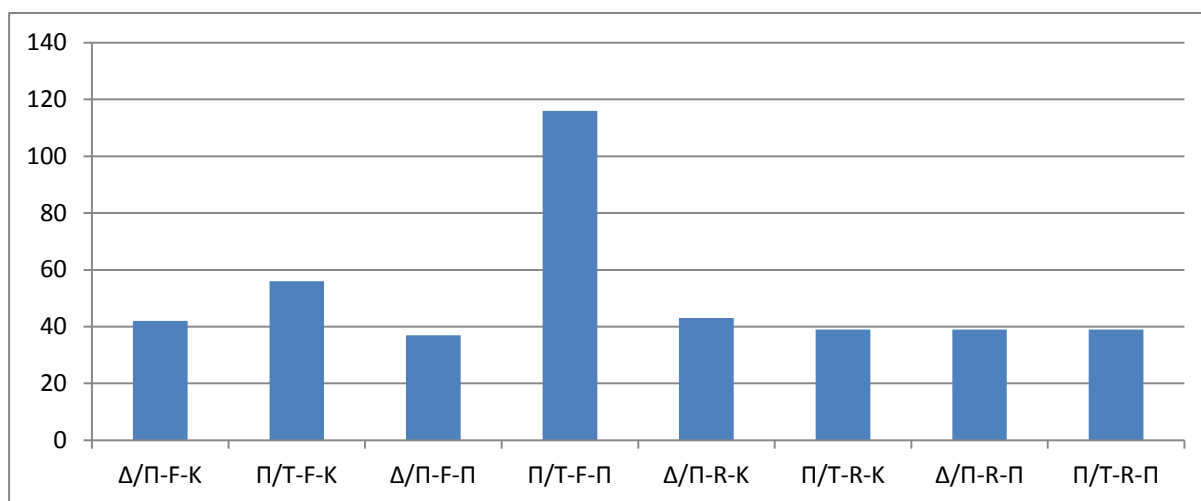
3.3.4 Υπολογισμός του PCN - Συγκεντρωτικά αποτελέσματα

Για το μέγιστο φορτίο του κρίσιμου αεροσκάφους που υπολογίστηκε στην προηγούμενη παράγραφο, με χρήση των διαγραμμάτων υπολογισμού του PCN της μεθόδου, που φαίνονται στο παράρτημα, υπολογίζεται η αριθμητική τιμή του PCN, η οποία συμπληρώνεται με τα λοιπά στοιχεία της κωδικοποίησης, όπως φαίνεται στον πίνακα 3.17.

Πίνακας 3.17: Τελικό PCN με χρήση της εμπειρικής μεθόδου της FAA

Συντομογραφία	Οδόστρωμα	Είδος οδοστρώματος	Λόγω κίνησης	Κρίσιμο Α/Φ	PCN
Δ/Π-F-K	Κυρίως Δ/Π	Εύκαμπτο	Κεντρικής	C-130	42/F/CW/T
Δ/Π-F-Π	Κυρίως Δ/Π	Εύκαμπτο	Παράπλευρης	F-4	37/F/CW/T
Δ/Π-R-K	Κυρίως Δ/Π	Δύσκαμπτο	Κεντρικής	C-130	43/R/CW/T
Δ/Π-R-Π	Κυρίως Δ/Π	Δύσκαμπτο	Παράπλευρης	F-4	39/R/CW/T
Π/Τ-F-K	Νότιος Π/Τ	Εύκαμπτο	Κεντρικής	C-130	56/F/BW/T
Π/Τ-F-Π	Νότιος Π/Τ	Εύκαμπτο	Παράπλευρης	F-4	116/F/BW/T
Π/Τ-R-K	Νότιος Π/Τ	Δύσκαμπτο	Κεντρικής	C-130	39/R/CW/T
Π/Τ-R-Π	Νότιος Π/Τ	Δύσκαμπτο	Παράπλευρης	F-4	39/R/CW/T

Η αριθμητική τιμή του PCN, απεικονίζεται στο διάγραμμα του σχήματος 3.3, στο οποίο (όπως και σε επόμενα διαγράμματα) για πρακτικούς λόγους χρησιμοποιούνται οι συντομογραφίες του πίνακα 3.17.



Σχήμα 3.3: Αριθμητική τιμή PCN (Εμπειρική μέθοδος FAA)

3.4 Παραδοχές

Οι παραδοχές που έγιναν κατά την εφαρμογή των διαγραμμάτων και τη συμπλήρωση των πινάκων είναι οι ακόλουθες:

- α. Ως φορτίο των αεροσκαφών θεωρείται το μέγιστο μεικτό βάρος απογειώσεως.
- β. Η θεωρούμενη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος είναι τα 20 έτη, παραδοχή η οποία ενσωματώνεται στα αντίστοιχα διαγράμματα.
- γ. Για το σύστημα προσγειώσεως σε διαμόρφωση διπλών εν σειρά τροχών, γίνεται η παραδοχή διπλάσιου αριθμού διελεύσεων τροποποιημένου αεροσκάφους με μονό τροχό σε κάθε σκέλος του κυρίου άξονα και φορτίο ίδιο με αυτό που καταπονεί το οδόστρωμα ο κάθε τροχός της αρχικής διαμόρφωσης.

Εξαίρεση γίνεται για το C-130 και μόνο για τον υπολογισμό του συνολικού πάχους οδοστρώματος, για το οποίο υπάρχει σχετικό διάγραμμα, για το οποίο ωστόσο απαιτείται επέκταση αυτού ώστε να δύναται να χρησιμοποιηθεί για 350 διελεύσεις.

Επισημαίνεται ότι από τη χρήση του διαγράμματος του μονού τροχού για 700 διελεύσεις του C-130, το απαιτούμενο πάχος προκύπτει 28 in, ενώ από το κανονικό διάγραμμα του C-130 με 350 διελεύσεις, το πάχος που υπολογίζεται είναι 30 in. Η διαφορά θεωρείται μικρή ώστε να γίνει αποδεκτή η παραδοχή, δεδομένης της χρήσης των διαγραμμάτων που απαιτούν συχνά επέκταση ή παρεμβολή.

δ. Επειδή η σύνταξη των διαγραμμάτων έγινε με την παραδοχή κατανομής 95% του βάρους του αεροσκάφους στους κύριους άξονες, το οποίο δεν ισχύει πάντοτε, η ορθή χρήση τους επιβάλλει κατάλληλη αναγωγή του βάρους του αεροσκάφους. Στην παρούσα εφαρμογή ο συγκεκριμένος παράγοντας λαμβάνεται υπόψη και οι αναγωγές γίνονται κανονικά, σύμφωνα με τον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 3.18: Αναγωγή του βάρους των αεροσκαφών για ορθή χρήση των διαγραμμάτων

A/Φ	Μέγιστο φορτίο (lbs)	Διάταξη τροχών	Κατανομή βάρους στο κύριο σύστημα τροχών (%)	Πλήθος τροχών κυρίου άξονα του ενός σκέλους του υπό εξέταση αφους (N)	Φορτίο απλού τροχού W_2 (lbs)	Κατανομή βάρους στο κύριο σύστημα τροχών (%)	Μέγιστο φορτίο αφους (lbs) για χρήση διαγραμμάτων
F-16	37.500	S	90	1	16.875,0	95	35.526,3
F-4	58.000	S	90	1	26.100,0	95	54.947,4
C-130	175.000	ST	95	2	41.562,5	95	175.000,0
Embraer EMB-145H	51.588	D	95	2	12.252,2	95	51.588,0
C-27 τροπ.	30.865	S	96	1	14.815,2	95	31.189,9
M-2000	31.967	S	90	1	14.385,2	95	30.284,5
A-7	42.000	S	95	1	19.950,0	95	42.000,0

ε. Ο υπολογισμός του απαιτούμενου πάχους οδοστρώματος για τα δύο τελευταία αεροσκάφη της σύνθεσης κυκλοφορίας, δεν είναι δυνατό να γίνει με χρήση των διαγραμμάτων, λόγω του μικρού αριθμού διελεύσεων τους. Ενδεχόμενη επέκταση των διαγραμμάτων ενέχει αβεβαιότητα ως προς την ορθότητα των εξαγόμενων τιμών και ως εκ τούτου δεν είναι δόκιμο να εφαρμοστεί. Άλλωστε, λαμβάνοντας υπόψη ότι το φορτίο που αναλογεί σε κάθε τροχό των εν λόγω αεροσκαφών είναι σημαντικά μικρότερο από το φορτίο κάθε τροχού του C-130, σε συνδυασμό με τον αρκετά μικρότερο αριθμό διελεύσεων σε σχέση με τις διελεύσεις του C-130, συνάγεται ότι τα εν λόγω αεροσκάφη δε θα καταστούν κρίσιμα.

στ. Η κατασκευή των διαγραμμάτων που εφαρμόζονται για τον υπολογισμό του απαιτούμενου πάχους οδοστρώματος, έγινε για τους λόγους P/C του πίνακα 3.19. Οι συγκεκριμένοι λόγοι υπολογίζονται θεωρώντας ότι το πλήθος των διελεύσεων από κάθε θέση εκατέρωθεν της θεωρητικά ιδανικής προσγείωσης στον άξονα του διαδρόμου, προσομοιάζεται από την κανονική κατανομή και η εφαρμογή τους γίνεται έμμεσα, μέσω της χρήσης του κατάλληλου διαγράμματος (για απλό τροχό, ζεύγος τροχών κλπ).

Πίνακας 3.19: Λόγοι P/C που χρησιμοποιήθηκαν για κατασκευή των διαγραμμάτων της μεθόδου [9]

Διαμόρφωση συστήματος τροχών	Λόγος P/C	
	Εύκαμπτα οδοστρώματα	Δύσκαμπτα οδοστρώματα
Απλός τροχός	5,18	5,18
Ζεύγος τροχών	3,48	3,48
Διπλοί εν σειρά τροχοί (C-130)	2,07	4,15

3.5 Προβλήματα κατά την Εφαρμογή της Μεθόδου

Κατά την εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου, παρατηρήθηκαν τα ακόλουθα προβλήματα:

α. Οι ετήσιες αναχωρήσεις στα διαγράμματα υπολογισμού του απαιτούμενου πάχους οδοστρώματος, ξεκινούν από τις 1.200, ενώ για το C-130 είναι 350 και για άλλα αεροσκάφη ακόμη λιγότερες.

β. Δεν υπάρχει συντελεστής ισοδύναμης μετατροπής των λοιπών συστημάτων προσγείωσης αεροσκαφών σε διαμόρφωση διπλών εν σειρά τροχών. Για να υποσκελιστεί το πρόβλημα αυτό έγινε η παραδοχή διέλευσης διπλάσιου αριθμού τροποποιημένων αεροσκαφών C-130 με 1 τροχό ανά άξονα, διατηρώντας το φορτίο με το οποίο καταπονεί το οδόστρωμα ο κάθε τροχός. Στη συνέχεια ήταν δυνατή η χρήση συντελεστών αναγωγής από οποιοδήποτε σύστημα τροχών σε μονό τροχό και ο υπολογισμός των ισοδύναμων διελεύσεων.

γ. Τα διαγράμματα της μεθόδου δεν καλύπτουν τα υφιστάμενα μεγάλα πάχη οδοστρωμάτων, το μικρό αριθμό ισοδύναμων διελεύσεων του κρίσιμου A/Φ και το μέγιστο υπολογιζόμενο φορτίο τροχού του ισοδύναμου A/Φ ώστε να είναι δυνατός ο υπολογισμός του PCN. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική επέκταση των διαγραμμάτων και τη θεώρηση των παραδοχών που αναλύονται ανωτέρω, τα οποία στο σύνολό τους καθιστούν το αποτέλεσμα επισφαλές.

δ. Η χρήση των διαγραμμάτων για τον υπολογισμό του μέγιστου επιτρεπόμενου φορτίου ήταν δυσχερής λόγω ανεπάρκειας των υφιστάμενων καμπυλών, με αποτέλεσμα να γίνονται σημαντικές επεκτάσεις οι οποίες εισάγουν μεγάλη αβεβαιότητα ως προς το τελικό αποτέλεσμα.

ε. Το ίδιο πρόβλημα με το (δ) αφορά και τα διαγράμματα υπολογισμού του PCN, τα οποία δίνουν τιμές PCN έως 35, ενώ στην προκειμένη περίπτωση όλα τα υπολογιζόμενα PCN ξεπερνούν αυτήν την τιμή και μάλιστα μερικές κατά πολύ.

4 ΜΕΘΟΔΟΣ FAA

4.1 Θεωρητικά Στοιχεία της Μεθόδου

4.1.1 Γενικά

Η εκτέλεση των υπολογισμών στη μέθοδο της FAA γίνεται με τη βοήθεια λογισμικού, το οποίο ονομάζεται COMFAA, με αποτέλεσμα να μην απαιτείται η χρήση των νομογραφημάτων της εμπειρικής μεθόδου της FAA. Οι μεταβλητές εισάγονται στο πρόγραμμα αριθμητικά και ως εκ τούτου δύνανται να λαμβάνουν συνεχείς τιμές, οι οποίες αποτυπώνουν επακριβώς τις πραγματικές συνθήκες. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με την εμπειρική μέθοδο όπου το κάθε νομογράφημα, πλην των μεταβλητών που συνδέονται με τις γραφικές παραστάσεις, τα υπόλοιπα δεδομένα εισαγωγής είναι σταθερά και πιθανόν αποκλίνουν από τα επιθυμητά. Κατά τα λοιπά, η μέθοδος υπολογισμού του PCN ομοιάζει με αυτή της εμπειρικής μεθόδου.

Συνοπτικά, ο υπολογισμός του PCN με την τεχνική προσέγγιση της παρούσας μεθόδου, πραγματοποιείται με τη διαδικασία που περιγράφεται παρακάτω.

- Υπολογισμός του δείκτη K του εδάφους σε κάθε θέση, με τη χρήση μαθηματικού τύπου και δεδομένο το αντίστοιχο CBR
- Αναγωγή του δείκτη K του εδάφους, στην επιφάνεια της υπόβασης, με χρήση σχετικού διαγράμματος και κατάλληλης μεθόδου διαδοχικών προσεγγίσεων
- Υπολογισμός απαιτούμενου πάχους οδοστρώματος (ή πλάκας σκυροδέματος στα δύσκαμπτα) για κάθε αεροσκάφος μεμονωμένα, με χρήση του προγράμματος COMFAA (thickness mode)
- Επιλογή του κρίσιμου αεροσκάφους, ως εκείνο που απαιτεί το μεγαλύτερο πάχος οδοστρώματος, κατά περίπτωση
- Υπολογισμός της ισοδύναμης κυκλοφορίας των αεροσκαφών της τρέχουσας σύνθεσης κυκλοφορίας, ως προς το κρίσιμο αεροσκάφος, με τη χρήση μαθηματικών τύπων
- Υπολογισμός του μέγιστου επιτρεπόμενου φορτίου του κρίσιμου αεροσκάφους, με χρήση του προγράμματος COMFAA (MGW mode)
- Υπολογισμός του PCN, με χρήση του προγράμματος COMFAA (ACN mode), για βάρος του κρίσιμου αεροσκάφους ίσο με το μέγιστο επιτρεπόμενο

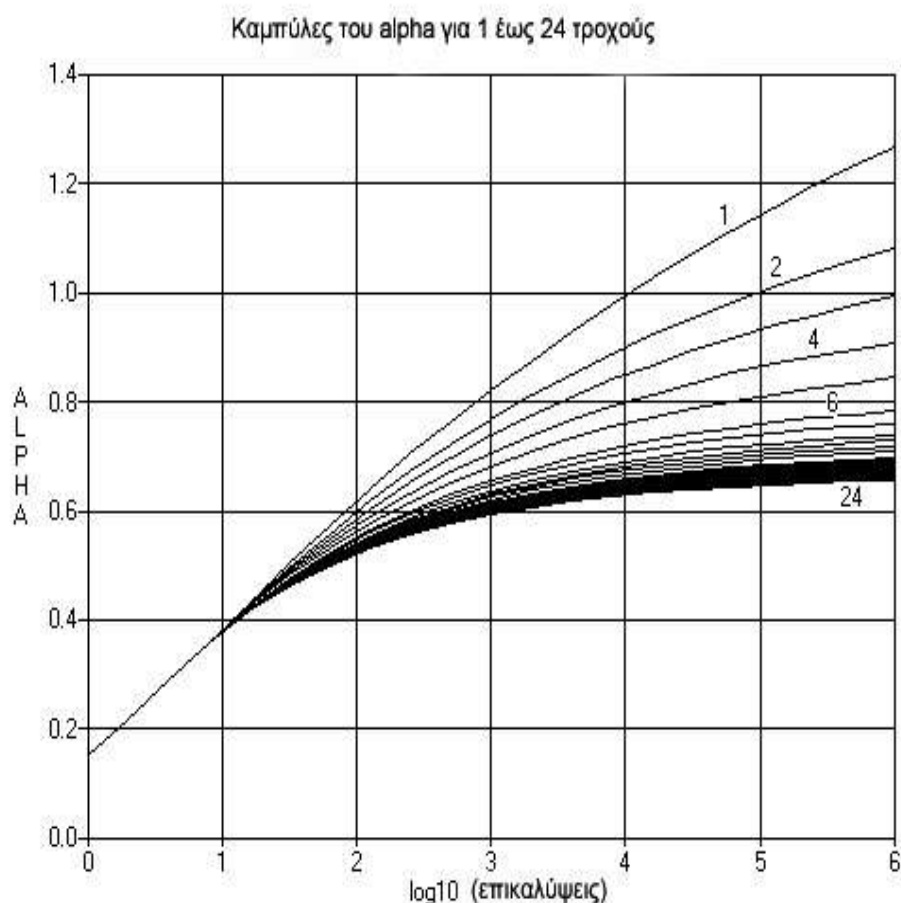
4.1.2 Παράγοντας alpha

Στο πρόγραμμα COMFAA γίνεται αυτόματα εισαγωγή ενός συντελεστή, του alpha factor. Το πλήθος των τυποποιημένων παραγόντων για 10.000 διελεύσεις είναι εννέα και περιγράφονται από τον πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1: Συντελεστές alpha

Τροχοί	1	2	4	5	8	12	16	18	24
Alpha	0,995	0,900	0,825	0,788	0,755	0,722	0,705	0,700	0,689

Εάν ο άξονας του θεωρούμενου αεροσκάφους διαθέτει πλήθος τροχών ίσο με κάποιον από αυτούς του πίνακα και οι διελεύσεις είναι 10.000, τότε το πρόγραμμα με προεπιλογή θέτει τιμή στον παράγοντα alpha ίση με την αντίστοιχη του πίνακα. Διαφορετικά ο υπολογισμός της τιμής γίνεται με τη χρήση του σχήματος 4.1.



Σχήμα 4.1: Καμπύλες alpha [3]

4.1.3 Ισοδύναμη κυκλοφορία αεροσκαφών

Γενικά

Οι διελεύσεις¹⁷ (P) ενός αεροσκάφους είναι δυνατό να καταμετρηθούν με απλή παρατήρηση, ωστόσο η μεταβλητή που χρησιμοποιείται από το πρόγραμμα COMFAA είναι οι ισοδύναμες διελεύσεις¹⁸ (C). Ο λόγος P/C για οποιοδήποτε αεροσκάφος είναι δυνατό να υπολογιστεί από το πρόγραμμα COMFAA. Αυτός ο λόγος είναι διαφορετικός για κάθε αεροπλάνο λόγω του διαφορετικού αριθμού τροχών, διαμορφώσεων αξόνων, επιφανειών επαφής τροχών και φορτίου στον άξονα. Αν και ο συγκεκριμένος λόγος αλλάζει ελάχιστα για κάθε αεροπλάνο όταν μεταβάλλεται η επιφάνεια επαφής των τροχών λόγω των αλλαγών στο φορτίο που εφαρμόζεται, κατά τη διαδικασία υπολογισμού που προτείνει η FAA, η αναλογία P/C αναφέρεται ως η αναλογία που λαμβάνεται από το πρόγραμμα COMFAA στην κατάσταση υπολογισμού του πάχους του οδοστρώματος. Στη συγκεκριμένη κατάσταση ο λόγος P/C είναι βασισμένος στην προτεινόμενη από τον κατασκευαστή φόρτιση του κύριου συστήματος τροχών με το 95% του μεικτού βάρους του αεροσκάφους.

Στην περίπτωση που το αεροσκάφος έχει διαμόρφωση διπλών εν σειρά τροχών, ο λόγος P/C είναι διαφορετικός στην περίπτωση εύκαμπτου ή δύσκαμπτου οδοστρώματος. Αυτή η διαφορά εμφανίζεται λόγω της προσέγγισης με την οποία θεωρούμε ότι τα οδοστρώματα αναλαμβάνουν τις τάσεις. Υποτίθεται ότι ο τρόπος προσομοίωσης των τάσεων στα εύκαμπτα οδοστρώματα αποτελείται από μια σειρά αιχμών πίεσης, ανάλογα με τον αριθμό των τροχών που βρίσκονται εν σειρά, ενώ ένα δύσκαμπτο οδόστρωμα ενεργεί ενιαία, εμφανίζοντας μόνο μια αιχμή ανά ομάδα τροχών.

Γενικά, απλοί και διπλοί τροχοί θα προκαλέσουν μόνο μια πίεση ανά πέρασμα, ανεξάρτητα από τον τύπο του οδοστρώματος, δεδομένου ότι υπάρχει μόνο ένα σύνολο τροχών που περνούν από μια δεδομένη θέση. Εντούτοις, διπλοί εν σειρά τροχοί φορτίζουν ένα εύκαμπτο οδόστρωμα δύο φορές δεδομένου ότι υπάρχουν δύο επαναλήψεις του φορτίου, ενώ φορτίζουν ένα άκαμπτο οδόστρωμα μια φορά με την έννοια μόνο μιας φόρτισης ανά ομάδα τροχών. Επιπλέον, διαμόρφωση τριπλής σειράς διπλών τροχών φορτίζει το εύκαμπτο οδόστρωμα τρεις φορές ενώ το δύσκαμπτο μόνο μια. Οι διαμορφώσεις τροχών εν σειρά στις οποίες η απόσταση των διαδοχικών τροχών υπερβαίνει τις 72 in (182 cm) αντιμετωπίζονται ως μεμονωμένες αιχμές φορτίων για τα εύκαμπτα και δύσκαμπτα οδοστρώματα στο πρόγραμμα COMFAA. Στην περίπτωση του αεροδρομίου που εξετάζεται και για τις

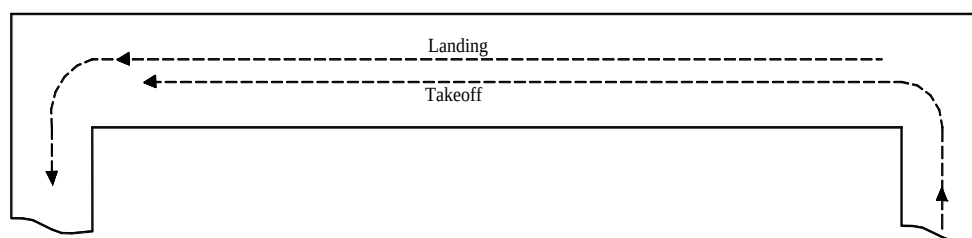
¹⁷ Passes

¹⁸ Coverages

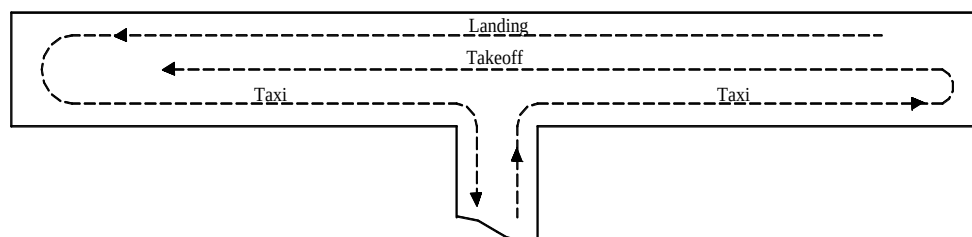
περιπτώσεις όπου δυσμενέστερο αεροσκάφος είναι το C-130, παρόλο που οι δύο εν σειρά τροχοί απέχουν περίπου 60 in, οι τροχοί κατά παραδοχή επιβαρύνουν το οδόστρωμα ως μεμονωμένες αιχμές λόγω αδυναμίας μετατροπής του συστήματος τροχών των υπόλοιπων αεροσκαφών στο συγκεκριμένο [3].

Τύπος τροχοδρόμου

Ανάλογα με την ύπαρξη παράλληλου ή κεντρικού τροχοδρόμου, τη διεύθυνση των απογειώσεων - προσγειώσεων και τη διαδρομή που ακολουθείται από τα αεροσκάφη κατά την τροχοδρόμηση προσδιορίζεται ο αριθμός των διελεύσεων σε ένα πλήρη κύκλο κίνησής τους, δηλ. ο λόγος P/TC. Αυτό γίνεται άμεσα αντιληπτό από τα σχήματα 4.2 και 4.3.



Σχήμα 4.2: Διάδρομος προσγειώσεως με παράλληλο τροχόδρομο



Σχήμα 4.3: Διάδρομος προσγειώσεως με κεντρικό συνδετήριο τροχόδρομο

Με τον όρο Traffic Cycle (TC) εννοούμε έναν πλήρη κύκλο κίνησης αεροσκάφους σε ένα αεροδρόμιο και περιλαμβάνει την προσγείωση, την τροχοδρόμηση και την απογείωση. Για την κατάταξη όπως και για την αξιολόγηση των οδοστρωμάτων, απαιτείται ο λόγος TC/C και όχι ο λόγος P/C δεδομένου ότι μπορεί να υπάρξουν ένα ή περισσότερα περάσματα ανά κύκλο κυκλοφορίας, πλην της περίπτωσης που θεωρείται μόνο ένα πέρασμα ανά κύκλο κυκλοφορίας, οπότε επαρκεί ο λόγος P/C. Σε κάθε άλλη περίπτωση και ιδίως όταν δεν υπάρχει παράλληλος τροχόδρομος αλλά κεντρικός, καθώς και όταν τα αεροσκάφη δεν ανεφοδιάζονται με καύσιμο τότε ο λόγος TC/C είναι απαραίτητος προκειμένου να ληφθεί η επίδραση όλης της κυκλοφορίας.

Η εξίσωση 4.1 βοηθά στη μετατροπή του λόγου P/C σε TC/C, χρησιμοποιώντας το λόγο P/TC, ο οποίος μπορεί εύκολα να προσδιοριστεί με βάση τα προαναφερθέντα [3].

$$\frac{TC}{C} = \frac{\frac{P}{C}}{\frac{P}{TC}} \quad (\text{Εξίσωση 4.1})$$

Απόκτηση καυσίμου

Η απόκτηση ή όχι καυσίμου σε ένα αεροδρόμιο, κατά τη διάρκεια ενός πλήρους κύκλου κίνησης ενός αεροσκάφους, έχει άμεση σχέση με το αν θα καταμετρηθεί η διέλευση του αεροσκάφους κατά την προσγείωση και την αντίστοιχη τροχοδρόμηση, εφόσον το αεροσκάφος θα έχει μικρότερο βάρος και συνεπώς θα επιβαρύνει λιγότερο τα οδοστρώματα. Τα παραπάνω γίνονται εμφανή στους πίνακες 4.2-4.5, όπου για παράλληλο και κεντρικό τροχόδρομο υπολογίζεται ο λόγος TC/C για διάφορες τυπικές διαμορφώσεις τροχών και για την περίπτωση που αποκτάται ή όχι επιπλέον καύσιμο [3].

Υπολογισμός TC/C

Σύμφωνα με όσα έχουν προαναφερθεί και σε εφαρμογή της εξίσωσης 4.1 είναι δυνατός ο υπολογισμός του λόγου TC/C, κατά περίπτωση, όπως φαίνεται στους πίνακες 4.2 έως 4.5.

Πίνακας 4.2: Υπολογισμός TC/C – περίπτωση μη απόκτησης καυσίμου (εύκαμπτα οδοστρώματα) [3]

Τύπος Τροχόδρομου	Τυπικό ζεύγος τροχών (D)	Τυπικό διπλό εν σειρά ζεύγος τροχών (2D)	Τυπικό τριπλό εν σειρά ζεύγος τροχών (3D)
P/C	3,6	1,8	1,4
P/TC - Παράλληλος	2	2	2
P/TC - Κεντρικός	3	3	3
TC/C - Παράλληλος	1,8	0,9	0,7
TC/C - Κεντρικός	1,2	0,6	0,5

Πίνακας 4.3: Υπολογισμός TC/C – περίπτωση απόκτησης καυσίμου (εύκαμπτα οδοστρώματα) [3]

Τύπος Τροχόδρομου	Τυπικό ζεύγος τροχών (D)	Τυπικό διπλό εν σειρά ζεύγος τροχών (2D)	Τυπικό τριπλό εν σειρά ζεύγος τροχών (3D)
P/C	3,6	1,8	1,4
P/TC - Παράλληλος	1	1	1

Τύπος Τροχόδρομου	Τυπικό ζεύγος τροχών (D)	Τυπικό διπλό εν σειρά ζεύγος τροχών (2D)	Τυπικό τριπλό εν σειρά ζεύγος τροχών (3D)
P/TC - Κεντρικός	2	2	2
TC/C - Παράλληλος	3,6	1,8	1,4
TC/C - Κεντρικός	1,8	0,9	0,7

Πίνακας 4.4: Υπολογισμός TC/C – περίπτωση μη απόκτησης καυσίμου (δύσκαμπτα οδοστρώματα) [3]

Τύπος Τροχόδρομου	Τυπικό ζεύγος τροχών (D)	Τυπικό διπλό εν σειρά ζεύγος τροχών (2D)	Τυπικό τριπλό εν σειρά ζεύγος τροχών (3D)
P/C	3,6	3,6	4,2
P/TC - Παράλληλος	2	2	2
P/TC - Κεντρικός	3	3	3
TC/C - Παράλληλος	1,8	1,8	2,1
TC/C - Κεντρικός	1,2	1,2	1,4

Πίνακας 4.5: Υπολογισμός TC/C – περίπτωση απόκτησης καυσίμου (δύσκαμπτα οδοστρώματα) [3]

Τύπος Τροχόδρομου	Τυπικό ζεύγος τροχών (D)	Τυπικό διπλό εν σειρά ζεύγος τροχών (2D)	Τυπικό τριπλό εν σειρά ζεύγος τροχών (3D)
P/C	3,6	3,6	4,2
P/TC - Παράλληλος	1	1	1
P/TC - Κεντρικός	2	2	2
TC/C - Παράλληλος	3,6	3,6	4,2
TC/C - Κεντρικός	1,8	1,8	2,1

Διαμόρφωση τροχών

Προκειμένου να ολοκληρωθεί ο υπολογισμός της ισοδύναμης κυκλοφορίας, όλα τα σημαντικά αεροσκάφη, από απόψεως φορτίου και κυκλοφορίας στη σύνθεση κυκλοφορίας του αεροδρομίου, πρέπει να μετατραπούν σε αντίστοιχα κρίσιμα αεροσκάφη, σε όρους διαμόρφωσης τροχών και κυκλοφορίας, έτσι ώστε η προκύπτουσα κυκλοφορία να μπορεί αναλογικά να προσμετρηθεί στη συνολική διάρκεια ζωής σχεδιασμού του οδοστρώματος. Έπειτα, θα πρέπει να γίνει ανάλογη μετατροπή η οποία θα λαμβάνει υπόψη το μέγεθος του φορτίου κάθε αεροσκάφους σε σχέση με αυτό του κρίσιμου. Το κρίσιμο αεροσκάφος είναι εκείνο με τη μεγαλύτερη απαίτηση αναφορικά με το πάχος του οδοστρώματος.

Πίνακας 4.6: Συντελεστές μετατροπής για διάφορες διαμορφώσεις τροχών [3]

Για μετατροπή από μια διαμόρφωση τροχών (N)	Σε μια άλλη διαμόρφωση τροχών (M)	Συντελεστής με τον οποίο πολλαπλασιάζονται οι TC:
S	D	0,80
S	2D	0,51
S	3D	0,33
D	S	1,25
D	2D	0,64
D	3D	0,41
2D	S	1,95
2D	D	1,56
2D	3D	0,64
3D	S	3,05
3D	D	2,44
3D	2D	1,56
2D/2D2	D	1,56
2D/2D2	2D	1,00

Στον πίνακα 4.6 δίδονται οι συντελεστές μετατροπής για συνήθεις διαμορφώσεις τροχών, οι οποίοι εάν πολλαπλασιαστούν με τους κύκλους κίνησης (TC) κάθε αεροσκάφους δίδουν τους ισοδύναμους κύκλους κίνησης του κρίσιμου αεροσκάφους.

Η γενική εξίσωση για την παραπάνω μετατροπή είναι:

$$\Sigma \text{υντελεστης} = 0,8^{(M-N)} \quad (\text{Εξίσωση 4.2})$$

όπου:

M = Ο αριθμός των τροχών του κύριου άξονα του κρίσιμου αεροσκάφους

N = Ο αριθμός των τροχών του κύριου άξονα του αεροσκάφους που μετατρέπεται [3]

Μέγεθος φορτίου

Προκειμένου να μετατραπούν οι κύκλοι κίνησης ενός αεροσκάφους σε ισοδύναμους του κρίσιμου αεροσκάφους που έχει προεπιλεγεί, εφαρμόζονται οι ακόλουθοι απλοποιητικοί κανόνες:

α. Θεωρείται επαρκής η χρήση φορτίου μοναδιαίου τροχού βασισμένου σε κατανομή βάρους στους κυρίους άξονες ίση με το 95% του μεικτού βάρους του αεροσκάφους.

β. Καθώς είναι δύσκολος ο προσδιορισμός του τρέχοντος ή του σχεδιαζόμενου επιχειρησιακού βάρους, η FAA συνιστά για το συγκεκριμένο υπολογισμό τη χρησιμοποίηση του μέγιστου μεικτού βάρους τροχοδρόμησης του αεροσκάφους.

Με τη χρήση των εξισώσεων 4.3 ή 4.4 είναι δυνατή η μετατροπή των κύκλων κίνησης ενός αεροσκάφους σε ισοδύναμους κύκλους κίνησης του κρίσιμου αεροσκάφους:

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } R_2 \times \sqrt{\frac{W_2}{W_1}} \quad (\text{Εξίσωση 4.3})$$

ή

$$R_1 = R_2 \sqrt[3]{W_2/W_1} \quad (\text{Εξίσωση 4.4})$$

όπου

R₁ = Ισοδύναμοι κύκλοι κίνησης κρίσιμου αεροσκάφους

R₂ = Κύκλοι κίνησης θεωρούμενου αεροσκάφους, οι οποίοι προηγουμένως έχουν μετατραπεί σύμφωνα με τη διαμόρφωση τροχών του κρίσιμου αεροσκάφους

W₁ = Φορτίο τροχού κρίσιμου αεροσκάφους

W₂ = Φορτίο τροχού θεωρούμενου αεροσκάφους

Η παραπάνω διαδικασία για τον υπολογισμό των ισοδύναμων διελεύσεων, εφαρμόζεται και στην εμπειρική FAA, με μικρές διαφοροποιήσεις. Παρά το γεγονός ότι προηγήθηκε ως προς την εφαρμογή της στο προηγούμενο κεφάλαιο, κρίθηκε σκόπιμη η ανάλυσή της στο παρόν, για λόγους πληρότητας, καθώς περιλαμβάνει τους ισχύοντες συντελεστές μετατροπής και μάλιστα για περισσότερα συστήματα τροχών, καθώς και εκτενέστερη ανάλυση σε άλλα θέματα (πχ. απόκτηση καυσίμου, ύπαρξη κεντρικού τροχόδρομου) [3].

4.2 Υπολογισμός - Αναγωγή του δείκτη K του εδάφους

Σύμφωνα με την [12] ισχύουν οι ακόλουθες εξισώσεις:

$$E = 1500 \times CBR \quad (\text{Εξίσωση 4.5})$$

$$E = 26 \times K^{1.284} \quad (\text{Εξίσωση 4.6})$$

Με συνδυασμό των εξισώσεων 4.5, 4.6 είναι δυνατό να συσχετιστεί το CBR με τον δείκτη K του εδάφους. Συγκεκριμένα, ισχύει:

$$K = 23,53 \times CBR^{0.7788}, \text{ K σε pci} \quad (\text{Εξίσωση 4.7})$$

ή

$$K = 6,377 \times CBR^{0.7788}, \text{ K σε MN/m}^3 \quad (\text{Εξίσωση 4.8})$$

Για τον κυρίως Δ/Π, όπου θεωρούμε CBR=4,74%, προκύπτει K=79 pci ή K=21,4 MN/m³, το οποίο αντιστοιχεί σε κατηγορία εδάφους D. Για το νότιο Π/Τ, με CBR=8,8%, είναι K=128 pci ή K=34,7 MN/m³, δηλαδή κατηγορία εδάφους C.

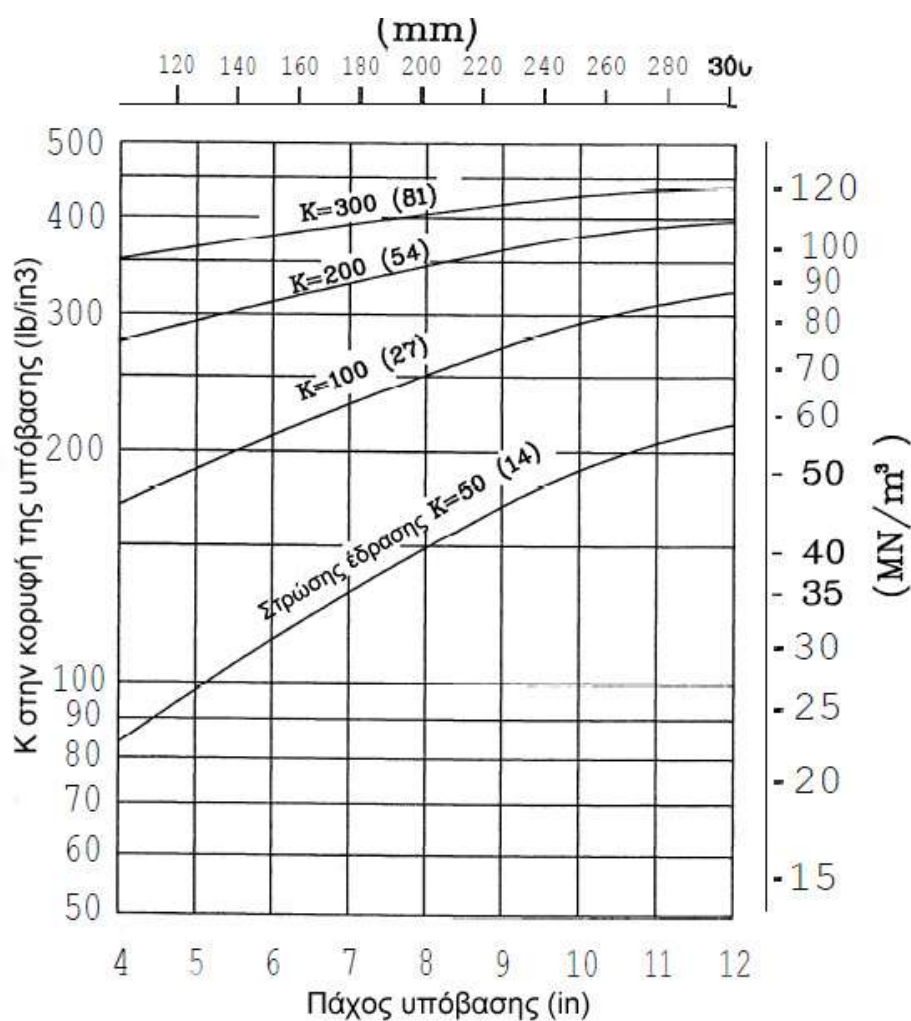
Για το δύσκαμπτο τμήμα του κυρίως Δ/Π και του νότιου Π/Τ απαιτείται η αναγωγή του δείκτη K στην επιφάνεια της υπόβασης. Για το λόγο αυτό, ακολουθείται διαδικασία παρόμοια με της εμπειρικής μεθόδου της FAA, με εφαρμογή διαδοχικών προσεγγίσεων, λαμβάνοντας υπόψη την τάση που παρουσιάζουν οι καμπύλες του σχήματος 4.4. Έτσι, υπολογίστηκε το K_{eff.} ως εξής:

Πίνακας 4.7: Αναγωγή του K στην επιφάνεια της υπόβασης για τον κυρίως Δ/Π

Οδόςτρωμα	Κυρίως Δ/Π	
	Κεντρική	Παράπλευρη
K _{εδ.} (MN/m ³)	21,4	21,4
Πάχος υπόβασης (in)	39,25	31,25
K _{eff.} (MN/m ³)	120,9	119,4
K _{eff.} (pci)	444,5	439,0

Πίνακας 4.8: Αναγωγή του K στην επιφάνεια της υπόβασης για το νότιο Π/Τ

Οδόςτρωμα	Νότιος Π/Τ	
	Κεντρική	Παράπλευρη
$K_{εδ.}$ (MN/m ³)	34,7	34,7
Πάχος υπόβασης (in)	54,25	49,25
$K_{eff.}$ (MN/m ³)	121,0	121,0
$K_{eff.}$ (pci)	444,9	444,9



Σχήμα 4.4: Αναγωγή του K στην επιφάνεια της υπόβασης [3]

4.3 Τεχνική Μέθοδος Κατάταξης - Εφαρμογή

4.3.1 Εύκαμπτο τμήμα κυρίως Δ/Π

Δεδομένου ότι πρόκειται για νέο Δ/Π, ο οποίος δεν έχει ακόμη χρησιμοποιηθεί και εφόσον δε συντρέχουν ειδικοί λόγοι για να υποτεθεί κάτι διαφορετικό, επιλέγεται ως διάρκεια ζωής του

οδοστρώματος κατά τη συνήθη πρακτική τα 20 έτη. Ακόμη, στο αεροδρόμιο γίνεται ανεφοδιασμός καυσίμου σε κάθε κύκλο κίνησης των αεροσκαφών, υπάρχει παράλληλος τροχόδρομος, η εδαφική κατηγορία είναι C και το CBR λαμβάνεται ίσο με 4,74 %.

Από τα παραπάνω και με εφαρμογή του προγράμματος COMFAA προκύπτουν οι πίνακες 4.9, 4.10.

Πίνακας 4.9: Απαιτούμενο συνολικό πάχος εύκαμπτου τμήματος κυρίως Δ/Π (παράπλευρη κίνηση)

A/Φ	Μέγιστο φορτίο (lbs)	Traffic Cycle (TC)	TC για 20 έτη	Πίεση ελαστικών (psi)	Διάταξη τροχών	Κατανομή βάρους στο κύριο σύστημα τροχών (%)	Απαιτούμενο συνολικό πάχος εύκαμπτου (in)	Υφιστάμενο πάχος εύκαμπτου οδοστρώματος (in)
F-16 παράπλ.	37.500	2.070	41.400	312,5	S	90	18,93	52
F-4 παράπλ.	58.000	1.035	20.700	261	S	90	22,71	52

Πίνακας 4.10: Απαιτούμενο συνολικό πάχος εύκαμπτου τμήματος κυρίως Δ/Π (κεντρική κίνηση)

A/Φ	Μέγιστο φορτίο (lbs)	Traffic Cycle (TC)	TC για 20 έτη	Πίεση ελαστικών (psi)	Διάταξη τροχών	Κατανομή βάρους στο κύριο σύστημα τροχών (%)	Απαιτούμενο συνολικό πάχος εύκαμπτου (in)	Υφιστάμενο πάχος εύκαμπτου οδοστρώματος (in)
F-16	37.500	460	9.200	312,5	S	90	16,51	60
F-4	58.000	230	4.600	261	S	90	19,61	60
C-130	175.000	350	7.000	105	ST	95	29,96	60
Embraer EMB-145H	51.588	52	1.040	175	D	95	13,84	60
C-27	61.730	35	700	80	ST	96	12,85	60
M-2000	31.967	20	400	210,3	S	90	9,86	60
A-7	42.000	5	100	200	S	95	8,78	60

Τα σχετικά σχήματα που παραπέμπουν στο πρόγραμμα COMFAA, παρατίθενται στο παράρτημα. Από αυτά γίνονται σαφή τα στοιχεία που εισάγονται κατά περίπτωση για τους υπολογισμούς. Επιπλέον, το πάχος που υπολογίζεται για το F-16 και το F-4 αφορά στο σύνολο των κινήσεων των ανωτέρω αεροσκαφών χωρίς να γίνεται διάκριση σε κεντρική και παράπλευρη. Το παραπάνω γίνεται σκόπιμα προκειμένου να είναι δυνατή η εξαγωγή συμπερασμάτων αναφορικά με την επίδραση που έχει ο διαχωρισμός της κίνησης των αεροσκαφών στο απαιτούμενο πάχος του οδοστρώματος. Συγκεκριμένα, το απαιτούμενο πάχος για 460 κεντρικές κινήσεις του F-16 είναι 16,51 in, για 2070 παράπλευρες κινήσεις

είναι 18,93 in, ενώ για το σύνολο των παραπάνω κινήσεων ($2 \cdot 2070 + 460 = 4600$ κινήσεις) είναι 20,13 in. Τέλος, τα σχήματα αφορούν μόνο στο εύκαμπτο τμήμα των οδοστρωμάτων, καθώς για το δύσκαμπτο τμήμα δεν έχει γίνει η αναγωγή του δείκτη εδάφους K στην επιφάνεια της υπόβασης, όπως γίνεται σε επόμενο κεφάλαιο.

Κρίσιμο αεροσκάφος για την κεντρική κίνηση είναι το C-130 διότι το συνολικό απαιτούμενο πάχος είναι μεγαλύτερο από αυτό των λοιπών αεροσκαφών της θεωρούμενης σύνθεσης κυκλοφορίας και συγκεκριμένα είναι 29,96 in ή 76,1 cm. Για την παράπλευρη κυκλοφορία μεταξύ του F-16 και του F-4, κρίσιμο αεροσκάφος προκύπτει να είναι το F-4 με απαιτούμενο πάχος οδοστρώματος 22,71 in ή 57,7 cm. Σε κάθε περίπτωση, όπως φαίνεται και από τον πίνακα το υφιστάμενο πάχος είναι σημαντικά μεγαλύτερο από το απαιτούμενο (60 και 52 in αντίστοιχα).

Ο λόγος P/C που χρησιμοποιήθηκε από το πρόγραμμα για το C-130 είναι 2,24, ενώ για το F-4 είναι 8,58.

Στον πίνακα 4.11 υπολογίζονται οι ισοδύναμες διελεύσεις με το κρίσιμο αεροσκάφος για την κεντρική κυκλοφορία.

Πίνακας 4.11: Ισοδύναμες διελεύσεις κρίσιμου αεροσκάφους κεντρικής κυκλοφορίας κυρίως Δ/Π

A/Φ	Μέγιστο φορτίο (lbs)	Traffic Cycle (TC)	TC για 20 έτη	Συντελεστής διάταξης τροχών	Ισοδύναμοι TC λαμβάνοντας υπόψη το συντελεστή διάταξης τροχών (R_2)	Φορτίο απλού τροχού W_2 (lbs)	Λόγος φορτίων τροχών $(W_2/W_1)^{1/2}$	Ισοδύναμοι TC με κρίσιμο A/Φ (R_1)
F-16	37.500	460	9.200	1	460	16.875,0	0,64	49,7
F-4	58.000	230	4.600	1	230	26.100,0	0,79	74,4
C-130 τροπ.1	87.500	700	14.000	1	700	41.562,5	1,00	700,0
Embraer EMB-145H	51.588	52	1.040	1,25	65	12.252,2	0,54	9,6
C-27 τροπ.	30.865	70	1.400	1	70	14.815,2	0,60	12,6
M-2000	31.967	20	400	1	20	14.385,2	0,59	5,8
A-7	42.000	5	100	1	5	19.950,0	0,69	3,0

Άθροισμα:	855
σε 20 έτη:	17.106

Στον πίνακα 4.12 υπολογίζονται οι ισοδύναμες διελεύσεις με το κρίσιμο αεροσκάφος για την παράπλευρη κυκλοφορία.

Πίνακας 4.12: Ισοδύναμες διελεύσεις κρίσιμου αεροσκάφους παράπλευρης κυκλοφορίας κυρίως Δ/Π

A/Φ	Μέγιστο φορτίο (lbs)	Traffic Cycle (TC)	TC για 20 έτη	Συντελεστής διάταξης τροχών	Ισοδύναμοι TC λαμβάνοντας υπόψη το συντελεστή διάταξης τροχών (R_2)	Φορτίο απλού τροχού W_2 (lbs)	Λόγος φορτίων τροχών $(W_2/W_1)^{1/2}$	Ισοδύναμοι TC με κρίσιμο A/Φ (R_1)
F-16	37.500	2.070	41.400	1	2.070	16.875,0	0,80	463,8
F-4	58.000	1.035	20.700	1	1.035	26.100,0	1,00	1.035,0

Άθροισμα:	1.499
σε 20 έτη:	29976

Στον πίνακα 4.13 φαίνονται τα στοιχεία που εισάγονται στο πρόγραμμα COMFAA προκειμένου να υπολογιστεί το PCN:

Πίνακας 4.13: Υπολογισμός μέγιστου φορτίου αεροσκάφους και PCN εύκαμπτου τμήματος κυρίως Δ/Π

Οδόστρωμα	Κυρίως Δ/Π	Κυρίως Δ/Π
Είδος οδοστρώματος	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο
Κίνηση	Κεντρική	Παράπλευρη
Κρίσιμο A/Φ	C-130 τροπ.1	F-4
Ισοδύναμες διελεύσεις	855	1.499
Πραγματικό πάχος οδοστρώματος σε δυσμενέστερη θέση διέλευσης τροχών (in)	60	52
CBR %	4,74	4,74
Μέγιστο φορτίο A/Φ (lb)	385.407	285.941
PCN	155	118

Σημειώνεται ότι η αντίστροφη εφαρμογή της παραδοχής του C-130 τροπ.1, με υποδιπλασιασμό των ισοδύναμων διελεύσεων που έχουν υπολογιστεί, οδηγεί σε υπολογισμό PCN=153, δηλαδή με μικρή διαφορά από το 155 που έχει υπολογιστεί σύμφωνα με τον πίνακα 4.13. Η παρατήρηση αυτή ενισχύει την εγκυρότητα της θεωρούμενης παραδοχής.

4.3.2 Δύσκαμπτο τμήμα κυρίως Δ/Π

Όμοια διαδικασία με τα παραπάνω ακολουθείται και για το δύσκαμπτο τμήμα, με υπολογισμούς βασισμένους στην τροποποιημένη τιμή του $K_{εδ}$, η οποία αφορά στην τιμή του $K_{εδ}$ ανηγμένη στην επιφάνεια της υπόβασης. Οι τελικές τιμές του K είναι $K_{eff}=120,9 \text{ MN/m}^3$ και

119,4 MN/m³ για την κεντρική και την παράπλευρη κίνηση στον κυρίως Δ/Π αντίστοιχα, όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 4.14: K_{eff} στο επίπεδο της άνω επιφάνειας της βάσης του κυρίως Δ/Π

Οδόστρωμα	Κυρίως Δ/Π	
Κίνηση	Κεντρική	Παράπλευρη
K _{εδ.} (MN/m ³)	21,4	21,4
Πάχος υπόβασης (in)	39,25	31,25
K _{eff.} (MN/m ³)	120,9	119,4
K _{eff.} (pci)	444,5	439,0

Στους πίνακες που ακολουθούν, υπολογίζεται κατά περίπτωση το απαιτούμενο πάχος σκυροδέματος, με χρήση του προγράμματος COMFAA.

Πίνακας 4.15: Απαιτούμενο πάχος σκυροδέματος δύσκαμπτου τμήματος κυρίως Δ/Π (παράπλευρη κίνηση)

A/Φ	Μέγιστο φορτίο (lbs)	Traffic Cycle (TC)	TC για 20 έτη	Πίεση ελαστικών (psi)	Διάταξη τροχών	Κατανομή βάρους στο κύριο σύστημα τροχών (%)	Απαιτούμενο πάχος ΔΕ-7 (in)	Υφιστάμενο πάχος ΔΕ-7 (in)
F-16 παράπλ.	37.500	2.070	41.400	312,5	S	90	7,27	15,75
F-4 παράπλ.	58.000	1.035	20.700	261	S	90	8,52	15,75

Πίνακας 4.16: Απαιτούμενο πάχος σκυροδέματος δύσκαμπτου τμήματος κυρίως Δ/Π (κεντρική κίνηση)

A/Φ	Μέγιστο φορτίο (lbs)	Traffic Cycle (TC)	TC για 20 έτη	Πίεση ελαστικών (psi)	Διάταξη τροχών	Κατανομή βάρους στο κύριο σύστημα τροχών (%)	Απαιτούμενο πάχος ΔΕ-7 (in)	Υφιστάμενο πάχος ΔΕ-7 (in)
F-16	37.500	460	9.200	312,5	S	90	6,92	15,75
F-4	58.000	230	4.600	261	S	90	8,11	15,75
C-130	175.000	350	7.000	105	ST	95	8,09	15,75
Embraer EMB-145H	51.588	52	1.040	175	D	95	6,04	15,75
C-27	61.730	35	700	80	ST	96	4,30	15,75
M-2000	31.967	20	400	210,3	S	90	5,43	15,75
A-7	42.000	5	100	200	S	95	5,98	15,75

Στον πίνακα 4.16 παρατηρούμε ότι το απαιτούμενο πάχος της πλάκας σκυροδέματος για το C-130 και το F-4 είναι περίπου ίδιο. Για το λόγο αυτό θα εξετάσουμε και τα δύο αεροσκάφη ως κρίσιμα.

Οι ισοδύναμες διελεύσεις των αεροσκαφών, σε σχέση με το κρίσιμο αεροσκάφος, για την κεντρική και για την παράπλευρη κυκλοφορία είναι ίδιες με αυτές που υπολογίστηκαν για το εύκαμπτο τμήμα του, πλην της περίπτωσης του F-4 (όταν καθίσταται κρίσιμο για την κεντρική κίνηση), οπότε και υπολογίζονται οι ισοδύναμες διελεύσεις ως προς αυτό.

Με χρήση του προγράμματος COMFAA για κανονική και αντίστροφη ανάλυση και με την κατάλληλη γραμμική παρεμβολή, προκειμένου οι τιμές του PCN που υπολογίζονται να ανταποκρίνονται στην πραγματική αντοχή του εδάφους, προκύπτει ο πίνακας 4.17.

Πίνακας 4.17: Υπολογισμός μέγιστου φορτίου αεροσκάφους και PCN δύσκαμπτου τμήματος κυρίως Δ/Π

Οδόστρωμα	Κυρίως Δ/Π		
Είδος οδοστρώματος	Δύσκαμπτο		
Κίνηση	Κεντρική		Παράπλευρη
Κρίσιμο Α/Φ	C-130 τροπ.1	F-4	F-4
Ισοδύναμες διελεύσεις	855	4.317	1.499
Πραγματικό πάχος οδοστρώματος σε δυσμενέστερη θέση διέλευσης τροχών (in)	55	55	47
K_{eff} (MN/m ³)	120,9	120,9	119,4
Μέγιστο φορτίο Α/Φ (lb)	376.827	193.336	218.956
PCN	(127)	89	101

Από τις τιμές του PCN 127 και 89, γίνεται αποδεκτή η δεύτερη, ως πιο αυστηρή, γεγονός που καθιστά το F-4 κρίσιμο αεροσκάφος και για την κεντρική κίνηση.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η εφαρμογή της παραδοχής του τροποποιημένου C-130 μόνο μέχρι το στάδιο υπολογισμού των ισοδύναμων διελεύσεων και η εκ των υστέρων αναίρεση της παραδοχής με τις μισές ισοδύναμες διελεύσεις ενός κανονικού C-130. Κατά τη διάρκεια εισαγωγής των στοιχείων στο πρόγραμμα COMFAA και συγκεκριμένα στη λειτουργία (mode) του ACN, διαπιστώνεται αδυναμία ορισμού του μικτού βάρους του αεροσκάφους ίσο με το μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο (δηλ. 6.022.008 lb), αλλά περιορίζεται στις 1.750.000 lb.

Ωστόσο, ακόμη και με τη χρήση αυτής της οριακής τιμής (1.750.000 lb), το πρόγραμμα αδυνατεί να υπολογίσει το ACN (που υπό αυτές τις συνθήκες ταυτίζεται με το ζητούμενο PCN). Αντίθετα εμφανίζεται μήνυμα σφάλματος (Division by zero). Άρα και σε

αυτή την περίπτωση θα ήταν αναγκαία η εφαρμογή της παραδοχής του τροποποιημένου αεροσκάφους, αν το F-4 δεν ήταν το κρίσιμο. Στον πίνακα 4.18, εμφανίζονται τα σχετικά δεδομένα του υπολογισμού.

Πίνακας 4.18: Υπολογισμός μέγιστου φορτίου αεροσκάφους και PCN δύσκαμπτου τμήματος κυρίως Δ/Π με C-130 ως κρίσιμο αεροσκάφος

Οδόστρωμα	Κυρίως Δ/Π
Είδος οδοστρώματος	Δύσκαμπτο
Κίνηση	Κεντρική
Κρίσιμο Α/Φ	C-130
Ισοδύναμες διελεύσεις	428
Πραγματικό πάχος οδοστρώματος σε δυσμενέστερη θέση διέλευσης τροχών (in)	55
K_{eff} (MN/m ³)	120,9
Μέγιστο φορτίο Α/Φ (lb)	6.022.008
PCN	-

4.3.3 Εύκαμπτο τμήμα νότιου Π/Τ

Όμοια με τα παραπάνω, με τη διαφορά ότι λαμβάνεται CBR=8,8% και διαφορετικό πλήθος κινήσεων για το F-16 και F-4 (λαμβάνεται το σύνολο των διελεύσεων του F-16 και του F-4 στο κεντρικό τμήμα του Δ/Π και ανεξάρτητα το 90% των διελεύσεων των ίδιων αεροσκαφών σε παράπλευρη κυκλοφορία), προκύπτουν οι πίνακες 4.19 και 4.20 από τους οποίους φαίνεται ότι κρίσιμο αεροσκάφος είναι το C-130 για την κεντρική κυκλοφορία και το F-4 για την παράπλευρη.

Πίνακας 4.19: Απαιτούμενο συνολικό πάχος εύκαμπτου τμήματος νότιου Π/Τ (κεντρική κίνηση)

A/Φ	Μέγιστο φορτίο (lbs)	Traffic Cycle (TC)	TC για 20 έτη	Πίεση ελαστικών (psi)	Διάταξη τροχών	Κατανομή βάρους στο κύριο σύστημα τροχών (%)	Απαιτούμενο συνολικό πάχος εύκαμπτου (in)	Υφιστάμενο πάχος εύκαμπτου οδοστρώματος (in)
F-16	37.500	4.600	92.000	312,5	S	90	14,5	70
F-4	58.000	2.300	46.000	261	S	90	17,4	70
C-130	175.000	350	7.000	105	ST	95	20,27	70
Embraer EMB-145H	51.588	52	1.040	175	D	95	9,32	70
C-27	61.730	35	700	80	ST	96	8,64	70
M-2000	31.967	20	400	210,3	S	90	7,01	70
A-7	42.000	5	100	200	S	95	6,23	70

Πίνακας 4.20: Απαιτούμενο συνολικό πάχος εύκαμπτου τμήματος νότιου Π/Τ (παράπλευρη κίνηση)

A/Φ	Μέγιστο φορτίο (lbs)	Traffic Cycle (TC)	TC για 20 έτη	Πίεση ελαστικών (psi)	Διάταξη τροχών	Κατανομή βάρους στο κύριο σύστημα τροχών (%)	Απαιτούμενο συνολικό πάχος εύκαμπτου (in)	Υφιστάμενο πάχος εύκαμπτου οδοστρώματος (in)
F-16 παράπλ.	37.500	2.070	41.400	312,5	S	90	13,65	65
F-4 παράπλ.	58.000	1.035	20.700	261	S	90	16,31	65

Στους παρακάτω πίνακες, υπολογίζονται οι ισοδύναμες διελεύσεις.

Πίνακας 4.21: Ισοδύναμες διελεύσεις κρίσιμου αεροσκάφους κεντρικής κυκλοφορίας νότιου Π/Τ

A/Φ	Μέγιστο φορτίο (lbs)	Traffic Cycle (TC)	TC για 20 έτη	Συντελεστής διάταξης τροχών	Ισοδύναμοι TC λαμβάνοντας υπόψη το συντελεστή διάταξης τροχών (R_2)	Φορτίο απλού τροχού W_2 (lbs)	Λόγος φορτίων τροχών $(W_2/W_1)^{1/2}$	Ισοδύναμοι TC με κρίσιμο A/Φ (R_1)
F-16	37.500	4.600	92.000	1	4.600	16.875,0	0,64	215,7
F-4	58.000	2.300	46.000	1	2.300	26.100,0	0,79	461,3
C-130 τροπ.1	87.500	700	14.000	1	700	41.562,5	1,00	700,0
Embraer EMB-145H	51.588	52	1.040	1,25	65	12.252,2	0,54	9,6
C-27 τροπ.	30.865	70	1.400	1	70	14.815,2	0,60	12,6
M-2000	31.967	20	400	1	20	14.385,2	0,59	5,8
A-7	42.000	5	100	1	5	19.950,0	0,69	3,0

Άθροισμα:	1.408
σε 20 έτη:	28.164

Πίνακας 4.22: Ισοδύναμες διελεύσεις κρίσιμου αεροσκάφους παράπλευρης κυκλοφορίας νότιου Π/Τ

A/Φ	Μέγιστο φορτίο (lbs)	Traffic Cycle (TC)	TC για 20 έτη	Συντελεστής διάταξης τροχών	Ισοδύναμοι TC λαμβάνοντας υπόψη το συντελεστή διάταξης τροχών (R_2)	Φορτίο απλού τροχού W_2 (lbs)	Λόγος φορτίων τροχών $(W_2/W_1)^{1/2}$	Ισοδύναμοι TC με κρίσιμο A/Φ (R_1)
F-16	37.500	2.070	41.400	1	2.070	16.875,0	0,80	463,8
F-4	58.000	1.035	20.700	1	1.035	26.100,0	1,00	1.035,0
Άθροισμα:								1.499
σε 20 έτη:								29.976

Στον ακόλουθο πίνακα, υπολογίζεται το μέγιστο μεικτό βάρος του κρίσιμου αεροσκάφους και το αντίστοιχο PCN.

Πίνακας 4.23: Υπολογισμός μέγιστου φορτίου αεροσκάφους και PCN εύκαμπτου τμήματος νότιου Π/Τ

Οδόστρωμα	Νότιος Π/Τ	Νότιος Π/Τ
Είδος οδοστρώματος	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο
Κίνηση	Κεντρική	Παράπλευρη
Κρίσιμο Α/Φ	C-130 τροπ.1	F-4
Ισοδύναμες διελεύσεις	1.408	1.499
Πραγματικό πάχος οδοστρώματος σε δυσμενέστερη θέση διέλευσης τροχών (in)	70	65
CBR	8,8	8,8
Μέγιστο φορτίο Α/Φ	993.359	768.153
PCN	380	323

4.3.4 Δύσκαμπτο τμήμα νότιου Π/Τ

Όμοια με το δύσκαμπτο τμήμα του κυρίως Δ/Π η τιμή του δείκτη K που χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς είναι η $K_{εδ}$ ανηγμένη στην επιφάνεια της υπόβασης. Η τελική τιμή του K είναι $K_{eff} = 121,1 \text{ MN/m}^3$ για την κεντρική και για την παράπλευρη κίνηση στο νότιο Π/Τ, όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 4.24: K_{eff} στο επίπεδο της άνω επιφάνειας της βάσης του νότιου Π/Τ

Οδόστρωμα	Νότιος Π/Τ	
Κίνηση	Κεντρική	Παράπλευρη
$K_{εδ}$ (MN/m^3)	34,7	34,7
Πάχος υπόβασης (in)	54,25	49,25
K_{eff} (MN/m^3)	121,1	121,1
K_{eff} (pci)	444,9	444,9

Στους πίνακες 4.25 και 4.26, φαίνεται ότι κρίσιμο αεροσκάφος είναι το F-4 για την κεντρική και για την παράπλευρη κυκλοφορία. Ωστόσο, οι ισοδύναμες διελεύσεις του κρίσιμου αεροσκάφους για την παράπλευρη και την κεντρική κυκλοφορία ταυτίζονται με αυτές που υπολογίστηκαν για το εύκαμπτο τμήμα του νότιου Π/Τ, πλην της περίπτωση του F-4 για την κεντρική κίνηση, το οποίο είναι σε αυτή την περίπτωση το κρίσιμο αεροσκάφος, διότι απαιτεί μεγαλύτερο πάχος σκυροδέματος. Ο υπολογισμός για το C-130 δεν απαιτείται,

καθώς δεν είναι το κρίσιμο αεροσκάφος, ωστόσο γίνεται για λόγους σύγκρισης με το PCN που υπολογίζεται στην περίπτωση που το F-4 είναι το κρίσιμο αεροσκάφος.

Πίνακας 4.25: Απαιτούμενο πάχος σκυροδέματος δύσκαμπτου τμήματος νότιου Π/Τ (παράπλευρη κυκλοφορία)

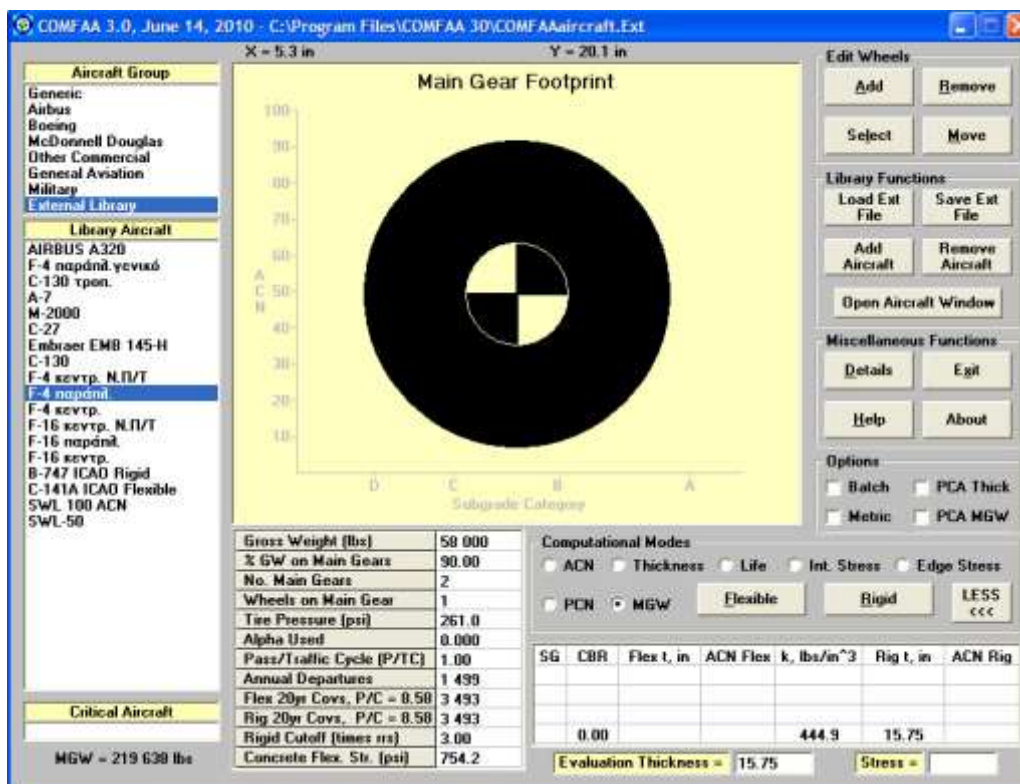
A/Φ	Μέγιστο φορτίο (lbs)	Traffic Cycle (TC)	TC για 20 έτη	Πίεση ελαστικών (psi)	Διάταξη τροχών	Κατανομή βάρους στο κύριο σύστημα τροχών (%)	Απαιτούμενο πάχος ΔΕ-7 (in)	Υφιστάμενο πάχος ΔΕ-7 (in)
F-16 παράπλ.	37.500	2.070	41.400	312,5	S	90	7,26	15,75
F-4 παράπλ.	58.000	1.035	20.700	261	S	90	8,51	15,75

Πίνακας 4.26: Απαιτούμενο πάχος σκυροδέματος δύσκαμπτου τμήματος νότιου Π/Τ (κεντρική κυκλοφορία)

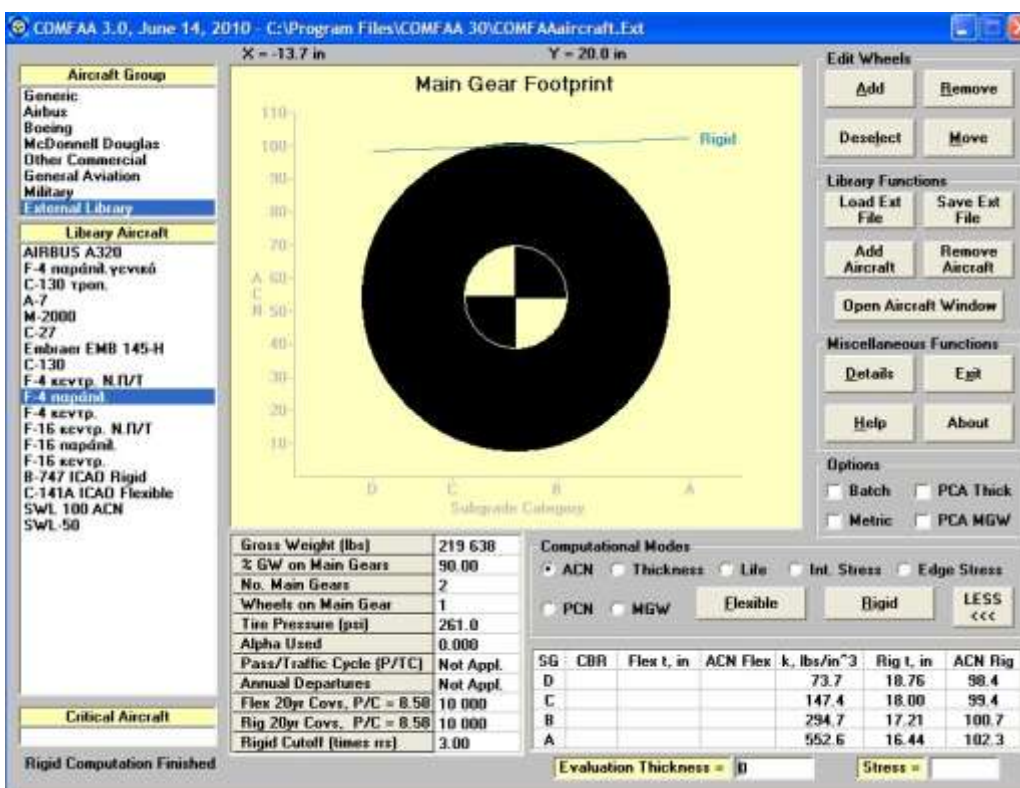
A/Φ	Μέγιστο φορτίο (lbs)	Traffic Cycle (TC)	TC για 20 έτη	Πίεση ελαστικών (psi)	Διάταξη τροχών	Κατανομή βάρους στο κύριο σύστημα τροχών (%)	Απαιτούμενο πάχος ΔΕ-7 (in)	Υφιστάμενο πάχος ΔΕ-7 (in)
F-16	37.500	4.600	92.000	312,5	S	90	7,56	15,75
F-4	58.000	2.300	46.000	261	S	90	8,74	15,75
C-130	175.000	350	7.000	105	ST	95	8,09	15,75
Embraer EMB-145H	51.588	52	1.040	175	D	95	6,04	15,75
C-27	61.730	35	700	80	ST	96	4,30	15,75
M-2000	31.967	20	400	210,3	S	90	5,43	15,75
A-7	42.000	5	100	200	S	95	5,98	15,75

Με τη βοήθεια του προγράμματος COMFAA, όπως φαίνεται ενδεικτικά στα σχήματα 4.5 και 4.6, έγινε ο υπολογισμός των τιμών του πίνακα 4.27, όπως και των αντίστοιχων πινάκων στα υπόλοιπα οδοστρώματα.

Σημειώνεται ότι η τελική τιμή του PCN προκύπτει με γραμμική παρεμβολή, ώστε το ACN του αεροσκάφους υπό το μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο, να ανάγεται στην πραγματική εδαφική αντοχή.



Σχήμα 4.5: Μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος F-4 σε δύσκαμπτο τμήμα - νότιου Π/Τ - για παράπλευρη κίνηση



Σχήμα 4.6: ACN F-4 για μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος σε δύσκαμπτο τμήμα - νότιου Π/Τ - για παράπλευρη κίνηση

Πίνακας 4.27: Υπολογισμός μέγιστου φορτίου αεροσκάφους και PCN δύσκαμπτου τμήματος νότιου Π/Τ

Οδόστρωμα	Νότιος Π/Τ		
Είδος οδοστρώματος	Δύσκαμπτο		
Κίνηση	Κεντρική		Παράπλευρη
Κρίσιμο Α/Φ	(C-130 τροπ.1)	F-4	F-4
Ισοδύναμες διελεύσεις	(1.408)	7.130	1.499
Πραγματικό πάχος οδοστρώματος σε δυσμενέστερη θέση διέλευσης τροχών (in)	(70)	70	65
K_{eff} (MN/m ³)	(121,1)	121,1	121,1
Μέγιστο φορτίο Α/Φ (lb)	(354.221)	180.048	219.638
PCN	(116)	83	101

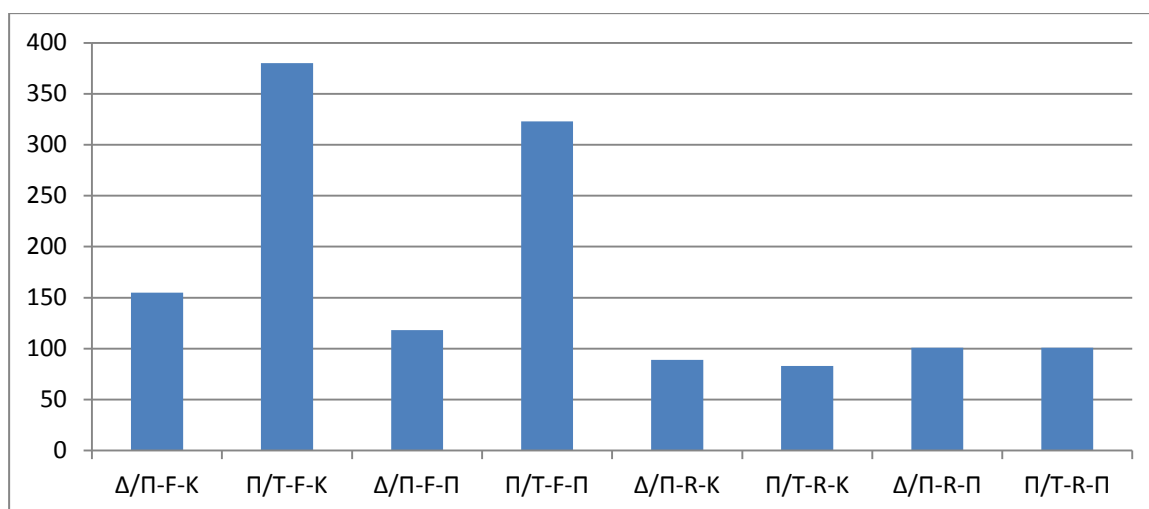
4.3.5 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της μεθόδου συνοψίζονται στον πίνακα 4.28.

Πίνακας 4.28: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα

Οδόστρωμα	Είδος οδοστρώματος	Λόγω κίνησης	Κρίσιμο Α/Φ	PCN
Δ/Π	Εύκαμπτο	Κεντρικής	C-130 τροπ.1	155/F/C/W/T
Δ/Π	Εύκαμπτο	Παράπλευρης	F-4	118/F/C/W/T
Δ/Π	Δύσκαμπτο	Κεντρικής	F-4	89/R/D/W/T
Δ/Π	Δύσκαμπτο	Παράπλευρης	F-4	101/R/D/W/T
Νότιος Π/Τ	Εύκαμπτο	Κεντρικής	C-130 τροπ.1	380/F/B/W/T
Νότιος Π/Τ	Εύκαμπτο	Παράπλευρης	F-4	323/F/B/W/T
Νότιος Π/Τ	Δύσκαμπτο	Κεντρικής	F-4	83/R/C/W/T
Νότιος Π/Τ	Δύσκαμπτο	Παράπλευρης	F-4	101/R/C/W/T

Σε μορφή ραβδογράμματος, οι τιμές του πίνακα 4.28 απεικονίζονται ως ακολούθως.



Σχήμα 4.7: Αριθμητική τιμή PCN (Μέθοδος FAA)

4.4 Μέθοδος του Χρησιμοποιούμενου Αεροσκάφους - Εφαρμογή

4.4.1 Υπολογισμός του ACN των Αεροσκαφών

Στο πρόγραμμα COMFAA, στην κατάσταση υπολογισμού του ACN, το κέντρο βάρους του αεροσκάφους βρίσκεται στο πιο πίσω δυνατό σημείο για κάθε τύπο αεροσκάφους [3]. Με την παραπάνω παραδοχή και με χρήση του προγράμματος προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας:

Πίνακας 4.29: ACN αεροσκαφών

A/Φ	ACN εύκαμπτ ο A	ACN εύκαμπτ ο B	ACN εύκαμπτ ο C	ACN εύκαμπτ ο D	ACN δύσκαμπτ ο A	ACN δύσκαμπτ ο B	ACN δύσκαμπτ ο C	ACN δύσκαμπτ ο D
F-16	16,8	16,2	15,8	15,5	18,0	17,7	17,5	17,2
F-4	25,2	24,5	24,1	23,8	26,6	26,3	26,0	25,8
C-130	30,5	34,5	37,3	43,7	34,0	37,0	40,2	43,1
Embra er EMB- 145H	12,7	13,3	15,1	16,6	15,0	15,7	16,4	16,9
C-27	8,3	10,2	11,5	13,0	10,1	10,9	11,7	12,7
M-2000	13,6	13,1	13,1	13,0	13,7	13,6	13,5	13,5
A-7	18,8	18,0	18,1	18,0	18,7	18,6	18,6	18,5

Τα σχήματα στα οποία φαίνεται ο τρόπος υπολογισμού των ACN των αεροσκαφών του ανωτέρω πίνακα έχουν παρατεθεί στο παράρτημα του παρόντος κεφαλαίου.

4.4.2 Κυρίως Δ/Π

Δεν είναι δυνατή κατάταξη του κυρίως Δ/Π με τη μέθοδο του χρησιμοποιούμενου αεροσκάφους διότι δε χρησιμοποιείται.

4.4.3 Νότιος Π/Τ

Λόγω ανακατασκευής του κυρίως Δ/Π, ο νότιος Π/Τ χρησιμοποιείται χωρίς εμφανή σημάδια φθοράς ως κυρίως διάδρομος προσγειώσεως. Οι τύποι των αεροσκαφών που υποστηρίζει χωρίς προβλήματα φαίνονται στον πίνακα 4.30.

Πίνακας 4.30: Τύποι αεροσκαφών - ACN

Α/Φ	Πίεση τροχών (psi)	ACN εύκαμπτο Β	ACN δύσκαμπτο C
F-16	312,5	16,2	17,5
F-4	261	24,5	26,0
C-130	105	34,5	40,2
Embraer EMB-145H	175	13,3	16,4
C-27	80	10,2	11,7
M-2000	210,3	13,1	13,5
A-7	200	18,0	18,6

Στον πίνακα 4.30 φαίνεται και το ACN των αεροσκαφών για κατηγορία εδάφους Β στην περιοχή του εύκαμπτου και κατηγορίας C στην περιοχή του δύσκαμπτου τμήματος.

Ο τύπος του οδοστρώματος είναι εύκαμπτο (F) στο μέσον και δύσκαμπτο (R) στα άκρα του νότιου Π/Τ.

Το κρίσιμο αεροσκάφος είναι αυτό που διαθέτει το μεγαλύτερο ACN από τα αεροσκάφη της τρέχουσας σύνθεσης κυκλοφορίας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι το C-130 με αριθμητική τιμή ACN 34,5 στο εύκαμπτο και 40,2 στο δύσκαμπτο τμήμα του. Τα παραπάνω στρογγυλοποιούνται στον πλησιέστερο ακέραιο και δίνουν αριθμητικές τιμές PCN 34 και 40 αντίστοιχα. Ωστόσο, οι ετήσιες κινήσεις του συγκεκριμένου αεροσκάφους σε σύγκριση με τα μαχητικά είναι σχετικά λίγες, γεγονός που ενδέχεται να καθιστά ως κρίσιμο αεροσκάφος το αμέσως επόμενο αεροσκάφος αναφορικά με το μέγεθος του ACN, το F-4, το οποίο παρουσιάζει σχετικά κανονική κυκλοφορία σε σύγκριση με τα υπόλοιπα αεροσκάφη. Στην περίπτωση που θεωρηθεί αυτό ως κρίσιμο αεροσκάφος, η αριθμητική τιμή του PCN γίνεται με κατάλληλη στρογγυλοποίηση 24 για το εύκαμπτο μέσον και 26 για τα δύσκαμπτα

άκρα. Το F-4 είναι και το δυσμενέστερο αεροσκάφος που χρησιμοποιεί το νότιο Π/Τ κατά την έννοια της παράπλευρης κυκλοφορίας.

Σύμφωνα με την εφαρμοζόμενη μέθοδο, η Αρχή του Αεροδρομίου δύναται να προβεί σε απομείωση ή επαύξηση της αριθμητικής τιμής του PCN που ορίζεται κατά τα παραπάνω, ωστόσο στην προκειμένη περίπτωση δεν υφίσταται ιδιαίτερος λόγος για αξιοποίηση της υπόψη δυνατότητας.

Η μεγαλύτερη πίεση αεροθαλάμων τροχών, από τα αεροσκάφη που χρησιμοποιούν το νότιο Π/Τ, είναι του F-16 και ισούται με 312,5 psi. Η τιμή αυτή είναι μεγαλύτερη από 218 psi που είναι το άνω όριο της κατηγορίας X οπότε σύμφωνα και με τον πίνακα κατάταξης των ελαστικών ως προς την τιμή της πίεσης των αεροθαλάμων τους, η κατηγορία είναι W (χωρίς όριο πίεσης).

Η μέθοδος δεν είναι τεχνική και αναφέρεται ως U.

Έτσι, η αναφερόμενη κατάταξη του νοτίου Π/Τ είναι:

34/F/B/W/U, για το εύκαμπτο μεσαίο τμήμα του και

40/R/CW/U, για τα δύσκαμπτα άκρα του,

με την επιφύλαξη να θεωρηθεί μικρό το πλήθος των ετήσιων κύκλων κίνησης αεροσκαφών τύπου C-130, οπότε η κατάταξη γίνεται με τα δεδομένα του F-4 (ή στα πλαίσια της παράπλευρης κυκλοφορίας), ως εξής:

24/F/B/W/U, για το εύκαμπτο μεσαίο τμήμα του και

26/R/CW/U, για τα δύσκαμπτα άκρα του.

4.4.4 Βόρειος Π/Τ

Για την κατηγορία του εδάφους δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία οπότε κατ' εκτίμηση και με επιφύλαξη λαμβάνεται όπως του κυρίως Δ/Π, δηλαδή C για το εύκαμπτο τμήμα του και D για το δύσκαμπτο. Η ίδια παραδοχή θα χρησιμοποιηθεί και για τα λοιπά τμήματα του αεροδρομίου για τα οποία δεν υπάρχουν διαθέσιμα εδαφοτεχνικά δεδομένα, πλην του loop No 2 το οποίο βρίσκεται πλησιέστερα στο νότιο Π/Τ και θεωρούμε ότι διαθέτει έδαφος όμοιο με αυτόν (δηλ. κατηγορία B για το εύκαμπτο τμήμα και C για το δύσκαμπτο τμήμα του).

Πίνακας 4.31: Τύποι αεροσκαφών - ACN

A/Φ	Πίεση τροχών (psi)	ACN εύκαμπτο C	ACN δύσκαμπτο D
F-16	312,5	15,8	17,2
F-4	261	24,1	25,8

- Χρησιμοποιείται για τροχοδρόμηση F-16 και F-4.
- Κρίσιμο αεροσκάφος βάσει του ACN των αεροσκαφών που τον χρησιμοποιούν είναι το F-4 με ACN 24,1 στο εύκαμπτο κέντρο και 26 στα δύσκαμπτα άκρα.
- Με στρογγυλοποίηση στον πλησιέστερο ακέραιο προκύπτει αριθμητική τιμή PCN=24 στο εύκαμπτο και 26 στο δύσκαμπτο τμήμα.
- Το οδόστρωμα είναι εύκαμπτο στο μέσον οπότε συμβολίζεται με F και δύσκαμπτο στα άκρα οπότε συμβολίζεται με R.
- Μεγαλύτερη πίεση αεροθαλάμων τροχών έχει το F-16 οπότε προκύπτει κατηγορία με κωδικό W.
- Η μέθοδος δεν είναι τεχνική οπότε ο κωδικός αξιολόγησης είναι U.

Από τα παραπάνω προκύπτει κατάταξη του βόρειου Π/Τ:

PCN 24/F/C/W/U στο εύκαμπτο μέσον και

PCN 26/R/D/W/U στα δύσκαμπτα άκρα.

4.4.5 Δάπεδο ΜΣΒ, δύσκαμπτοι ακραίοι συνδετήριοι τροχόδρομοι

Το δάπεδο της ΜΣΒ και οι δύσκαμπτοι ακραίοι συνδετήριοι τροχόδρομοι χρησιμοποιούνται από τα αεροσκάφη του πίνακα 4.32.

Πίνακας 4.32: Τύποι αεροσκαφών - ACN

A/Φ	Πίεση τροχών (psi)	ACN δύσκαμπτο D
F-16	312,5	17,2
F-4	261	25,8
C-130	98,44	43,1
Embraer EMB-145H	175	16,9
C-27	80	12,7
M-2000	210,3	13,5
A-7	200	18,5

Προκύπτει κατάταξη 43/R/D/W/U με κρίσιμο αεροσκάφος το C-130, υπό την προϋπόθεση της εδαφικής κατηγορίας D, η οποία ωστόσο δεν έχει εξακριβωθεί, παρά μόνο με την υπόθεση ότι η εδαφική κατηγορία είναι παρόμοια με του κυρίως Δ/Π, για τον οποίο διαθέτουμε εδαφοτεχνικά στοιχεία και με τον οποίο γειτνιάζουν.

4.4.6 Loop No 1

- Χρησιμοποιείται από F-16 και F-4.
- Κρίσιμο αεροσκάφος βάσει του ACN είναι το F-4 με ACN 24,1.
- Με στρογγυλοποίηση στον πλησιέστερο ακέραιο προκύπτει αριθμητική τιμή PCN=24.
- Το οδόστρωμα είναι εύκαμπτο οπότε συμβολίζεται με F.
- Η κατηγορία του εδάφους εκτιμάται ότι είναι C.
- Μεγαλύτερη πίεση αεροθαλάμων τροχών έχει το F-16 οπότε προκύπτει κατηγορία με κωδικό W.
- Η μέθοδος δεν είναι τεχνική οπότε ο κωδικός αξιολόγησης είναι U.

Από τα παραπάνω προκύπτει κατάταξη του loop: PCN 24/F/C/W/U

Σημειώνεται ότι το αριστερό τμήμα του loop No 1 χρησιμοποιείται αποκλειστικά από F-16 το οποίο σύμφωνα με τη μέθοδο του χρησιμοποιούμενου αεροσκάφους σημαίνει ότι η κατάταξη θα πρέπει να γίνει με βάση το συγκεκριμένο αεροσκάφος (δηλ. PCN 16/F/C/W/U), αλλά δεδομένης της ίδιας κατασκευής με το δεξιό τμήμα αποδεχόμαστε ότι έχει παρόμοια αντοχή και ως εκ τούτου ίδιο PCN.

4.4.7 Loop No 2

Η κατηγορία του εδάφους εκτιμάται ότι είναι B στο εύκαμπτο τμήμα και C στο δύσκαμπτο, καθώς γειτνιάζει με το νότιο Π/Τ και δεν υπάρχουν διαθέσιμα άλλα εδαφοτεχνικά στοιχεία.

Πίνακας 4.33: Τύποι αεροσκαφών - ACN για έδαφος κατηγορίας B (εύκαμπτο), C (δύσκαμπτο)

	Πίεση τροχών (psi)	ACN εύκαμπτο B	ACN δύσκαμπτο C
F-16	312,5	16,2	17,5

- Χρησιμοποιείται από F-16.
- Αποτελεί το κρίσιμο αεροσκάφος με ACN 16,2 και 17,5.
- Με στρογγυλοποίηση στον πλησιέστερο ακέραιο προκύπτει αριθμητική τιμή PCN=16 για το εύκαμπτο και 18 για το δύσκαμπτο.
- Το οδόστρωμα αποτελείται από εύκαμπτο (συμβολίζεται με F) και δύσκαμπτο τμήμα (συμβολίζεται με R).
- Η πίεση των αεροθαλάμων των τροχών του F-16 παραπέμπει σε κατηγορία με κωδικό W.
- Η μέθοδος δεν είναι τεχνική οπότε ο κωδικός αξιολόγησης είναι U.

Από τα παραπάνω προκύπτει κατάταξη του loop:

PCN 16/F/B/W/U για το εύκαμπτο.

PCN 18/R/C/W/U για το δύσκαμπτο.

4.4.8 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα

Τα παραπάνω αποτελέσματα συνοψίζονται στον πίνακα 4.34.:

Πίνακας 4.34: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα

Οδόστρωμα	Είδος οδοστρώματος	Λόγω κίνησης	Κρίσιμο Α/Φ	PCN
Κυρίως Δ/Π	-	-	-	-
Νότιος Π/Τ	Εύκαμπτο	Κεντρικής	C-130	34/F/B/W/U
Νότιος Π/Τ	Εύκαμπτο	Παράπλευρης	F-4	24/F/B/W/U
Νότιος Π/Τ	Δύσκαμπτο	Κεντρικής	C-130	40/R/C/W/U
Νότιος Π/Τ	Δύσκαμπτο	Παράπλευρης	F-4	26/R/C/W/U
Βόρειος Π/Τ	Εύκαμπτο	Κεντρικής	F-4	24/F/C/W/U
Βόρειος Π/Τ	Δύσκαμπτο	Κεντρικής	F-4	26/R/D/W/U
Δάπεδο ΜΣΒ, δύσκαμπτοι ακραίοι συνδετήριοι τροχόδρομοι	Δύσκαμπτο	Κεντρικής	C-130	43/R/D/W/U
Loop No 1	Εύκαμπτο	Κεντρικής	F-4	24/F/C/W/U
Loop No 2	Εύκαμπτο	Κεντρικής	F-16	16/F/B/W/U
Loop No 2	Δύσκαμπτο	Κεντρικής	F-16	18/R/C/W/U

Σημειώνεται ότι, στην περίπτωση της εμπειρικής μεθόδου της FAA, η κατάταξη με τη μέθοδο του χρησιμοποιούμενου αεροσκάφους δεν παρουσιάζει διαφορές από την παραπάνω, παρά μόνον σε ότι αφορά στην κατηγορία του εδάφους, η οποία για το

δύσκαμπτο τμήμα του κυρίως Δ/Π είναι D. Το γεγονός αυτό επηρεάζει άμεσα την αριθμητική τιμή του PCN, αφού αυτό ισούται με το ACN του κρίσιμου αεροσκάφους για τη συγκεκριμένη εδαφική κατηγορία.

5 ΜΕΘΟΔΟΣ UK

5.1 Θεωρητικά Στοιχεία της Μεθόδου

5.1.1 Γενικά

Η παρούσα μέθοδος, που χάριν συντομίας στο εξής θα ονομάζεται «μέθοδος UK», προέρχεται από το Ηνωμένο Βασίλειο, έχει συνταχθεί από τη Διεύθυνση Υπηρεσιών Πολιτικού Μηχανικού του Υπουργείου Περιβάλλοντος [10], ενώ σε νεότερη έκδοσή της κυκλοφόρησε το 2011 από το Υπουργείο Άμυνας [13].

Συνοπτικά, ο υπολογισμός του PCN με την τεχνική προσέγγιση της υπόψη μεθόδου, γίνεται σύμφωνα με τα παρακάτω στάδια.

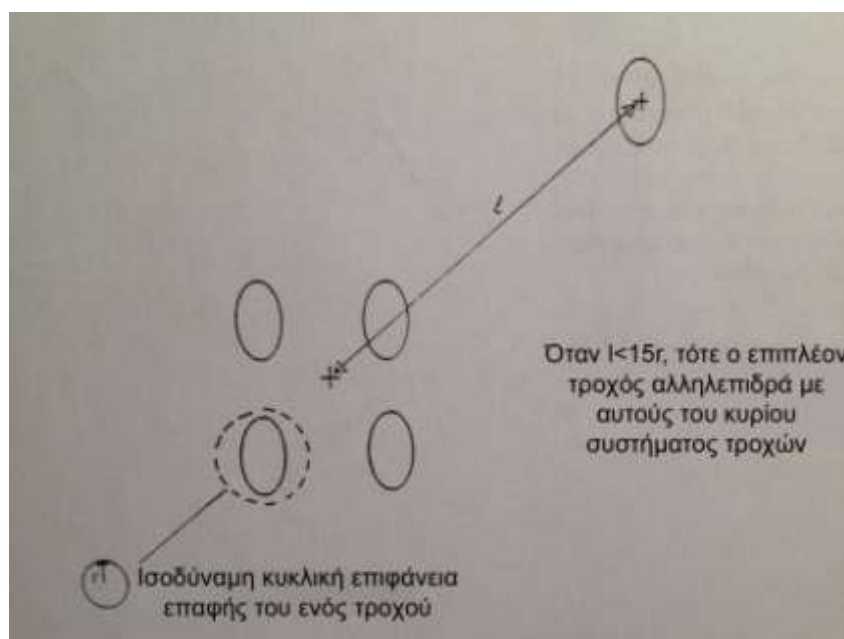
- Αναγωγή του δείκτη K του εδάφους, στην επιφάνεια της υπόβασης, με χρήση σχετικού διαγράμματος, κατάλληλου αναγωγικού τύπου και γραμμικής παρεμβολής
- Υπολογισμός του ACN των αεροσκαφών, με την εφαρμογή διπλής γραμμικής παρεμβολής (για το CBR ή K του εδάφους και για το μέγιστο φορτίο του αεροσκάφους) στις τιμές που προκύπτουν από σχετικό πίνακα της μεθόδου
- Επιλογή του αεροσκάφους με το μεγαλύτερο ACN κατά περίπτωση, ως κρίσιμο
- Υπολογισμός της ισοδύναμης κυκλοφορίας των αεροσκαφών της τρέχουσας σύνθεσης κυκλοφορίας, ως προς το κρίσιμο αεροσκάφος, με κανονική και αντίστροφη χρήση διαγραμμάτων (FMTF, RMTF), λαμβάνοντας υπόψη το λόγο των ACN
- Υπολογισμός του PCN, με τη χρήση σχετικών νομογραφημάτων

5.1.2 Σύστημα τροχών του C-130

Κατά την εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου, οι διπλοί εν σειρά τροχοί δεν θεωρούνται συνηθισμένοι και για πρακτικούς σκοπούς σχεδιασμού, θεωρούνται ως ζεύγη τροχών κατά τη χρήση των διαγραμμάτων. Η συγκεκριμένη παραδοχή καλύπτει την απουσία σχετικής πρόβλεψης στα διαγράμματα της μεθόδου. Ωστόσο, σε άλλο σημείο της θεωρίας της συγκεκριμένης μεθόδου διευκρινίζεται το κατά πόσο επηρεάζεται ένα κύριο σύστημα τροχών από την προσθήκη ενός τροχού σε απόσταση ίση με l , όπως φαίνεται στο σχήμα 5.1.

Εάν για την περίπτωση του C-130 θεωρούσαμε ως κύριο σύστημα στο ένα σκέλος τον ένα από τους δύο τροχούς και στη συνέχεια προσθέταμε τον δεύτερο, θα διαπιστώναμε ότι ο επιπλέον τροχός επηρεάζει το κύριο σύστημα. Ειδικότερα, αυτό συμβαίνει όταν επαληθεύεται η σχέση $l < 15 \cdot r$, όπου r είναι η ακτίνα του κύκλου ενός ισοδύναμου κυκλικού αποτυπώματος το οποίο έχει εμβαδό ίσο με το πραγματικό αποτύπωμα του ενός από τους τροχούς του κύριου συστήματος [10]. Στη συγκεκριμένη περίπτωση ισχύει $\pi \cdot r^2 = 400 \text{ in}^2$,

δηλαδή $r=11,29$ in. Για το C-130 είναι $l=59,84$ in, οπότε $15 \cdot r = 15 \cdot 11,29 = 169,35 > 59,84$. Άρα, η αλληλεπίδραση είναι σαφής και ο κάθε τροχός δεν μπορεί να θεωρηθεί ως μεμονωμένος.

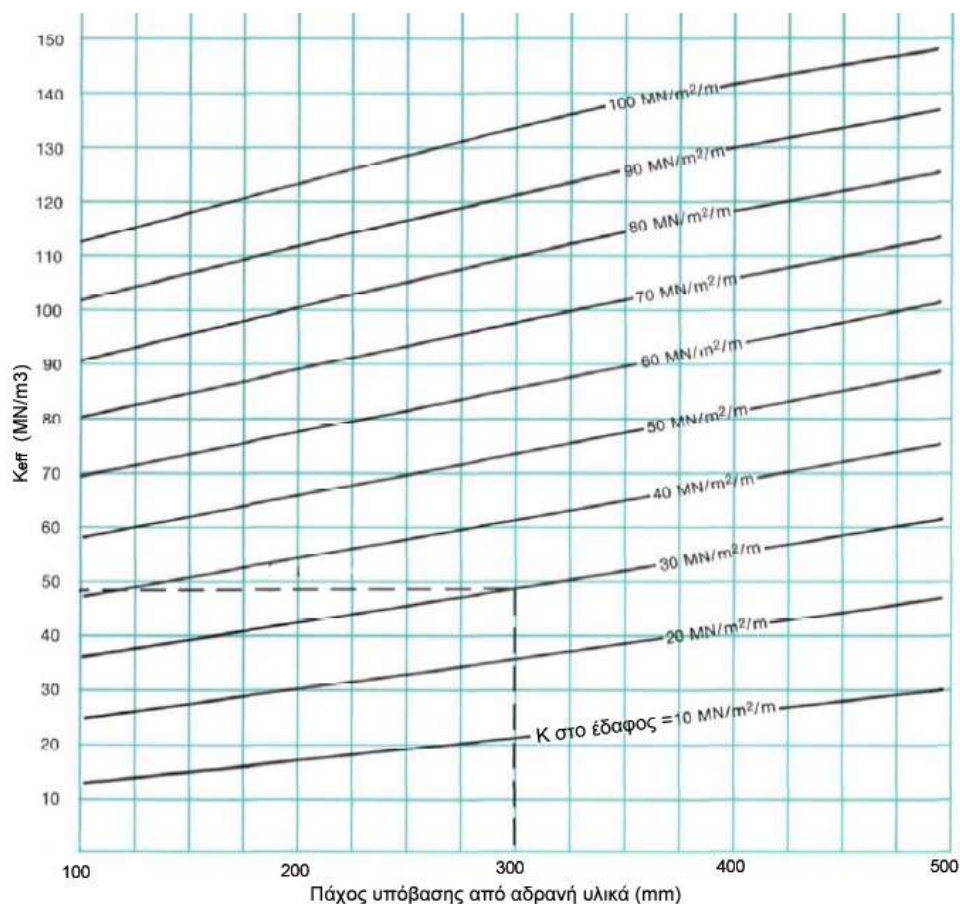


Σχήμα 5.1: Αλληλεπίδραση γειτονικών τροχών [10]

Ταυτόχρονα καθίσταται σαφές ότι η παραδοχή της υπόψη μεθόδου, σύμφωνα με την οποία οι διπλοί εν σειρά τροχοί (που στην περίπτωση του C-130 απέχουν 59,84 in) προκαλούν ισοδύναμη καταπόνηση με αυτή των διπλών τροχών (των οποίων η μεταξύ τους απόσταση είναι της τάξεως των 18 in – βλέπε Embraer EMB-145H), οδηγεί σε υποεκτίμηση της φέρουσας ικανότητας του υπό εξέταση οδοστρώματος, τη στιγμή που η παραδοχή που έγινε κατά την εφαρμογή της μεθόδου της FAA οδηγεί σε υπερεκτίμηση. Ο λόγος είναι ότι στη μια περίπτωση δε λαμβάνεται καθόλου υπόψη η αλληλεπίδραση μεταξύ των τροχών, ενώ στην άλλη περίπτωση λαμβάνεται σε μεγαλύτερο βαθμό από αυτόν που υπαγορεύει η πραγματικότητα.

5.2 Αναγωγή του Δείκτη K του Εδάφους

Ο δείκτης K του εδάφους ανάγεται στην επιφάνεια της υπόβασης, σύμφωνα με τους ακόλουθους πίνακες, οι οποίοι προκύπτουν σε εφαρμογή του σχήματος 5.2, με τη μέθοδο των διαδοχικών προσεγγίσεων λόγω αδυναμίας του διαγράμματος να δώσει αποτελέσματα για υποβάσεις πάχους μεγαλύτερου των 500 mm.



Σχήμα 5.2: Αναγωγή του K στην επιφάνεια της υπόβασης [10]

Προκειμένου να γίνει επέκταση του διαγράμματος για μεγαλύτερα πάχη έγινε παρεμβολή με χρήση τύπου της μορφής:

$$K = a \times b^x \times x^c \quad (\text{Εξίσωση 5.1})$$

για το πάχος των 500 mm και στη συνέχεια έγινε γραμμική παρεμβολή για τα ενδιάμεσα πάχη. Η εν λόγω μέθοδος σε σχέση με την κλασική επέκταση των διαγραμμάτων εκτός των ορίων τους οδήγησε σε αποτελέσματα μεγαλύτερα μέχρι και 15 MN/m³ και επιλέχθηκε διότι στην κλασική μέθοδο δε λαμβάνεται υπόψη η τάση εξέλιξης των διαγραμμάτων όσο αυξάνει το K. Τελικά προέκυψαν οι πίνακες 5.1 και 5.2.

Πίνακας 5.1: K_{eff} στο επίπεδο της άνω επιφάνειας της βάσης του κυρίως Δ/Π

Οδόστρωμα	Κυρίως Δ/Π	
	Κεντρική	Παράπλευρη
$K_{\text{εδ.}}$ (MN/m ³)	33,5	33,5
Πάχος υπόβασης (cm)	99,7	79,4
$K_{\text{eff.}}$ (MN/m ³)	110,5	88,5
$K_{\text{eff.}}$ (pci)	406,3	325,4

Πίνακας 5.2: K_{eff} στο επίπεδο της άνω επιφάνειας της βάσης του νότιου Π/Τ

Οδόστρωμα	Νότιος Π/Τ	
	Κεντρική	Παράπλευρη
$K_{εδ.}$ (MN/m ³)	46,8	46,8
Πάχος υπόβασης (cm)	137,8	125,1
$K_{eff.}$ (MN/m ³)	173,3	159,4
$K_{eff.}$ (pci)	637,1	586,0

Επισημαίνεται ότι στη μέθοδο της UK, τίθεται περιορισμός ως προς την τιμή του K που λαμβάνεται στους υπολογισμούς. Συγκεκριμένα, η τιμή περιορίζεται στα 150 MN/m³ ή 554 pci, οπότε στην περίπτωση που η τιμή του K που υπολογίζεται είναι μεγαλύτερη από αυτή, όπως στην περίπτωση του νότιου Π/Τ, τότε λαμβάνεται η οριακή τιμή [10].

5.3 Τεχνική Μέθοδος Κατάταξης - Εφαρμογή

5.3.1 Ισοδύναμη κυκλοφορία αεροσκαφών

Γενικά

Η εφαρμογή της μεθόδου προϋποθέτει τον υπολογισμό των ισοδύναμων κατά περίπτωση διελεύσεων των αεροσκαφών, σε σχέση με το κρίσιμο αεροσκάφος, το οποίο λογίζεται ως αυτό με το μεγαλύτερο ACN. Για το σκοπό αυτό, γίνονται οι υπολογισμοί που φαίνονται στους πίνακες που ακολουθούν, με ταυτόχρονη εφαρμογή (κανονική και αντίστροφη) των διαγραμμάτων του παρατήματος του παρόντος κεφαλαίου.

Στον υπολογισμό των ισοδύναμων διελεύσεων υπεισέρχεται το ACN των αεροσκαφών, το οποίο λαμβάνεται από τους σχετικούς πίνακες της μεθόδου, εφαρμόζοντας ωστόσο διπλή γραμμική παρεμβολή, τόσο για το CBR ή K του εδάφους όσο και για το θεωρούμενο μέγιστο φορτίο του αεροσκάφους [10].

Εύκαμπτο τμήμα του κυρίως Δ/Π

Ο υπολογισμός των ισοδύναμων διελεύσεων γίνεται σύμφωνα με τους πίνακες 5.3 και 5.4.

Πίνακας 5.3: Ισοδύναμες διελεύσεις κρίσιμου αεροσκάφους κεντρικής κυκλοφορίας κυρίως Δ/Π

A/Φ	ACN	Λόγος P/C	Διελεύσεις/ Έτος	Διελεύσεις (20 έτη)	Λόγος των ACN	Παράγοντας FMTF ¹⁹	Τροποποιημ ένος FMTF	Ισοδύναμες Διελεύσεις
F-16	16	10	460	920,0	0,41	0,66	0,271	50,0
F-4	24	7	230	657,1	0,62	0,61	0,378	100,0
C-130	39	3,2	350	2.187,5	1	1	1	2.187,5
Embraer EMB-145H	16	3,2	52	325,0	0,41	0,52	0,213	34,0
C-27	12	3,2	35	218,8	0,31	0,47	0,146	16,0
M-2000	13	8	20	50,0	0,33	0	0	0,0
A-7	18	8	5	12,5	0,46	0	0	0,0

Συνολικές Ισοδύναμες Διελεύσεις	2.388
---------------------------------	--------------

Για την παράπλευρη κίνηση, οι ισοδύναμες διελεύσεις υπολογίζονται ως ακολούθως.

Πίνακας 5.4: Ισοδύναμες διελεύσεις κρίσιμου αεροσκάφους παράπλευρης κυκλοφορίας κυρίως Δ/Π

A/Φ	ACN	Λόγος P/C	Διελεύσεις/ Έτος	Διελεύσεις (20 έτη)	Λόγος των ACN	Παράγοντας FMTF	Τροποποιημ ένος FMTF	Ισοδύναμες Διελεύσεις
F-16	16	10	2.070	4.140,0	0,67	0,86	0,576	500,0
F-4	24	7	1.035	2.957,1	1	1	1	2.957,1

Συνολικές Ισοδύναμες Διελεύσεις	3.457
---------------------------------	--------------

Δύσκαμπτο τμήμα του κυρίως Δ/Π

Ο υπολογισμός των ισοδύναμων διελεύσεων γίνεται σύμφωνα με τους πίνακες 5.5 και 5.6.

Πίνακας 5.5: Ισοδύναμες διελεύσεις κρίσιμου αεροσκάφους παράπλευρης κυκλοφορίας κυρίως Δ/Π

A/Φ	ACN	Πίεση ελαστικών (MPa)	Λόγος P/C	Διελεύσεις/ Έτος	Διελεύσεις (20 έτη)	Λόγος των ACN	Παράγοντας RMTF	Ισοδύναμες Διελεύσεις
F-16	18	2,15	10	2.070	4.140,0	0,67	160	25,9
F-4	27	1,8	7	1.035	2.957,1	1	1	2.957,1

Συνολικές Ισοδύναμες Διελεύσεις	2.983
---------------------------------	--------------

¹⁹ Flexible Mix Traffic Factor

Πίνακας 5.6: Ισοδύναμες διελεύσεις κρίσιμου αεροσκάφους κεντρικής κυκλοφορίας κυρίως Δ/Π

Α/Φ	ACN	Πίεση ελαστικών (MPa)	Λόγος P/C	Διελεύσεις/ Έτος	Διελεύσεις (20 έτη)	Λόγος των ACN	Παράγοντας RMTF ²⁰	Ισοδύναμες Διελεύσεις
F-16	18	2,15	10	460	920,0	0,49	1.000	0,9
F-4	27	1,8	7	230	657,1	0,73	38	17,3
C-130	37	0,72	3,2	350	2.187,5	1	1	2.187,5
Embraer EMB- 145H	15	1,21	3,2	52	325,0	0,41	1.000	0,3
C-27	11	0,55	3,2	35	218,8	0,3	1.000	0,2
M-2000	14	1,45	8	20	50,0	0,38	1.000	0,05
A-7	19	1,38	8	5	12,5	0,51	1.000	0,01

Συνολικές Ισοδύναμες Διελεύσεις	2.206
---------------------------------	--------------

Εύκαμπτο τμήμα του νότιου Π/Τ

Ο υπολογισμός των ισοδύναμων διελεύσεων γίνεται σύμφωνα με τους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 5.7: Ισοδύναμες διελεύσεις κρίσιμου αεροσκάφους κεντρικής κυκλοφορίας νότιου Π/Τ

Α/Φ	ACN	Λόγος P/C	Διελεύσεις/ Έτος	Διελεύσεις (20 έτη)	Λόγος των ACN	Παράγοντας FMTF	Τροποποιημ ένος FMTF	Ισοδύναμες Διελεύσεις
F-16	16	10	4.600	9.200,0	0,44	0,982	0,432	165,0
F-4	24	7	2.300	6.571,4	0,67	0,935	0,626	750,0
C-130	36	3,2	350	2.187,5	1	1	1	2.187,5
Embraer EMB- 145H	14	3,2	52	325,0	0,39	0,52	0,203	32,0
C-27	11	3,2	35	218,8	0,31	0,47	0,146	16,0
M-2000	13	8	20	50,0	0,36	0	0	0,0
A-7	18	8	5	12,5	0,50	0	0	0,0

Συνολικές Ισοδύναμες Διελεύσεις	3.151
---------------------------------	--------------

Για την παράπλευρη κίνηση, οι ισοδύναμες διελεύσεις υπολογίζονται ως ακολούθως.

²⁰ Rigid Mix Traffic Factor

Πίνακας 5.8: Ισοδύναμες διελεύσεις κρίσιμου αεροσκάφους παράπλευρης κυκλοφορίας νότιου Π/Τ

A/Φ	ACN	Λόγος P/C	Διελεύσεις/ Έτος	Διελεύσεις (20 έτη)	Λόγος των ACN	Παράγοντας FMTF	Τροποποιημ ένος FMTF	Ισοδύναμες Διελεύσεις
F-16	16	10	2.070	4.140,0	0,67	0,86	0,576	500,0
F-4	24	7	1.035	2.957,1	1	1	1	2.957,1

Συνολικές Ισοδύναμες Διελεύσεις	3.457
---------------------------------	--------------

Επισημαίνεται ότι με τη σύγχρονη εκδοχή της μεθόδου [13], οι ισοδύναμες διελεύσεις στο νότιο Π/Τ υπολογίζονται με το μισό λόγο P/C από τον αναγραφόμενο στους ανωτέρω πίνακες, καθώς θεωρείται ότι η κίνηση των αεροσκαφών διεξάγεται μέσα σε «κανάλια» και είναι πιο συγκεντρωμένη. Ωστόσο, αυτό δεν επηρεάζει την τελική επιλογή ως προς τη συχνότητα κίνησης των αεροσκαφών, η οποία παραμένει «Χαμηλή²¹».

Δύσκαμπτο τμήμα του νότιου Π/Τ

Ο υπολογισμός των ισοδύναμων διελεύσεων γίνεται σύμφωνα με τους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 5.9: Ισοδύναμες διελεύσεις κρίσιμου αεροσκάφους κεντρικής κυκλοφορίας νότιου Π/Τ

A/Φ	ACN	Πίεση ελαστικών (MPa)	Λόγος P/C	Διελεύσεις/ Έτος	Διελεύσεις (20 έτη)	Λόγος των ACN	Παράγοντας RMTF	Ισοδύναμες Διελεύσεις
F-16	18	2,15	10	4.600	9.200,0	0,53	1.000	9,2
F-4	27	1,8	7	2.300	6.571,4	0,79	17	386,6
C-130	34	0,72	3,2	350	2.187,5	1	1	2.187,5
Embraer EMB-145H	15	1,21	3,2	52	325,0	0,44	1.000	0,3
C-27	10	0,55	3,2	35	218,8	0,29	1.000	0,2
M-2000	14	1,45	8	20	50,0	0,41	1.000	0,05
A-7	19	1,38	8	5	12,5	0,56	1.000	0,01

Συνολικές Ισοδύναμες Διελεύσεις	2.584
---------------------------------	--------------

Πίνακας 5.10: Ισοδύναμες διελεύσεις κρίσιμου αεροσκάφους παράπλευρης κυκλοφορίας νότιου Π/Τ

A/Φ	ACN	Πίεση ελαστικών (MPa)	Λόγος P/C	Διελεύσεις/ Έτος	Διελεύσεις (20 έτη)	Λόγος των ACN	Παράγοντας RMTF	Ισοδύναμες Διελεύσεις
F-16	18	2,15	10	2.070	4.140,0	0,67	160	25,9
F-4	27	1,8	7	1.035	2.957,1	1	1	2.957,1

Συνολικές Ισοδύναμες Διελεύσεις	2.983
---------------------------------	--------------

²¹ Low

Σύμφωνα με τα εξαγόμενα των ανωτέρω πινάκων, οι οποίοι αφορούν στις κεντρικές κινήσεις των αεροσκαφών, οι οποίες στην περίπτωση του νότιου Π/Τ ταυτίζονται με το σύνολο των κινήσεων, το πλήθος των ισοδύναμων διελεύσεων του κρίσιμου αεροσκάφους είναι σημαντικά μικρότερο από το άνω όριο των διελεύσεων που κατατάσσει τη συχνότητα της κυκλοφορίας στην κατηγορία «Χαμηλή». Συγκεκριμένα, το μέγιστο πλήθος ισοδύναμων διελεύσεων για το σύνολο της κυκλοφορίας στο νότιο Π/Τ είναι 3.151, ενώ το όριο μετάβασης στην επόμενη κατηγορία είναι 10.000. Με βάση τα παραπάνω, δεν προκύπτει η ανάγκη για περαιτέρω έλεγχο και της παράπλευρης κυκλοφορίας, διότι προφανώς θα οδηγήσει στην ίδια κατηγορία.

5.3.2 Εύκαμπτο τμήμα του κυρίως Δ/Π και του νότιου Π/Τ

Η εφαρμογή της μεθόδου για το εύκαμπτο τμήμα του κυρίως Δ/Π και του νότιου Π/Τ συνοψίζεται στον πίνακα που ακολουθεί, με εφαρμογή πάντα του κατάλληλου διαγράμματος.

Πίνακας 5.11: Υπολογισμός PCN εύκαμπτου τμήματος κυρίως Δ/Π και νότιου Π/Τ

	Κυρίως Δ/Π		Νότιος Π/Τ	
	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο
	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία
Συνολικό πάχος οδοστρώματος (in)	60	52	70	65
Συνολικό πάχος οδοστρώματος (mm)	1.524	1.321	1.778	1.651
CBR εδάφους	4,74	4,74	8,8	8,8
Συχνότητα κυκλοφορίας	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
PCN από Χ άξονα διαγρ.6	125	95	235	230
Πάχος ασφαλτικού (mm)	120	120	120	120
Ελάχιστο πάχος ασφαλτικού για PCN>50	125	125	125	125
PCN	50	50	50	50

Στο σημείο αυτό επισημαίνεται ο περιορισμός της συγκεκριμένης μεθόδου, σύμφωνα με τον οποίο δεν είναι δυνατό το PCN να είναι μεγαλύτερο του 50 εάν το πάχος της ασφαλτικής στρώσης δεν είναι τουλάχιστον ίσο με 125 mm.

5.3.3 Δύσκαμπτο τμήμα του κυρίως Δ/Π και του νότιου Π/Τ

Η διαδοχή εισαγωγής των δεδομένων στο κατάλληλο διάγραμμα της μεθόδου, για τον υπολογισμό του PCN του δύσκαμπτου τμήματος του κυρίως Δ/Π και του νότιου Π/Τ φαίνεται στον πίνακα 5.12.

Πίνακας 5.12: Υπολογισμός PCN δύσκαμπτου τμήματος κυρίως Δ/Π και νότιου Π/Τ

	Κυρίως Δ/Π		Νότιος Π/Τ	
	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο
	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία
Συνολικό πάχος οδοστρώματος (in)	55	47	70	65
Συνολικό πάχος οδοστρώματος (mm)	1.397,0	1.193,8	1.778,0	1.651,0
K (MN/m ³)	33,5	33,5	46,8	46,8
K _{eff} (MN/m ³)	110,5	88,5	173,3	159,4
K _{eff} που χρησιμοποιείται στο διάγραμμα (MN/m ³)	110,5	88,5	150	150
Συχνότητα κυκλοφορίας	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Μέση καμπτική αντοχή σκυροδέματος (N/mm ²)	5,2	5,2	5,2	5,2
Πάχος σκυροδέματος (mm)	400	400	400	400
PCN	83	80	88	88

5.3.4 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα

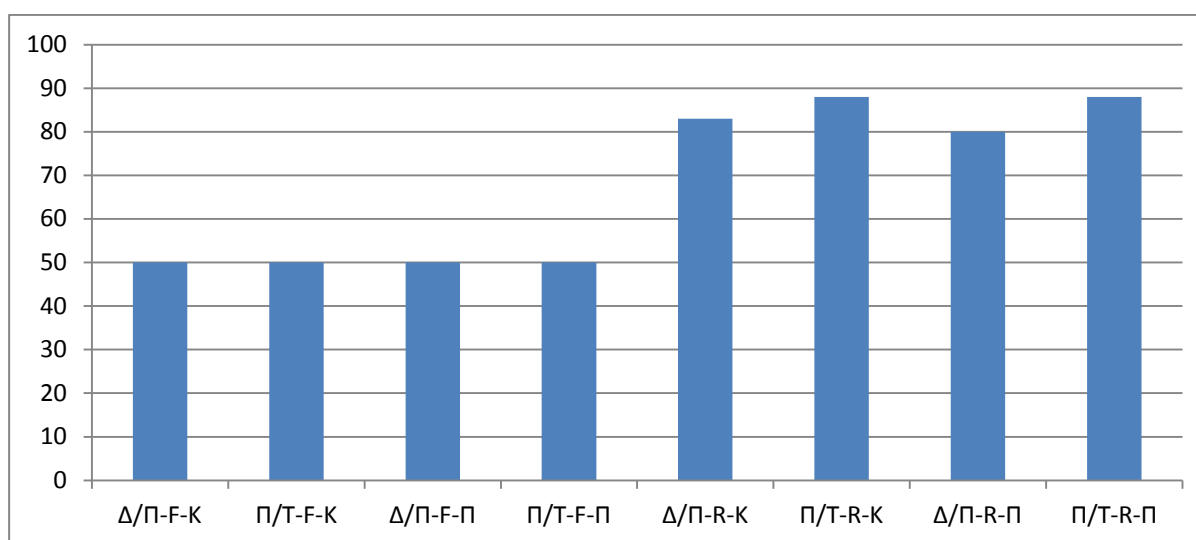
Τα παραπάνω αποτελέσματα συνοψίζονται στον πίνακα 5.13.

Πίνακας 5.13: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα

Οδόστρωμα	Είδος οδοστρώματος	Λόγω κίνησης	Κρίσιμο Α/Φ	PCN
Δ/Π	Εύκαμπτο	Κεντρικής	C-130	50/F/C/W/T
Δ/Π	Εύκαμπτο	Παράπλευρης	F-4	50/F/C/W/T
Δ/Π	Δύσκαμπτο	Κεντρικής	C-130	83/R/C/W/T

Οδόστρωμα	Είδος οδοστρώματος	Λόγω κίνησης	Κρίσιμο Α/Φ	PCN
Δ/Π	Δύσκαμπτο	Παράπλευρης	F-4	80/R/C/W/T
Νότιος Π/Τ	Εύκαμπτο	Κεντρικής	C-130	50/F/B/W/T
Νότιος Π/Τ	Εύκαμπτο	Παράπλευρης	F-4	50/F/B/W/T
Νότιος Π/Τ	Δύσκαμπτο	Κεντρικής	C-130	88/R/C/W/T
Νότιος Π/Τ	Δύσκαμπτο	Παράπλευρης	F-4	88/R/C/W/T

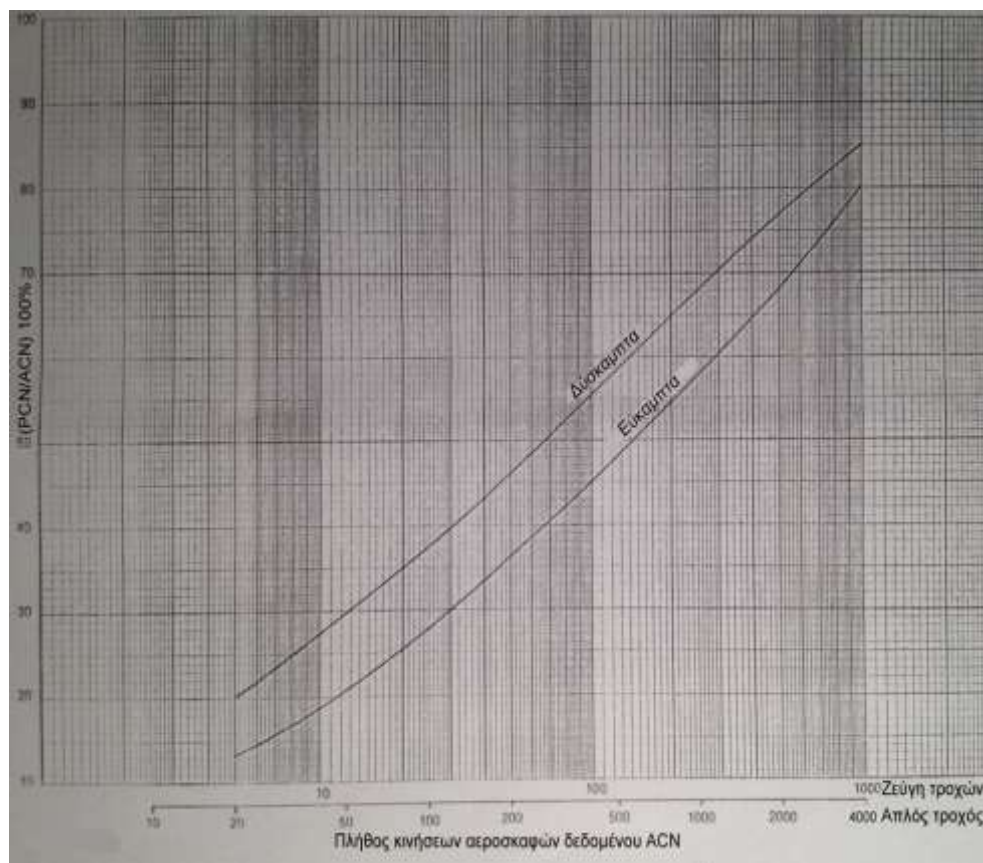
Στο σχήμα 5.3 εικονίζονται τα αποτελέσματα με τη μορφή ραβδογράμματος.



Σχήμα 5.3: Αριθμητική τιμή PCN (Μέθοδος UK)

5.4 Μέθοδος Βασισμένη στην Εμπειρία του Χρησιμοποιούμενου Αεροσκάφους - Εφαρμογή

Η εφαρμογή της μεθόδου γίνεται με τη χρήση του σχήματος 5.4, στο οποίο εισάγεται ως δεδομένο ο αριθμός ετησίων κινήσεων αεροσκάφους δεδομένου ACN για σύστημα ενός τροχού ή ζεύγους τροχών, για εύκαμπτο και δύσκαμπτο οδόστρωμα. Τα δεδομένα των διελεύσεων λαμβάνονται σύμφωνα με τις ισοδύναμες διελεύσεις του κρίσιμου αεροσκάφους, όπως έχουν υπολογιστεί στην τεχνική προσέγγιση της παρούσας μεθόδου.



Σχήμα 5.4: Υπολογισμός PCN με τη μέθοδο του χρησιμοποιούμενου αεροσκάφους [10]

Μετά από κατάλληλη εφαρμογή προκύπτει ο πίνακας 5.14.

Πίνακας 5.14: Υπολογισμός της αριθμητικής τιμής του PCN για το νότιο Π/Τ

Οδόστρωμα	Νότιος Π/Τ	Νότιος Π/Τ	Νότιος Π/Τ	Νότιος Π/Τ
Είδος οδοστρώματος	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο
Είδος κίνησης	Κεντρική	Παράπλευρη	Κεντρική	Παράπλευρη
Κρίσιμο αεροσκάφος	C-130	F-4	C-130	F-4
ACN	36	24	34	27
Ισοδύναμες διελεύσεις σε 20 έτη	3.151	3.457	2.584	2.983
Ισοδύναμες διελεύσεις σε 1 έτος	157,55	172,85	129,2	149,15
Σύστημα τροχών	Διπλοί εν σειρά	Μονός	Διπλοί εν σειρά	Μονός
Ισοδύναμο σύστημα τροχών	Διπλοί	Μονός	Διπλοί	Μονός
PCN/ACN*100%	51	44	48,5	42
Αριθμητική τιμή PCN	18	11	16	11

Η πλήρης έκφραση της κατάταξης για το νότιο Π/Τ σύμφωνα με τη συγκεκριμένη μέθοδο, παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 5.15: Πλήρης έκφραση PCN νότιου Π/Τ

Οδόστρωμα	Είδος οδοστρώματος	Λόγω κίνησης	Κρίσιμο Α/Φ	PCN
Νότιος Π/Τ	Εύκαμπτο	Κεντρικής	C-130	18/F/B/W/U
Νότιος Π/Τ	Εύκαμπτο	Παράπλευρης	F-4	11/F/B/W/U
Νότιος Π/Τ	Δύσκαμπτο	Κεντρικής	C-130	16/R/C/W/U
Νότιος Π/Τ	Δύσκαμπτο	Παράπλευρης	F-4	11/R/C/W/U

5.5 Μέθοδος Υπολογισμού του PCN με Μετατροπή του LCN - Εφαρμογή

Το LCN του νότιου Π/Τ είναι 75. Κατόπιν εφαρμογής των σχετικών διαγραμμάτων του παραρτήματος για CBR=8,8% και $K=150 \text{ MN/m}^3$, προκύπτουν τα αποτελέσματα του πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 5.16: Πλήρης έκφραση PCN νότιου Π/Τ

Οδόστρωμα	Είδος οδοστρώματος	PCN
Νότιος Π/Τ	Εύκαμπτο	64/F/B/W/T
Νότιος Π/Τ	Δύσκαμπτο	47/R/C/W/T

Σημειώνεται ότι, σύμφωνα με το εγχειρίδιο της μεθόδου, επειδή οι υπολογισμοί γίνονται βασισμένοι στον αρχικό σχεδιασμό του οδοστρώματος (μέσω του LCN που έχει υπολογιστεί και εκφράζει τη φέρουσα ικανότητα του οδοστρώματος), η μέθοδος υπολογισμού θεωρείται τεχνική. Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι το εν λόγω LCN προδιαγράφεται, δεν προκύπτει από κάπου με βεβαιότητα ότι το οδόστρωμα έχει κατασκευαστεί αναλόγως (δεν έχουν γίνει σχετικές μετρήσεις, ούτε βρέθηκαν υπολογισμοί για τον προσδιορισμό της τυπικής διατομής του νότιου Π/Τ ώστε να έχει τη συγκεκριμένη αντοχή). Για το λόγο αυτό, η παρούσα μέθοδος δε συμπεριλαμβάνεται μεταξύ των υπολοίπων τεχνικών μεθόδων, σε επόμενα κεφάλαια όπου επιχειρείται σύγκριση των μεθόδων ή επιλογή κατάλληλου PCN.

6 ΜΕΘΟΔΟΣ UFC

6.1 Γενικά

Η παρούσα μέθοδος έχει συνταχθεί από τις Αμερικάνικες Ένοπλες Δυνάμεις και χάριν συντομίας θα ονομάζεται στο εξής «μέθοδος UFC» από τα αρχικά του σχετικού εγχειριδίου Unified Facilities Criteria (Ενοποιημένα Κριτήρια Εγκαταστάσεων).

Η μέθοδος εφαρμόζεται για αεροσκάφη βάρους μεγαλύτερου ή ίσου των 5.670 Kg. Για αεροσκάφη μικρότερου βάρους από το παραπάνω, δεν εφαρμόζεται η μέθοδος ACN-PCN αλλά τα όρια της φέρουσας ικανότητας του οδοστρώματος αναφέρονται απευθείας σε όρους μέγιστου επιτρεπόμενου βάρους του αεροσκάφους. Το PCN που υπολογίζεται είναι δυνατό να αναφέρεται στην καθημερινή κυκλοφορία ή σε τυποποιημένη κυκλοφορία η οποία φαίνεται παρακάτω σε γκρουπ αεροσκαφών. Η χρήση των διαγραμμάτων υπολογισμού του μέγιστου επιτρεπόμενου μεικτού βάρους αεροσκάφους, είναι δυνατή τόσο για μεμονωμένα αεροσκάφη όσο και για τα προαναφερόμενα γκρουπ αεροσκαφών.

Για τη περίπτωση των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων, επισημαίνεται ότι οι υπολογισμοί βασίζονται στις τάσεις που αναπτύσσονται στα άκρα της πλάκας²², για τη μέθοδο της Αεροπορίας και του Στρατού, ενώ για τη μέθοδο του Ναυτικού βασίζονται στις τάσεις που αναπτύσσονται στο εσωτερικό της πλάκας²³. Επισημαίνεται ότι για την κατάταξη των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων με τη μέθοδο της Αεροπορίας χρησιμοποιούνται μόνο τα κριτήρια εκτεταμένης διάρκειας ζωής του οδοστρώματος²⁴, ενώ για την εφαρμογή της μεθόδου του Στρατού χρησιμοποιούνται και τα κριτήρια τυπικής διάρκειας ζωής²⁵ του οδοστρώματος. Διευκρινίζεται ότι η δεύτερη περίπτωση αποτελεί κατά βάση την αντίστροφη διαδικασία από αυτή του σχεδιασμού, οπότε με το πέρας εφαρμογής της προβλεπόμενης κυκλοφορίας, εκτιμάται ότι το 50% των πλακών θα έχουν σπάσει σε 2 ή 3 κομμάτια. Αντίστοιχα, με εφαρμογή των κριτηρίων εκτεταμένης διάρκειας ζωής του οδοστρώματος προβλέπονται περίπου 6 κομμάτια, στο 50% των πλακών, αφότου εφαρμοστεί η προβλεπόμενη κυκλοφορία [14].

²² edge loading condition

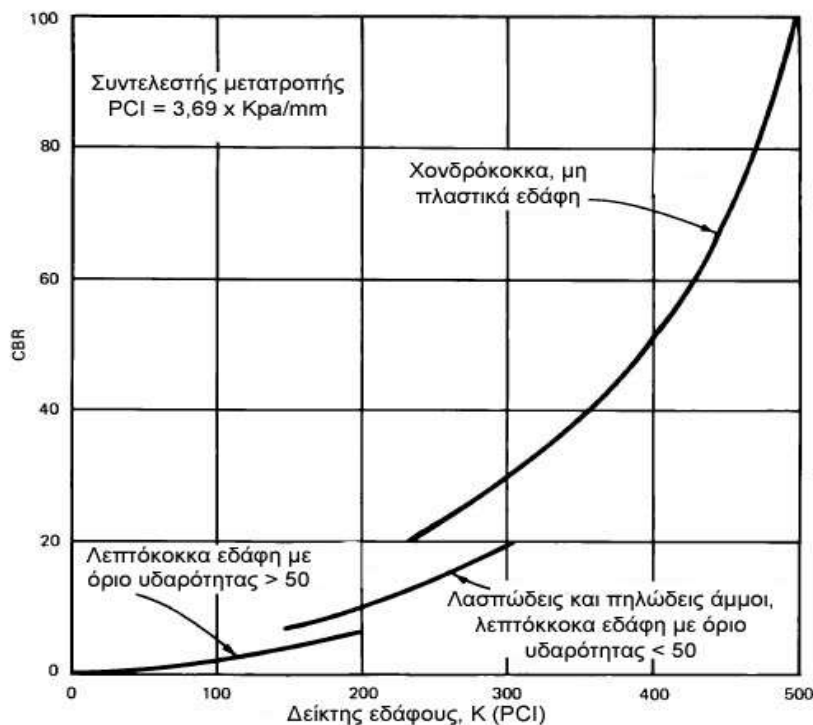
²³ interior loading condition

²⁴ extended life criteria

²⁵ standard life criteria

6.2 Υπολογισμός - Αναγωγή του Δείκτη K του Εδάφους

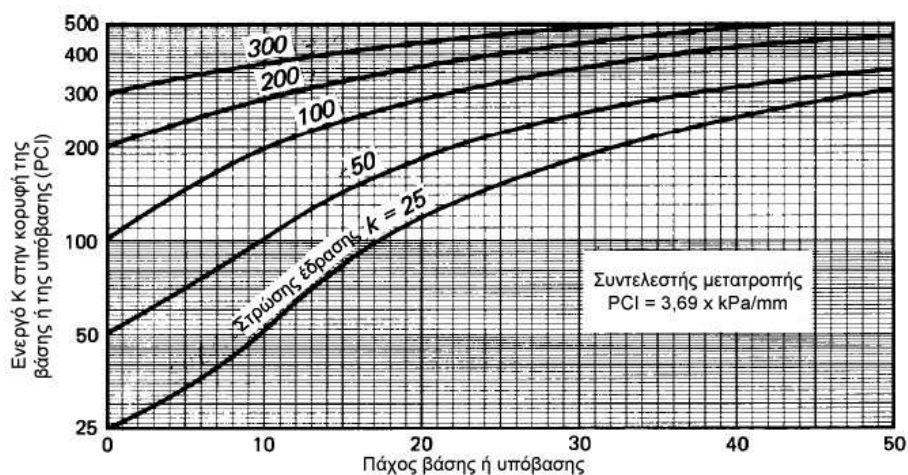
Για την εφαρμογή της μεθόδου στα δύσκαμπτα τμήματα, θα υπολογιστεί εκ νέου ο δείκτης εδάφους $K_{εδ}$, μέσω της σχέσης CBR/K όπως προκύπτει από το σχήμα 6.1.



Σχήμα 6.1: Αντιστοιχία CBR/K [14]

Με μικρή επέκταση του μεσαίου κλάδου του διαγράμματος (λόγω μεγαλύτερης συνάφειας με το έδαφος όπως προκύπτει από τα διαθέσιμα εδαφοτεχνικά στοιχεία) και εφαρμογή για CBR=4,74% προκύπτει για τον κυρίως Δ/Π $K_{εδ}=28,6 \text{ MN/m}^3$ (105,5 pci), ενώ για CBR=8,8% λαμβάνουμε για το νότιο Π/Τ $K_{εδ}=50 \text{ MN/m}^3$ (184,5 pci).

Για $K=25$ έως 300 pci και πάχος υπόβασης 0 έως 50 cm ισχύει το σχήμα 6.2.



Σχήμα 6.2: Αναγωγή του K στην επιφάνεια της υπόβασης [14]

Με επέκταση και εφαρμογή του ανωτέρω διαγράμματος, υπολογίζεται ο ανηγμένος δείκτης εδάφους K_{eff} , με επαναληπτική μέθοδο παρόμοια με αυτή που εφαρμόστηκε στις μεθόδους κατάταξης FAA και UK, αλλά με τη χρήση τύπου της μορφής:

$$K = \frac{a \times b + c \times x^d}{b + x^d} \quad (\text{Εξίσωση 6.1})$$

Με εφαρμογή των ανωτέρω υπολογίζεται ο δείκτης εδάφους K_{eff} όπως φαίνεται στους πίνακες 6.1 και 6.2.

Πίνακας 6.1: K_{eff} στο επίπεδο της άνω επιφάνειας της βάσης του κυρίως Δ/Π

Οδόστρωμα	Κυρίως Δ/Π	
Κίνηση	Κεντρική	Παράπλευρη
$K_{\text{εδ.}} \text{ (pci)}$	105,5	105,5
Πάχος υπόβασης (cm)	99,7	79,4
$K_{\text{eff.}} \text{ (pci)}$	565,8	505,6
$K_{\text{eff.}} \text{ (MN/m}^3\text{)}$	153,3	137,0

Πίνακας 6.2: K_{eff} στο επίπεδο της άνω επιφάνειας της βάσης του νότιου Π/Τ

Οδόστρωμα	Νότιος Π/Τ	
Κίνηση	Κεντρική	Παράπλευρη
$K_{\text{εδ.}} \text{ (pci)}$	184,5	184,5
Πάχος υπόβασης (cm)	137,8	125,1
$K_{\text{eff.}} \text{ (pci)}$	580,2	578
$K_{\text{eff.}} \text{ (MN/m}^3\text{)}$	157,2	156,6

Κατά τη διαδικασία της αξιολόγησης των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων, σύμφωνα με τη μέθοδο UFC, τίθεται ένα άνω όριο στην τιμή του K . Συγκεκριμένα, το K δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 500 pci. Όπως φαίνεται στους πίνακες 6.1 και 6.2 το $K_{\text{eff.}} \text{ (pci)}$ είναι σε κάθε περίπτωση μεγαλύτερο του 500, οπότε για τους υπολογισμούς στους οποίους υπεισέρχεται θα λαμβάνεται η οριακή τιμή του [14].

6.3 Κατάταξη με τη Μέθοδο της Αεροπορίας

6.3.1 Γενικά - Περιοχές κίνησης αεροσκαφών

Η διαδικασία υπολογισμού του PCN με τη μέθοδο της αεροπορίας, περιγράφεται συνοπτικά στη συνέχεια.

- Υπολογισμός του δείκτη K του εδάφους σε κάθε θέση, με δεδομένο το CBR και χρήση του κατάλληλου διαγράμματος
- Αναγωγή του δείκτη K του εδάφους, στην επιφάνεια της υπόβασης, με χρήση σχετικού διαγράμματος και κατάλληλου μαθηματικού τύπου
- Υπολογισμός του συντελεστή φορτίου, με τη χρήση κατάλληλου διαγράμματος, για τα δύσκαμπτα οδοστρώματα
- Υπολογισμός του συντελεστή σχεδιασμού, με τη χρήση κατάλληλου διαγράμματος, για τα δύσκαμπτα οδοστρώματα
- Υπολογισμός του μέγιστου επιτρεπόμενου μεικτού βάρους, για 50.000 διελεύσεις του γκρουπ 10 (C-17), ως λόγου των συντελεστών φορτίου και σχεδιασμού, για τα δύσκαμπτα οδοστρώματα
- Αναγωγή του επιπλέον πάχους των στρώσεων του οδοστρώματος, σε επιπλέον ισοδύναμο πάχος της υποκείμενης στρώσης, με τη χρήση συντελεστών
- Υπολογισμός του μέγιστου επιτρεπόμενου μεικτού βάρους, για 50.000 διελεύσεις του γκρουπ 10 (C-17), με χρήση νομογραφήματος, για τα εύκαμπτα οδοστρώματα
- Υπολογισμός του PCN, με τη χρήση σχετικών διαγραμμάτων

Για την εκτέλεση της παραπάνω διαδικασίας, θα πρέπει να προσδιοριστεί ο τύπος του αεροδρομίου, καθώς και η κατηγορία της περιοχής κίνησης των αεροσκαφών. Οι τύποι αεροδρομίων της αεροπορίας, σύμφωνα με τη σχετική μέθοδο σχεδιασμού, είναι οι ακόλουθοι:

- α. Ελαφρού τύπου
- β. Μεσαίου τύπου
- γ. Βαρέως τύπου
- δ. Τροποποιημένου βαρέως τύπου
- ε. Βοηθητικά
- στ. Διάδρομος προσγείωσης επιθετικού τύπου (σε εχθρικό έδαφος)

Γενικά και πλην συγκεκριμένων εξαιρέσεων τα αεροδρόμια κατατάσσονται στην κατηγορία μεσαίου τύπου. Η περίπτωση του αεροδρομίου που εξετάζεται δεν εμπίπτει σε κάποια από τις εξαιρέσεις και ως εκ τούτου η κατηγορία του αεροδρομίου είναι μεσαίου τύπου.

Στα αεροδρόμια μεσαίου τύπου, η κίνηση σε κύριους τροχόδρομους χαρακτηρίζεται ως τύπου A. Επίσης τύπου A ορίζεται και το τμήμα του Δ/Π στα άκρα του και πιο συγκεκριμένα στα ακραία 1000 ft. Στο δυτικό άκρο του Δ/Π τα πρώτα 1000 ft από το σημείο εισόδου του αεροσκάφους από τον τροχόδρομο περιλαμβάνουν δύσκαμπτο και εύκαμπτο τμήμα. Έτσι, δεδομένου ότι το εύκαμπτο τμήμα του Δ/Π έχει ενιαίο κατά μήκος πάχος, για την κατάταξή του θα θεωρηθεί ολόκληρος ως τύπου A (λαμβάνουμε τη δυσμενέστερη περίπτωση). Το παραπάνω ενισχύεται από το γεγονός ότι ο χαρακτηρισμός ενός

οδοστρώματος ως τύπου A προϋποθέτει την κίνηση αεροσκαφών σε μεγάλο ποσοστό σε σταθερές τροχιές²⁶, το οποίο ισχύει για τα δύσκαμπτα και για τα ακραία εύκαμπτα τμήματα του Δ/Π. Γενικότερα, με τη μέθοδο της Αεροπορίας οι περιοχές κίνησης κατατάσσονται ως A, B, C ή D σύμφωνα με τα αναγραφόμενα στην ΤΙ 825-01/AFM 32-1124(I)/NAVFAC DM 21.10 [15].

Για το σχεδιασμό με τη μέθοδο της Αεροπορίας, για μεσαίου τύπου αεροδρόμια και για οδοστρώματα τύπου A, χρησιμοποιούνται τα στοιχεία του πίνακα 6.3.

Πίνακας 6.3: Στοιχεία σχεδιασμού αεροδρομίου μεσαίου τύπου για οδοστρώματα τύπου A [15]

Τύπος αεροδρομίου	Αεροσκάφος σχεδιασμού	Βάρος (pounds)	Διελεύσεις
Μεσαίου τύπου	F-15 E	81.000	100.000
	C-17	580.000	400.000
	B-52	400.000	400

Για αεροδρόμια της Αεροπορίας, μεσαίου τύπου, περιοχές κίνησης τύπου A, B και για βάση με CBR=100%, από σχετικό πίνακα της μεθόδου σχεδιασμού της UFC προκύπτουν τα ελάχιστα πάχη της επιφανειακής στρώσης και της βάσης. Συγκεκριμένα, το ελάχιστο πάχος ασφαλικού είναι 4 in (10,16 cm), ενώ της βάσης είναι 6 in (15,24 cm) [15].

6.3.2 Ομαδοποίηση αεροσκαφών

Για την αξιολόγηση των αεροδρομίων με τη συγκεκριμένη μέθοδο έχουν δημιουργηθεί 14 γκρουπ αεροσκαφών, σε κάθε ένα από τα οποία συναντάται διαφορετικό σύστημα τροχών. Διευκρινίζεται ότι το κάθε γκρουπ χαρακτηρίζεται από το πρώτο αεροσκάφος της αντίστοιχης λίστας, το οποίο μάλιστα επιφέρει στο οδόστρωμα την μεγαλύτερη καταπόνηση. Τα γκρουπ αυτά φαίνονται στον πίνακα 6.4.

Ο υπολογισμός του επιτρεπόμενου φορτίου κατά την αξιολόγηση σε αεροδρόμια της αεροπορίας γίνεται για ορισμένο επίπεδο διελεύσεων ανάλογα με το γκρουπ των αεροσκαφών, όπως φαίνεται στον πίνακα 6.5.

²⁶ Channelized traffic

Πίνακας 6.4: Γκρουπ αεροσκαφών μεθόδου Αεροπορίας [14]

1	2	3	4	5	6	7
C-23 ¹	F-15 ¹	F-111 ¹	C-130 ¹	C-9 ¹	T-43 ¹	B-727 ¹
C-12	A-7	F-117		C-7	737	C-22
C-21	A-10			DC-9		P-3
C-27	C-20			C-140		
A-37	F-4					
	F-5					
	F-14					
	F-16					
	F-22					
	F-100					
	F-101					
	F-102					
	F-105					
	F-106					
	T-1A					
	T-33					
	T-38					
	T-39					
8	9	10	11	12	13	14
E-3 ¹	C-141 ¹	C-17 ¹	C-5 ¹	KC-10 ¹	E-4 ¹	B-52 ¹
707E-8	B-1			DC-10	747	
C-135	B-757			L-1011	VC-25	
KC-135	B-2					
VC-137						
DC-8						
EC-18						
A-300						
B-767						

Πίνακας 6.5: Επίπεδο διελεύσεων για κάθε γκρουπ αεροσκαφών μεθόδου Αεροπορίας [14]

Επίπεδο διελεύσεων	Πλήθος διελεύσεων για κάθε γκρουπ αεροσκαφών		
	1-3	4-11	12-14
I	300,000	50,000	15,000
II	50,000	15,000	3,000
III	15,000	3,000	500
IV	3,000	500	100

6.3.3 Μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο

Για την κατάταξη των αεροδρομίων υπολογίζεται αρχικά το μέγιστο επιτρεπόμενο μεικτό βάρος για 50.000 διελεύσεις του γκρουπ 10 (C-17). Ο υπολογισμός γίνεται με εφαρμογή των σχετικών διαγραμμάτων του παραρτήματος για εύκαμπτα και δύσκαμπτα οδοστρώματα. Για τα δύσκαμπτα οδοστρώματα, υπολογίζεται ο συντελεστής φορτίου και ο συντελεστής σχεδιασμού για τις διελεύσεις που αναγράφονται παραπάνω και εν συνεχεία διαιρώντας τον πρώτο συντελεστή με το δεύτερο προκύπτει το επιτρεπόμενο μεικτό βάρος του C-17. Στα εύκαμπτα οδοστρώματα ο υπολογισμός του μέγιστου επιτρεπόμενου φορτίου γίνεται με την

εφαρμογή ενός μόνο διαγράμματος. Στους πίνακες που ακολουθούν, φαίνονται οι σχετικοί υπολογισμοί.

Πίνακας 6.6: Υπολογισμός μέγιστου μεικτού βάρους για εύκαμπτα τμήματα κυρίως Δ/Π και νότιου Π/Τ

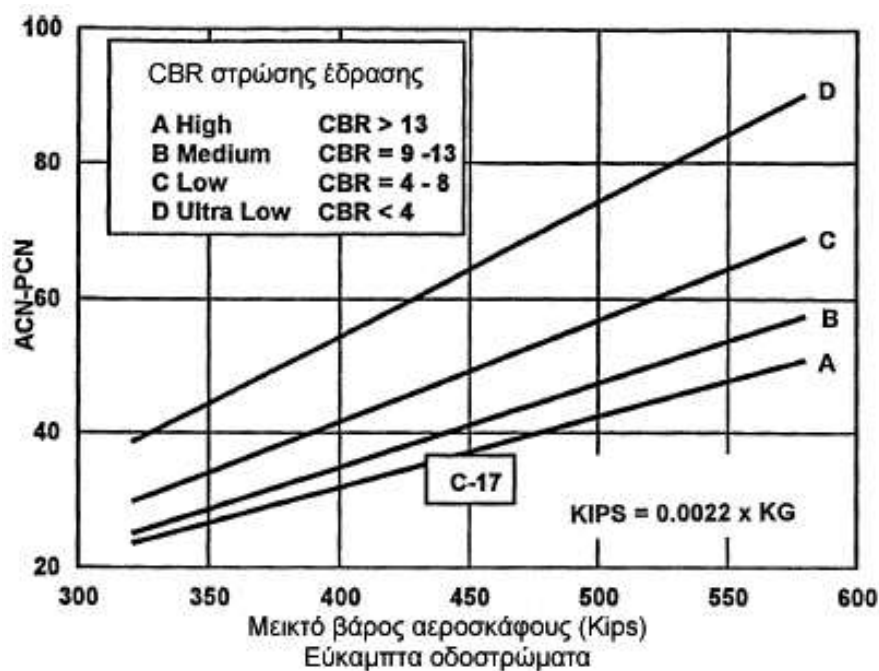
	Κυρίως Δ/Π		Νότιος Π/Τ	
	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο
	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία
Συνολικό πάχος οδοστρώματος (in)	60	52	70	65
Συνολικό πάχος οδοστρώματος (mm)	1.524,0	1.320,8	1.778,0	1.651,0
CBR εδάφους	4,74	4,74	8,8	8,8
Κατηγορία εδάφους	C	C	B	B
Τύπος Α/Δ για αεροπορία	Μεσαίου	Μεσαίου	Μεσαίου	Μεσαίου
Περιοχή κίνησης αεροσκαφών (τύπος)	A	A	A	A
Πάχος ασφαλτικού (mm)	120	120	120	120
CBR βάσης	100	100	100	100
Ελάχιστο πάχος ασφαλτικού (mm)	101,6	101,6	101,6	101,6
Ασφαλτικό που περισσεύει (mm)	18,4	18,4	18,4	18,4
Συντελεστής μετατροπής επιπλέον ασφαλτικού σε υπόβαση [15]	2,3	2,3	2,3	2,3
Επιπλέον πάχος υπόβασης λόγω ασφαλτικού (mm)	42,32	42,32	42,32	42,32
Πάχος βάσης (mm)	280	280	280	280
Ελάχιστο πάχος βάσης (mm)	152,4	152,4	152,4	152,4
Βάση που περισσεύει (mm)	127,6	127,6	127,6	127,6
Συντελεστής μετατροπής επιπλέον βάσης σε υπόβαση [15]	2	2	2	2
Επιπλέον πάχος υπόβασης λόγω βάσης (mm)	255,2	255,2	255,2	255,2
Συνολικό επιπλέον πάχος υπόβασης (mm)	297,52	297,52	297,52	297,52
Πάχος υπόβασης (mm)	1.124,0	920,8	1.378,0	1.251,0
Τελικό προσαυξημένο πάχος υπόβασης (mm)	1.421,5	1.218,3	1.675,5	1.548,5
Τελικό προσαυξημένο πάχος οδοστρώματος (mm)	1.675,5	1.472,3	1.929,5	1.802,5
Τελικό προσαυξημένο πάχος οδοστρώματος (in)	66,0	58,0	76,0	71,0
Διειλεύσεις γκρουπ-10 (C-17)	50.000	50.000	50.000	50.000
Μέγιστο επιτρεπόμενο μεικτό βάρος αεροσκάφους (KIPS)	819,5	708,1	1.254	1.214

Πίνακας 6.7: Υπολογισμός μέγιστου μεικτού βάρους για δύσκαμπτα τμήματα κυρίως Δ/Π και νότιου Π/Τ

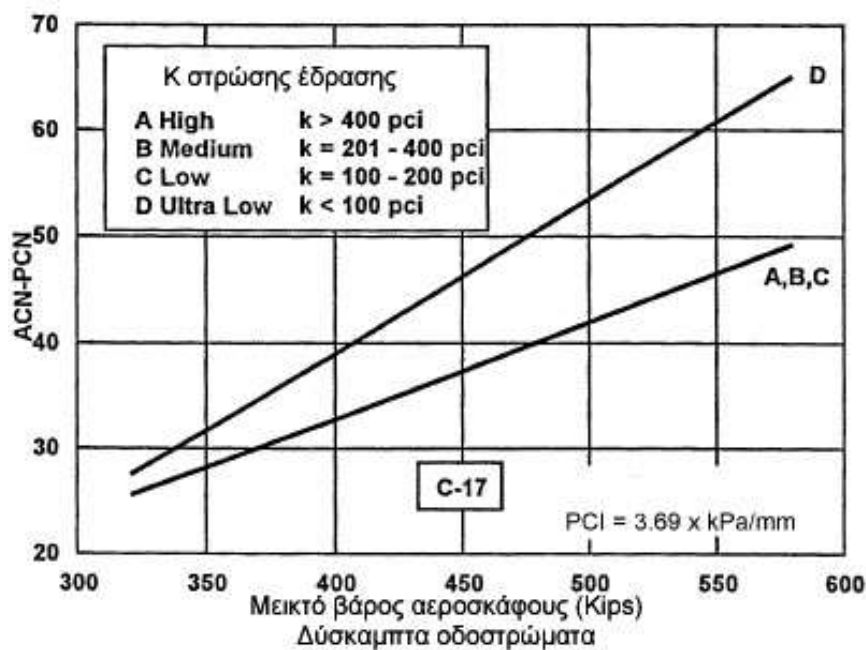
	Δ/Π		Ν.Π/Τ	
	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο
	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία
Συνολικό πάχος οδοστρώματος (in)	55	47	70	65
Συνολικό πάχος οδοστρώματος (mm)	1.397,0	1.193,8	1.778,0	1.651,0
$K_{\text{εδ}}$ (pci)	105,5	105,5	184,5	184,5
Κατηγορία εδάφους	C	C	C	C
K_{eff} (pci)	565,8	505,6	580,2	578,0
K_{eff} (MN/m ³)	153,3	137,0	157,2	156,6
Άνω όριο K (pci)	500,0	500,0	500,0	500,0
Τύπος Α/Δ για αεροπορία	Μεσαίου	Μεσαίου	Μεσαίου	Μεσαίου
Περιοχή κίνησης αεροσκαφών (τύπος)	A	A	A	A
Μέση καμπτική αντοχή σκυροδέματος (N/mm ²)	5,2	5,2	5,2	5,2
Μέση καμπτική αντοχή σκυροδέματος (psi)	754,2	754,2	754,2	754,2
Πάχος σκυροδέματος (mm)	400	400	400	400
Πάχος σκυροδέματος (in)	15,75	15,75	15,75	15,75
Συντελεστής φορτίου (KIPS)	691,15	691,15	691,15	691,15
Συντελεστής σχεδιασμού	0,95	0,95	0,95	0,95
Μέγιστο επιτρεπόμενο μεικτό βάρος αεροσκάφους (KIPS)	727,53	727,53	727,53	727,53

6.3.4 Υπολογισμός της αριθμητικής τιμής του PCN

Από τα παρακάτω διαγράμματα, εισάγοντας ως στοιχεία το επιτρεπόμενο μεικτό βάρος του C-17, που έχει υπολογιστεί παραπάνω και την κατηγορία της στρώσης έδρασης, υπολογίζεται το PCN.



Σχήμα 6.3: Υπολογισμός PCN με τη μέθοδο της Αεροπορίας - Εύκαμπτα οδοστρώματα [14]



Σχήμα 6.4: Υπολογισμός PCN με τη μέθοδο της Αεροπορίας - Δύσκαμπτα οδοστρώματα [14]

Στους πίνακες που ακολουθούν, για το εύκαμπτο και το δύσκαμπτο τμήμα τόσο του κυρίως Δ/Π όσο και του νότιου Π/Τ, υπολογίζεται σύμφωνα με τα προαναφερόμενα η αριθμητική τιμή του PCN.

Πίνακας 6.8: Υπολογισμός PCN εύκαμπτων τμημάτων κυρίως Δ/Π και νότιου Π/Τ

	Κυρίως Δ/Π		Νότιος Π/Τ	
	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο
	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία
Μέγιστο επιτρεπόμενο μεικτό βάρος αεροσκάφους (KIPS)	819,5	708,1	1.254	1.214
PCN	97	80	134	129

Πίνακας 6.9: Υπολογισμός PCN δύσκαμπτων τμημάτων κυρίως Δ/Π και νότιου Π/Τ

	Κυρίως Δ/Π		Νότιος Π/Τ	
	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο
	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία
Μέγιστο επιτρεπόμενο μεικτό βάρος αεροσκάφους (KIPS)	727,53	727,53	727,53	727,53
PCN	62	62	62	62

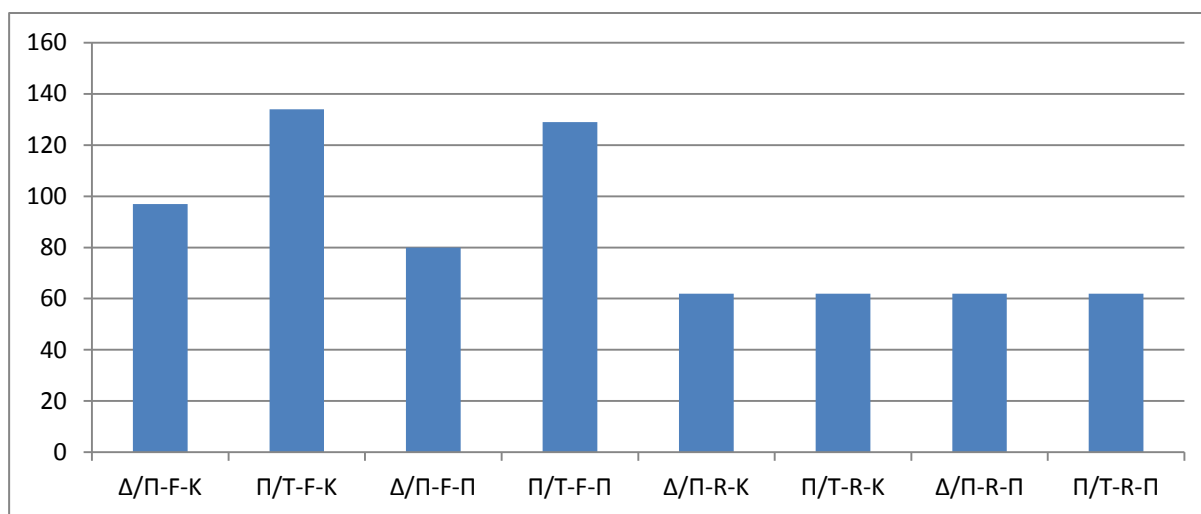
6.3.5 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα υπολογισμού του PCN με τη μέθοδο της Αεροπορίας συνοψίζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 6.10: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα μεθόδου Αεροπορίας

Οδόστρωμα	Είδος οδοστρώματος	Λόγω κίνησης	Κρίσιμο Α/Φ	PCN
Δ/Π	Εύκαμπτο	Κεντρικής	50.000 διελεύσεις του C-17 (γκρουπ-10)	97/F/C/W/T
Δ/Π	Εύκαμπτο	Παράπλευρης		80/F/C/W/T
Δ/Π	Δύσκαμπτο	Κεντρικής		62/R/C/W/T
Δ/Π	Δύσκαμπτο	Παράπλευρης		62/R/C/W/T
Νότιος Π/Τ	Εύκαμπτο	Κεντρικής		134/F/B/W/T
Νότιος Π/Τ	Εύκαμπτο	Παράπλευρης		129/F/B/W/T
Νότιος Π/Τ	Δύσκαμπτο	Κεντρικής		62/R/C/W/T
Νότιος Π/Τ	Δύσκαμπτο	Παράπλευρης		62/R/C/W/T

Σχηματικά, η αριθμητική τιμή του PCN που υπολογίστηκε με τη συγκεκριμένη μέθοδο, παριστάνεται ως ακολούθως.



Σχήμα 6.5: Αριθμητική τιμή PCN (Μέθοδος UFC A/F)

6.4 Κατάταξη με τη Μέθοδο του Στρατού

6.4.1 Γενικά - Περιοχές κίνησης αεροσκαφών

Η διαδικασία υπολογισμού του PCN με τη μέθοδο του στρατού, περιγράφεται κωδικοποιημένα στη συνέχεια.

- Υπολογισμός και αναγωγή του δείκτη K του εδάφους σε κάθε θέση, όπως στη μέθοδο της Αεροπορίας
- Υπολογισμός του απαιτούμενου πάχους του οδοστρώματος για κάθε αεροσκάφος της τρέχουσας κυκλοφορίας, με τη χρήση νομογραφημάτων, για τα εύκαμπτα οδοστρώματα
- Προσδιορισμός του κρίσιμου αεροσκάφους, ως αυτό που απαιτεί το μεγαλύτερο πάχος οδοστρώματος (ή πλάκας σκυροδέματος)
- Υπολογισμός της ισοδύναμης κυκλοφορίας, ως προς το κρίσιμο αεροσκάφος, στα εύκαμπτα οδοστρώματα (βάσει συντελεστή αναλογίας, που προκύπτει από τις επιτρεπόμενες διελύσεις των αεροσκαφών για πάχος οδοστρώματος ίσο με το απαιτούμενο από το κρίσιμο αεροσκάφος)
- Αποδοχή της ισοδύναμης κυκλοφορίας όπως υπολογίστηκε με τη μέθοδο της FAA, στα δύσκαμπτα οδοστρώματα (προβλέπεται από τη μέθοδο)
- Υπολογισμός του συντελεστή φορτίου, με τη χρήση κατάλληλου διαγράμματος, για τα δύσκαμπτα οδοστρώματα

- Υπολογισμός των συντελεστών σχεδιασμού, με τη χρήση κατάλληλου διαγράμματος, για τα δύσκαμπτα οδοστρώματα, για τυπική και για εκτεταμένη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος
- Υπολογισμός του μέγιστου επιτρεπόμενου μεικτού βάρους για το κρίσιμο αεροσκάφος, ως λόγου των συντελεστών φορτίου και σχεδιασμού, για τα δύσκαμπτα οδοστρώματα (τυπική και εκτεταμένη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος)
- Αναγωγή του επιπλέον πάχους των στρώσεων του οδοστρώματος, σε επιπλέον ισοδύναμο πάχος της υποκείμενης στρώσης, με τη χρήση συντελεστών
- Υπολογισμός του μέγιστου επιτρεπόμενου μεικτού βάρους, για το κρίσιμο αεροσκάφος, με χρήση νομογραφήματος, για τα εύκαμπτα οδοστρώματα
- Υπολογισμός του PCN, με τη χρήση σχετικών διαγραμμάτων

Η εφαρμογή της ως άνω διαδικασίας, προϋποθέτει τον προσδιορισμό του τύπου της περιοχής κίνησης των αεροσκαφών. Για τα αεροδρόμια του στρατού προβλέπονται έξι κατηγορίες (class I έως class VI). Το αεροδρόμιο που εξετάζεται, σύμφωνα με το εγχειρίδιο [15] είναι κατηγορίας (class) IV, καθώς σύμφωνα με το εγχειρίδιο [16] ο Δ/Π είναι κατηγορίας (class) B (για μεγάλα και βαριά αεροσκάφη όπως αυτά που αναγράφονται σε σχετικό πίνακα του εγχειριδίου, στον οποίο περιλαμβάνονται το C-130, το F-4 και το F-16).

Η κατάταξη στην περίπτωση του νότιου Π/Τ και του κυρίως Δ/Π θα γίνει για περιοχές κίνησης αεροσκαφών τύπου A. Το παραπάνω προκύπτει από την άμεση συσχέτιση των κύριων τροχοδρόμων με περιοχές τύπου A, καθώς και από το γεγονός ότι για αεροδρόμια κατηγορίας class IV τα ακραία 1000 ft του Δ/Π θεωρούνται τύπου A. Παρόλο που το εσωτερικό του εύκαμπτου τμήματος του Δ/Π χαρακτηρίζεται ως τύπου C, το γεγονός ότι ένα τμήμα του είναι τύπου A σε συνδυασμό με το γεγονός ότι για την κατάταξη λαμβάνουμε τη δυσμενέστερη περίπτωση, μας επιτρέπει να κατατάξουμε τελικά τα οδοστρώματα θεωρώντας τα ως τύπου A. Γενικότερα, με τη μέθοδο του Στρατού οι περιοχές κίνησης κατατάσσονται ως A, B ή C σύμφωνα με τα αναγραφόμενα στην TI 825-01/AFM 32-1124(I)/NAVFAC DM 21.10.

Στην περίπτωση που το αεροδρόμιο είναι κατηγορίας IV και το μήκος του Δ/Π μεγαλύτερο ή ίσο των 9000 ft, όπως στην περίπτωση του αεροδρομίου που εξετάζεται, ο σχεδιασμός του γίνεται για τις προβλεπόμενες ισοδύναμες διελεύσεις του C-17, βάρους 263.100 Kg και οι οποίες δε θα είναι λιγότερες από 100.000.

Για αεροδρόμια του Στρατού, κλάσης IV με διάδρομο μήκους μεγαλύτερου ή ίσου των 9.000 ft, για περιοχές κίνησης τύπου A, B και για βάση με CBR=100%, από κατάλληλο πίνακα της μεθόδου σχεδιασμού προκύπτει ότι το ελάχιστο πάχος του ασφαλτικού είναι 4 in ενώ το ελάχιστο πάχος της βάσης είναι 6 in [15].

6.4.2 Διελεύσεις που προσμετρώνται στην κυκλοφορία

Οι διελεύσεις κάθε αεροσκάφους που προσμετρώνται στη συγκεκριμένη μέθοδο, είναι αυτές κατά τις οποίες το αεροσκάφος διασταυρώνει μια νοητή γραμμή, κάθετη στο Δ/Π και σε απόσταση 500 ft από το άκρο του. Οι κινήσεις «touch and go» δε συνυπολογίζονται. Για την περίπτωση του τροχοδρόμου το πλήθος των κινήσεων που προσμετρώνται αφορούν στις κινήσεις αεροσκαφών που γίνονται δια μέσω του κυρίου τροχοδρόμου που συνδέει τον κυρίως Δ/Π με το δάπεδο στάθμευσης. Στην περίπτωση του αεροδρομίου που εξετάζεται, ο παραπάνω αριθμός είναι μηδέν, καθώς ο κυρίως Δ/Π συνδέεται μέσω του ακραίου συνδετήριου τροχοδρόμου με τα δάπεδα στάθμευσης, χωρίς να μεσολαβεί διέλευση από κυρίως τροχόδρομο.

Ωστόσο, λόγω του γεγονότος ότι η προσγείωση και απογείωση των αεροσκαφών γίνεται συνήθως προς τη μια κατεύθυνση, η χρήση του τροχοδρόμου καθίσταται «υποχρεωτική» και ως εκ τούτου το πλήθος των διελεύσεων ταυτίζεται με αυτό του κυρίως Δ/Π. Επιπλέον, στην παρούσα φάση ανακατασκευής του κυρίως Δ/Π και μέχρι την παραλαβή του υπόψη έργου, ο νότιος Π/Τ χρησιμοποιείται ως Δ/Π και ως εκ τούτου επιβαρύνεται από το σύνολο της κυκλοφορίας του αεροδρομίου [15].

6.4.3 Κρίσιμο αεροσκάφος

Η κατάταξη του οδοστρώματος γίνεται με βάση το μέγιστο επιτρεπόμενο μεικτό βάρος του κρίσιμου αεροσκάφους, για χρονική περίοδο 20 ετών και για πλήθος ισοδύναμων διελεύσεων όπως προκύπτουν με βάση την τρέχουσα σύνθεση κυκλοφορίας. Ως κρίσιμο αεροσκάφος λογίζεται αυτό που απαιτεί το μεγαλύτερο πάχος οδοστρώματος για την προβλεπόμενη κυκλοφορία αεροσκαφών [14]. Ειδικότερα για την περίπτωση που εξετάζεται, κρίσιμο αεροσκάφος είναι το C-130 για την κεντρική κυκλοφορία και το F-4 για την παράπλευρη.

6.4.4 Ισοδύναμες διελεύσεις

Για τον υπολογισμό των ισοδύναμων διελεύσεων η μέθοδος επιτρέπει να χρησιμοποιηθούν συντελεστές μετατροπής από άλλες μεθόδους, ενώ είναι δυνατή και η εφαρμογή της διαδικασίας που λαμβάνει χώρα κατά το σχεδιασμό, όπου υπολογίζεται το πάχος του οδοστρώματος που απαιτεί το κάθε αεροσκάφος, εντοπίζεται το μέγιστο από τα παραπάνω πάχη και υπολογίζονται οι επιτρεπόμενες διελεύσεις κάθε αεροσκάφους για το πάχος αυτό. Στη συνέχεια με διαίρεση των επιτρεπόμενων διελεύσεων που έχουν υπολογιστεί για κάθε αεροσκάφος, με το πλήθος των διελεύσεων του κρίσιμου αεροσκάφους, προκύπτει ένας συντελεστής αναγωγής των πραγματικών διελεύσεων για κάθε αεροσκάφος. Ο συντελεστής αυτός διαιρεί τις πραγματικές κινήσεις κάθε αεροσκάφους και με άθροιση των αποτελεσμάτων προκύπτει το πλήθος των ισοδύναμων διελεύσεων.

Η χρήση της παραπάνω μεθόδου δεν οδηγεί σε αποτελέσματα μεγάλης ακρίβειας καθώς οι καμπύλες των διαγραμμάτων από τις οποίες υπολογίζονται οι διελεύσεις των αεροσκαφών είναι σχετικά κοντά μεταξύ τους και χωρίς να ακολουθούν γραμμική σχέση. Για το λόγο αυτό η υπόψη μέθοδος εφαρμόστηκε μόνο στα εύκαμπτα τμήματα των οδοστρωμάτων που εξετάζονται, ενώ στα δύσκαμπτα χρησιμοποιήθηκε η διαδικασία αναγωγής της μεθόδου της FAA. Στη συνέχεια, φαίνονται οι σχετικοί πίνακες υπολογισμού.

Πίνακας 6.11: Ισοδύναμες διελεύσεις για την κεντρική κίνηση του εύκαμπτου τμήματος του κυρίως Δ/Π

A/Φ	Μεικτό βάρος αεροσκάφους (KIPS)	Διελεύσεις/ Έτος	Διελεύσεις (20 έτη)	Απαιτούμενο πάχος οδοστρώματος (in)	Επιτρεπόμενες διελεύσεις σε πάχος οδοστρώματος ίσο με το μέγιστο απαιτούμενο	Αναγωγή στη μονάδα των διελεύσεων του κρίσιμου αεροσκάφους	Ισοδύναμες Διελεύσεις
F-16	37,5	460	9.200	16,6	Απεριόριστες	-	-
F-4	58,0	230	4.600	19	320.000	45,71	100,6
C-130	175,0	350	7.000	28,5	7.000	1,00	7.000,0
Embraer EMB-145H	51,6	52	1.040	13	Απεριόριστες	-	-
C-27	61,7	35	700	11,5	Απεριόριστες	-	-
M-2000	32,0	20	400	9,8	Απεριόριστες	-	-
A-7	42,0	5	100	9	Απεριόριστες	-	-
							7.101

Πίνακας 6.12 Ισοδύναμες διελεύσεις για την κεντρική κίνηση του εύκαμπτου τμήματος του νότιου Π/Τ

A/Φ	Μεικτό βάρος αεροσκάφους (KIPS)	Διελεύσεις/ Έτος	Διελεύσεις (20 έτη)	Απαιτούμενο πάχος οδοστρώματος (in)	Επιτρεπόμενες διελεύσεις σε πάχος οδοστρώματος ίσο με το μέγιστο απαιτούμενο	Αναγωγή στη μονάδα των διελεύσεων του κρίσιμου αεροσκάφους	Ισοδύναμες Διελεύσεις
F-16	37,5	4.600	92.000	14,2	Απεριόριστες	-	-
F-4	58,0	2.300	46.000	14,3	280.000	40,00	1.150,0
C-130	175,0	350	7.000	19,7	7.000	1,00	7.000,0
Embraer EMB-145H	51,6	52	1.040	8,3	Απεριόριστες	-	-
C-27	61,7	35	700	6,5	Απεριόριστες	-	-
M-2000	32,0	20	400	6,8	Απεριόριστες	-	-
A-7	42,0	5	100	6,5	Απεριόριστες	-	-
							8.150

Πίνακας 6.13: Ισοδύναμες διελεύσεις για την παράπλευρη κίνηση του εύκαμπτου τμήματος του κυρίως Δ/Π

A/Φ	Μεικτό βάρος αεροσκάφους (KIPS)	Διελεύσεις/ Έτος	Διελεύσεις (20 έτη)	Απαιτούμενο πάχος οδοστρώματος (in)	Επιτρεπόμενες διελεύσεις σε πάχος οδοστρώματος ίσο με το μέγιστο απαιτούμενο	Αναγωγή στη μονάδα των διελεύσεων του κρίσιμου αεροσκάφους	Ισοδύναμες Διελεύσεις
F-16	37,5	2.070	41.400	18,3	320.000	15,46	2.678,1
F-4	58,0	1.035	20.700	22,5	20.700	1,00	20.700,0
							23.378

Πίνακας 6.14 Ισοδύναμες διελεύσεις για την παράπλευρη κίνηση του εύκαμπτου τμήματος του νότιου Π/Τ

A/Φ	Μεικτό βάρος αεροσκάφους (KIPS)	Διελεύσεις/ Έτος	Διελεύσεις (20 έτη)	Απαιτούμενο πάχος οδοστρώματος (in)	Επιτρεπόμενες διελεύσεις σε πάχος οδοστρώματος ίσο με το μέγιστο απαιτούμενο	Αναγωγή στη μονάδα των διελεύσεων του κρίσιμου αεροσκάφους	Ισοδύναμες Διελεύσεις
F-16	37,5	2.070	41.400	13,5	350.000	16,91	2.448,5
F-4	58,0	1.035	20.700	16,3	20.700	1,00	20.700,0
							23.149

6.4.5 Μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο

Με εφαρμογή των κατάλληλων διαγραμμάτων της μεθόδου, τα οποία περιλαμβάνονται στο παράρτημα, για την ισοδύναμη κυκλοφορία που έχει υπολογιστεί, είναι δυνατός ο υπολογισμός του μέγιστου μεικτού βάρους του κρίσιμου αεροσκάφους. Σημειώνεται ότι για την περίπτωση των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων ο υπολογισμός οφείλει να γίνει με χρήση των κριτηρίων - διαγραμμάτων της τυπικής αξιολόγησης αλλά και των κριτηρίων για εκτεταμένη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος.

Πίνακας 6.15: Υπολογισμός MGW, κρίσιμου αεροσκάφους, σε εύκαμπτα οδοστρώματα

	Κυρίως Δ/Π		Νότιος Π/Τ	
	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο
	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία
Συνολικό πάχος οδοστρώματος (in)	60	52	70	65
Συνολικό πάχος οδοστρώματος (mm)	1.524,0	1.320,8	1.778,0	1.651,0
CBR εδάφους	4,74	4,74	8,8	8,8
Κατηγορία εδάφους	C	C	B	B
Τύπος Α/Δ για στρατό	IV	IV	IV	IV
Περιοχή κίνησης αεροσκαφών (τύπος)	A	A	A	A
Μήκος (ft)	>9.000	>9.000	>9.000	>9.000
Πάχος ασφαλτικού (mm)	120	120	120	120
CBR βάσης	100	100	100	100
Ελάχιστο πάχος ασφαλτικού (mm)	101,6	101,6	101,6	101,6
Ασφαλτικό που περισσεύει (mm)	18,4	18,4	18,4	18,4
Συντελεστής μετατροπής επιπλέον ασφαλτικού σε υπόβαση [15]	2,3	2,3	2,3	2,3
Επιπλέον πάχος υπόβασης λόγω ασφαλτικού (mm)	42,32	42,32	42,32	42,32
Πάχος βάσης (mm)	280	280	280	280
Ελάχιστο πάχος βάσης (mm)	152,4	152,4	152,4	152,4
Βάση που περισσεύει (mm)	127,6	127,6	127,6	127,6
Συντελεστής μετατροπής επιπλέον βάσης σε υπόβαση [15]	2	2	2	2
Επιπλέον πάχος υπόβασης λόγω βάσης (mm)	255,2	255,2	255,2	255,2
Συνολικό επιπλέον πάχος υπόβασης (mm)	297,52	297,52	297,52	297,52
Πάχος υπόβασης (mm)	1.124,0	920,8	1.378,0	1.251,0
Τελικό προσαυξημένο πάχος υπόβασης (mm)	1.421,5	1.218,3	1.675,5	1.548,5
Τελικό προσαυξημένο πάχος οδοστρώματος (in)	66,0	58,0	76,0	71,0
Κρίσιμο αεροσκάφος	C-130	F-4	C-130	F-4
Ισοδύναμες διελεύσεις κρίσιμου αεροσκάφους	7.101	23.378	8.150	23.149
Μέγιστο επιτρεπόμενο μεικτό βάρος αεροσκάφους (KIPS)	393	241	525	327

Πίνακας 6.16: Υπολογισμός MGW, κρίσιμου αεροσκάφους, σε δύσκαμπτα οδοστρώματα (τυπική διάρκεια ζωής)

	Κυρίως Δ/Π		Νότιος Π/Τ	
	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο
	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία
Τύπος Α/Δ για στρατό	IV	IV	IV	IV
Περιοχή κίνησης αεροσκαφών (τύπος)	A	A	A	A
Μήκος (ft)	>9.000	>9.000	>9.000	>9.000
Κρίσιμο Αεροσκάφος	C-130	F-4	C-130	F-4
Καμπτική αντοχή σκυροδέματος (psi)	754,2	754,2	754,2	754,2
Πάχος σκυροδέματος (in)	15,75	15,75	15,75	15,75
K_{ed} (pci)	105,5	105,5	184,5	184,5
Κατηγορία εδάφους	C	C	C	C
K_{eff} (pci)	565,8	505,6	580,2	578,0
K_{eff} (MN/m ³)	153,3	137,0	157,2	156,6
Άνω όριο K (pci)	500,0	500,0	500,0	500,0
Ισοδύναμες διελεύσεις αεροσκάφους	8.553	29.976	14.082	29.976
Συνολικό πάχος οδοστρώματος (in)	55	47	70	65
Συντελεστής φορτίου	486,0	176,0	486,0	176,0
Συντελεστής σχεδιασμού τυπικής διάρκειας ζωής οδοστρώματος	1,025	1,080	1,075	1,080
Μέγιστο επιτρεπόμενο μεικτό βάρος αεροσκάφους (KIPS)	474	163	452	163

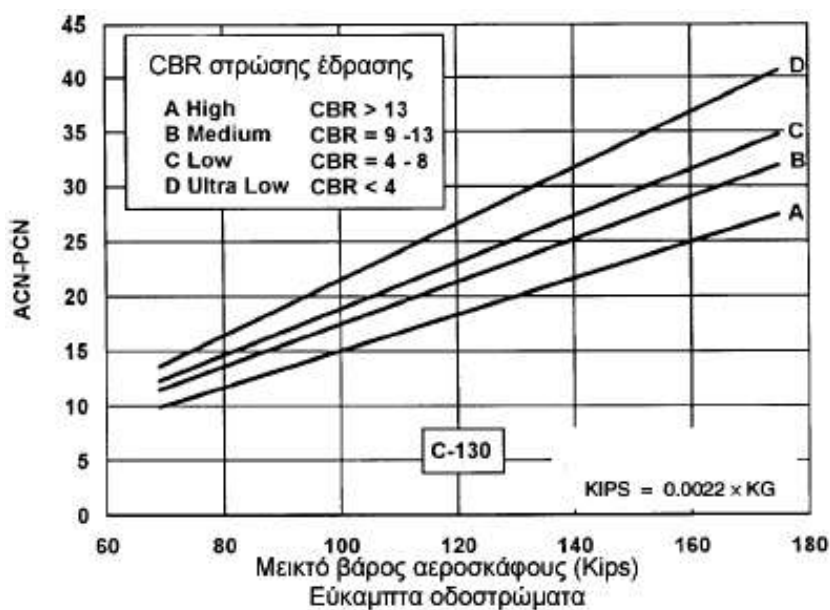
Πίνακας 6.17: Υπολογισμός μέγιστου επιτρεπόμενου μεικτού βάρους, κρίσιμου αεροσκάφους, σε δύσκαμπτα οδοστρώματα (εκτεταμένη διάρκεια ζωής)

	Κυρίως Δ/Π		Νότιος Π/Τ	
	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο
	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία
Τύπος Α/Δ για στρατό	IV	IV	IV	IV
Περιοχή κίνησης αεροσκαφών (τύπος)	A	A	A	A
Μήκος (ft)	>9.000	>9.000	>9.000	>9.000
Κρίσιμο Αεροσκάφος	C-130	F-4	C-130	F-4
Καμπτική αντοχή σκυροδέματος (psi)	754,2	754,2	754,2	754,2

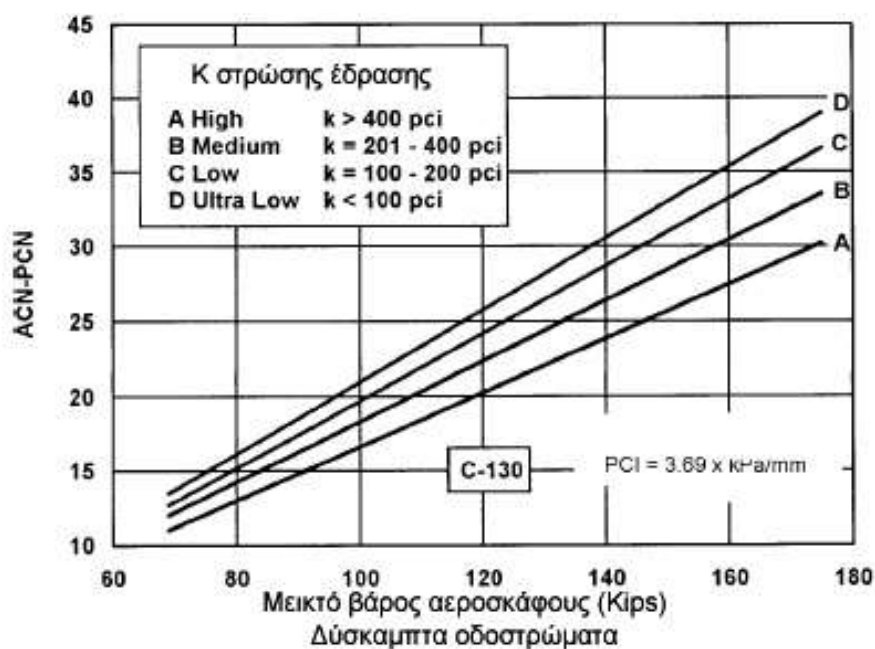
	Κυρίως Δ/Π		Νότιος Π/Τ	
	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο
	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία
Πάχος σκυροδέματος (in)	15,75	15,75	15,75	15,75
$K_{εδ.}$ (pci)	105,5	105,5	184,5	184,5
Κατηγορία εδάφους	C	C	C	C
K_{eff} (pci)	565,8	505,6	580,2	578,0
K_{eff} (MN/m ³)	153,3	137,0	157,2	156,6
Άνω όριο K (pci)	500,0	500,0	500,0	500,0
Ισοδύναμες διειλεύσεις αεροσκάφους	8.553	29.976	14.082	29.976
Συνολικό πάχος οδοστρώματος (in)	55	47	70	65
Συντελεστής φορτίου	486,0	176,0	486,0	176,0
Συντελεστής σχεδιασμού εκτεταμένης διάρκειας ζωής οδοστρώματος	0,714	0,759	0,764	0,759
Μέγιστο επιτρεπόμενο μεικτό βάρος αεροσκάφους (KIPS)	681	232	636	232

6.4.6 Υπολογισμός της αριθμητικής τιμής του PCN

Μετά από τον υπολογισμό του μέγιστου μεικτού βάρους του κρίσιμου αεροσκάφους, είναι δυνατός ο υπολογισμός της αντίστοιχης αριθμητικής τιμής του PCN. Ο υπολογισμός της γίνεται λαμβάνοντας υπόψη το προαναφερόμενο βάρος, σε συνδυασμό με την κατηγορία του εδάφους και χρήση κατάλληλων διαγραμμάτων.



Σχήμα 6.6: Υπολογισμός PCN με τη μέθοδο του Στρατού - Εύκαμπτα οδοστρώματα [14]



Σχήμα 6.7: Υπολογισμός PCN με τη μέθοδο του Στρατού - Δύσκαμπτα οδοστρώματα [14]

Ενδεικτικά, για την περίπτωση που το C-130 είναι το κρίσιμο αεροσκάφος, ισχύουν τα σχήματα 6.6 και 6.7. Με χρήση των αντίστοιχων για το F-4, γίνεται ο υπολογισμός του PCN, όπως φαίνεται στους πίνακες 6.18-6.20.

Πίνακας 6.18: Υπολογισμός PCN σε εύκαμπτα οδοστρώματα

	Κυρίως Δ/Π		Νότιος Π/Τ	
	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο
	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία
Μέγιστο επιτρεπόμενο μεικτό βάρος αεροσκάφους (KIPS)	393	241	525	327
PCN	81	106	103	145

Πίνακας 6.19: Υπολογισμός PCN σε δύσκαμπτα οδοστρώματα (τυπική διάρκεια ζωής)

	Κυρίως Δ/Π		Νότιος Π/Τ	
	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο
	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία
Μέγιστο επιτρεπόμενο μεικτό βάρος αεροσκάφους (KIPS)	474	163	452	163
PCN τυπικής αξιολόγησης	106	75	101	75

Πίνακας 6.20: Υπολογισμός PCN σε δύσκαμπτα οδοστρώματα (εκτεταμένη διάρκεια ζωής)

	Κυρίως Δ/Π		Νότιος Π/Τ	
	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο
	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία
Μέγιστο επιτρεπόμενο μεικτό βάρος αεροσκάφους (KIPS)	681	232	636	232
PCN εκτεταμένης διάρκειας ζωής	153	106	143	106

6.4.7 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα υπολογισμού του PCN με τη μέθοδο του Στρατού συνοψίζονται στους πίνακες που ακολουθούν:

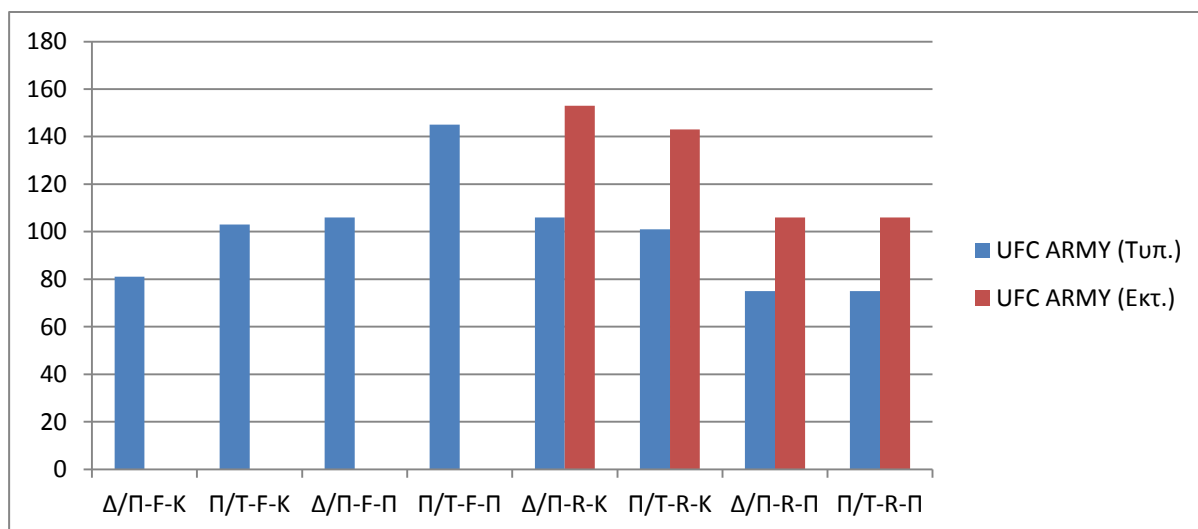
Πίνακας 6.21: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα μεθόδου Στρατού (κριτήρια τυπικής αξιολόγησης)

Οδόστρωμα	Είδος οδοστρώματος	Λόγω κίνησης	Κρίσιμο Α/Φ	PCN
Δ/Π	Εύκαμπτο	Κεντρικής	C-130	81/F/C/W/T
Δ/Π	Εύκαμπτο	Παράπλευρης	F-4	106/F/C/W/T
Δ/Π	Δύσκαμπτο	Κεντρικής	C-130	106/R/C/W/T
Δ/Π	Δύσκαμπτο	Παράπλευρης	F-4	75/R/C/W/T
Νότιος Π/Τ	Εύκαμπτο	Κεντρικής	C-130	103/F/B/W/T
Νότιος Π/Τ	Εύκαμπτο	Παράπλευρης	F-4	145/F/B/W/T
Νότιος Π/Τ	Δύσκαμπτο	Κεντρικής	C-130	101/R/C/W/T
Νότιος Π/Τ	Δύσκαμπτο	Παράπλευρης	F-4	75/R/C/W/T

Πίνακας 6.22: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα μεθόδου Στρατού (κριτήρια εκτεταμένης διάρκειας ζωής)

Οδόστρωμα	Είδος οδοστρώματος	Λόγω κίνησης	Κρίσιμο Α/Φ	PCN
Δ/Π	Εύκαμπτο	Κεντρικής	C-130	-
Δ/Π	Εύκαμπτο	Παράπλευρης	F-4	-
Δ/Π	Δύσκαμπτο	Κεντρικής	C-130	153/R/C/W/T
Δ/Π	Δύσκαμπτο	Παράπλευρης	F-4	106/R/C/W/T
Νότιος Π/Τ	Εύκαμπτο	Κεντρικής	C-130	-
Νότιος Π/Τ	Εύκαμπτο	Παράπλευρης	F-4	-
Νότιος Π/Τ	Δύσκαμπτο	Κεντρικής	C-130	143/R/C/W/T
Νότιος Π/Τ	Δύσκαμπτο	Παράπλευρης	F-4	106/R/C/W/T

Τα παραπάνω αποτελέσματα, απεικονίζονται στο σχήμα 6.8.



Σχήμα 6.8: Αριθμητική τιμή PCN (Μέθοδος UFC ARMY)

6.5 Κατάταξη με τη Μέθοδο του Ναυτικού (Navy & Marine Corps)

6.5.1 Γενικά - Περιοχές κίνησης αεροσκαφών

Η διαδικασία υπολογισμού του PCN με τη μέθοδο του ναυτικού, συνοψίζεται ως ακολούθως.

- Υπολογισμός και αναγωγή του δείκτη K του εδάφους σε κάθε θέση, όπως στη μέθοδο της Αεροπορίας
- Υπολογισμός της ισοδύναμης κυκλοφορίας, ως προς το κρίσιμο αεροσκάφος των γκρουπ 1, 2 και 3 (F-14, P-3 και C-130 αντίστοιχα), με τη διαδικασία της μεθόδου της FAA
- Υπολογισμός του μέγιστου επιτρεπόμενου μεικτού βάρους για το κρίσιμο αεροσκάφος των γκρουπ 1, 2 και 3, με την εφαρμογή νομογραφημάτων
- Υπολογισμός του PCN για τα γκρουπ 1,2 και 3, με τη χρήση σχετικών διαγραμμάτων
- Επιλογή του μέγιστου PCN, ως FLIP PCN, το οποίο και δημοσιεύεται

Για τη διαστασιολόγηση οδοστρωμάτων αεροδρομίων του ναυτικού, οι διάφορες περιοχές κίνησης των αεροσκαφών χωρίζονται σε πρωτεύουσες, δευτερεύουσες και υποστήριξης σύμφωνα με τα αναγραφόμενα στο MIL-HDBK-1021/2 ή σε A, B ή C όπως στα αεροδρόμια του Στρατού. Οι πρωτεύουσες περιοχές κίνησης αντιστοιχούν σε περιοχές τύπου B, σύμφωνα με τα πρότυπα της αεροπορίας, ενώ οι δευτερεύουσες σε περιοχές τύπου C. Στην περίπτωση του αεροδρομίου που εξετάζεται, τόσο για το νότιο Π/Τ όσο και για τον κυρίως Δ/Π πρόκειται για πρωτεύουσες περιοχές κίνησης.

Για αεροδρόμια του Ναυτικού, για αεροσκάφη μεικτού βάρους μεγαλύτερου των 13.600 Kg και για κάθε πίεση αεροθαλάμων τροχών, το ελάχιστο πάχος ασφαλικού, όπως προκύπτει από σχετικό πίνακα της μεθόδου σχεδιασμού, είναι 102 mm (4 in), ενώ της βάσης 203 mm (8 in) [15].

Για τον υπολογισμό των ισοδύναμων διελεύσεων με τη μέθοδο του Ναυτικού, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν ως βάρη των αεροσκαφών τα μέγιστα βάρη απογείωσης και προσγείωσης ειρηνικής περιόδου που αναγράφονται στο εγχειρίδιο Army ETL 1110-3-394. Επίσης, επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν τα μέγιστα βάρη πολεμικής περιόδου, χωρίς ωστόσο να είναι πιθανό κάτι τέτοιο ακόμη και σε περίοδο πολέμου. Εάν το επιθυμεί ο αναλυτής, είναι δυνατή η χρήση πιο ρεαλιστικών στοιχείων, με στατιστική επεξεργασία πραγματικών μετρήσεων, οπότε σε αυτή την περίπτωση από τη μέθοδο προτείνεται η χρήση των μέσων όρων συν μια τυπική απόκλιση [15]. Στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιηθούν τα βάρη των αεροσκαφών που χρησιμοποιήθηκαν και στις άλλες μεθόδους προκειμένου να καταστεί εφικτή η σύγκριση των επιμέρους μεθόδων κατάταξης.

Για τον ίδιο με τον παραπάνω λόγο η προβλεπόμενη διάρκεια εφαρμογής της κυκλοφορίας στα οδοστρώματα επιλέγεται να είναι 20 έτη. Άλλωστε τα διαγράμματα εφαρμόζονται ήδη πέραν των ορίων τους λόγω της μικρής προβλεπόμενης κυκλοφορίας και του μεγάλου πάχους των οδοστρωμάτων, οπότε μια περαιτέρω μείωση της κυκλοφορίας στο μισό θα προκαλούσε επιπρόσθετη μείωση της ακρίβειας εφαρμογής τους. Σε κάθε

περίπτωση το μόνο ασφαλές συμπέρασμα που θα μπορούσε να προκύψει από τη χρήση διαφορετικής κυκλοφορίας, σε σχέση με τις άλλες μεθόδους, θα ήταν ότι η διαφορετική τιμή του PCN οφείλεται στη μικρότερη επιβάρυνση του οδοστρώματος, γεγονός που θα μείωνε την αξία της σύγκρισης που γίνεται στην παρούσα εργασία.

6.5.2 Ομαδοποίηση αεροσκαφών

Τα αεροσκάφη που χρησιμοποιούν το αεροδρόμιο είναι δυνατό να ομαδοποιηθούν σε 5 γκρουπ, καθένα από τα οποία αντιπροσωπεύεται από το αεροσκάφος που αναγράφεται πρώτο. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης εκφράζονται για το σύνολο των 5 γκρουπ ή για ένα υποσύνολο των 5 γκρουπ το οποίο περιλαμβάνει την πραγματική κυκλοφορία των αεροσκαφών στο αεροδρόμιο. Τα γκρουπ φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 6.23: Γκρουπ αεροσκαφών μεθόδου Ναυτικού [14]

Απλός τροχός	Ζεύγος τροχών	Διπλοί εν σειρά τροχοί	Διπλό εν σειρά ζεύγος τροχών	Διπλή εν σειρά διάταξη Δ τροχών
F-14 ¹	P-3 ¹	C-130 ¹	C-141 ¹	C-5A ¹
C-23	C-119		KC-135	
F-4E	C-124		DC-8	
F-8E	C-131		DC-10-10	
F-15	UH-46		DC-10-10CF	
F/A-18	DC-9		L-1011	
F-111	CH-53		B-707	
T-1	CH-54		B-757	
T-2C	B-727		B-767	
T-39A	B-737		E-3A	
A-3B	T-43		E-6A	
A-4M	C-7			
A-5	C-9B			
A-6E	C-118A			
A-7K	C-121			
P-2	C-140			
RA-5	C-22			
S-3A				
E-2C				
T-28D				
C-117				
T-34				
T-45				

Με τη μέθοδο του Ναυτικού είναι δυνατός ο υπολογισμός δύο ειδών PCN. Το κρίσιμο PCN σχεδιασμού²⁷ και το FLIP²⁸ PCN. Το πρώτο υπολογίζεται για το γκρουπ που περιλαμβάνει το κρίσιμο αεροσκάφος και σχετίζεται με την κατασκευή χρωματικών χαρτών οι οποίοι αποτελούν και το μέσο για την επιβολή ορίων βάρους για κάθε γκρουπ, προκειμένου να διασφαλιστεί η 10-ετής διάρκεια ζωής του οδοστρώματος. Ως κρίσιμο αεροσκάφος ορίζεται αυτό που απαιτεί το μεγαλύτερο πάχος οδοστρώματος, όπως και στη μέθοδο της FAA. Το δεύτερο δημοσιεύεται στο FLIP και προκειμένου να είναι δυνατή η εξυπηρέτηση της καθημερινής κυκλοφορίας στο αεροδρόμιο, ενώ ταυτόχρονα να προστατεύεται και το οδόστρωμα, επιλέγεται να είναι το μέγιστο από αυτά που έχουν υπολογιστεί για τα γκρουπ που σχετίζονται με την τρέχουσα και την προβλεπόμενη κίνηση αεροσκαφών στο αεροδρόμιο [14].

6.5.3 Ισοδύναμες διελεύσεις

Για την κατάταξη των οδοστρωμάτων με τη συγκεκριμένη μέθοδο και για τους λόγους που προαναφέρθηκαν υπολογίζονται οι ισοδύναμες διελεύσεις για 20 έτη. Οι ισοδύναμες διελεύσεις υπολογίζονται για το αντιπροσωπευτικό αεροσκάφος καθενός από τα γκρουπ, των οποίων η διαμόρφωση τροχών σχετίζεται με αυτή της τρέχουσας και προβλεπόμενης σύνθεσης κυκλοφορίας.

Πίνακας 6.24: Ισοδύναμες διελεύσεις για γκρουπ 1, κεντρική κίνηση, κυρίως Δ/Π

A/Φ	Μέγιστο φορτίο (lbs)	Traffic Cycle (TC)	TC για 20 έτη	Συντελεστής διάταξης τροχών	Ισοδύναμοι TC λαμβάνοντας υπόψη τον συντελ. διάταξης τροχών (R_2)	Φορτίο απλού τροχού W_2 (lbs)	Λόγος φορτίων τροχών $(W_2/W_1)^{1/2}$	Ισοδύναμοι TC με κρίσιμο A/Φ (R_1)
F-16	37.500	460	9.200	1	460	16.875,0	0,75	98,4
F-4	58.000	230	4.600	1	230	26.100,0	0,93	157,8
C-130 τροπ.	87.500	700	14.000	1	700	41.562,5	1,17	2.195,9
Embraer EMB-145H	51.588	52	1.040	1,25	65	12.252,2	0,64	14,3
C-27 τροπ.	30.865	70	1.400	1	70	14.815,2	0,70	19,7
M-2000	31.967	20	400	1	20	14.385,2	0,69	7,9
A-7	42.000	5	100	1	5	19.950,0	0,81	3,7
F-14	72.600	0	0	1	0	30.129,0	1,00	0,0
Άθροισμα:								2.498
σε 20 έτη:								49.954

²⁷ Design critical PCN

²⁸ Flight Information Publication

Στην περίπτωση του αεροδρομίου που εξετάζεται, τα γκρουπ που ενδιαφέρουν είναι τα τρία πρώτα, δηλαδή για απλούς τροχούς, ζεύγος τροχών και διπλούς εν σειρά τροχούς. Στους πίνακες 6.24 και 6.25 φαίνεται ο τρόπος υπολογισμού των ισοδύναμων διελεύσεων, ενδεικτικά μόνο για τον κυρίως Δ/Π και για το πρώτο γκρουπ. Όμοια έχουν υπολογιστεί οι ισοδύναμες διελεύσεις για το νότιο Π/Τ και για τα υπόλοιπα γκρουπ.

Πίνακας 6.25: Ισοδύναμες διελεύσεις για γκρουπ 1, παράπλευρη κίνηση, κυρίως Δ/Π

Α/Φ	Μέγιστο φορτίο (lbs)	Traffic Cycle (TC)	TC για 20 έτη	Συντελεστής διάταξης τροχών	Ισοδύναμοι TC λαμβάνοντας υπόψη τον συντελ. διάταξης τροχών (R_2)	Φορτίο απλού τροχού W_2 (lbs)	Λόγος φορτίων τροχών $(W_2/W_1)^{1/2}$	Ισοδύναμοι TC με κρίσιμο Α/Φ (R_1)
F-16	37.500	2.070	41.400	1	2.070	16.875,0	0,75	303,1
F-4	58.000	1.035	20.700	1	1.035	26.100,0	0,93	639,9
F-14	72.600	0	0	1	0	30.129,0	1,00	0,0
Άθροισμα:								943
σε 20 έτη:								18.861

6.5.4 Μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο

Τα διαγράμματα υπολογισμού των μέγιστων επιτρεπόμενων φορτίων για αεροσκάφη που ανήκουν στα γκρουπ που προαναφέρθηκαν, καθώς και τα ανάλογα διαγράμματα με τα οποία υπολογίζεται στη συνέχεια το PCN είναι διαθέσιμα στο παράρτημα του παρόντος κεφαλαίου.

Πίνακας 6.26: Επιτρεπόμενο μεικτό βάρος κρίσιμου αεροσκάφους για γκρουπ 1, εύκαμπτα οδοστρώματα

	Κυρίως Δ/Π		Νότιος Π/Τ	
	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο
	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία
Γκρουπ	1	1	1	1
Χαρακτηριστικό αεροσκάφος	F-14	F-14	F-14	F-14
Περιοχή κίνησης αεροσκαφών (τύπος)	Πρωτεύουσα	Πρωτεύουσα	Πρωτεύουσα	Πρωτεύουσα
Συνολικό πάχος οδοστρώματος (in)	60	52	70	65
Ισοδύναμες διελεύσεις αεροσκάφους	49.954	18.861	82.761	18.861
CBR εδάφους	4,74	4,74	8,8	8,8
Κατηγορία εδάφους	C	C	B	B
Μέγιστο επιτρεπόμενο μεικτό βάρος αεροσκάφους (KIPS)	232,5	200	376	380

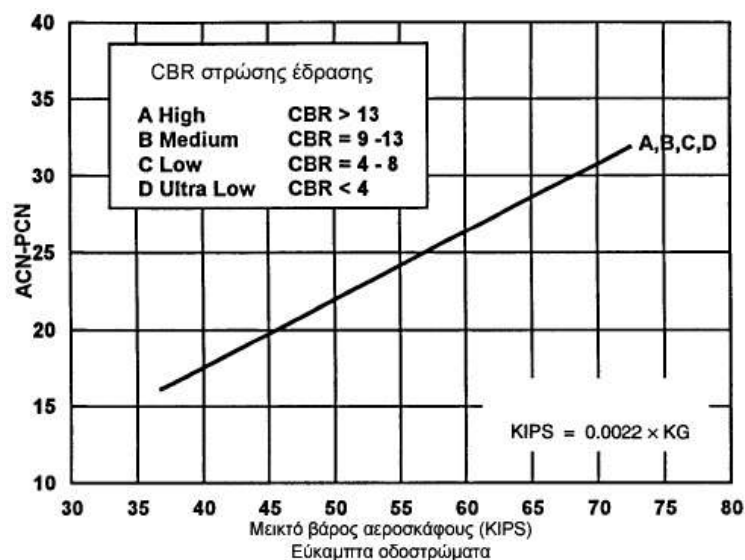
Στον πίνακα 6.26 υπολογίζεται το μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο του κρίσιμου αεροσκάφους, ενδεικτικά για το γκρουπ 1 (F-14). Όμοια, έχουν γίνει οι υπολογισμοί και για τα γκρουπ 2 και 3 (P-3, C-130). Στη συγκεκριμένη μέθοδο, σύμφωνα με το [15], δε γίνεται προσαύξηση του πάχους του οδοστρώματος, καθώς οι εν λόγω συντελεστές μετατροπής αφορούν μόνο σταθεροποιημένες βάσεις και υποβάσεις.

Πίνακας 6.27: Επιτρεπόμενο μεικτό βάρος κρίσιμου αεροσκάφους για γκρουπ 1, δύσκαμπτα οδοστρώματα

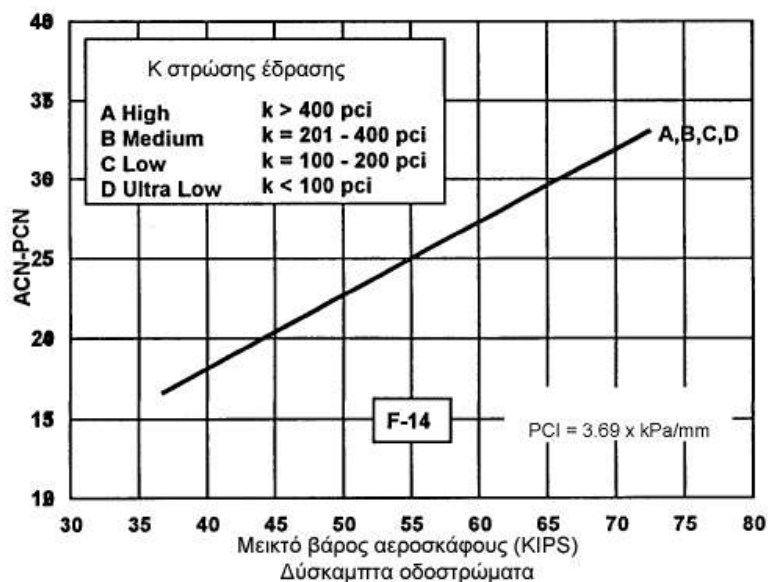
	Κυρίως Δ/Π		Νότιος Π/Τ	
	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο
	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία
Γκρουπ	1	1	1	1
Χαρακτηριστικό αεροσκάφος	F-14	F-14	F-14	F-14
Καμπτική αντοχή σκυροδέματος (psi)	754,2	754,2	754,2	754,2
Πάχος σκυροδέματος (in)	15,75	15,75	15,75	15,75
K_{ed} (pci)	105,5	105,5	184,5	184,5
Κατηγορία εδάφους	C	C	C	C
K_{eff} (pci)	565,8	505,6	580,2	578,0
K_{eff} (MN/m ³)	153,3	137,0	157,2	156,6
Άνω όριο K (pci)	500,0	500,0	500,0	500,0
Ισοδύναμες διελεύσεις αεροσκάφους	49.954	18.861	82.761	18.861
Συνολικό πάχος οδοστρώματος (in)	55	47	70	65
Περιοχή κίνησης αεροσκαφών (τύπος)	Πρωτεύουσα	Πρωτεύουσα	Πρωτεύουσα	Πρωτεύουσα
Μέγιστο επιτρεπόμενο μεικτό βάρος αεροσκάφους (KIPS)	125	126	124	126

6.5.5 Υπολογισμός της αριθμητικής τιμής του PCN

Ο υπολογισμός της αριθμητικής τιμής του PCN, γίνεται με χρήση των σχημάτων 6.9 και 6.10, εισάγοντας ως στοιχεία το μέγιστο επιτρεπόμενο μεικτό βάρος του αεροσκάφους, που έχει υπολογιστεί παραπάνω και την κατηγορία της στρώσης έδρασης.



Σχήμα 6.9: Υπολογισμός PCN με τη μέθοδο του Ναυτικού - Εύκαμπτα οδοστρώματα - Γκρουπ 1 [14]



Σχήμα 6.10: Υπολογισμός PCN με τη μέθοδο του Ναυτικού - Δύσκαμπτα οδοστρώματα - Γκρουπ 1 [14]

Με εφαρμογή των διαγραμμάτων 6.9, 6.10, προκύπτουν οι πίνακες 6.28, 6.29 για το γκρουπ 1 (F-14).

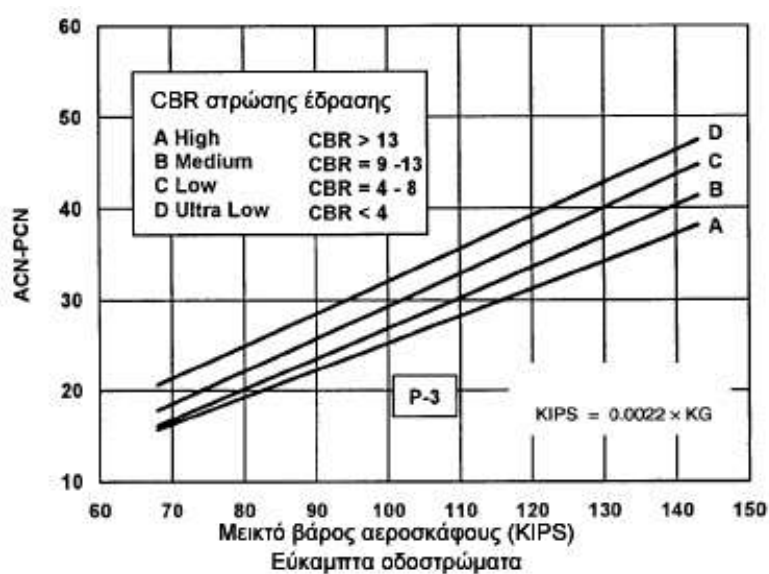
Πίνακας 6.28: Υπολογισμός PCN σε εύκαμπτα οδοστρώματα, για γκρουπ 1

	Κυρίως Δ/Π		Νότιος Π/Τ	
	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο
	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία
Μέγιστο επιτρεπόμενο μεικτό βάρος αεροσκάφους (KIPS)	232,5	200	376	380
PCN 1	113	89	187	189

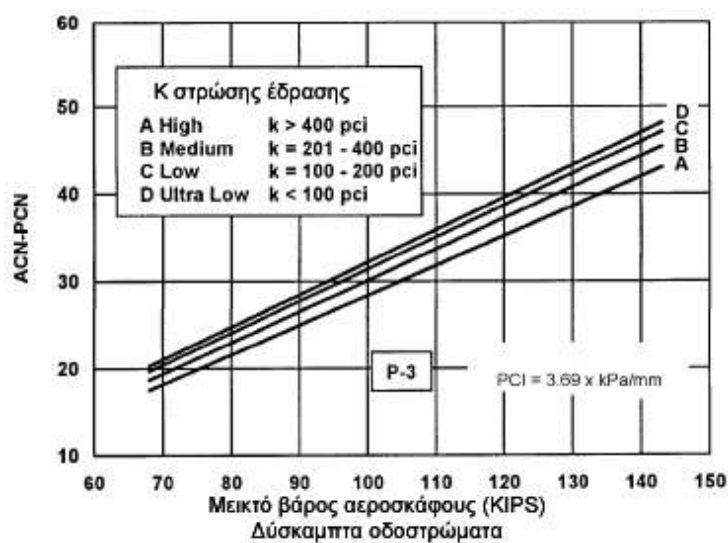
Πίνακας 6.29: Υπολογισμός PCN σε δύσκαμπτα οδοστρώματα, για γκρουπ 1

	Κυρίως Δ/Π		Νότιος Π/Τ	
	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο
	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία
Μέγιστο επιτρεπόμενο μεικτό βάρος αεροσκάφους (KIPS)	125	126	124	126
PCN 1	57	58	56	58

Ομοίως, για το γκρουπ 2 (P-3) ισχύουν τα σχήματα 6.11 και 6.12.



Σχήμα 6.11: Υπολογισμός PCN με μέθοδο του Ναυτικού - Εύκαμπτα οδοστρώματα - Γκρουπ 2 [14]



Σχήμα 6.12: Υπολογισμός PCN με μέθοδο του Ναυτικού - Δύσκαμπτα οδοστρώματα - Γκρουπ 2 [14]

Με εφαρμογή των διαγραμμάτων των σχημάτων 6.11 και 6.12 προκύπτουν οι πίνακες 6.30 και 6.31 για το γκρουπ 2 (P-3).

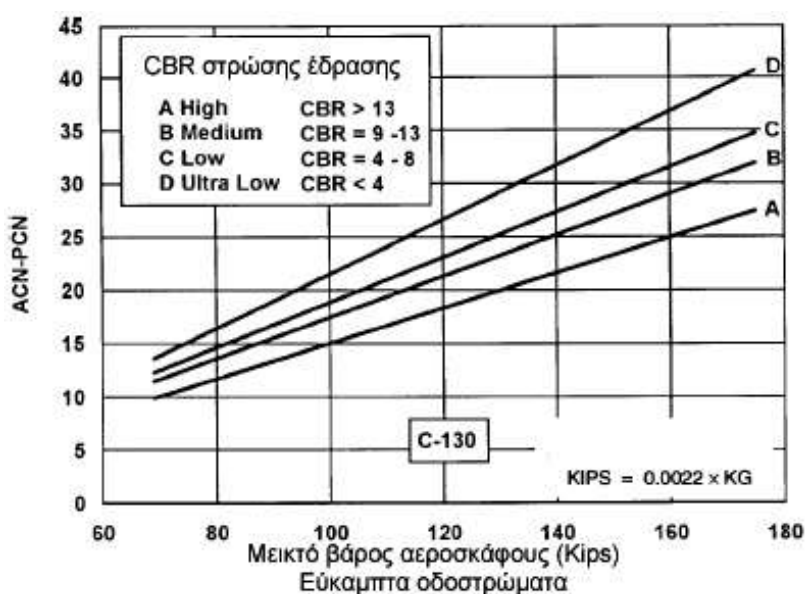
Πίνακας 6.30: Υπολογισμός PCN σε εύκαμπτα οδοστρώματα, για γκρουπ 2

	Κυρίως Δ/Π		Νότιος Π/Τ	
	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο
	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία
Μέγιστο επιτρεπόμενο μεικτό βάρος αεροσκάφους (KIPS)	327	299	432	436
PCN 2	113	103	141	143

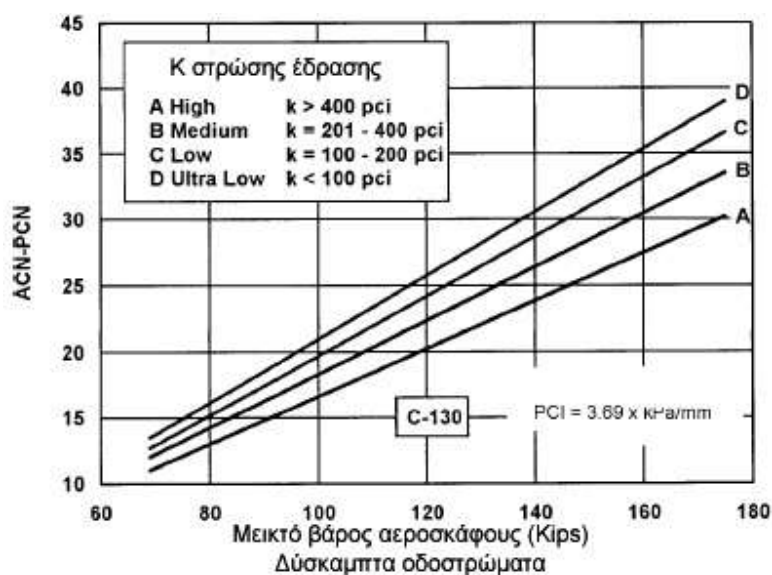
Πίνακας 6.31: Υπολογισμός PCN σε δύσκαμπτα οδοστρώματα, για γκρουπ 2

	Κυρίως Δ/Π		Νότιος Π/Τ	
	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο
	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία
Μέγιστο επιτρεπόμενο μεικτό βάρος αεροσκάφους (KIPS)	243	246	239	246
PCN 2	85	86	83	86

Τέλος, για το γκρουπ 3 (C-130) ισχύουν τα σχήματα 6.13 και 6.14.



Σχήμα 6.13: Υπολογισμός PCN με τη μέθοδο του Ναυτικού - Εύκαμπτα οδοστρώματα - Γκρουπ 3 [14]



Σχήμα 6.14: Υπολογισμός PCN με τη μέθοδο του Ναυτικού - Δύσκαμπτα οδοστρώματα - Γκρουπ 3 [14]

Με εφαρμογή των διαγραμμάτων των σχημάτων 6.13, 6.14, προκύπτουν οι πίνακες 6.32 και 6.33 για το γκρουπ 3 (C-130).

Πίνακας 6.32: Υπολογισμός PCN σε εύκαμπτα οδοστρώματα, για γκρουπ 3

	Κυρίως Δ/Π		Νότιος Π/Τ	
	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο
	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία
Μέγιστο επιτρεπόμενο μεικτό βάρος αεροσκάφους (KIPS)	475	425	544	539
PCN 3	101	90	103	102

Πίνακας 6.33: Υπολογισμός PCN σε δύσκαμπτα οδοστρώματα, για γκρουπ 3

	Κυρίως Δ/Π		Νότιος Π/Τ	
	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο
	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία
Μέγιστο επιτρεπόμενο μεικτό βάρος αεροσκάφους (KIPS)	291	295	285	295
PCN 3	63	64	62	64

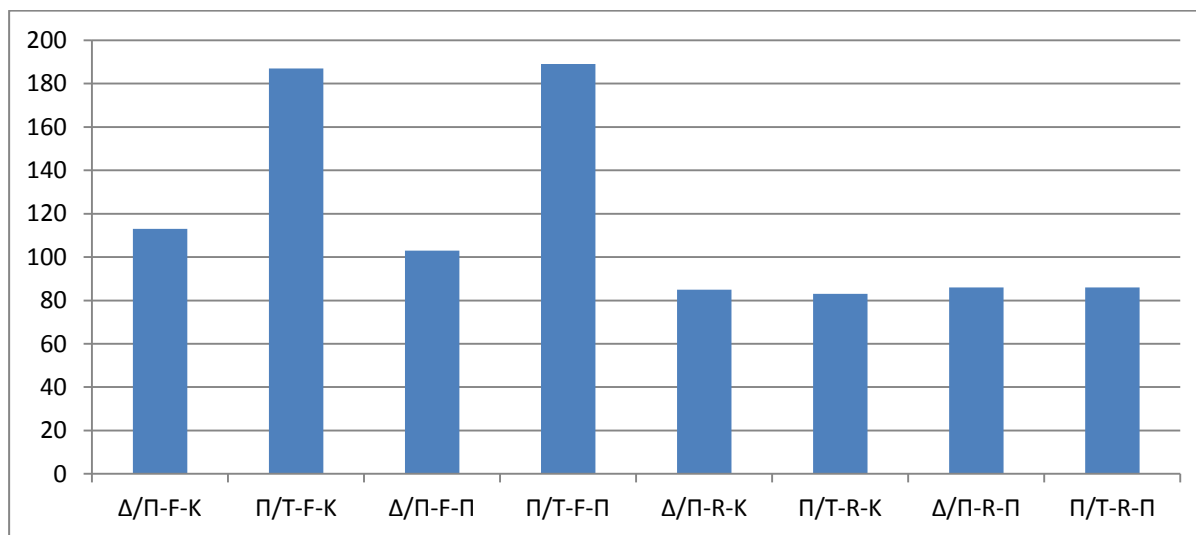
6.5.6 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα υπολογισμού του PCN με τη μέθοδο του Ναυτικού συνοψίζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 6.34: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα μεθόδου Ναυτικού

Οδόστρωμα	Είδος οδοστρώματος	Λόγω κίνησης	Κρίσιμο Α/Φ	PCN (FLIP)
Δ/Π	Εύκαμπτο	Κεντρικής	F-14/P-3 (γκρουπ 1,2)	113/F/CW/T
Δ/Π	Εύκαμπτο	Παράπλευρης	P-3 (γκρουπ 2)	103/F/CW/T
Δ/Π	Δύσκαμπτο	Κεντρικής	P-3 (γκρουπ 2)	85/R/CW/T
Δ/Π	Δύσκαμπτο	Παράπλευρης	P-3 (γκρουπ 2)	86/R/CW/T
Νότιος Π/Τ	Εύκαμπτο	Κεντρικής	F-14 (γκρουπ 1)	187/F/BW/T
Νότιος Π/Τ	Εύκαμπτο	Παράπλευρης	F-14 (γκρουπ 1)	189/F/BW/T
Νότιος Π/Τ	Δύσκαμπτο	Κεντρικής	P-3 (γκρουπ 2)	83/R/CW/T
Νότιος Π/Τ	Δύσκαμπτο	Παράπλευρης	P-3 (γκρουπ 2)	86/R/CW/T

Με τη μορφή ραβδογράμματος, τα αποτελέσματα απεικονίζονται στο σχήμα 6.15.



Σχήμα 6.15: Αριθμητική τιμή PCN (Μέθοδος UFC NAVY)

Σε περίπτωση που αγνοηθεί η οδηγία της μεθόδου για επιλογή του μέγιστου PCN από αυτά που προκύπτουν για κάθε γκρουπ και ληφθεί το PCN που υπολογίζεται για το γκρουπ 3 (C-130), προκύπτει ο πίνακας 6.35.

Πίνακας 6.35: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα μεθόδου Ναυτικού για γκρουπ 3 (C-130)

Οδόστρωμα	Είδος οδοστρώματος	Λόγω κίνησης	Κρίσιμο Α/Φ	PCN
Δ/Π	Εύκαμπτο	Κεντρικής	C-130 (γκρουπ 3)	101/F/C/W/T
Δ/Π	Εύκαμπτο	Παράπλευρης	C-130 (γκρουπ 3)	90/F/C/W/T
Δ/Π	Δύσκαμπτο	Κεντρικής	C-130 (γκρουπ 3)	63/R/C/W/T
Δ/Π	Δύσκαμπτο	Παράπλευρης	C-130 (γκρουπ 3)	64/R/C/W/T
Νότιος Π/Τ	Εύκαμπτο	Κεντρικής	C-130 (γκρουπ 3)	103/F/B/W/T
Νότιος Π/Τ	Εύκαμπτο	Παράπλευρης	C-130 (γκρουπ 3)	102/F/B/W/T
Νότιος Π/Τ	Δύσκαμπτο	Κεντρικής	C-130 (γκρουπ 3)	62/R/C/W/T
Νότιος Π/Τ	Δύσκαμπτο	Παράπλευρης	C-130 (γκρουπ 3)	64/R/C/W/T

7 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

7.1 Γενικά

Στο παρόν κεφάλαιο παρατίθενται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των υπολογισμών των προηγούμενων κεφαλαίων, ενώ ταυτόχρονα επιχειρείται η αιτιολόγηση των σημαντικών αποκλίσεων που παρατηρούνται.

Για να έχει νόημα η σύγκριση των μεθόδων, χρησιμοποιήθηκαν όλα τα επιμέρους στοιχεία που προβλέπει η κάθε μέθοδο, ωστόσο χρησιμοποιήθηκε ως κοινή αρχική συνθήκη το CBR του εδάφους όπως υπολογίστηκε στο 2^ο κεφάλαιο από τα διατιθέμενα στοιχεία.

7.2 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα

Στον πίνακα που ακολουθεί, φαίνονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των υπολογισμών του PCN, από τις διάφορες μεθόδους που έχουν εφαρμοστεί.

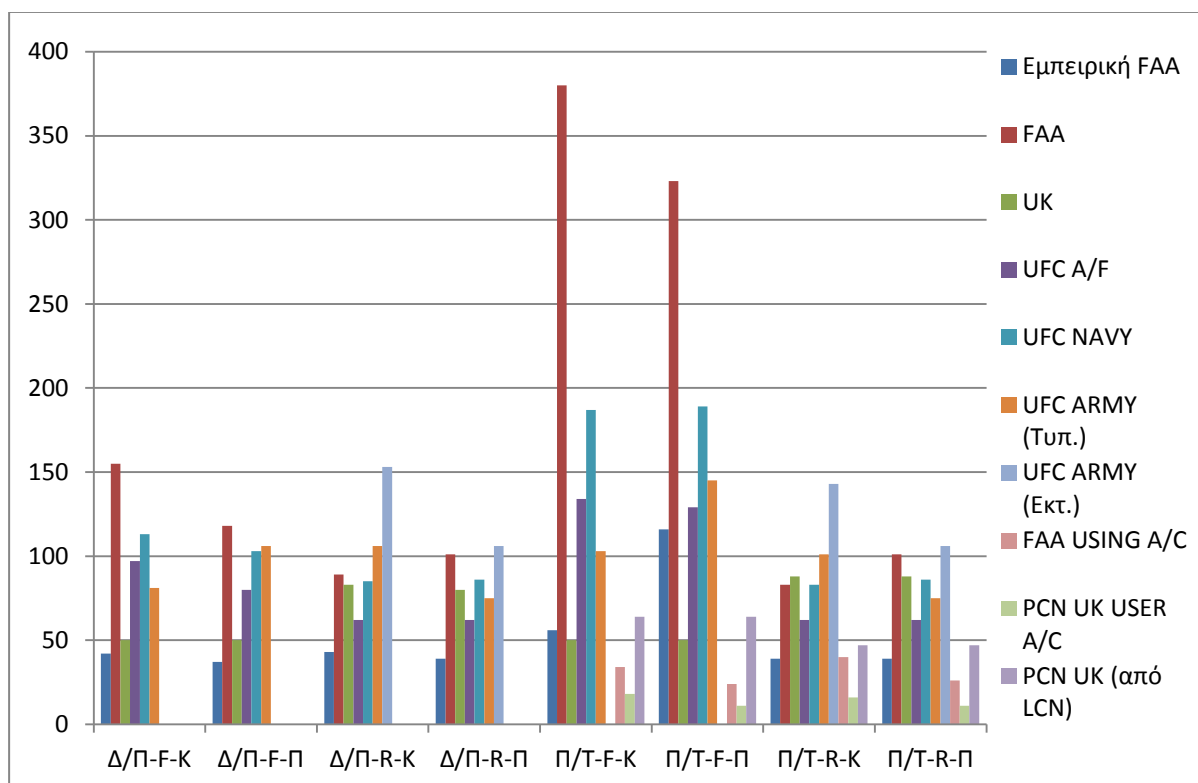
Πίνακας 7.1: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα PCN

Οδόστρωμα	PCN εμπειρικής FAA	PCN FAA	PCN UK	PCN UFC A/F	PCN UFC ARMY (Τυπ.)
Κυρίως Δ/Π κεντρ.	42/F/C/W/T	155/F/C/W/T	50/F/C/W/T	97/F/C/W/T	81/F/C/W/T
Κυρίως Δ/Π παράπλ.	37/F/C/W/T	118/F/C/W/T	50/F/C/W/T	80/F/C/W/T	106/F/C/W/T
Κυρίως Δ/Π κεντρ.	43/R/C/W/T	89/R/D/W/T	83/R/C/W/T	62/R/C/W/T	106/R/C/W/T
Κυρίως Δ/Π παράπλ.	39/R/C/W/T	101/R/D/W/T	80/R/C/W/T	62/R/C/W/T	75/R/C/W/T
Νότιος Π/Τ κεντρ.	56/F/B/W/T	380/F/B/W/T	50/F/B/W/T	134/F/B/W/T	103/F/B/W/T
Νότιος Π/Τ παράπλ.	116/F/B/W/T	323/F/B/W/T	50/F/B/W/T	129/F/B/W/T	145/F/B/W/T
Νότιος Π/Τ κεντρ.	39/R/C/W/T	83/R/C/W/T	88/R/C/W/T	62/R/C/W/T	101/R/C/W/T
Νότιος Π/Τ παράπλ.	39/R/C/W/T	101/R/C/W/T	88/R/C/W/T	62/R/C/W/T	75/R/C/W/T

Κεφάλαιο 7^ο: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

Οδόστρωμα	PCN UFC ARMY (Εκτ.)	PCN UFC NAVY	PCN FAA USING AIRCRAFT	PCN UK USER AIRCRAFT	PCN UK από μετατροπή LCN
Κυρίως Δ/Π κεντρ.	-	113/F/C/W/T	-	-	-
Κυρίως Δ/Π παράπλ.	-	103/F/C/W/T	-	-	-
Κυρίως Δ/Π κεντρ.	153/R/C/W/T	85/R/C/W/T	-	-	-
Κυρίως Δ/Π παράπλ.	106/R/C/W/T	86/R/C/W/T	-	-	-
Νότιος Π/Τ κεντρ.	-	187/F/B/W/T	34/F/B/W/U	18/F/B/W/U	64/F/B/W/T
Νότιος Π/Τ παράπλ.	-	189/F/B/W/T	24/F/B/W/U	11/F/B/W/U	64/F/B/W/T
Νότιος Π/Τ κεντρ.	143/R/C/W/T	83/R/C/W/T	40/R/C/W/U	16/R/C/W/U	47/R/C/W/T
Νότιος Π/Τ παράπλ.	106/R/C/W/T	86/R/C/W/T	26/R/C/W/U	11/R/C/W/U	47/R/C/W/T

Τα παραπάνω αποτελέσματα, αποδίδονται γραφικά στο γενικό διάγραμμα του σχήματος 7.1.



Σχήμα 7.1: Γενικό διάγραμμα αποτελεσμάτων

Οι αριθμητικές τιμές των PCN, συνοψίζονται και ανά οδόστρωμα στους πίνακες 7.2 και 7.3.

Πίνακας 7.2: Αριθμητική τιμή PCN για τον κυρίως Δ/Π

Οδόστρωμα	Κυρίως Δ/Π			
Είδος οδοστρώματος	Εύκαμπτο		Δύσκαμπτο	
Κίνηση	Κεντρική	Παράπλευρη	Κεντρική	Παράπλευρη
Μέθοδος κατάταξης	PCN	PCN	PCN	PCN
Εμπειρική FAA	42	37	43	39
FAA	155	118	89	101
UK	50	50	83	80
UFC A/F	97	80	62	62
UFC NAVY	113	103	85	86
UFC ARMY (Τυπ.)	81	106	106	75
UFC ARMY (Εκτ.)	-	-	153	106
FAA USING A/C	-	-	-	-
UK USER A/C	-	-	-	-
UK (από LCN)	-	-	-	-

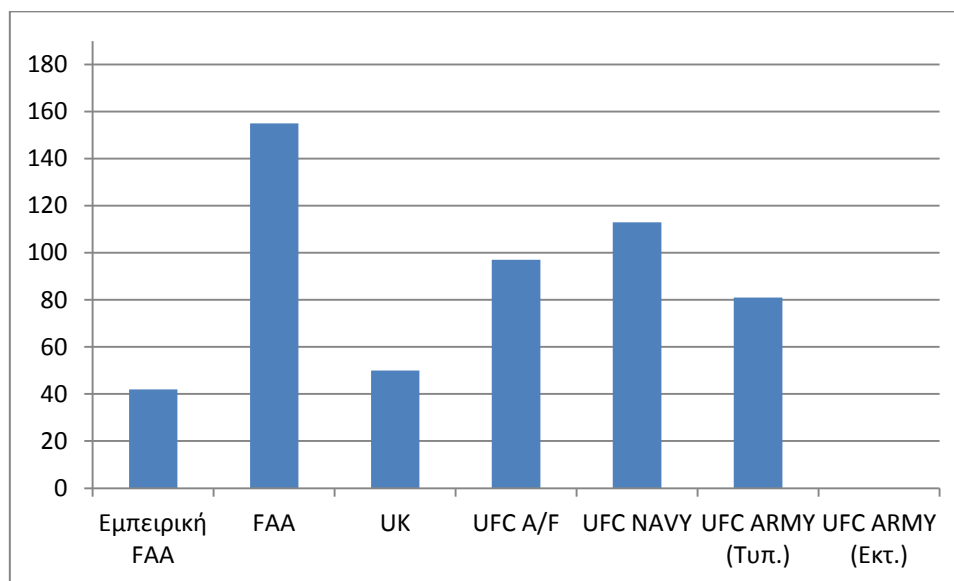
Πίνακας 7.3: Αριθμητική τιμή PCN για το νότιο Π/Τ

Οδόστρωμα	Νότιος Π/Τ			
Είδος οδοστρώματος	Εύκαμπτο		Δύσκαμπτο	
Κίνηση	Κεντρική	Παράπλευρη	Κεντρική	Παράπλευρη
Μέθοδος κατάταξης	PCN	PCN	PCN	PCN
Εμπειρική FAA	56	116	39	39
FAA	380	323	83	101
UK	50	50	88	88
UFC A/F	134	129	62	62
UFC NAVY	187	189	83	86
UFC ARMY (Τυπ.)	103	145	101	75
UFC ARMY (Εκτ.)	-	-	143	106
FAA USING A/C	34	24	40	26
UK USER A/C	18	11	16	11
UK (από LCN)	64	64	47	47

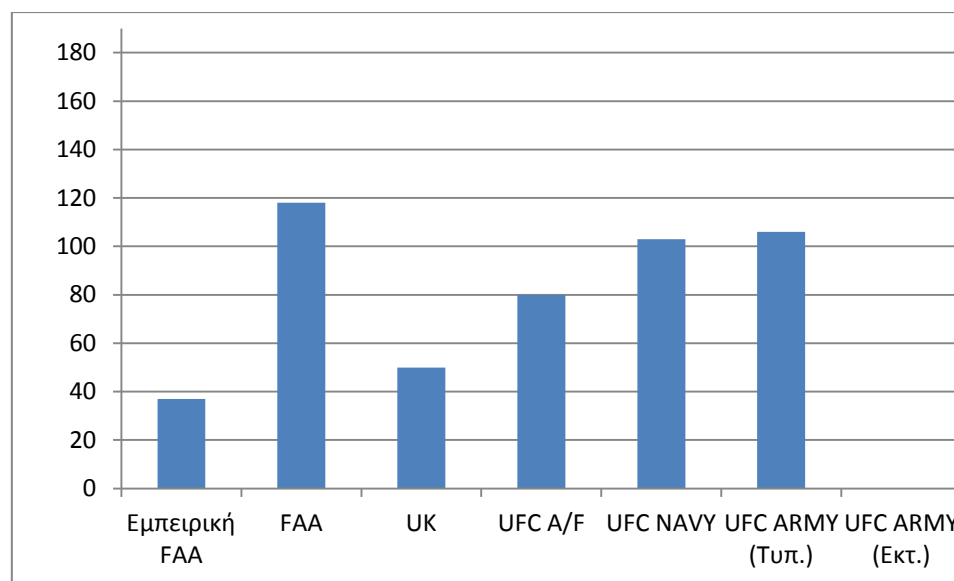
7.3 Διαγραμματική Αποτύπωση Αποτελεσμάτων

Σε κάθε οδόστρωμα, η διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων του PCN ανά μέθοδο, γίνεται καλύτερα αντιληπτή εφόσον αποτυπωθεί οπτικά, με τη μορφή διαγραμμάτων. Για το λόγο

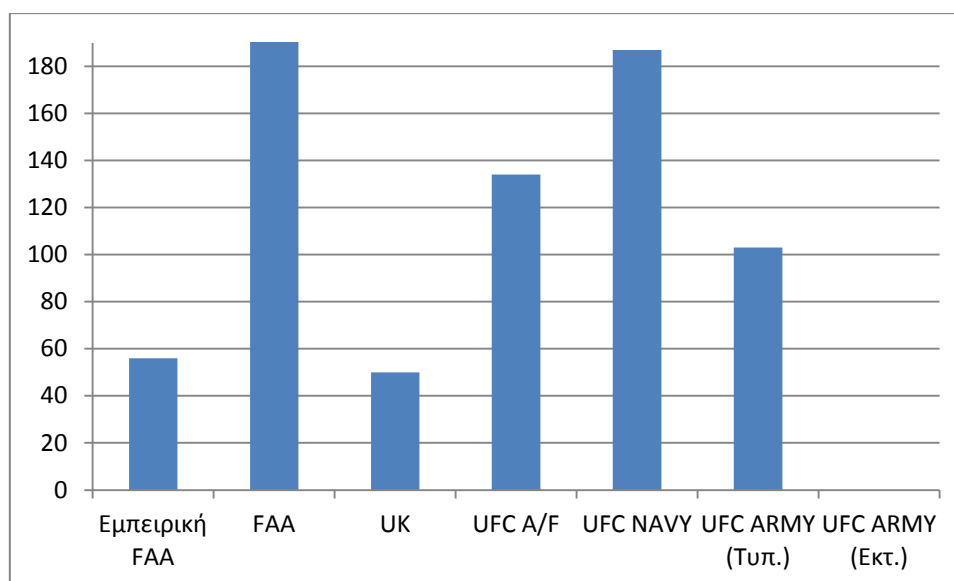
αυτό και προκειμένου να είναι πιο εύκολη η εξαγωγή συμπερασμάτων, παρατίθενται στη συνέχεια τα σχετικά διαγράμματα.



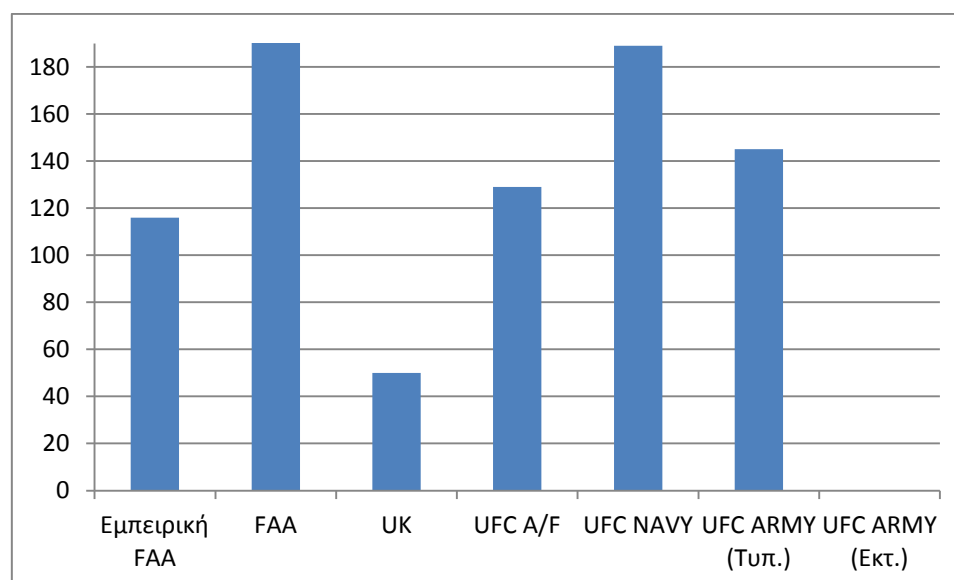
Σχήμα 7.2: PCN για εύκαμπτο οδόστρωμα, κυρίως Δ/Π, κεντρική κίνηση (Δ/Π-F-K)



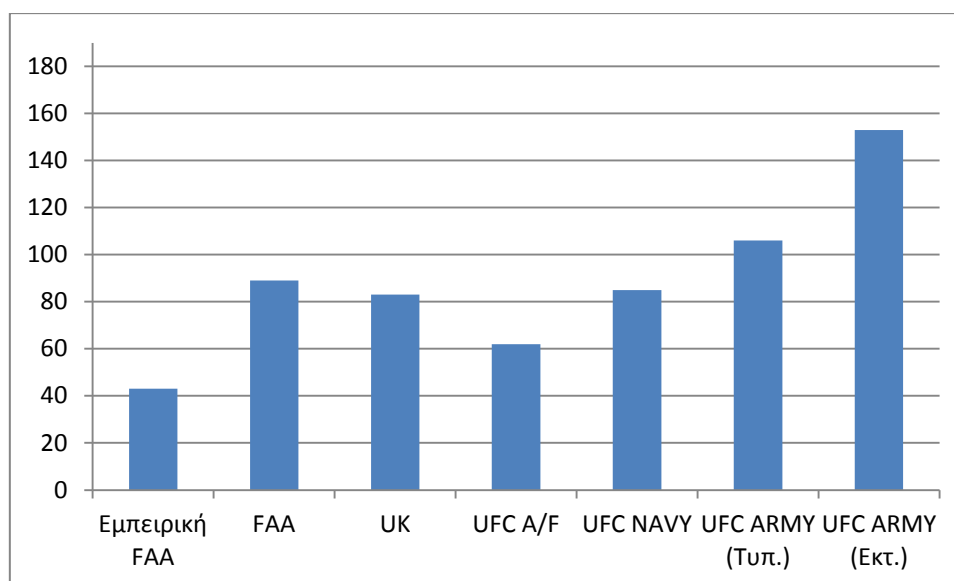
Σχήμα 7.3: PCN για εύκαμπτο οδόστρωμα, κυρίως Δ/Π, παράπλευρη κίνηση (Δ/Π-F-Π)



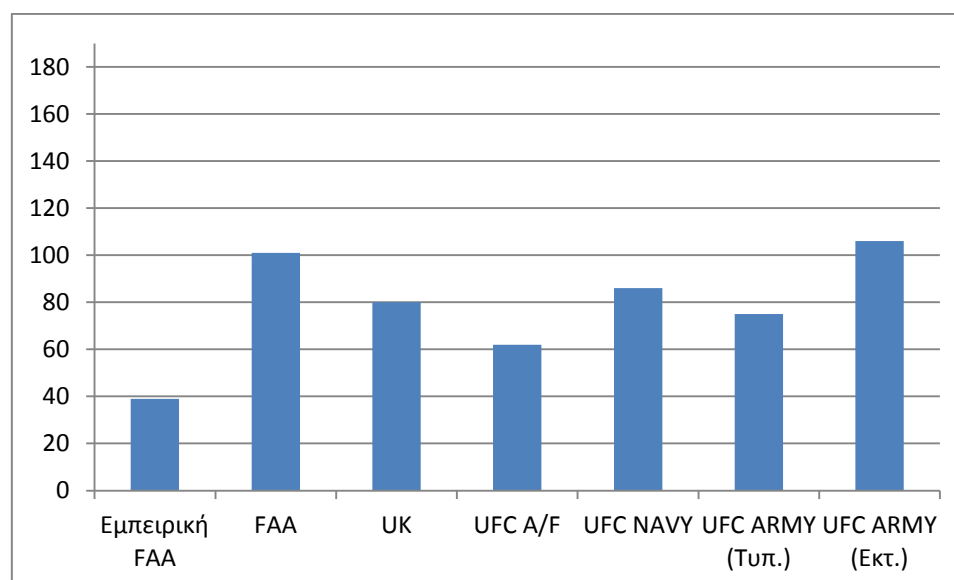
Σχήμα 7.4: PCN για εύκαμπτο οδόστρωμα, νότιου Π/Τ, κεντρική κίνηση (Π/Τ-F-K)



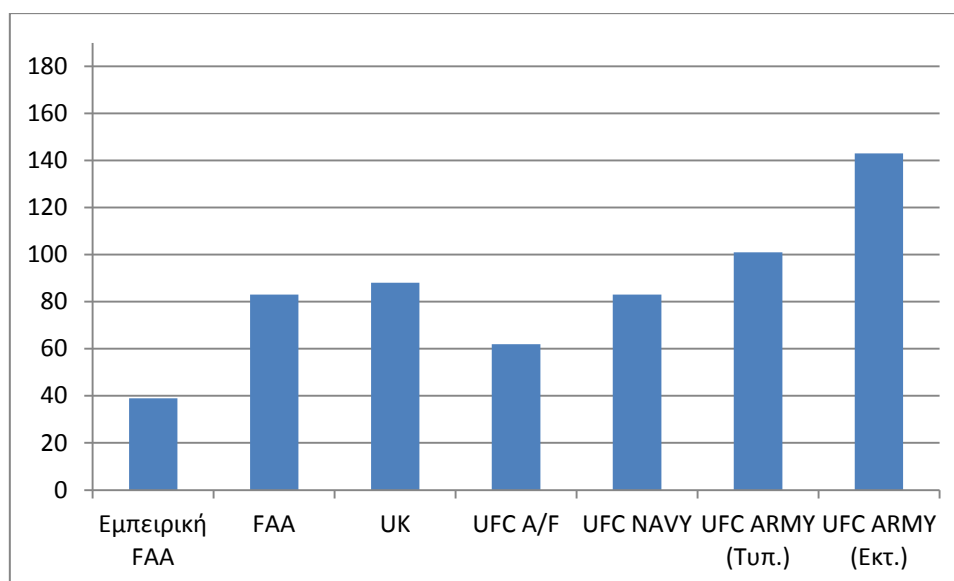
Σχήμα 7.5: PCN για εύκαμπτο οδόστρωμα, νότιου Π/Τ, παράπλευρη κίνηση (Π/Τ-F-Π)



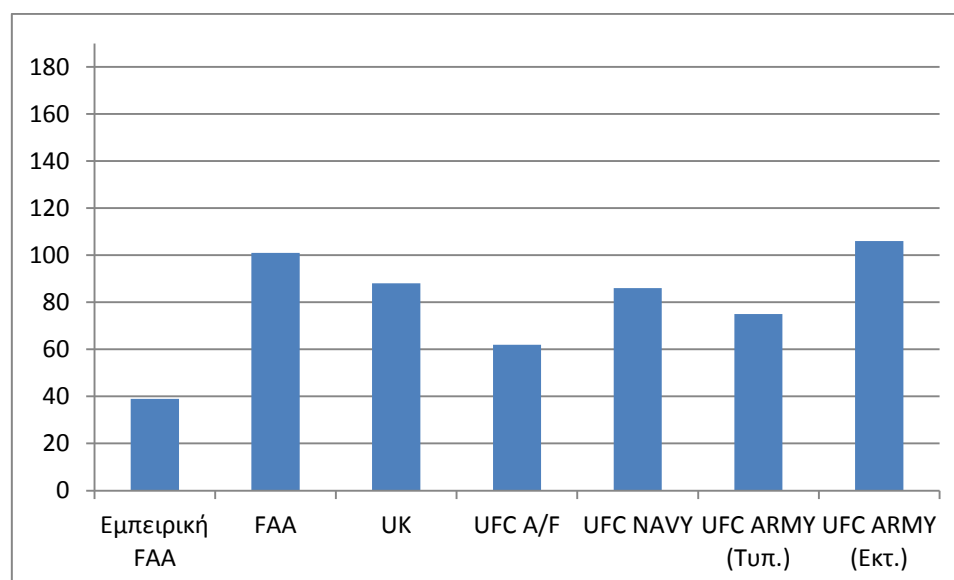
Σχήμα 7.6: PCN για δύσκαμπτο οδόστρωμα, κυρίως Δ/Π, κεντρική κίνηση (Δ/Π-R-K)



Σχήμα 7.7: PCN για δύσκαμπτο οδόστρωμα, κυρίως Δ/Π, παράπλευρη κίνηση (Δ/Π-R-Π)



Σχήμα 7.8: PCN για δύσκαμπτο οδόστρωμα, νότιου Π/Τ, κεντρική κίνηση (Π/Τ-R-K)

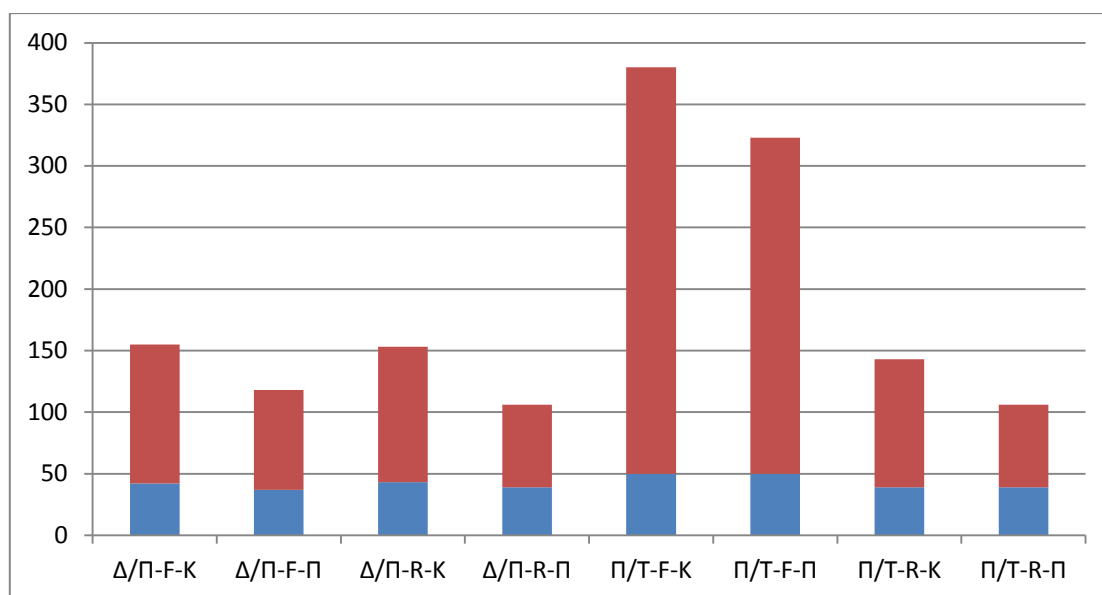


Σχήμα 7.9: PCN για δύσκαμπτο οδόστρωμα, νότιου Π/Τ, παράπλευρη κίνηση (Π/Τ-R-Π)

Τα παραπάνω διαγράμματα αποτελεσμάτων ανά οδόστρωμα, φαίνεται πως παρουσιάζουν την ίδια τάση, γεγονός που χρήζει περαιτέρω διερεύνησης.

7.4 Εύρος Τιμών

Όπως φαίνεται από το σχήμα που ακολουθεί, το εύρος των τιμών του PCN για κάθε περίπτωση οδοστρώματος, είναι μεγάλο. Επισημαίνεται ότι για την παραγωγή του διαγράμματος, λήφθηκαν υπόψη μόνο οι τεχνικές μέθοδοι.



Σχήμα 7.10: Εύρος τιμών PCN

Οι ακραίες τιμές του διαγράμματος, όπως και η αντίστοιχη μέθοδος προέλευσής τους, καταγράφονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 7.4: Εύρος τιμών PCN

Οδοστρώμα	Κυρίως Δ/Π				Νότιος Π/Τ			
Είδος οδοστρώματος	Εύκαμπτο		Δύσκαμπτο		Εύκαμπτο		Δύσκαμπτο	
Κίνηση	Κεντρ.	Παράπλ.	Κεντρ.	Παράπλ.	Κεντρ.	Παράπλ.	Κεντρ.	Παράπλ.
Μέθοδος	FAA	FAA	UFC ARMY (Εκτ.)	UFC ARMY (Εκτ.)	FAA	FAA	UFC ARMY (Εκτ.)	UFC ARMY (Εκτ.)
Μέγιστο PCN	155	118	153	106	380	323	143	106
Ελάχιστο PCN	42	37	43	39	50	50	39	39
Μέθοδος	Εμπ. FAA	Εμπ. FAA	Εμπ. FAA	Εμπ. FAA	UK	UK	Εμπ. FAA	Εμπ. FAA

7.5 Αποκλίσεις Τιμών

Οι αποκλίσεις των τιμών των μεθόδων ανά δύο, υπολογίστηκαν και παρατίθενται στους πίνακες 7.5 έως 7.12.

Παρατηρείται ότι οι αποκλίσεις μεταξύ των αποτελεσμάτων των μεθόδων είναι σημαντικές. Επίσης, διαπιστώνεται ότι στα δύσκαμπτα οδοστρώματα οι αποκλίσεις των τιμών είναι γενικά είναι μικρότερες από ότι στα εύκαμπτα.

Πίνακας 7.5: Αποκλίσεις τιμών PCN για Δ/Π-F-K

Δ/Π-F-K	Εμπειρική FAA	FAA	UK	UFC A/F	UFC NAVY	UFC ARMY (τυπ.)
Εμπειρική FAA		269%	19%	131%	169%	93%
FAA			210%	60%	37%	91%
UK				94%	126%	62%
UFC A/F					16%	20%
UFC NAVY						40%

Πίνακας 7.6: Αποκλίσεις τιμών PCN για Δ/Π-F-Π

Δ/Π-F-Π	Εμπειρική FAA	FAA	UK	UFC A/F	UFC NAVY	UFC ARMY (τυπ.)
Εμπειρική FAA		219%	35%	116%	178%	186%
FAA			136%	48%	15%	11%
UK				60%	106%	112%
UFC A/F					29%	33%
UFC NAVY						3%

Πίνακας 7.7: Αποκλίσεις τιμών PCN για Π/T-F-K

Π/T-F-K	Εμπειρική FAA	FAA	UK	UFC A/F	UFC NAVY	UFC ARMY (τυπ.)
Εμπειρική FAA		579%	12%	139%	234%	84%
FAA			660%	184%	103%	269%
UK				168%	274%	106%
UFC A/F					40%	30%
UFC NAVY						82%

Πίνακας 7.8: Αποκλίσεις τιμών PCN για Π/T-F-Π

Π/T-F-Π	Εμπειρική FAA	FAA	UK	UFC A/F	UFC NAVY	UFC ARMY (τυπ.)
Εμπειρική FAA		178%	132%	11%	63%	25%
FAA			546%	150%	71%	123%
UK				158%	278%	190%
UFC A/F					47%	12%
UFC NAVY						30%

Πίνακας 7.9: Αποκλίσεις τιμών PCN για Δ/Π-R-K

Δ/Π-R-K	Εμπειρική FAA	FAA	UK	UFC A/F	UFC NAVY	UFC ARMY (τυπ.)	UFC ARMY (εκτ.)
Εμπειρική FAA		107%	93%	44%	98%	147%	256%
FAA			7%	44%	5%	19%	72%
UK				34%	2%	28%	84%
UFC A/F					37%	71%	147%
UFC NAVY						25%	80%
UFC ARMY (τυπ.)							44%

Πίνακας 7.10: Αποκλίσεις τιμών PCN για Δ/Π-R-Π

Δ/Π-R-Π	Εμπειρική FAA	FAA	UK	UFC A/F	UFC NAVY	UFC ARMY (τυπ.)	UFC ARMY (εκτ.)
Εμπειρική FAA		159%	105%	59%	121%	92%	172%
FAA			26%	63%	17%	35%	5%
UK				29%	8%	7%	33%
UFC A/F					39%	21%	71%
UFC NAVY						15%	23%
UFC ARMY (τυπ.)							41%

Πίνακας 7.11: Αποκλίσεις τιμών PCN για Π/Τ-R-K

Π/Τ-R-K	Εμπειρική FAA	FAA	UK	UFC A/F	UFC NAVY	UFC ARMY (τυπ.)	UFC ARMY (εκτ.)
Εμπειρική FAA		113%	126%	59%	113%	159%	267%
FAA			6%	34%	0%	22%	72%
UK				42%	6%	15%	63%
UFC A/F					34%	63%	131%
UFC NAVY						22%	72%
UFC ARMY (τυπ.)							42%

Πίνακας 7.12: Αποκλίσεις τιμών PCN για Π/Τ-R-Π

Π/Τ-R-Π	Εμπειρική FAA	FAA	UK	UFC A/F	UFC NAVY	UFC ARMY (τυπ.)	UFC ARMY (εκτ.)
Εμπειρική FAA		159%	126%	59%	121%	92%	172%
FAA			15%	63%	17%	35%	5%
UK				42%	2%	17%	20%
UFC A/F					39%	21%	71%
UFC NAVY						15%	23%
UFC ARMY (τυπ.)							41%

7.6 Αιτιολόγηση Αποκλίσεων

Οι αποκλίσεις που παρατηρούνται στα αποτελέσματα εφαρμογής των διαφόρων μεθόδων οφείλονται κατά κύριο λόγο στους παράγοντες που αναλύονται στις υποπαραγράφους που ακολουθούν. Η ανάλυση που πραγματοποιείται είναι ποιοτική και ποσοτική, καθώς καταγράφονται και αριθμητικά οι τιμές των μεταβλητών που υπεισέρχονται στους υπολογισμούς και καθορίζουν τα εξαγόμενα PCN. Κατ' επέκταση της παρούσας εργασίας είναι δυνατή η εκτέλεση ανάλυσης ευαισθησίας (σε ένα από τα οδοστρώματα), στην οποία τα εισαγόμενα δεδομένα σε κάθε μέθοδο θα μεταβάλλονται διαδοχικά και όχι ταυτόχρονα, ώστε να διαφαίνεται ποσοτικά ο βαθμός επηρεασμού του τελικού αποτελέσματος από τους επιμέρους συντελεστές. Ωστόσο, από τη σύγκριση που επιχειρείται, είναι δυνατή η εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων, καθώς η κάθε μέθοδος εφαρμόζεται σε οκτώ οδοστρώματα συνολικά, τα οποία διαφέρουν κυρίως ως προς τον τύπο, τη γεωμετρία και τη σύνθεση της κυκλοφορίας που τα καταπονεί.

7.6.1 Τρόπος υπολογισμού K_{eff}

Το έδαφος αποτελεί το στοιχείο που με την αντοχή του επηρεάζει σημαντικά τη συνολική φέρουσα ικανότητα του οδοστρώματος, τόσο σε σχέση με το μέγιστο φορτίο που μπορεί να αναλάβει όσο και σε σχέση με το πλήθος των επαναλήψεων φόρτισης που δύναται να υποστηρίξει έως ότου επέλθει η κόπωσή του. Στα εύκαμπτα οδοστρώματα, η αντοχή του εδάφους υπεισέρχεται στους υπολογισμούς όλων των μεθόδων μέσω του CBR, το οποίο είναι κοινό για όλες τις μεθόδους, όπως προαναφέρθηκε. Στα δύσκαμπτα όμως οδοστρώματα, που ο δείκτης K που χρησιμοποιείται στα διαγράμματα και τα προγράμματα αναφέρεται στην επιφάνεια της υπόβασης, έγιναν οι κατάλληλες αναγωγές, οι οποίες προβλέπονται από την κάθε μέθοδο.

Συγκεκριμένα, στο επίπεδο της στρώσης έδρασης έγινε αναγωγή του CBR σε K με τη χρήση διαγραμμάτων (ή μαθηματικής σχέσης στην περίπτωση της FAA) και στη συνέχεια έγινε αναγωγή του δείκτη K του εδάφους στο επίπεδο της κορυφής της βάσης με τη χρήση άλλων διαγραμμάτων. Είναι γεγονός ότι λόγω του μεγάλου πάχους των οδοστρωμάτων απαιτήθηκε η επέκταση των διαγραμμάτων και μια μέθοδος διαδοχικών προσεγγίσεων.

Επιπρόσθετα, στη μέθοδο της UFC τίθεται ρητά το άνω όριο των 500 pci (135,5 MN/m³) όσον αφορά στο δείκτη K στην επιφάνεια της υπόβασης, με αποτέλεσμα παρόλο που οι αναγωγές οδηγούσαν σε μεγαλύτερα νούμερα, τελικά να χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς η οριακή τιμή των 500 pci. Παρόμοιος περιορισμός τίθεται και στη μέθοδο της UK. Ειδικότερα, όπου η τιμή του K που υπολογίστηκε ήταν μεγαλύτερη από 150 MN/m³, χρησιμοποιήθηκε η εν λόγω οριακή τιμή για τη συνέχεια των υπολογισμών. Στους πίνακες

που ακολουθούν φαίνονται συνοπτικά οι τιμές του CBR και του δείκτη K (MN/m³) που χρησιμοποιήθηκαν τελικά στις μεθόδους.

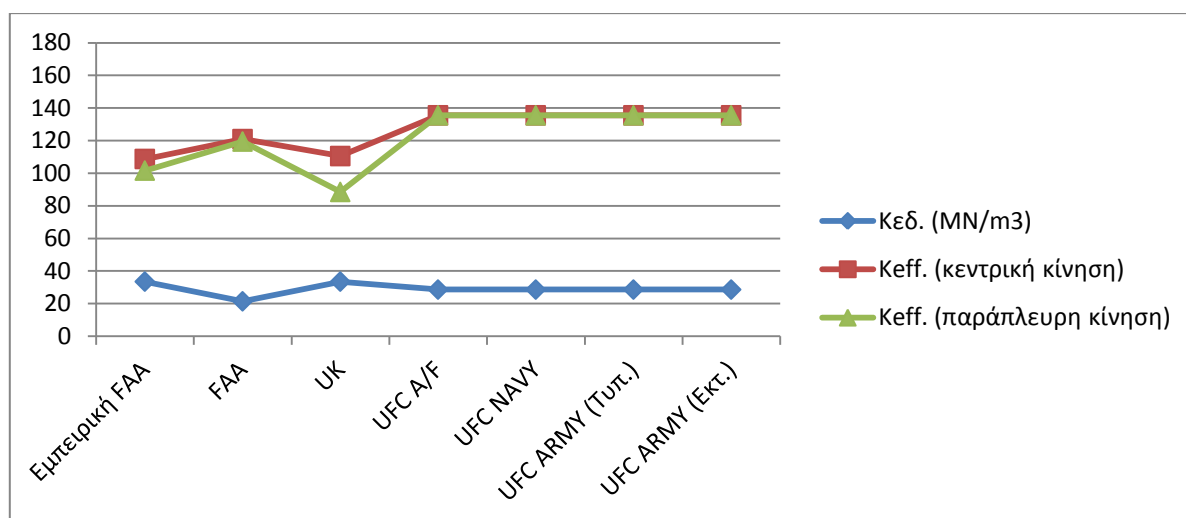
Πίνακας 7.13: Αντοχή εδάφους στον κυρίως Δ/Π

Μέθοδος κατάταξης	CBR _{εδ.} (%)	K _{εδ.} (MN/m ³)	K _{eff.} (κεντρική κίνηση) (MN/m ³)	K _{eff.} (παράπλευρη κίνηση) (MN/m ³)
Εμπειρική FAA	4,74	33,5	108,7	101,6
FAA	4,74	21,4	120,9	119,4
UK	4,74	33,5	110,5	88,5
UFC A/F	4,74	28,6	135,5 (153,3)	135,5 (137,0)
UFC NAVY	4,74	28,6	135,5 (153,3)	135,5 (137,0)
UFC ARMY (Τυπ.)	4,74	28,6	135,5 (153,3)	135,5 (137,0)
UFC ARMY (Εκτ.)	4,74	28,6	135,5 (153,3)	135,5 (137,0)
FAA USING A/C	-	-	-	-
UK USER A/C	-	-	-	-
UK (από LCN)	-	-	-	-

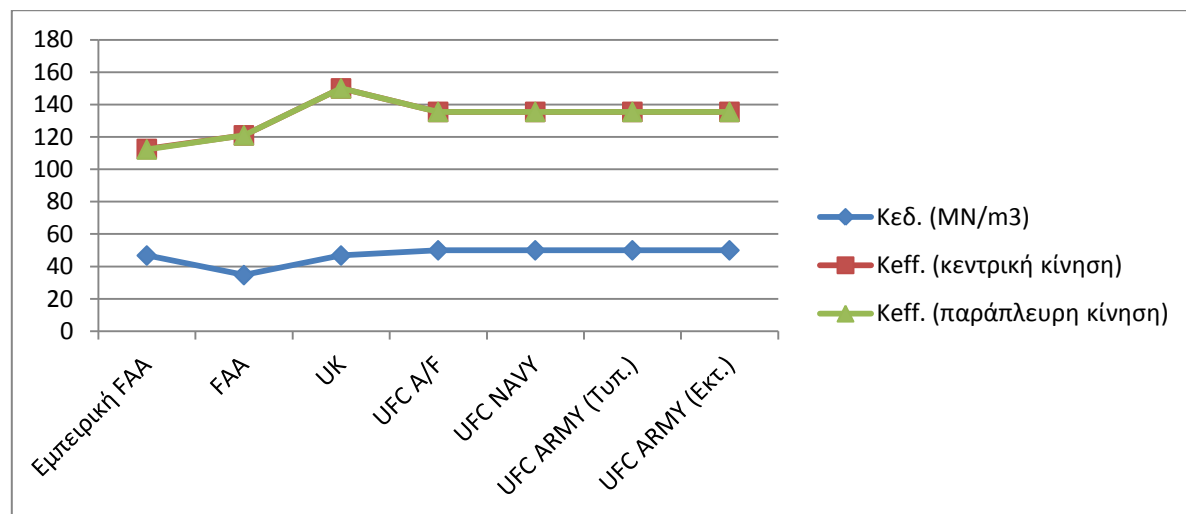
Πίνακας 7.14: Αντοχή εδάφους στο νότιο Π/Τ

Μέθοδος κατάταξης	CBR _{εδ.} (%)	K _{εδ.} (MN/m ³)	K _{eff.} (κεντρική κίνηση) (MN/m ³)	K _{eff.} (παράπλευρη κίνηση) (MN/m ³)
Εμπειρική FAA	8,8	46,8	112,6	112,3
FAA	8,8	34,7	121,0	121,0
UK	8,8	46,8	150 (173,3)	150 (159,4)
UFC A/F	8,8	50,0	135,5 (157,2)	135,5 (156,6)
UFC NAVY	8,8	50,0	135,5 (157,2)	135,5 (156,6)
UFC ARMY (Τυπ.)	8,8	50,0	135,5 (157,2)	135,5 (156,6)
UFC ARMY (Εκτ.)	8,8	50,0	135,5 (157,2)	135,5 (156,6)
FAA USING A/C	8,8 (έδαφος κατηγορίας B)	46,8 (έδαφος κατηγορίας C)	-	-
UK USER A/C	8,8 (έδαφος κατηγορίας B)	46,8 (έδαφος κατηγορίας C)	-	-
UK (από LCN)	8,8	46,8	150,0	

Ο δείκτης K του εδάφους, καθώς και της επιφάνειας της υπόβασης, απεικονίζεται γραφικά στα σχήματα 7.11 και 7.12.



Σχήμα 7.11: Δείκτης K για τον κυρίως Δ/Π



Σχήμα 7.12: Δείκτης K για το νότιο Π/Τ

7.6.2 Λόγος P/C

Στον πίνακα 7.15 καταγράφονται οι λόγοι P/C που χρησιμοποιήθηκαν κατά την εφαρμογή των επιμέρους μεθόδων, για το κρίσιμο αεροσκάφος. Ανάλογες διαφορές υπάρχουν και για τα υπόλοιπα αεροσκάφη, χωρίς ωστόσο να κρίνεται σκόπιμη η παράθεσή τους.

Η παραδοχή του τροποποιημένου αεροσκάφους C-130 και η χρήση του στην εμπειρική και τη σύγχρονη μέθοδο της FAA, προκαλεί αλλαγές στην τιμή του λόγου P/C όπως φαίνεται στον πίνακα 7.15 (εντός της παρένθεσης βρίσκονται οι τιμές του λόγου P/C για το κανονικό C-130). Στην περίπτωση του εύκαμπτου οδοστρώματος η παραπάνω παραδοχή οδηγεί σε παρόμοιο αριθμό «επικαλύψεων» του οδοστρώματος από το κανονικό και το τροποποιημένο C-130. Αντίθετα, στην περίπτωση του δύσκαμπτου τμήματος, εάν το C-130 ήταν το κρίσιμο αεροσκάφος, οι ισοδύναμες διελεύσεις (Coverages) θα ήταν σχεδόν

διπλάσιες, επειδή ο λόγος P/C είναι περίπου ίδιος για το τροποποιημένο και το κανονικό C-130. Το γεγονός αυτό θα οδηγούσε σε πιο συντηρητικά αποτελέσματα για το PCN, το οποίο βέβαια δεν αφορά στην περίπτωση της σύγχρονης μεθόδου της FAA, διότι κρίσιμο αεροσκάφος στο δύσκαμπτο τμήμα είναι το F-4.

Πίνακας 7.15: Λόγος P/C κρίσιμου αεροσκάφους

Μέθοδος κατάταξης	Λόγος P/C							
	Κυρίως Δ/Π				Νότιος Π/Τ			
	Εύκαμπτο τμήμα		Δύσκαμπτο τμήμα		Εύκαμπτο τμήμα		Δύσκαμπτο τμήμα	
	Κεντρ.	Παράπλ.	Κεντρ.	Παράπλ.	Κεντρ.	Παράπλ.	Κεντρ.	Παράπλ.
Εμπειρική FAA	5,18 (2,07)	5,18	5,18 (4,15)	5,18	5,18 (2,07)	5,18	5,18 (4,15)	5,18
FAA	4,36 (2,24)	8,58	8,58	8,58	4,36 (2,24)	8,58	8,58	8,58
UK	3,2	7	3,2	7	3,2	7	3,2	7
UFC A/F	1,37	1,37	2,74	2,74	1,37	1,37	2,74	2,74
UFC NAVY	7,78/ 3,58	3,58	3,58	3,58	7,78	7,78	3,58	3,58
UFC ARMY (Τυπ.)	2,2	8,77	4,4	8,77	2,2	8,77	4,4	8,77
UFC ARMY (Εκτ.)	-	-	4,4	8,77	-	-	4,4	8,77
FAA USING A/C	-	-	-	-	-	-	-	-
UK USER A/C	-	-	-	-	3,2	7	3,2	7
UK (από LCN)	-	-	-	-	-	-	-	-

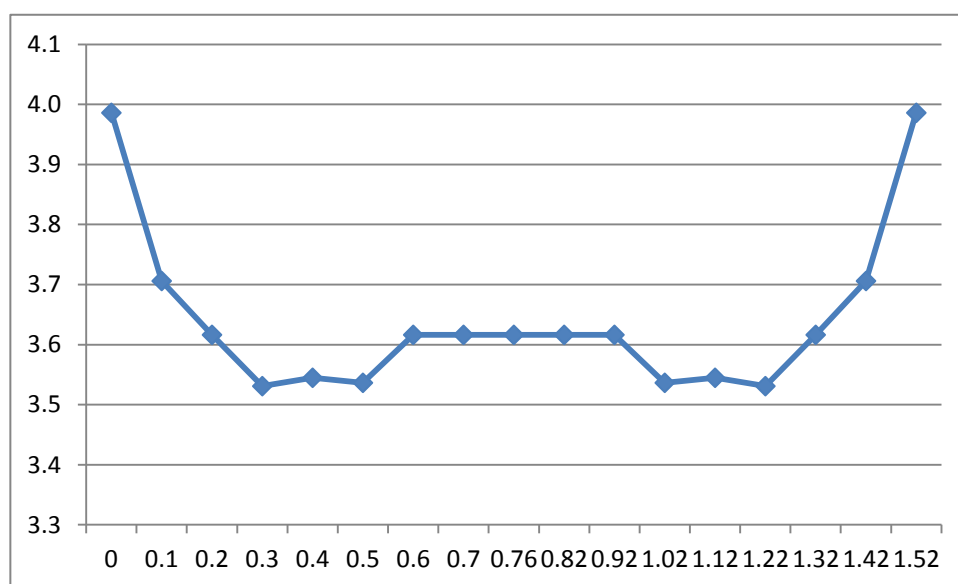
Ο λόγος P/C λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς είτε απευθείας κατά τον υπολογισμό των ισοδύναμων διελεύσεων (πχ. μέθοδος UK), είτε μετά τον υπολογισμό τους (πχ. μέθοδος FAA). Σημειώνεται ότι, ο υπόψη λόγος στην εμπειρική μέθοδο της FAA λαμβάνεται από πίνακες, ενώ στη νέα μέθοδο της FAA λαμβάνεται από το διάγραμμα αλφα, εφόσον δε διατίθεται πινακοποιημένος.

Στη μέθοδο της UK, η περίπτωση των διπλών εν σειρά τροχών εξετάζεται με την παραδοχή ότι κατά την εφαρμογή των διαγραμμάτων και την εκτέλεση των υπολογισμών δύνανται να αντιμετωπιστούν ως διπλοί τροχοί. Ωστόσο, υπάρχει και η δυνατότητα ακριβέστερου υπολογισμού, κατά τον οποίο λαμβάνεται υπόψη ο λόγος P/C που προκύπτει από την εξίσωση 7.1.

$$P/C = \frac{1}{\gamma W_t} \quad (\text{Εξίσωση 7.1})$$

όπου W_t είναι το πλάτος του ελαστικού σε μέτρα και γ ένας συντελεστής που δίδεται από διάγραμμα ανάλογα με την απόσταση του σημείου που εξετάζεται ως προς το κέντρο του ελαστικού. Η συνολική τιμή του γ προκύπτει από το άθροισμα των επιμέρους τιμών για κάθε τροχό και για κάθε θέση πιθανής μεγιστοποίησης του υπόψη αθροίσματος. Στην περίπτωση του C-130 ο λόγος P/C που χρησιμοποιήθηκε στους υπολογισμούς έχει τιμή 3,2, τιμή που λαμβάνεται από σχετικό πίνακα για διπλούς τροχούς. Η εφαρμογή της εξίσωσης 7.1 οδηγεί σε ελάχιστη τιμή του παραπάνω λόγου ίση με 3,53 η οποία είναι μεγαλύτερη από την τιμή 3,2 που χρησιμοποιήθηκε και η οποία οδηγεί σε μεγαλύτερο αριθμό επικαλύψεων, δηλαδή σε πιο συντηρητικά αποτελέσματα αναφορικά με το τελικά υπολογιζόμενο PCN (μικρότερη αριθμητική τιμή).

Ενδεικτικά παρουσιάζεται στο σχήμα 7.13 το διάγραμμα με τα αποτελέσματα υπολογισμού του λόγου P/C για το σύστημα διπλών εν σειρά τροχών του C-130, όπως υπολογίστηκαν για το διάστημα μεταξύ των δύο τροχών και ανά αποστάσεις περίπου 10 cm.



Σχήμα 7.13: Υπολογισμός λόγου P/C για το C-130 με τη μέθοδο της UK

Εάν υποθεθεί ότι ο συγκεκριμένος συντελεστής (P/C) προσεγγίζει περισσότερο την πραγματικότητα, δεδομένου ότι έχει υπολογιστεί αναλυτικά, είναι δυνατό να εξαχθούν συμπεράσματα ως προς τον τρόπο που επηρέασε τα αποτελέσματα, ο λόγος P/C που εφαρμόστηκε πραγματικά στις μεθόδους. Η σύγκριση είναι δυνατή μόνο στις περιπτώσεις που κρίσιμο αεροσκάφος είναι το C-130 με το πραγματικό σύστημα τροχών που διαθέτει ή με κάποια τροποποίησή του σύμφωνα με τις παραδοχές που εφαρμόστηκαν. Επισημαίνεται ότι η συγκεκριμένη προσέγγιση λαμβάνεται κατά παραδοχή ως ακριβέστερη των υπολοίπων, προκειμένου να προκύψει μια μικρής κλίμακας σύγκριση.

Υπό την ανωτέρω συνθήκη, η μέθοδος της UK όπως εφαρμόστηκε, με λόγο $P/C=3,2$ θα έδινε πιο συντηρητικά αποτελέσματα, το οποίο ωστόσο στην προκειμένη περίπτωση δεν ισχύει γιατί και πάλι η κυκλοφορία που προκύπτει είναι «Χαμηλή». Στην εμπειρική και σύγχρονη FAA, στα εύκαμπτα τμήματα, λόγω των περισσότερων ισοδύναμων διελεύσεων (διπλάσιες διελεύσεις με μεγαλύτερο αλλά όχι διπλάσιο λόγο P/C), αλλά και με μικρότερο φορτίο (καθώς κατά παραδοχή θεωρήθηκε ότι δεν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των τροχών), δεν είναι δυνατή η εξαγωγή σχετικού συμπεράσματος.

Στην εμπειρική FAA, για τα δύσκαμπτα τμήματα, οι ισοδύναμες διελεύσεις είναι λίγες περισσότερες (διπλάσιες διελεύσεις με λίγο λιγότερο από διπλάσιο λόγο P/C), ενώ το φορτίο είναι μικρότερο, καθώς αγνοείται η αλληλεπίδραση των τροχών για τη δημιουργία μίας αιχμής. Ως εκ τούτου, εκτιμάται ότι το PCN θα είναι μεγαλύτερο. Στη μέθοδο UFC ARMY, στο εύκαμπτο τμήμα οι ισοδύναμες διελεύσεις προκύπτουν περισσότερες, το οποίο σημαίνει πιο συντηρητικά αποτελέσματα, ενώ στο δύσκαμπτο τμήμα οι ισοδύναμες διελεύσεις είναι λιγότερες, γεγονός που ισοδυναμεί με μεγαλύτερο PCN.

7.6.3 Σύνθεση κυκλοφορίας

Η σύνθεση της κυκλοφορίας αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τη διαμόρφωση του αποτελέσματος στον υπολογισμό του PCN, διότι εκφράζει το μέγεθος της καταπόνησης ενός δεδομένου οδοστρώματος.

Η αναφορά στη σύνθεση της κυκλοφορίας περιλαμβάνει το πλήθος των διελεύσεων κάθε τύπου αεροσκάφους που εκτιμάται ότι θα επιβαρύνει το οδόστρωμα κατά τη διάρκεια ζωής του, όπως λαμβάνεται σε εφαρμογή της θεωρίας που διέπει την κάθε μέθοδο. Επίσης, περιλαμβάνει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των υπόψη αεροσκαφών, όπως το βάρος και την κατανομή αυτού, τη διαμόρφωση του συστήματος των τροχών και την πίεση των αεροθαλάμων των τροχών, τα οποία εξετάζονται μεμονωμένα σε επόμενες παραγράφους.

Στον πίνακα 7.16 παρουσιάζεται εποπτικά η σύνθεση της κυκλοφορίας, όπως λαμβάνεται από κάθε μέθοδο για την εκτέλεση των υπολογισμών.

Πίνακας 7.16: Σύνθεση κυκλοφορίας

Μέθοδος κατάταξης	Σύνθεση κυκλοφορίας	Αεροσκάφος	Διελεύσεις
Εμπειρική FAA	Πραγματική	Κρίσιμο (μέγιστο απαιτούμενο πάχος οδοστρώματος)	Πραγματικές (ισοδύναμες)
FAA	Πραγματική	Κρίσιμο (μέγιστο απαιτούμενο πάχος οδοστρώματος)	Πραγματικές (ισοδύναμες)
UK	Πραγματική	Κρίσιμο (μέγιστο ACN)	Χαμηλή συχνότητα διελεύσεων, δηλ. 10.000 ισοδύναμες διελεύσεις (Coverages) στη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος (επιλέγεται 20 έτη)
UFC A/F	Συμβατική	Γκρουπ 10 (C-17)	50.000 στη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος (επιλέγεται 20 έτη)
UFC NAVY	Συμβατική	Κρίσιμο γκρουπ (για FLIP PCN το γκρουπ που δίνει το μέγιστο PCN)	Πραγματικές (ισοδύναμες - με βάση το πρώτο αεροσκάφος κάθε γκρουπ που έχει σύστημα τροχών όμοιο με της πραγματικής κυκλοφορίας)
UFC ARMY (Τυπ.)	Πραγματική	Κρίσιμο (μέγιστο απαιτούμενο πάχος οδοστρώματος)	Πραγματικές (για το εύκαμπτο τμήμα ισοδύναμες με μέθοδο UFC - για το δύσκαμπτο τμήμα ισοδύναμες ως FAA για C-130 και όχι για C-130 τροπ.1)
UFC ARMY (Εκτ.)	Πραγματική	Κρίσιμο (μέγιστο απαιτούμενο πάχος οδοστρώματος)	Πραγματικές (ισοδύναμες ως FAA για C-130 και όχι για C-130 τροπ.1)
FAA USING A/C	Πραγματική	Κρίσιμο (μέγιστο ACN)	Δεν απαιτείται για την εφαρμογή της μεθόδου
UK USER A/C	Πραγματική	Κρίσιμο (μέγιστο ACN)	Πραγματικές (ισοδύναμες)
UK (από LCN)	Πρακτικά πραγματική, λόγω του LCN	Όλα τα αεροσκάφη (πρακτικά το δυσμενέστερο)	Πρακτικά απεριόριστες, λόγω του LCN

Στη συνέχεια καταγράφεται αυτούσιο το πλήθος των διελεύσεων των αεροσκαφών όπως εισάγεται κατά την εφαρμογή των μεθόδων. Σημειώνεται ότι οι συγκεκριμένοι αριθμοί ενδέχεται να εμπεριέχουν ή όχι τους λόγους P/C και να αναφέρονται σε ετήσιες κινήσεις των αεροσκαφών ή κινήσεις καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος. Επίσης, θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο υπολογισμός των ισοδύναμων διελεύσεων, στην περίπτωση της μεθόδου UFC ARMY και μόνο για το δύσκαμπτο τμήμα των οδοστρωμάτων, έχει γίνει παρόμοια με τη μέθοδο της FAA (επιτρέπεται ρητά η χρήση της υπόψη διαδικασίας σύμφωνα με το εγχειρίδιο της μεθόδου), προκειμένου να υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης με την εν λόγω μέθοδο. Ακόμη, στο εύκαμπτο τμήμα της μεθόδου UFC ARMY (Εκτ.) δεν αναγράφονται οι διελεύσεις, καθώς η συγκεκριμένη μέθοδος αφορά αποκλειστικά τα δύσκαμπτα τμήματα των οδοστρωμάτων.

Πίνακας 7.17: Πλήθος διελεύσεων

Μέθοδος κατάταξης	Πλήθος διελεύσεων (αυτούσια νούμερα που χρησιμοποιούνται στις μεθόδους)							
	Κυρίως Δ/Π				Νότιος Π/Τ			
	Εύκαμπτο τμήμα		Δύσκαμπτο τμήμα		Εύκαμπτο τμήμα		Δύσκαμπτο τμήμα	
	Κεντρ.	Παράπλ.	Κεντρ.	Παράπλ.	Κεντρ.	Παράπλ.	Κεντρ.	Παράπλ.
Εμπειρική FAA	855	1.499	855	1.499	1.408	1.499	1.408	1.499
FAA	855	1.499	4.317	1.499	1.408	1.499	7.130	1.499
UK	10.000 (2.388)	10.000 (3.457)	10.000 (2.206)	10.000 (2.983)	10.000 (3.151)	10.000 (3.457)	10.000 (2.584)	10.000 (2.983)
UFC A/F	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
UFC NAVY	49.954/ 24.694	10.525	24.694	10.525	82.761	18.861	41.747	10.525
UFC ARMY (Τυπ.)	7.101	23.378	8.553	29.976	8.150	23.149	14.082	29.976
UFC ARMY (Εκτ.)	-	-	8.553	29.976	-	-	14.082	29.976
FAA USING A/C	-	-	-	-	-	-	-	-
UK USER A/C	-	-	-	-	3.151	3.457	2.584	2.983
UK (από LCN)	-	-	-	-	Απεριόριστες			

7.6.4 Κρίσιμο αεροσκάφος

Στον πίνακα που ακολουθεί καταγράφεται το αεροσκάφος ως προς το οποίο υπολογίζονται οι ισοδύναμες διελεύσεις, στις μεθόδους που προβλέπεται, ή σε αντίθετη περίπτωση το αεροσκάφος (ή γκρουπ) με βάση το οποίο εκτελούνται οι υπολογισμοί της μεθόδου. Ως C-130 τροπ.2 αναφέρεται το C-130 με την παραδοχή της μεθόδου της UK ότι τα συστήματα διπλών και διπλών εν σειρά τροχών είναι ισοδύναμα.

Πίνακας 7.18: Κρίσιμο αεροσκάφος κατά περίπτωση

Μέθοδος κατάταξης	Αεροσκάφος							
	Κυρίως Δ/Π				Νότιος Π/Τ			
	Εύκαμπτο τμήμα		Δύσκαμπτο τμήμα		Εύκαμπτο τμήμα		Δύσκαμπτο τμήμα	
	Κεντρ.	Παράπλ.	Κεντρ.	Παράπλ.	Κεντρ.	Παράπλ.	Κεντρ.	Παράπλ.
Εμπειρική FAA	C-130 τροπ.1	F-4	C-130 τροπ.1	F-4	C-130 τροπ.1	F-4	C-130 τροπ.1	F-4
FAA	C-130 τροπ.1	F-4	F-4	F-4	C-130 τροπ.1	F-4	F-4	F-4
UK	C-130 τροπ.2	F-4	C-130 τροπ.2	F-4	C-130 τροπ.2	F-4	C-130 τροπ.2	F-4
UFC A/F	Γκρουπ 10 (C-17)	Γκρουπ 10 (C-17)	Γκρουπ 10 (C-17)	Γκρουπ 10 (C-17)	Γκρουπ 10 (C-17)	Γκρουπ 10 (C-17)	Γκρουπ 10 (C-17)	Γκρουπ 10 (C-17)
UFC NAVY	Γκρουπ 1,2 (F- 14/P-3)	Γκρουπ 2 (P-3)	Γκρουπ 2 (P-3)	Γκρουπ 2 (P-3)	Γκρουπ 1 (F-14)	Γκρουπ 1 (F-14)	Γκρουπ 2 (P-3)	Γκρουπ 2 (P-3)

Κεφάλαιο 7^ο: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

Μέθοδος κατάταξης	Αεροσκάφος							
	Κυρίως Δ/Π				Νότιος Π/Τ			
	Εύκαμπτο τμήμα		Δύσκαμπτο τμήμα		Εύκαμπτο τμήμα		Δύσκαμπτο τμήμα	
	Κεντρ.	Παράπλ.	Κεντρ.	Παράπλ.	Κεντρ.	Παράπλ.	Κεντρ.	Παράπλ.
UFC ARMY (Τυπ.)	C-130	F-4	C-130	F-4	C-130	F-4	C-130	F-4
UFC ARMY (Εκτ.)	-	-	C-130	F-4	-	-	C-130	F-4
FAA USING A/C	-	-	-	-	C-130	F-4	C-130	F-4
UK USER A/C	-	-	-	-	C-130	F-4	C-130	F-4
UK (από LCN)	-	-	-	-	-	-	-	-

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η μέθοδος της FAA, ως προς το κρίσιμο αεροσκάφος στο δύσκαμπτο τμήμα του κυρίως Δ/Π και του νότιου Π/Τ. Στη συγκεκριμένη μέθοδο το κρίσιμο αεροσκάφος απαιτεί το μεγαλύτερο πάχος οδοστρώματος ή πλάκας σκυροδέματος εφόσον πρόκειται για δύσκαμπτο. Ωστόσο, στην περίπτωση που εξετάζεται, στην κεντρική κίνηση το F-4 και το C-130 απαιτούν περίπου το ίδιο πάχος πλάκας σκυροδέματος. Έτσι, καθίστανται και τα δύο εν δυνάμει κρίσιμα. Το PCN που προκύπτει κατά περίπτωση φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα, ενώ υπέρ της ασφάλειας αποδεκτό γίνεται το μικρότερο.

Πίνακας 7.19: PCN δύσκαμπτου τμήματος, κεντρικής κίνησης με τη μέθοδο της FAA

	C-130	F-4
Δ/Π	127	89
Π/Τ	116	83

Το PCN είναι σημαντικά διαφορετικό στις δύο περιπτώσεις, λόγω των αυξημένων ισοδύναμων διελεύσεων του F-4, αφού στο σχετικό υπολογισμό οι διελεύσεις του C-130 (τροπ. 1), υψώνονται σε δύναμη ίση με $(W_2/W_1)^{1/2} > 1$ και αθροίζονται σε αυτές του F-4, όπου W είναι το φορτίο του απλού τροχού. Από τα παραπάνω φαίνεται πόσο σημαντικό ρόλο διαδραματίζει το κρίσιμο αεροσκάφος στη διαμόρφωση του PCN, ακόμη και αν πρόκειται για την ίδια σύνθεση κυκλοφορίας και την ίδια μέθοδο υπολογισμού ισοδύναμων διελεύσεων. Προφανώς, το πρόβλημα εντείνεται στην περίπτωση που ακολουθείται διαφορετική προσέγγιση για τον υπολογισμό των ισοδύναμων διελεύσεων (πχ αναλογία διελεύσεων στο κρίσιμο πάχος οδοστρώματος) ή στην περίπτωση που η σύνθεση της κυκλοφορίας είναι διαφορετική (πχ. UFC A/F).

7.6.5 Ισοδύναμες διελεύσεις

Στον πίνακα που ακολουθεί επισημαίνονται τα βασικότερα σημεία που διαφοροποιούν τις μεθόδους υπολογισμού των ισοδύναμων διελεύσεων μεταξύ των μεθόδων.

Πίνακας 7.20: Κύρια σημεία - Βασικές μεταβλητές υπολογισμού ισοδύναμων διελεύσεων

Μέθοδος κατάταξης	Κύρια σημεία υπολογισμού - Βασικές μεταβλητές
Εμπειρική FAA	Ετήσιες διελεύσεις, κατανομή βάρους στο κύριο σύστημα τροχών (%), συντελεστής διάταξης τροχών, λόγος φορτίων απλών τροχών
FAA	Ως Εμπειρική FAA
UK	Τυποποιημένη συχνότητα κίνησης αεροσκαφών (Υψηλή, Μεσαία, Χαμηλή), λόγος ACN, ACN κρίσιμου αεροσκάφους, λόγος P/C, διελεύσεις αεροσκαφών (20 έτη), διαγράμματα συντελεστών FMTF-RMTF ²⁹
UFC A/F	Δεν υπολογίζονται ισοδύναμες διελεύσεις (50.000 διελεύσεις του γκρουπ 10 δηλ. του C-17)
UFC NAVY	Ισοδύναμες διελεύσεις για το αντιπροσωπευτικό αεροσκάφος καθενός από τα γκρουπ με διαμόρφωση τροχών που υπάρχει στη σύνθεση κυκλοφορίας (εδώ για απλούς τροχούς, ζεύγος τροχών και διπλούς εν σειρά τροχούς). Κατά τα λοιπά διαδικασία ως FAA.
UFC ARMY (Τυπ.)	<u>Εύκαμπτα τμήματα:</u> Διελεύσεις αεροσκαφών (20 έτη), απαιτούμενο πάχος οδοστρώματος, επιτρεπόμενες διελεύσεις ως προς το μέγιστο απαιτούμενο πάχος οδοστρώματος, λόγος επιτρεπόμενων διελεύσεων για τον υπολογισμό συντελεστή αναγωγής. <u>Δύσκαμπτα τμήματα:</u> Ως FAA
UFC ARMY (Εκτ.)	Ως FAA
FAA USING A/C	-
UK USER A/C	Ως UK
UK (από LCN)	Απεριόριστες διελεύσεις λόγω του LCN

Στην περίπτωση της μεθόδου της UK, το πλήθος των ισοδύναμων διελεύσεων μεταξύ του εύκαμπτου και δύσκαμπτου τμήματος κάθε οδοστρώματος είναι διαφορετικό, διότι στους υπολογισμούς της ισοδύναμης κυκλοφορίας υπεισέρχεται το ACN των αεροσκαφών, το οποίο είναι διαφορετικό στο εύκαμπτο οδόστρωμα σε σχέση με το δύσκαμπτο, για το ίδιο αεροσκάφος. Τα παραπάνω ACN, μέσω του λόγου τους προς το ACN του κρίσιμου αεροσκάφους χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των συντελεστών FMTF και RMTF, οι οποίοι απαιτούνται για τον υπολογισμό των ισοδύναμων διελεύσεων.

Στην περίπτωση του αεροδρομίου που εξετάζεται, το γεγονός αυτό δε διαδραματίζει κανένα ρόλο ως προς τη αριθμητική τιμή του PCN που υπολογίζεται τελικά, διότι στους

²⁹ Flexible Mixed Traffic Factor - Rigid Mixed Traffic Factor

υπολογισμούς υπεισέρχεται το ελάχιστο επίπεδο της προβλεπόμενης κυκλοφορίας (10.000), η οποία είναι μεγαλύτερη από κάθε επιμέρους ισοδύναμη κυκλοφορία. Για τη συγκεκριμένη μέθοδο, δεν ισχύει το ίδιο στην περίπτωση που το PCN δεν υπολογίζεται τεχνικά (T) αλλά με τη μέθοδο του χρησιμοποιούμενου αεροσκάφους (U), οπότε και εφαρμόζεται η υπολογισθείσα ισοδύναμη κυκλοφορία. Σε κάθε περίπτωση, η διαδικασία υπολογισμού για το εύκαμπτο και το δύσκαμπτο οδόστρωμα διαφέρει, οπότε ακόμη και αν το πλήθος των διελεύσεων στο εύκαμπτο και το δύσκαμπτο οδόστρωμα ήταν ίδιο, δε θα είχε κανένα νόημα η σύγκριση των PCN μεταξύ των δύο τμημάτων του οδοστρώματος. Τα παραπάνω αναφέρονται απλώς για να επισημάνουν τη συγκεκριμένη διαφοροποίηση της μεθόδου UK από τις άλλες μεθόδους.

Στην εμπειρική και στη νέα μέθοδο της FAA, το πλήθος των ισοδύναμων διελεύσεων της κεντρικής κίνησης του κυρίως Δ/Π είναι διαφορετικό από αυτό που αντιστοιχεί στην κεντρική κίνηση του νότιου Π/Τ, σε αντίθεση με ότι συμβαίνει για την παράπλευρη κίνηση. Αυτό συμβαίνει λόγω της επικάλυψης των ιχνών των ελαστικών των αεροσκαφών της κεντρικής κίνησης με αυτά των αεροσκαφών της παράπλευρης κίνησης, λόγω του μικρότερου πλάτους του νότιου Π/Τ σε σχέση με τον κυρίως Δ/Π.

Στην περίπτωση της εμπειρικής και νέας μεθόδου της FAA, το πλήθος των ισοδύναμων διελεύσεων είναι ταυτόσημο, διότι ο υπολογισμός τους γίνεται με τον ίδιο τρόπο. Διαφοροποίηση ως προς το παραπάνω, υπάρχει όσον αφορά στο δύσκαμπτο τμήμα του κυρίως Δ/Π και του νότιου Π/Τ, καθώς κατά τον υπολογισμό του απαιτούμενου πάχους οδοστρώματος για κάθε αεροσκάφος, προέκυψαν διαφορετικά κρίσιμα αεροσκάφη μεταξύ των μεθόδων. Αυτό συνέβη λόγω της μικρότερης ακρίβειας υπολογισμού με τη χρήση των διαγραμμάτων, σε σχέση με τον υπολογισμό με χρήση του λογισμικού COMFAA, καθώς και λόγω της διαφορετικής ανηγμένης τιμής του δείκτη K του εδάφους.

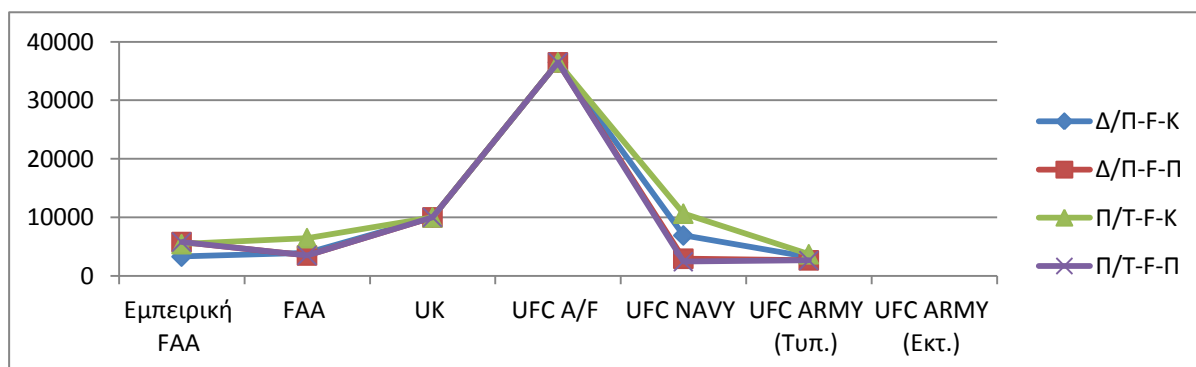
Στον πίνακα 7.17 παρατίθενται αυτούσιες οι διελεύσεις των αεροσκαφών, όπως εισάγονται στους υπολογισμούς. Προκειμένου να αποδίδεται ο κυκλοφοριακός φόρτος σε πιο συγκρίσιμα μεγέθη, στον πίνακα που ακολουθεί καταγράφονται οι ισοδύναμες διελεύσεις (Coverages), οι οποίες καταπονοούν τις κρίσιμες περιοχές των οδοστρωμάτων. Για το σκοπό αυτό, όπου απουσιάζει, ενσωματώνεται η διάρκεια ζωής του οδοστρώματος (20 έτη) και ο λόγος P/C, ο οποίος εφαρμόζεται επί των ισοδύναμων διελεύσεων του κρίσιμου αεροσκάφους.

Για την περίπτωση της μεθόδου της UK, διευκρινίζεται ότι η εφαρμογή του διαγράμματος γίνεται για τις ισοδύναμες διελεύσεις στις οποίες έχει ληφθεί υπόψη ο λόγος P/C. Συγκεκριμένα, οι 10.000 διελεύσεις, που αποτελούν τη μικρότερη επιλογή για εφαρμογή

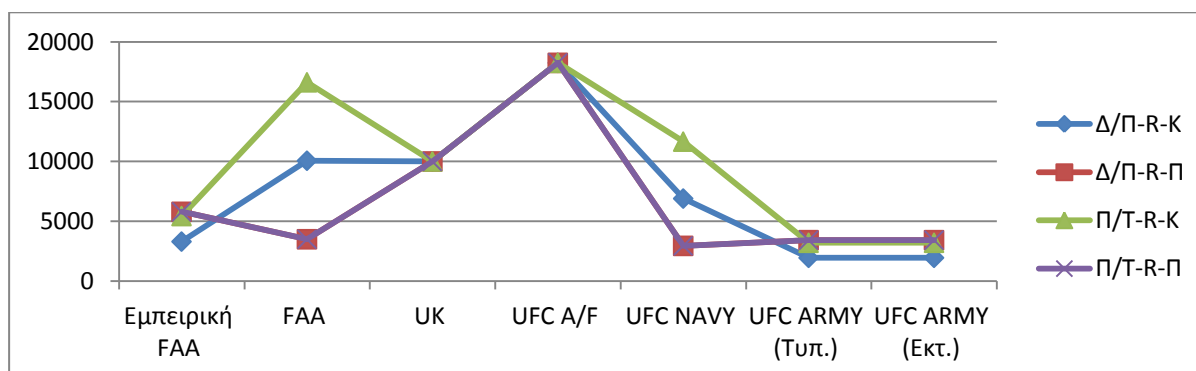
του διαγράμματος, όπως αναγράφεται στο εγχειρίδιο της μεθόδου εμπεριέχουν το λόγο P/C και ως εκ τούτου προσεγγίζουν την πραγματικότητα περισσότερο από τις άλλες επιλογές.

Πίνακας 7.21: Πλήθος ισοδύναμων διελεύσεων (Coverages)

Μέθοδος κατάταξης	Ισοδύναμες διελεύσεις (Coverages) σε 20 χρόνια							
	Κυρίως Δ/Π				Νότιος Π/Τ			
	Εύκαμπτο τμήμα		Δύσκαμπτο τμήμα		Εύκαμπτο τμήμα		Δύσκαμπτο τμήμα	
	Κεντρ.	Παράπλ.	Κεντρ.	Παράπλ.	Κεντρ.	Παράπλ.	Κεντρ.	Παράπλ.
Εμπειρική FAA	3.301	5.788	3.301	5.788	5.436	5.788	5.436	5.788
FAA	3.922	3.494	10.063	3.494	6.459	3.494	16.620	3.494
UK	10.000 (2.388)	10.000 (3.457)	10.000 (2.206)	10.000 (2.983)	10.000 (3.151)	10.000 (3.457)	10.000 (2.584)	10.000 (2.983)
UFC A/F	36.496	36.496	18.248	18.248	36.496	36.496	18.248	18.248
UFC NAVY	6.421/ 6.917	2.940	6.898	2.940	10.638	2.424	11.661	2.940
UFC ARMY (Τυπ.)	3.228	2.666	1.944	3.418	3.705	2.640	3.200	3.418
UFC ARMY (Εκτ.)	-	-	1.944	3.418	-	-	3.200	3.418
FAA USING A/C	-	-	-	-	-	-	-	-
UK USER A/C	-	-	-	-	3.151	3.457	2.584	2.983
UK (από LCN)	-	-	-	-	Απεριόριστες			



Σχήμα 7.14: Ισοδύναμες διελεύσεις κρίσιμων αεροσκαφών, εύκαμπτα τμήματα οδοστρωμάτων



Σχήμα 7.15: Ισοδύναμες διελεύσεις κρίσιμων αεροσκαφών, δύσκαμπτα τμήματα οδοστρωμάτων

Προκειμένου να γίνουν ευκολότερα αντιληπτές οι τιμές του πίνακα 7.21 για τις ισοδύναμες διελεύσεις, απεικονίζονται γραφικά στα σχήματα 7.14, 7.15. Υπενθυμίζεται ότι οι ισοδύναμες διελεύσεις αφορούν στα κατά περίπτωση κρίσιμα αεροσκάφη, τα οποία διαθέτουν διαφορετικό σύστημα τροχών. Ωστόσο, ενσωματώνεται κατά το δυνατό όλη η υπόλοιπη πληροφορία (διάρκεια ζωής οδοστρώματος, λόγος P/C).

7.6.6 Διαμόρφωση του συστήματος τροχών

Ο υπολογισμός του PCN, ανάλογα με τη μέθοδο που εφαρμόζεται, γίνεται για τα αεροσκάφη που αναφέρθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο. Πέραν των άλλων χαρακτηριστικών, η διαμόρφωση του συστήματος τροχών των αεροσκαφών διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο τελικά εξαγόμενο αποτέλεσμα. Για παράδειγμα, το PCN που προκύπτει με τη μέθοδο της UFC NAVY, καθορίζεται από τα γκρουπ 1 και 2 που περιλαμβάνουν αεροσκάφη με μονό ή ζεύγος τροχών αντίστοιχα και όχι από το γκρουπ 3 που περιλαμβάνει το C-130 με διπλούς εν σειρά τροχούς.

Στην παραπάνω διαδικασία, παρόλο που έγινε αναγωγή όλης της σύνθεσης κυκλοφορίας σε αεροσκάφη με διαφορετικές διαμορφώσεις τροχών το εξαγόμενο PCN σε κάθε περίπτωση προέκυψε διαφορετικό. Για επιβεβαίωση της ανωτέρω παρατήρησης παρατίθενται ενδεικτικά στη συνέχεια πίνακες στους οποίους φαίνεται το PCN που υπολογίστηκε για κάθε γκρουπ. Υπενθυμίζεται ότι το FLIP PCN είναι το μέγιστο.

Πίνακας 7.22: Υπολογιζόμενο PCN εύκαμπτου τμήματος για κάθε γκρουπ με τη μέθοδο UFC NAVY

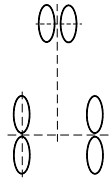
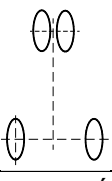
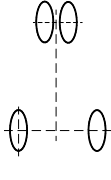
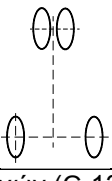
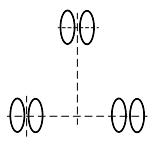
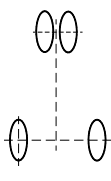
	Κυρίως Δ/Π		Νότιος Π/Τ	
	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο	Εύκαμπτο
	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία
PCN γκρουπ 1 (F-14)	113	89	187	189
PCN γκρουπ 2 (P-3)	113	103	141	143
PCN γκρουπ 3 (C-130)	101	90	103	102
max PCN (FLIP)	113	103	187	189

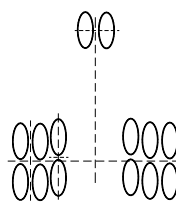
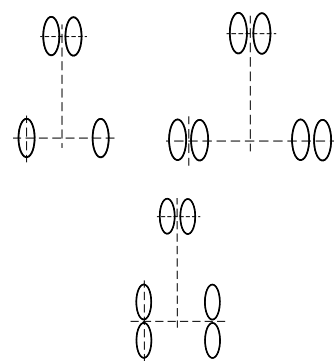
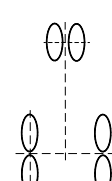
Πίνακας 7.23: Υπολογιζόμενο PCN δύσκαμπτου τμήματος για κάθε γκρουπ με τη μέθοδο UFC NAVY

	Κυρίως Δ/Π		Νότιος Π/Τ	
	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο	Δύσκαμπτο
	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία	Κεντρική κυκλοφορία	Παράπλευρη κυκλοφορία
PCN γκρουπ 1 (F-14)	57	58	56	58
PCN γκρουπ 2 (P-3)	85	86	83	86
PCN γκρουπ 3 (C-130)	63	64	62	64
max PCN (FLIP)	85	86	83	86

Στον πίνακα που ακολουθεί καταγράφεται η διαμόρφωση του συστήματος τροχών των κρίσιμων αεροσκαφών, ανάλογα με τη μέθοδο που εφαρμόζεται.

Πίνακας 7.24: Διαμόρφωση συστήματος τροχών κρίσιμων αεροσκαφών

Διαμόρφωση του συστήματος τροχών		
Μέθοδος κατάταξης	Κεντρική κίνηση	Παράπλευρη κίνηση
Εμπειρική FAA	Διπλοί εν σειρά τροχοί (C-130) για τον υπολογισμό του απαιτούμενου πάχους οδοστρώματος  Απλός τροχός με διπλάσιες διελεύσεις (C-130 τροπ.1) στον υπολογισμό ισοδύναμων διελεύσεων, μέγιστου επιτρεπόμενου βάρους και PCN 	Απλός τροχός (F-4) 
FAA	<u>Εύκαμπτα τμήματα</u> Ως Εμπειρική FAA <u>Δύσκαμπτα τμήματα</u> Απλός τροχός (F-4) 	Ως Εμπειρική FAA
UK	Ζεύγος τροχών (C-130 τροπ. 2)  (Παραδοχή της μεθόδου ότι ισοδύναμο σύστημα τροχών με τους διπλούς εν σειρά είναι οι διπλοί τροχοί)	Απλός τροχός (F-4) 

UFC A/F	Δύο τριπλοί εν σειρά τροχοί (C-17) 	Ως UFC A/F κεντρική κίνηση
UFC NAVY	Απλός τροχός (F-14), ζεύγος τροχών (P-3), διπλοί εν σειρά τροχοί (C-130) 	Ως UFC NAVY κεντρική κίνηση
UFC ARMY (Τυπ.)	Διπλοί εν σειρά τροχοί (C-130) 	Απλός τροχός (F-4)
UFC ARMY (Εκτ.)	Ως UFC ARMY (Τυπ.)	Ως UFC ARMY (Τυπ.)
FAA USING A/C	Ως UFC ARMY (Τυπ.)	Ως UFC ARMY (Τυπ.)
UK USER A/C	Ως UK	Ως UK
UK (από LCN)	Δεν εξαρτάται από το σύστημα τροχών	

Όσον αφορά στον υπολογισμό του απαιτούμενου πάχους με την εμπειρική μέθοδο της FAA, για το αεροσκάφος C-27, λόγω της μη ύπαρξης σχετικών διαγραμμάτων, ενσωματώθηκε η παραδοχή της χρήσης ενός ισοδύναμου αεροσκάφους, το οποίο φέρει ένα τροχό σε κάθε σκέλος και πραγματοποιεί διελεύσεις διπλάσιες από τις πραγματικές (υπό το φορτίο που αναλογεί σε κάθε έναν από τους διπλούς εν σειρά τροχούς του πραγματικού αεροσκάφους). Η παραπάνω παραδοχή χρησιμοποιήθηκε και για τον υπολογισμό των ισοδύναμων διελεύσεων του C-130, όμως στην περίπτωση αυτή όχι λόγω της μη ύπαρξης σχετικού διαγράμματος υπολογισμού, αλλά λόγω απουσίας κατάλληλου συντελεστή, ο οποίος χρησιμοποιείται κατά τη μετατροπή των διελεύσεων αεροσκαφών με μονό τροχό σε ισοδύναμες διελεύσεις αεροσκάφους με διπλούς εν σειρά τροχούς.

Ο εν λόγω συντελεστής απουσιάζει και στη νέα μέθοδο της FAA, γεγονός που καθιστά αναγκαία τη χρήση της παραπάνω παραδοχής για το C-130. Ωστόσο, σημειώνεται ότι δεν είναι εφικτό να εφαρμοστεί αντίστροφα η παραπάνω παραδοχή, με διπλασιασμό των ισοδύναμων διελεύσεων και χρήση του κανονικού C-130, διότι κατά τη διάρκεια υπολογισμού του PCN με το πρόγραμμα COMFAA, λόγω του μικρού πλήθους των κινήσεων και του μεγάλου πάχους του οδοστρώματος, σε ορισμένες περιπτώσεις εμφανίζεται μήνυμα σφάλματος (run-time error '9').

7.6.7 Ποσοστό του βάρους που παραλαμβάνει το κύριο σύστημα τροχών

Το ποσοστό βάρους του αεροσκάφους που παραλαμβάνεται από το κύριο σύστημα τροχών επηρεάζει την τιμή του υπολογιζόμενου PCN. Ωστόσο, οι διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των μεθόδων είναι μικρές και καταγράφονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 7.25: Ποσοστό βάρους κρίσιμου αεροσκάφους στο κύριο σύστημα τροχών (κεντρική κυκλοφορία)

	Ποσοστό του βάρους του αεροσκάφους (%)	
Μέθοδος κατάταξης	Εύκαμπτο τμήμα	Δύσκαμπτο τμήμα
Εμπειρική FAA	95	95
FAA	95	90 (λόγω F-4)
UK	96	96
UFC A/F	(92)	(92)
UFC NAVY	(83/95)	(83/95)
UFC ARMY (Τυπ.)	90	90
UFC ARMY (Εκτ.)	-	90
FAA USING A/C	95 (διότι εμπλέκεται το ACN του κρίσιμου αεροσκάφους)	95 (διότι εμπλέκεται το ACN του κρίσιμου αεροσκάφους)
UK USER A/C	96 (διότι εμπλέκεται το ACN του κρίσιμου αεροσκάφους)	96 (διότι εμπλέκεται το ACN του κρίσιμου αεροσκάφους)
UK (από LCN)	Δεν εξαρτάται από το υπόψη ποσοστό	

Πίνακας 7.26: Ποσοστό βάρους κρίσιμου αεροσκάφους στο κύριο σύστημα τροχών (παράπλευρη κυκλοφορία)

	Ποσοστό του βάρους του αεροσκάφους (%)	
Μέθοδος κατάταξης	Εύκαμπτο τμήμα	Δύσκαμπτο τμήμα
Εμπειρική FAA	90 (με κατάλληλη αναγωγή στο 95% για εφαρμογή των διαγραμμάτων)	90 (με κατάλληλη αναγωγή στο 95% για εφαρμογή των διαγραμμάτων)
FAA	90	90
UK	87,6	87,6

	Ποσοστό του βάρους του αεροσκάφους (%)	
Μέθοδος κατάταξης	Εύκαμπτο τμήμα	Δύσκαμπτο τμήμα
UFC A/F	(92)	(92)
UFC NAVY	(83/95)	(83/95)
UFC ARMY (Τυπ.)	90	90
UFC ARMY (Εκτ.)	-	90
FAA USING A/C	90 (διότι εμπλέκεται το ACN του κρίσιμου αεροσκάφους)	90 (διότι εμπλέκεται το ACN του κρίσιμου αεροσκάφους)
UK USER A/C	87,6 (διότι εμπλέκεται το ACN του κρίσιμου αεροσκάφους)	87,6 (διότι εμπλέκεται το ACN του κρίσιμου αεροσκάφους)
UK (από LCN)	Δεν εξαρτάται από το υπόψη ποσοστό	

Τα εντός παρένθεσης ποσοστά, αφορούν σε αεροσκάφη διαφορετικά των C-130 και F-4 που είναι κρίσιμα για τις μεθόδους της FAA και UK και UFC ARMY και συγκεκριμένα σε αεροσκάφη C-17, P-3 και F-14, κατά περίπτωση.

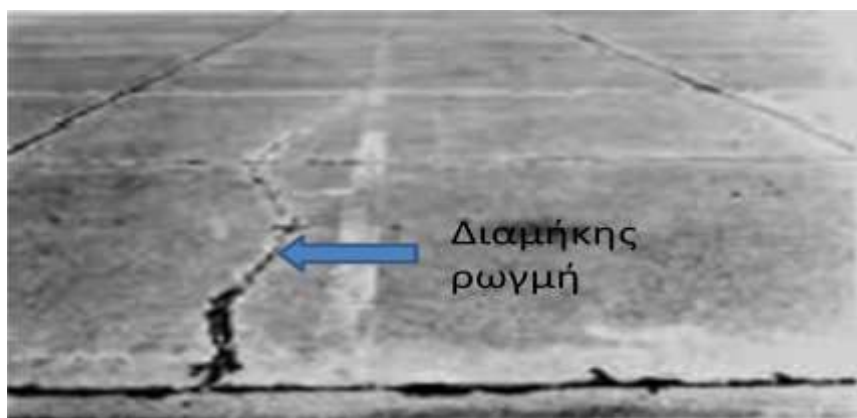
7.6.8 Τμήμα φορτιζόμενης πλάκας

Όσον αφορά στα δύσκαμπτα οδοστρώματα, το τμήμα της πλάκας που καταπονείται και χρησιμοποιείται για τους υπολογισμούς, ενδέχεται να διαφέρει. Ειδικότερα, σε κάποιες μεθόδους εξετάζεται η καταπόνηση της πλάκας στο μέσον της, ενώ σε άλλες στα άκρα τους. Στον ακόλουθο πίνακα αποτυπώνεται η διάκριση αυτή.

Πίνακας 7.27: Τμήμα της πλάκας που καταπονείται

Μέθοδος κατάταξης	Φόρτιση της πλάκας στο/α:
Εμπειρική FAA	Μέσον (- Άκρα)
FAA	Μέσον - Άκρα
UK	Μέσον
UFC A/F	Άκρα
UFC NAVY	Μέσον
UFC ARMY (Τυπ.)	Άκρα
UFC ARMY (Εκτ.)	Άκρα
FAA USING A/C	Μέσον
UK USER A/C	-
UK (από LCN)	-

Σχηματικά, η περίπτωση φόρτισης στο μέσον ή στα άκρα της πλάκας, έχει τα αποτελέσματα που εικονίζονται στα σχήματα 7.16 και 7.17.



Σχήμα 7.16: Αποτελέσματα φόρτισης στο μέσον της πλάκας σκυροδέματος



Σχήμα 7.17: Αποτελέσματα φόρτισης στα άκρα της πλάκας σκυροδέματος

Ειδικά για τη μέθοδο της FAA, θα πρέπει να αναφερθεί ότι στο πρόγραμμα COMFAA, στη λειτουργία (mode) υπολογισμού του ACN χρησιμοποιούνται κριτήρια εσωτερικής φόρτισης της δύσκαμπτης πλάκας, ενώ στη λειτουργία υπολογισμού του πάχους του οδοστρώματος εφαρμόζονται κριτήρια φόρτισης στο άκρο της πλάκας. Στη διαδικασία υπολογισμού του PCN περιλαμβάνονται και τα δύο στάδια και ως εκ τούτου λαμβάνονται υπόψη και οι δύο τρόποι φόρτισης. Στην εμπειρική μέθοδο της FAA, υπάρχει προαιρετικά η χρήση διαγραμμάτων όπου λαμβάνονται υπόψη κριτήρια φόρτισης του άκρου της πλάκας. Η περίπτωση αυτή αφορά κυρίως σημεία στα οποία η διέλευση των αεροσκαφών γίνεται με πολύ χαμηλή ταχύτητα και υπό συγκεκριμένη δυσμενή γωνία ως προς τον αρμό, ανάλογα με τη διαμόρφωση του συστήματος τροχών του αεροσκάφους.

7.6.9 Κριτήρια διάρκειας ζωής οδοστρώματος

Όπως αναφέρθηκε σε σχετικό κεφάλαιο, η διάρκεια ζωής ενός δύσκαμπτου οδοστρώματος θεωρείται εκτεταμένη, όταν μετά την πάροδο των ετών για τα οποία έχει σχεδιαστεί, το 50% των πλακών θα έχουν σπάσει σε περίπου 6 κομμάτια, ενώ στην τυπική διάρκεια ζωής

θεωρείται αποδεκτή η θραύση των πλακών σε 2 ή 3 κομμάτια. Στον πίνακα 7.28 φαίνονται τα κριτήρια όπως λαμβάνονται σε κάθε μέθοδο.

Πίνακας 7.28: Κριτήρια διάρκειας ζωής οδοστρώματος

Μέθοδος κατάταξης	Διάρκεια ζωής οδοστρώματος
Εμπειρική FAA	Τυπική
FAA	Τυπική
UK	Τυπική
UFC A/F	Εκτεταμένη
UFC NAVY	Τυπική
UFC ARMY (Τυπ.)	Τυπική
UFC ARMY (Εκτ.)	Εκτεταμένη
FAA USING A/C	Τυπική
UK USER A/C	Τυπική
UK (από LCN)	Τυπική (λόγω LCN)

Ενδεικτικά, η κατάσταση του 50% των πλακών σκυροδέματος, κατά την εφαρμογή κριτηρίων τυπικής ή εκτεταμένης διάρκειας ζωής, απεικονίζεται στα σχήματα 7.18 και 7.19.



Σχήμα 7.18: Ενδεικτική κατάσταση πλάκας σκυροδέματος (τυπική διάρκεια ζωής)

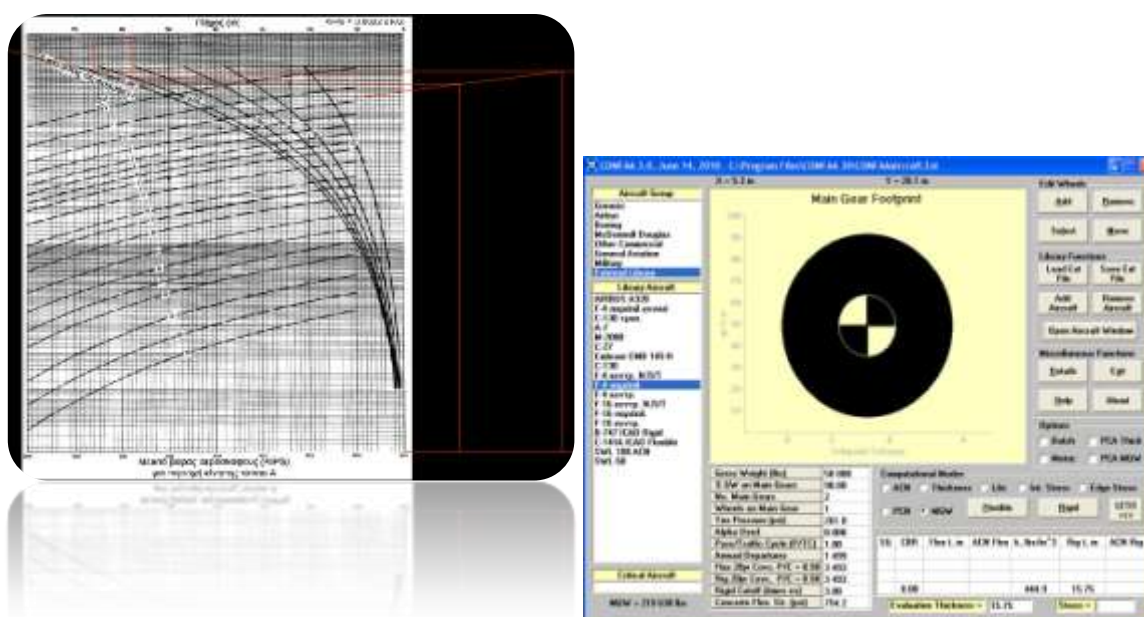


Σχήμα 7.19: Ενδεικτική κατάσταση πλάκας σκυροδέματος (εκτεταμένη διάρκεια ζωής)

7.6.10 Ακρίβεια εφαρμογής μεθόδου

Οι διαφορές στα εξαγόμενα αποτελέσματα οφείλονται εν μέρει στη χαμηλή ακρίβεια εφαρμογής με τη βοήθεια νομογραφημάτων, συγκριτικά με τη χρήση λογισμικού όπως το COMFAA, ιδιαίτερα όταν η εφαρμογή των μεθόδων γίνεται πέραν των ορίων τους (μικρός αριθμός πτήσεων - μεγάλο πάχος οδοστρώματος). Το παραπάνω πρόβλημα εντείνεται καθώς τα νομογραφήματα δεν είναι γραμμικά, με συνέπεια οι μεγάλες επεκτάσεις των διαγραμμάτων να εμπεριέχουν μεγάλη πιθανότητα σφάλματος. Ιδιαίτερα στην εμπειρική μέθοδο της FAA, τα διαγράμματα έχουν μικρά επιτρεπόμενα βάρη και PCN λόγω των χαρακτηριστικών των αεροσκαφών της εποχής σύνταξης της συγκεκριμένης μεθόδου. Η κατασκευή νέων, πιο απαιτητικών αεροσκαφών οδήγησε σε επέκταση των ορίων εφαρμογής της μεθόδου, με παράλληλη αντικατάσταση των νομογραφημάτων από λογισμικό.

Στο σχήμα που έπεται, είναι εμφανής η διαφορά στην ακρίβεια εφαρμογής της εμπειρικής FAA και της σύγχρονης εκδοχής της, ενώ ταυτόχρονα διαφαίνεται η πιθανότητα σφάλματος κατά την εφαρμογή των μεθόδων που εφαρμόζονται εκτός του πεδίου ορισμού των νομογραφημάτων τους.



Σχήμα 7.20: Σύγκριση εφαρμογής εμπειρικής και σύγχρονης FAA

7.6.11 Διακριτές - Συνεχείς τιμές μεταβλητών

Στην εμπειρική μέθοδο της FAA, η πίεση των αεροθαλάμων των τροχών και οι αποστάσεις των τροχών των αεροσκαφών, που χρησιμοποιούνται κατά την παραγωγή των διαγραμμάτων έχουν διακριτές τιμές και σχετίζονται άμεσα με το βάρος του αεροσκάφους. Αυτό συμβαίνει σε αντίθεση με τους υπολογισμούς που γίνονται με το πρόγραμμα COMFAA

στο οποίο η εισαγωγή των στοιχείων γίνεται αριθμητικά και με βάση τις πραγματικές τιμές, με αποτέλεσμα τα δεδομένα να προσεγγίζουν καλύτερα πραγματικότητα. Ενδεικτικά, τίθεται στη συνέχεια ο πίνακας με τον οποίο αντιστοιχίζεται το βάρος των αεροσκαφών με την πίεση των αεροθαλάμων των τροχών και την απόσταση των τροχών στην περίπτωση ζεύγους τροχών, στην εμπειρική μέθοδο της FAA.

Πίνακας 7.29: Αντιστοιχία μεικτού βάρους αεροσκάφους - πίεσης αεροθαλάμων τροχών για ζεύγος τροχών

Μεικτό βάρος (Kg)	Πίεση τροχών (MPa)	Απόσταση μεταξύ των τροχών (cm)
22.700	0,55	51
34.000	0,76	53
45.400	0,97	58
68.000	1,10	76
90.700	1,38	86

Σε ότι αφορά στη μέθοδο της UFC, ως προς τις αποστάσεις μεταξύ των τροχών και την πίεση των αεροθαλάμων των τροχών, ενδεικτικά αναφέρεται ότι στο νομογράφημα της μεθόδου, για τον υπολογισμό του πάχους δύσκαμπτου οδοστρώματος (πχ για απλό τροχό), η πίεση λαμβάνει συνεχείς τιμές. Αντίθετα, η απόσταση μεταξύ των τροχών (πχ για διπλούς τροχούς) είναι συγκεκριμένη και η εφαρμογή του διαγράμματος για αεροσκάφος διαφορετικό από το αναγραφόμενο αναμένεται να παρουσιάσει συγκεκριμένη απόκλιση στις υπολογιζόμενες τάσεις, η οποία κυμαίνεται σε $\pm 6-12\%$ κατά περίπτωση.

Στη μέθοδο της UK τα παραπάνω δεδομένα (πίεση, αποστάσεις τροχών) υπεισέρχονται έμμεσα στα διαγράμματα υπολογισμών μέσω του ACN, η τιμή του οποίου θεωρείται αξιόπιστη, καθώς υπολογίζεται από τις αεροπορικές εταιρίες με ακρίβεια. Διαφοροποιήσεις αυτού του τύπου παρατηρούνται κατά περίπτωση σε όλες τις μεθόδους.

7.6.12 Άλλοι περιορισμοί

Στη μέθοδο της UK, για το εύκαμπτο τμήμα των οδοστρωμάτων, υφίσταται περιορισμός αναφορικά με τους τύπους των αεροσκαφών που επιτρέπεται να χρησιμοποιήσουν το οδόστρωμα στην περίπτωση που το πάχος του ασφαλικού είναι μικρότερο από 125 mm. Συγκεκριμένα, στην περίπτωση αυτή το οδόστρωμα δεν επιτρέπεται να υποστηρίξει

αεροσκάφη με PCN μεγαλύτερο του 50. Στο αεροδρόμιο που εξετάζεται, το πάχος του ασφαλτικού είναι 120 mm και ως εκ τούτου η αριθμητική τιμή του PCN περιορίζεται οριακά στην παραπάνω τιμή.

Στη μέθοδο της FAA, στο δύσκαμπτο τμήμα του κυρίως Δ/Π, η κατηγορία του εδάφους είναι D, σε αντιδιαστολή με την κατηγορία του εδάφους των λοιπών μεθόδων που είναι C. Το παραπάνω αφορά σε δύο μόνο τιμές του PCN, οι οποίες δε δύναται να συγκριθούν με αυτές των υπόλοιπων μεθόδων, καθώς αναφέρονται σε διαφορετική εδαφική κατηγορία και δεν υφίσταται επιστημονικά αποδεκτή μέθοδος αναγωγής. Το πλήθος των υπόψη τιμών είναι μικρό σε σχέση με το σύνολο των τιμών που έχουν υπολογιστεί και ως εκ τούτου επηρεάζουν σε μικρό βαθμό τα συμπεράσματα της εργασίας. Ωστόσο, η μετέπειτα αναγωγή του δείκτη K του εδάφους στην επιφάνεια της υπόβασης, λόγω του σχετικά μεγάλου πάχους του οδοστρώματος οδηγεί σε τιμές του K_{eff} οι οποίες συγκλίνουν προς αυτές της εμπειρικής μεθόδου της FAA. Το παραπάνω, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι στα δύσκαμπτα οδοστρώματα η αστοχία καθορίζεται κυρίως από την πλάκα σκυροδέματος, είναι δυνατό να επιτρέψει (προσεγγιστικά και κατά παραδοχή) τη σύγκριση των παραπάνω τιμών της μεθόδου της FAA με αυτές των άλλων μεθόδων.

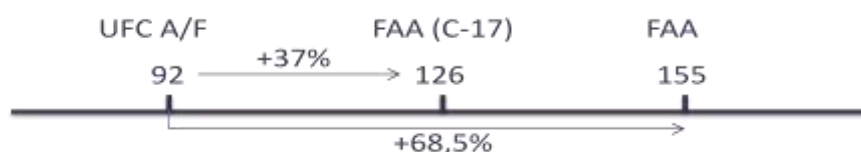
7.7 Εφαρμογή Μεθόδων υπό τις Ίδιες Αρχικές Συνθήκες

Η εφαρμογή των επιμέρους μεθόδων με τις ίδιες ακριβώς αρχικές συνθήκες, αποκλείοντας την οποιαδήποτε διαφοροποίηση ως προς τις παραδοχές τους, είναι δύσκολο να πραγματοποιηθεί. Ωστόσο, κατέστη δυνατή η εφαρμογή της μεθόδου της FAA, με τα δεδομένα (CBR, πάχος οδοστρώματος, κρίσιμο αεροσκάφος, διελεύσεις, λόγο P/C) της UFC A/F, δηλαδή χωρίς να υφίσταται κανένας από τους παράγοντες στους οποίους αποδίδονται παραπάνω οι παρατηρούμενες αποκλίσεις και χωρίς περαιτέρω παραδοχές. Ενώ αναμένεται να προκύψει το ίδιο αποτέλεσμα, δεδομένου ότι οι μέθοδοι αναπτύσσονται υπό την ίδια τεχνική βάση, οι τιμές του PCN που εξάγονται από τις δύο μεθόδους, διαφέρουν σημαντικά. Οι τιμές του PCN, κατά περίπτωση, εικονίζονται στο σχήμα 7.21 και έχουν ως ακολούθως:

Μέθοδος UFC A/F (χωρίς προσαύξηση του πάχους του οδοστρώματος): 92

Μέθοδος FAA (με δεδομένα UFC A/F - χωρίς προσαύξηση πάχους): 126

Μέθοδος FAA (κανονική εφαρμογή - πραγματική κυκλοφορία): 155



Σχήμα 7.21: Περιοχή ερμηνείας αποτελεσμάτων

Η διαφορά κατά 34 μονάδες είναι δυνατό να αποδοθεί μόνο στις αποκλίσεις του μαθηματικού μοντέλου κατασκευής των νομογραφημάτων από τον αλγόριθμο του COMFAA, ενώ μόνο οι υπόλοιπες 29 στους παράγοντες που έχουν ήδη επισημανθεί. Πρόκειται για μια διαφορά που δεν είναι δυνατό να αξιολογηθεί χωρίς τη γνώση του τρόπου σύνταξης των διαγραμμάτων των μεθόδων, καθώς και του αλγόριθμου του προγράμματος COMFAA.

8 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ - ΕΠΙΛΟΓΗ PCN

8.1 Γενικά

Στο παρόν κεφάλαιο επιχειρείται η ορθολογική λήψη απόφασης ως προς την τιμή του PCN που είναι καταλληλότερη για δημοσίευση στο AIP. Η απόφαση είναι δυνατό να ληφθεί από τον αρμόδιο φορέα του αεροδρομίου, με κριτήρια που δεν αποσκοπούν στην εξασφάλιση της προβλεπόμενης, κατά το σχεδιασμό, διάρκειας ζωής των οδοστρωμάτων. Ωστόσο, είναι δυνατό κατά την κρίση του αρμόδιου μηχανικού, να γίνει ποιοτική αξιολόγηση των μεθόδων, από την οποία θα προκύψει μια διαφορετική τιμή PCN, που θα εκφράζει καλύτερα την πραγματική φέρουσα ικανότητα των οδοστρωμάτων. Βέβαια, κρίνεται σκόπιμο να εξεταστεί και μια προσέγγιση κατά την οποία θα λαμβάνεται υπόψη μια επιπλέον πληροφορία, η οποία προκύπτει από κατάλληλη επεξεργασία των αποτελεσμάτων των μεθόδων.

8.2 Κρίση Μηχανικού - Απλοποίηση Αναφερόμενων Στοιχείων

Σύμφωνα με τη συνήθη πρακτική, η τιμή του PCN που δημοσιεύεται στο AIP, αφορά σε κάθε κύριο διάδρομο του αεροδρομίου. Στο αεροδρόμιο που εξετάζεται, επειδή ο νότιος Π/Τ εκτός από τροχόδρομο αποτελεί και εφεδρικό διάδρομο, αλλά και επειδή εξυπηρετεί εξολοκλήρου την κίνηση των αεροσκαφών μέχρι την παράδοση του κυρίως Δ/Π στην κυκλοφορία, το PCN που οφείλει να δημοσιευτεί αφορά και αυτόν. Επιπλέον, δεδομένου ότι τα υπόψη οδοστρώματα αποτελούνται από εύκαμπτο και δύσκαμπτο τμήμα και εφόσον δεν είναι δυνατή η σύγκριση του PCN μεταξύ εύκαμπτων και δύσκαμπτων οδοστρωμάτων προκειμένου να επιλεγεί το δυσμενέστερο, το PCN που θα δημοσιευτεί θα αφορά και τους δύο τύπους οδοστρωμάτων. Το παραπάνω επιβάλλεται καθώς λόγω της γεωμετρίας και της κατασκευής του κυρίως Δ/Π και του νότιου Π/Τ, γενικά δεν είναι δυνατή η χρήση μόνον του εύκαμπτου ή μόνο του δύσκαμπτου τμήματός τους και ως εκ τούτου το κριτήριο $ACN \leq PCN$ θα πρέπει να τηρείται ταυτόχρονα και για τους δύο τύπους οδοστρωμάτων.

Με απλή σύγκριση των αποτελεσμάτων των PCN που έχουν υπολογιστεί τεχνικά και μη, προκύπτει ότι τα δεύτερα είναι χαμηλότερα. Ωστόσο, δεδομένου ότι η τεχνική μέθοδος κατάταξης αποτελεί μια σημαντικά πιο ακριβή διαδικασία από τον καθορισμό του PCN με τη χρήση μη τεχνικών μεθόδων (χρησιμοποιούμενου αεροσκάφους κλπ), για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, αλλά και προκειμένου να γίνει καλύτερη αξιοποίηση και εκμετάλλευση των δυνατοτήτων του αεροδρομίου, δε θα συνυπολογιστούν οι μη τεχνικές μέθοδοι κατά τον καθορισμό της προς δημοσίευση τιμής του PCN. Σημειώνεται ότι το συγκεκριμένο αεροδρόμιο δεν αξιοποιείται πλήρως, αφού όλη η τρέχουσα κυκλοφορία δύναται να

εξυπηρετηθεί ακόμη και εάν δημοσιευτούν τα χαμηλότερα PCN από τις τεχνικές μεθόδους που έχουν εφαρμοστεί.

Όσον αφορά στο γεγονός ότι για το ίδιο οδόστρωμα, πχ. εύκαμπτο τμήμα του Δ/Π, γίνεται κατά πλάτος διαχωρισμός ανάλογα με την κυκλοφορία που υφίσταται (κεντρική ή παράπλευρη) και προκειμένου να μην υπάρχει πολυπλοκότητα ως προς τα στοιχεία που θα δημοσιευτούν, επιλέγεται κατά περίπτωση το μικρότερο PCN, προς την πλευρά της ασφάλειας. Βέβαια, είναι δυνατό τα πλήρη στοιχεία να διατεθούν στην Αρχή του αεροδρομίου, ώστε να επιτραπεί κατά περίπτωση η χρήση των οδοστρωμάτων και από αεροσκάφη με μεγαλύτερα ACN (πέραν της περίπτωσης υπερφόρτωσης, με τους περιορισμούς που τίθενται).

8.3 Λήψη Απόφασης από το Φορέα του Αεροδρομίου

Για τον υπολογισμό του PCN, δεν υπάρχει περιορισμός ως προς τη μέθοδο που θα εφαρμοστεί. Το γεγονός αυτό προσφέρει ευελιξία στο φορέα του αεροδρομίου, ώστε να δημοσιεύσει τις τιμές του PCN που έχουν προκύψει από την εφαρμογή οιασδήποτε από τις μεθόδους που έχουν αναπτυχθεί, δεδομένου ότι δεν υπάρχει κάποια εθνική μέθοδος. Ωστόσο, επειδή ο υπολογισμός του PCN προκύπτει κατά μία έννοια ως αντίστροφη εφαρμογή της μεθόδου σχεδιασμού, είναι δόκιμο να χρησιμοποιηθεί η ανάλογη μέθοδος. Για το υπό εξέταση αεροδρόμιο δεν υφίστανται σχετικά στοιχεία από τα οποία να προκύπτει η μέθοδος σχεδιασμού, γεγονός που αναιρεί την ανωτέρω «υποχρέωση».

Σύμφωνα με τα παραπάνω, ο φορέας του αεροδρομίου δύναται να αξιοποιήσει την ευελιξία που του προσφέρεται και να αποφασίσει με κριτήρια οικονομοτεχνικά, στρατηγικά και άλλα που πιθανόν σχετίζονται με τις υποχρεώσεις που απορρέουν από τις ανάγκες του φορέα χρηματοδότησης της κατασκευής του διαδρόμου. Η κατ' αυτόν τον τρόπο λήψη απόφασης δε διασφαλίζει την εικοσαετή λειτουργία του διαδρόμου, χωρίς την απαίτηση σημαντικών επεμβάσεων, ωστόσο είναι αποδεκτή.

8.4 Ποιοτική Σύγκριση Μεθόδων (1^η Προσέγγιση)

Αξιοποιώντας την εμπειρία εφαρμογής των επιμέρους μεθόδων, είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί μια ποιοτική σύγκριση και αξιολόγηση, με βάση την οποία επιλέγονται οι μέθοδοι, που θεωρείται ότι ανταποκρίνονται καλύτερα στις υφιστάμενες συνθήκες. Τα στάδια της σύγκρισης απαριθμούνται στη συνέχεια.

(1) Εμπειρική μέθοδος της FAA: Η υπόψη μέθοδος παρουσιάζει τα πιο συντηρητικά αποτελέσματα εν συγκρίσει με όλες τις υπόλοιπες μεθόδους. Δεδομένου ότι υπάρχει νεότερη έκδοση της μεθόδου και επειδή κατά την εφαρμογή της απαιτήθηκε μεγάλη επέκταση των

νομογραφημάτων της, γεγονός που συνεπάγεται μείωση της ακρίβειας ιδίως συγκριτικά με την ακρίβεια εφαρμογής της σύγχρονης εκδοχής της, τα αποτελέσματα που εξάγει κρίνονται λιγότερο αξιόπιστα από αυτά της εξελιγμένης μεθόδου της FAA και διαγράφονται.

(2) UFC A/F - κυκλοφορία: Η κυκλοφορία που καταπονεί τα οδοστρώματα δεν είναι η πραγματική και ως εκ τούτου οδηγεί σε μη ρεαλιστικά αποτελέσματα.

(3) Περιορισμός της μεθόδου UK για τα εύκαμπτα οδοστρώματα: Το όριο των 12,5 cm όσον αφορά στο πάχος του ασφαλτικού, που τίθεται από τη μέθοδο της UK, για χρήση των εύκαμπτων οδοστρωμάτων από αεροσκάφη με PCN>50, δεν απέχει σημαντικά από το υφιστάμενο πάχος των 12 cm. Συγκεκριμένα, η απόκλιση είναι της τάξης του 4%, η οποία είναι φαινομενικά μικρή. Δεδομένου ότι, το όριο των 12,5 cm τίθεται απευθείας, χωρίς προηγούμενο υπολογισμό, εκτιμάται ότι για την επιλογή του λαμβάνεται η δυσμενέστερη πιθανή περίπτωση, ενώ υπεισέρχονται και κάποιοι συντελεστές ασφαλείας. Έτσι, λόγω της μικρής απόκλισης από το όριο αυτό, εκτιμάται ότι πρώτα θα εξαντληθεί η φέρουσα ικανότητα του εδάφους και έπειτα θα αστοχήσει η ασφαλτική στρώση.

Άλλωστε, σε άλλες μεθόδους τίθενται λιγότερο αυστηρά όρια ως προς το απαιτούμενο πάχος του ασφαλτικού. Συγκεκριμένα, στη μέθοδο UFC A/F, όπου ο σχεδιασμός γίνεται για πολλές διελεύσεις δυσμενών αεροσκαφών (100.000 διελεύσεις F-15, 400.000 διελεύσεις C-17 και 400 διελεύσεις B-52), η απαίτηση σε πάχος ασφαλτικού περιορίζεται στα 10,16 cm (για περιοχές κίνησης τύπου A, B, σε αεροδρόμια μεσαίου τύπου με CBR βάσης ίσο με 100) [15]. Επισημαίνεται ότι το B-52 έχει ACN μεγαλύτερο του 50 που θέτει ως περιορισμό η μέθοδος της UK και γενικότερα μεγάλο ACN σε σχέση με όλα τα αεροσκάφη που έχουν κατασκευαστεί μέχρι σήμερα. Σύμφωνα με τα παραπάνω και δεδομένου ότι πρόκειται για κατάταξη και όχι για αξιολόγηση, οι τιμές του PCN που προκύπτουν ως αποτέλεσμα του ως άνω περιορισμού, για τα εύκαμπτα οδοστρώματα, δε λαμβάνονται υπόψη.

(4) Ασφάλεια Πτήσεων: Δεδομένου ότι πρόκειται για στρατιωτικό αεροδρόμιο και επειδή τα πολεμικά αεροσκάφη που επιχειρούν από αυτό αναρροφούν με μεγάλη ευκολία αντικείμενα από το οδόστρωμα, ο κίνδυνος δημιουργίας FOD λαμβάνεται σοβαρά υπόψη. Η μέθοδος UFC του στρατού εφαρμόζεται για τυπική και εκτεταμένη διάρκεια ζωής των οδοστρωμάτων. Η διαφορά ως προς τη διάρκεια ζωής έγκειται στο βαθμό καταστροφής των πλακών σκυροδέματος, μετά την παρέλευση του επιθυμητού χρόνου εκμετάλλευσης των οδοστρωμάτων (20 έτη), χωρίς την απαίτηση εκτεταμένης συντήρησης ή ανακατασκευής. Ειδικότερα, σύμφωνα με το κριτήριο αστοχίας για την τυπική διάρκεια ζωής, προβλέπεται κατάτμηση του 50% των πλακών ΔΕ-7 σε 2-3 κομμάτια, έναντι των 6 τεμαχίων που προβλέπονται για την εκτεταμένη διάρκεια ζωής των οδοστρωμάτων. Είναι προφανές ότι οι

πλάκες σκυροδέματος που έχουν υποστεί θραύση σε 6 κομμάτια αποτελούν σημαντική πηγή FOD (εφόσον δεν υπόκεινται σε διαρκή έλεγχο και συντήρηση) και ως εκ τούτου τα αποτελέσματα εφαρμογής της μεθόδου, για εκτεταμένη διάρκεια ζωής των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων απορρίπτονται.

(5) Μέθοδος της FAA για F: Οι τιμές του PCN που υπολογίζονται με την υπόψη μέθοδο, κρίνονται πολύ υψηλές στα εύκαμπτα οδοστρώματα, ενώ θεωρείται ότι αυξάνουν απότομα (πολύ μεγάλη αύξηση στο νότιο Π/Τ συγκριτικά με τον κυρίως Δ/Π, για αύξηση του πάχους του οδοστρώματος κατά 25 cm περίπου). Δεδομένου ότι η εφαρμογή γίνεται με το λογισμικό COMFAA και όχι με κάποιο διάγραμμα, εκτιμάται ότι οι υπολογισμοί γίνονται σε οριακές συνθήκες, οπότε τα αποτελέσματα είναι αναξιόπιστα. Επίσης, η παραδοχή ως προς το σύστημα τροχών στα εύκαμπτα οδοστρώματα (καθώς στα δύσκαμπτα οδοστρώματα κρίσιμο είναι το F-4), συνεπάγεται μειωμένη επιβάρυνσή τους και συνεπώς αύξηση των τιμών του PCN. Για τους παραπάνω λόγους προτιμώνται τα αποτελέσματα των άλλων μεθόδων.

(6) Μέθοδος της UK στα R: Στη συγκεκριμένη μέθοδο, η κυκλοφορία παρουσιάζεται αυξημένη σε σχέση με την πραγματική, ενώ γίνεται αποδεκτή η παραδοχή ισοδυναμίας των διπλών εν σειρά τροχών με διπλούς τροχούς στην κεντρική κίνηση. Για τους παραπάνω λόγους κρίνεται ότι δεν εκφράζεται επαρκώς η πραγματική κατάσταση της φόρτισης και ως εκ τούτου δεν προτιμάται ούτε στα δύσκαμπτα οδοστρώματα, συγκρινόμενη με τις υπόλοιπες μεθόδους.

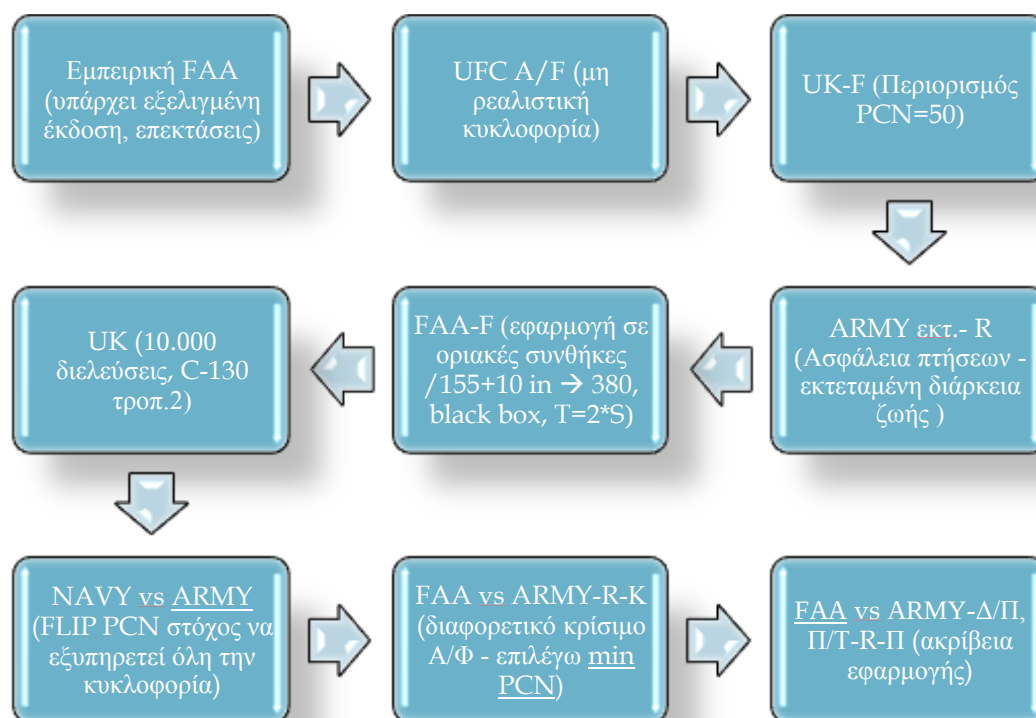
(7) Σύγκριση UFC NAVY (FLIP PCN) - ARMY: Σύμφωνα με τη μέθοδο NAVY, επιλέγεται το μέγιστο PCN για δημοσίευση, προκειμένου να είναι δυνατό να εξυπηρετηθεί όλη η κυκλοφορία. Όμως στις άλλες μεθόδους απώτερο σκοπό αποτελεί η προστασία των οδοστρωμάτων, καθώς επιδιώκεται να αποδοθεί η πραγματική τους φέρουσα ικανότητα. Άρα, συγκριτικά με τη UFC ARMY προτιμάται η 2^η.

(8) Σύγκριση FAA - UFC ARMY για Δ/Π, Π/Τ-R-Π: Στα δύσκαμπτα οδοστρώματα, η εφαρμογή της UFC έγινε με χρήση της ισοδύναμης κυκλοφορίας όπως προκύπτει με εφαρμογή της μεθόδου της FAA. Η δυνατότητα αυτή αφενός προβλέπεται από τη μέθοδο και αφετέρου επιτρέπει μεγαλύτερη ακρίβεια ως προς τα εξαγόμενα αποτελέσματα (δε μεσολαβούν διαγράμματα κλπ όπως αναλύονται σε σχετική παράγραφο). Όσον αφορά στην κεντρική κίνηση, το κρίσιμο αεροσκάφος στις δύο μεθόδους ήταν διαφορετικό. Συγκεκριμένα, ήταν το F-4 για την FAA και το C-130 για τη UFC ARMY, τα οποία τονίζεται ότι έχουν διαφορετικό σύστημα τροχών. Το κρίσιμο αεροσκάφος και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις προσδιορίστηκε ως εκείνο που απαιτεί το μεγαλύτερο πάχος οδοστρώματος. Από τα παραπάνω και δεδομένου ότι οι μέθοδοι στηρίζονται στην ίδια τεχνική βάση, προκύπτει ότι το πραγματικά κρίσιμο αεροσκάφος, κατά περίπτωση, δύναται να προσδιοριστεί ως αυτό από

το οποίο εξάγεται το μικρότερο PCN. Για το λόγο αυτό, μεταξύ των δύο μεθόδων και όσον αφορά στην κεντρική κίνηση διαγράφονται τα μεγαλύτερα από τα αποτελέσματα.

(9) Σύγκριση FAA - UFC ARMY για Δ/Π, Π/Τ-R-Π: Στα συγκεκριμένα οδοστρώματα επιλέγεται η τιμή που εξάγεται από την FAA, λόγω της ακρίβειας εφαρμογής της καθώς δε γίνεται χρήση γραφικών μεθόδων υπολογισμού, ενώ εισάγονται οι ακριβείς τιμές των παραμέτρων (συνεχείς - όχι διακριτές τιμές), λόγω της χρήσης του COMFAA. Επισημαίνεται ακόμη, ότι η εξαγωγή ακραίων αποτελεσμάτων από τη μέθοδο της FAA στα εύκαμπτα οδοστρώματα δε σχετίζεται με την ακρίβειά της, αλλά με την εφαρμογή της σε οριακές συνθήκες, αναφορικά με τη μικρή εφαρμοζόμενη κυκλοφορία και το μεγάλο πάχος των οδοστρωμάτων.

Στη συνέχεια συνοψίζονται, κωδικοποιημένα, τα επιμέρους κριτήρια.



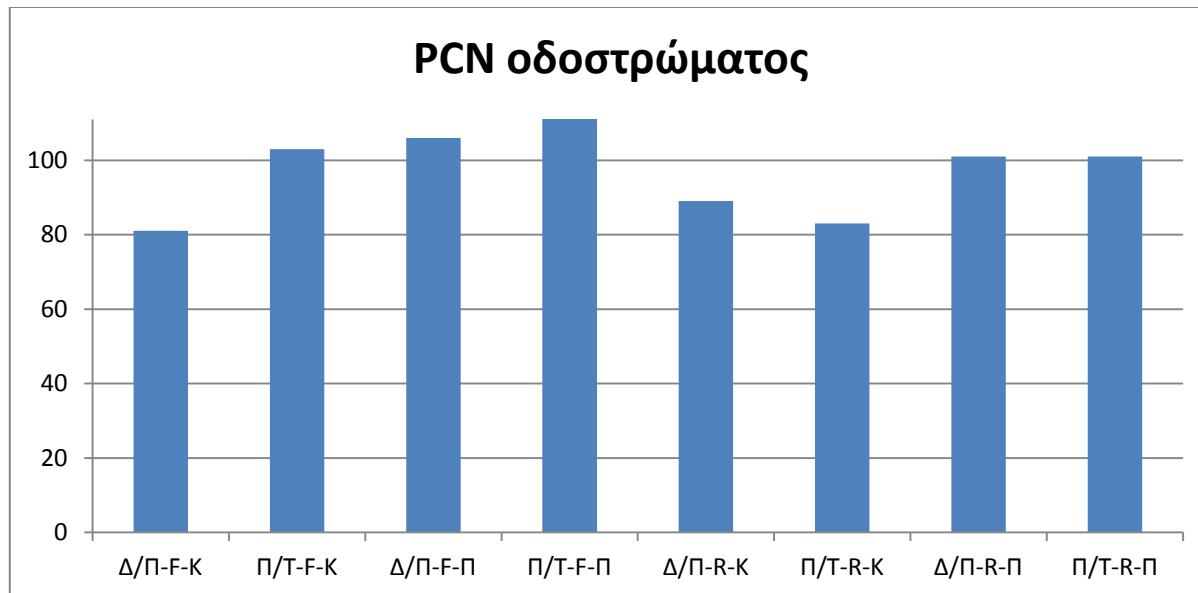
Σχήμα 8.1: Κριτήρια 1^{ης} προσέγγισης

Στον πίνακα που ακολουθεί διαγράφονται συγκεκριμένες τιμές, σύμφωνα με τις επιταγές των παραπάνω παραγόντων, ενώ δίπλα σε κάθε τιμή, αναγράφεται εντός παρένθεσης ο αύξων αριθμός του σχετικού κριτηρίου που εφαρμόζεται. Οι τιμές που παραμένουν τονίζονται και αντιπροσωπεύουν την πραγματική φέρουσα ικανότητα των οδοστρωμάτων.

Πίνακας 8.1: Τιμές PCN τεχνικών μεθόδων

Οδόστρωμα	Εμπειρική FAA	FAA	UK	UFC A/F	UFC NAVY	UFC ARMY (Τυπ.)	UFC ARMY (Εκτ.)
Δ/Π-F-K	42 (1)	155 (5)	50 (3)	97 (2)	113 (7)	81	-
Π/Τ-F-K	56 (1)	380 (5)	50 (3)	134 (2)	187 (7)	103	-
Δ/Π-F-Π	37 (1)	118 (5)	50 (3)	80 (2)	103 (7)	106	-
Π/Τ-F-Π	116 (1)	323 (5)	50 (3)	129 (2)	189 (7)	145	-
Δ/Π-R-K	43 (1)	89 ³⁰	83 (6)	62 (2)	85 (7)	106 (9)	153 (4)
Π/Τ-R-K	39 (1)	83	88 (6)	62 (2)	83 (7)	101 (9)	143 (4)
Δ/Π-R-Π	39 (1)	101 ³¹	80 (6)	62 (2)	86 (7)	75 (8)	106 (4)
Π/Τ-R-Π	39 (1)	101	88 (6)	62 (2)	86 (7)	75 (8)	106 (4)

Οι τιμές του πίνακα 8.1 απεικονίζονται στο σχήμα 8.2.



Σχήμα 8.2: PCN ανά οδόστρωμα

³⁰ Εδαφική κατηγορία D

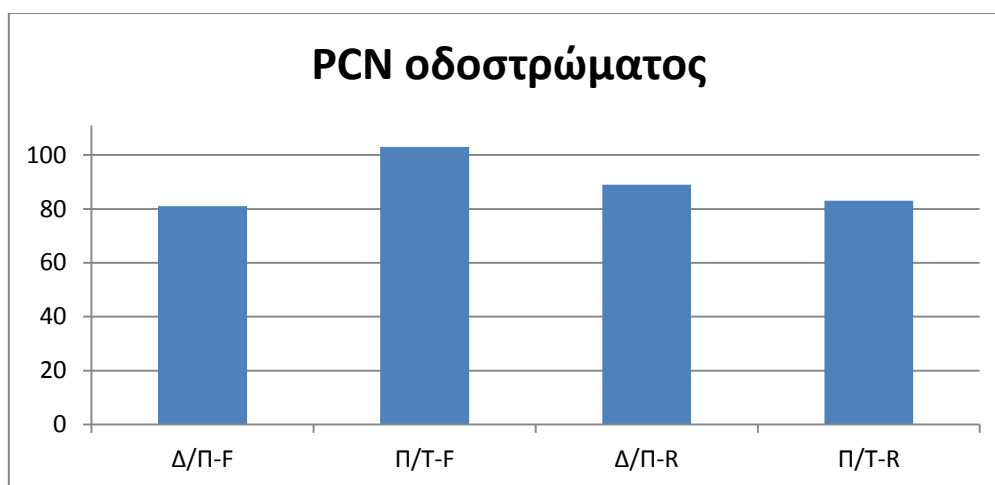
³¹ Εδαφική κατηγορία D

Προκειμένου να προκύψει απλοποίηση των τιμών που θα αναφερθούν, ο κατά πλάτος διαχωρισμός της κυκλοφορίας συμπύσσεται υπέρ της ασφάλειας και προκύπτει ο πίνακας 8.2, στον οποίο φαίνεται και η προέλευση της κάθε τιμής.

Πίνακας 8.2: Τιμές PCN ανά οδόστρωμα

Οδόστρωμα	Εμπειρική FAA	FAA	UK	UFC A/F	UFC NAVY	UFC ARMY (Τυπ.)	UFC ARMY (Εκτ.)
Δ/Π-F						81	
Π/Τ-F						103	
Δ/Π-R		89					
Π/Τ-R		83					

Ακολουθεί η γραφική απεικόνιση των παραπάνω αποτελεσμάτων.



Σχήμα 8.3: PCN ανά οδόστρωμα

Εάν αποφασιστεί η δημοσίευση μίας τιμής PCN για ολόκληρο το αεροδρόμιο, τότε υπέρ της ασφάλειας επιλέγεται η χαμηλότερη τιμή μεταξύ του κυρίως Δ/Π και του νότιου Π/Τ. Για τα εύκαμπτα τμήματα, επειδή η εδαφική κατηγορία είναι διαφορετική, εφαρμόζεται το ακόλουθο σκεπτικό. Μια ιδιότητα που παρατηρείται στο ACN των περισσότερων αεροσκαφών και η οποία προκύπτει από τον ορισμό του, είναι η αύξηση της αριθμητικής τιμής του ACN, καθώς υποβαθμίζεται το έδαφος ως προς την κατηγορία του. Η ιδιότητα αυτή, παραστατικά εικονίζεται στο σχήμα 8.4.



Σχήμα 8.4: Ιδιότητα του ACN των αεροσκαφών

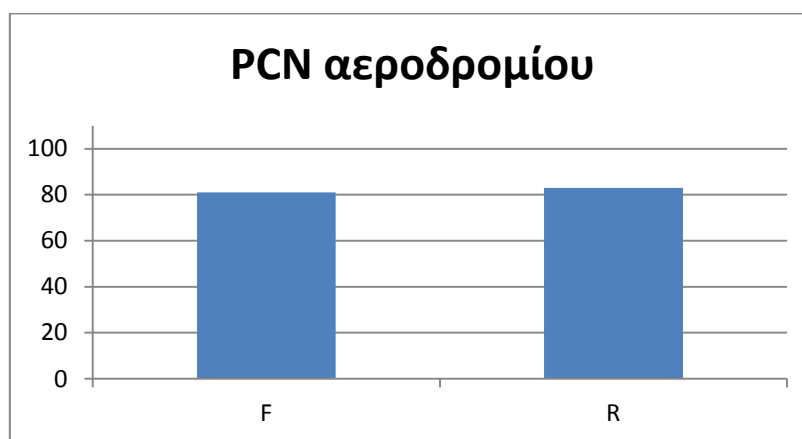
Στο συγκεκριμένο σχήμα παρατηρείται ότι η ασθενέστερη εδαφική κατηγορία αντιστοιχεί σε μεγαλύτερο PCN, γεγονός που καθιστά δυνατό τον προσδιορισμό της δυσμενέστερης περίπτωσης (υπέρ της ασφάλειας). Στην προκειμένη περίπτωση, στο εύκαμπτο τμήμα του κυρίως Δ/Π, η εδαφική κατηγορία αναφέρεται σε ασθενέστερο έδαφος, συγκριτικά με το νότιο Π/Τ, ενώ ταυτόχρονα η αριθμητική τιμή του PCN είναι μικρότερη, γεγονός που καθιστά τον κυρίως Δ/Π δυσμενέστερη περίπτωση από το νότιο Π/Τ.

Ωστόσο, δεν είναι δυνατό να παραληφθεί ο διαχωρισμός ανά τύπο οδοστρώματος (εύκαμπτο - δύσκαμπτο), με αποτέλεσμα να εξαχεται ο ακόλουθος πίνακας.

Πίνακας 8.3: Τιμές PCN για ολόκληρο το αεροδρόμιο

Οδόστρωμα	PCN
F	81
R	83

Το τελικό αποτέλεσμα φαίνεται στο επόμενο διάγραμμα.



Σχήμα 8.5: PCN αεροδρομίου, ανά τύπο οδοστρώματος

Στη συνέχεια γίνεται επεξεργασία των αποτελεσμάτων, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για την εφαρμογή της δεύτερης προσέγγισης.

8.5 Επεξεργασία των Αποτελεσμάτων

8.5.1 Εφαρμογή Dixon's Q-test

Το συγκεκριμένο τεστ εφαρμόζεται προκειμένου να εντοπιστούν ενδεχόμενες ακραίες τιμές³² του PCN, για συγκεκριμένο οδόστρωμα, όπως προκύπτουν από την εφαρμογή των μεθόδων.

Ειδικότερα, για κάθε οδόστρωμα το PCN διατάσσεται κατ' αύξουσα τιμή, υπολογίζεται η «πειραματική τιμή Q» ή $Q_{\text{πειρ.}}$, η οποία δίδεται από τους τύπους που ακολουθούν και γίνεται σύγκριση αυτής με πρότυπο πίνακα της μεθόδου για το επιθυμητό επίπεδο εμπιστοσύνης. Το σύνηθες πλήθος των τιμών για εφαρμογή της υπόψη μεθόδου, είναι 3-10 περίπου.

$$Q_{\text{πειρ.}} = \frac{X_2 - X_1}{X_N - X_1} \quad (\text{Εξίσωση 8.1})$$

και

$$Q_{\text{πειρ.}} = \frac{X_N - X_{N-1}}{X_N - X_1} \quad (\text{Εξίσωση 8.2})$$

Ο πίνακας κρίσιμων τιμών, ανάλογα με το επίπεδο εμπιστοσύνης είναι ο ακόλουθος.

Πίνακας 8.4: Κρίσιμες τιμές $Q_{\text{κρίσ.}}$

N	$Q_{\text{κρίσ.}}$ (CL: 90%)	$Q_{\text{κρίσ.}}$ (CL: 95%)	$Q_{\text{κρίσ.}}$ (CL: 99%)
3	0,941	0,970	0,994
4	0,765	0,829	0,926
5	0,642	0,710	0,821
6	0,560	0,625	0,740
7	0,507	0,568	0,680
8	0,468	0,526	0,634
9	0,437	0,493	0,598
10	0,412	0,466	0,568

Στον πίνακα που ακολουθεί εξετάζονται οι ακραίες τιμές του PCN για κάθε οδόστρωμα. Εάν $Q_{\text{κρίσ.}} < Q_{\text{πειρ.}}$, τότε η τιμή χαρακτηρίζεται ως έκτροπη και απορρίπτεται.

³² outliers

Πίνακας 8.5: Dixon's Q-test

	N	Q _{κρίσ.} (90%)	Q _{κρίσ.} (95%)	Q _{πειρ.1}	Q _{πειρ.2}	Παρατηρήσεις
Δ/Π-F-K	6	0,56	0,625	0,071	0,372	-
Δ/Π-F-Π	6	0,56	0,625	0,160	0,148	-
Δ/Π-R-K	6	0,56	0,625	0,173	0,427	-
Δ/Π-R-Π	6	0,56	0,625	0,343	0,299	-
Π/Τ-F-K	6	0,56	0,625	0,018	0,585	0,585>0,56
Π/Τ-F-Π	6	0,56	0,625	0,242	0,491	-
Π/Τ-R-K	7	0,507	0,568	0,221	0,404	-
Π/Τ-R-Π	7	0,507	0,568	0,343	0,075	-

Από τον πίνακα 8.5 προκύπτει ότι για το εύκαμπτο τμήμα του νότιου Π/Τ και ειδικότερα για την κεντρική κίνηση, η μεγαλύτερη αριθμητική τιμή του PCN θα πρέπει να αποκλειστεί σύμφωνα με το Q-test του Dixon. Η τιμή που αποκλείεται είναι το 380 και έχει υπολογιστεί με τη μέθοδο της FAA. Με τον παραπάνω έλεγχο, δε λαμβάνεται υπόψη το σύνολο της διαθέσιμης πληροφορίας, καθώς τόσο το εύρος των τιμών, όσο και τα πειραματικά Q, διαμορφώνονται από τις 2 μικρότερες και τις 2 μεγαλύτερες τιμές του PCN ανά οδόστρωμα, παραλείποντας τις άλλες 2 ή 3 τιμές κατά περίπτωση. Για το λόγο αυτό είναι δυνατή η εφαρμογή παρόμοιων ελέγχων, ενώ προτιμάται (και υλοποιείται στην επόμενη παράγραφο) ο υπολογισμός του διαστήματος εμπιστοσύνης της μέσης τιμής, με τη συνδρομή της κατανομής Student (t), η εφαρμογή της οποίας είναι εφικτή και για μικρό πλήθος τιμών χωρίς την παραδοχή της κανονικότητας.

8.5.2 Μέσος όρος τιμών PCN

Ο υπολογισμός της μέσης τιμής του PCN, αποτελεί μια διαφορετική προσέγγιση της τιμής του PCN που αντιπροσωπεύει τη φέρουσα ικανότητα των οδοστρωμάτων. Ωστόσο, επειδή οι αριθμητικές τιμές παρουσιάζουν μεγάλη διασπορά, κρίνεται σκόπιμος και ο υπολογισμός του σχετικού διαστήματος εμπιστοσύνης.

Από τον πίνακα 8.6, φαίνεται το μέγεθος της διασποράς των τιμών του PCN. Η διασπορά ανά μέθοδο είναι σχετικά μεγάλη ($CV > 0,2$), όπως αναμένεται, καθώς εφαρμόζεται σε οδοστρώματα με διαφορετικά χαρακτηριστικά.

Πίνακας 8.6: Μέσος όρος PCN ανά μέθοδο

	Μέση τιμή PCN	Τυπική απόκλιση δείγματος	Συντελεστής μεταβλητότητας (CV ³³)	Παρατηρήσεις	n
Εμπειρική FAA	51,4	26,8	0,52	CV>0,2	8
FAA	193,3	126,1	0,65	CV>0,2	6
UK	67,4	18,8	0,28	CV>0,2	8
UFC A/F	86,0	30,7	0,36	CV>0,2	8
UFC NAVY	116,5	45,3	0,39	CV>0,2	8
UFC ARMY (Τυπ.)	99,0	23,0	0,23	CV>0,2	8
UFC ARMY (Εκτ.)	127,0	24,6	0,19		4

Από τους πίνακες 8.7, 8.8, προκύπτει ότι η διασπορά των τιμών του PCN οφείλεται κυρίως στα εύκαμπτα οδοστρώματα, καθώς για τα δύσκαμπτα ο συντελεστής μεταβλητότητας είναι αρκετά μικρός. Αυτό σημαίνει ότι με εφαρμογή των επιμέρους μεθόδων στα δύσκαμπτα οδοστρώματα εξάγονται σχετικά παραπλήσιες τιμές.

Αξίζει, επίσης, να αναφερθεί ότι η μέθοδος της FAA στα εύκαμπτα οδοστρώματα εξάγει σημαντικά μεγαλύτερες τιμές από τις άλλες μεθόδους (Μ.Ο.=244 έναντι του Μ.Ο.=148 της μεθόδου από την οποία εξάγεται ο αμέσως μικρότερος μέσος όρος).

Πίνακας 8.7: Μέσος όρος PCN ανά μέθοδο για εύκαμπτα οδοστρώματα

	Μέση τιμή PCN	Τυπική απόκλιση δείγματος	Συντελεστής μεταβλητότητας (CV)	Παρατηρήσεις	n
Εμπειρική FAA	63	36,4	0,58	CV>0,2	4
FAA	244	127,2	0,52	CV>0,2	4
UK	50	0,0	0,00		4
UFC A/F	110	25,9	0,24	CV>0,2	4
UFC NAVY	148	46,4	0,31	CV>0,2	4
UFC ARMY (Τυπ.)	109	26,6	0,24	CV>0,2	4
UFC ARMY (Εκτ.)	-	-	-	-	2

³³ Coefficient of Variation= σ/μ

Πίνακας 8.8: Μέσος όρος PCN ανά μέθοδο για δύσκαμπτα οδοστρώματα

	Μέση τιμή PCN	Τυπική απόκλιση δείγματος	Συντελεστής μεταβλητότητας (CV)	Παρατηρήσεις	n
Εμπειρική FAA	40,0	2,0	0,05	CV≤0,1	4
FAA	92,0	12,7	0,14	CV<0,2	2
UK	84,8	4,0	0,05	CV≤0,1	4
UFC A/F	62,0	0,0	0,0	CV≤0,1	4
UFC NAVY	85,0	1,4	0,02	CV≤0,1	4
UFC ARMY (Τυπ.)	89,3	16,6	0,19	CV<0,2	4
UFC ARMY (Εκτ.)	127,0	24,6	0,19	CV<0,2	2

Ωστόσο, μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο έλεγχος της μέσης τιμής του PCN που εξάγεται από τις μεθόδους ανά οδόστρωμα, καθώς τα αποτελέσματα σχετίζονται με σταθερά γεωμετρικά χαρακτηριστικά του οδοστρώματος. Ο πίνακας που ακολουθεί περιλαμβάνει τα εν λόγω αποτελέσματα, καθώς και δείκτες αναφορικά με τη διασπορά των τιμών.

Πίνακας 8.9: Μέσος όρος PCN ανά οδόστρωμα

	Μέση τιμή PCN	Τυπική απόκλιση δείγματος	Συντελεστής μεταβλητότητας (CV)	Παρατηρήσεις	n
Δ/Π-F-K	89,7	41,9	0,47	CV>0,2	6
Δ/Π-F-Π	82,3	32,8	0,40	CV>0,2	6
Δ/Π-R-K	88,7	38,2	0,43	CV>0,2	6
Δ/Π-R-Π	75,7	22,7	0,30	CV>0,2	6
Π/Τ-F-K	151,7	122,9	0,81	CV>0,2	6
Π/Τ-F-Π	158,7	92,3	0,58	CV>0,2	6
Π/Τ-R-K	85,6	32,4	0,38	CV>0,2	7
Π/Τ-R-Π	79,6	23,3	0,29	CV>0,2	7

Στις παρατηρήσεις του πίνακα 8.9, φαίνεται ότι η διασπορά των τιμών του PCN είναι σχετικά μεγάλη (CV>0,2), οπότε το PCN δε δύναται να χαρακτηριστεί ως χαμηλής μεταβλητότητας, ώστε η μέση τιμή του να είναι αντιπροσωπευτική της πραγματικής

φέρουσας ικανότητας των οδοστρωμάτων, όπως θα αναμενόταν δεδομένου ότι πρόκειται για εξαγόμενα μεθόδων που επεξεργάζονται τα ίδια δεδομένα και στηρίζονται στην ίδια τεχνική βάση.

Επειδή το πλήθος των τεχνικών μεθόδων που εφαρμόστηκαν για κάθε οδόστρωμα είναι μικρό και σχεδόν ίσο με τις υφιστάμενες αναγνωρισμένες και ευρέως διαδεδομένες μεθόδους, δεν είναι δυνατό να προσεγγίσουμε την κατανομή των αποτελεσμάτων τους με την κανονική κατανομή (το Κεντρικό Οριακό Θεώρημα προϋποθέτει την ύπαρξη τουλάχιστον 30 τιμών προκειμένου να γίνει η ανωτέρω παραδοχή). Ωστόσο, είναι δυνατή η εφαρμογή της κατανομής Student ή κατανομής t , στην οποία λαμβάνεται υπόψη το πλήθος του δείγματος μέσω των βαθμών ελευθερίας (ν), οι οποίοι είναι κατά ένας λιγότεροι σε σχέση με το πλήθος του δείγματος, δηλ. $\nu=n-1$. Στην περίπτωση που εξετάζεται, δεν είναι γνωστή η διακύμανση του πληθυσμού και για το λόγο αυτό η εκτίμησή της γίνεται από τη διακύμανση του τυχαίου δείγματος, προκειμένου να υπολογιστεί τελικά ένα διάστημα εμπιστοσύνης για τον αριθμητικό μέσο μ . Ως εκτιμήτρια συνάρτηση της σ^2 χρησιμοποιείται η δειγματική διακύμανση S^2 , σύμφωνα με τον τύπο που ακολουθεί [17].

$$S^2 = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1} \quad (\text{Εξίσωση 8.3})$$

Ως τυχαία μεταβλητή λαμβάνεται η παρακάτω, η οποία ακολουθεί την κατανομή Student.

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}} \quad (\text{Εξίσωση 8.4})$$

Είναι δυνατός ο προσδιορισμός δύο αριθμών, των $-t_\alpha$ και t_α , κατά τρόπο ώστε το εμβαδόν που περιλαμβάνεται μεταξύ τους να είναι ίσο με $(1-\alpha)$, όπου α το επίπεδο σημαντικότητας, δηλαδή:

$$P \quad -t_{\nu,\alpha} < t < t_{\nu,\alpha} = 1-\alpha \quad (\text{Εξίσωση 8.5})$$

και με αντικατάσταση της μεταβλητής t :

$$P \left\{ -t_{\nu,\alpha} < \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}} < t_{\nu,\alpha} \right\} = 1-\alpha \quad (\text{Εξίσωση 8.6})$$

$$P \left\{ \bar{X} - t_{v,\alpha} \frac{S}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + t_{v,\alpha} \frac{S}{\sqrt{n}} \right\} = 1 - \alpha \quad (\text{Εξίσωση 8.7})$$

Αφού η παραπάνω πιθανότητα είναι $(1-\alpha)$, προφανώς η πιθανότητα εκτός του παραπάνω διαστήματος είναι α , δηλαδή:

$$P \ t \geq t_{v,\alpha} + P \ t \leq -t_{v,\alpha} = \alpha \quad (\text{Εξίσωση 8.8})$$

Επισημαίνεται ότι, οι πινακοποιημένες τιμές της πιθανότητας, δίδονται με βάση την εξίσωση 8.8, όπου λόγω συμμετρίας ισχύει:

$$P \ t \geq t_{v,\alpha} = \frac{\alpha}{2} \quad (\text{Εξίσωση 8.9})$$

Επομένως, το διάστημα εμπιστοσύνης της παραμέτρου μ , με επίπεδο εμπιστοσύνης $(1-\alpha) \cdot 100\%$, θα είναι:

$$\bar{X} - t_{v,\alpha} \frac{S}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + t_{v,\alpha} \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (\text{Εξίσωση 8.10})$$

Έτσι, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% ή επίπεδο σημαντικότητας 5% ($\alpha=0,05$), θέτοντας στην εξίσωση 8.10, όπου $\bar{X}$ τη μέση τιμή $\bar{x}$ του δείγματος, προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί.

Πίνακας 8.10: 95% διάστημα εμπιστοσύνης για το PCN

	Μέση τιμή PCN ($\bar{x}$)	Τυπική απόκλιση δείγματος (S)	n	v=n-1	α (%)	$t_{v,\alpha}$	$t_{v,\alpha} \frac{S}{\sqrt{n}}$	PCN _{min}	PCN _{max}
Δ/Π-F-K	89,7	41,9	6	5	5	2,571	44,0	46	134
Δ/Π-F-Π	82,3	32,8	6	5	5	2,571	34,4	48	117
Δ/Π-R-K	88,7	38,2	6	5	5	2,571	40,1	49	129
Δ/Π-R-Π	75,7	22,7	6	5	5	2,571	23,8	52	100
Π/Τ-F-K	151,7	122,9	6	5	5	2,571	129,0	23	281
Π/Τ-F-Π	158,7	92,3	6	5	5	2,571	96,9	62	256
Π/Τ-R-K	85,6	32,4	7	6	5	2,447	30,0	56	116
Π/Τ-R-Π	79,6	23,3	7	6	5	2,447	21,5	58	101

Με εφαρμογή της ίδιας διαδικασίας, αλλά για επίπεδο εμπιστοσύνης 90%, παράγεται ο πίνακας 8.11.

Πίνακας 8.11: 90% διάστημα εμπιστοσύνης για το PCN

	Μέση τιμή PCN ($\bar{x}$)	Τυπική απόκλιση δείγματος (S)	n	v=n-1	α (%)	$t_{v,\alpha}$	$t_{v,\alpha} \frac{S}{\sqrt{n}}$	PCN _{min}	PCN _{max}
Δ/Π-F-K	89,7	41,9	6	5	10	2,015	34,5	55	124
Δ/Π-F-Π	82,3	32,8	6	5	10	2,015	27,0	55	109
Δ/Π-R-K	88,7	38,2	6	5	10	2,015	31,4	57	120
Δ/Π-R-Π	75,7	22,7	6	5	10	2,015	18,7	57	94
Π/Τ-F-K	151,7	122,9	6	5	10	2,015	101,1	51	253
Π/Τ-F-Π	158,7	92,3	6	5	10	2,015	76	83	235
Π/Τ-R-K	85,6	32,4	7	6	10	1,943	23,8	62	109
Π/Τ-R-Π	79,6	23,3	7	6	10	1,943	17,1	63	97

Από τους πίνακες 8.10 και 8.11 καθίσταται σαφές ότι το διάστημα εμπιστοσύνης είναι αρκετά μεγάλο, γεγονός που οφείλεται και στο μικρό πλήθος των τιμών του δείγματος. Ωστόσο, είναι δυνατό να γίνει μια περικοπή των ακραίων τιμών. Έτσι, το PCN που υπολογίστηκε από τις μεθόδους με τεχνικό τρόπο και βρίσκεται, με επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, εντός των ανωτέρω ορίων, καταγράφεται στους πίνακα που ακολουθούν. Ειδικότερα, από το σύνολο των τιμών, με διακριτή διαγραφή αφαιρούνται αυτές που βρίσκονται εκτός του 95% διαστήματος εμπιστοσύνης, ενώ ενδεικτικά εντός παρένθεσης τίθενται οι τιμές που είναι ακραίες για 90% διάστημα εμπιστοσύνης.

Πίνακας 8.12: Αριθμητική τιμή PCN για τον κυρίως Δ/Π

Οδός	Κυρίως Δ/Π			
Είδος οδοστρώματος	Εύκαμπτο		Δύσκαμπτο	
Κίνηση	Κεντρική	Παράπλευρη	Κεντρική	Παράπλευρη
Μέθοδος κατάταξης	PCN	PCN	PCN	PCN
Εμπειρική FAA	42	37	43	39
FAA	155	118	89 (D)	101 (D)
UK	(50)	(50)	83	80
UFC A/F	97	80	62	62
UFC NAVY	113	103	85	86
UFC ARMY (Τυπ.)	81	106	106	75
UFC ARMY (Εκτ.)	-	-	153	106

Πίνακας 8.13: Αριθμητική τιμή PCN για το νότιο Π/Τ

Οδόστρωμα	Νότιος Π/Τ			
Είδος οδοστρώματος	Εύκαμπτο		Δύσκαμπτο	
Κίνηση	Κεντρική	Παράπλευρη	Κεντρική	Παράπλευρη
Μέθοδος κατάταξης	PCN	PCN	PCN	PCN
Εμπειρική FAA	56	116	39	39
FAA	380	323	83	(101)
UK	(50)	50	88	88
UFC A/F	134	129	62	(62)
UFC NAVY	187	189	83	86
UFC ARMY (Τυπ.)	103	145	101	75
UFC ARMY (Εκτ.)	-	-	143	106

Επισημαίνεται ότι, η τιμή του PCN=101 για την παράπλευρη κίνηση του δύσκαμπτου τμήματος του Δ/Π, όπως υπολογίζεται με τη μέθοδο της FAA, διαγράφεται διότι βρίσκεται εκτός του 95% διαστήματος εμπιστοσύνης, παρά το γεγονός ότι αναφέρεται σε έδαφος κατηγορίας D, ενώ ο υπολογισμός του εν λόγω διαστήματος εμπιστοσύνης έγινε για έδαφος κατηγορίας C, το οποίο υπήρχε σε όλες τις άλλες μεθόδους. Ο παραπάνω αποκλεισμός της υπόψη τιμής, έγινε καθώς το κρίσιμο αεροσκάφος της παράπλευρης κυκλοφορίας είναι το F-4, για το οποίο η βελτίωση της εδαφικής κατηγορίας συνεπάγεται ανάλογη αύξηση της τιμής του ACN του αεροσκάφους.

8.5.3 Μέγιστες Τιμές PCN

Για τις κατηγορίες εδάφους που αφορούν στα οδοστρώματα του αεροδρομίου που έχουν εξεταστεί, παρατίθεται ο πίνακας που ακολουθεί, στον οποίο σημειώνονται τα μέγιστα ACN των αεροσκαφών που έχουν κατασκευαστεί μέχρι σήμερα.

Πίνακας 8.14: Μέγιστη τιμή ACN

Οδόστρωμα	Εύκαμπτο		Δύσκαμπτο	
Κατηγορία εδάφους	B	C	C	D
ACN	82,2	97,8	121,3	130,9
A/Φ	Airbus A340-500		B-52 (Bomber)	
	Τιμές ανηγμένες στην πραγματική φέρουσα ικανότητα του εδάφους			

	Εύκαμπτο		Δύσκαμπτο (min K)		
Κατηγορία εδάφους	B	C	C	D	
Οδόστρωμα	Π/Τ	Δ/Π	Δ/Π	Π/Τ	Δ/Π (FAA)
Ανηγμένο ACN	86,9	111,2	126,8	123,8	130,2
Στρογγυλοποίηση (max PCN)	87	111	127	124	130

Ανεξάρτητα από τις τιμές του PCN που εξάγονται από τις μεθόδους, η τιμή που θα δημοσιευτεί στο ΑΙΡ, δε θα πρέπει να ξεπερνάει τα όρια που τίθενται στον πίνακα 8.14. Υπό αυτή την έννοια, στον πίνακα 8.15 έχουν διαγραφεί οι σχετικές τιμές και έχουν αντικατασταθεί από τις μέγιστες δυνατές.

Πίνακας 8.15: Τιμές PCN τεχνικών μεθόδων

Οδόστρωμα	Εμπειρική FAA	FAA	UK	UFC A/F	UFC NAVY	UFC ARMY (Τυπ.)	UFC ARMY (Εκτ.)
Δ/Π-F-K	42	155 111	50	97	113 111	81	-
Π/Τ-F-K	56	380 87	50	134 87	187 87	103 87	-
Δ/Π-F-Π	37	118 111	50	80	103	106	-
Π/Τ-F-Π	116 87	323 87	50	129 87	189 87	145 87	-
Δ/Π-R-K	43	89	83	62	85	106	153 127
Π/Τ-R-K	39	83	88	62	83	101	143 124
Δ/Π-R-Π	39	101	80	62	86	75	106
Π/Τ-R-Π	39	101	88	62	86	75	106

8.5.4 Αποτελέσματα απόρριψης ακραίων τιμών - εφαρμογής μέγιστων τιμών

Η αριθμητική του PCN, κατόπιν εφαρμογής, αρχικά του 95% διαστήματος εμπιστοσύνης και εν συνεχεία των μέγιστων τιμών, καταγράφεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 8.16: PCN με εφαρμογή διαστήματος εμπιστοσύνης και έπειτα μέγιστης τιμής

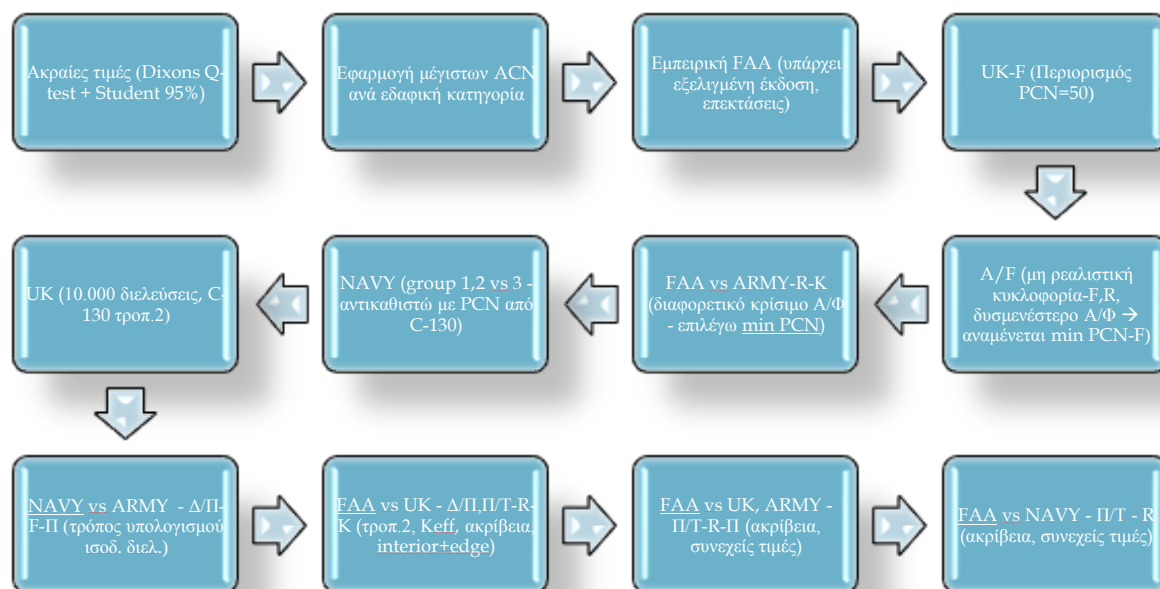
Οδός/στρωμα	Εμπειρική FAA	FAA	UK	UFC A/F	UFC NAVY	UFC ARMY (Τυπ.)	UFC ARMY (Εκτ.)
Δ/Π-F-K	42	155	50	97	113 111	81	-
Π/Τ-F-K	56	390	50	134 87	187 87	103 87	-
Δ/Π-F-Π	37	118	50	80	103	106	-
Π/Τ-F-Π	116 87	323	50	129 87	189 87	145 87	-
Δ/Π-R-K	43	89	83	62	85	106	153
Π/Τ-R-K	39	83	88	62	83	101	143
Δ/Π-R-Π	39	101	80	62	86	75	106
Π/Τ-R-Π	39	101	88	62	86	75	106

Η εφαρμογή πρώτα της μέγιστης τιμής και εν συνεχεία του 95% διαστήματος εμπιστοσύνης, δεν οδηγεί σε πιο ρεαλιστικά αποτελέσματα, διότι οι τιμές που βρίσκονται εκτός του διαστήματος εμπιστοσύνης θεωρούνται ακραίες και πρέπει να απορριφθούν. Η αντικατάστασή τους από μια μικρότερη τιμή, η οποία απέχει σημαντικά από την αρχική, δεν αντιπροσωπεύει τη συγκεκριμένη μέθοδο, η οποία ενδέχεται σε ακραίες συνθήκες να παράγαγε λάθος αποτελέσματα.

8.6 Ποιοτική Σύγκριση με Επεξεργασία των Αποτελεσμάτων (2^η Προσέγγιση)

Για την επιλογή του κατάλληλου PCN ανά οδόστρωμα, ακολουθείται η διαδικασία που περιγράφεται στη συνέχεια.

- Απορρίπτονται οι ακραίες τιμές με βάση τη στατιστική επεξεργασία
- Αντικαθίστανται οι τιμές του PCN με τις μέγιστες τιμές
- Εξετάζονται οι παράγοντες που παρουσιάζονται κωδικοποιημένοι στο διάγραμμα ροής του σχήματος 8.6 και αναλύονται στη συνέχεια



Σχήμα 8.6: Κριτήρια 2^{ης} προσέγγισης

- (1) Εμπειρική μέθοδος της FAA: Όπως στην 1^η προσέγγιση.
- (2) Περιορισμός της μεθόδου UK για τα εύκαμπτα οδοστρώματα: Όπως στην 1^η προσέγγιση.
- (3) Για το εύκαμπτο τμήμα του νότιου Π/Τ (κεντρική και παράπλευρη κίνηση), η μόνη διαθέσιμη τιμή του PCN είναι 87.
- (4) UFC A/F - F, R - κυκλοφορία: Η μέθοδος UFC A/F έχει εφαρμοστεί για δυσμενέστερη κυκλοφορία αεροσκαφών από την πραγματική (περισσότερες διελεύσεις - δυσμενέστερο αεροσκάφος) και ως εκ τούτου οι τιμές του PCN των άλλων μεθόδων, που είναι μικρότερες από αυτές που παράγει η εν λόγω μέθοδος, θα πρέπει να απορριφθούν, αλλά μόνο στα εύκαμπτα οδοστρώματα, καθώς στα δύσκαμπτα υπάρχει ταυτόχρονη δράση της εκτεταμένης διάρκειας ζωής, που ανεβάζει την τιμή του PCN. Η παραπάνω πρόταση, με τον τρόπο που έχει διαμορφωθεί ο πίνακας των PCN, έχει εφαρμογή στην κεντρική κίνηση του εύκαμπτου τμήματος του κυρίως Δ/Π, και συγκεκριμένα σε σύγκριση με τη μέθοδο UFC ARMY. Για τον ίδιο λόγο, προτιμώνται οι τιμές των άλλων μεθόδων, έναντι αυτών της UFC A/F, με στόχο την

καλύτερη αξιοποίηση των δυνατοτήτων του κυρίως Δ/Π (εφαρμογή στο εύκαμπτο τμήμα του κυρίως Δ/Π και σε όλα τα δύσκαμπτα τμήματα).

(5) Σύγκριση FAA - UFC ARMY στα δύσκαμπτα οδοστρώματα: Όπως στην 1^η προσέγγιση.

(6) FLIP PCN για UFC NAVY: Στη μέθοδο της UFC NAVY, το PCN καθορίστηκε από τη μέγιστη τιμή του PCN, όπως προσδιορίστηκε για τα τρία πρώτα γκρουπ της μεθόδου. Ειδικότερα, οι μέγιστες τιμές αφορούσαν τελικά τα δύο πρώτα γκρουπ, με αεροσκάφη F-14 και P-3, τα οποία έχουν μονό τροχό και ζεύγος αντίστοιχα. Η επιλογή του μέγιστου PCN, που επιλέγεται ως FLIP PCN, υπαγορεύεται από τη μέθοδο με σκοπό να δύναται να εξυπηρετηθεί το σύνολο της κυκλοφορίας. Στην περίπτωση που εξετάζεται, τα δύο παραπάνω αεροσκάφη δεν υπάρχουν, ενώ και το γενικότερο πνεύμα με το οποίο προσδιορίζεται το PCN τείνει προς την πλευρά της ασφάλειας. Έτσι, δεδομένου ότι το τρίτο γκρουπ έχει ως κρίσιμο αεροσκάφος το C-130, το οποίο υφίσταται στην πραγματική κυκλοφορία και μάλιστα αποτελεί το κρίσιμο αεροσκάφος για την κεντρική κίνηση στις περισσότερες μεθόδους, τα σχετικά PCN του πίνακα για την κεντρική κίνηση θα αντικατασταθούν με το PCN που αντιστοιχεί στην κεντρική κίνηση, ενώ για την παράπλευρη θα επιλεγεί το ελάχιστο από τα PCN των τριών γκρουπ.

(7) UK - κυκλοφορία: Η μέθοδος UK, λόγω της αυξημένης κυκλοφορίας σε σχέση με την πραγματική και λόγω της παραδοχής ισοδυναμίας των διπλών εν σειρά τροχών με διπλούς τροχούς στην κεντρική κίνηση, καθίσταται δυσμενέστερη μέθοδος από τις άλλες. Ως εκ τούτου, οι μικρότερες τιμές απορρίπτονται, με μόνη εξαίρεση το δύσκαμπτο τμήμα του νότιου Π/Τ, που η ανηγμένη τιμή του K προέκυψε συγκριτικά μεγάλη, λόγω μεγάλης ευαισθησίας του μοντέλου αναγωγής, στο πάχος της υπόβασης. Οι 3 τιμές που διαγράφονται με τον τρόπο αυτό, όπως φαίνεται και στο σχετικό πίνακα, αφορούν στις μεθόδους UFC NAVY και ARMY (τυπ.).

(8) Για τον Δ/Π-F-K έμεινε μόνο η τιμή 101, η οποία υπολογίστηκε με τη μέθοδο της UFC NAVY ενώ για τον Δ/Π-R-Π έμεινε η τιμή 80.

(9) Σύγκριση UFC ARMY - UFC NAVY για Δ/Π-F-Π: Λόγω της μικρής ακρίβειας υπολογισμού των ισοδύναμων διελεύσεων με τη μέθοδο UFC ARMY, στο εύκαμπτο τμήμα των οδοστρωμάτων (λόγω της εφαρμογής διαγραμμάτων στα οποία απαιτείται η παρεμβολή μεταξύ καμπυλών οι οποίες μεταξύ τους δε συνδέονται γραμμικά), σε αντιδιαστολή με τον αναλυτικό τρόπο της μεθόδου της FAA, που χρησιμοποιείται για την αντίστοιχη αναγωγή στη μέθοδο UFC NAVY, επιλέγεται η τιμή της δεύτερης στο Δ/Π-F-Π.

(10) Στο Δ/Π-F-Π παραμένει η τιμή 89, η οποία έχει υπολογιστεί με τη μέθοδο UFC NAVY.

(11) Σύγκριση FAA - UK για Δ/Π-R-K και Π/Τ-R-K: Στα οδοστρώματα αυτά, οι τιμές της UK κρίνονται λιγότερο αξιόπιστες από αυτές της FAA, καθότι έχουν υπολογιστεί με K_{eff} , μικρό στην περίπτωση του Δ/Π και μεγάλο στην περίπτωση του Π/Τ, συγκριτικά με αυτά των υπολοίπων μεθόδων (ευαίσθητο στη μεταβολή του πάχους της υπόβασης). Επιπρόσθετα, η FAA είναι πιο ακριβής διότι χρησιμοποιεί το πρόγραμμα COMFAA για τους υπολογισμούς, ενώ σε ότι αφορά στην κεντρική κίνηση, δε γίνεται παραδοχή ως προς το σύστημα τροχών, διότι κρίσιμο αεροσκάφος είναι το F-4. Επιπρόσθετα, τονίζεται ότι ο έλεγχος στα δύσκαμπτα οδοστρώματα, στις περισσότερες μεθόδους γίνεται με βάση κριτήρια φόρτισης στο άκρο της πλάκας σκυροδέματος ή για κριτήρια φόρτισης στο εσωτερικό της. Στη μέθοδο της FAA, γίνεται έλεγχος και των δύο, γεγονός που ενθαρρύνει την επιλογή των αποτελεσμάτων της.

(12) Σύγκριση FAA - UK - UFC ARMY για Π/Τ-R-Π: Στο συγκεκριμένο οδόστρωμα επιλέγονται οι τιμές που εξάγονται από την FAA, λόγω της ακρίβειας εφαρμογής της, όπως περιγράφηκε παραπάνω δια της χρήσης του COMFAA, οπότε δε γίνεται χρήση γραφικών μεθόδων υπολογισμού, ενώ εισάγονται οι ακριβείς τιμές των παραμέτρων (συνεχείς - όχι διακριτές τιμές).

(13) Σύγκριση FAA - UFC NAVY για Π/Τ-R: Όμοια, επιλέγονται οι τιμές που εξάγονται από την FAA (ακρίβεια εφαρμογής - COMFAA, ακριβείς τιμές των παραμέτρων και συνεχείς - όχι διακριτές τιμές αυτών).

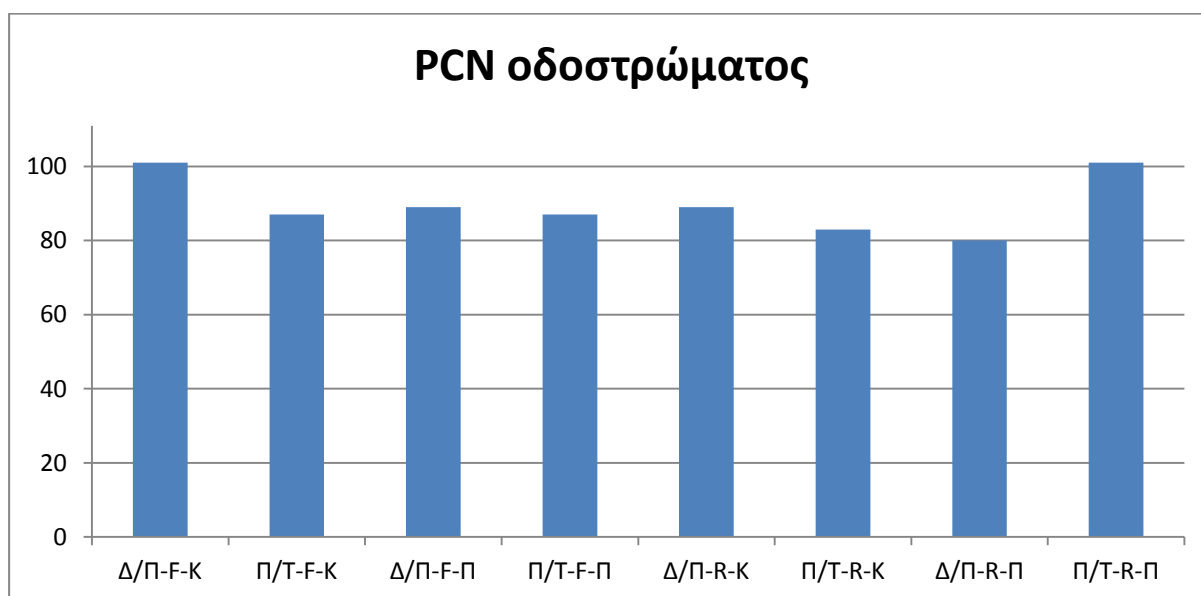
Όμοια με την 1^η προσέγγιση, διαγράφονται ή τονίζονται οι τιμές σύμφωνα με τα σχετικά κριτήρια.

Πίνακας 8.17: Τιμές PCN ανά οδόστρωμα

Οδόστρωμα	Εμπειρική FAA	FAA	UK	UFC A/F	UFC NAVY	UFC ARMY (Τυπ.)	UFC ARMY (Εκτ.)
Δ/Π-F-K	42	155	50 (2)	97 (4)	113 111 (6) 101 (8)	81 (4)	-
Π/Τ-F-K	56 (1)	390	50 (2)	134 87 (3)	187 87 (3)	103 87 (3)	-
Δ/Π-F-Π	37	118	50 (2)	80 (4)	103 (6) 89 (10)	106 (9)	-
Π/Τ-F-Π	116 87 (1)	323	50	129 87 (3)	189 87 (3)	145 87 (3)	-

Οδόστρωμα	Εμπειρική FAA	FAA	UK	UFC A/F	UFC NAVY	UFC ARMY (Τυπ.)	UFC ARMY (Εκτ.)
Δ/Π-R-K	43	89 ³⁴ (11)	83 (11)	62 (4)	85 (6) 63 (7)	106 (5)	153
Π/Τ-R-K	39	83 (13)	88 (11)	62 (4)	83 (6) 62 (13)	101 (5)	143
Δ/Π-R-Π	39	101 ³⁵	80 (8)	62 (4)	86 (6) 58 (7)	75 (7)	106
Π/Τ-R-Π	39	101 (13)	88 (12)	62 (4)	86 (6) 58 (13)	75 (12)	106

Οι τιμές του πίνακα 8.17 που παρέμειναν, απεικονίζονται στο σχήμα 8.7.



Σχήμα 8.7: PCN ανά οδόστρωμα

Σύμφωνα με το σκεπτικό αναφορικά με τον κατά πλάτος διαχωρισμό της κυκλοφορίας, προκύπτει ο πίνακας 8.18, στον οποίο φαίνεται και η προέλευση της κάθε τιμής.

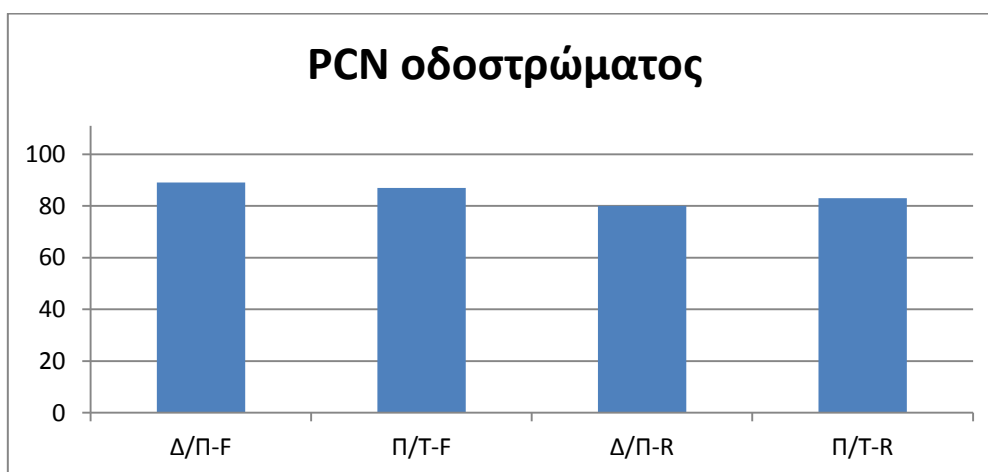
³⁴ Εδαφική κατηγορία D

³⁵ Εδαφική κατηγορία D

Πίνακας 8.18: Τιμές PCN ανά οδόστρωμα

Οδόστρωμα	Εμπειρική FAA	FAA	UK	UFC A/F	UFC NAVY	UFC ARMY (Τυπ.)	UFC ARMY (Εκτ.)
Δ/Π-F					89		
Π/Τ-F				87	87	87	
Δ/Π-R			80				
Π/Τ-R		83					

Ακολουθεί η γραφική απεικόνιση των παραπάνω αποτελεσμάτων.



Σχήμα 8.8: PCN ανά οδόστρωμα

Επισημαίνεται ότι, η τιμή 89 στο Δ/Π-R-K αναφέρεται σε κατηγορία εδάφους D, ενώ η τιμή 80 στο Δ/Π-R-Π αναφέρεται σε C. Εντούτοις, επιλέχθηκε η δεύτερη τιμή, διότι αφενός η κατηγορία του εδάφους D προέκυψε με την εφαρμογή μόνο μίας από τις μεθόδους (σε όλες τις άλλες είναι C) και αφετέρου η τιμή του K_{eff} που θα υπολογιζόταν για αρχικό K εδάφους κατηγορίας C, συγκλίνει στην ίδια τιμή με αυτή που προέκυψε τελικά, λόγω του μεγάλου πάχους των οδοστρωμάτων. Ως εκ τούτου, οι υπολογισμοί με τη μέθοδο της FAA, θα οδηγούσαν στο ίδιο αριθμητικό αποτέλεσμα, για διαφορετική εδαφική κατηγορία (C). Για το λόγο αυτό είναι δυνατή η σύγκριση και ο προσδιορισμός του PCN προς την πλευρά της ασφάλειας.

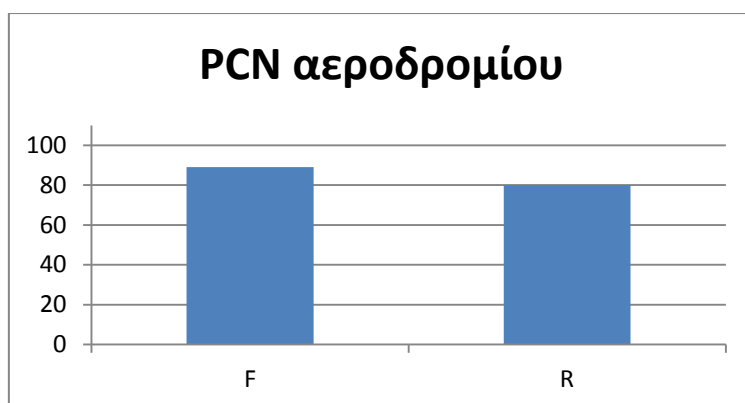
Εάν αποφασιστεί η δημοσίευση μίας τιμής PCN για ολόκληρο το αεροδρόμιο, τότε υπέρ της ασφάλειας επιλέγεται η χαμηλότερη τιμή μεταξύ του κυρίως Δ/Π και του νότιου Π/Τ. Για τα εύκαμπτα τμήματα και επειδή οι αριθμητικές τιμές του PCN είναι περίπου ίσες, επιλέγεται ως δυσμενέστερο το PCN που αναφέρεται σε χειρότερη εδαφική κατηγορία.

Ωστόσο, δεν είναι δυνατό να παραληφθεί ο διαχωρισμός ανά τύπο οδοστρώματος (εύκαμπτο - δύσκαμπτο), με αποτέλεσμα να εξάγεται ο ακόλουθος πίνακας.

Πίνακας 8.19: Τιμές PCN για ολόκληρο το αεροδρόμιο

Οδόστρωμα	PCN
F	89
R	80

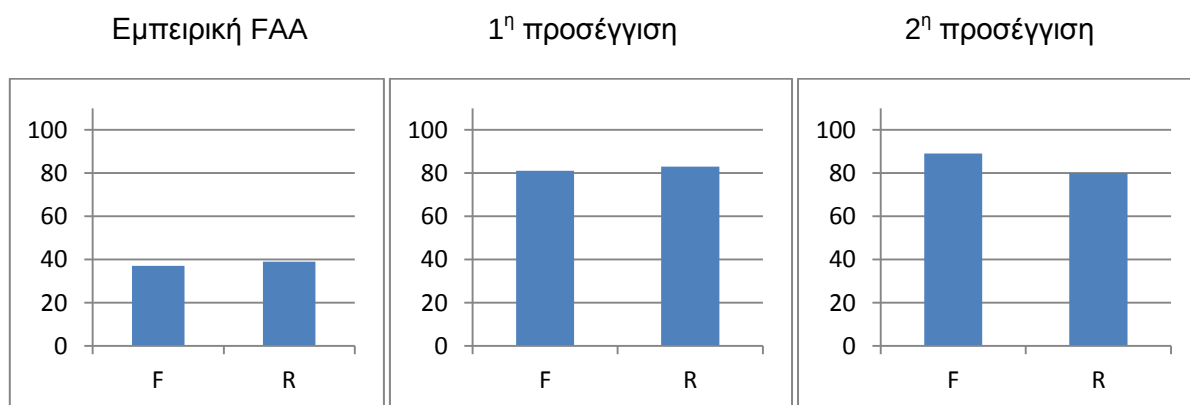
Το τελικό αποτέλεσμα φαίνεται στο επόμενο διάγραμμα.



Σχήμα 8.9: PCN αεροδρομίου, ανά τύπο οδοστρώματος

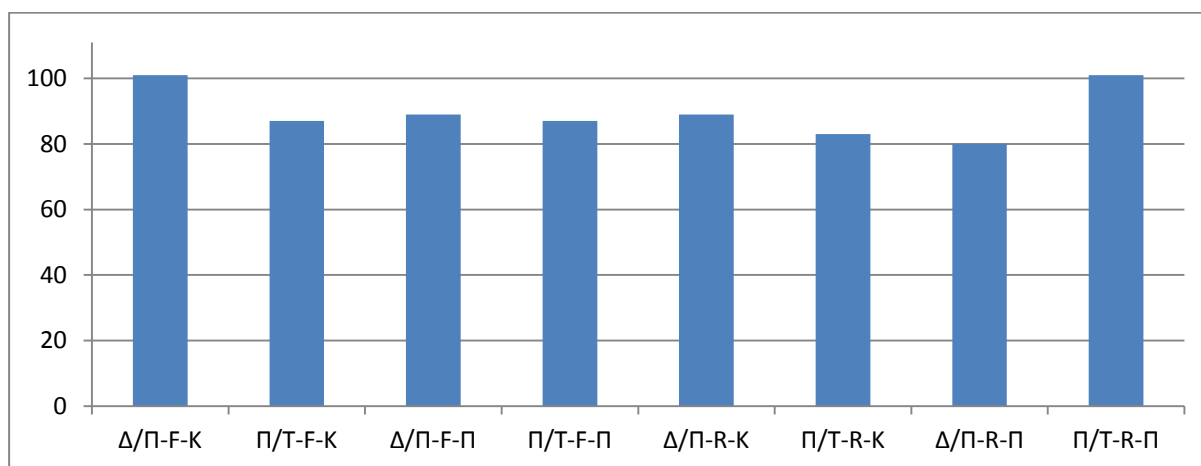
8.7 Σύγκριση Αποτελεσμάτων

Εάν υποθεθεί ότι ο φορέας του αεροδρομίου επέλεγε την εφαρμογή της εμπειρικής μεθόδου της FAA, με κριτήριο το γεγονός ότι πρόκειται για μια ευρέως διαδεδομένη μέθοδο και στη συνέχεια στα αποτελέσματα της υπόψη μεθόδου, με το σκεπτικό της παραγράφου 8.2, οι τιμές του PCN περιοριστούν σε δύο (μία για τα εύκαμπτα και μια για τα δύσκαμπτα οδοστρώματα), τότε τα αποτελέσματα των τριών τρόπων επιλογής PCN εικονίζονται στη συνέχεια.



Σχήμα 8.10: PCN αεροδρομίου

Από τα παραπάνω διαγράμματα, είναι προφανές ότι η τυχαία επιλογή μίας μεθόδου είναι πιθανό να οδηγήσει σε υποτίμηση των πραγματικών δυνατοτήτων του αεροδρομίου, με αποτέλεσμα να αποκλείεται η χρήση του από πολλούς τύπους αεροσκαφών. Αντίστοιχα, άλλη μέθοδος θα μπορούσε να υπερτιμήσει τη φέρουσα ικανότητα των οδοστρωμάτων, με αποτέλεσμα να απαιτηθεί εκτεταμένη συντήρηση πολύ πριν παρέλθει η προβλεπόμενη διάρκεια ζωής των οδοστρωμάτων. Οι δύο προσεγγίσεις παρατηρείται ότι απέδωσαν παρόμοια αποτελέσματα, τα οποία ωστόσο οφείλονται σε διαφορετικές μεθόδους. Ωστόσο, η πλήρης εκμετάλλευση των δυνατοτήτων του αεροδρομίου, είναι δυνατό να προκύψει με την αναφορά και αξιοποίηση των οκτώ τιμών του PCN, όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 8.11: PCN ανά οδοστρώμα (2^η προσέγγιση)

9 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

9.1 Γενικά

Η μέθοδος ACN-PCN υφίσταται από το 1981, ωστόσο η κατάταξη των οδοστρωμάτων στα αρχεία πολλών αεροδρομίων της χώρας μας, είναι βασισμένη στη μέθοδο του LCN. Δεδομένων των προτερημάτων της νεότερης μεθόδου, κρίνεται επιτακτική η ανάγκη αντικατάστασης των υφιστάμενων στοιχείων, με στοιχεία PCN. Υπόθεση της παρούσας εργασίας αποτέλεσε η επιχειρησιακή απαίτηση άμεσης εκτίμησης του PCN του αεροδρομίου και για το λόγο αυτό οι υπολογισμοί βασίστηκαν στα διαθέσιμα στοιχεία μελέτης και κατασκευής των οδοστρωμάτων.

Στα πλαίσια της διερεύνησης προτείνεται ο υπολογισμός του PCN σε όλα τα επιμέρους οδοστρώματα (κυρίως Δ/Π - νότιο Π/Τ, εύκαμπτα - δύσκαμπτα οδοστρώματα, κεντρική και παράπλευρη κυκλοφορία). Στο φορέα του αεροδρομίου, για λόγους απλοποίησης των διαδικασιών ελέγχου της κυκλοφορίας, είναι δυνατό να αναφερθούν τελικά δύο τιμές του PCN, μία για τα εύκαμπτα οδοστρώματα και μια για τα δύσκαμπτα. Ωστόσο προτείνεται να αναφερθούν οι τιμές που έχουν υπολογιστεί για όλα τα επιμέρους οδοστρώματα, καθώς έτσι το αεροδρόμιο δύναται να εξυπηρετήσει περισσότερα αεροσκάφη.

Επίσης, προτείνεται η εφαρμογή περισσότερων της μιας μεθόδων, καθώς όπως διαπιστώθηκε στην παρούσα εργασία, δεν προέκυψε μόνο μια μέθοδος που να περιγράφει καλύτερα τα οδοστρώματα από τις υπόλοιπες. Σε κάθε περίπτωση, εάν δεν υπάρχει χρονικός περιορισμός, προτείνεται η εφαρμογή των μεθόδων με στοιχεία που θα ληφθούν επιτόπου, καθώς έτσι εξασφαλίζεται μεγαλύτερη εγκυρότητα ως προς το τελικό αποτέλεσμα.

9.2 Ειδικά

Η αναφορά της φέρουσας ικανότητας των οδοστρωμάτων ενός αεροδρομίου αποτελεί κρίσιμη διαδικασία, καθώς σχετίζεται με τη σωστή λειτουργία του. Με βάση το αναφερόμενο PCN είναι δυνατό να ελεγχθεί εάν το αεροδρόμιο δύναται να υποστηρίξει την τακτική κυκλοφορία του, ενώ προσδιορίζεται και ο στόλος των λοιπών αεροσκαφών που επιτρέπεται να προσγειωθούν. Ενδεχόμενη υπέρβαση της φέρουσας ικανότητας των οδοστρωμάτων, ενδέχεται να μη γίνει άμεσα εμφανής και αντιληπτή, ωστόσο η διάρκεια ζωής των οδοστρωμάτων θα μειωθεί και θα απαιτηθεί εκτεταμένη συντήρηση σε χρονικό διάστημα μικρότερο από το προβλεπόμενο κατά το σχεδιασμό.

Η εφαρμογή οποιασδήποτε ισχύουσας μεθόδου υπολογισμού του PCN είναι αποδεκτή, ωστόσο η επιλογή της μεθόδου από την οποία εξάγεται το PCN που αντιπροσωπεύει την πραγματική φέρουσα ικανότητα των οδοστρωμάτων, δεν είναι

προφανής και ο εντοπισμός της αποτελεί τον απώτερο στόχο της παρούσας εργασίας. Η ορθή επιλογή της μεθόδου έχει ιδιαίτερη σημασία όταν τα αποτελέσματα (PCN), για το ίδιο οδόστρωμα, παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές.

Ειδικότερα, για την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου εφαρμόστηκαν δέκα διαφορετικές εκδοχές των επικρατέστερων μεθόδων παγκοσμίως, σε οκτώ οδοστρώματα. Οι μεγάλες αποκλίσεις των αποτελεσμάτων τους, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι οι μέθοδοι έχουν αναπτυχθεί υπό την ίδια τεχνική βάση, αποτέλεσε την αφορμή για περαιτέρω διερεύνηση και συστηματική καταγραφή των διαφοροποιήσεων ως προς τις παραδοχές που λαμβάνει η κάθε μέθοδος. Συνοπτικά αναφέρεται ότι οι βασικότεροι από τους παράγοντες που καθόρισαν τα τελικά αποτελέσματα, σχετίζονται με την κυκλοφορία που θεωρεί η κάθε μέθοδος, τον τρόπο επιλογής του κρίσιμου αεροσκάφους, τον τρόπο υπολογισμού των ισοδύναμων διελεύσεων, τα κριτήρια φόρτισης και αστοχίας των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων, την ακρίβεια εφαρμογής κάθε μεθόδου και τον τρόπο υπολογισμού του δείκτη K_{eff} στην επιφάνεια της υπόβασης, με δεδομένο το CBR του εδάφους.

Σημειώνεται ότι στις περισσότερες από τις μεθόδους και σε αρκετά στάδια κατά τον υπολογισμό του PCN, απαιτήθηκαν σημαντικές επεκτάσεις των διαγραμμάτων τους, γεγονός που φανερώνει την εφαρμογή των μεθόδων σε οριακές συνθήκες. Αυτό αποδίδεται στην πολύ μικρή τακτική κυκλοφορία του αεροδρομίου, σε συνδυασμό με το μεγάλο πάχος των οδοστρωμάτων. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι κατά την εφαρμογή συγκεκριμένης μεθόδου, το πάχος που απαιτείται για την υποστήριξη της προβλεπόμενης κυκλοφορίας του δυσμενέστερου αεροσκάφους, είναι περίπου το μισό από το διαθέσιμο.

Επίσης, λόγω έλλειψης κατάλληλων συντελεστών μετατροπής για το σύστημα των διπλών εν σειρά τροχών στην εμπειρική και εξελιγμένη μέθοδο της FAA, καθώς και λόγω αδυναμίας του προγράμματος COMFAA να λειτουργήσει σε όλες τις περιπτώσεις στις οριακές συνθήκες που προαναφέρθηκαν, έγινε παραδοχή αναφορικά με το σύστημα τροχών του C-130, το οποίο προσομοιώθηκε με απλό τροχό ανάλογου βάρους, ο οποίος ωστόσο καταπονεί τα οδοστρώματα με τις διπλάσιες διελεύσεις. Παρόμοιο πρόβλημα παρουσιάστηκε στη μέθοδο της UK, η οποία δεν υποστηρίζει ανάλογο σύστημα τροχών στα διαγράμματά της, αλλά παραδέχεται ισοδυναμία του με το σύστημα των διπλών τροχών.

Οι παράγοντες που προαναφέρθηκαν, αξιοποιήθηκαν για την επιλογή της μεθόδου, της οποίας οι παραδοχές θεωρείται ότι προσεγγίζουν καλύτερα την πραγματικότητα. Συγκεκριμένα, με ιεράρχηση της σπουδαιότητας των επιμέρους μεταβλητών, εφαρμόστηκαν διαδοχικές συγκρίσεις, από τις οποίες προέκυψε η UFC ARMY (τυπ.) ως η πιο αντιπροσωπευτική μέθοδος για τα εύκαμπτα οδοστρώματα και η FAA για τα δύσκαμπτα.

Ως εναλλακτική προσέγγιση στην αναζήτηση της κατάλληλης μεθόδου και προκειμένου να αξιοποιηθεί η πληροφορία της αριθμητικής τιμής των PCN που έχουν υπολογιστεί, έγινε επεξεργασία των αποτελεσμάτων και προσδιορίστηκε το 95 % διάστημα εμπιστοσύνης, εντός του οποίου αναμένεται να βρίσκεται η ζητούμενη τιμή του PCN, το οποίο αξιοποιήθηκε για την απόρριψη ορισμένων ακραίων τιμών. Επίσης, κρίθηκε σκόπιμη η δημοσίευση ρεαλιστικών τιμών PCN, που σχετίζονται με τη μέγιστη δυνατή φόρτιση που είναι δυνατό να δεχθούν τα οδοστρώματα από αεροσκάφη που έχουν κατασκευαστεί μέχρι σήμερα. Για το λόγο αυτό τέθηκε σχετικό άνω όριο, με βάση τα δυσμενέστερα αεροσκάφη για τις συγκεκριμένες εδαφικές κατηγορίες. Σημαντική διαφοροποίηση ως προς την πρώτη προσέγγιση, αποτελεί η μη απόρριψη της UFC NAVY, αλλά ο εναρμονισμός της στο πνεύμα των υπολοίπων μεθόδων, με αποτέλεσμα κατόπιν των διαδοχικών συγκρίσεων να καταστεί η πιο κατάλληλη μέθοδος για τα εύκαμπτα οδοστρώματα. Στα δύσκαμπτα οδοστρώματα πιο κατάλληλη για τον κυρίως Δ/Π αναδείχτηκε η μέθοδος της FAA, ενώ για το νότιο Π/Τ η μέθοδος της UK.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η εφαρμογή της μεθόδου της FAA, με τα δεδομένα (CBR, πάχος οδοστρώματος, κρίσιμο αεροσκάφος, διελεύσεις, λόγο P/C) της UFC A/F. Οι τιμές του PCN που εξάγονται από τις δύο μεθόδους, υπό αυτές τις συνθήκες, θα έπρεπε κανονικά να ταυτίζονται. Ωστόσο, διαφέρουν κατά 34 μονάδες, διαφορά που δεν είναι δυνατό να αποδοθεί στους παράγοντες που εξετάζονται στην παρούσα εργασία, αλλά σε αποκλίσεις του μαθηματικού μοντέλου κατασκευής των νομογραφημάτων από τον αλγόριθμο του COMFAA. Πρόκειται για μια διαφορά σημαντική, καθώς αποτελεί το 54% της συνολικής διαφοράς μεταξύ των μεθόδων, όταν αυτές εφαρμόζονται κανονικά.

Ως ιδιαιτερότητα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ο κατά πλάτος διαχωρισμός των οδοστρωμάτων του αεροδρομίου. Η κεντρική και η παράπλευρη κυκλοφορία επιβαρύνουν με διαφορετικό τρόπο τα οδοστρώματα, τα οποία λόγω της επίκλισης έχουν και διαφορετικά πάχη, με αποτέλεσμα να προκύπτουν δύο διαφορετικές τιμές του PCN. Τα αναλυτικά αποτελέσματα των υπολογισμών (8 τιμές PCN), εφόσον τεθούν υπόψη της αρχής που διαχειρίζεται το αεροδρόμιο, είναι δυνατό να επιτρέψουν καλύτερη αξιοποίηση των οδοστρωμάτων, επιτρέποντας την υπό όρους χρήση τους από δυσμενέστερη κυκλοφορία.

Τέλος, στη συγκεκριμένη εργασία παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον η ταυτόχρονη παρουσία περισσότερων της μιας μεθόδων στο τελικά αναφερόμενο PCN του αεροδρομίου, το οποίο δεν αποτελεί τη συνήθη πρακτική. Το γεγονός αυτό καταδεικνύει την απουσία καθολικής υπεροχής μιας μεθόδου έναντι των υπολοίπων. Έτσι, κάθε περίπτωση αεροδρομίου θα πρέπει να εξετάζεται ξεχωριστά, ώστε να διαπιστωθεί ποιές μέθοδοι είναι δυνατό να αποδώσουν καλύτερα την πραγματική φέρουσα ικανότητα του κάθε

οδοστρώματος. Στο σημείο αυτό υπεισέρχεται η κριτική σκέψη του μηχανικού, η οποία αν και υποκειμενική είναι δυνατό να εντοπίσει σφάλματα που πιθανόν να προέκυπταν από την άκριτη αποδοχή μιας μεθόδου, η οποία θεωρείται «καλύτερη» από τις υπόλοιπες.

9.3 Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα

Το αντικείμενο της κατάταξης των οδοστρωμάτων και εν συνεχεία της αναφοράς της φέρουσας ικανότητάς τους στις εκδόσεις αεροναυτικών πληροφοριών είναι αρκετά ευρύ και δεν είναι δυνατό να καλυφθεί εξολοκλήρου σε μια διπλωματική εργασία. Ωστόσο, κατά τη διαδικασία εκπόνησής της, εντοπίστηκαν ορισμένα σημεία με αρκετό ενδιαφέρον, στα οποία θα μπορούσε να επικεντρωθεί η προσπάθεια επόμενων σπουδαστών, ώστε μαζί με την παρούσα να αποτελέσουν μια καθολική προσέγγιση του θέματος της κατάταξης των οδοστρωμάτων.

Μια φιλόδοξη αλλά αρκετά εκτενή και επίπονη προσπάθεια θα μπορούσε να αποτελέσει μια εκτεταμένη ανάλυση ευαισθησίας, στην οποία θα είναι δυνατό να ποσοτικοποιηθεί η επιρροή των επιμέρους παραγόντων διαμόρφωσης του PCN, που έχουν ήδη εντοπιστεί. Με μια προσέγγιση αυτού του τύπου θα μπορούσαν να προκύψουν νέα χρήσιμα συμπεράσματα και να γίνει ιεράρχηση των επιμέρους μεταβλητών ως προς το βαθμό επιρροής τους στη διαμόρφωση του τελικού αποτελέσματος.

Επιπλέον, είναι δυνατό να μελετηθεί η επίδραση της πίεσης των αεροθαλάμων των τροχών, κυρίως στα εύκαμπτα οδοστρώματα. Η συγκεκριμένη γνώση απαιτείται ώστε να τεθεί στο σχετικό πεδίο κωδικοποίησης του PCN, ο κατάλληλος δείκτης πίεσης (W, X, Y, Z). Η κάθε μέθοδος θέτει τα δικά της κριτήρια, ωστόσο προϋποθέτει η ποιότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται, να βρίσκεται σε συμφωνία με τη σχετική προδιαγραφή στην οποία παραπέμπει η ανάλογη μέθοδος σχεδιασμού. Έτσι, δεν είναι δυνατό να προκύψουν ασφαλή συμπεράσματα ως προς την κωδικοποίηση αναφορικά με την πίεση των αεροθαλάμων των τροχών, όταν για παράδειγμα η FAA αναφέρεται σε ασφαλτοσκυρόδεμα προδιαγραφής P-401, η UK προϋποθέτει ασφαλική στρώση Marshall όπως προδιαγράφεται στο [18] και η UFC hot mix asphalt σύμφωνα με το [19], ενώ στο αεροδρόμιο που εξετάζεται οι ασφαλικές στρώσεις είναι προδιαγραφών A-265B και A-260B.

Τέλος, κρίνεται επιβεβλημένη η στροφή προς αναλυτικές μεθόδους εκτίμησης της φέρουσας ικανότητας των οδοστρωμάτων. Ωστόσο, δεν υπάρχουν θεσμοθετημένες ανάλογες διαδικασίες, αλλά γίνονται σχετικές προσπάθειες τόσο διεθνώς όσο και σε εθνικό επίπεδο (εργαστήριο οδοποιίας ΕΜΠ). Τα στοιχεία των οδοστρωμάτων και του εδάφους είναι δυνατό να ληφθούν δια μέσω μη καταστρεπτικών μεθόδων εκτίμησης της φέρουσας ικανότητας των οδοστρωμάτων, με τη χρήση σύγχρονων συστημάτων (FWD, GPR, κλπ). Τα

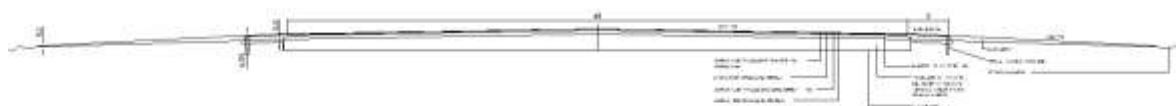
υπόψη συστήματα υφίστανται στο ΕΜΠ, στο οποίο διεξάγονται σχετικές μελέτες [20]. Η χρήση των συγκεκριμένων μεθόδων, είναι δυνατό να αποδείξει την ορθότητα ή μη της τελικής εκτίμησης της φέρουσας ικανότητας των οδοστρωμάτων του αεροδρομίου που εξετάστηκε. Ταυτόχρονα, με χρήση των μέσων που προαναφέρθηκαν είναι δυνατό να ληφθούν υπόψη κατασκευαστικές αποκλίσεις από τα προδιαγραφόμενα στη μελέτη κατασκευής, απομείωση της φέρουσας ικανότητας των επιμέρους δομικών στοιχείων των οδοστρωμάτων λόγω γήρανσης και κλιματολογικών συνθηκών, καθώς και η τρέχουσα κατάσταση της εδαφικής αντοχής, καθώς τα διαθέσιμα εδαφοτεχνικά στοιχεία προηγήθηκαν της κατασκευής των οδοστρωμάτων.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

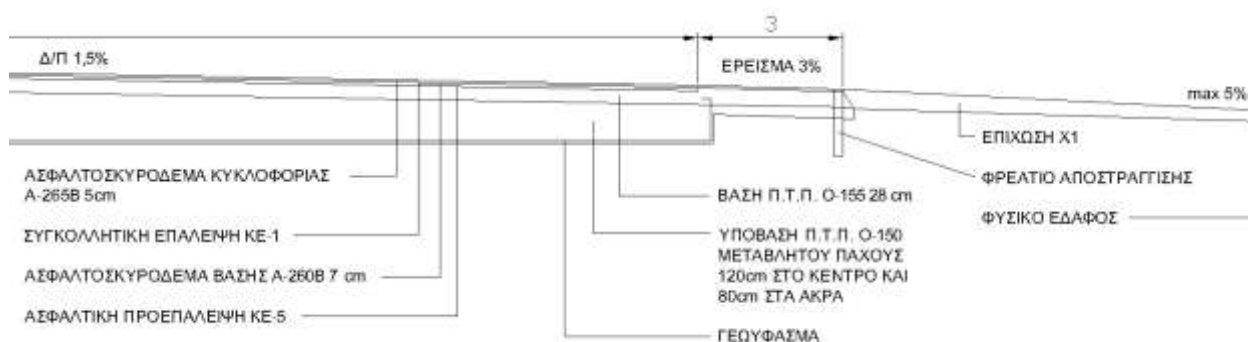
- [1] S. Συνθήκη του Σικάγου: **Convention on International Civil Aviation**, 1944 (Υιοθετήθηκε με ΦΕΚ Α΄ 35/28-02-47)
- [2] B. Federal Aviation Administration: **Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength – PCN**, Advisory Circular No 150/5335-5, 1983
- [3] C. Federal Aviation Administration: **Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength – PCN**, Advisory Circular No 150/5335-5A, 2006
- [4] A. International Civil Aviation Organization: **Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation – Aerodromes**, Volume I - Aerodrome Design and Operations, 2004 (Υιοθετήθηκε με ΦΕΚ Β΄ 1816/11-09-07)
- [5] Q. International Civil Aviation Organization: **Doc. 9157 - Aerodrome Design Manual (Part 3 - Pavements)**, 2nd edition, 1983
- [6] Ο. Λοΐζος Α.: **Σημειώσεις για το Μάθημα Οδοστρώματα Οδών και Αεροδρομίων**, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2008
- [7] R. North Atlantic Treaty Organization - NATO Standardization Agency (NSA): **Aircraft Classification Numbers (ACN) / Pavement Classification Number (PCN)**, AEP 46(B), 2008
- [8] N. Yoder E. and Witczak M.: **Αρχές Σχεδιασμού Οδοστρωμάτων**, Εκδόσεις Γκιούρδας, Αθήνα, 1987
- [9] D. Federal Aviation Administration: **Airport Pavement Design and Evaluation**, Advisory Circular No 150/5320-6D, 2002
- [10] G. Directorate of Civil Engineering Services, Property Services Agency, Department of the Environment, United Kingdom (UK): **A Guide to Airfield Pavement Design and Evaluation**, 1989
- [11] F. Federal Aviation Administration: **Standards for Specifying Construction of Airports**, Advisory Circular No 150/5370-10E, 2009
- [12] E. Federal Aviation Administration: **Airport Pavement Design and Evaluation**, Advisory Circular No 150/5320-6E, 2009

- [13] U. Ministry of defense, United Kingdom (UK): **A Guide to Airfield Pavement Design and Evaluation**, Design and Maintenance Guide 27 - 3rd edition, 2011
- [14] J. U.S. Army Corps Of Engineers - Naval Facilities Engineering Command - Air Force Civil Engineer Support Agency: **Airfield Pavement Evaluation**, Unified Facilities Criteria 3-260-03, 2001
- [15] I. U.S. Army Corps Of Engineers - Naval Facilities Engineering Command - Air Force Civil Engineer Support Agency: **Pavement Design For Airfields**, Unified Facilities Criteria 3-260-02, 2001
- [16] H. U.S. Army Corps Of Engineers - Naval Facilities Engineering Command - Air Force Civil Engineer Support Agency: **Airfield And Heliport Planning And Design**, Unified Facilities Criteria 3-260-01, 2008
- [17] P. Κιόχος Π.: **ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ**, Εκδόσεις Interbooks, Αθήνα, 1993
- [18] T. Ministry of defense, United Kingdom (UK): **Marshall Asphalt for Airfields**, Specification 13 - 3rd edition, 2008
- [19] K. U.S. Army Corps Of Engineers - Naval Facilities Engineering Command - Air Force Civil Engineer Support Agency: **Standard Practice Manual for Flexible Pavements**, Unified Facilities Criteria 3-250-03, 2001
- [20] V. Loizos A. and Charonitis G.: **Investigation of Classification Parameters and Assumptions for Rigid and Flexible Airfield Pavements**, Proceedings 7th International Conference of Roads, Railways and Airports, Trondheim, 2005

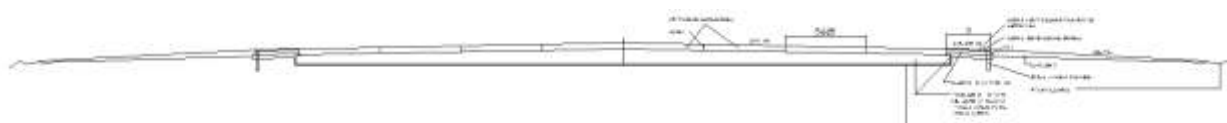
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Κεφάλαιο 2°

Σχήμα παραρτήματος 2.1: Διατομή εύκαμπτου τμήματος κυρίως Δ/Π



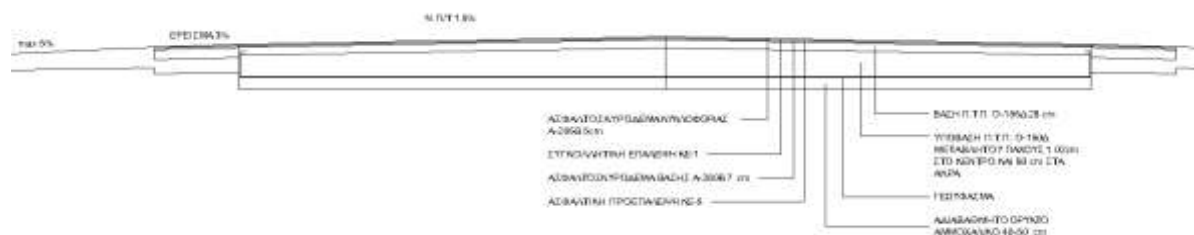
Σχήμα παραρτήματος 2.2: Διατομή εύκαμπτου τμήματος κυρίως Δ/Π (μεγαλύτερη κλίμακα)



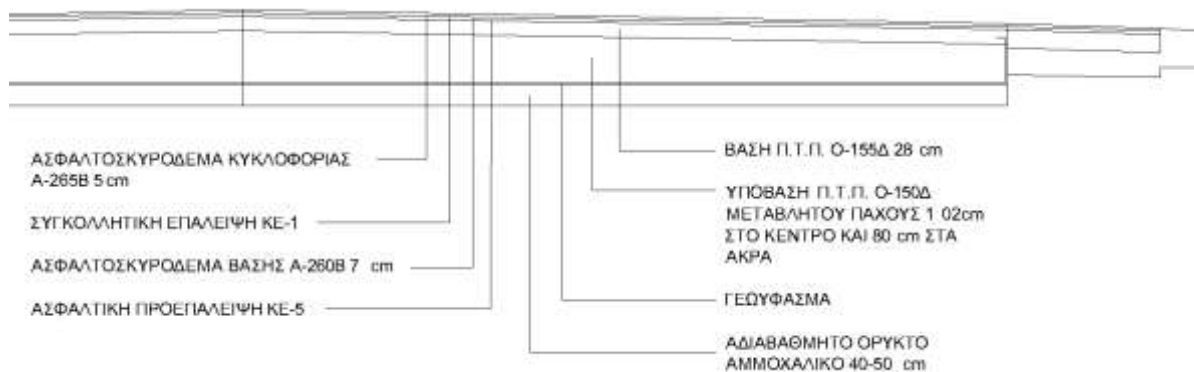
Σχήμα παραρτήματος 2.3: Διατομή δύσκαμπτου τμήματος κυρίως Δ/Π



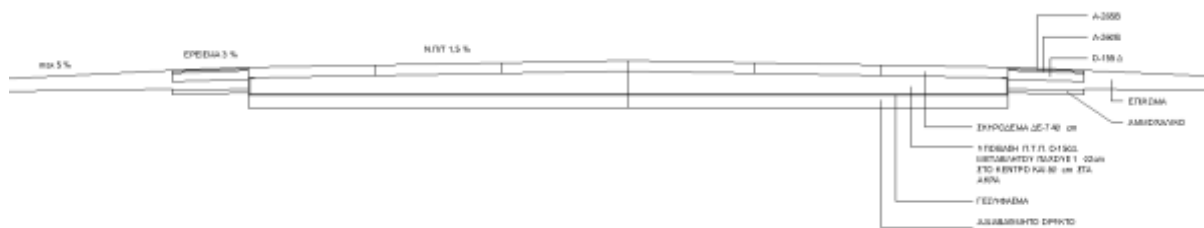
Σχήμα παραρτήματος 2.4: Διατομή δύσκαμπτου τμήματος κυρίως Δ/Π (μεγαλύτερη κλίμακα)



Σχήμα παραρτήματος 2.5: Διατομή εύκαμπτου τμήματος νότιου Π/Τ



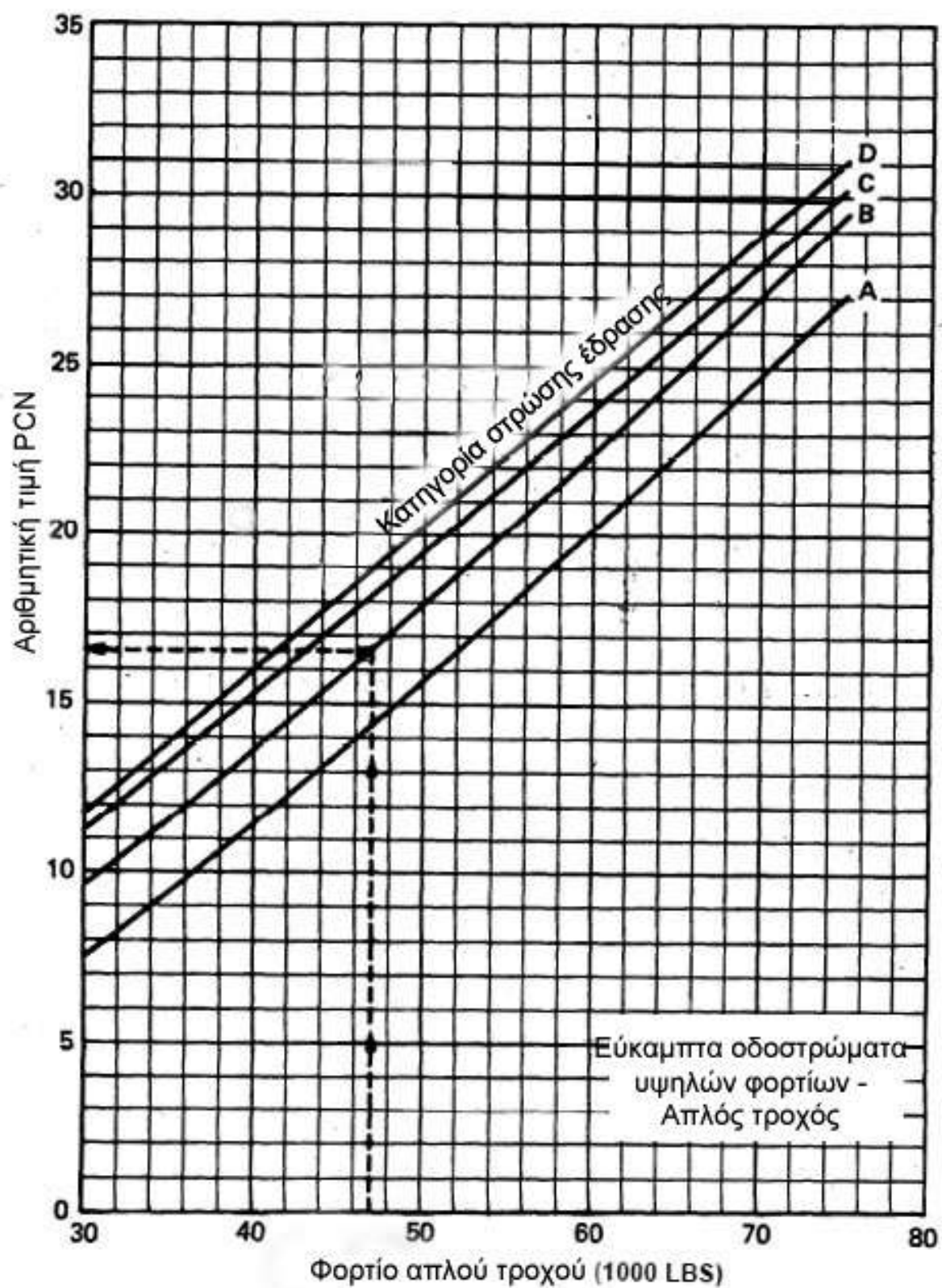
Σχήμα παραρτήματος 2.6: Διατομή εύκαμπτου τμήματος νότιου Π/Τ (μεγαλύτερη κλίμακα)



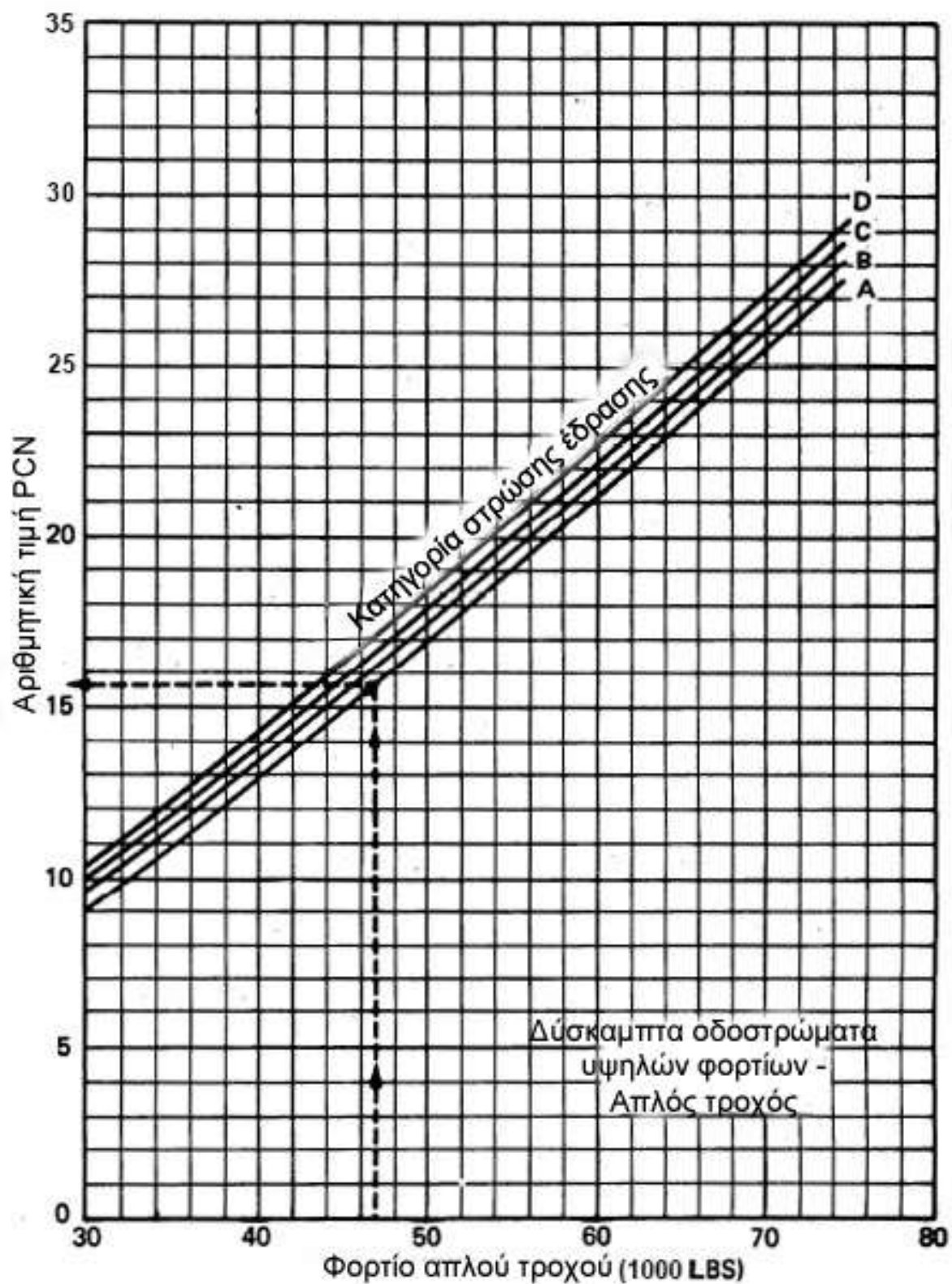
Σχήμα παραρτήματος 2.7: Διατομή δύσκαμπτου τμήματος νότιου Π/Τ



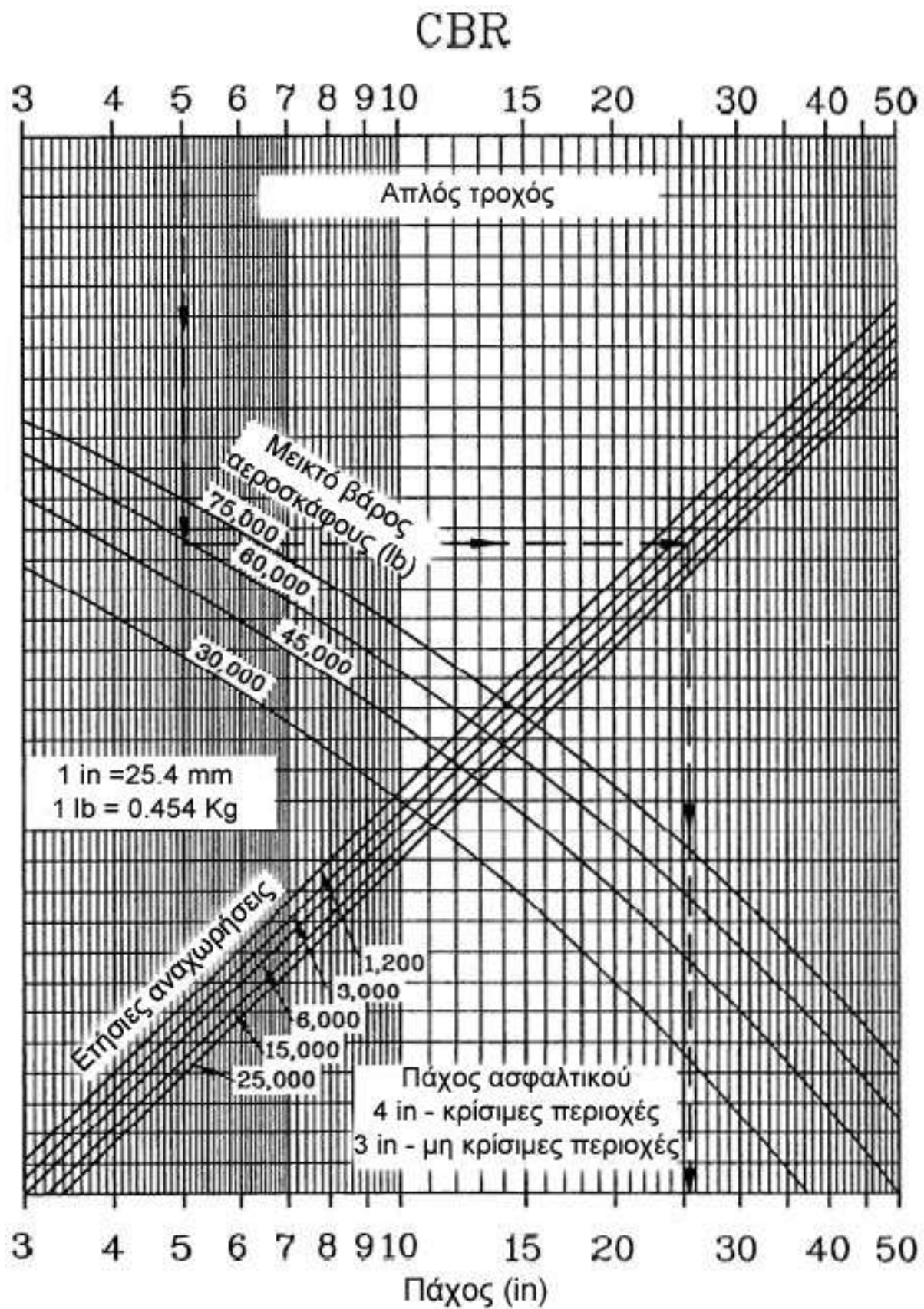
Σχήμα παραρτήματος 2.8: Διατομή δύσκαμπτου τμήματος νότιου Π/Τ (μεγαλύτερη κλίμακα)

Κεφάλαιο 3°

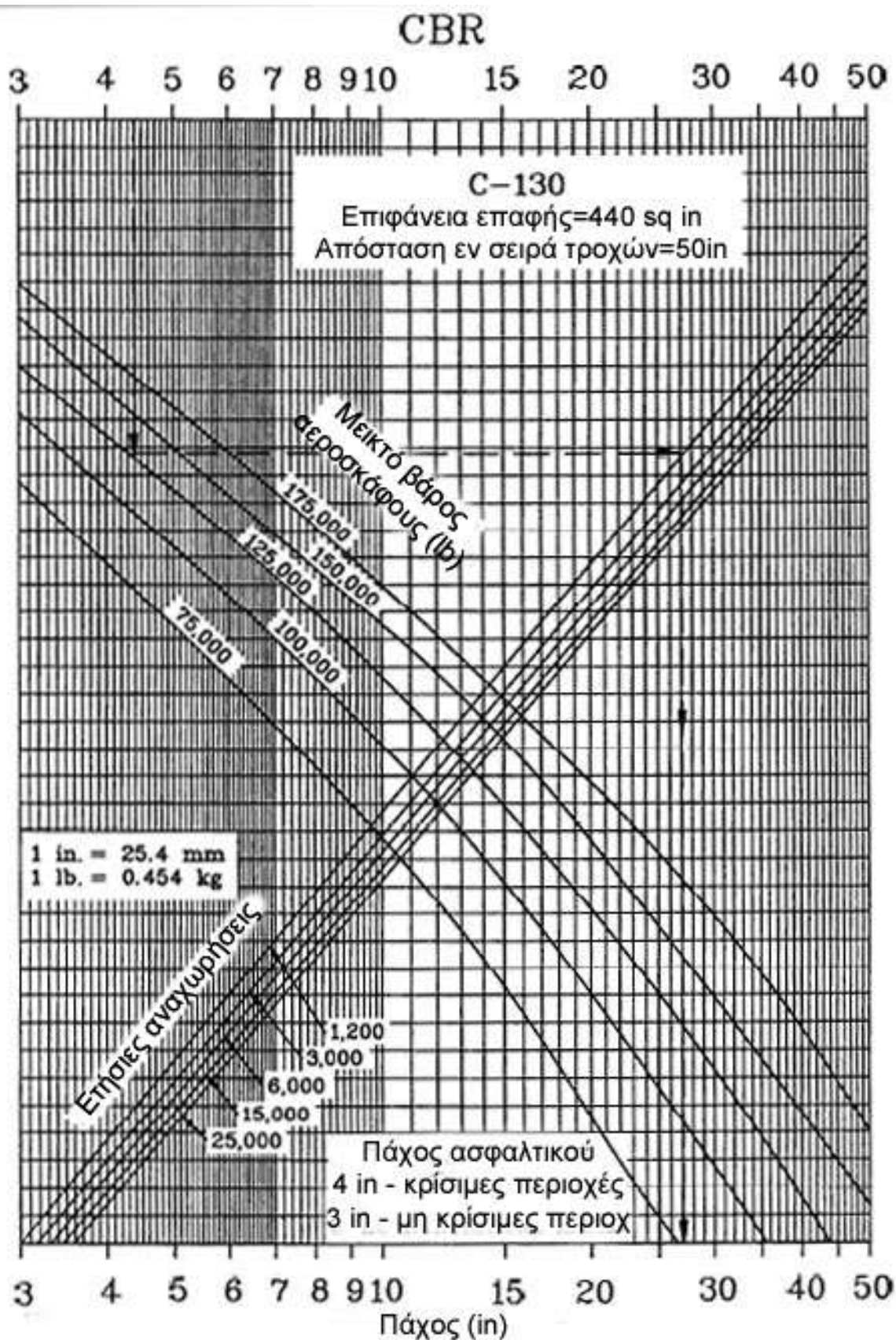
Σχήμα παραρτήματος 3.1: Διάγραμμα υπολογισμού PCN εύκαμπτου οδοστρώματος υψηλών φορτίων



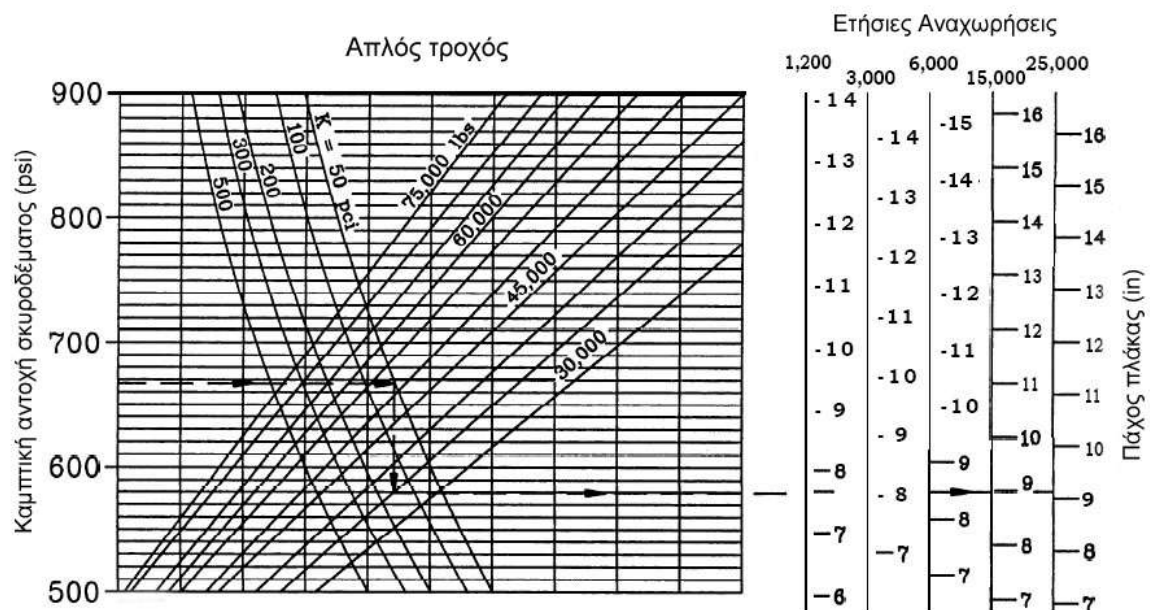
Σχήμα παραρτήματος 3.2: Διάγραμμα υπολογισμού PCN δύσκαμπτου οδοστρώματος υψηλών φορτίων



Σχήμα παραρτήματος 3.3: Διάγραμμα υπολογισμού απαιτούμενου πάχους εύκαμπτου οδοστρώματος για αεροσκάφος απλού τροχού



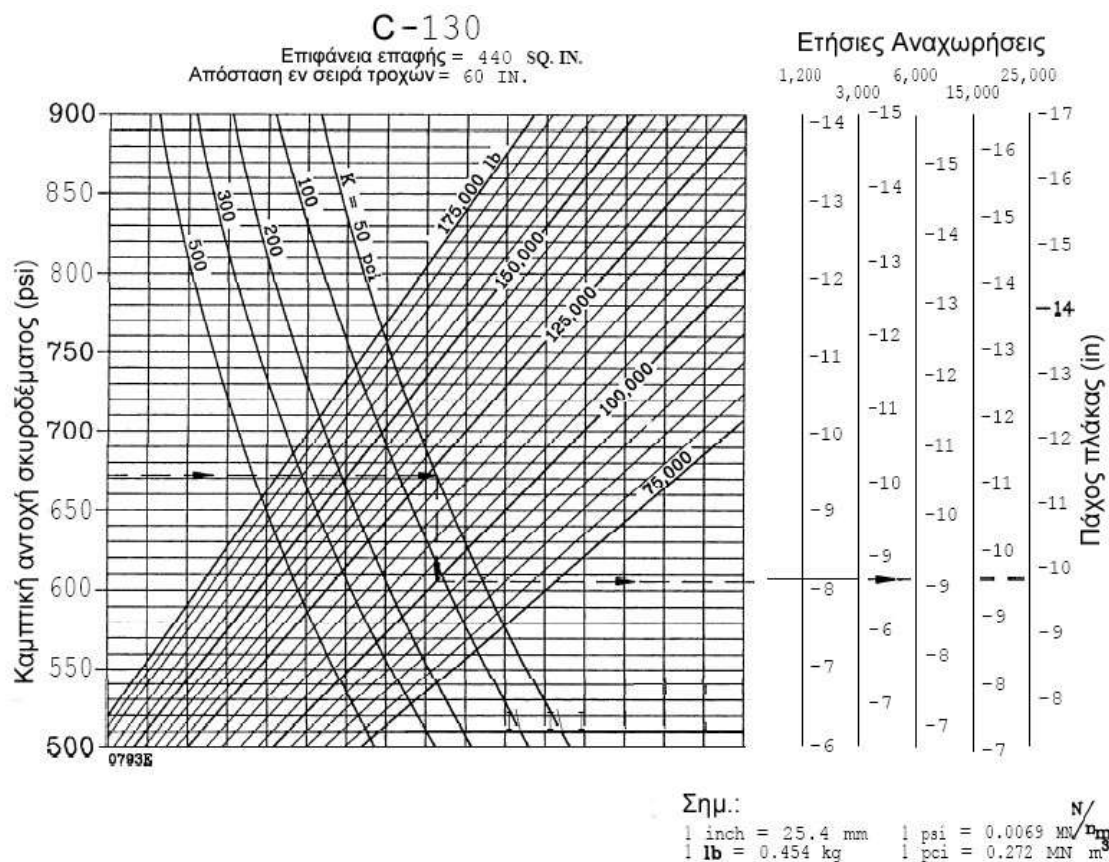
Σχήμα παραρτήματος 3.4: Διάγραμμα υπολογισμού απαιτούμενου πάχους εύκαμπτου οδοστρώματος για C-130



Σημ.:

1 inch = 25.4 mm 1 psi = 0.0069 MN/m²
 1 lb = 0.454 kg 1 pci = 0.272 MN/m³

Σχήμα παραρτήματος 3.5: Διάγραμμα υπολογισμού απαιτούμενου πάχους πλάκας σκυροδέματος για αεροσκάφος απλού τροχού

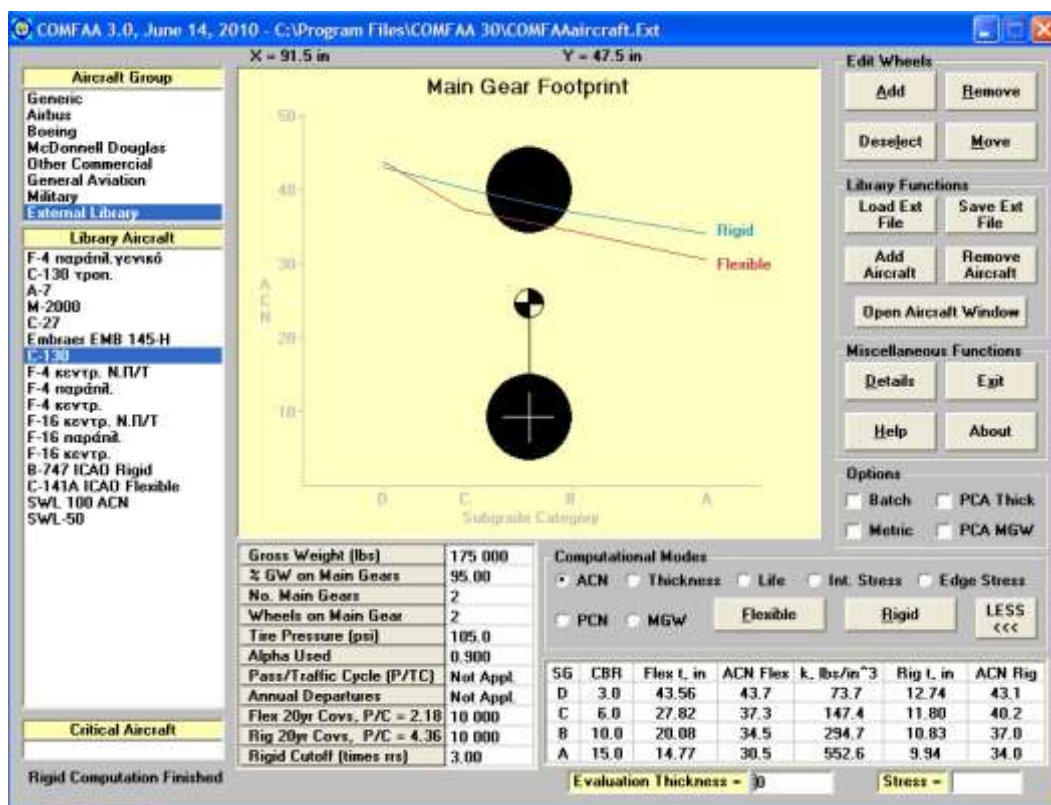


Σημ.:

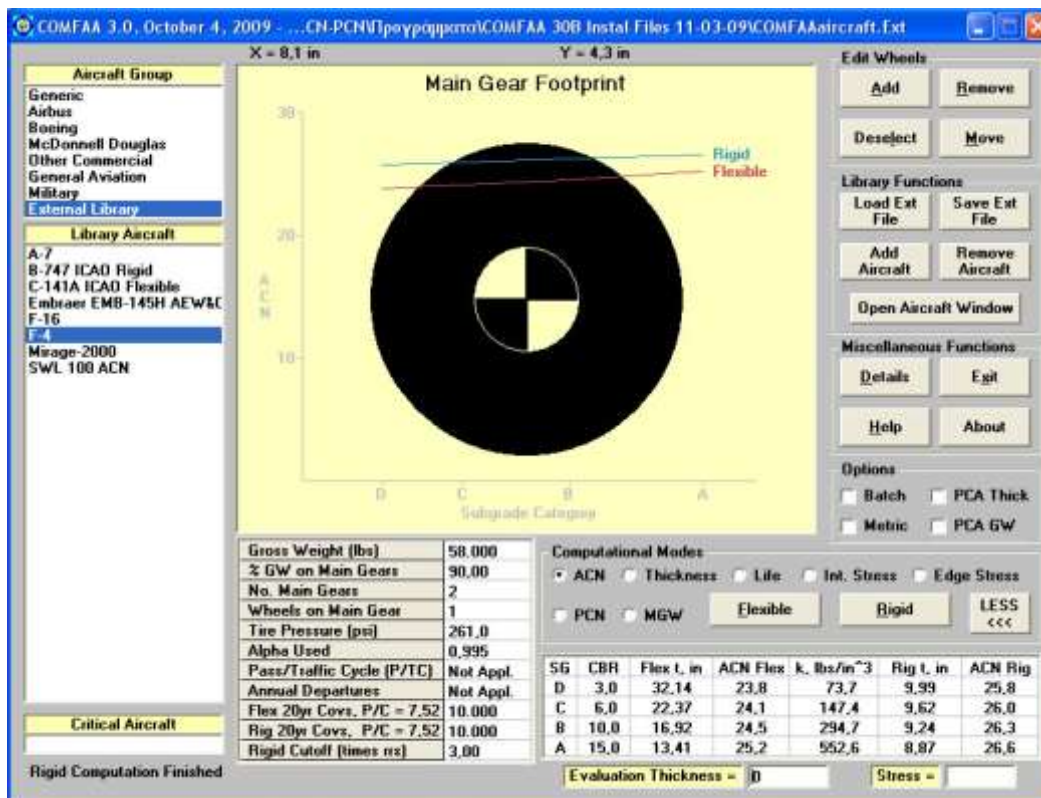
1 inch = 25.4 mm 1 psi = 0.0069 MN/m²
 1 lb = 0.454 kg 1 pci = 0.272 MN/m³

Σχήμα παραρτήματος 3.6: Διάγραμμα υπολογισμού απαιτούμενου πάχους πλάκας σκυροδέματος για C-130

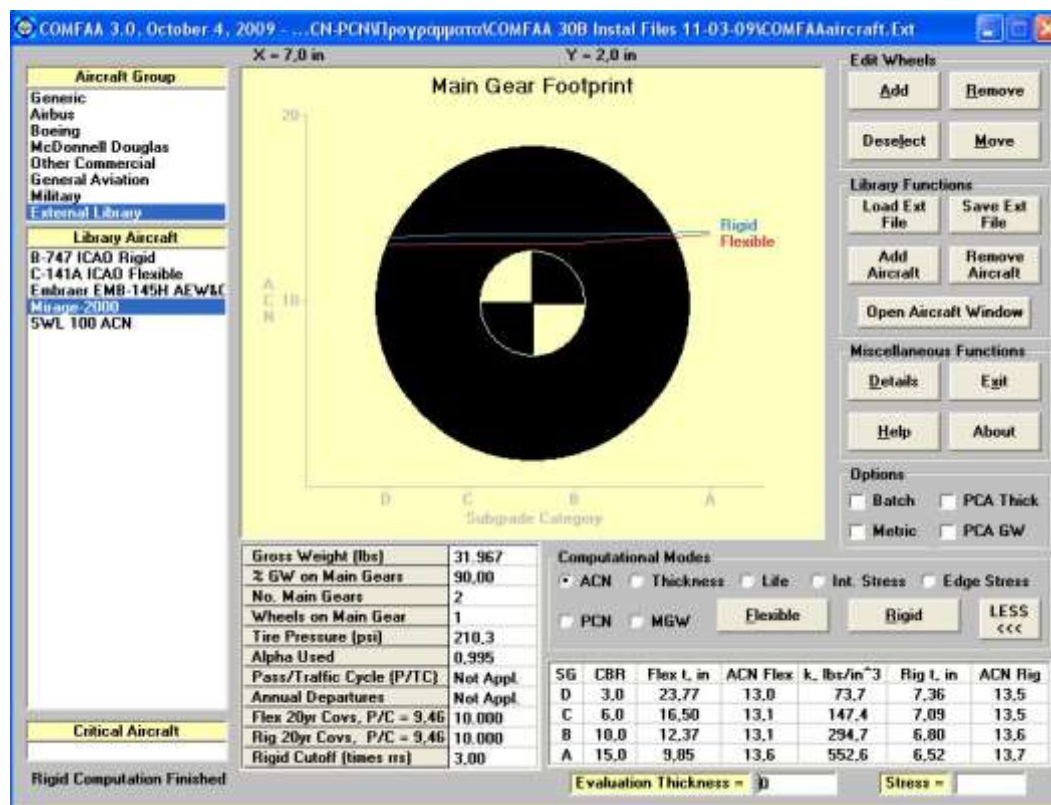
Κεφάλαιο 4°



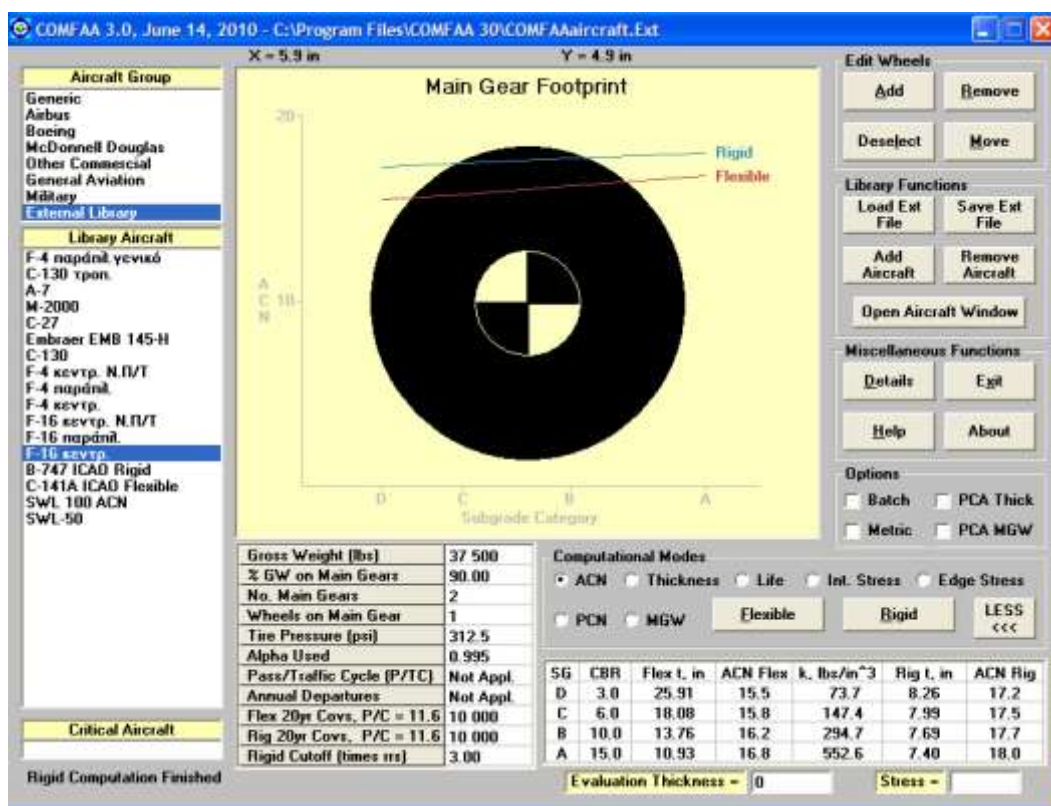
Σχήμα παραρτήματος 4.1: ACN για το C-130



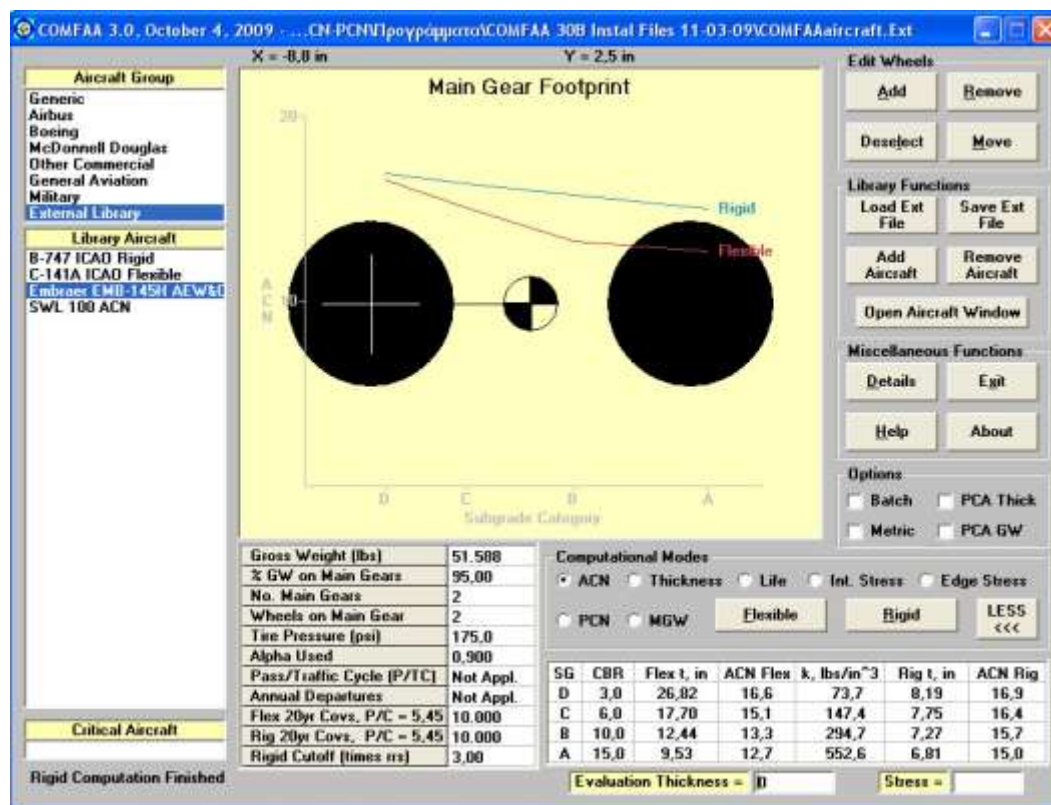
Σχήμα παραρτήματος 4.2: ACN για το F-4



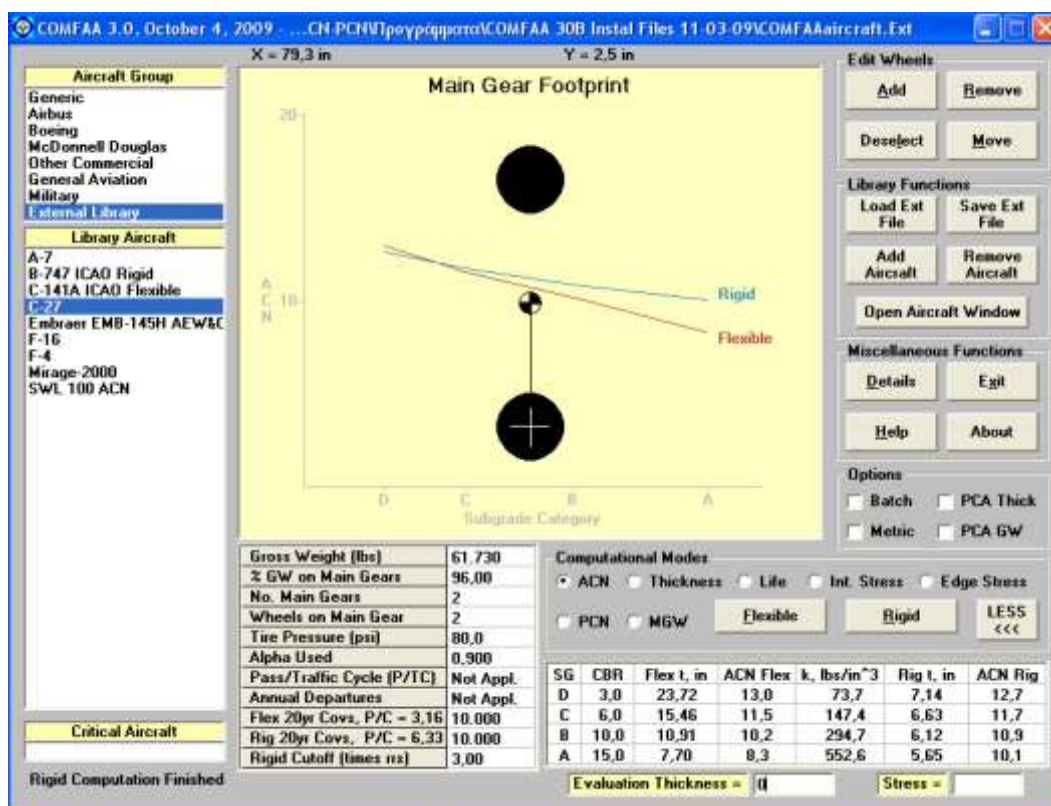
Σχήμα παραρτήματος 4.3: ACN για το Mirage-2000



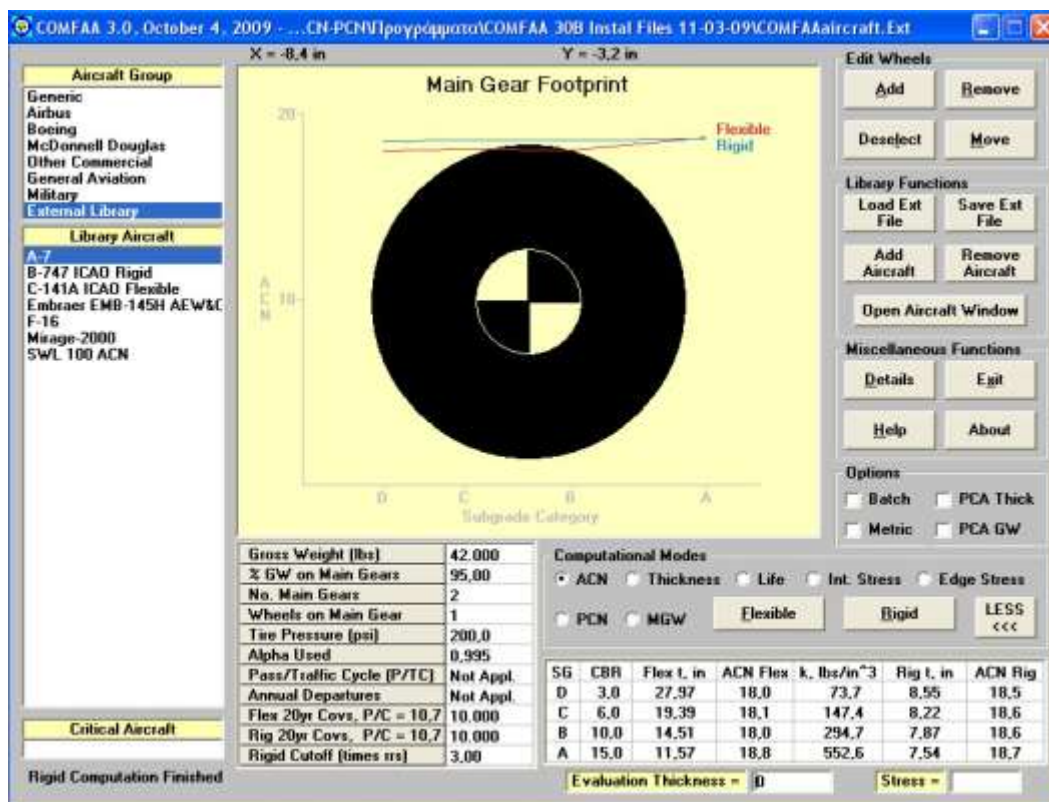
Σχήμα παραρτήματος 4.4: ACN για το F-16



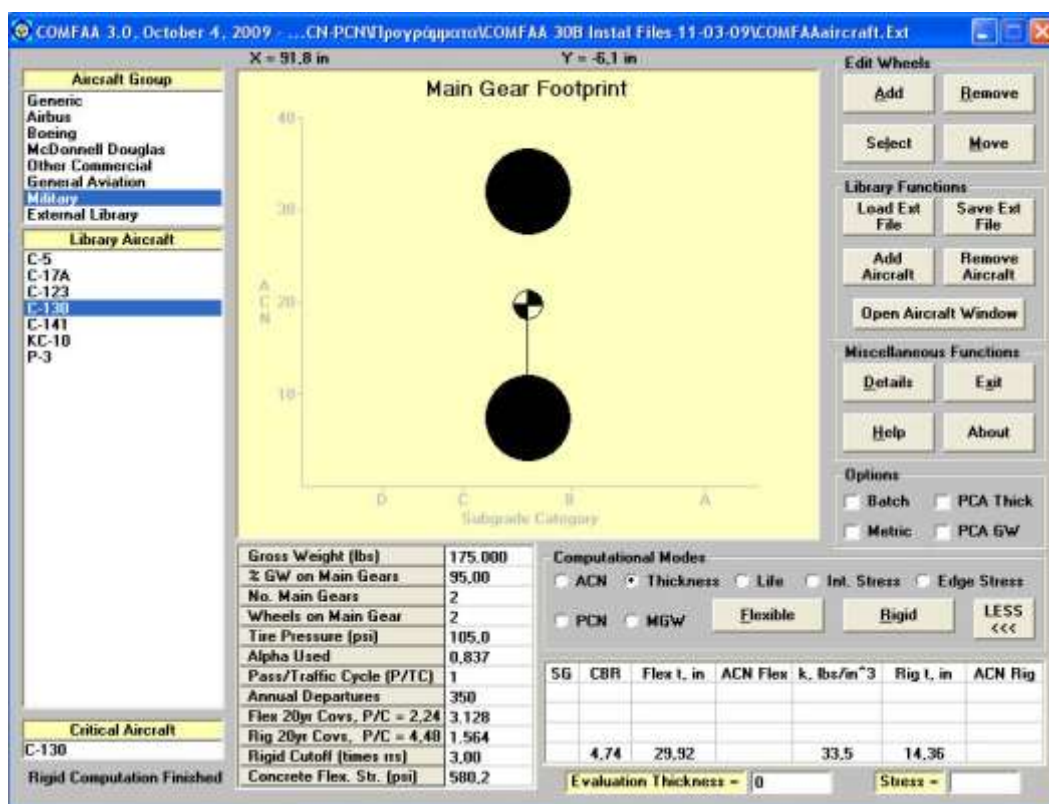
Σχήμα παραρτήματος 4.5: ACN για το Embraer EMB-145H



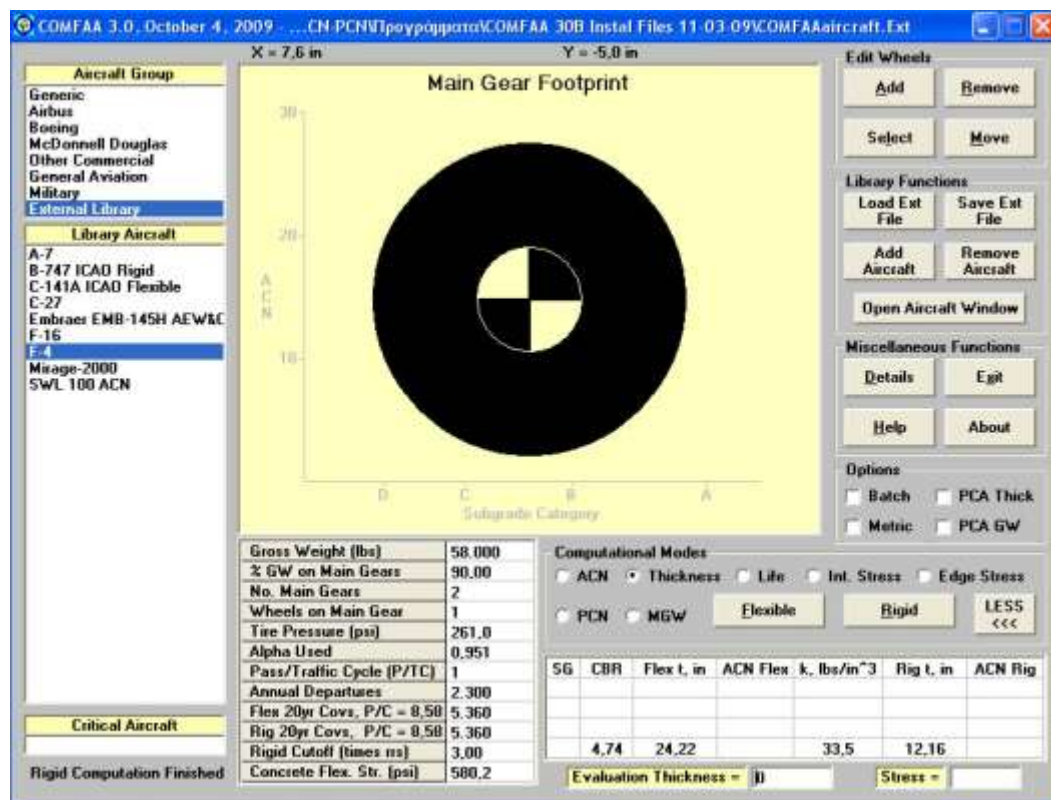
Σχήμα παραρτήματος 4.6: ACN για το C-27



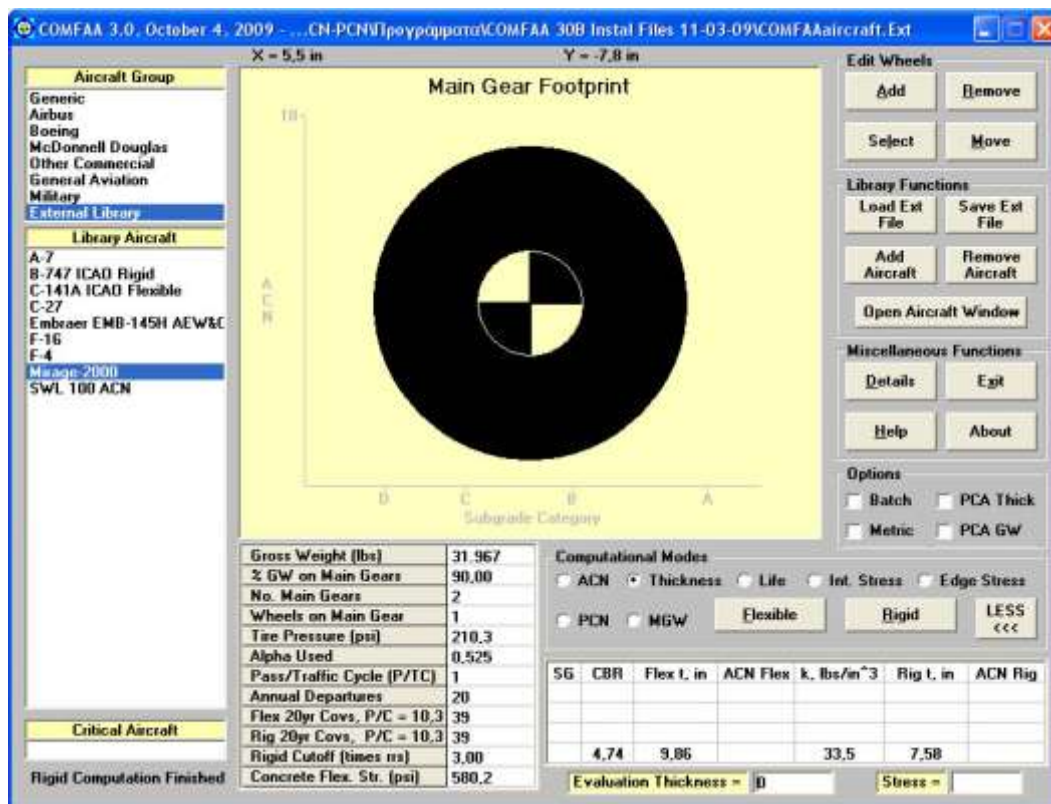
Σχήμα παραρτήματος 4.7: ACN για το A-7



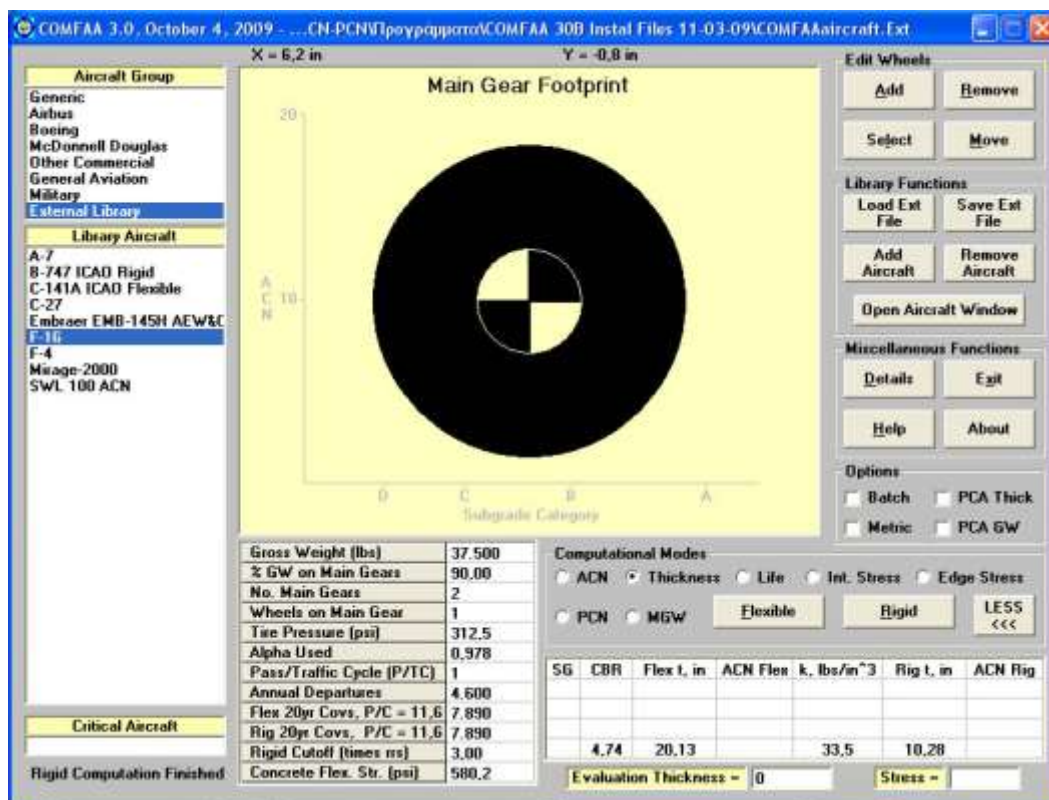
Σχήμα παραρτήματος 4.8: Απαιτούμενο πάχος εύκαμπτου οδοστρώματος για το C-130



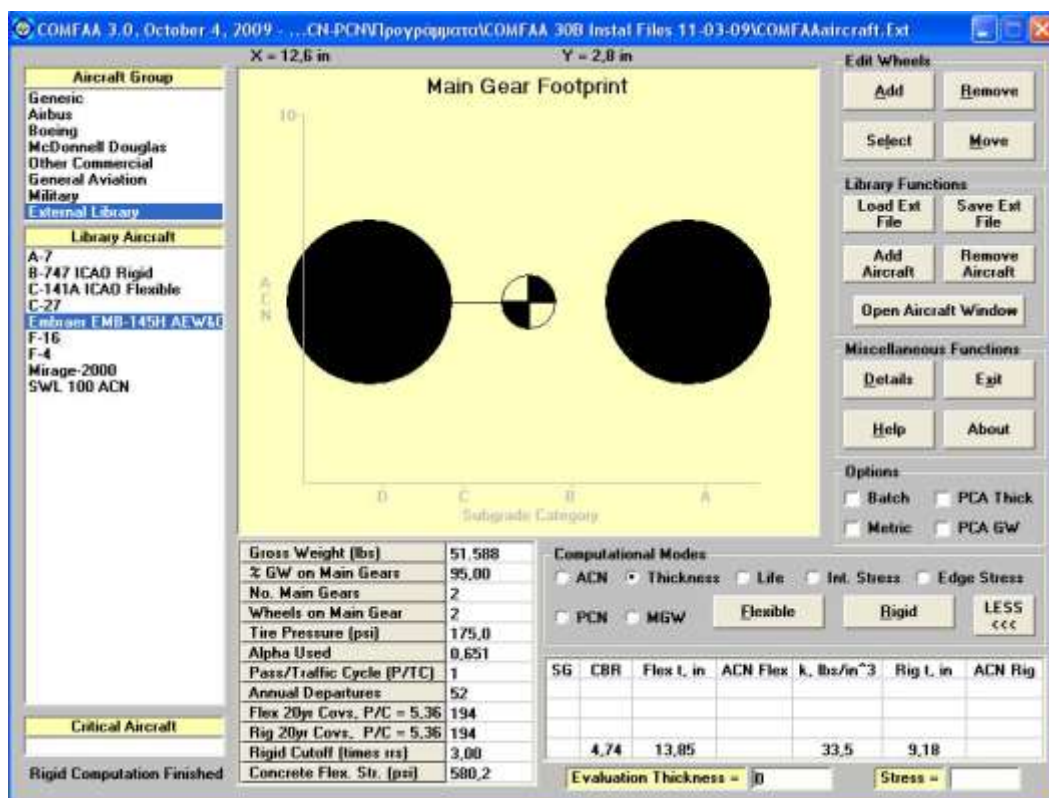
Σχήμα παραρτήματος 4.9: Απαιτούμενο πάχος εύκαμπτου οδοστρώματος για το F-4



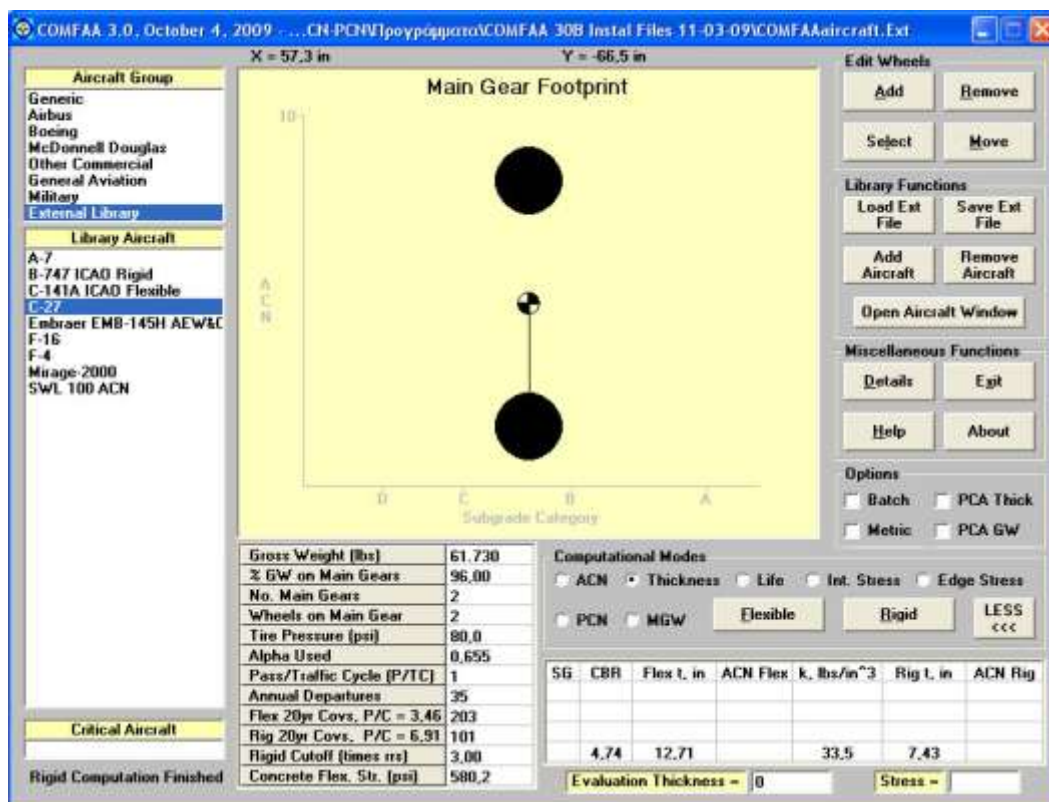
Σχήμα παραρτήματος 4.10: Απαιτούμενο πάχος εύκαμπτου οδοστρώματος για το Mirage 2000



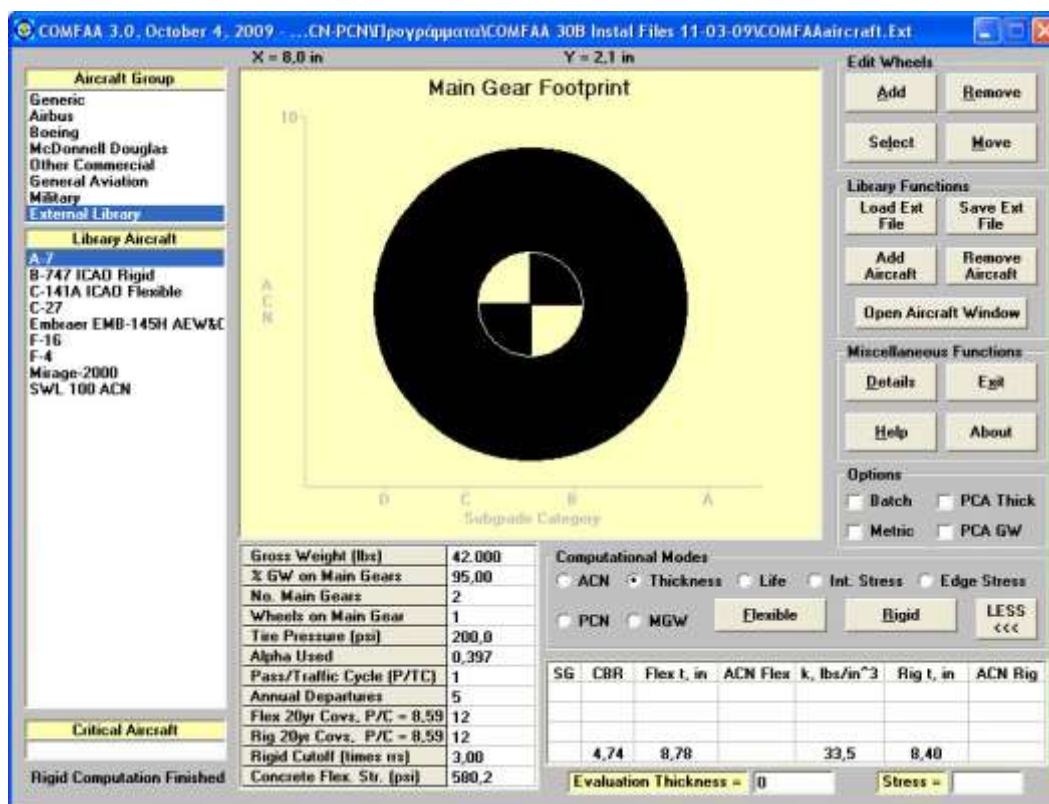
Σχήμα παραρτήματος 4.11: Απαιτούμενο πάχος εύκαμπτου οδοστρώματος για το F-16



Σχήμα παραρτήματος 4.12: Απαιτούμενο πάχος εύκαμπτου οδοστρώματος για το Embraer EMB-145H

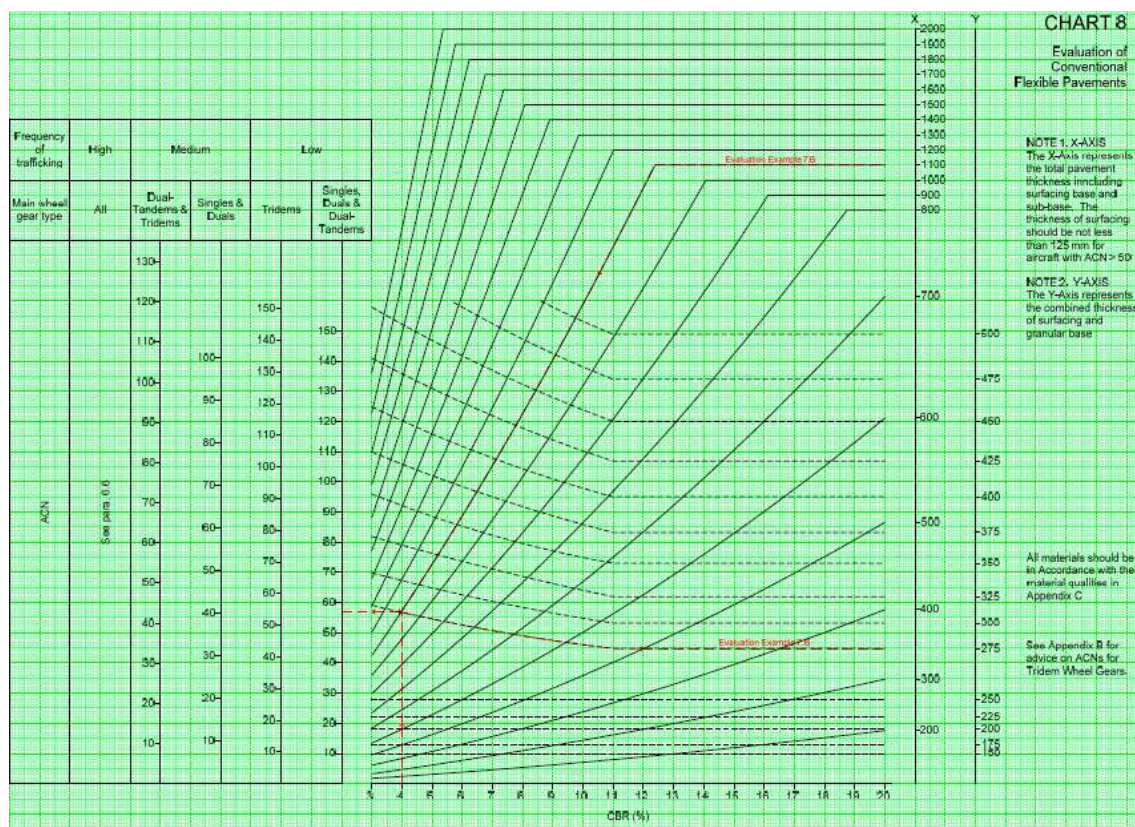


Σχήμα παραρτήματος 4.13: Απαιτούμενο πάχος εύκαμπτου οδοστρώματος για το C-27

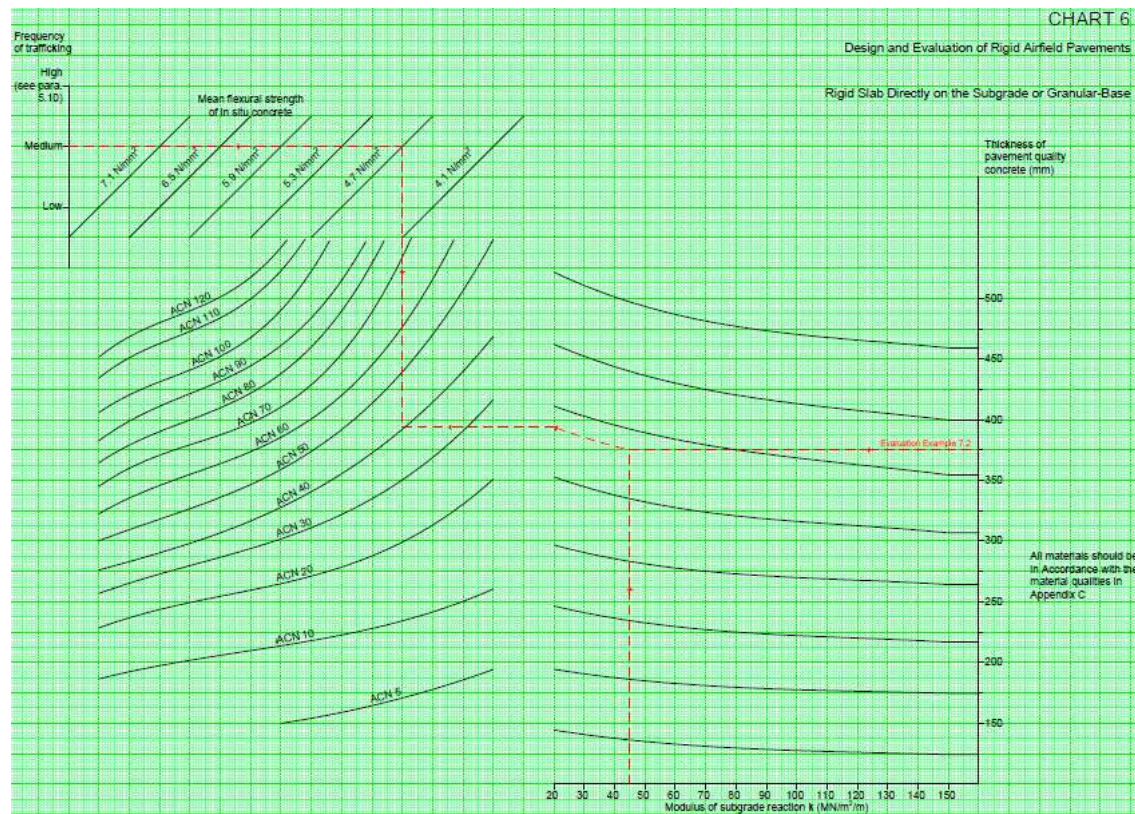


Σχήμα παραρτήματος 4.14: Απαιτούμενο πάχος εύκαμπτου οδοστρώματος για το A-7

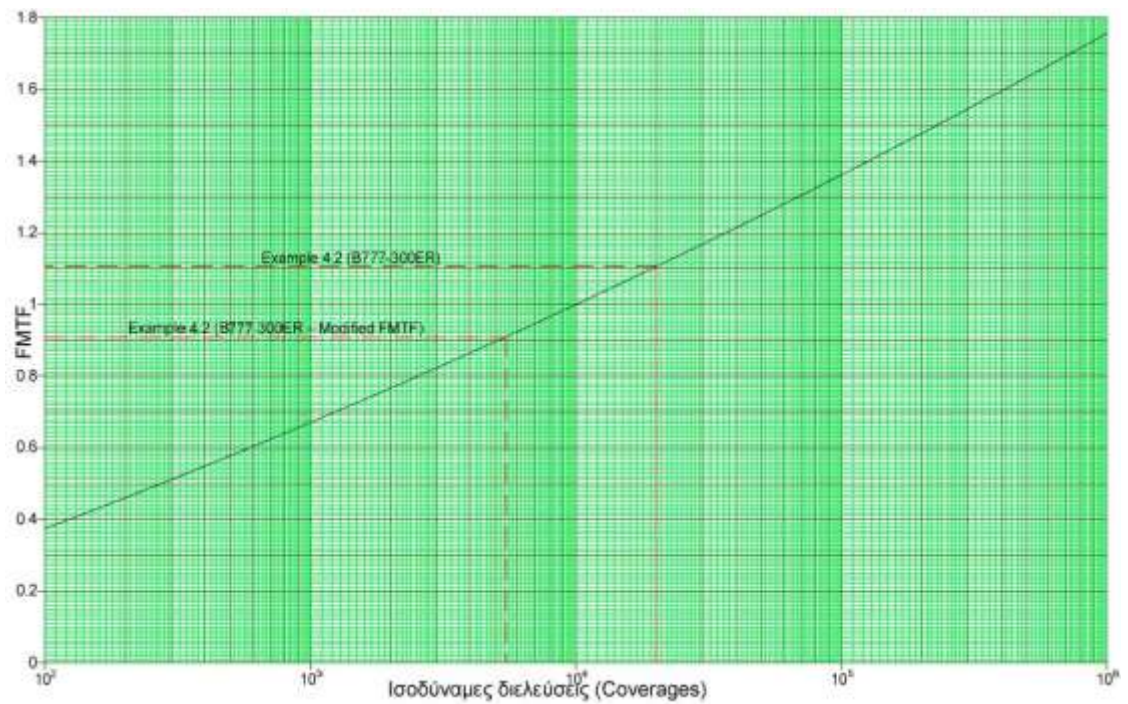
Κεφάλαιο 5°



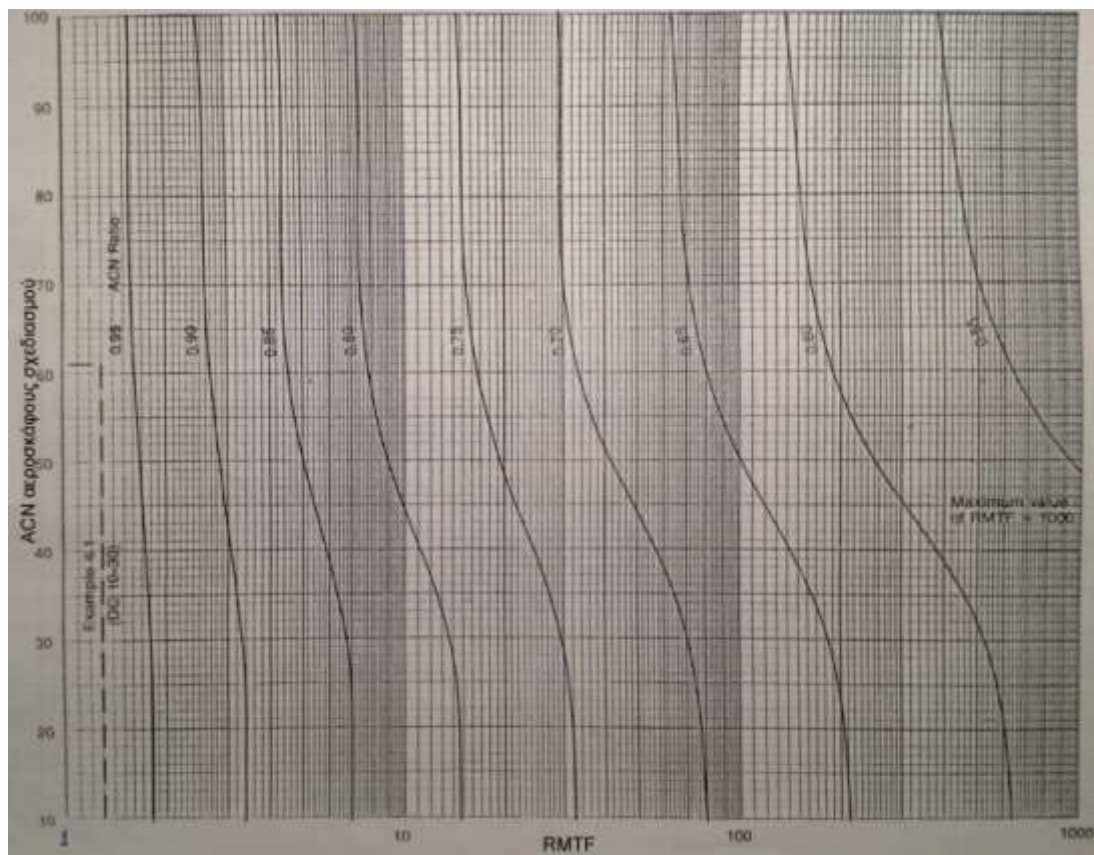
Σχήμα παραρτήματος 5.1: Υπολογισμός PCN σε εύκαμπτα οδοστρώματα με τη μέθοδο της UK



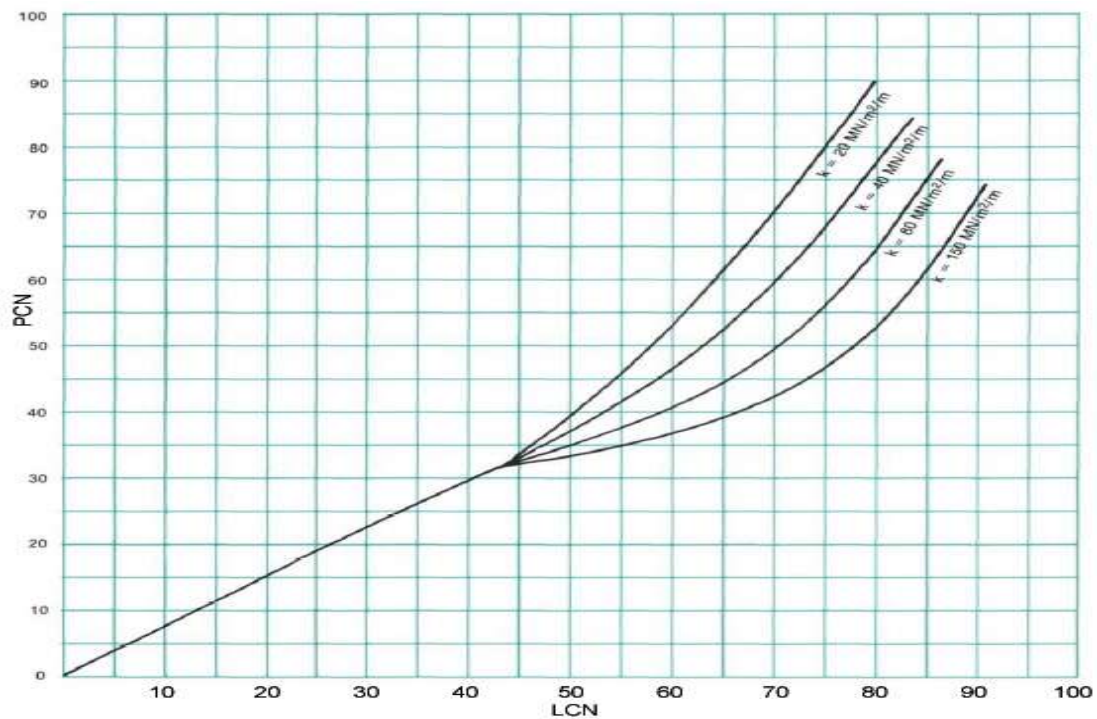
Σχήμα παραρτήματος 5.2: Υπολογισμός PCN σε δύσκαμπτα οδοστρώματα με τη μέθοδο της UK



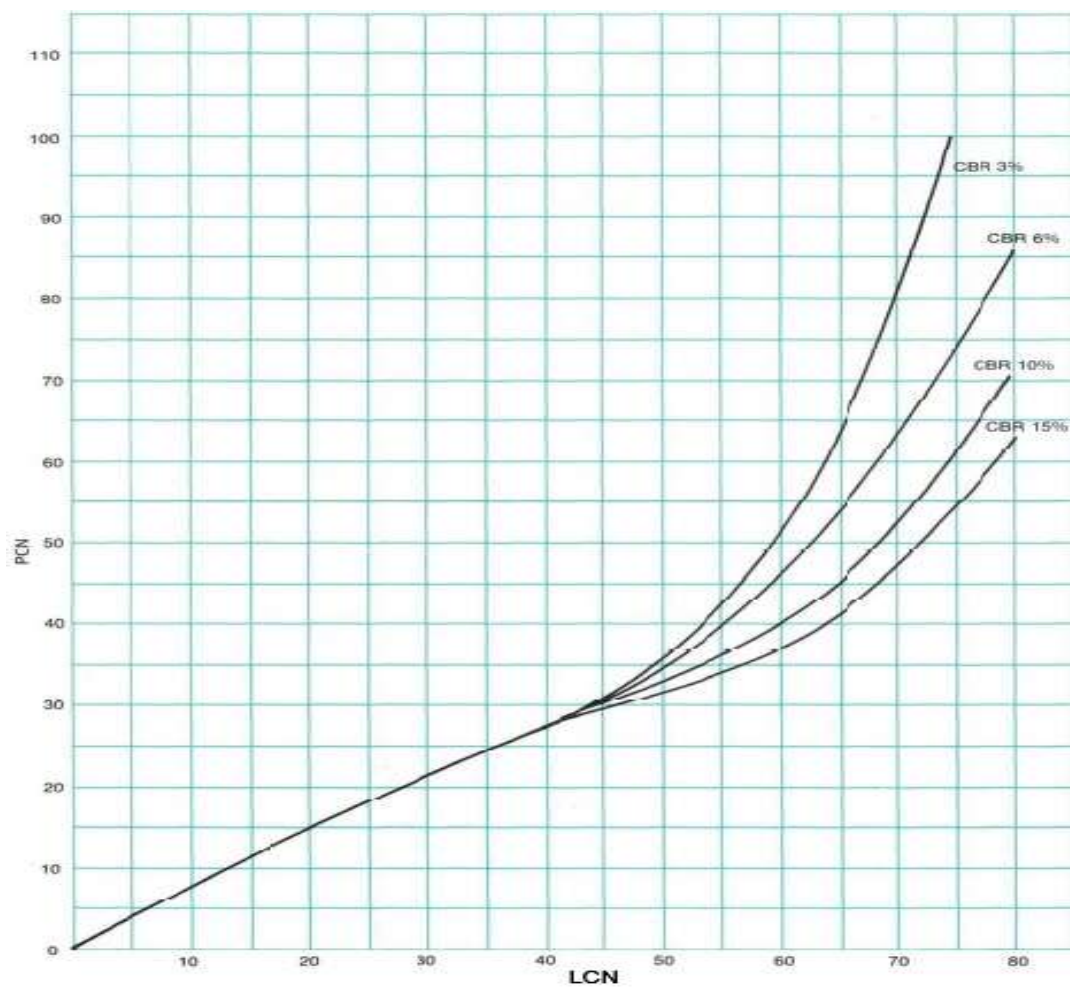
Σχήμα παραρτήματος 5.3: Συντελεστής μικτής κίνησης για εύκαμπτα οδοστρώματα



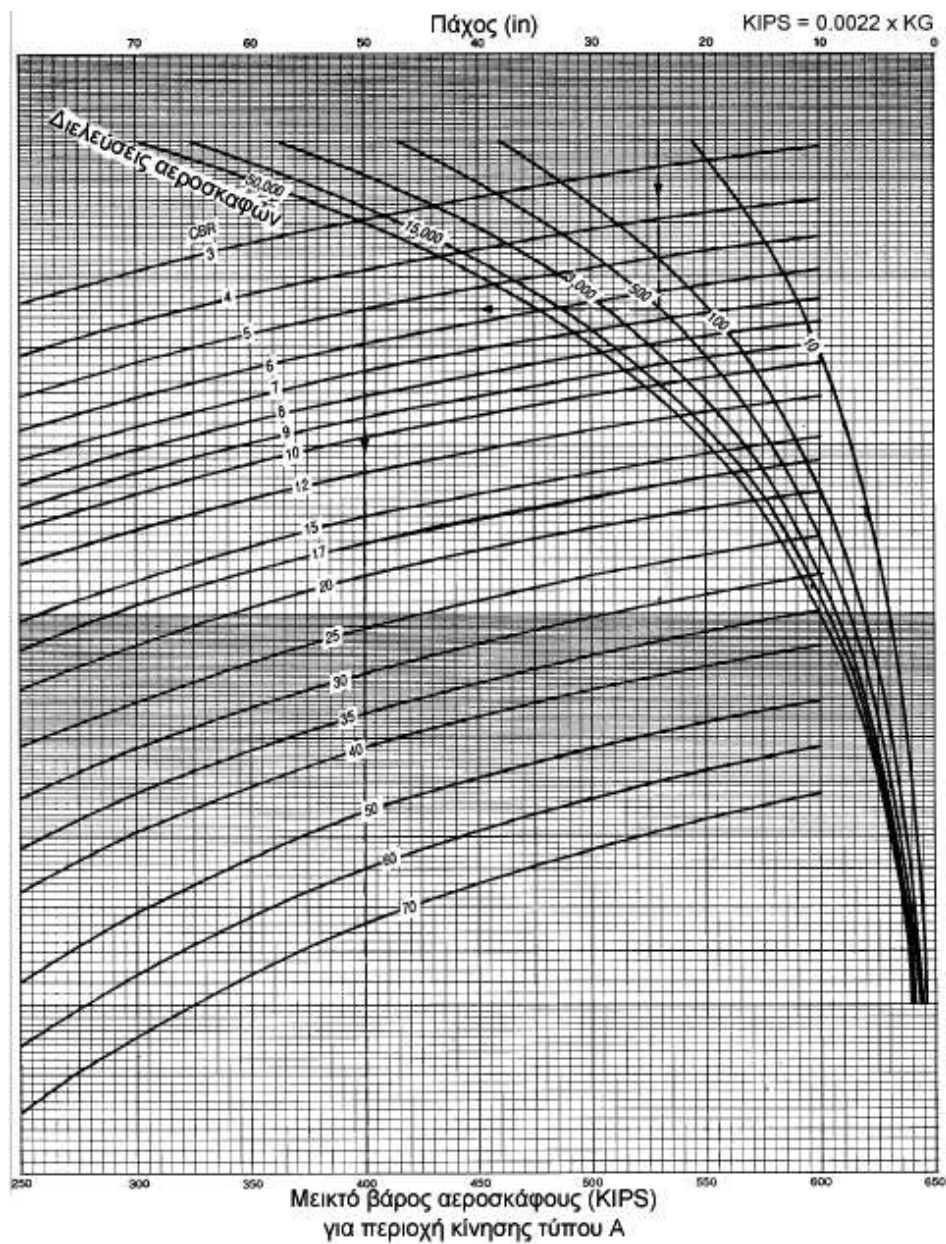
Σχήμα παραρτήματος 5.4: Συντελεστής μικτής κίνησης για δύσκαμπτα οδοστρώματα



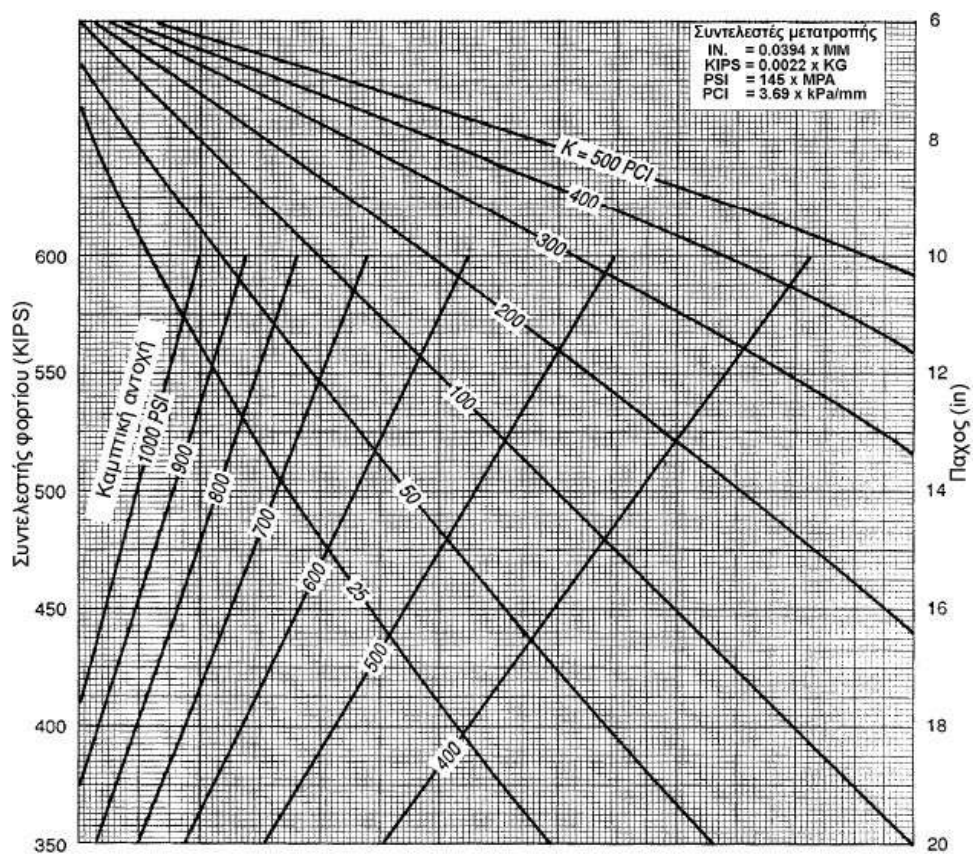
Σχήμα παραρτήματος 5.5: Μετατροπή LCN/PCN σε δύσκαμπτα οδοστρώματα



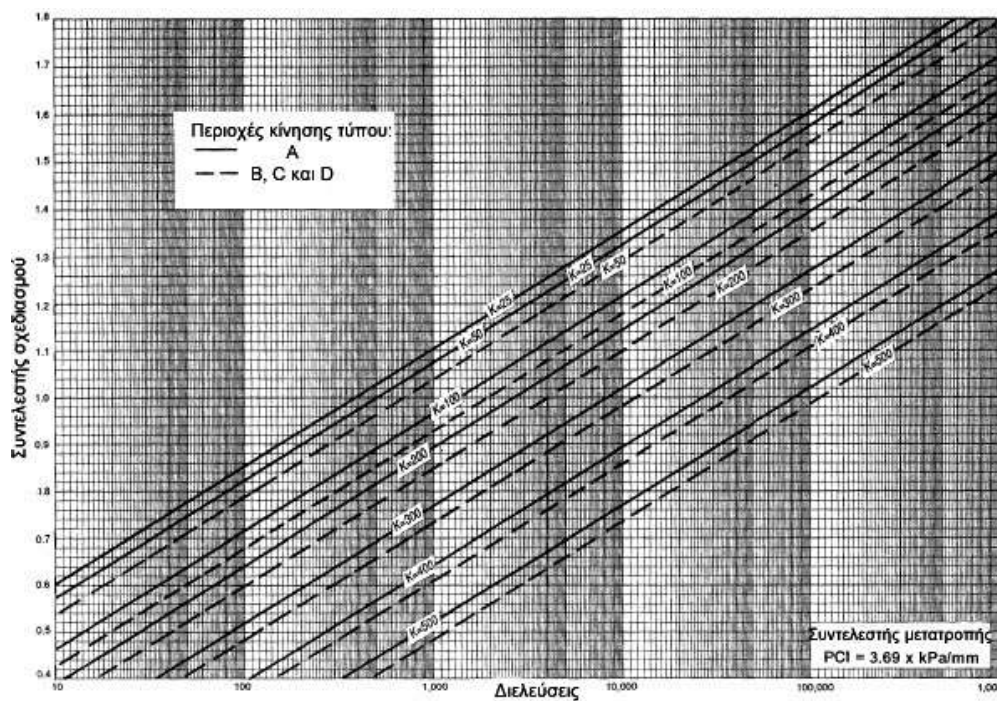
Σχήμα παραρτήματος 5.6: Μετατροπή LCN/PCN σε εύκαμπτα οδοστρώματα

Κεφάλαιο 6°**Μέθοδος της Αεροπορίας**

Σχήμα παραρτήματος 6.1: Υπολογισμός μέγιστου επιτρεπόμενου βάρους σε εύκαμπτο οδόστρωμα για το C-17 (γκρουπ 10) με τη μέθοδο της Αεροπορίας

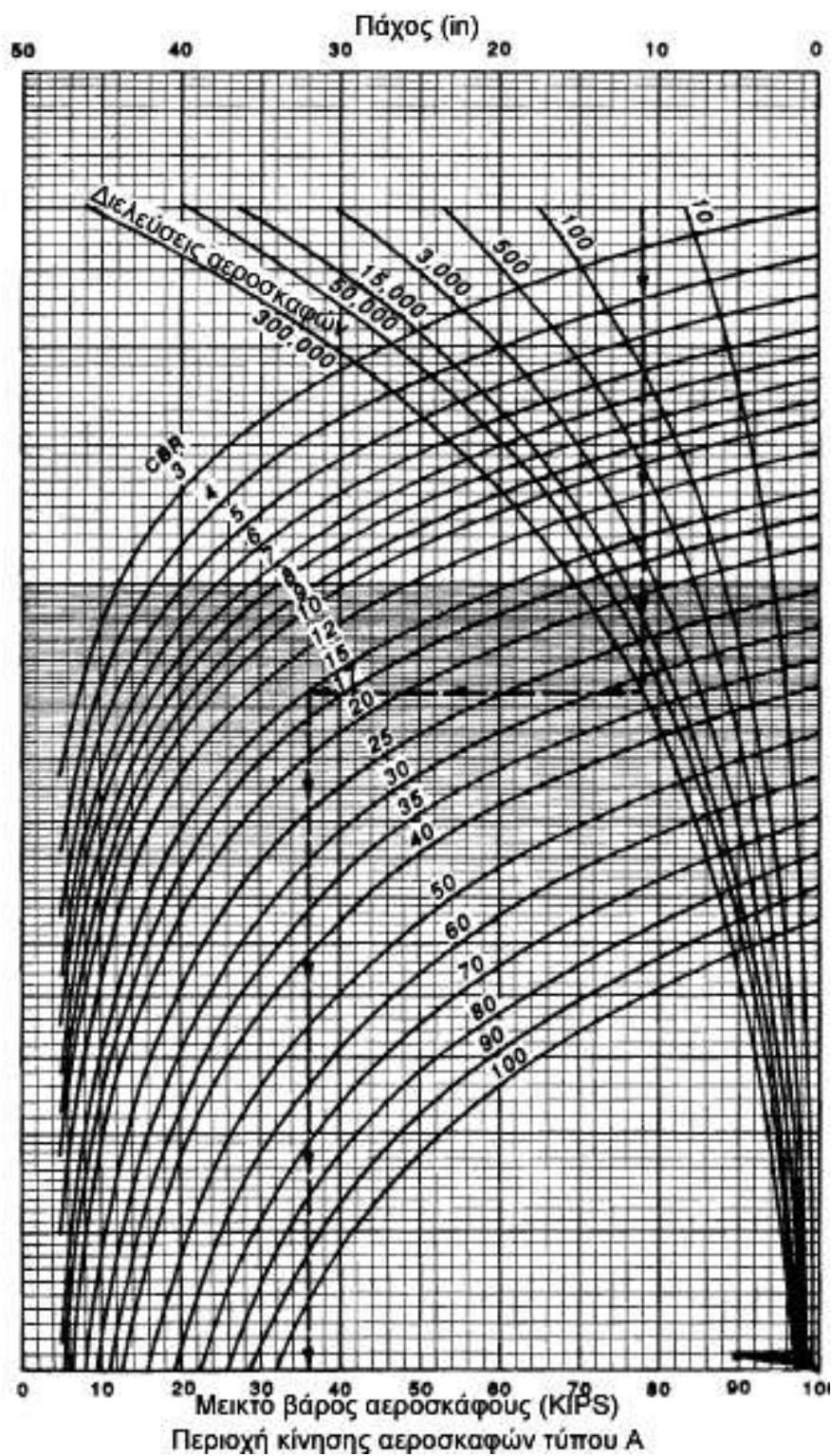


Σχήμα παραρτήματος 6.2: Υπολογισμός συντελεστή φορτίου σε δύσκαμπτο οδόστρωμα για το C-17 (γκρουπ 10) με τη μέθοδο της Αεροπορίας

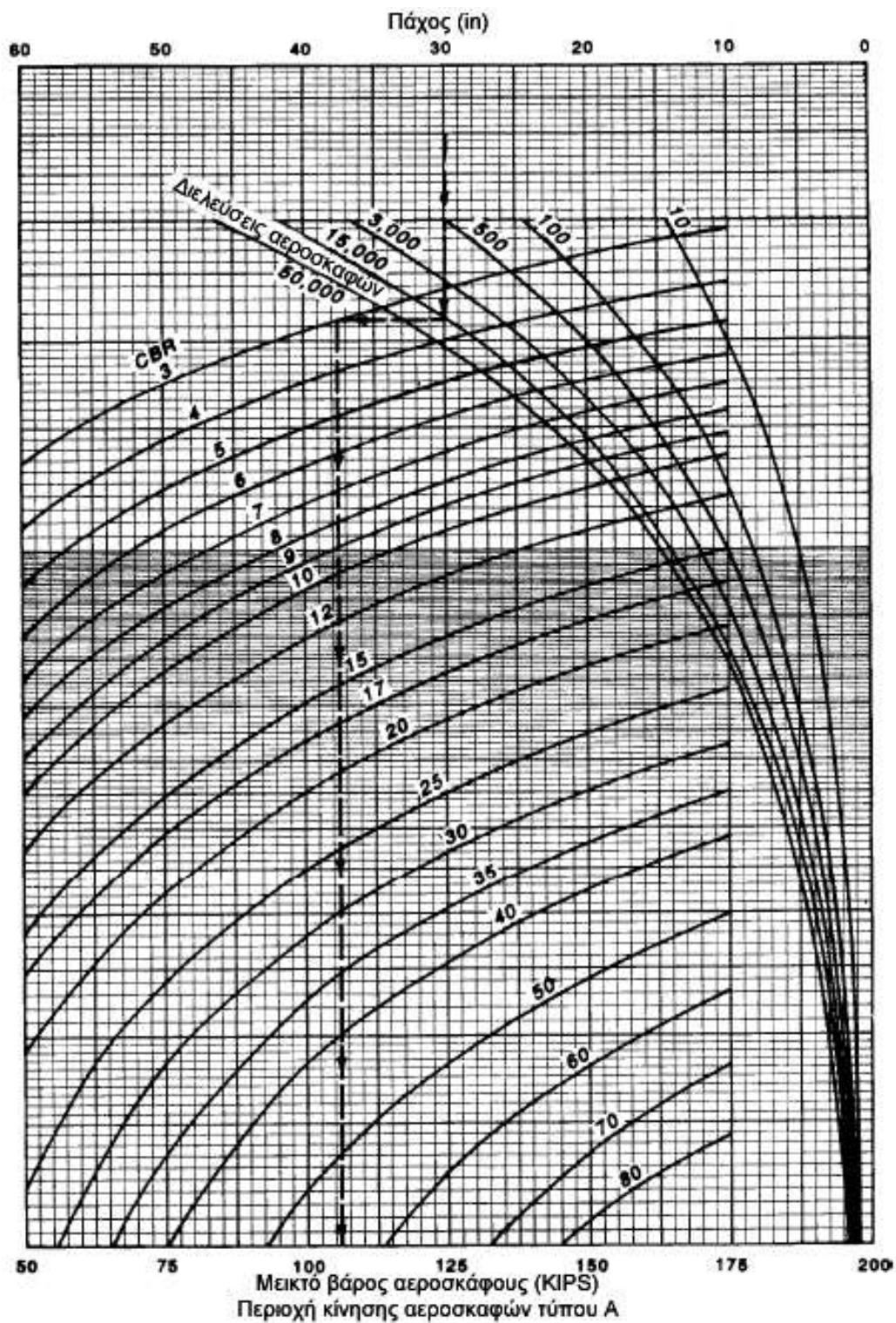


Σχήμα παραρτήματος 6.3: Υπολογισμός συντελεστή σχεδιασμού σε δύσκαμπτο οδόστρωμα για το C-17 (γκρουπ 10) με τη μέθοδο της Αεροπορίας

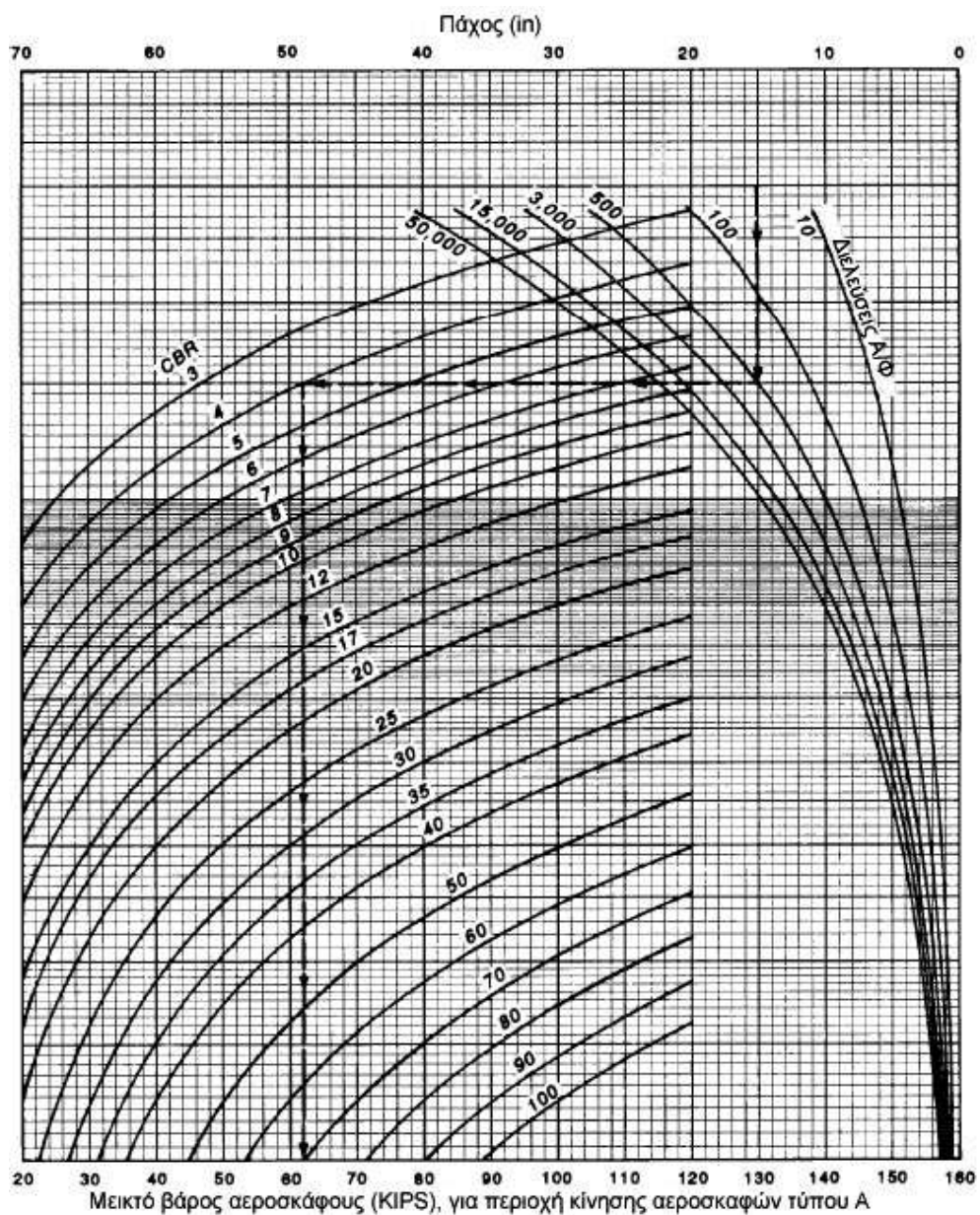
Μέθοδος του Στρατού



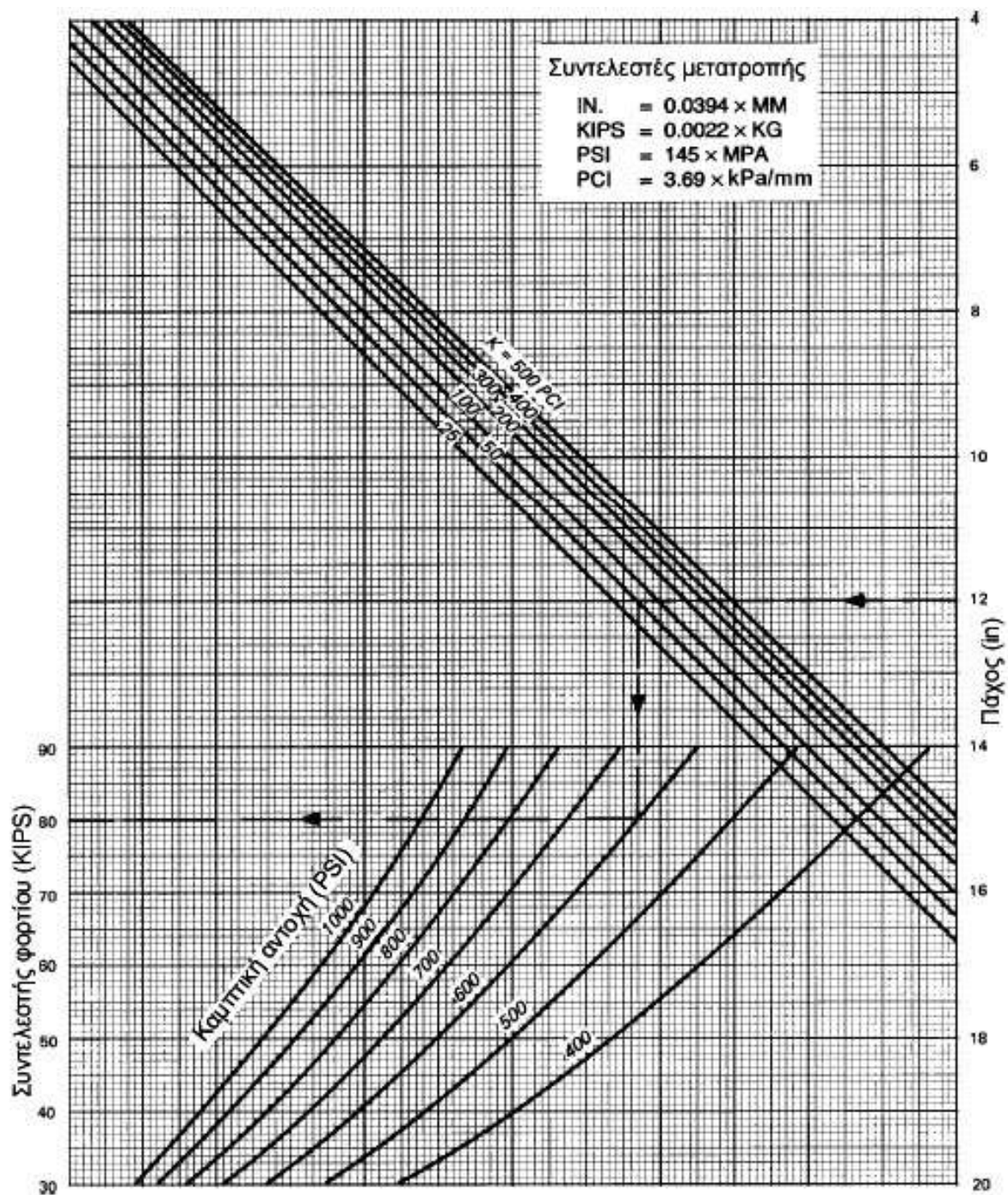
Σχήμα παραρτήματος 6.4: Υπολογισμός επιτρεπόμενου μεικτού βάρους σε εύκαμπτο οδόστρωμα για το γκρουπ 2 (F-4, F-16, A-7, M-2000) με τη μέθοδο του Στρατού



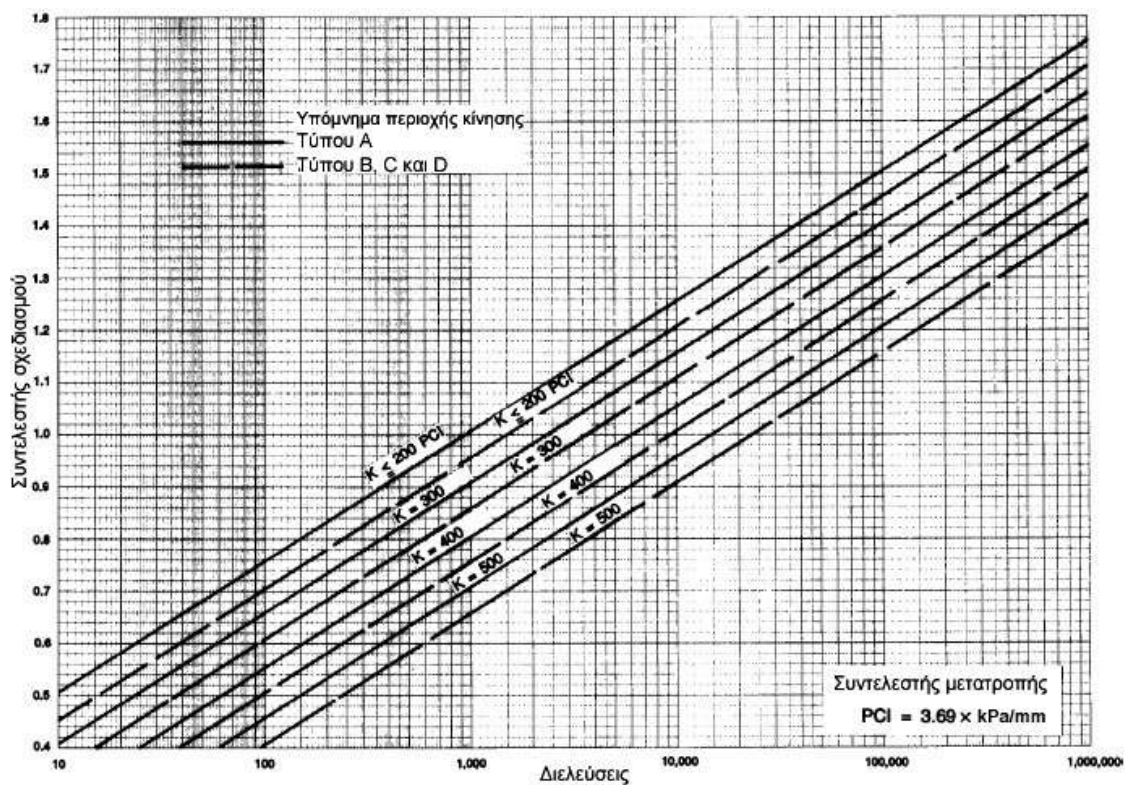
Σχήμα παραρτήματος 6.5: Υπολογισμός επιτρεπόμενου μεικτού βάρους σε εύκαμπτο οδόστρωμα για το γκρουπ 4 (C-130, C-27) με τη μέθοδο του Στρατού



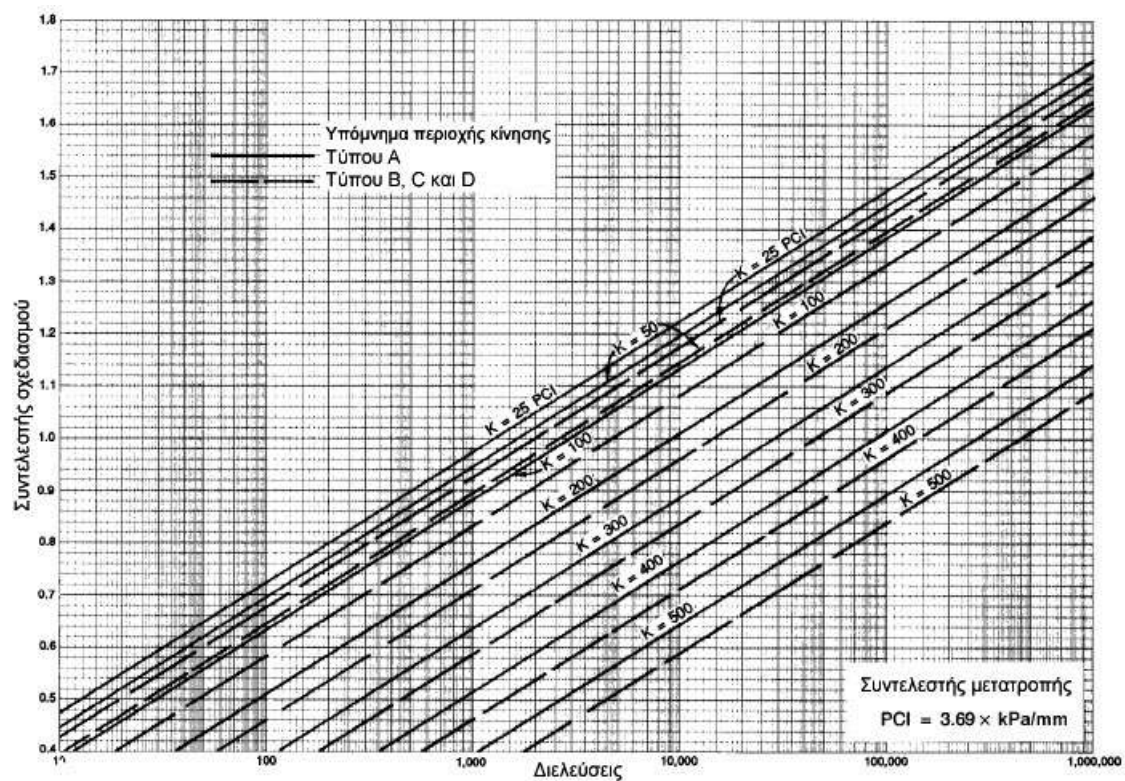
Σχήμα παραρτήματος 6.6: Υπολογισμός επιτρεπόμενου μεικτού βάρους σε εύκαμπτο οδόστρωμα για το γκρουπ 5 (Embraer) με τη μέθοδο του Στρατού



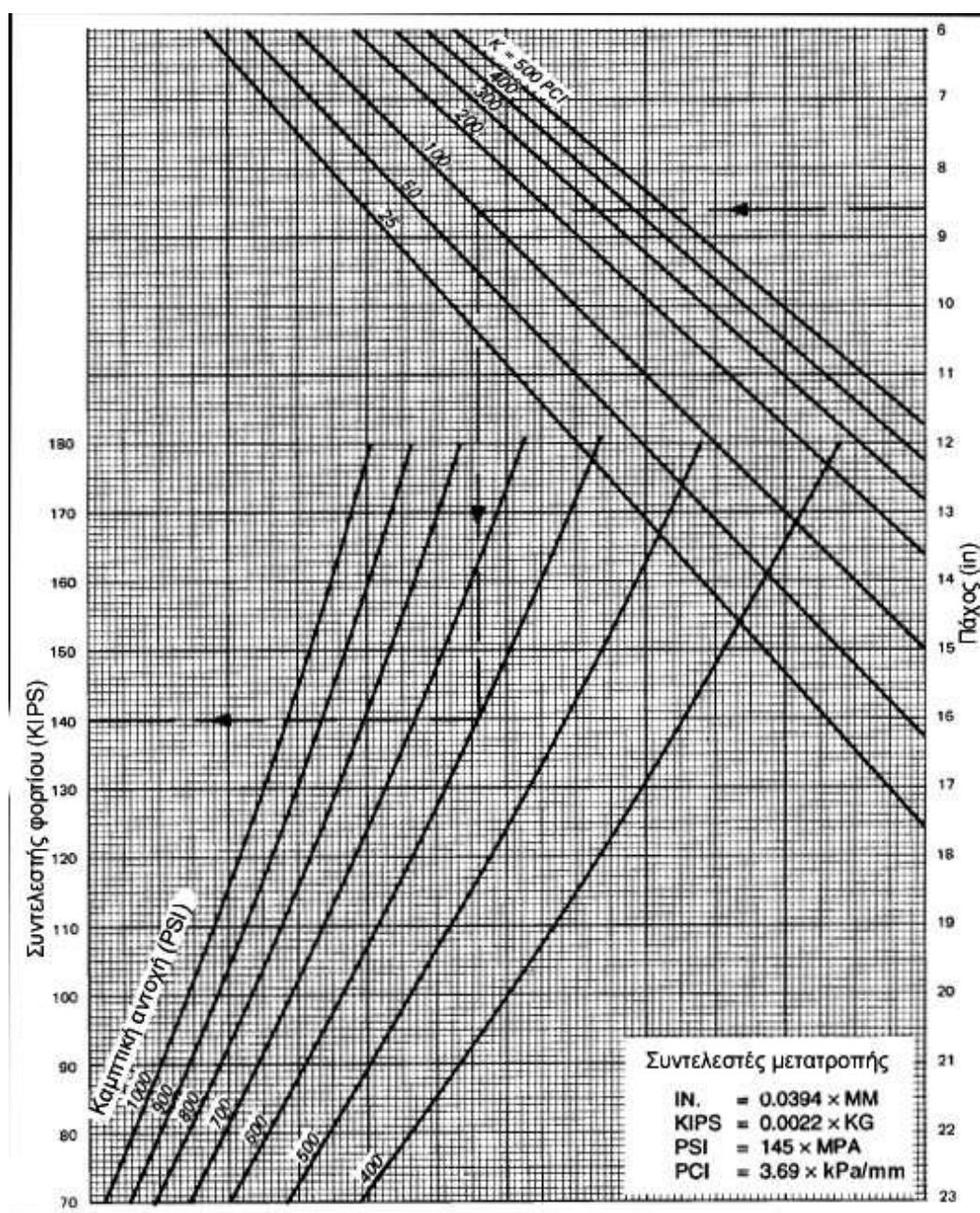
Σχήμα παραρτήματος 6.7: Υπολογισμός συντελεστή φορτίου σε δύσκαμπτο οδόστρωμα για το γκρουπ 2 (F-4, F-16, A-7, M-2000) με τη μέθοδο του Στρατού



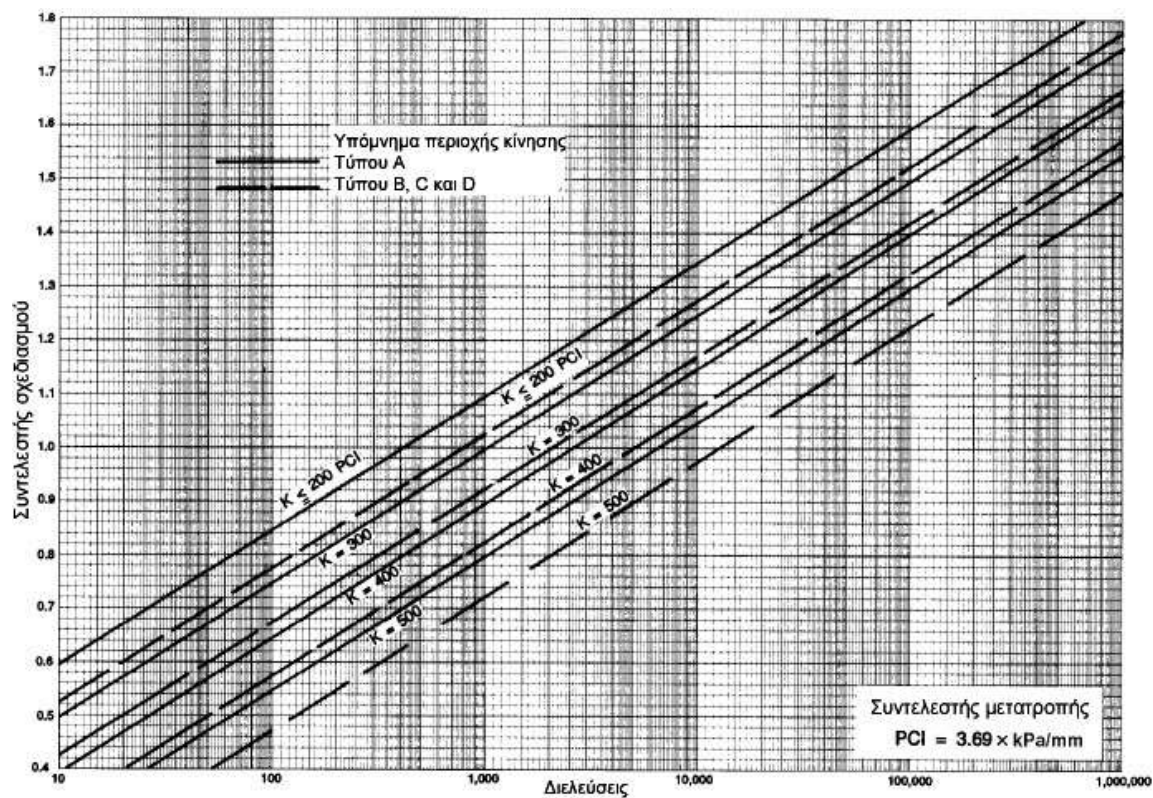
Σχήμα παραρτήματος 6.8: Υπολογισμός συντελεστή σχεδιασμού σε δύσκαμπτο οδόστρωμα για το γκρουπ 2 (F-4, F-16, A-7, M-2000) με τη μέθοδο του Στρατού (τυπική διάρκεια ζωής)



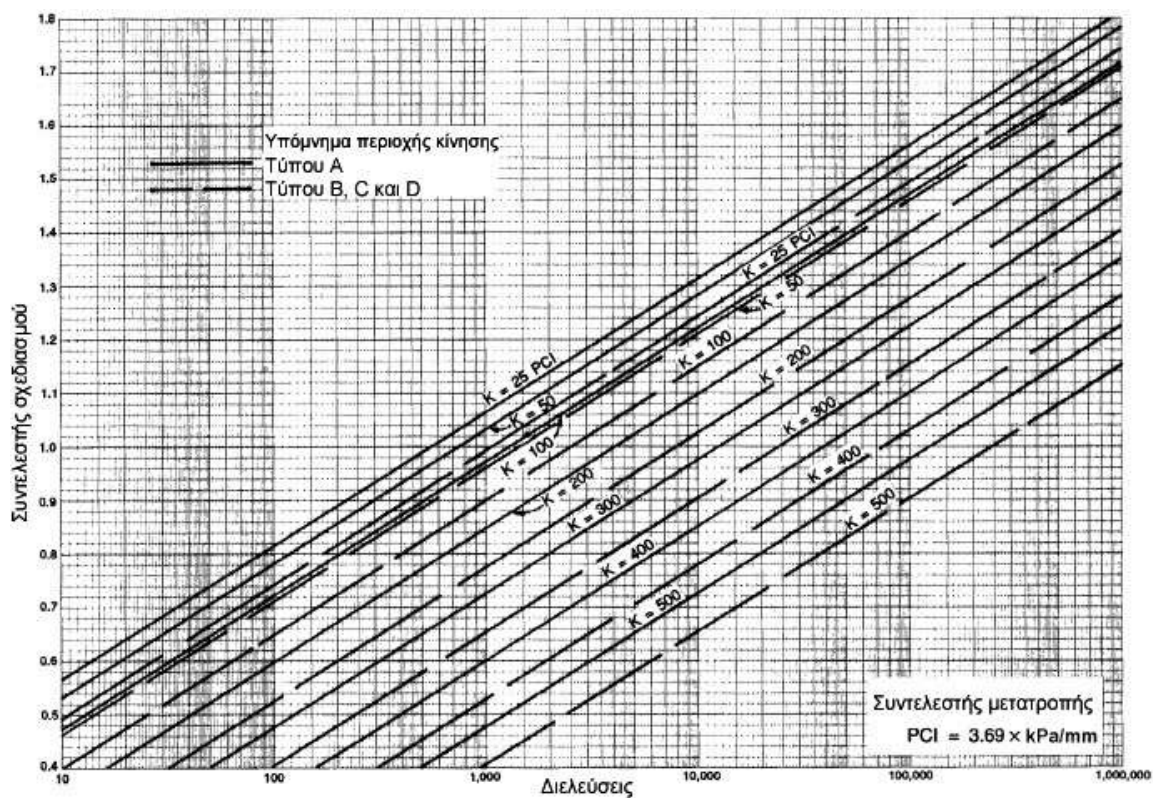
Σχήμα παραρτήματος 6.9: Υπολογισμός συντελεστή σχεδιασμού σε δύσκαμπτο οδόστρωμα για το γκρουπ 2 (F-4, F-16, A-7, M-2000) με τη μέθοδο του Στρατού (εκτεταμένη διάρκεια ζωής)



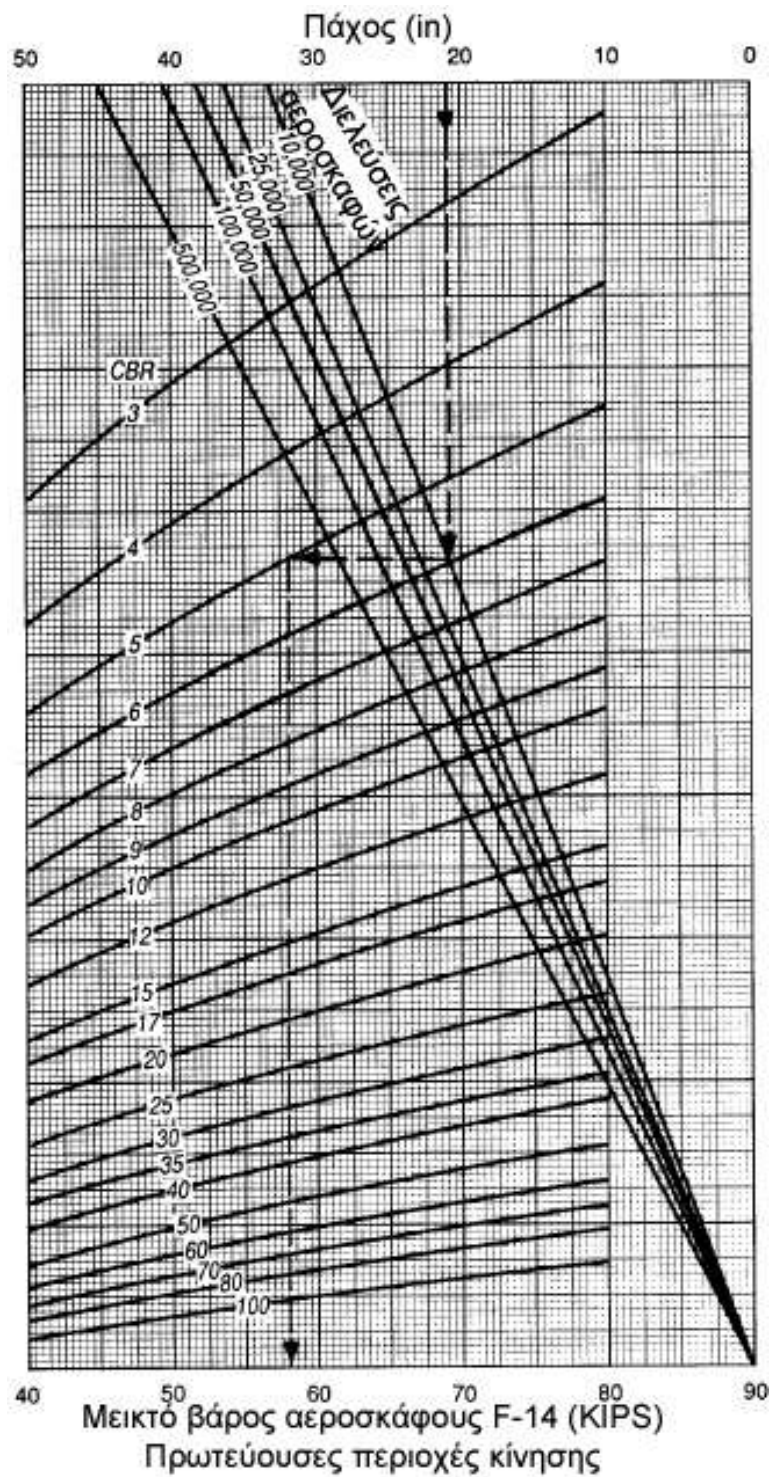
Σχήμα παραρτήματος 6.10: Υπολογισμός συντελεστή φορτίου σε δύσκαμπτο οδόστρωμα για το γκρουπ 4 (C-130, C-27) με τη μέθοδο του Στρατού



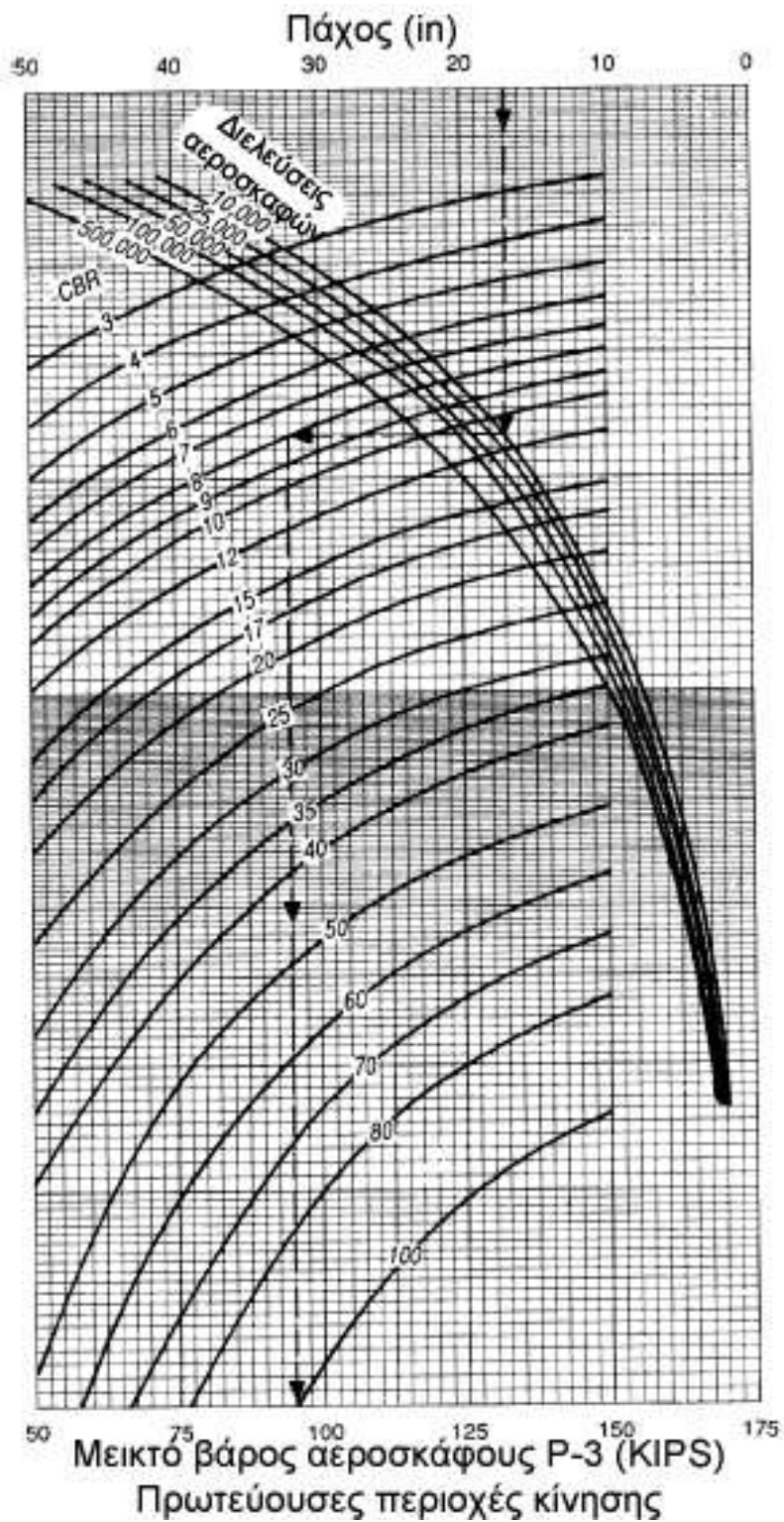
Σχήμα παραρτήματος 6.11: Υπολογισμός συντελεστή σχεδιασμού σε δύσκαμπτο οδόστρωμα για το γκρουπ 4 (C-130, C-27) με τη μέθοδο του Στρατού (τυπική διάρκεια ζωής)



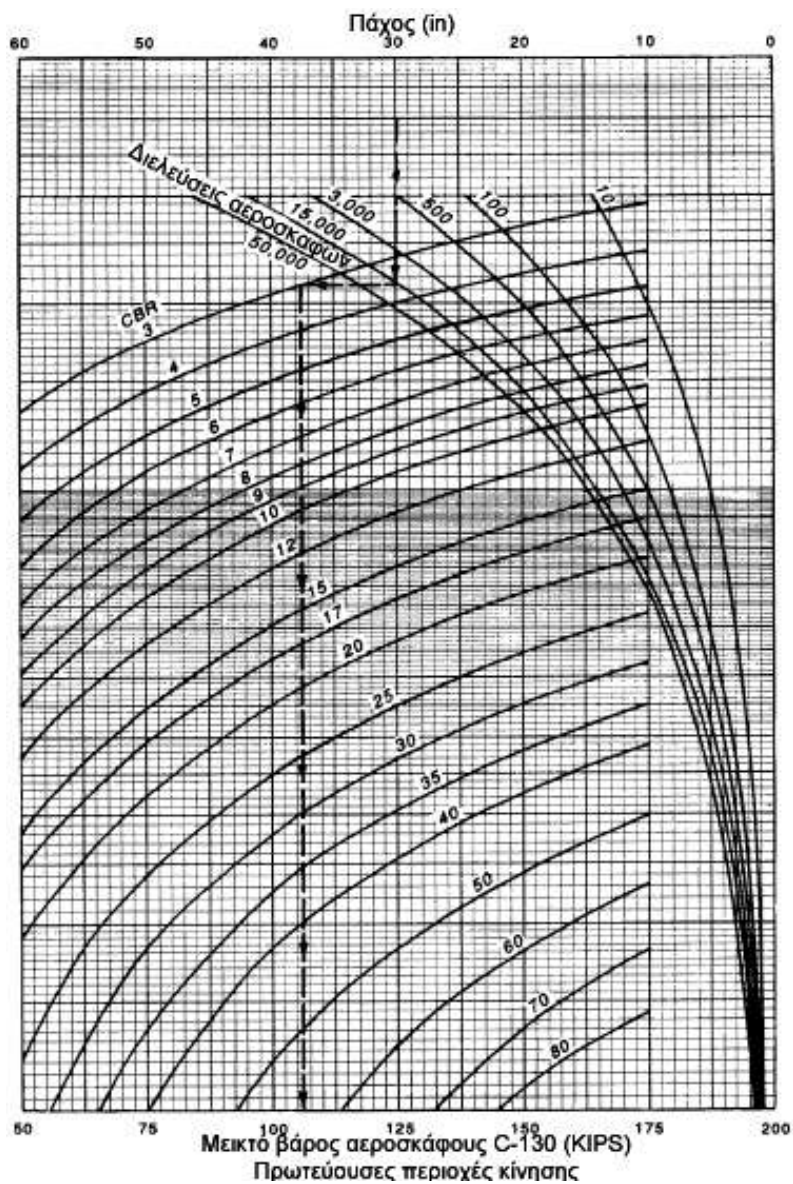
Σχήμα παραρτήματος 6.12: Υπολογισμός συντελεστή σχεδιασμού σε δύσκαμπτο οδόστρωμα για το γκρουπ 4 (C-130, C-27) με τη μέθοδο του Στρατού (εκτεταμένη διάρκεια ζωής)

Μέθοδος του Ναυτικού

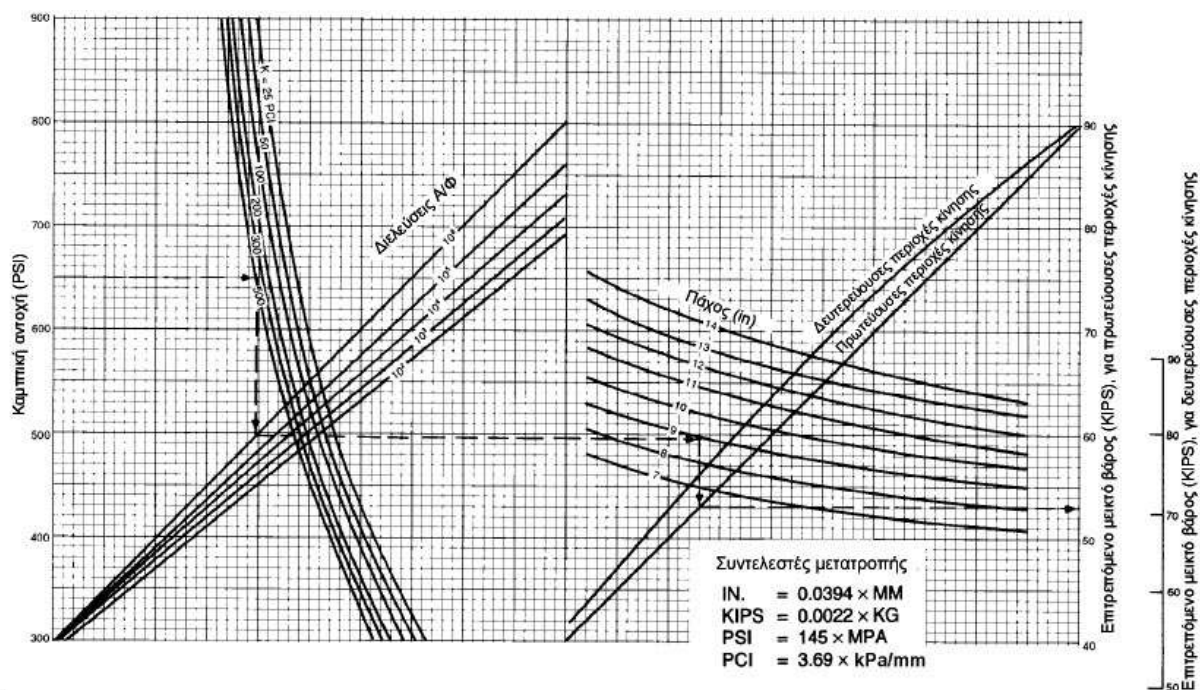
Σχήμα παραρτήματος 6.13: Υπολογισμός επιτρεπόμενου μεικτού βάρους σε εύκαμπτο οδόστρωμα για το γκρουπ 1 (F-14) με τη μέθοδο του Ναυτικού



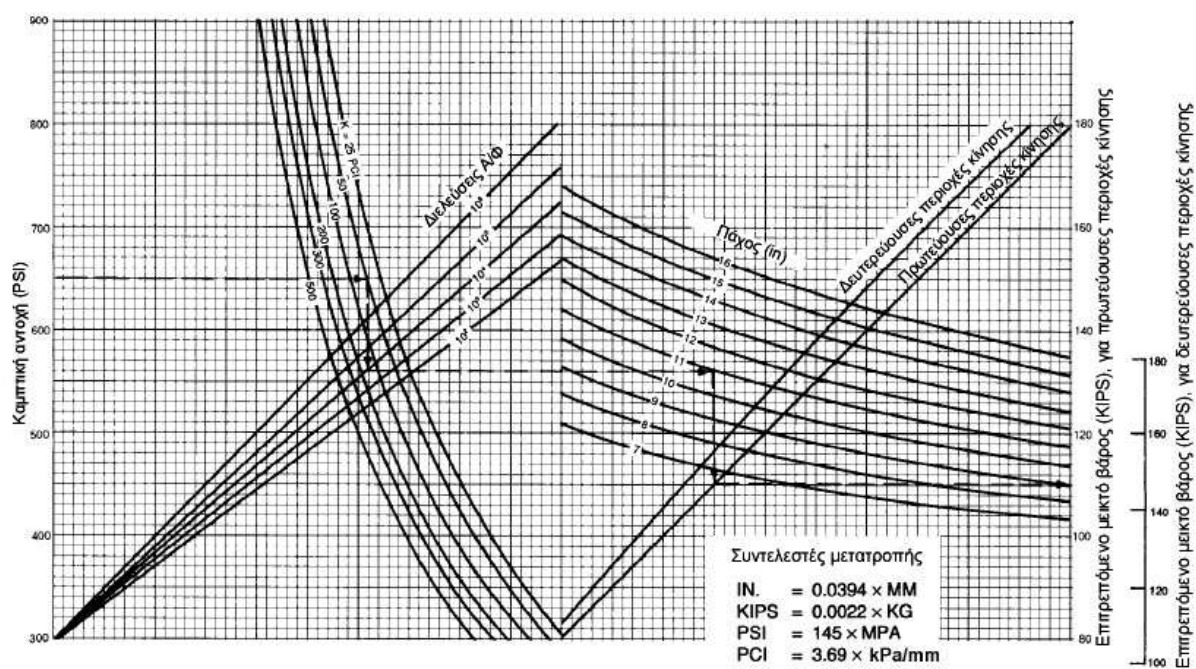
Σχήμα παραρτήματος 6.14: Υπολογισμός επιτρεπόμενου μεικτού βάρους σε εύκαμπτο οδόστρωμα για το γκρουπ 2 (P-3) με τη μέθοδο του Ναυτικού



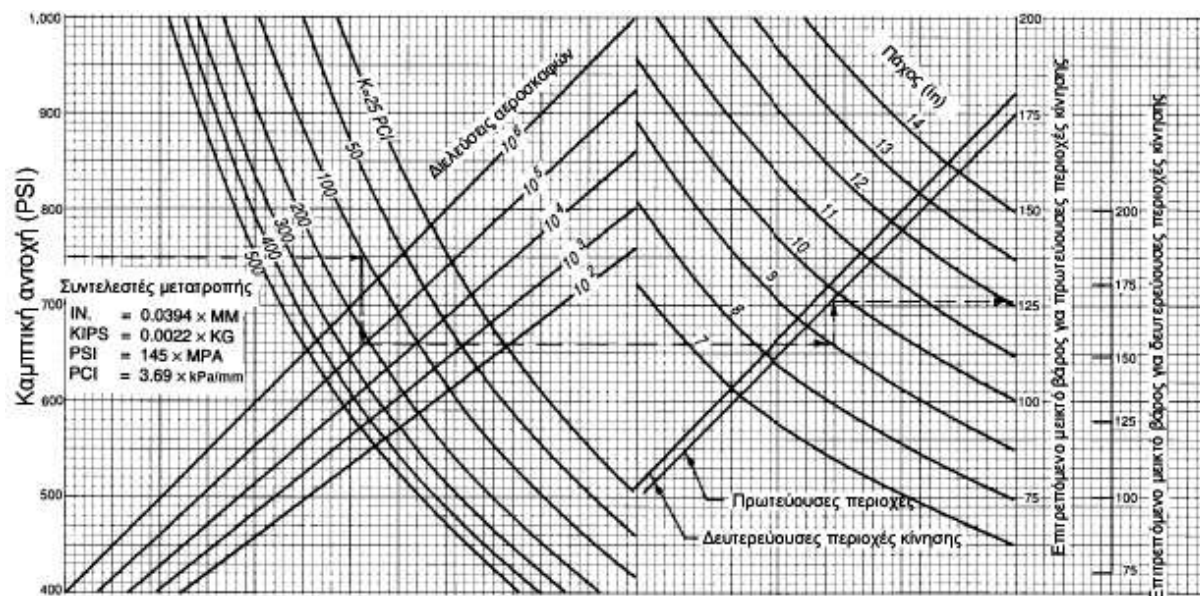
Σχήμα παραρτήματος 6.15: Υπολογισμός επιτρεπόμενου μεικτού βάρους σε εύκαμπτο οδόστρωμα για το γκρουπ 3 (C-130) με τη μέθοδο του Ναυτικού



Σχήμα παραρτήματος 6.16: Υπολογισμός επιτρεπόμενου μεικτού βάρους σε δύσκαμπτο οδόστρωμα για το γκρουπ 1 (F-14) με τη μέθοδο του Ναυτικού (κριτήρια εσωτερικής φόρτισης)



Σχήμα παραρτήματος 6.17: Υπολογισμός επιτρεπόμενου μεικτού βάρους σε δύσκαμπτο οδόστρωμα για το γκρουπ 3 (P-3) με τη μέθοδο του Ναυτικού (κριτήρια εσωτερικής φόρτισης)



Σχήμα παραρτήματος 6.18: Υπολογισμός επιτρεπόμενου μεικτού βάρους σε δύσκαμπτο οδόστρωμα για το γκρουπ 3 (C-130) με τη μέθοδο του Ναυτικού (κριτήρια εσωτερικής φόρτισης)