



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σχεδιασμός Μικρών Αεροδρομίων και Πεδίων Προσγείωσης

Βαρυτιμίδης Νίκανδρος

Επιβλέπων: Μπαλλής Αθανάσιος, Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2020

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ολοκληρώνοντας τη διπλωματική μου εργασία και το σύνολο των σπουδών μου στη σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές της σχολής για τις γνώσεις που μου παρείχαν αυτά τα χρόνια και ιδιαίτερα τον επιβλέποντα της εργασίας μου καθηγητή κ. Αθανάσιο Μπαλλή για τη υποστήριξη και την καθοδήγηση του καθ' όλο το διάστημα εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, οφείλω ευχαριστίες στον κ. Φώτη Μερτζάνη, στην κα. Τατιάνα Μοσχόβου και στον κ. Γεώργιο Κασσελούρη υποψήφιο διδάκτωρ για την εξαιρετική συνεργασία και βοήθεια τους σε όλη τη διάρκεια της προσπάθειας αυτής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου για τη στήριξη τους, την υπομονή τους και την εμπιστοσύνη τους όλα αυτά τα χρόνια.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Βαρυτιμίδης Νίκανδρος, "Σχεδιασμός μικρών αεροδρομίων και πεδίων προσγείωσης"

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο σχεδιασμός και η κατανόηση του τρόπου λειτουργίας των μικρών αεροδρομίων και πεδίων προσγείωσης της Ελλάδας. Πραγματοποιήθηκε εκτενής βιβλιογραφική επισκόπηση ελληνικών και διεθνών ερευνών ώστε να προσδιοριστούν οι προδιαγραφές και οι παράμετροι που επηρεάζουν τον σχεδιασμό και την κατασκευή των μικρών αεροδρομίων και πεδίων προσγείωσης. Η σύνθεση στοιχείων και συμπερασμάτων της ανωτέρω διερεύνησης οδήγησε στην ανάπτυξη μεθοδολογίας, η οποία περιλαμβάνει: α) την συλλογή των απαραίτητων στοιχείων και προδιαγραφών για την κατασκευή ενός αεροδρομίου, β) την επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων με σκοπό τον διαχωρισμό των μικρών αεροδρομίων από τα μεγάλα και την αναφορά στις απαιτούμενες φάσεις κατασκευής τους και γ) την ανάπτυξη ενός υπολογιστικού μοντέλου που θα εκτιμά προσεγγιστικά το κόστος κατασκευής ενός μικρού αεροδρομίου ή πεδίου προσγείωσης. Τέλος γίνεται μια εφαρμογή του υπολογιστικού μοντέλου για τον υπολογισμό του κόστους κατασκευής ενός μικρού αεροδρομίου κατηγορίας 1 ή 2 σύμφωνα με τον ICAO με σκοπό τον έλεγχο της λειτουργικότητας του μοντέλου.

Λέξεις-Κλειδιά:

Μικρά Αεροδρόμια, Πεδία Προσγείωσης, Προδιαγραφές Σχεδιασμού, Φάσεις κατασκευής, Κόστος κατασκευής

ABSTRACT

Varytimidis Nikandros, "Design of small airports and landing fields"

The main object of this diploma thesis is the design and the understanding of the operation of small airports and landing fields in Greece. A thorough literature review of relevant studies concluded to determine the specifications and parameters that affect the design and construction of small airports and landing fields. The synthesis of data and conclusions of the above investigation led to the development of methodology, which includes: a) the collection of data and specifications for the construction of an airport, b) the processing and analysis of data in order to separate small airports from large airports and reference to the required construction phases and c) the development of a computational model that will approximate the cost of constructing a small airport or landing fields. Finally an application of the computer model is made to calculate the construction cost of a small airport category 1 or 2 based on ICAO in order to check the functionality of the model.

KEYWORDS:

Small airports, Landing fields, Design Standards, Construction phases, Construction cost

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
1.1	Αεροδρόμια και πεδία προσγείωσης αεροσκαφών.....	11
1.2	Σκοπός και στόχος.....	14
1.3	Διάρθρωση της εργασίας.....	14
2	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΙΣΗ	15
3	ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ	24
4	ΜΙΚΡΑ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΑ ΚΑΙ ΠΕΔΙΑ ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	31
4.1	Εναέρια και επίγεια υποδομή.....	33
4.1.1	Διάδρομοί προσγείωσης και απογείωσης	33
4.1.2	Τροχοδρομικό Σύστημα και Δάπεδα Στάθμευσης Αεροσκαφών.....	41
4.1.3	Κτίριο επιβατών και πύργος ελέγχου.....	43
4.1.4	Τύποι αεροσκαφών.....	44
4.2	Φάσεις Κατασκευής	47
4.2.1	Αγορά οικοπέδου κατασκευής αεροδρομίου	47
4.2.2	Εξυγίανση εδάφους	50
4.2.3	Κατασκευή διαδρόμων και τροχοδρόμων.....	57
4.2.4	Σύστημα αποστράγγισης αεροδρομίου	63
4.2.5	Κατασκευή πύργου ελέγχου και κτιρίου επιβατών.....	65
4.2.6	Ραδιοβοηθήματα, σήμανση και φωτισμός	66
5	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	77
6	ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ	80
6.1.1	Δεδομένα Εισόδου.....	80
6.1.2	Κόστος αγοράς οικοπέδου και εργασίες εξυγίανσης εδάφους	82
6.1.3	Κόστος κατασκευής διαδρόμου και τροχοδρόμων.....	83
6.1.4	Κόστος κατασκευής δαπέδων στάθμευσης αεροσκαφών.....	86
6.1.5	Κόστος κατασκευής κτιρίου επιβατών και πύργου ελέγχου	90
6.1.6	Κόστος φωτισμού και ραδιοβοηθημάτων	90
6.2	Εφαρμογή Υπολογιστικού Μοντέλου.....	92
7	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	106
8	ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ.....	107
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	108

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1	Μοντέλο Υπολογισμού νεκρού σημείου.....	16
Εικόνα 2	Σχέση Εσόδων και Εξόδων αεροδρομίων Σλοβακίας.....	17
Εικόνα 3	Επιφάνειες Αεροδρομίου.....	30
Εικόνα 4	Ονομασία και διεύθυνση διαδρόμων	34
Εικόνα 5	Αποστάσεις και Σημεία μη ενόργανης προσγείωσης	34
Εικόνα 6	Διατομές οδοστρωμάτων.....	35
Εικόνα 7	Πίνακας αποτύπωσης ανεμολογικών στοιχείων	37
Εικόνα 8	Ανεμολόγιο.....	38
Εικόνα 9	Απαιτούμενο μήκος απογείωσης.....	39
Εικόνα 10	Απαιτούμενο μήκος προσγείωσης.....	39
Εικόνα 11	Τροχοδρομικό Σύστημα Καστελόριζου	41
Εικόνα 12	Τροχοδρομικό Σύστημα Μήλου	42
Εικόνα 13	Τροχοδρομικό Σύστημα Ικαρίας	42
Εικόνα 14	Τροχοδρομικό Σύστημα Πεδίου Προσγείωσης Μυρσίνη	42
Εικόνα 15	Δάπεδα στάθμευσης Αεροδρομίου της Σύρου.....	43
Εικόνα 16	Εμβολοφόρο Αεροσκάφος.....	45
Εικόνα 17	Αεροσκάφος με στροβιλοκινητήρα.....	46
Εικόνα 18	Turbojet Αεροσκάφος.....	46
Εικόνα 19	Ετήσια στοιχεία παραγωγής αεροσκαφών.....	47
Εικόνα 20	Περιοχή κατασκευής αεροδρομίου στο Καστέλι	49
Εικόνα 21	Εργασίες εξυγίανσης εδάφους.....	52
Εικόνα 22	Τιμολόγιο εργασιών εξυγίανσης τμήμα Α. ΑΤΟΕ 2017	53
Εικόνα 23	Τιμολόγιο εργασιών εξυγίανσης τμήμα Β. ΑΤΟΕ 2017	54
Εικόνα 24	Τιμολόγιο εργασιών εξυγίανσης τμήμα Γ. ΑΤΟΕ 2017.....	55
Εικόνα 25	Τιμολόγιο εργασιών εξυγίανσης τμήμα Δ. ΑΤΟΕ 2017	56
Εικόνα 26	Πεδίο Προσγείωσης Λάρισας	57
Εικόνα 27	Πεδίο Προσγείωσης Μαργαρίτι Θεσπρωτίας	58
Εικόνα 28	Μέθοδος Backtrack στο αεροδρόμιο του Καστελόριζου.....	59
Εικόνα 29	Μέθοδος Backtrack στο αεροδρόμιο της Νάξου	59
Εικόνα 30	Τιμολόγιο Εργασιών Οδοποιίας Τμήμα Α. ΑΤΟΕ2017.....	60
Εικόνα 31	Τιμολόγιο Εργασιών Οδοποιίας Τμήμα Β. ΑΤΟΕ2017.....	61
Εικόνα 32	Τιμολόγιο Εργασιών Οδοποιίας Τμήμα Γ. ΑΤΟΕ2017	62
Εικόνα 33	Κλίση διαδρόμων και τροχοδρόμων για την αποστράγγιση	64
Εικόνα 34	Συστήματα αποστράγγισης	64
Εικόνα 35	Συστήματα αποστράγγισης	64
Εικόνα 36	Συστήματα Αποστράγγισης Αεροδρομίων Τμήμα Α	65
Εικόνα 37	Συστήματα Αποστράγγισης Αεροδρομίων Τμήμα.....	65
Εικόνα 38	Κτίριο επιβατών αεροδρομίου Νάξου	66
Εικόνα 39	Κτίριο επιβατών αεροδρομίου Καστελόριζου	66
Εικόνα 40	Δείκτες κλίσης οπτικής προσέγγισης (VASI).....	67
Εικόνα 41	Δείκτης διαδρομής προσέγγισης ακριβείας (PAPI)	68
Εικόνα 42	Ραδιοβοηθήματα Αεροδρομίων	69
Εικόνα 43	Δείκτης κατεύθυνσης ανέμου.....	70
Εικόνα 44	Λαμπτήρες σηματοδότησης αεροδρομίου.	71

Εικόνα 45	Αναγνωριστικά φώτα κατωφλίου διαδρόμου (Runway End Identifier Lights - REIL)	72
Εικόνα 46	Φωτισμός διαδρόμων αεροδρομίου τμήμα Α.....	74
Εικόνα 47	Φωτισμός διαδρόμων αεροδρομίου τμήμα Β.....	74
Εικόνα 48	Σημαντικά σημεία διαδρόμου αεροδρομίου προς σηματοδότηση	75
Εικόνα 49	Πινακίδες εναπομείνας απόστασης διαδρόμου αεροδρομίου (Runway Distance Remaining Signs)	76
Εικόνα 50	Διαδικασία Μεθοδολογικής Προσέγγισης	79
Εικόνα 51	Διάγραμμα υπολογισμού για τυπικό φορείο διπλού τροχού εύκαμπτου οδοστρώματος.	84
Εικόνα 52	Υπολογισμός διατομής εύκαμπτου οδοστρώματος στο υπολογιστικό φύλλο Excel.	85
Εικόνα 53	Διαγράμματα υπολογισμού τιμής συντελεστή Κ στην επιφάνεια της υπόβασης.	87
Εικόνα 54	Διάγραμμα υπολογισμού για τυπικό φορείο διπλού τροχού δύσκαμπτου οδοστρώματος	87
Εικόνα 55	Υπολογισμός διατομής δύσκαμπτου οδοστρώματος μέσω του υπολογιστικού φύλλου Excel.....	89
Εικόνα 56	Κάτοψη Κτιρίου Επιβατών.....	95
Εικόνα 57	Κάτοψη Κτιρίου σε γραμμική προβολή	96
Εικόνα 58	Παράμετροι σεισμού.....	97
Εικόνα 59	Απεικόνιση κτιρίου επιβατών και πύργου ελέγχου για σεισμικό έλεγχο..	97
Εικόνα 60	Έλεγχος Δοκών σε Σεισμό	98
Εικόνα 61	Έλεγχος Υποστυλωμάτων σε Σεισμό	98
Εικόνα 62	Έλεγχος Πεδιλοδοκών σε Σεισμό	99
Εικόνα 63	Προμέτρηση Ράβδων Οπλισμού	100
Εικόνα 64	Συνολικός όγκος οπλισμού κτιρίου	101
Εικόνα 65	Μεταβλητές εισόδου στο υπολογιστικό μοντέλο	105
Εικόνα 66	Υπολογισμός κόστους κατασκευής με το υπολογιστικό μοντέλο.....	105

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1	Κατηγοριοποίηση αεροδρομίων ανάλογα με την χρήση τους	13
Πίνακας 2	Κωδικός αναφοράς αεροδρομίου σύμφωνα με ICAO	25
Πίνακας 3	Κωδικός αναφοράς αεροδρομίου σύμφωνα με την FAA.....	25
Πίνακας 4	Κατηγοριοποίηση ανάλογα με το OMGWS	26
Πίνακας 5	Περιορισμός εμποδίων για διαδρόμους προσγείωσης	28
Πίνακας 6	Όρια επιφάνειας απογείωσης.....	29
Πίνακας 7	Στοιχεία Ελληνικών Αεροδρομίων με μήκος διαδρόμου μικρότερο των 1200m.....	31
Πίνακας 8	Αδειοδοτημένα Πεδία Προσγείωσης στην Ελλάδα.....	32
Πίνακας 9	Κατηγοριοποίηση υποστρωμάτων με βάση το ειδικό βάρος.....	36
Πίνακας 10	Κατηγοριοποίηση εύκαμπτων υλικών με βάση το CBR.....	36
Πίνακας 11	Διαβάθμιση οδοστρώματος ανάλογα με την πίεση των ελαστικών	36
Πίνακας 12	Μήκος Διαδρόμου ανάλογα με την μέγιστη ταχύτητα πλευρικού ανέμου	37
Πίνακας 13	Εκτάσεις γης που καταλαμβάνουν τα μικρά νησιωτικά αεροδρόμια.....	48
Πίνακας 14	Πίνακας μεταβλητών Μοντέλου Υπολογισμού.....	80
Πίνακας 15	Δεδομένα τιμών ομάδας χωματουργικών έργων	80
Πίνακας 16	Δεδομένα τιμών ομάδας τεχνικών έργων	81
Πίνακας 17	Δεδομένα τιμών ομάδας οδοστρωσίας.....	82
Πίνακας 18	Δεδομένα τιμών ομάδας ασφαλτικών	82
Πίνακας 19	Κόστη Απαλλοτριώσεων	83
Πίνακας 20	Κόστος Ραδιοβοηθημάτων και Φωτισμού μικρών αεροδρομίων.....	91

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αεροδρόμια και πεδία προσγείωσης αεροσκαφών

Οι αερομεταφορές παίζουν σημαντικό ρόλο στο πλαίσιο της μακροπρόθεσμης οικονομικής ανάπτυξης των αναπτυσσόμενων χωρών προσφέροντας την δυνατότητα σε πολλές χώρες με χαμηλότερα εισοδήματα να εκμεταλλευθούν μερικά από τα συγκριτικά πλεονεκτήματά τους όπως είναι ο τουρισμός και η βιομηχανία . Μέσω αυτών διαμορφώνετε ένα μοναδικό δίκτυο που ενώνει τους ανθρώπους, τις χώρες και τις κουλτούρες και παίζουν ζωτικό ρόλο στην περαιτέρω ανάπτυξη μιας περιοχής.

Κομβικό ρόλο στο σύστημα αυτό έχουν τα αεροδρόμια. Ως αεροδρόμιο ορίζεται η συγκεκριμένη, χερσαία ή υδάτινη περιοχή μαζί με τα κτίρια, τις εγκαταστάσεις και τον εξοπλισμό της, η οποία είναι προορισμένη να εξυπηρετεί την άφιξη, την αναχώρηση και την επίγεια κίνηση αεροσκαφών.¹

Οι αερομεταφορές αποτελούν βασικό μοχλό οικονομικής δραστηριότητας στην Ελλάδα, καθώς υποστηρίζουν 457.000 θέσεις εργασίας και συνεισφέρουν €17,8 δισεκατομμύρια στην ελληνική οικονομία, ποσό που ισοδυναμεί με το 11.4% του ελληνικού ΑΕΠ. Η Ελλάδα διαθέτει την 8η μεγαλύτερη αεροπορική αγορά στην Ευρώπη. Το 2017 αναχώρησαν 25,5 εκατομμύρια επιβάτες και 73.000 τόνοι εμπορευμάτων από τα ελληνικά αεροδρόμια. Από τους τερματικούς σταθμούς διακινήθηκαν 58 εκατομμύρια επιβάτες.²³

Οι αερομεταφορές αποφέρουν σημαντικά οφέλη στην ελληνική οικονομία, ωστόσο, υπάρχουν ακόμη ουσιαστικά εμπόδια στην περαιτέρω ανάπτυξη των αεροπορικών συνδέσεων, μέσω της οποίας θα αυξάνονταν οι οικονομικές προοπτικές της χώρας. Η Ελλάδα θα πρέπει να διασφαλίσει γρήγορη και οικονομικά αποδοτική επέκταση των αεροδρομίων της, μέσα από διαβουλεύσεις με τα ενδιαφερόμενα μέρη, προκειμένου να ικανοποιήσει περαιτέρω ζήτηση από την πλευρά των επιβατών.

Η Ελλάδα αποτελεί μέρος του διεθνούς αεροπορικού συστήματος. Η χώρα έχει 39 πολιτικά αεροδρόμια εκ των οποίων 15 Διεθνών συγκοινωνιών (εσωτερικού και διεθνείς), 20 εσωτερικών συγκοινωνιών (εσωτερικού και διεθνείς) και 4 εσωτερικών συγκοινωνιών (συνέχεια-μόνο εσωτερικού). Εκτός από τα πολιτικά αεροδρόμια στην Ελλάδα υπάρχουν και 12 στρατιωτικά αεροδρόμια και 22 αδειοδοτημένα πεδία προσγείωσης για ασκήσεις υπέρλαφρων αεροσκαφών και ιδιωτικής χρήσης.⁴

Από τα 39 πολιτικά αεροδρόμια που υπάρχουν στην Ελλάδα, τα μεγαλύτερα σε έκταση και εξυπηρέτηση φόρτου επιβατών βρίσκονται κυρίως στην κεντρική και βόρεια Ελλάδα, ενώ τα μικρά αεροδρόμια βρίσκονται κυρίως στα νησιά. Με τον όρο “**μικρά αεροδρόμια**” αναφερόμαστε στα αεροδρόμια που ανήκουν στις κατηγορίες 1 και 2 του ICAO και χαρακτηρίζονται από μικρού μήκους διαδρόμους. Τέτοιου τύπου αεροδρόμια συναντώνται κυρίως στην νησιωτική Ελλάδα με κυρίαρχο ρόλο την εξυπηρέτηση των εσωτερικών μετακινήσεων καθώς και την εξυπηρέτηση των τουριστών.

Μικρό μήκος διαδρόμου έχουν και τα πεδία προσγείωσης της χώρας. Ως **Πεδίο Προσγείωσης** νοείται κάθε χώρος ειδικά διαρρυθμισμένος για την προσγείωση, απογείωση και τους ελιγμούς αεροσκαφών. Πιο συγκεκριμένα, ένα πεδίο προσγείωσης

μπορεί να αποτελείται μόνο από έναν διάδρομο προσγείωσης-απογείωσης και ειδική σήμανση χωρίς να υπάρχει η ανάγκη κατασκευής κτηρίου επιβατών, πύργου ελέγχου και άλλων κτιρίων.⁵Στον Ελλαδικό χώρο τα περισσότερα πεδία προσγείωσης χρησιμοποιούνται κυρίως από αερολέσχες.

Σε μια προσπάθεια αποδοτικότερης ταξινόμησης και κατηγοριοποίησης των αεροδρομίων, οι Malighetti et al.(2009)⁶ επιδίωξαν να καθορίσουν ορισμένες στρατηγικές ομάδες αεροδρομίων, εξετάζοντας τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των Ευρωπαϊκών δικτύων.

Αναγνωρίζοντας ότι η σύγχρονη αεροπορική βιομηχανία περιλαμβάνει πολυεπίπεδα συστήματα δικτύου, με ποικίλες προσφερόμενες υπηρεσίες και συνδέσεις, η προσέγγιση αυτή ομαδοποιεί τα αεροδρόμια της Ευρώπης με βάση το ρόλο τους στο δίκτυο, λαμβάνοντας υπόψη ομάδες μεταβλητών που σχετίζονται με τη διάσταση του αεροδρομίου (στοιχεία κάλυψης του κυκλοφοριακού φόρτου), τον προορισμό των συνδέσεων (διηπειρωτικές ή εγχώριες), τη δια συνδεσιμότητα του αεροδρομίου (δυνατότητα λειτουργίας ως ενδιάμεση σύνδεση), και την τυπολογία των υπηρεσιών (point-to-point και hub-and-spoke συνδέσεις).

Με την βοήθεια του παρακάτω πίνακα γίνεται ένας διαχωρισμός των αεροδρομίων ανάλογα με τους φόρτους που εξυπηρετούν, τον αριθμό πτήσεων και τις εταιρείες τις οποίες συνεργάζονται. Στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία θα ασχοληθούμε κυρίως με τις δυο τελευταίες κατηγορίες του Πίνακας 1 οι οποίες είναι τα μικρά αεροδρόμια χαμηλού κόστους και τα τοπικά αεροδρόμια.

No	Κατηγορία Αεροδρομίων	Κύρια Χαρακτηριστικά
1	Παγκόσμιος κόμβος (Worldwide Hub)	• Κύρια αεροδρόμια/βάσεων μεγάλων εταιρειών και παγκόσμιων συμμάχων (airline alliances). • Μεγάλη προσφορά αριθμών πτήσεων και θέσεων. • Ποικιλία διαθέσιμων υπερπόντιων προορισμών και ευρύ φάσμα δια συνδεσιμότητας. • Ελάχιστη παρουσία αερομεταφορέων χαμηλού κόστους.
2	Κόμβος/ Βάση (Hub)	• Πρώην κόμβοι/βάσεις εθνικών αερομεταφορέων ή δευτερεύοντες κόμβοι μεσαίου ή μεγάλου μεγέθους. • Προσφέρουν κυρίως διαδρομές εντός της Ευρώπης. • Περιέχουν ποικίλους αερομεταφορείς χαμηλού κόστους.
3	Δευτερεύουσα πύλη (Secondary gate)	• Μεσαίου μεγέθους με ελάχιστους υπερπόντιους προορισμούς και υψηλές συγκεντρώσεις πτήσεων σε περιορισμένο αριθμό προορισμών. • Περιορισμένος ρόλος ως ενδιάμεση σύνδεση/Λειτουργία κυρίως ως πύλες των τοπικών περιοχών.
4	Σύνδεσμος ευρωπαϊκών εταιρειών χαμηλού κόστους (connect EU low-cost)	• Υψηλή συγκέντρωση αερομεταφορέων χαμηλού κόστους (75% των συνολικών προσφερόμενων θέσεων). • Ελάχιστοι εγχώριοι προορισμοί (15%) - μεγάλη προσφορά Ευρωπαϊκών προορισμών (> 90%).
5	Πύλη περιορισμένων εταιρειών χαμηλού κόστους (No low-cost gate)	• Οι προορισμοί είναι σχεδόν πάντα ευρωπαϊκοί. • Οι αερομεταφορείς χαμηλού κόστους παίζουν ελάχιστο ρόλο και οι διαδρομές είναι κυρίως εσωτερικές συνδέοντας δευτερεύοντα αεροδρόμια εντός της χώρας. • Ορισμένα εξ 'αυτών λειτουργούν ως σημεία σύνδεσης μεταξύ των κόμβων και των δευτερευόντων αεροδρομίων.
6	Περιφερειακά αεροδρόμια (Regional airports)	• Μικρά περιφερειακά αεροδρόμια.
7	Μικρά αεροδρόμια χαμηλού κόστους (Minor low-costs)	• Μικρά περιφερειακά αεροδρόμια. • Μεγάλη παρουσία αερομεταφορέων χαμηλού κόστους. • Μεγάλη προσφορά ευρωπαϊκών και όχι τους προορισμούς εσωτερικού.
8	Τοπικά αεροδρόμια (Local airports)	• Τοπικά αεροδρόμια. • Περιορισμένος αριθμός διαδρομών (σπάνια περισσότερες από 4 ή 5) • Αποκλειστικά προορισμούς εσωτερικού • Σπάνια λειτουργία αερομεταφορέων χαμηλού κόστους.

Πίνακας 1 Κατηγοριοποίηση αεροδρομίων ανάλογα με την χρήση τους

1.2 Σκοπός και στόχος

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση του θέματος των μικρών αεροδρομίων και πεδίων προσγείωσης. Για το σκοπό αυτό μελετήθηκαν τα τεχνικά χαρακτηριστικά των τύπων αεροσκαφών που εξυπηρετούνται σε μικρά αεροδρόμια καθώς και οι τεχνικές απαιτήσεις κατασκευής διαδρόμων, τροχοδρόμων και κτιριακών εγκαταστάσεων ενός τυπικού μικρού αεροδρομίου. Εξετάστηκαν ακόμη οι υποδομές των μικρών νησιωτικών αεροδρομίων της Ελλάδας. Στόχος της εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός υπολογιστικού μοντέλου για την προεκτίμηση του κόστους κατασκευής ενός μικρού αεροδρομίου.

1.3 Διάρθρωση της εργασίας

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια γενική αναφορά στους ορισμούς που θα χρησιμοποιηθούν στην συνέχεια και στον τρόπο που επηρεάζουν οι αερομεταφορές την οικονομία μιας χώρας σήμερα καθώς και στην δυναμική της Ελλάδος, με μια συνοπτική αναφορά στον αριθμό των αεροδρομίων που την στελεχώνουν .

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά σε διεθνή βιβλιογραφία και μελέτες, σχετικά με τον σχεδιασμό και την συμβολή των μικρών αεροδρομίων στην οικονομική αλυσίδα των αερομεταφορών σήμερα, στα λειτουργικά κόστη που έχουν σήμερα τα μικρά αεροδρόμια καθώς και στις διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των μικρών αεροδρομίων και πεδίων προσγείωσης με τα μεγάλα αεροδρόμια.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά όλων των αεροδρομίων, μέσω του ICAO και της FAA παρουσιάζονται οι προδιαγραφές και οι τρόποι διαχωρισμού των αεροδρομίων σε κατηγορίες και τέλος γίνεται μια μικρή αναφορά στις επιφάνειες εμποδίων και τα χαρακτηριστικά τους για κάθε μια κατηγορία αεροδρομίου.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται εκτενής ανάλυση της εναέριας και επίγειας υποδομής των μικρών αεροδρομίων καθώς προσδιορισμός και αναφορά στα αεροσκάφη που θα εξυπηρετούν. Επίσης γίνεται αναφορά στις φάσεις κατασκευής των μικρών αεροδρόμιων και πεδίων προσγείωσης προσπαθώντας να ορισθούν τα τεχνικά ζητήματα κατασκευής.

Στο πέμπτο κεφάλαιο δομείται η μεθοδολογική προσέγγιση, με βάση τα συμπεράσματα των στοιχείων που μελετάμε. Γίνεται επεξήγηση και ανάλυση του κάθε βήματος με σκοπό την καλύτερη διαχείριση των στοιχείων και των δεδομένων.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το υπολογιστικό μοντέλο κόστους κατασκευής μικρών αεροδρομίων και πεδίων προσγείωσης και ορίζονται οι μεταβλητές, τα σταθερά στοιχεία και οι παραδοχές για την σωστή λειτουργία του.

Στο έβδομο κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

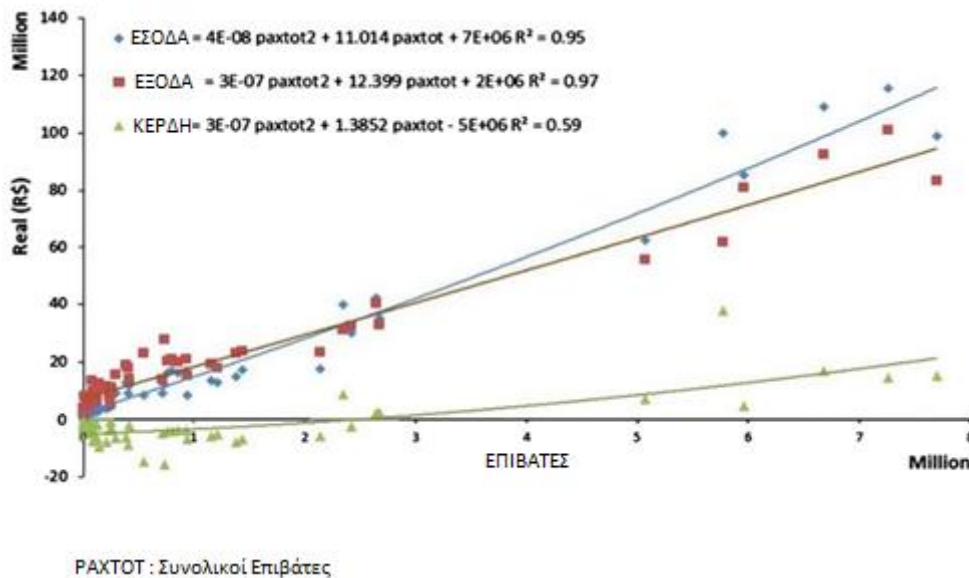
Στο κεφάλαιο οχτώ παρουσιάζονται οι προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΙΣΗ

Τα αεροδρόμια είναι κρίσιμα για το εθνικό σύστημα μεταφορών κάθε χώρας και συμβάλλουν σε μια παραγωγική εθνική οικονομία και διεθνή ανταγωνιστικότητα. Για να ικανοποιηθεί η ζήτηση για αεροπορικές μεταφορές, οι αερολιμένες θα πρέπει να είναι κατά το δυνατόν οικονομικά ανταποδοτικοί. Η απελευθέρωση των αερομεταφορών στην Ευρώπη αναδιαμόρφωσε το δίκτυο αεροπορικών μεταφορών και αύξησε σημαντικά τον αριθμό των επιβατών. Ορισμένα αεροδρόμια μπόρεσαν να φτάσουν αριθμούς επιβατών που επιτρέπουν πλέον την χρηματοοικονομική και οικονομική τους βιωσιμότητα. Ωστόσο, σχεδόν τα 2/3 όλων των αεροδρομίων στην Ευρώπη χαρακτηρίζονται από ετήσιο όγκο κυκλοφορίας μικρότερο από 1 εκατομμύριο και έχουν δυσκολίες να καλύψουν τα έξοδα τους.⁷ Όμως τα αεροδρόμια αυτά έχουν κατά κανόνα σημαντική συμβολή στην βελτίωση της συνδεσιμότητας των περιοχών που εξυπηρετούν συμβάλλοντας στην ανάπτυξή τους. Η τιμολογιακή τους πολιτική διαφοροποιείται από αυτή των μεγάλων αεροδρομίων. Η βιβλιογραφία που αφορά στα ανωτέρω θέματα (οικονομική βιωσιμότητα μικρών αεροδρομίων, συμβολή στην συνδεσιμότητα και περιφερειακή ανάπτυξη, διαφορές μικρών και μεγάλων αεροδρομίων) παρουσιάζεται στις επόμενες αντίστοιχες ενότητες.

Η πρώτη ενότητα των βιβλιογραφικών αναφορών αφορά την εκτίμηση του ελάχιστου αριθμού επιβατών που χρειάζεται ένα μικρό αεροδρόμιο για να καλύψει τα ετήσια λειτουργικά του έξοδα.

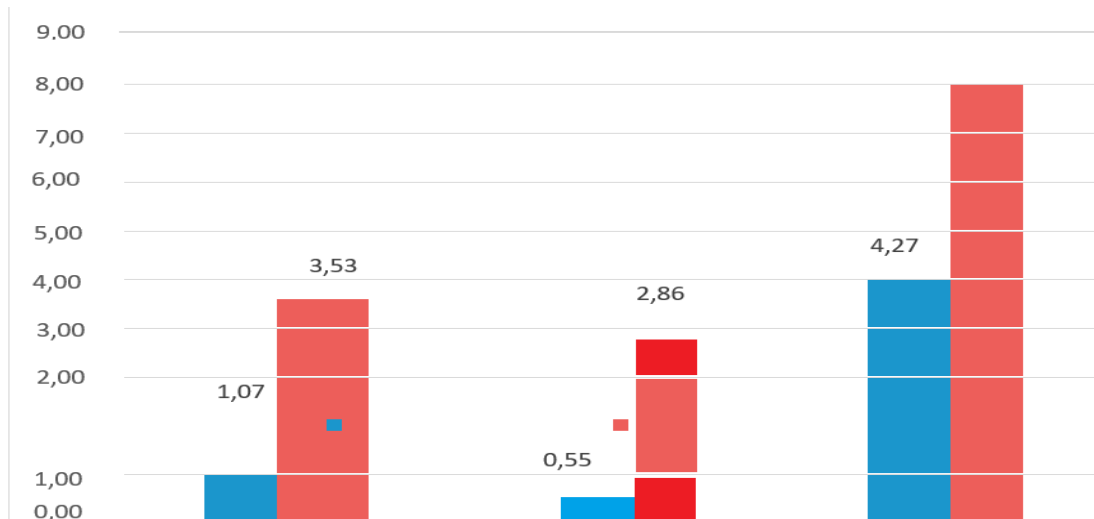
Οι Fernandes E. et al. (2014)⁸ στην προσπάθειά τους να ορίσουν το νεκρό σημείο ισορροπίας (breakeven point) δηλαδή το σημείο στο οποίο τα έσοδα ενός αεροδρομίου γίνονται ίσα με τα έξοδα του για τα αεροδρόμια της Βραζιλίας, χρησιμοποίησαν ένα μοντέλο ανάλυσης πολλαπλής παλινδρόμησης για να ορίσουν μια συνάρτηση εσόδων και μια συνάρτηση δαπανών για 51 αεροδρόμια σε πόλεις με διαφορετικά επίπεδα στην ιεραρχία του αστικού δικτύου της Βραζιλίας που διακινούν έως και οκτώ εκατομμύρια επιβάτες. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 1, οι μελετητές χρησιμοποίησαν ως επεξηγηματικές μεταβλητές, «συνολικούς επιβάτες», τις «υποδομές», τα παρατηρούμενα ακαθάριστα έσοδα παρατηρούμενες συνολικές δαπάνες και τα παρατηρούμενα κέρδη σε συνδυασμό με ένα πολυώνυμο δευτέρου βαθμού για την χάραξη του παρακάτω γραφήματος.



Εικόνα 1 Μοντέλο Υπολογισμού νεκρού σημείου

Το συμπέρασμα της ανωτέρω εργασίας ήταν πως τα αεροδρόμια με λιγότερους από δύο εκατομμύρια επιβάτες έχουν αρνητική απόδοση, στο εύρος των δύο έως τριών εκατομμυρίων επιβατών μπορεί να φανεί μια τάση η απόδοση να γίνεται θετική ή οριακά τα αεροδρόμια σε αυτό το εύρος μπορούν να παρατηρηθούν ότι επιτυγχάνουν το νεκρό σημείο. Τα άλλα αεροδρόμια που χειρίζονται πάνω από 5 εκατομμύρια επιβάτες αποφέρουν θετικές αποδόσεις. Οι μελετητές παρατήρησαν ακόμη ότι το νεκρό σημείο σε ένα αεροδρόμιο δεν σχετίζεται μόνο από τον όγκο των επιβατών που μεταφέρει αλλά και από την τοποθεσία και τις υποδομές (city) της πόλης στην οποία εδρεύει. Πιο συγκεκριμένα παρατήρησαν ότι ένα αεροδρόμιο σε μια πόλη χωρίς τις απαραίτητες υποδομές αδυνατεί να φτάσει το νεκρό σημείο ακόμη και αν ο αριθμός των επιβατών που εξυπηρετεί βρίσκεται στο εύρος ανάμεσα στα 2 με 3 εκατομμύρια επιβάτες.

Μια αντίστοιχη μελέτη προσπάθειας υπολογισμού του νεκρού σημείου σε τρία μικρά αεροδρόμια της Σλοβακίας (Poprad – Tatry, Žilina και Piešťany) πραγματοποίησαν οι Kazdaa A. et al. (2017).⁹ Οι ερευνητές συνέλεξαν πραγματικά στοιχεία από την λειτουργία των αεροδρομίων αυτών την περίοδο 2015-2016 με τα οποία στην συνέχεια τροφοδότησαν ένα εμπειρικό μοντέλο που ανέπτυξαν με σκοπό να δουν αν τα αεροδρόμια αυτά επιτυγχάνουν το νεκρό σημείο ή χρειάζονται χρηματοδότηση από το κράτος και άλλους φορείς.



Εικόνα 2 Σχέση Εσόδων και Εξόδων αεροδρομίων Σλοβακίας

Το συμπέρασμα λοιπόν των μελετητών είναι πως και τα τρία αεροδρόμια αδυνατούν να πετύχουν το νεκρό σημείο και κάθε χρόνο τα έξοδα του εκάστοτε αεροδρομίου είναι πολύ μεγαλύτερα από τα έσοδα του. Αυτό αναγκάζει τα αεροδρόμια να ψάξουν για φορείς οι οποίοι μπορούν να τα χρηματοδοτήσουν, τις περισσότερες φορές ένας τέτοιος φορέας είναι και το κράτος. Επίσης συμπεραίνουν πως τα μικρά αεροδρόμια έχουν δυσκολίες στο να ξεπεράσουν τα μεγάλα κόστη λειτουργίας όχι μόνο λόγω του χαμηλού όγκου απόδοσης και των μειωμένων φόρτων μεταφοράς αλλά και λόγω των περιορισμένων άλλων πόρων εισοδήματος, π.χ. μη αεροναυτικές υπηρεσίες, τέλη στάθμευσης αυτοκινήτων που αποτελούν σημαντικό μέρος των εσόδων ενός αεροδρομίου.-Σύμφωνα με μια αντίστοιχη μελέτη του Air Transport Group (2002) τα γαλλικά αεροδρόμια φαίνεται να επιτυγχάνουν το νεκρό σημείο σε περίπου 200.000 μονάδες φόρτου εργασίας(WLUs) σε σύγκριση με 400.000(WLUs) στην περίπτωση περιφερειακών αερολιμένων του Ηνωμένου Βασιλείου.¹⁰

Οι Kato et al. (2011) στην μελέτη τους εξέτασαν τους λογαριασμούς 41 αεροδρομίων στην Ιαπωνία χρησιμοποιώντας την οικονομετρική μοντελοποίηση. Υπολόγισαν τις συνολικές λειτουργίες εσόδων και δαπανών, σχετικές αποκλειστικά με τους συνολικούς μεταφερόμενους επιβάτες καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι τα αεροδρόμια γίνονται κερδοφόρα όταν μεταφέρουν περισσότερους από 5,2 εκατομμύρια επιβάτες ετησίως.¹¹

Ο Cejas M. (2002) εκτίμησε μια συνάρτηση συνολικού κόστους μιας μεταβλητής, χρησιμοποιώντας τις μονάδες φόρτου εργασίας ως τιμή εξόδου και λαμβάνοντας υπόψη το κόστος κεφαλαίου και εργασίας ως τιμή εισόδου, χρησιμοποιώντας δεδομένα από 40 ισπανικά αεροδρόμια μεταξύ του 1996/97. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα αεροδρόμια μεσαίου μεγέθους (1-3 εκατομμύρια μονάδες φόρτου εργασίας) παρουσίασαν υψηλότερα επίπεδα απόδοσης από τα μικρά ή μεγάλα αεροδρόμια.¹²

Οι Main et al. (2003) στην μελέτη τους, υπολόγισαν τέσσερις λειτουργίες κόστους Cobb – Douglas με εναλλακτικές προδιαγραφές, συμπεριλαμβανομένων δύο διαφορετικών

εξόδων (μονάδες φόρτου εργασίας ή επιβατών) και δύο διαφορετικών χρονικών διαστάσεων (βραχυπρόθεσμα έναντι μακροπρόθεσμης διάρκειας στις οποίες περιλαμβάνονται ή όχι το κόστος των αποσβέσεων). Άλλες μεταβλητές ήταν η τιμή του προσωπικού, η τιμή άλλων παραγόντων εκτός του προσωπικού, οι επιβάτες, το μερίδιο των διεθνών επιβατών και το σύνολο των περιουσιακών στοιχείων (η τιμή του προσωπικού εκτιμήθηκε διαιρώντας το κόστος του προσωπικού με τον αριθμό των εργαζομένων). Χρησιμοποίησαν δεδομένα από 27 αεροδρόμια του Ηνωμένου Βασιλείου για το 1988 και ένα άλλο σύνολο από 44 αεροδρόμια παγκοσμίως μεταξύ 1998/2000. Τα αποτελέσματα ήταν ότι ένα αεροδρόμιο παρουσίαζε έσοδα όταν έφτανε τα 5 εκατομμύρια μονάδες φόρτου εργασίας ή τους 4 εκατομμύρια επιβάτες¹³.

Ως προς το θέμα της συνδεσιμότητας και της συμβολής των μικρών αεροδρομίων στην περιφερειακή ανάπτυξη οι Redondi R. et al. (2013)¹⁴ μελέτησαν την εκτίμηση της απώλειας της συνδεσιμότητας που προκαλείται από το κλείσιμο μικρών αεροδρομίων με κίνηση μικρότερη από 1 και 2 εκατομμύρια επιβάτες ετησίως, που αντιπροσωπεύουν το 8%, όλων των ευρωπαϊκών αεροδρομίων που λειτουργούν. Εφάρμοσαν μια μεθοδολογία που περιλαμβάνει τον υπολογισμό του γρηγορότερου χρόνου ταξιδιού που απαιτείται για τη σύνδεση κάθε δήμου προέλευσης με οποιονδήποτε προορισμό στην Ευρώπη και με μεγάλους διηπειρωτικούς προορισμούς. Ο χρόνος ταξιδιού περιλαμβάνει τρία στοιχεία: (i) χρόνος ταξιδιού οδικώς και τρένο υψηλής ταχύτητας για πρόσβαση στο αεροδρόμιο αναχώρησης, (ii) χρόνος ταξιδιού με πτήση από το αεροδρόμιο αναχώρησης προς το αεροδρόμιο προορισμού, συμπεριλαμβανομένων των χρόνων αναμονής σε ενδιάμεσα αεροδρόμια όταν δεν υπάρχει απευθείας πτήση και (iii) χρόνος ταξιδιού οδικώς και τρένο υψηλής ταχύτητας από το αεροδρόμιο προορισμού προς τον δήμο τελικού προορισμού. Για καθένα από τους περισσότερους από 75.000 δήμους στην Ευρώπη, υπολόγισαν τον μέσο χρόνο ταξιδιού που απαιτείται για να φτάσουμε σε οποιονδήποτε άλλο δήμο σε δύο περιπτώσεις: (i) συμπεριλαμβανομένων όλων των αερολιμένων που λειτουργούν στην Ευρώπη και (ii) λαμβάνοντας υπόψη μόνο τα αεροδρόμια που προσφέρουν περισσότερα από 1 και 2 εκατομμύρια θέσεις ετησίως.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, με εξαίρεση τις σκανδιναβικές χώρες, η μέση απώλεια συνδεσιμότητας είναι μικρή σε επίπεδο χώρας. Ωστόσο, η απώλεια συνδεσιμότητας κατανέμονταν άνισα με αποτέλεσμα σε αρκετές περιοχές της Γαλλίας, της Ισπανίας και της Ιταλίας να παρουσιάζονταν πολύ σημαντικές αυξήσεις στο μέσο χρόνο ταξιδιού, σε ορισμένες περιπτώσεις έως και 40%.

Οι Charles N. Glover et al. (2013)¹⁵ μελέτησαν το οικονομικό αντίκτυπο των καθυστερήσεων των αεροπορικών ταξιδιών στις Ηνωμένες Πολιτείες. Παρουσίασαν μια λεπτομερή ανάλυση του πώς επηρεάζουν οι καθυστερήσεις των πτήσεων το άμεσο κόστος, των αεροπορικών εταιρειών, τους επιβάτες, το κόστος της χαμένης ζήτησης και το αντίκτυπο στην οικονομία των ΗΠΑ. Αυτές οι εκτιμήσεις κόστους προέκυψαν χρησιμοποιώντας οικονομικά μοντέλα, μοντέλα προσομοίωσης και δεδομένα που περιγράφουν τις πραγματικές συμπεριφορές των επιβατών και μεγάλα τμήματα του συστήματος των αεροπορικών μεταφορών. Διαπίστωσε ότι το συνολικό κόστος των καθυστερήσεων στις μεταφορές το 2007 ήταν 31,2 δισεκατομμύρια δολάρια, εκ των οποίων 8,3 δισεκατομμύρια δολάρια βαρύνουν τις αεροπορικές εταιρείες λόγω αυξημένων εξόδων για το πλήρωμα, τα καύσιμα και τη συντήρηση. Εν συνεχεία, 16,7

δισεκατομμύρια δολάρια βαρύνουν τους επιβάτες λόγω καθυστερημένων πτήσεων, ακυρώσεων πτήσεων και χαμένων συνδέσεων. Το τελικό κόστος 2,2 δισεκατομμυρίων δολαρίων βασίζεται σε μια εκτίμηση της απώλειας πρόνοιας που υπέστησαν οι επιβάτες που αποφεύγουν τα αεροπορικά ταξίδια ως αποτέλεσμα καθυστερήσεων. Οι έμμεσες επιπτώσεις εκτιμάται ότι θα μειώσουν το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (ΑΕΠ) των Ηνωμένων Πολιτειών κατά περαιτέρω 4 δισεκατομμύρια δολάρια.

Οι Mukkala et. Al (2013)¹⁶ μελέτησαν την σχέση μεταξύ της περιφερειακής ανάπτυξης και της δραστηριότητας του αεροδρομίου. Πραγματοποίησαν δοκιμές αιτιώδους συνάφειας Granger μεταξύ περιφερειακής ανάπτυξης και αεροπορικών μεταφορών σε 86 ευρωπαϊκές περιοχές για την περίοδο 1991-2010. Για τη μέτρηση της περιφερειακής ανάπτυξης χρησιμοποίησαν δύο μεταβλητές, η πρώτη μετρούσε την αύξηση της απασχόλησης και η δεύτερη την αύξηση της αγοραστικής δύναμης και το ΑΕΠ. Για τη μέτρηση της δραστηριότητας του αεροδρομίου, χρησιμοποίησαν μια μεταβλητή που απεικονίζει την εξέλιξη του αριθμού των ταξιδιωτών. Επιπλέον, χρησιμοποίησαν μια μεταβλητή προσβασιμότητας. Η έννοια της προσβασιμότητας βασίζεται στην ιδέα της πραγματοποίησης ενός οικονομικού οφέλους από την εύκολη πρόσβαση σε άλλες περιοχές και ταυτόχρονα την εύκολη πρόσβαση από άλλες περιοχές. Οι μεταβλητές μετρούν για κάθε περιοχή έναν μέσο σταθμισμένο χρόνο ταξιδιού σε άλλες ευρωπαϊκές περιοχές (ο αριθμός των οποίων είναι 291 σε αυτά τα δεδομένα). Το μέτρο είναι πολυτροπικό, λαμβάνοντας υπόψη τον καλύτερο συνδυασμό αεροπορικών, σιδηροδρομικών και οδικών ταξιδιών. Η σταθερά που χρησιμοποίησαν ήταν το σχετικό ΑΕΠ κάθε περιοχής. Για να δοκιμάσουν την περίπτωση ετερογενούς υπόθεσης μη αιτιότητας, κατηγοριοποίησαν τις περιοχές σε τρεις ομάδες ίσων μεγεθών χρησιμοποιώντας τον δείκτη προσβασιμότητας. Συμπεράναν ότι η εύκολη προσβασιμότητα μαζί με τα πλεονεκτήματα του κόστους παραγωγής, προσελκύουν επιχειρήσεις, επενδύσεις και άλλες οικονομικές δραστηριότητες στην περιοχή και ενθαρρύνουν την απασχόληση και την παραγωγή σε καθιερωμένες εταιρείες. Επίσης εκτός από την περιφερειακή ανάπτυξη που προκαλεί η δραστηριότητα των αερολιμένων, η αεροπορική δραστηριότητα φαίνεται να ενισχύει την περιφερειακή εξέλιξη και την καλύτερη αξιοποίηση των πόρων της.

Οι Baker D. et al. (2015)¹⁷ μελέτησαν την αξιολόγηση των ζητημάτων που εμπλέκονται με την απομόνωση, της αμφίδρομης βραχυπρόθεσμης και μακροπρόθεσμης αιτιότητας, μεταξύ των μέτρων περιφερειακής δραστηριότητας αεροπορικών μεταφορών και της οικονομικής ανάπτυξης στις γειτονικές τους κοινότητες. Χρησιμοποίησαν μια διαδικασία τριών βημάτων που βασίζεται στο πλαίσιο αιτιότητας του Granger, για να αποφευχθεί η εξαγωγή συμπερασμάτων με βάση ψευδή αποτελέσματα, λαμβάνοντας τα ετήσια στοιχεία σχετικά με τις συνολικές μετακινήσεις επιβατών αεροδρομίου (PAX) και το πραγματικό συνολικό φορολογητέο εισόδημα (RATI) για την περίοδο 1985 / 86–2010 / 11 για την Αυστραλία (περιλαμβάνουν επίσης μόνο εκείνα τα αεροδρόμια που έχουν περισσότερες από 7000 κινήσεις PAX εσόδων το 2012–13). Το πρώτο χρησιμοποιήθηκε για να αντιπροσωπεύσει το επίπεδο των δραστηριοτήτων του αεροδρομίου, ενώ το δεύτερο χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή οικονομικής ανάπτυξης. Ναυλωμένες ή άλλες μη προγραμματισμένες αεροπορικές υπηρεσίες δεν συμπεριλήφθηκαν στα σύνολα δεδομένων. Στην έρευνα τους απέκλεισαν επίσης τα μητροπολιτικά αεροδρόμια και 88 μη μητροπολιτικά

αεροδρόμια που ταξινομήθηκαν περαιτέρω σε περιφερειακά (51) και απομακρυσμένα (37) αεροδρόμια με βάση την ταξινόμηση του Αυστραλιανού Γραφείου Υποδομών, Μεταφορών και Περιφερειακής Οικονομίας (BITRE) που περιγράφεται το 2008. Τα συμπεράσματα της εμπειρικής τους μελέτης υποδηλώνουν ότι έχουν σημασία και πρέπει να εξεταστούν περισσότερο οι σχέσεις όταν συζητάμε για το ρόλο του αεροδρομίου σε περιφερειακές, αγροτικές ή απομακρυσμένες κοινότητες (συμπεριλαμβανομένου του σχεδιασμού και της χρηματοδότησής τους). Η αιτιώδης συνάφεια από τις αεροπορικές μεταφορές στην οικονομική ανάπτυξη δείχνει ότι οι περιφερειακές αερομεταφορές επηρεάζουν την τοπική οικονομία. Έτσι, οι τοπικές στρατηγικές οικονομικής ανάπτυξης θα πρέπει να διασφαλίζουν έντονη εστίαση στις αεροπορικές μεταφορές οι οποίες στη συνέχεια θα ενισχύσουν τις τοπικές βιομηχανίες όπως ο τουρισμός. Επειδή η σημασία και το μέγεθος των σχέσεων διαφέρουν, ανάλογα με τον τύπο του συγκεκριμένου αεροδρομίου, η ανάλυση των χωρικών και των χαρακτηριστικών του αεροδρομίου πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη κατά τον καθορισμό πολιτικών και στρατηγικών. Η χρηματοδότηση για τη διασφάλιση της βιωσιμότητας του αεροδρομίου είναι κρίσιμη εάν ο αερολιμένας εδρεύει ειδικά σε περιοχές όπου οι τοπικές κυβερνήσεις διαχειρίζονται το αεροδρόμιο.

Ο Debbage (1999)¹⁸ καθόρισε δύο τρόπους με τους οποίους η διαθεσιμότητα των αερομεταφορών επηρεάζει την περιφερειακή οικονομία. Πρώτον, η κατασκευή ενός αεροδρομίου αποτελεί άμεση επένδυση στην περιφερειακή οικονομία και δημιουργεί επιτόπου απασχόληση. Δεύτερον, οι αεροπορικές μεταφορές μπορούν να αλλάξουν τους οικονομικούς δεσμούς μιας περιοχής με άλλες περιοχές και να δημιουργήσουν διαφορές στην περιφερειακή ανταγωνιστικότητα. Τα πολλαπλασιαστικά αποτελέσματα μιας τόσο μεγάλης επένδυσης μπορεί να είναι σημαντικά σε τομείς όπως τα χονδρικά αγαθά και οι χερσαίες μεταφορές.

Οι Mendes M. & Neufville (2010) δηλώνουν ότι μετά την απορρύθμιση, η ανάγκη για δίκαιη αεροπορική υπηρεσία και δημόσια υποστήριξη για την παροχή τους σε απομακρυσμένες περιοχές ή υποσυντηρημένες από μια απορρυθμισμένη βιομηχανία, έχει αναγνωριστεί διεθνώς. Επιπλέον, οι μικρότερες κοινότητες εξυπηρετούνται πλέον πιο αποτελεσματικά από μικρές αεροπορικές εταιρείες με μικρότερα αεροσκάφη¹⁹.

Ο Brueckner (2002) υιοθέτησε μια διαφορετική προσέγγιση για το κατά πόσον οι αεροπορικές εταιρείες εσωτερικεύουν τη συμφόρηση και διερεύνησε το ερώτημα, αν τα δεδομένα συνάδουν με τη θεωρητική πρόβλεψη μιας αντίστροφης σχέσης μεταξύ των καθυστερήσεων και της συγκέντρωσης της αεροπορικής αγοράς σε ένα αεροδρόμιο.²⁰ Επικεντρώθηκε σε ένα δείγμα από 25 αεροδρόμια με τις μεγαλύτερες καθυστερήσεις των ΗΠΑ το 1999, με συγκεκριμένες καθυστερήσεις στο αεροδρόμιο να μετράται από τον ετήσιο αριθμό πτήσεων που καθυστέρησαν για περισσότερα από 15 λεπτά από τους προγραμματισμένους χρόνους λειτουργίας τους στο συγκεκριμένο αεροδρόμιο. Βρήκε εμπειρικά στοιχεία για την αντίστροφη σχέση και, ως εκ τούτου, την εσωτερική των αυτό-επιβαλλόμενων συμφορήσεων. Ο κανόνας χρεώσεων συμφόρησης που ελήφθη από τον Brueckner (2002) συνεπάγεται ότι οι μεγάλες αεροπορικές εταιρείες θα πληρώσουν χαμηλά κόμιστρα, ενώ οι μικρές αεροπορικές εταιρείες θα πληρώνουν υψηλότερα κόμιστρα. Ενώ αυτό το μοτίβο χρεώσεων δικαιολογείται με βάση την οικονομική αποδοτικότητα, μπορεί να είναι πολιτικά ανέφικτο λόγω της «αδικίας» του. Ως αποτέλεσμα, κάθε πρακτική εφαρμογή της

τιμολόγησης συμφόρησης ενδέχεται να χρειαστεί να υιοθετήσει μια δεύτερη καλύτερη προσέγγιση, επιβάλλοντας την ίδια χρέωση σε όλες τις αεροπορικές εταιρίες.

Μια παρόμοια προσέγγιση χρησιμοποιήθηκε από τους Mayer & Sinai (2003)²¹, οι οποίοι παρέχουν περαιτέρω αποδείξεις για τη θεωρία αυτο-εσωτερικοποίησης. Το σύνολο δεδομένων τους καλύπτει περισσότερα από 250 αεροδρόμια και πτήσεις από το 1988 έως το 2000 από αερομεταφορείς με μερίδιο αγοράς άνω του 1% στις ΗΠΑ. Διαφορετικά από το Brueckner, το μέτρο των καθυστερήσεων τους συνεπάγεται την αύξηση του χρόνου ταξιδιού σε σχέση με τον ελάχιστο εφικτό χρόνο σε μια διαδρομή. Οι Mayer και Sinai καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι κυρίαρχοι αερομεταφορείς κόμβων εσωτερικεύουν ένα μέρος της αυτό-επιβαλλόμενης συμφόρησης στους κόμβους τους.

Ένας αριθμός επιστημονικών εργασιών αφορά στη σχέση μικρών και μεγάλων αεροδρομίων και στην τιμολογιακή πολιτική που πρέπει να ακολουθούν.

Οι Czerny & Zhang (2011) παρέχουν μια εναλλακτική εξήγηση στο γεγονός ότι οι ατομικές χρεώσεις μπορεί να οδηγήσουν σε εκπληκτικά καλά αποτελέσματα ευημερίας του αεροδρομίου και των αεροπορικών εταιριών. Η ανάλυσή τους βασίζεται στην παρατήρηση ότι υπάρχουν τύποι επιβατών με ξεχωριστές εκτιμήσεις και απαιτήσεις του χρόνου ταξιδιού. Η πρόσφατη θεωρητική βιβλιογραφία επικεντρώνεται συνήθως σε έναν τύπο επιβάτη - πράγμα που σημαίνει ότι όλοι οι επιβάτες υποτίθεται ότι έχουν την ίδια αποτίμηση χρόνου - αν και υπάρχουν βάσιμα εμπειρικά στοιχεία που δείχνουν ότι υπάρχουν ξεχωριστές εκτιμήσεις χρόνου για διαφορετικούς επιβάτες. Οι Morrison (1987), Morrison & Winston (1989), Pels et al. (2003) και Czerny & Zhang (2011)²² παρατήρησαν εμπειρικά ότι ο χρόνος ταξιδιού για τους επιβάτες επιχειρήσεων ή τους επιβάτες εργασιακών ταξιδιών είναι "πολυτιμότερος" απ' ό,τι αυτός των επιβατών για ταξίδια αναψυχής. Διαπίστωσαν με αυτό τον τρόπο ότι η πολιτική χρέωσης που θα έπρεπε να ακολουθήσει το αεροδρόμιο θα μπορούσε να κινηθεί περισσότερο στην κατεύθυνση της ατομικής χρέωσης, εξυπηρετώντας καλύτερα τους ταξιδιώτες ανάλογα με τον τύπο ταξιδιού που επιθυμούν.

Σε μια αντίστοιχη περιεχομένου μελέτη, ο Harvey (1986) υιοθέτησε μια αμφίδρομη κατάτμηση σε επαγγελματίες και μη επαγγελματίες ταξιδιώτες των κατοίκων στο San Francisco Bay Area. Η μελέτη αποκάλυψε ότι οι επαγγελματίες ταξιδιώτες είναι πιο ευαίσθητοι στο χρόνο πρόσβασης από ό, τι οι μη επαγγελματίες. Η αξία του χρόνου για τους ταξιδιώτες για επαγγελματικούς και μη επαγγελματίες είναι 41,4 \$ / ώρα και 19,8 \$ / ώρα, αντίστοιχα. Αυτά τα ευρήματα επιβεβαιώθηκαν από μεταγενέστερη έρευνα και μπορούν να εξηγηθούν από το γεγονός ότι τα έξοδα ταξιδιού των επιβατών επιχειρήσεων γενικά επιστρέφονται από την εταιρεία τους.

Οι Morrison & Winston (2007)²³ εκτιμούν εμπειρικά τις αλλαγές στην ευημερία των επιβατών ανάλογα με το εάν τα καθεστώτα τιμολόγησης της συμφόρησης των αεροδρομίων βασίζονται σε μερίδια αγοράς ή αντιμετωπίζουν τους μεταφορείς ως μονάδες. Εκτιμήσεις διενεργούνται για το έτος 2005 για 74 αεροδρόμια των ΗΠΑ που καταλαμβάνουν το 73% των εμπορικών αεροπορικών εταιριών σε όλα τα αεροδρόμια των ΗΠΑ. Υποτίθεται ότι τα ακαθάριστα οφέλη (τα οποία δεν λαμβάνουν υπόψη το κόστος συμφόρησης και τα αεροπορικά εισιτήρια) των επιβατών κάθε αεροπορικής

εταιρίας είναι ανεξάρτητα από τις ποσότητες των επιβατών των ανταγωνιστών αεροπορικών εταιριών. Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό του μοντέλου Morrison και Winston είναι ότι ελέγχουν για διαφορές στις αποτιμήσεις χρόνου ανάλογα με τους τύπους των επιβατών και του τύπου ταξιδιού (επιχειρήσεις και αναψυχή). Καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η απώλεια ευημερίας θα ήταν μικρή εάν η δομή της αγοράς αεροπορικών εταιρειών αντιμετωπιζόταν ως ατομική, πράγμα που μπορεί να υποδηλώνει ότι στην πράξη η αυτό-εσωτερικοποίηση δεν έχει μεγάλη σημασία

Τα αεροδρόμια εξυπηρετούν πολλές διαφορετικές ανάγκες, από τη μετακίνηση ανθρώπων και φορτίων και την εξυπηρέτηση γεωργικών αναγκών, έως την παροχή κρίσιμης πρόσβασης σε απομακρυσμένες κοινότητες, συμπεριλαμβανομένων των ιατρικών υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης, έως την υποστήριξη ιδιωτικών μεταφορών χρησιμοποιώντας τα μικρότερα αεροσκάφη με μόνο ένα κινητήρα μέχρι και τα πιο σύγχρονα jet.²⁴

Υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός μελετών που αφορούν στην συγκριτική αξιολόγηση αεροδρομίων για μεγάλα αεροδρόμια και συγκεκριμένα κόμβους, πολύ λιγότερα έχουν διερευνηθεί σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο σύμφωνα με τον Nicole Adler(2013). Αξιοσημείωτα είναι τα ευρήματα μεταξύ των επιπέδων αποτελεσματικότητας και του μεγέθους του αεροδρομίου στη βιβλιογραφία συγκριτικής αξιολόγησης του αεροδρομίου. Ο Sarkis (2000) συγκρίνει αεροδρόμια κόμβων από τις ΗΠΑ με αντίστοιχα μη κομβικά αεροδρόμια, χρησιμοποιώντας μοντέλα ανάλυσης δεδομένων και παρουσιάζει στοιχεία για υψηλότερα επίπεδα απόδοσης στα αεροδρόμια που αποτελούν κόμβους του συστήματος. Οι Oum & Yu (2004) καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι τα μεγαλύτερα αεροδρόμια επιτυγχάνουν υψηλότερες βαθμολογίες απόδοσης βάσει μιας ανάλυσης παραγωγικότητας μεταβλητών παραγόντων 76 αεροδρομίων σε όλο τον κόσμο. Η Asaf (2009) εφαρμόζει μια στοχαστική ανάλυση στα σύνορα σε δύο ομάδες αερολιμένων στο Ηνωμένο Βασίλειο και δείχνει ότι τα μεγάλα αεροδρόμια είναι τεχνικά πιο αποτελεσματικά. Οι Yoshida & Fujimoto (2004) αναλύουν τα ιαπωνικά αεροδρόμια μέσω ανάλυσης δεδομένων και συνολικής παραγωγικότητας, ακολουθούμενη από ένα δεύτερο στάδιο ανατροπής και καταλήγει στο συμπέρασμα ότι τα περιφερειακά αεροδρόμια στην Ιαπωνία είναι σχετικά λιγότερο αποδοτικά²⁵.

Η σχετική αναποτελεσματικότητα των μικρότερων αεροδρομίων μπορεί να εξηγηθεί από τη χαμηλή ζήτηση κίνησης σε σχέση με την ελάχιστη υποδομή που απαιτείται για την παραγωγή ασφαλών και σταθερών μετακινήσεων. Ως αποτέλεσμα, το κόστος ανά κίνηση είναι σημαντικά υψηλότερο από τα αντίστοιχα μεγάλα αεροδρόμια και εάν οι τιμές καθοριστούν έτσι ώστε να καλύπτουν το πλήρες κόστος της εγκατάστασης, ο αριθμός των μικρών αεροδρομίων θα μειωνόταν ακόμη περισσότερο²⁶.

Ο ελεύθερος ανταγωνισμός μεταξύ των αεροδρομίων μπορεί να είναι κρίσιμος για την βιωσιμότητα τόσο των μικρών όσο και των μεγάλων αεροδρομίων. Τα τελευταία χρόνια, οι εταιρείες διαχείρισης συγχωνεύουν ή αγοράζουν μερίδια μικρότερων αεροδρομίων για τη βελτιστοποίηση των εργασιών και την απάντηση στους περιορισμούς της αγοράς και ιδίως στους αερομεταφορείς χαμηλού κόστους. Η οικονομική υποστήριξη φαίνεται αναπόφευκτη για τη συντήρηση των υπηρεσιών ενός μικρού αεροδρομίου όπου κρίνεται απαραίτητο.

Η μορφή και το επίπεδο της απαιτούμενης χρηματοοικονομικής βοήθειας θα εξαρτηθεί από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της ανάγκης για νέες επενδύσεις και απαιτήσεις συντήρησης της υπάρχουσας υποδομής, καθώς και τη γεωγραφική θέση, τις πολιτικές τιμολόγησης, τη ρυθμιστική δομή και τη μορφή ιδιοκτησίας του αεροδρομίου. Η οικονομική βοήθεια λαμβάνει συχνά μία από τις δύο μορφές, τα αεροδρόμια είτε λαμβάνουν άμεσες χρηματοδοτικές επιδοτήσεις από τις τοπικές ή ομοσπονδιακές κυβερνήσεις είτε επιδοτούνται από τα κέρδη άλλων αερολιμένων που ανήκουν στην ίδια εταιρεία ή αρχή του αεροδρομίου. Κατά πόσο το είδος και το επίπεδο των επιδοτήσεων συμβάλλουν θετικά στην αποτελεσματικότητα των μικρών αεροδρομίων φαίνεται να είναι μια ενδιαφέρουσα ερώτηση που χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση.

Μια ακόμη σύγκριση που γίνεται μεταξύ των μεγάλων και των μικρών αεροδρομίων είναι η επιλογή που κάνει ο επιβάτης για την μεταφορά του, είτε από το κοντινότερο τις περισσότερες φορές μεγάλο αεροδρόμιο ή την επιλογή ενός πιο απομακρυσμένου μικρότερου αεροδρομίου.

Τα θέματα της περιοχής επιρροής και του ανταγωνισμού των αεροδρομίων αφορούν σε ορισμένες περιπτώσεις και στον ρόλο των μικρών αεροδρομίων. Οι εργασίες των Marcucci & Gatta (2011) στην Ιταλία και των Jung & Yoo (2016) στη Σεούλ και των Paliska et al. (2016)²⁷ στο αεροδρόμιο της Λιουμπλιάνας, έδειξαν πως τα αεροπορικά εισιτήρια, ο τύπος ταξιδιωτών και οι διαθέσιμες αεροπορικές υπηρεσίες είναι κοινά στοιχεία που συμβάλλουν στην επιλογή του αεροδρομίου το οποίο θα χρησιμοποιήσει ένας επιβάτης. Μπορούμε επίσης να υποθέσουμε, ότι η λήψη αποφάσεων σχετικά με την επιλογή του αεροδρομίου είναι πιθανό να είναι διαφορετική για βραχεία διαμονή παρά για ταξίδια μακράς διαμονής, καθώς και το μέγεθος της ομάδας μπορεί να είναι σημαντικό αφού μπορεί να επηρεάσει την εκτίμηση των αεροπορικών ναύλων και των εξόδων ταξιδιού στο έδαφος. Συμπέρασμα της ανάλυσης είναι πως ο επιβάτης δεν επιλέγει πάντα ένα μεγάλο κοντινό αεροδρόμιο αλλά η απόφαση του καθορίζεται από παραμέτρους οι οποίες μπορεί να τον οδηγήσουν να επιλέξει ένα μικρότερο αεροδρόμιο.

3 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ

Η ανάπτυξη του συστήματος των αεροδρομίων απαιτεί σημαντικό κόστος επενδύσεων και λειτουργίας. Κάθε χώρα, ανάλογα με τη γεωγραφική της θέση, την οικονομική της διάρθρωση και την αναπτυξιακή της δυναμική, καθώς και το γενικότερο κοινωνικό και πολιτικό της περιβάλλον, αναπτύσσει το σύστημα των αεροδρομίων και αεροπορικών μεταφορών της, σύμφωνα με τις ιδιαιτερότητές της και τις ανάγκες της.

Ορισμένες χώρες θεωρούν τα αεροδρόμια ως δημόσια αγαθά τα οποία πρέπει να αναπτυχθούν και να χρηματοδοτηθούν από το κράτος. Το βέβαιο είναι ότι η ανάπτυξη των αεροδρομίων συνεπάγεται σημαντικές θετικές εξωτερικές οικονομίες για τους άλλους κλάδους της οικονομίας και ιδιαίτερα για τον τουρισμό.

Η προσβασιμότητα των αερομεταφορών είναι μία από τις πολλές προϋποθέσεις για την αύξηση της ανάπτυξης και την ανταγωνιστικότητα μιας περιοχής. Η παροχή υπηρεσιών μεταφοράς δεν οδηγεί αυτόματα στην οικονομική ανάπτυξη, μπορεί να λειτουργήσει αντίστροφα, δηλαδή μέσω της οικονομικής ανάπτυξη μιας περιοχής η ποιότητα και η αξιοπιστία των μεταφορών της αυξάνονται.

Σε μια θεωρία που τονίζει τα στοιχεία από πλευράς προσφοράς η υλοποίηση της υποδομής μεταφορών και η προσβασιμότητα οδηγούν στην οικονομική ανάπτυξη και τα αεροδρόμια λειτουργούν ως καταλύτες για τις τοπικές επενδύσεις

Καθώς οι οικονομίες εξακολουθούν να επηρεάζονται από την αυξανόμενη παγκοσμιοποίηση, ο ρόλος των αεροδρομίων αποκτά όλο και μεγαλύτερη σημασία. Τα αεροδρόμια είναι ένας βασικός πλέον παράγοντας που επιτρέπει στις περιφέρειες να εκμεταλλευτούν το οικονομικό τους δυναμικό καταλύοντας νέες οικονομικές πρωτοβουλίες. Λόγω της συνεχούς αύξηση των αερομεταφορών και της ανταγωνιστικότητας γίνεται αναγκαία η κατηγοριοποίηση των αεροδρομίων.

Η κατηγοριοποίηση των αεροδρομίων αποσκοπεί στον καλύτερο καταμερισμό των φόρτων των αερομεταφορών αλλά και στην αποδοτικότερη διαχείριση των αεροδρομίων, έχοντας ως αποτέλεσμα την βελτιστοποίηση των συστημάτων αυτών.

Ως κωδικό αναφοράς για κάθε διάδρομο, ο ICAO και η FAA χρησιμοποιούν ένα απλό συνδυασμό δύο ψηφίων. Για κάθε τύπο αεροσκάφους σχεδιασμού, το πρώτο ψηφίο του κώδικα ICAO καθορίζεται από το μήκος αναφοράς διαδρόμου (airplane reference field length), το ελάχιστο μήκος διαδρόμου που απαιτεί το αεροσκάφος αναφοράς για απογείωση με το μέγιστο πιστοποιημένο βάρος απογείωσης (Maximum Take Off Weight - MTOW), στο υψόμετρο της θάλασσας και σε συνθήκες σταθερής ατμόσφαιρας, χωρίς άνεμο και χωρίς κλήση.

Η σταθερή ατμόσφαιρα ορίζεται ως η θερμοκρασία των 15 0° και πίεσης 76cm Hg στο επίπεδο θάλασσας, με μια βαθμιαία μείωση της θερμοκρασίας κατά -0.0065_{oc} C/m από το επίπεδο της θάλασσας έως το υψόμετρο 11.000m. Το δεύτερο ψηφίο καθορίζεται από το πιο απαιτητικό από τα δυο φυσικά χαρακτηριστικά του αεροσκάφους: το άνοιγμα των φτερών και την απόσταση των εξωτερικών του τροχών. Έτσι ο κωδικός αναφοράς ενός αεροδρομίου αντιστοιχεί στον κωδικό του πιο απαιτητικού αεροσκάφους που εξυπηρετεί.

Με ανάλογο τρόπο η FAA χρησιμοποιεί την ταχύτητα προσέγγισης του αεροσκάφους για να προσδιορίσει το πρώτο ψηφίο του κώδικα αναφοράς, και το άνοιγμα των φτερών για το δεύτερο. Η ταχύτητα προσέγγισης ορίζεται ως 1,3 φορές την απώλεια στήριξης του αεροσκάφους κατά την φάση προσγείωσης με το μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος. Στους Πίνακες 2 και Πίνακας 3 παρουσιάζονται τα στοιχεία κατηγοριοποίησης.

Στοιχείο 1 κωδικού ICAO		Στοιχείο 2 κωδικού ICAO		
Κωδικός αριθμός	Μήκος αναφοράς αεροσκάφους Βασικό μήκος	Κωδικό γράμμα	Άνοιγμα φτερών (WS)	Απόσταση εξωτερικών κυρίων τροχών (OMG)
1	$RFL < 800m$	A	$WS < 15m$	$OMG < 4.5m$
2	$800m \leq RFL < 1200m$	B	$15m \leq WS < 24m$	$4.5m \leq OMG < 6m$
3	$1200m \leq RFL < 1800m$	C	$24m \leq WS < 36m$	$6m \leq OMG < 9m$
4	$1800m \leq RFL$	D	$36m \leq WS < 52m$	$9m \leq OMG < 14m$
		E	$52m \leq WS < 65m$	$9m \leq OMG < 14m$
		F	$65m \leq WS < 80m$	$14m \leq OMG < 16m$

Πίνακας 2 Κωδικός αναφοράς αεροδρομίου σύμφωνα με ICAO²⁸

Στοιχείο 1 κωδικού FAA		Στοιχείο 2 κωδικού FAA	
Κατηγορία αεροσκάφους Κατά την προσέγγιση	Ταχύτητα προσέγγισης αεροσκάφους (AS) σε κόμβους	Αεροσκάφος Σχεδιασμού	Άνοιγμα φτερών (WS)
A	$AS < 91$	I	$WS < 15$
B	$91 \leq AS < 121$	II	$15 \leq WS < 24$
C	$121 \leq AS < 141$	III	$24 \leq WS < 36$
D	$141 \leq AS < 166$	IV	$36 \leq WS < 52$
E	$166 \leq AS$	V	$52 \leq WS < 65$
		VI	$65 \leq WS < 80$

Πίνακας 3 Κωδικός αναφοράς αεροδρομίου σύμφωνα με την FAA

Ως αεροσκάφος σχεδιασμού ορίζεται το αεροσκάφος εκείνο το οποίο χρησιμοποιείται για τον σχεδιασμό του διαδρόμου του αεροδρομίου, του κτηρίου επιβατών καθώς και άλλων στοιχείων του αεροδρομίου. Το αεροσκάφος σχεδιασμού επιλέγεται ανάλογα

με τις ανάγκες και τους φόρτους που θέλουμε το μελλοντικό μας αεροδρόμιο να εξυπηρετεί.

Ανάλογα λοιπόν με το αεροσκάφος σχεδιασμού και σύμφωνα με τον ICAO οι διάδρομοι χωρίζονται σε 4 κατηγορίες ανάλογα με το απαιτούμενο μήκος προσγείωσης η απογείωσης(επιλέγεται το δυσμενέστερο, δηλαδή το πιο μεγάλο).

1. Για μήκος διαδρόμου $L < 800$ m
2. Για μήκος διαδρόμου $800 < L < 1200$
3. Για μήκος διαδρόμου $1200 < L < 1800$
4. Για μήκος διαδρόμου $L > 1800$

Επιπλέον κατηγοριοποίηση γίνεται σύμφωνα πάλι με τον ICAO ανάλογα με την εξωτερική απόσταση του κύριου τροχού κύλισης η OMGWS(Outer Main Gear Wheel Span) όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Εξωτερικό Άνοιγμα Κύριων Τροχών (OMGWS)				
Κωδικός Αναφοράς	$0 \leq \text{OMGWS} < 4,5\text{m}$	$4,5 \leq \text{OMGWS} < 6\text{m}$	$6 \leq \text{OMGWS} < 9\text{m}$	$9 \leq \text{OMGWS} < 15\text{m}$
1 ^α	18	18	23	-
2 ^α	23	23	30	-
3	30	30	30	45
4	-	-	45	45

Πίνακας 4 Κατηγοριοποίηση ανάλογα με το OMGWS

Αξίζει να σημειωθεί ότι το πλάτος του διαδρόμου που χρησιμοποιείται για προσγειώσεις αεροσκαφών με ενόργανη ακριβή προσέγγιση δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 30m για τις κατηγορίες 1 και 2.

Μετά την κατηγοριοποίηση των αεροδρομίων σειρά έχει ο προσδιορισμός των επιφανειών εμποδίων. Οι επιφάνειες αυτές ορίζονται με σκοπό να καθοριστεί ο εναέριος χώρος γύρω από τα αεροδρόμια, ο οποίος πρέπει να παραμένει ελεύθερος από εμπόδια έτσι ώστε να επιτρέπει την ασφαλή διεξαγωγή των προτιθέμενων πτητικών λειτουργιών αεροπλάνων στα αεροδρόμια, και να αποτρέπει το ενδεχόμενο να καταστούν τα αεροδρόμια μη χρησιμοποιήσιμα, λόγω της ανάπτυξης εμποδίων γύρω από αυτά. Αυτό επιτυγχάνεται με την καθιέρωση μιας σειράς επιφανειών περιορισμού εμποδίων που καθορίζουν τα όρια ως προς τα οποία τα αντικείμενα θα προβάλλονται στον εναέριο χώρο. Χωρίζονται σε τέσσερις κυρίως επιφάνειες οι οποίες είναι οι εξής.

- Εσωτερική οριζόντια επιφάνεια

Η εσωτερική οριζόντια επιφάνεια είναι ένα οριζόντιο επίπεδο το οποίο εκτείνεται πάνω από τον αερολιμένα και την ευρύτερη περιοχή. Εξαρτάται από την κατηγορία και τον τύπο του διαδρόμου στον οποίο αντιστοιχεί και οι μεταβλητές που την ορίζουν είναι το υψόμετρο που βρίσκεται πάνω στον διάδρομο και η απόσταση(ακτίνα) από τα σημεία αναφοράς. Στα αεροδρόμια ως σημείο αναφοράς ορίζεται το μέσο του διαδρόμου ή το σημείο τομής των διασταυρούμενων διαδρόμων. Η εσωτερική οριζόντια επιφάνεια είναι ορθογώνια

κατά μήκος του διαδρόμου και ημικυκλική κατά το πέρας αυτού με ακτίνα την προαναφερόμενη.

- Κωνική επιφάνεια

Ορίζεται ως η επιφάνεια που εκτείνεται με κλίση προς τα άνω και εξωτερικά από την περιφέρεια της εσωτερικής οριζόντιας επιφάνειας. Τα όρια της κωνικής επιφάνειας πρέπει να περιλαμβάνουν την χαμηλότερη ακμή που ταυτίζεται με την περιφέρεια της εσωτερικής οριζόντιας επιφάνειας και την ανώτερη ακμή που βρίσκεται σε καθορισμένο ύψος πάνω από την εσωτερική οριζόντια επιφάνεια. Η κλίση της κωνικής επιφάνειας πρέπει να μετράται στο κατακόρυφο επίπεδο που είναι κάθετο στην περιφέρεια της εσωτερικής οριζόντιας επιφάνειας. Η κωνική επιφάνεια σε συνδυασμό με την εσωτερική οριζόντια επιφάνεια παίζουν καθοριστικό ρόλο στο να βρεθεί η θέση με τις λιγότερες απαιτήσεις για ορύγματα αφού είναι μεγαλύτερες σε έκταση και συνήθως θεωρούνται ως μια επιφάνεια.

- Επιφάνεια προσέγγισης

Πρόκειται για ένα κεκλιμένο επίπεδο η συνδυασμό επιπέδων που προηγούνται του κατώφλιου. Κατώφλι ορίζεται ως η αρχή εκείνου του μέρους του διαδρόμου που χρησιμοποιείται για προσγειώσεις. Η επιφάνεια προσέγγισης ορίζεται από τρία μέρη. Αρχικά από μια εσωτερική ακμή ορισμένου μήκους, που κείται επί του οριζώντιου επιπέδου και η οποία είναι κάθετη προς την προέκταση του κεντρικού άξονα του διαδρόμου. Η πλευρά αυτή βρίσκεται σε συγκεκριμένη απόσταση πριν από το κατώφλι. Στην συνέχεια από δυο πλευρές που ξεκινούν από τα άκρα της εσωτερικής ακμής και αποκλίνουν ομοιόμορφα με καθορισμένο βαθμό από την προέκταση της κεντρικής γραμμής του διαδρόμου και τέλος από μια εξωτερική ακμή παράλληλη προς την εσωτερική ακμή.

Στον παρακάτω Πίνακας 5 δίνονται και οι μεταβλητές που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την κατασκευή σύμφωνα με τον ICAO.

ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗΣ

Επιφάνεια και διαστάσεις ^a	ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ									
	Διαδρομολογία μη ενόργανης προσέγγισης				Μη ακριβής ενόργανη				Κατηγορία ακριβούς προσέγγισης	
	Κωδικός αριθμός				Κωδικός αριθμός				Κωδικός αριθμός	
	1	2	3	4	1.2	3	4	1.2	3.4	3.4
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}
ΚΩΝΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Κλίση	35 m	55 m	75 m	100 m	60 m	75 m	100 m	60 m	100 m	100 m
Υψος										
ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ										
Υψος	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m
Απόσταση από το(α) σημείο(α) αναφοράς	2 000 m	2 500 m	4 000 m	4 000 m	3 500 m	4 000 m	4 000 m	3 500 m	4 000 m	4 000 m
ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΕΠΙΦ. ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ										
Πλάτος	—	—	—	—	—	—	—	90 m	120 m ^d	120 m ^d
Απόσταση ήχονος αρχής από το κατώφλι	—	—	—	—	—	—	—	60 m	60 m	60 m
Μήκος	—	—	—	—	—	—	—	900 m	900 m	900 m
Κλίση	—	—	—	—	—	—	—	2.5%	2%	2%
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ										
Πλάτος ήχονος αρχής	60 m	80 m	150 m	150 m	150 m	300 m	300 m	150 m	300 m	300 m
Απόσταση ήχονος αρχής από το κατώφλι	30 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m
Διαίρεση (από κάθε πλευρά)	10%	10%	10%	10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Πρώτο τμήμα										
Μήκος	1 600 m	2 500 m	3 000 m	3 000 m	2 500 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m
Κλίση	5%	4%	3.33%	2.5%	3.33%	2%	2%	2.5%	2%	2%
Δεύτερο τμήμα										
Μήκος	—	—	—	—	—	3 600 m ^b	3 600 m ^b	12 000 m	3 600 m ^b	3 600 m ^b
Κλίση	—	—	—	—	—	2.5%	2.5%	3%	2.5%	2.5%
Οριζόντιο τμήμα										
Μήκος	—	—	—	—	—	8 400 m ^b	8 400 m ^b	—	8 400 m ^b	8 400 m ^b
Ολικό μήκος	—	—	—	—	—	15 000 m	15 000 m	15 000 m	15 000 m	15 000 m
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ										
Κλίση	20%	20%	14.3%	14.3%	20%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%
ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΗ										
Κλίση	—	—	—	—	—	—	—	40%	33.3%	33.3%
ΕΠΙΦ. ΑΠΟΤΥΧΗΜΕΝΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ										
Πλάτος ήχονος αρχής	—	—	—	—	—	—	—	90 m	120 m ^d	120 m ^d
Απόσταση από το κατώφλι	—	—	—	—	—	—	—	c	1 800 m ^d	1 800 m ^d
Διαίρεση από κάθε πλευρά	—	—	—	—	—	—	—	10%	10%	10%
Κλίση	—	—	—	—	—	—	—	4%	3.33%	3.33%

Πίνακας 5 Περιορισμός εμποδίων για διαδρόμους προσγείωσης

- Επιφάνεια απογείωσης

Η επιφάνεια απογείωσης είναι ένα κεκλιμένο επίπεδο πέραν του τέλους του διαδρόμου ή της ακραίας ζώνης ασφαλείας απογείωσης. Η επιφάνεια απογείωσης υφίσταται σε όλους τους διαδρόμους και είναι η μόνη επιφάνεια που εξαρτάται αποκλειστικά και μόνο από τον τύπο του διαδρόμου και όχι από την κατηγορία την οποία ανήκει.

Τα όρια της επιφάνειας απογείωσης όπως ορίζονται από τον ICAO στο ANNEX 14 είναι τα εξής. Αρχικά το εσωτερικό όριο, συγκεκριμένου μήκους, κάθετο στον άξονα του διαδρόμου, και σε συγκεκριμένη απόσταση μετά το τέλος του διαδρόμου ή μετά την ακραία ζώνη ασφαλείας. Εν συνεχεία, δυο πλευρές που

διευρύνονται από τα άκρα του εσωτερικού ορίου με συγκεκριμένη κλίση ως ένα τελικό εύρος και από εκεί και πέρα εκτείνονται παράλληλα μέχρι την απόσταση που ορίζεται από τους πίνακες. Καταλήγοντας, ένα εξωτερικό όριο το οποίο είναι παράλληλο στο εσωτερικό σε απόσταση ίση με το μήκος της επιφάνειας απογείωσης.

Η επιφάνεια απογείωσης για τα μικρά αεροδρόμια κατηγορίας 1 και 2 έχει τραπεζοειδές σχήμα.

Στον Πίνακα 6 δίνονται και οι μεταβλητές που πρέπει να ληφθούν υπόψιν κατά την κατασκευή σύμφωνα με τον ICAO.

ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ ΑΠΟΓΕΙΩΣΗΣ			
Επιφάνεια και διαστάσεις ^a		Code number 2 (3)	3 or 4 (4)
(1)	(2)		
ΑΠΟΓΕΙΩΣΗ	{1}	{2}	{3}
Μήκος ίχνους αρχής	60 m	80 m	180 m
Απόσταση ίχνους αρχής από το άκρο διαδρόμου ^b	30 m	60 m	60 m
Διεύρυνση (από κάθε πλευρά)	10%	10%	12.5%
Τελικό εύρος	380 m	580 m	1 200 m {4} ➡ 1 800 m ^c
Μήκος	1 600 m	2 500 m	15 000 m
Κλίση	5%	4%	2% ^d

a. Όλες οι αποστάσεις μετρούνται σε οριζόντια προβολή εκτός εάν καθορίζεται διαφορετικά.
b. Η επιφάνεια απογείωσης ξεκινά από το πέρασ της ακραίας ζώνης ασφαλείας απογείωσης (Clearway) εάν το μήκος της Clearway υπερβαίνει την προκαθορισμένη απόσταση.
c. 1 800 m when the intended track includes changes of heading greater than 15° for operations conducted in IMC, VMC by night.
d. See 4.2.24 and 4.2.26.

Πίνακας 6 Όρια επιφάνειας απογείωσης

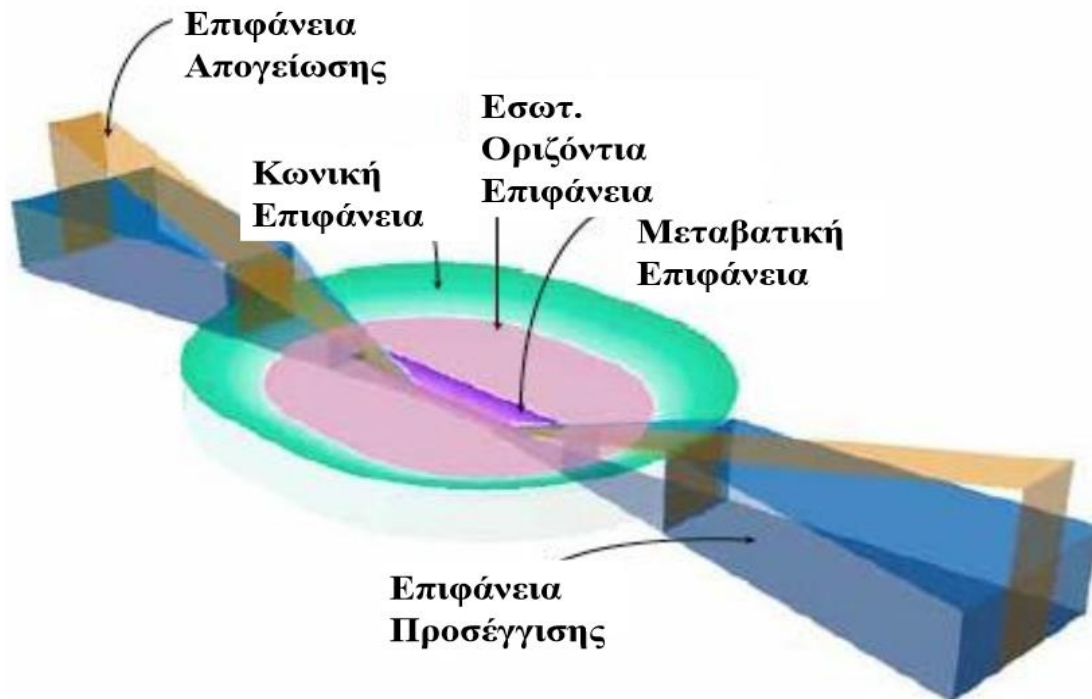
- Μεταβατική επιφάνεια

Η μεταβατική επιφάνεια ή επιφάνεια προσαρμογής, είναι ένας συνδυασμός επιπέδων κατά μήκος της πλευράς της ζώνης ασφαλείας και τμήματος της πλευράς της επιφάνειας προσέγγισης, τα οποία κλείνουν προς τα άνω και προς τα έξω από τις προαναφερόμενες πλευρές, ως την εσωτερική οριζόντια επιφάνεια σχηματίζοντας ένα σκαφοειδές.

Τα όρια της επιφάνειας προσέγγισης όπως ορίζονται από τον ICAO είναι τα εξής. Ξεκινά από μια χαμηλότερη σε ύψος άκρη από την συμβολή της της πλευράς της επιφάνειας προσέγγισης, με την εσωτερική οριζόντια επιφάνεια και συνεχίζει κάτω, όπως επεκτείνεται η πλευρά της επιφάνειας προσέγγισης, ως το άκρο του εσωτερικού ίχνους της επιφάνειας προσέγγισης. Ακολούθως το χαμηλότερο όριο συνεχίζει από το άκρο του ίχνους αρχής παράλληλα στον άξονα του διαδρόμου ως το τέλος της ζώνης ασφαλείας. Το χαμηλότερο όριο κατά μήκος της πλευράς

της επιφάνειας προσέγγισης έχει υψόμετρο ίσο με το υψόμετρο της επιφάνειας προσέγγισης σε εκείνο το σημείο, ενώ κατά μήκος της ζώνης ασφαλείας το υψόμετρο της μεταβατικής είναι ίσο με το υψόμετρο του πιο κοντινού σημείου από τον άξονα του διαδρόμου.

Για την καλύτερη κατανόηση των παραπάνω επιφανειών παρατίθεται η Εικόνα 3 που περιέχει τον συνδυασμό όλων των επιφανειών ενός αεροδρομίου.



Εικόνα 3 Επιφάνειες Αεροδρομίου

Στους Πίνακες 5 και Πίνακας 6 παρατηρούμε πως τα όρια των επιφανειών εμποδίων αλλάζουν δραστικά για τις κατηγορίες 1 και 2 συγκριτικά με τις κατηγορίες 3 και 4. Πιο συγκεκριμένα διακρίνουμε πως στην περίπτωση της μη ενόργανης προσέγγισης η απαιτούμενη απόσταση από το σημείο αναφοράς για την εσωτερική επιφάνεια είναι 2000m και 2500m και το ύψος της κωνικής επιφάνειας 35m και 55m αντίστοιχα για τις κατηγορίες 1 και 2 ενώ 4000m και 75m και 100m ύψος για τις κατηγορίες 3 και 4. Αυτό σημαίνει ότι για την κατασκευή ενός αεροδρομίου κατηγορίας 1 ή 2 δεν απαιτούνται τόσα πολλά χωματουργικά έργα διότι η εκσκαφή των επιφανειών εμποδίων είναι πολύ μικρότερη μειώνοντας με αυτό τον τρόπο το κόστος κατασκευής.

4 ΜΙΚΡΑ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΑ ΚΑΙ ΠΕΔΙΑ ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στην Ελλάδα η κατασκευή μεγάλων αεροδρομίων δεν είναι πάντα εφικτή είτε από οικονομικής πλευράς είτε από πλευράς χωροταξίας. Για τον λόγο κατασκευάστηκαν μικρά περιφερειακά αεροδρόμια και πεδία προσγείωσης. Στον ελλαδικό χώρο και πιο συγκεκριμένα στα ελληνικά νησιά υπάρχουν 29 αεροδρόμια μερικά από τα οποία εξυπηρετούν και διεθνής πτήσης και αλλά μόνο πτήσεις εσωτερικού εκ των οποίων 8 από αυτά ανήκουν στην κατηγορία των μικρών αεροδρομίων. Στον Πίνακα 7 παραθέτονται τα μήκη των διαδρόμων των 8 μικρών νησιωτικών ελληνικών αεροδρομίων τα οποία είναι ταξινομημένα με αύξουσα σειρά ανάλογα με το μήκος διαδρόμου τους.²⁹

Αεροδρόμια	Κατηγορία Αεροδρομίου	Διαστάσεις Διαδρόμου	Κωδικός ICAO	Θέσεις Στάθμευσης	Κτιριακές Εγκαταστάσεις
Μήλος	Εσωτερικών / Διεθνών	795 x 25	1C	2	1400τμ
Καστελόριζο	Εσωτερικών / Εσωτερικών	798 x 25	1C	1	120τμ
Νάξος	Εσωτερικών / Διεθνών	900 x 30	2C	2	350τμ
Κάσος	Εσωτερικών / Εσωτερικών	983 x 25	2C	1	120τμ
Αστυπάλαια	Εσωτερικών / Διεθνών	989 x 30	2C	2	467τμ
Λέρος	Εσωτερικών / Εσωτερικών	1012 X 30	2C	2	577τμ
Κάλυμνος	Εσωτερικών / Διεθνών	1015 x 30	2C	3	2204τμ
Σύρος	Εσωτερικών / Διεθνών	1080 x 30	2C	3	1070τμ

Πίνακας 7 Στοιχεία Ελληνικών Αεροδρομίων με μήκος διαδρόμου μικρότερο των 1200m.

Τα οχτώ πρώτα αεροδρόμια, της Μήλου του Καστελόριζου της Νάξου της Κάσου της Αστυπάλαιας της Λέρου της Σύρου και της Καλύμνου, έχουν μήκος διαδρόμου μικρότερη των 1200μ. και αρκετά από αυτά μήκος διαδρόμου μικρότερη ακόμη και από 1000m. Τα αεροδρόμια αυτά εντάσσονται στην κατηγορία των μικρών αεροδρομίων και στις κατηγορίες 1 και 2 σύμφωνα με τον ICAO και την κατηγοριοποίησή τους σύμφωνα με το μήκος διαδρόμου.

Στον Πίνακα 8 γίνεται αναφορά στα στοιχεία των 22 αδειοδοτημένων πεδίων προσγείωσης που υπάρχουν στον ελλαδικό χώρο, όπως οι διαστάσεις και ο τύπος της επιφάνειας του διαδρόμου, και οι δηλωμένες αποστάσεις .

Α-Α	Πόλη	Όνομα Πεδίου	Διάδρομος				
			Διεύθυνση	Διαστάσεις	Κλίση	Επιφάνεια	Δηλωμένες Αποστάσεις
1	Χαλκιδική	Ν. Σύλλατα	RWY 15/33	132X18m	-	Χώμα	TORA,TODA,ASDA,LDA:132m
2	Σέρρες	Εμμανουήλ Παππάς	RWY 10/28	170x20m	-	Χώμα	TORA,TODA,ASDA,LDA:170m STRIP:230X60m
3	Ντούνης	Μέγαρα	RWY 18/36	170x13m	0%	Άσφαλτος	RWY18:TORA,TODA,ASDA,LDA:170m RWY36:TORA,TODA,ASDA,LDA:170m STRIP: 230X60m
4	Πτολεμαίδα	Ολυμπία	RWY 01/19	200x18m	-	Χώμα	TORA,TODA,ASDA,LDA:200m STRIP:260X60m
5	Ηγουμενίτσα	Μαργαρίτι	RWY 16/34	270x18m	-	Χόρτο	STRIP:330X60m
6	Λάρισα	Φλάμπουρο	RWY 17/35	300X18m	-	Χώμα	-
7	Θήβα	Περνέρη	RWY 12/30	350x20m	-	Άσφαλτος	TORA,TODA,ASDA,LDA:350m STRIP: 410X60m
8	Χαλκιδική	Καλλικράτεια	RWY 18/36	380X25m	-	Άσφαλτος	-
9	Άρτα Άραχθος	Σμηναγός Αναστ.	RWY 17/35	440x25m	-	Άσφαλτος	STRIP:500X60m
10	Θήβα	Κωπαίδα- Δήμητρα	RWY 09/27	530x25m	-	Χόρτο	TORA,TODA,ASDA,LDA:530m STRIP: 590X80m
11	Σέρρες	Χορτερό	RWY 18/36	650x20m	-	χώμα	TORA,TODA,ASDA:650m LDA:530m STRIP:710X60m
12	Ξάνθη	Νέος Ζυγός	RWY 14/32	679x30m	-	Άσφαλτος	RWY32:TORA,TODA,ASDA,LDA:679m RWY14:TORA,TODA,ASDA:679m LDA:572m STRIP: 739X60m
13	Καρδίτσα	Μυρίνη	RWY 09/27	680x20m	-	Άσφαλτος	RWY09:TORA,TODA,ASDA:680m LDA:680m RWY27:TORA,TODA,ASDA:680m LDA=680m STRIP: 740X60m
14	Έδεσσα	Αρνίσσα	RWY 08/26	750X20m	0,27%	Χώμα	-
15	Μεσολόγγι	Μεσολόγγι	RWY 07/25	770x40m	-	Άσφαλτος	RWY07:TORA,TODA,ASDA:770m LDA:662m RWY25:TORA,TODA,ASDA:770m LDA 647m STRIP: 832X60m
16	Λάρισα	Τερψιθέα	RWY 17/35	800x30m	-	Χώμα	STRIP:800X60m
17	Θήβα	Κωπαίδα- Μοσχώνης	RWY 09/27	840x23m	-	Άσφαλτος	RWY09:TORA,TODA,ASDA:840m LDA:729m RWY27:TORA,TODA,ASDA:840m LDA 739m STRIP: 978X80m
18	Κιλκίς	Πολύκαστρο	RWY 18/36	860X50m	0%	Άσφαλτος	-
19	Θεσσαλονίκη	Κολχικό	RWY 03/21	990X60m	-	Χώμα	-
20	Φλώρινα	Φλώρινα	RWY 05/23	1000x30m	0%	Χώμα	RWY05:TORA,TODA,ASDA:1000m LDA:480m RWY23:TORA,TODA,ASDA,LDA:1000m
21	Καλαμάτα	Τριόδου	RWY 15/34	1200X40m	-	Άσφαλτος	-
22	Αγρίνιο	Αγρίνιο	RWY 14/32	1200X50m	0,50%	Άσφαλτος- Τσιμέντο	-

Πίνακας 8 Αδειοδοτημένα Πεδία Προσγείωσης στην Ελλάδα

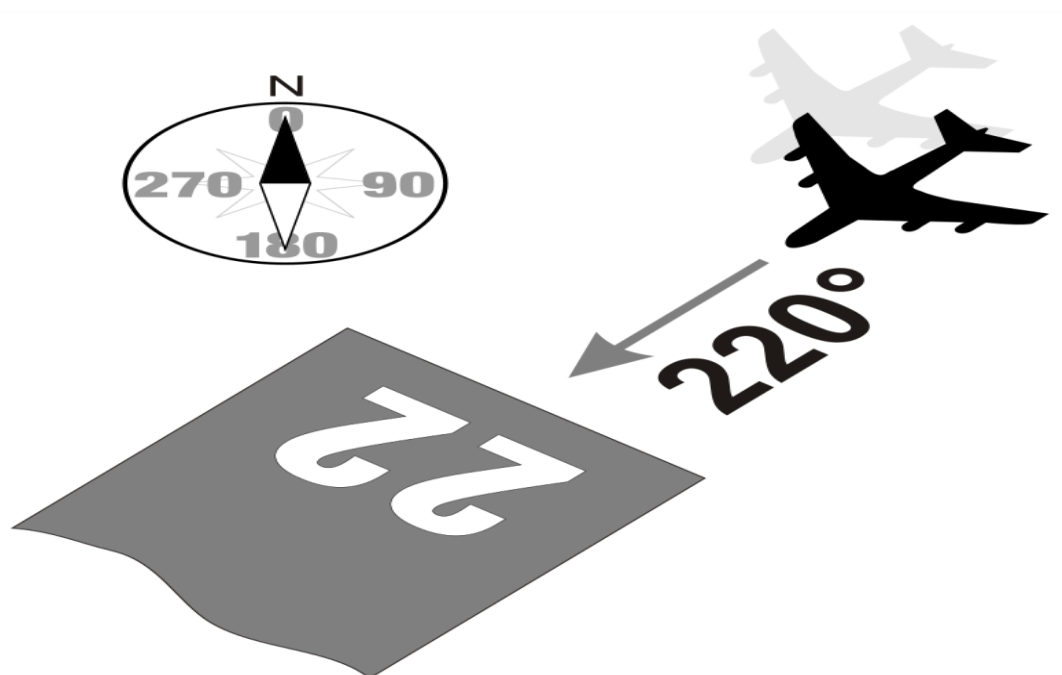
4.1 Εναέρια και επίγεια υποδομή

4.1.1 Διάδρομοί προσγείωσης και απογείωσης

Ο διάδρομος αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής ενός μικρού αεροδρομίου εφόσον είναι το βασικό μέσο για την εξυπηρέτηση των αεροσκαφών, απαραίτητος για την προσγείωση και την απογείωση τους, και ρυθμίζει την χωρητικότητα καθώς και τα αεροσκάφη τα οποία το αεροδρόμιο θα μπορεί να εξυπηρετεί. Σαν ένα από τα βασικότερα κομμάτια του αεροδρόμιου, πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή κατά τον σχεδιασμό και την κατασκευή του, για να αποφευχθούν μελλοντικά προβλήματα που μπορεί να θέσουν σε κίνδυνο ακόμη και την λειτουργία του αεροδρόμιου.

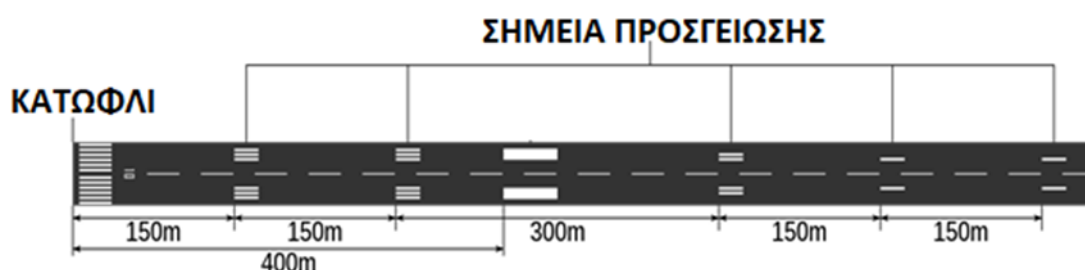
Σε ένα αεροδρόμιο, κάθε διάδρομος προσγείωσης-απογείωσης είναι ονομαστικά καταγεγραμμένος και μοναδικά προσδιορισμένος, έτσι ώστε να αναγνωρίζεται από πιλότους και ελεγκτές του πύργου ελέγχου. Ο κάθε διάδρομος συνήθως φέρει στις δύο άκρες του από έναν διψήφιο αριθμό αναγνώρισης, από το 01 μέχρι το 36. Αυτοί οι αριθμοί αντιστοιχούν, γενικά, με τα δύο πρώτα ψηφία του τριψήφιου αζιμουθιακού προσανατολισμού του διαδρόμου σε σχέση με τον μαγνητικό βορρά (από 000 έως 359 μοίρες) με στρογγυλοποίηση 10 μοιρών. Ο αζιμουθιακός προσανατολισμός, ταυτίζεται με την πορεία, που ακολουθεί ένα αεροσκάφος, καθώς προσεγγίζει στην συγκεκριμένη άκρη του διαδρόμου. Έτσι, αν ένας διάδρομος είναι προσανατολισμένος ακριβώς στη διεύθυνση Ανατολής-Δύσης, θα φέρει στη δυτική του άκρη τον αριθμό 09 (τα δύο πρώτα ψηφία της κατεύθυνσης 090) και στην ανατολική άκρη, τον αριθμό 27 (τα δύο πρώτα ψηφία του 270). Ενώ, αν ο διάδρομος είναι προσανατολισμένος ακριβώς στη διεύθυνση Βορρά-Νότου, θα φέρει στη βόρεια άκρη τον αριθμό 360 (τα δύο πρώτα ψηφία της κατεύθυνσης 360 = 000) και στην νότια άκρη, τον αριθμό 18 (τα δύο πρώτα ψηφία του 180).

Ένας διάδρομος χρησιμοποιείται κανονικά και προς τις δύο κατευθύνσεις, γι' αυτό έχει διαφορετικό αριθμό αναγνώρισης σε κάθε κατεύθυνση. Για παράδειγμα, ο "διάδρομος 33" (τα δύο πρώτα ψηφία της κατεύθυνσης 330) είναι η μια κατεύθυνση, ενώ ο "διάδρομος 15" (τα δύο πρώτα ψηφία της κατεύθυνσης 150) είναι η άλλη κατεύθυνση του ίδιου διαδρόμου. Τότε ο διάδρομος, συνολικά, αναφέρεται ως 15/33. Πάντοτε, οι δυο αριθμοί αναγνώρισης διαφέρουν κατά 18, που αντιστοιχεί στις 180° (ευθεία γωνία), που σχηματίζουν οι δύο αντίθετες άκρες κάθε διαδρόμου.



Εικόνα 4 Ονομασία και διεύθυνση διαδρόμων

Οι διάδρομοι χωρίζονται σε δυο επιμέρους κατηγορίες σε αυτούς με ενόργανη λειτουργία και σε μη ενόργανη λειτουργία. Στα μικρά αεροδρόμια και στα πεδία προσγείωσης οι διάδρομοι ανήκουν τις περισσότερες φορές στην δεύτερη κατηγορία δηλαδή στους διαδρόμους μη ενόργανης λειτουργίας. Στους διαδρόμους μη ενόργανης προσέγγισης εντάσσονται οι διάδρομοι οπτικής προσέγγισης. Οι οπτικοί διάδρομοι χρησιμοποιούνται σε μικρά αεροδρόμια και πεδία προσγείωσης οι διάδρομοι των οποίων αποτελείται συνήθως από άσφαλτο ή τσιμέντο για τα μικρά αεροδρόμια και χώμα, γρασίδι ή άσφαλτο για τα πεδία προσγείωσης. Αν και ως επί το πλείστον δεν υπάρχει σήμανση σε οπτικούς διαδρόμους, είναι δυνατόν να υπάρχουν σημάνσεις κατωφλίων, αναγνωριστικά και κεντρική γραμμή. Οι διάδρομοι πρέπει να χρησιμοποιούνται από την ανατολή του ηλίου μέχρι την δύση του (SR-SS) διότι οι πιλότοι θα πρέπει να είναι σε θέση να βλέπουν τον διάδρομο, που πρόκειται να χρησιμοποιήσουν.



Εικόνα 5 Αποστάσεις και Σημεία μη ενόργανης προσγείωσης

Τρεις είναι οι βασικές επιμέρους κατηγορίες όσο αναφορά τον τύπο του οδοστρώματος, τα εύκαμπτα, τα ημιεύκαμπτα και τα δύσκαμπτα οδοστρώματα. Στα μικρά αεροδρόμια και στα πεδία προσγείωσης οι διάδρομοι προσγείωσης και απογείωσης τις περισσότερες φορές είναι κατασκευασμένοι από εύκαμπτο οδόστρωμα διότι το εύκαμπτο οδόστρωμα προσφέρει καλύτερη απορρόφηση κραδασμών και καλύτερη αντιστοίχη συμπεριφορά. Αντιθέτως η κατασκευή των δαπέδων στάθμευσης γίνεται πάντα με δύσκαμπτο για να μπορεί να αναλαμβάνει τα συνεχόμενα σταθερά φορτία που επιβάλλονται στον οδόστρωμα σε όλη την διάρκεια στάθμευσης του αεροσκάφους. Ανάλογα με τον τύπο του οδοστρώματος που θα χρησιμοποιηθεί αλλάζει και η διατομή του οδοστρώματος.



Εικόνα 6 Διατομές οδοστρωμάτων.

Για κάθε ένα τύπο οδοστρώματος υπάρχει και ένας αριθμός ταξινόμησης οδοστρώματος (Pavement Classification Number - PCN) ο οποίος χαρακτηρίζει την αντοχή του οδοστρώματος των διαδρόμων, των τροχοδρόμων και των επιπέδων στάθμευσης (αργον) ενός αεροδρομίου. Αυτός ο κωδικοποιημένος αριθμός ορίζεται, έτσι ώστε να διασφαλιστεί, ότι οι επιφάνειες ενός αεροδρομίου δεν υπόκεινται σε υπερβολική φθορά, επιμηκύνοντας έτσι και τη διάρκεια ζωής του διαδρόμου, ενώ προάγεται και το αίσθημα της ασφάλειας κατά τη διάρκεια των επιχειρήσεων (απογείωσης/προσγείωσης). Ο κωδικός PCN χωρίζεται σε πέντε μέρη, τα οποία χωρίζονται με διαγωνίους (/) και περιγράφουν πέντε διαφορετικά τμήματα του οδοστρώματος. Το πρώτο μέρος είναι η αριθμητική τιμή του κώδικα PCN, που υποδεικνύει την χωρητικότητα φόρτωσης του οδοστρώματος. Αυτή η τιμή είναι πάντα ακέραιη, καθώς στρογγυλοποιείται. Η τιμή υπολογίζεται με βάση έναν αριθμό παραμέτρων, όπως η γεωμετρία του αεροσκάφους, το σχέδιο κυκλοφορίας των αεροσκαφών πάνω στο οδόστρωμα και όχι απαραίτητα η άμεση, φέρουσα αντοχή του οδοστρώματος. Το δεύτερο μέρος αποτελείται από ένα γράμμα. Συγκεκριμένα, πρόκειται για το γράμμα R (rigid), όταν το υλικό κατασκευής είναι συμπαγές (όπως το σκυρόδεμα) ή για το γράμμα F (flexible) όταν το υλικό είναι εύκαμπτο (όπως η άσφαλτος). Το τρίτο μέρος αποτελείται πάλι από ένα γράμμα. Ειδικότερα, πρόκειται για ένα από τα τέσσερα πρώτα γράμματα του λατινικού αλφαβήτου (A, B, C και D), τα οποία εκφράζουν τη διαβάθμιση της αντοχής του υποστρώματος της επιφάνειας. Έτσι, το A υποδηλώνει ένα πολύ ισχυρό υπόστρωμα (όπως ο σκυρόδετος άργιλος), ενώ το D υποδηλώνει ένα εξαιρετικά ασθενές υπόστρωμα (όπως το ασύνδετο χώμα). Η

κατηγοριοποίηση των υποστρωμάτων γίνεται με κάποια κριτήρια, διαφορετικά αν πρόκειται για συμπαγές ή εύκαμπτο υλικό κατασκευής.

Για τα συμπαγή υλικά, η κατηγοριοποίηση γίνεται με βάση το ειδικό βάρος k , ως εξής:

Κατηγορία	Αντοχή	Εύρος τιμών	Τιμή αναφοράς
A	Υψηλή	$k > 120 \text{ MN/m}^3$	$k = 150 \text{ MN/m}^3$ (300 lb/in ³)
B	Μέτρια	$60 \leq k < 120 \text{ MN/m}^3$	$k = 80 \text{ MN/m}^3$ (300 lb/in ³)
C	Χαμηλή	$25 \leq k < 60 \text{ MN/m}^3$	$k = 40 \text{ MN/m}^3$ (150 lb/in ³)
D	Πολύ Χαμηλή	$k < 25 \text{ MN/m}^3$	$k = 20 \text{ MN/m}^3$ (75 lb/in ³)

Πίνακας 9 Κατηγοριοποίηση υποστρωμάτων με βάση το ειδικό βάρος

Για τα εύκαμπτα υλικά, η κατηγοριοποίηση γίνεται με βάση το λόγο CBR (California bearing ratio), ως εξής:

Κατηγορία	Αντοχή	Εύρος τιμών	Τιμή αναφοράς
A	Υψηλή	$\text{CBR} > 13\%$	$\text{CBR} = 15\%$
B	Μέτρια	$8\% \leq \text{CBR} < 13\%$	$\text{CBR} = 10\%$
C	Χαμηλή	$4\% \leq \text{CBR} < 8\%$	$\text{CBR} = 6\%$
D	Πολύ Χαμηλή	$\text{CBR} < 4\%$	$\text{CBR} = 3\%$

Πίνακας 10 Κατηγοριοποίηση εύκαμπτων υλικών με βάση το CBR

Το τέταρτο μέρος είναι ένα ακόμη γράμμα από τα τέσσερα τελευταία γράμματα του λατινικού αλφαβήτου (**W**, **X**, **Y** και **Z**), τα οποία εκφράζουν τη διαβάθμιση της μέγιστης πίεση ελαστικών, που μπορεί να υποστηρίξει το οδόστρωμα. Έτσι, το **W** υποδηλώνει ένα οδόστρωμα, το οποίο αντέχει οποιαδήποτε πίεση (όπως οι επιφάνειες από σκυρόδεμα, που ασκούν τα υπάρχοντα εμπορικά αεροσκάφη)

Κατηγορία	Κλάση οδοστρώματος	Μέγιστη πίεση ελαστικών
W	Απεριόριστη	Χωρίς όριο πίεσης
X	Υψηλή	1,75 MPa (254 psi)
Y	Μέτρια	1,25 MPa (181 psi)
Z	Χαμηλή	0,5 MPa (72 psi)

Πίνακας 11 Διαβάθμιση οδοστρώματος ανάλογα με την πίεση των ελαστικών

Το πέμπτο και τελευταίο μέρος είναι επίσης ένα γράμμα, που εκφράζει τον τρόπο από τον οποίο προέκυψε η τιμή του πρώτου μέρους. Συγκεκριμένα, πρόκειται για το γράμμα **T** (technical evaluation), αν η τιμή προέκυψε από τεχνική εκτίμηση ή για το γράμμα **U** (usage) αν η τιμή προήλθε από χρήση, δηλαδή από φυσικές δοκιμές.

Για ένα τυχαίο παράδειγμα, ένας PCN: 80/R/B/W/T σημαίνει, ότι η χωρητικότητα φόρτωσης του οδοστρώματος είναι 80, είναι κατασκευασμένο από συμπαγές υλικό (πιθανότατα σκυρόδεμα), το υπόστρωμά του είναι μέτριας αντοχής, δεν έχει όριο πίεσης ελαστικών και οι υπολογισμοί βασίστηκαν σε τεχνική εκτίμηση.

Εκτός από την ποιότητα του οδοστρώματος πολλοί είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν την λειτουργικότητα ενός διαδρόμου. Ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την λειτουργία και τον προσδιορισμό του προσανατολισμού της θέσης ενός διαδρόμου είναι ο συντελεστής χρησιμότητας όπως καθορίζεται από την κατανομή του ανέμου και την επιλογή των μέγιστων επιτρεπόμενων συνιστωσών του πλευρικού ανέμου.

Σαν πλευρικό άνεμο ορίζουμε τον άνεμο τον οποίο δρα κάθετα προς την διεύθυνση κίνησης του αεροσκάφους. Έτσι λοιπόν ο προσανατολισμός του διαδρόμου θα πρέπει να είναι τέτοιος ώστε να μην αναπτύσσονται ισχυροί πλευρικοί άνεμοι κατά την προσγείωση, απογείωση και τροχοδρόμηση του αεροσκάφους. Η μέγιστη επιτρεπτή ισχύς του πλευρικού ανέμου είναι κυρίως συναρτήσει του μήκους διαδρόμου αλλά διαφέρει και ανάλογα με τον τύπο του αεροσκάφους που επρόκειτο να απογειωθεί ή προσγειωθεί. Ο αριθμός και ο προσανατολισμός των διαδρόμων σε ένα αεροδρόμιο πρέπει να είναι τέτοιος ώστε ο συντελεστής χρηστικότητας του αεροδρομίου να μην είναι μικρότερος από 95 τοις εκατό για τα αεροπλάνα που εξυπηρετεί το αεροδρόμιο και χωρίς να αναπτύσσονται πλευρικοί άνεμοι μεγαλύτερης ισχύος των τιμών που δίνονται στον παρακάτω πίνακα

Συνολικό Μήκος Διαδρόμου	Μέγιστη Ταχύτητα Πλευρικού Ανέμου
>1500m	37 km/h (20kt)
1200m έως 1500m	24km/h (13kt)
<1200m	19km/h (10kt)

Πίνακας 12 Μήκος Διαδρόμου ανάλογα με την μέγιστη ταχύτητα πλευρικού ανέμου

Η θέση και ο προσανατολισμός των διαδρόμων αεροδρομίου θα πρέπει κατά το δυνατόν, να είναι τέτοιοι ώστε τα ίχνη αφίξεων και αναχωρήσεων να ελαχιστοποιούν την παρέμβαση σε περιοχές που έχουν εγκριθεί για οικιστική χρήση καθώς και άλλες ευαίσθητες από πλευράς θορύβου περιοχές πλησίον του αεροδρομίου προκειμένου να αποφευχθούν μελλοντικά προβλήματα θορύβου.

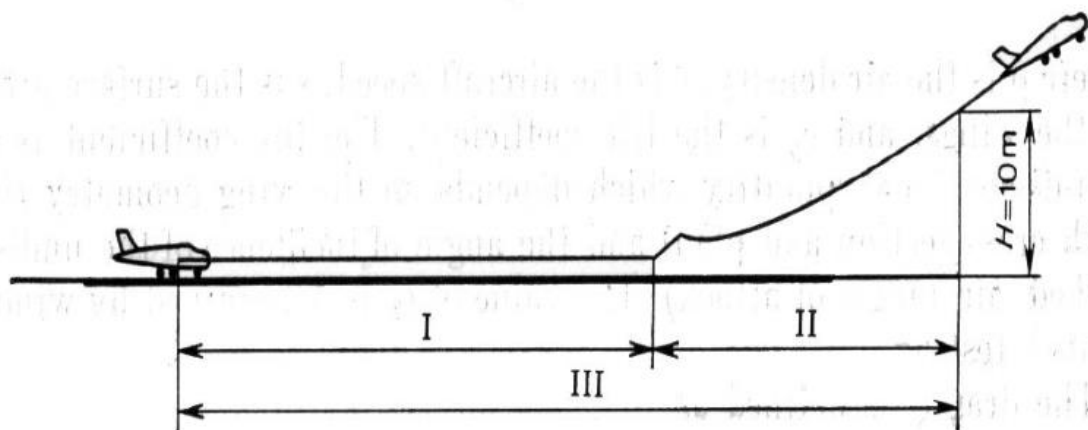
Για την επιλογή του κατάλληλου προσανατολισμού του διαδρόμου χρειάζεται μακροχρόνια συλλογή ανεμολογικών στοιχείων της περιοχής (τουλάχιστον 5 χρόνων). Τα ανεμολογικά στοιχεία που συλλέγονται, ταχύτητα ανέμου ανά κατεύθυνση, ομαδοποιούνται σε κατηγορίες κατεύθυνσης ανέμου και ποσοστά του συνόλου των μετρήσεων. Οι παρατηρήσεις που χρησιμοποιούνται θα πρέπει να γίνονται τουλάχιστον οκτώ φορές ημερησίως και να κατανέμονται σε ίσα χρονικά διαστήματα. Οι κατηγορίες κατεύθυνσης ανέμου είναι συνήθως 16 και οι κατηγορίες έντασης ανέμου 3 έως 5 όπως φαίνεται στην Εικόνα 7. Με βάση τα στοιχεία αυτά κατασκευάζεται το ανεμολόγιο από το οποίο καθορίζεται ο βέλτιστος προσανατολισμός του διαδρόμου.

Beaufort	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Άθροισμα (%)
0																	54.45
1	1.11		0.31		0.38		0.67		0.56		0.18		0.38		1.23		4.82
2	4.38		1.08		1.10		1.49		2.50		1.40		1.82		6.09		19.86
3	2.73		0.86		0.32		0.56		2.19		1.30		0.98		2.59		11.53
4	0.94		0.50		0.19		0.40		1.54		0.61		0.35		1.00		5.53
5	0.23		0.19		0.09		0.10		0.63		0.11		0.10		0.15		1.60
6	0.05		0.03		0.02		0.05		0.40		0.03		0.04		0.08		0.70
7							0.03		0.15		0.01		0.01		0.02		0.22
8							0.02		0.06								0.08
9									0.01								0.01
10																	
11																	
12																	
Άθροισμα																	100

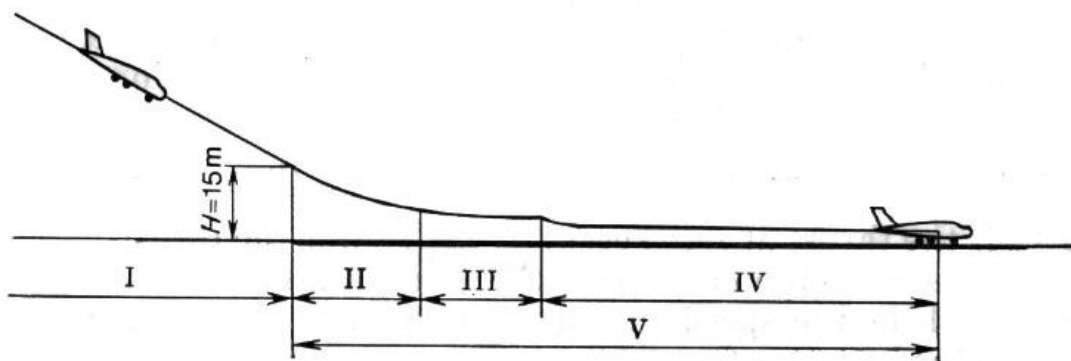
Εικόνα 7 Πίνακας αποτύπωσης ανεμολογικών στοιχείων

4) **LDA** Διαθέσιμο μήκος προσγείωσης(Landing distance available)

Οι αποστάσεις αυτές σε συνδυασμό με την ταχύτητα που έχει το αεροσκάφος σε κάθε ένα κομμάτι του διαδρόμου ορίζουν και τις αποφάσεις που πρέπει να πάρει ο οδηγός του αεροσκάφους. Ο οδηγός είναι σε θέση να κρίνει αν το αεροσκάφος μπορεί να απογειωθεί δηλαδή αν έχει φτάσει στην ταχύτητα V_1 (η οποία ορίζεται ως ταχύτητα απογείωσης) μέχρι το τέλος της απόστασης (I) ειδάλλως θα χρειαστεί να επιβραδύνει το αεροσκάφος έως ότου να σταματήσει.



Εικόνα 9 Απαιτούμενο μήκος απογείωσης



Εικόνα 10 Απαιτούμενο μήκος προσγείωσης

Σαν μήκος προσγείωσης ορίζεται το μήκος που απαιτείται για να προσγειωθεί και να σταματήσει το αεροσκάφος από ύψος 15m (50 feet).

Τα μήκη απογείωσης και προσγείωσης που προτείνονται από τον κατασκευαστή προσαυξάνονται κατά 15 και 67 τοις εκατό αντίστοιχα, για λόγους ασφαλείας, δίνοντας μας έτσι το συνολικό μήκος διαδρόμου που χρειάζεται το υπό μελέτη αεροσκάφος.

Μετά τον ορισμό των δηλωμένων αποστάσεων κάθε διάδρομος πρέπει να περιλαμβάνεται σε μια ζώνη ασφαλείας. Οι διαστάσεις των ζωνών ασφαλείας για μικρά αεροδρόμια και πεδία προσγείωσης είναι οι ακόλουθες.

1. Μήκος ζωνών ασφαλείας διαδρόμου 60μ εκτεινόμενη πριν από το κατώφλι και μετά το πέρας του διαδρόμου.
2. Πλάτος ζωνών ασφαλείας διαδρόμου 75μ εκατέρωθεν της κεντρικής γραμμής του διαδρόμου και της προέκτασης αυτής σε όλο το μήκος της ζώνης ασφαλείας.

Επιπλέον παράγοντες που επηρεάζουν την λειτουργικότητα και το μήκος του διαδρόμου είναι οι εξής:

- Επίδραση του υψομέτρου σε σχέση με τη στάθμη θαλάσσης

Η αύξηση του υψομέτρου έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της πυκνότητας του αέρα έχοντας ως αποτέλεσμα την αύξηση των απαιτούμενων μηκών του διαδρόμου. Για αυτόν τον λόγο οι κανονισμοί συνιστούν αύξηση του μήκους διαδρόμου 7% για κάθε 300m (1000 feet) μεταβολή υψομέτρου.

- Επίδραση θερμοκρασίας

Η θερμοκρασία μεταβάλλει την πυκνότητα του αέρα έχοντας ως αποτέλεσμα να μειώνεται και η απόδοση της μηχανής.

Αυτό συμβαίνει γιατί οι μηχανές κυρίως των αεριωθούμενων αεροσκαφών είναι ιδιαίτερα ευαίσθητε στην θερμοκρασία εφόσον η ωστική δύναμη για παράδειγμα ενός στροβιλοκινητήρα θα ελαττωθεί αισθητά με την αύξηση της θερμοκρασίας οπότε το αεροσκάφος θα χρειαστεί μεγαλύτερο μήκος για να αναπτύξει την απαιτούμενη ταχύτητα για να μπορέσει να απογειωθεί ή να προσγειωθεί.

Αν ορίσουμε λοιπόν **T** την θερμοκρασία αναφοράς αεροδρομίου τότε

$$T = T_1 + (T_2 - T_1)/3$$

T₁: Μηνιαίος μέσος όρος καθημερινών θερμοκρασιών του πιο ζεστού μήνα

T₂: Μηνιαίος μέσος όρος καθημερινών θερμοκρασιών του τρέχοντα μήνα.

Το μήκος αυξάνεται κατά 1% για κάθε 10c διαφοράς της **T** από τους 15 0c

- Επίδραση κατά μήκος κλίσης

Το μήκος διαδρόμου επηρεάζεται επίσης από την κατά μήκος κλίση που έχει ο διάδρομος που σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερη είναι η κατά μήκος κλίση τόσο μεγαλύτερο μήκος διαδρόμου χρειαζόμαστε για απογείωση ή προσγείωση. Συμφωνά με τους κανονισμούς

Το μήκος του διαδρόμου αυξάνεται 10% για κάθε 1% κλίση του διαδρόμου.

- Ηχορύπανση.

Η τοποθέτηση και ο προσανατολισμός των διαδρόμων σε αεροδρόμιο θα πρέπει, κατά το δυνατόν, να είναι τέτοια ώστε οι διαδρομές άφιξης και αναχώρησης να ελαχιστοποιούν την παρεμβολή σε περιοχές που είναι εγκεκριμένες για οικιακή χρήση και σε άλλες ευαίσθητες στον θόρυβο περιοχές κοντά στο αεροδρόμιο, ώστε να μπορούν να αποφευχθούν μελλοντικά προβλήματα θορύβου

4.1.2 Τροχοδρομικό Σύστημα και Δάπεδα Στάθμευσης Αεροσκαφών

Τροχόδρομος ορίζεται μια καθορισμένη διαδρομή σε χερσαίο αεροδρόμιο για την τροχοδρόμηση των αεροσκαφών που προορίζεται για τη σύνδεση ενός μέρους του αεροδρομίου με άλλο και συμπεριλαμβάνει τον τροχόδρομο χώρου στάθμευσης και τον τροχόδρομο ταχείας εξόδου.

Οι τροχόδρομοι είναι εκείνοι μέσω των οποίων τα αεροσκάφη είτε μεταφέρονται μετά την προσγείωσή τους σε κάποιον άλλον διάδρομο για να απογειωθούν ξανά ή σε άλλους χώρους όπως δάπεδα στάθμευσης ή για να μεταφερθούν από τα δάπεδα στάθμευσης στους διαδρόμους για απογείωση. Στα μικρά αεροδρόμια και στα πεδία προσγείωσης τα τροχοδρομικά συστήματα είναι αρκετά απλά και πολλές φορές ο διάδρομος του αεροδρομίου χρησιμοποιείται και ως τροχόδρομος.

Σε ένα μικρό αεροδρόμιο τα σύστημα τροχοδρόμων που συνήθως χρησιμοποιούνται είναι τα εξής:

- **Συνδετήριοι τροχόδρομοι εξόδου (Exit Taxiways):** Είναι τα τμήματα των τροχοδρόμων, που συνδέουν κάθε διάδρομο προσγείωσης, απογείωσης με το υπόλοιπο δίκτυο των τροχοδρόμων. Ανάλογα με τη διάταξή τους, διαιρούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:
- **Συνδετήριοι τροχόδρομοι εισόδου (Entrance Taxiways):** Είναι τα τμήματα των τροχοδρόμων, που χρησιμοποιούν τα αεροσκάφη, για να εισέλθουν σε έναν διάδρομο προσγείωσης, απογείωσης. Οι τροχόδρομοι αυτοί, τέμνουν κάθετα τον διάδρομο, που εξυπηρετούν, κοντά στο κάθε άκρο του. Συνήθως, ένας τροχόδρομος εισόδου είναι ταυτοχρόνως και ο τελευταίος τροχόδρομος εξόδου αυτού του τροχοδρόμου, εφόσον μπορεί να χρησιμοποιηθεί και προς τις δύο κατευθύνσεις.

Σε αντίθεση λοιπόν με τα τόσο σύνθετα τροχοδρομικά συστήματα των μεσαίων και μεγάλων αεροδρομίων όπως θα παρατηρήσουμε και στις φωτογραφίες που ακολουθούν το τροχοδρομικό σύστημα των μικρών αεροδρομίων και των πεδίων προσγείωσης είναι τις περισσότερες φορές αρκετά απλό και αποτελείται συνήθως από δύο τροχοδρόμους που συνδέουν τον κύριο διάδρομο με τους χώρους στάθμευσης και τα σημεία εισόδου και εξόδου του.



Εικόνα 11 Τροχοδρομικό Σύστημα Καστελόριζου



Εικόνα 12 Τροχοδρομικό Σύστημα Μήλου



Εικόνα 13 Τροχοδρομικό Σύστημα Ικαρίας



Εικόνα 14 Τροχοδρομικό Σύστημα Πεδίου Προσγείωσης Μυρσίνη

Τα δάπεδα στάθμευσης αεροσκαφών είναι επιφάνειες συνήθως από δύσκαμπτο οδόστρωμα οι οποίες χρησιμοποιούνται για την στάθμευση, τον ανεφοδιασμό των αεροσκαφών αλλά και για την επιβίβαση των επιβατών. Ο χώρος αυτός επομένως πρέπει να είναι κατάλληλα σχεδιασμένος ώστε να γίνεται επιτρεπτή η ταυτόχρονη κίνηση και εξυπηρέτηση αεροσκαφών και οχημάτων.

Τα δάπεδα στάθμευσης στα μικρά αεροδρόμια διακρίνονται σε τρεις κύριες κατηγορίες

1. Στους χώρους ανοικτής στάθμευσης.
2. Στους χώρους στάθμευσης επιβίβασης και αποβίβασης επιβατών.
3. Σε συνδυασμό των παραπάνω που είναι και το αποδοτικότερο.

Στα μικρά αεροδρόμια η κίνηση των επιβατών γίνεται τις περισσότερες φορές χωρίς μεταφορικό μέσο και οι επιβάτες να φτάσουν πεζοί μέχρι το αεροσκάφος μιας και οι αποστάσεις από το κτίριο των επιβατών μέχρι το δάπεδο στάθμευσης είναι τις περισσότερες φορές πολύ μικρές. Για τον λόγο αυτό ο χωροταξικός σχεδιασμός των δαπέδων στάθμευσης σε σχέση με το κτίριο των επιβατών παίζει σημαντικό ρόλο τόσο στην ασφάλεια της μετακίνησης των επιβατών κατά την επιβίβαση/αποβίβαση τους αλλά και στην μείωση των χρόνων αναμονής και του κόστους ενός αεροδρομίου.



Εικόνα 15 Δάπεδα στάθμευσης Αεροδρομίου της Σύρου

4.1.3 Κτίριο επιβατών και πύργος ελέγχου

Ο πύργος ελέγχου αποτελεί ένα από τα βασικότερα κομμάτια ενός αεροδρομίου εφόσον καθοδηγεί και δίνει εντολές, τόσο στα αεροσκάφη που βρίσκονται στον αέρα και πρόκειται να προσγειωθούν στον εν λόγω αεροδρόμιο είτε αυτά που πρόκειται να κινηθούν μέσα στον χώρο του αεροδρομίου ή να απογειωθούν. Ο πύργος ελέγχου πρέπει να κατασκευαστεί σε μέρος στο οποίο θα έχει την δυνατότητα επίβλεψης όλου του αεροδρομίου και δεν πρέπει να υπάρχει κτίριο το οποίο να περιορίζει την εικόνα του τόσο στους διαδρόμους προσγείωσης και απογείωσης όσο και στα δάπεδα στάθμευσης και στους τροχοδρόμους.

Ο Πύργος ελέγχου των μικρών αερολιμένων είναι συνήθως στο ίδιο κτίριο με το κτίριο επιβατών όπου και συγκεντρώνονται όλες οι υπηρεσίες και τα συστήματα ελέγχου της κυκλοφορίας των αεροσκαφών τόσο στον εναέριο χώρο τους όσο και στο χώρο των τροχοδρόμων (διαδρόμων) αλλά και ευρύτερα της περιοχής. Πολλές φορές στους πύργους ελέγχου εγκαθίστανται συστήματα και υπηρεσίες ασφαλείας δαπέδων στάθμευσης, ενώ στην οροφή του φέρει μαζί με άλλες κεραίες και αεροφάρο. Στον πύργο ελέγχου βρίσκεται και ο θάλαμος ελεγκτών ο οποίος θα πρέπει να παρέχει πλήρη ορατότητα του χώρου των τροχοδρόμων ώστε να μπορούν να δοθούν άμεσες

οδηγίες σε οτιδήποτε μέσον κινείται στο χώρο καθώς και για προσγείωση ή απογείωση αεροσκαφών. Σε ειδική αίθουσα του πύργου βρίσκονται οι απαραίτητες τεχνικές εγκαταστάσεις τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού, ραντάρ, πίνακες τηλεχειρισμού φωτεινής σήμανσης κ.λπ. που εξασφαλίζουν τις τηλεπικοινωνιακές συνδέσεις με αεροσκάφη, άλλους πύργους ελέγχου της ευρύτερης περιοχής, μετεωρολογική υπηρεσία και υπηρεσίες ασφαλείας αερολιμένα.

Στα μικρά αεροδρόμια τα κτίρια επιβατών διαφέρουν αρκετά σε σχέση με αυτά των μεγάλων αεροδρομίων. Ξεκινώντας με την έκταση την οποία καλύπτουν τα κτίρια επιβατών των μικρών αεροδρομίων είναι πολύ μικρότερα. Λόγω των χαμηλών επιβατικών φόρτων που εξυπηρετούν ένα μικρό κτίριο επιβατών μπορεί να καλύψει οριακά τις ανάγκες των επιβατών. Στα κτίρια επιβατών των μικρών αεροδρομίων δεν υπάρχει ξεχωριστός τομέας για εκτός στέγης επιβάτες μιας και τα περισσότερα είναι μόνο για πτήσεις εσωτερικού και τα καταστήματα αναψυχής είναι πολύ λιγότερα. Πολλές φορές προκειμένου να μειωθεί το κόστος κατασκευής ενός αεροδρομίου και να μπορέσει να αξιοποιηθεί περισσότερος χώρος, ο πύργος ελέγχου κατασκευάζεται στο κτίριο των επιβατών. Η τοποθεσία του κτιρίου επιβατών ενδείκνυται να είναι κοντά στα δάπεδα στάθμευσης και στους διαδρόμους ώστε να μειώνεται ο χρόνος αποβίβασης και επιβίβασης των επιβατών και έπειτα ο χρόνος απογείωσης και προσγείωσης των αεροσκαφών. Στο κτίριο επιβατών πρέπει να στεγάζονται διάφορες υπηρεσίες εξυπηρέτησης επιβατών, όπως ο έλεγχος εισιτηρίων και αποσκευών, αίθουσες αναμονής επιβατών και επισκεπτών, υγειονομικούς χώρους και πύλες επιβίβασης/αποβίβασης των επιβατών από και προς το αεροσκάφος τους.

Αξιοσημείωτα είναι τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον Πίνακα 7 και σχετίζονται με τις κτιριακές εγκαταστάσεις των μικρών αεροδρομίων. Παρατηρούμε ότι για αεροδρόμια με σχετικά ίδιου μήκους διαδρόμους οι κτιριακές εγκαταστάσεις διαφέρουν σημαντικά, για παράδειγμα το κτίριο επιβατών του Καστελόριζου είναι 150 τ.μ. σε αντίθεση με το κτίριο επιβατών της Μήλου το οποίο είναι 1400 τ.μ.. Οι διαφορές αυτές είναι αποτέλεσμα της διαφοράς ζήτησης των επιβατών που υπάρχει ανάμεσα στα δυο νησιά. Με βάση τα στοιχεία των επιβατικών κινήσεων³⁰ του έτους 2017 το αεροδρόμιο της Μήλου εξυπηρέτησε 46.710 επιβάτες και 1368 αεροσκάφη σε αντίθεση με το αεροδρόμιο του Καστελόριζου που εξυπηρέτησε 5.482 επιβάτες και 418 αεροσκάφη. Καταλαβαίνουμε λοιπόν πως το μέγεθος του κτιρίου επιβατών ακόμη και σε ένα μικρό αεροδρόμιο εξαρτάται κυρίως από το φόρτο των επιβατικών κινήσεων που θέλει να εξυπηρετήσει.

4.1.4 Τύποι αεροσκαφών

Η αύξηση της ζήτησης των αερομεταφορών κατάστησε αναγκαία την δημιουργία νέων και πιο αποδοτικών μοντέλων αεροσκαφών με σκοπό την βέλτιστη ικανοποίηση αυτής της ραγδαίας αύξησης. Από το πρώτο αεροπλάνο των αδερφών Wright μέχρι σήμερα οι αλλαγές στα αεροσκάφη και στην τεχνολογία τους είναι τεράστιες. Αν πάρουμε για παράδειγμα τις αλλαγές που υπάρχουν στους κινητήρες τα πρώτα αεροσκάφη χρησιμοποιούσαν πολύ απλούς εμβολοφόρους κινητήρες (Piston Engines) και με την πάροδο του χρόνου εξελίχθηκαν σε πολεμβολοφόρους κινητήρες (Multi-Piston Engines), στροβιλοκινητήρες (Turboprop Engines) και τελικά σε μια εξέλιξη των στροβιλοκινητήρων, στους Turbojet κινητήρες.

Στα μικρά πολιτικά αεροδρόμια και ιδιαίτερα τα ιδιωτικά ένας τύπος αεροσκάφους σχεδιασμού τις περισσότερες φορές αρκεί για τον σχεδιασμό όλων των κατασκευών όπως το μέγεθος των διαδρόμων τους τροχοδρόμους και τα δάπεδα στάθμευσης.

Τα εμβολοφόρα αεροσκάφη έχουν έναν ενσωματωμένο κινητήρα που επιτρέπει στο αεροσκάφος να σχεδιάζεται με χαμηλή μετωπική επιφάνεια για ελαχιστοποίηση της αντίστασης του αέρα. Το μειονέκτημα αυτών των τύπων κινητήρα είναι ότι υπάρχει μια χαμηλή αναλογία ισχύος/βάρους έχοντας ως αποτέλεσμα τις μειωμένες ταχύτητες και ροπές του αεροσκάφους.



Εικόνα 16 Εμβολοφόρο Αεροσκάφος

Τα αεροσκάφη με στροβιλοκινητήρα ήταν μια ιδέα να συνδυαστεί ένας κινητήρας στροβίλου με μια παραδοσιακή έλικα, αυτό είχε ως αποτέλεσμα να επιτυγχάνονται μεγαλύτερες ταχύτητες από' τι οι εμβολοφόροι κινητήρες και πιο συγκεκριμένα ένας στροβιλοφόρος κινητήρας είναι πολύ πιο αποτελεσματικός όταν λειτουργεί εντός της σφαίρας ταχύτητας κρουαζιέρας που έχει σχεδιαστεί η οποία είναι συνήθως 200 έως 400 mph.



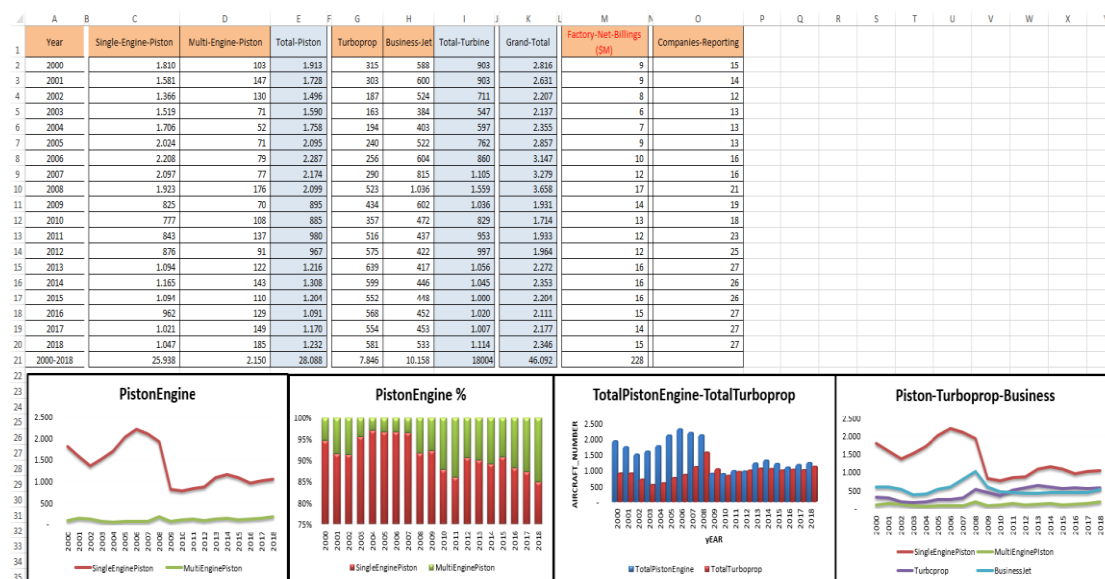
Εικόνα 17 Αεροσκάφος με στροβιλοκινητήρα

Ένα turbojet είναι ένας τύπος κινητήρα αεροστροβίλων που αναπτύχθηκε αρχικά για στρατιωτικούς λόγους κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου. Ένα turbojet είναι ο απλούστερος από όλους τους αεροστροβίλους αεροσκαφών. Αποτελείται από ένα συμπιεστή για να αντλεί αέρα και να το συμπιέζει, ένα τμήμα καύσης όπου προστίθεται καύσιμο και αναφλέγεται, ένας ή περισσότεροι στρόβιλοι που εξάγουν ενέργεια από τα διογκούμενα καυσαέρια για να οδηγούν τον συμπιεστή και ένα ακροφύσιο εξαγωγής που επιταχύνει τα καυσαέρια το πίσω μέρος του κινητήρα για να δημιουργήσει ώθηση.



Εικόνα 18 Turbojet Αεροσκάφος

Με την αύξηση της ζήτησης και την προηγμένη τεχνολογία του σήμερα πολλές είναι οι κατασκευαστικές εταιρείες ανά τον κόσμο που κατασκευάζουν μικρά αεροπλάνα κυρίως για ιδιωτική χρήση. Στην Εικόνα 19 παραθέτονται τα ετήσια στοιχεία παραγωγής των ιδιωτικών αεροσκαφών από την περίοδο του 2000 έως το 2018 ανά τύπο μηχανής αεροσκάφους καθώς και τα χρήματα που έχουν αντίστοιχα επενδυθεί για την κατασκευή τους.



Εικόνα 19 Ετήσια στοιχεία παραγωγής αεροσκαφών

Παρατηρούμε ότι με την πάροδο των χρόνων η κατασκευή αεροσκαφών με έναν μόνο κινητήρα μειώνονται σε αντίθεση με τα αεροσκάφη με περισσότερους από έναν κινητήρα και τα turbojet που συνεχώς αυξάνεται. Αυτό συμβαίνει διότι τα αεροσκάφη με έναν μόνο κινητήρα δεν είναι τόσο αποδοτικά πλέον σε σύγκριση με τις άλλες δυο κατηγορίες αεροσκαφών.

4.2 Φάσεις Κατασκευής

Η κατασκευή ενός αεροδρομίου θεωρείται μια από τις πιο απαιτητικές κατασκευές στον κατασκευαστικό κλάδο τόσο για τον όγκο των εργασιών που πρέπει να πραγματοποιηθούν σε ένα συγκεκριμένο χρόνο αλλά και για το μέτρο της δυσκολίας των εργασιών αυτών. Καταλαβαίνουμε λοιπόν πως για την κατασκευή ενός αεροδρομίου πρέπει να υπάρχει ένας πολύ καλός προγραμματισμός εργασιών που να εστιάζει στην κάθε φάση του έργου, αποσκοπώντας στην βέλτιστη αξιοποίηση των υπάρχοντα πόρων όπως είναι οι εργάτες, τα μηχανήματα ακόμη και η περιοχή στην οποία θα κατασκευαστεί το αεροδρόμιο.

Στην παράγραφο αυτή θα γίνει αναφορά στις φάσεις κατασκευής οι οποίες απαιτούνται για την δημιουργία ενός αεροδρομίου και θα εξεταστούν αναλυτικά οι τιμές και οι όροι των εκάστοτε εργασιών που διέπουν τις φάσεις αυτές.

4.2.1 Αγορά οικοπέδου κατασκευής αεροδρομίου

Για την κατασκευή οποιουδήποτε έργου είναι αρχικά απαραίτητη η αγορά του οικοπέδου η της περιοχής στην οποία θέλουμε να κατασκευαστεί. Η φάση αυτή αποτελεί και μια από τις πιο κοστοβόρες φάσεις όσο αναφορά την κατασκευή ενός αεροδρομίου διότι χρειάζονται πολύ μεγάλες εκτάσεις γης, τόσο για την κατασκευή των διαδρόμων και των λοιπών κτιρίων όσο και για την απαλοιφή εμποδίων με στόχο την ασφαλή πτήση των αεροσκαφών του αεροδρομίου.

Στα αεροδρόμια η αγορά του οικοπέδου κατασκευής θεωρείται μια από τις σημαντικότερες φάσεις κατασκευής του, διότι για την κατασκευή ενός αεροδρομίου οι

κατασκευαστές επιλέγουν περιοχές όπου υπάρχουν δυνατοί άνεμοι που βοηθούν την απογείωση και την προσγείωση των αεροσκαφών έχοντας ως αποτέλεσμα την μείωση του μήκους του διαδρόμου, την μείωση του χρόνου απογείωσης-προσγείωσης και γενικότερα των συνολικών μελλοντικών λειτουργικών εξόδων του αεροδρομίου. Η συνεχής αύξηση της ζήτησης των αερομεταφορών μας απέδειξε πως η κατασκευή ενός αεροδρομίου 10 χρόνια πριν μπορεί να μην είναι σε θέση να εξυπηρετήσει την αύξηση της ζήτησης με τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις και χρειάζεται τις περισσότερες φορές να γίνει κάποια επέκταση σε έναν διάδρομο η ακόμη και η κατασκευή ενός επιπλέον διαδρόμου. Το γεγονός αυτό ανάγκασε τους μελετητές και κατασκευαστές των συγχρόνων αεροδρομίων να κατασκευάζουν αεροδρόμια σε θέσεις όπου η μελλοντική επέκταση τους δεν θα τους δημιουργεί χωρικά και οικονομικά προβλήματα.

Όσο αναφορά τα μικρά αεροδρόμια και πεδία προσγείωσης η έκταση που απαιτείται για την κατασκευή τους είναι μεγάλη. Στον Πίνακα 13 γίνεται αναφορά στις εκτάσεις των νησιωτικών μικρών αεροδρομίων.

Αεροδρόμια	Εκτάσεις Γης
Μήλος	240.000 τμ
Καστελόριζο	67.000 τμ
Νάξος	168.000 τμ
Κάσος	120.000 τμ
Αστυπάλαια	180.000 τμ
Λέρος	150.000 τμ
Κάλυμνος	320.000 τμ
Σύρος	320.000 τμ

Πίνακας 13 Εκτάσεις γης που καταλαμβάνουν τα μικρά νησιωτικά αεροδρόμια

Η αγορά μιας τόσο μεγάλης έκτασης γης πολλές φορές ελλοχεύει τον “κίνδυνο” ύπαρξης οικοπέδων τα οποία ανήκουν σε άλλους κατοίκους και χρειάζεται να απαλλοτριωθούν για να μπορέσει να κατασκευασθεί το αεροδρόμιο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους αγοράς του οικοπέδου και πολλές φορές την καθυστέρηση των έργων διότι κάποιοι ιδιοκτήτες οικοπέδων αρνούνται να πουλήσουν τα οικόπεδα τους. Ένα τέτοιο πρόβλημα παρουσιάστηκε κατά την κατασκευή του αεροδρομίου του Καστελίου στο Ηράκλειο της Κρήτης.



Εικόνα 20 Περιοχή κατασκευής αεροδρομίου στο Καστέλι

Όπως παρατηρούμε στην Εικόνα 20 υπάρχουν πολλά καλλιεργημένα κτήματα τα οποία πρέπει να απαλλοτριωθούν για να μπορέσει να ξεκινήσει η κατασκευή του αεροδρομίου. Ύστερα από πολλές προσπάθειες η κυβέρνηση όρισε τις τιμές των παραπάνω καλλιεργειών ως εξής:

Πολύ καλό αμπέλι: 14 ευρώ ανά τ.μ.
 Καλό αμπέλι: 12 ευρώ ανά τ.μ.
 Μέτριο αμπέλι: 10 ευρώ ανά τ.μ.
 Εγκαταλελειμμένο αμπέλι: 2 ευρώ ανά τ.μ.
 Ελιά αρδευόμενη μεγάλη: 190 ευρώ
 Ελιά μεσαία: 150 ευρώ
 Ελιά μικρή: 100 ευρώ
 Αμυγδαλιά μεγάλη: 100 ευρώ
 Αχλαδιά μεγάλη: 100 ευρώ
 Κυπαρίσσι: 90 ευρώ
 Πεύκο: 70 ευρώ
 Ροδιά: 110 ευρώ
 Συκιά: 100 ευρώ

Καταλήγοντας, η τελική τιμή αγοράς του οικοπέδου κατασκευής ενός αεροδρόμιου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως την τιμή που κοστίζει το τετραγωνικό στην κάθε περιοχή, το σύνολο των απαλλοτριώσεων και έτσι είναι δύσκολο να καθιερωθεί μια τιμή για όλες τις περιπτώσεις.

Οι τιμές των παραπάνω εργασιών περιγράφονται αναλυτικά στους πίνακες τιμών του Αναλυτικού Τιμολογίου Οικοδομικών Έργων ή αλλιώς ΑΤΟΕ με συγκεκριμένο κωδικό για την εκάστοτε εργασία. Αντικείμενο του τιμολογίου είναι ο καθορισμός τιμών μονάδος των εργασιών, που είναι απαραίτητες για την έντεχνη ολοκλήρωση του Έργου, όπως προδιαγράφεται στα λοιπά Τεύχη Δημοπράτησης

Όταν αναφερόμαστε στην ομάδα χωματουργικών εργασιών και για παράδειγμα στην εκσκαφή χαλαρών εδαφών η τιμή του τιμολογίου προκύπτει από:

Εκσκαφή, με την μεταφορά σε οποιαδήποτε απόσταση, φυτικών γαιών, ιλύος, τύρφης και λοιπών επιφανειακών ακατάλληλων εδαφών οποιουδήποτε βάθους και πλάτους,

σύμφωνα με την μελέτη, είτε για την έδραση των επιχωμάτων και εξυγιαντικών στρώσεων είτε για τον διαχωρισμό τους από τα υπόλοιπα, κατάλληλα για την κατασκευή επιχωμάτων, προϊόντα ορυγμάτων.

Στην τιμή μονάδας περιλαμβάνονται:

- Η προσέγγιση των μεταφορικών μέσων και μηχανημάτων, και η εκσκαφή με κάθε μέσων,
- Η εκρίζωση, η κοπή και η απομάκρυνση θάμνων και δένδρων οποιασδήποτε διαμέτρου (πλην εκείνων που θα παραδοθούν προς εκμετάλλευση),
- Η απομάκρυνση και η αποστράγγιση των υδάτων και η μόρφωση παρειών και σκάφης,
- Η διαλογή των προϊόντων εκσκαφής,
- Οι κάθε είδους φορτοεκφορτώσεις και μεταφορές με οποιοδήποτε μέσο και σε οποιαδήποτε απόσταση, είτε για προσωρινή απόθεση, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν ως φυτικές γαίες στο έργο είτε για απόρριψη σε επιτρεπόμενες θέσεις εφόσον αυτά κριθούν ακατάλληλα για φυτικά, ή πλεονάζοντα,
- Οι τυχόν ενδιάμεσες φορτοεκφορτώσεις και μετακινήσεις, αν τυχόν καταληφθεί ο απαιτούμενος χώρος των προσωρινών αποθέσεων από την εκτέλεση των υπολοίπων εργασιών, καθώς και διαμόρφωσή τους σε σειράδια και η διαφύλαξή τους μέχρι να χρησιμοποιηθούν στο έργο.

Σε περίπτωση πλεοναζόντων ή ακατάλληλων προϊόντων στην τιμή περιλαμβάνεται, εκτός από τη μεταφορά τους, και η διαμόρφωσή τους σύμφωνα με τις απαιτήσεις της ΕΤΕΠ 02-01-02-00 και των περιβαλλοντικών όρων του έργου.

4.2.2 Εξυγίανση εδάφους

Σημαντικός παράγοντας στην μακροχρόνια λειτουργία και συντήρηση ενός έργου αποτελεί η εξυγίανση του εδάφους στο οποίο πρόκειται να κατασκευαστεί. Με τον όρο "εξυγίανση/ σταθεροποίηση εδάφους" νοείται η βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων του υφιστάμενου υλικού, σε συγκεκριμένο βάθος, με την ανάμιξή του με υδράσβεστο ή και τσιμέντο ή ασβεστούχο ιπτάμενη τέφρα, ώστε με την συμπύκνωση του υπό συνθήκες βέλτιστης υγρασίας και με τη συντήρηση του για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα να προκύψει ομοιογενής ανθεκτική στρώση με βελτιωμένα μηχανικά χαρακτηριστικά και αυξημένη φέρουσα ικανότητα.³¹

Η εξυγίανση εδαφικών υλικών αποσκοπεί αρχικά στην βελτίωση χαρακτηριστικών εδάφους επί του οποίου θεμελιώνονται τα επιχώματα στην συνέχεια στην βελτίωση των ορίων Atterberg και της φέρουσας ικανότητας της εδαφικής στρώσης (στρέψης επιχωμάτων, η στρώσης έδρασης οδοστρωμάτων), όταν αυτή έχει δυσμενή χαρακτηριστικά (π.χ. μεγάλη πλαστικότητα ή μικρές τιμές CBR) και τέλος στην εξουδετέρωση της διογκωσιμότητας ορισμένων εδαφικών υλικών και των κινδύνων που συνεπάγεται αυτή για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του έργου.

Η εφαρμογή τεχνικών εξυγίανσης του εδάφους επιλέγεται μετά από οικονομοτεχνική σύγκριση με άλλες τεχνικές δοκιμές μεθόδους, όταν το συνολικό κόστος του απαιτούμενου οδοστρώματος καθιστάται μικρότερο. Η τεχνική της σταθεροποίησης με υδράσβεστο, ασβεστούχο ιπτάμενη τέφρα ή και τσιμέντο είναι συνήθως πλεονεκτική, όταν με χρήση επιτόπου υλικών το προκύπτων οδόστρωμα είναι μεγάλου πάχους και δεν διατίθενται κοντά στο έργο κατάλληλα εδαφικά υλικά που να πληρούν τις απαιτήσεις των προδιαγραφών, ενώ η προμήθεια τους από άλλες μακρινές πηγές είναι δαπανηρότερη. Εφαρμόζεται επίσης και σε περιπτώσεις περιβαλλοντικών περιορισμών σχετικά με δανειοθαλάμους/αποθεσιοθαλάμους στην ευρύτερη περιοχή του έργου.

Πριν από κάθε εφαρμογή θα προηγείται μελέτη σύνθεσης του μίγματος. Το ποσοστό του η των σταθεροποιητών(υδράσβεστο, ιπτάμενη τέφρα και τσιμέντο) και η υγρασία του μίγματος κατά την συμπίκνωση θα καθορίζεται από την μελέτη σύνθεσης ανάλογα με το είδος του εδαφικού υλικού και το είδος και τον βαθμό της βελτίωσης των μηχανικών ιδιοτήτων που επιδιώκεται. Το ελάχιστο ποσοστό της υδρασβέστου θα είναι 2% του τσιμέντου ή της ασβεστούχου ιπτάμενης τέφρας 3% κατά βάρος ξηρού υλικού.

Για την επιμέτρηση και την πληρωμή των τεχνικών εξυγίανσης, η επιμέτρηση θα γίνεται κατά κυβικό μέτρο (m^3) πλήρους κατασκευής. Το πάχος της στρώσης θα εξακριβώνεται με χωροστάθμιση της επιφάνειας επίδρασης και της τελικής επιφάνειας της στρώσης που εξυγιάνθηκε. Η πληρωμή θα γίνεται ανά κυβικό μέτρο για πλήρη κατασκευή της στρώσης που επιμετρήθηκε και θα περιλαμβάνει:

1. Τη σύνταξη μελέτης σύνθεσης, την προμήθεια και μεταφορά επί τόπου του έργου όλων των απαιτούμενων υλικών (τσιμέντο, υδράσβεστος, νερό, πρόσφατο εδαφικό υλικό αν απαιτείται από την μελέτη σύνθεσης).
2. Την διάθεση του κατάλληλου και επαρκούς σε αριθμό και δυνατότητες μηχανικού εξοπλισμού για την έγκαιρη και έντεχνη κατασκευή των στρώσεων.
3. Την κατασκευή συμπυκνόμενων στρώσεων πάχους έως 0,30 m όπως περιγράφεται στην παρούσα προδιαγραφή.
4. Τη διενέργεια των ελέγχων.
5. Την τήρηση των μέτρων υγιεινής και ασφάλειας.
6. Κάθε άλλη δαπάνη που παρότι δεν ορίζεται στην προδιαγραφή, απαιτείται για μια άρτια και πλήρη εργασία.

Οι τιμές των παραπάνω εργασιών περιγράφονται αναλυτικά και στους πίνακες τιμών του Αναλυτικού Τιμολογίου Οικοδομικών Έργων ή αλλιώς ΑΤΟΕ με συγκεκριμένο κωδικό για την εκάστοτε εργασία. Αντικείμενο του τιμολογίου είναι ο καθορισμός τιμών μονάδος των εργασιών, που είναι απαραίτητες για την έντεχνη ολοκλήρωση του Έργου, όπως προδιαγράφεται στα λοιπά Τεύχη Δημοπράτησης που ορίζονται στη Διακήρυξη.

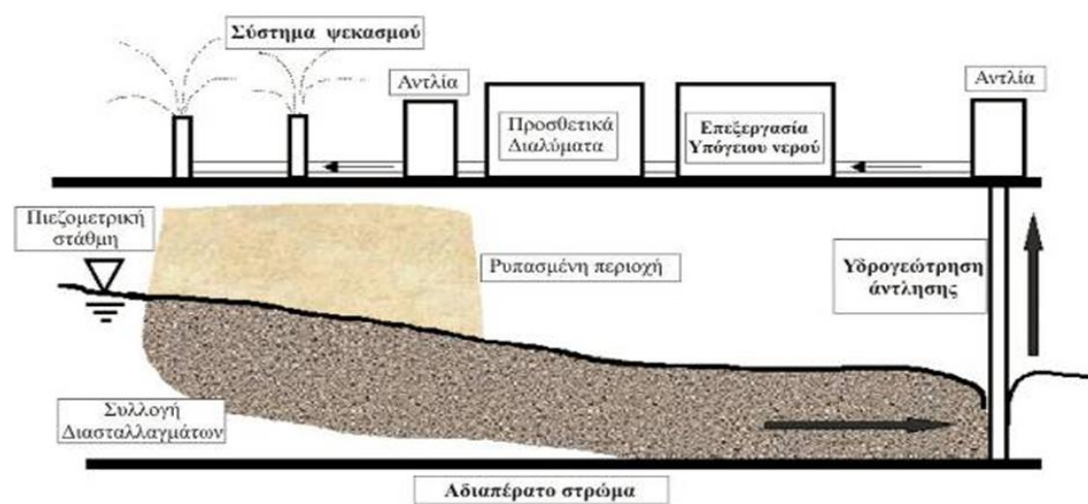


Fig 08 Soil Flushing GR.cdr

INTERGEO
Environmental Technology Ltd

Εικόνα 21 Εργασίες εξυγίανσης εδάφους

α/α	α/α Τιμολογ.	Είδος εργασίας	Άρθρο Αναθεώρησης	Μο- νάδα	Εργα < 1,50 εκ.	Εργα 1,5 - 5,0 εκ.	Εργα 5,0 - 10,0 εκ.	Εργα > 10,0 εκ.
ΟΜΑΔΑ Α: ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ								
		ΕΚΣΚΑΦΕΣ						
2	A-1	Εκσκαφές χαλαρών εδαφών	ΟΔΟ-1110	m ³	0,38*	0,35*	0,33*	0,32*
2	A-2	Γενικές εκσκαφές σε έδαφος γαιώδες -ημιβραχώδες	ΟΔΟ-1123Α	m ³	0,70*	0,65*	0,62*	0,60*
3	A-2.1	Αποξήλωση ασφαλτοταπήτων και στρώσεων οδοστρώσας σταθεροποιημένων με τσιμέντο εντός του ορίου των γενικών εκσκαφών	ΟΔΟ-1123Α	m ³	1,60*	1,45*	1,40*	1,30*
	A-3	Γενικές εκσκαφές σε έδαφος βραχώδες						
4	A-3.1	Γενικές εκσκαφές σε έδαφος βραχώδες με χρήση εκρηκτικών	ΟΔΟ-1133Α	m ³	2,60*	2,35*	2,20*	2,10*
5	A-3.2	Γενικές εκσκαφές σε έδαφος βραχώδες με ελεγχόμενη χρήση εκρηκτικών	ΟΔΟ-1133Α	m ³	4,40*	4,00*	3,80*	3,60*
6	A-3.3	Γενικές εκσκαφές σε έδαφος βραχώδες χωρίς χρήση εκρηκτικών	ΟΔΟ-1133Α	m ³	8,20*	7,50*	7,10*	6,80*
ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ								
40	B-1	Εκσκαφή θεμελίων τεχνικών έργων και τάφρων πλάτους έως 5,0 m	ΟΔΟ-2151	m ³	4,00*	3,70*	3,50*	3,40*
41	B-2	Πρόσθετη τιμή εκσκαφών λόγω δυσχερειών από διερχόμενα υπόγεια δίκτυα Ο.Κ.Ω.	ΥΔΡ-6087	m ³	2,70	2,50	2,40	2,30
42	B-3	Εκσκαφή φρεάτων θεμελίωσης γεφυρών	ΥΔΡ-6068	m ³	9,20*	8,40*	8,00*	7,60*
	B-4	Επιχώματα από κοκκώδη υλικά σε πεζοδρόμια και θέσεις τεχνικών έργων						
43	B-4.1	Επιχώματα κάτω από τα πεζοδρόμια	ΟΔΟ-3121Β	m ³	7,70*	7,00*	6,70*	6,30*
44	B-4.2	Μεταβατικά επιχώματα τεχνικών έργων και επιχώματα ζώνης αγωγών	ΥΔΡ-6068	m ³	11,50*	10,50*	10,00*	9,50*

Εικόνα 22 Τιμολόγιο εργασιών εξυγίανσης τμήμα Α. ΑΤΟΕ 2017

α/α	α/α Τιμολογ.	Είδος εργασίας	Άρθρο Αναθεώρησης	Μο- νάδα	Εργα < 1,50 εκ.	Εργα 1,5 - 5,0 εκ.	Εργα 5,0 - 10,0 εκ.	Εργα > 10,0 εκ.
		ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΗΣ ΓΗΣ						
	B-11	Τοίχοι αντιστήριξης από οπλισμένη γη με χαλύβδινο οπλισμό και μετωπικά πετάσματα από σκυρόδεμα						
51	B-11.1	Τοίχοι αντιστήριξης από οπλισμένη γη με χαλύβδινο οπλισμό γαιών και μετωπικά στοιχεία από σκυρόδεμα, H ≤ 4m	30% ΟΔΟ-2533+ 40% ΟΔΟ-2612 +30% ΟΙΚ-7914	m ²	131,00	120,00	114,00	109,00
52	B-11.2	Τοίχοι αντιστήριξης από οπλισμένη γη με χαλύβδινο οπλισμό γαιών και μετωπικά στοιχεία από σκυρόδεμα, H = 4 - 8m	- // -	m ²	153,00	140,00	133,00	127,00
53	B-11.3	Τοίχοι αντιστήριξης από οπλισμένη γη με χαλύβδινο οπλισμό γαιών και μετωπικά στοιχεία από σκυρόδεμα, H = 8 - 12m	- // -	m ²	175,00	160,00	152,00	145,00
54	B-11.4	Τοίχοι αντιστήριξης από οπλισμένη γη με χαλύβδινο οπλισμό γαιών και μετωπικά στοιχεία από σκυρόδεμα, H > 12m	- // -	m ²	197,00	180,00	171,00	163,00
	B-11A	Κατασκευές αντιστήριξης πρανών από οπλισμένη γη με χαλύβδινο οπλισμό και μετωπικά συρματοκιβώτια						
55	B-11A.1	Αντιστήριξη πρανών με οπλισμένη γη και μετωπικά συρματοκιβώτια, ύψους H ≤ 4 m	70% ΟΔΟ-2311+ 30% ΟΔΟ-2312	m ²	150,00	137,00	130,00	124,00
56	B-11A.2	Αντιστήριξη πρανών με οπλισμένη γη και μετωπικά συρματοκιβώτια, ύψους H = 4 - 8m	- // -	m ²	173,00	158,00	150,00	143,00
57	B-11A.3	Αντιστήριξη πρανών με οπλισμένη γη και μετωπικά συρματοκιβώτια, ύψους H = 8 - 12m	- // -	m ²	196,00	179,00	170,00	162,00
58	B-11A.4	Αντιστήριξη πρανών με οπλισμένη γη και μετωπικά συρματοκιβώτια, ύψους H > 12m	- // -	m ²	219,00	200,00	190,00	181,00
	B-11B	Κατασκευές σταθεροποίησης πρανών από οπλισμένη γη και μετωπικά χαλύβδινα πλέγματα και γεωσυνθετικά						
59	B-11B.1	Σταθεροποίηση πρανών με οπλισμένη γη και μετωπικά μεταλλικά πλέγματα και γεωσυνθετικά, ύψους H ≤ 4 m	70% ΟΔΟ-2311+ 30% ΟΔΟ-2312	m ²	150,00	137,00	130,00	124,00
60	B-11B.2	Σταθεροποίηση πρανών με οπλισμένη γη και μετωπικά μεταλλικά πλέγματα και γεωσυνθετικά, ύψους H = 4 - 8m	- // -	m ²	173,00	158,00	150,00	143,00
61	B-11B.3	Σταθεροποίηση πρανών με οπλισμένη γη και μετωπικά μεταλλικά πλέγματα και γεωσυνθετικά, ύψους H = 8 - 12m	- // -	m ²	196,00	179,00	170,00	162,00
62	B-11B.4	Σταθεροποίηση πρανών με οπλισμένη γη και μετωπικά μεταλλικά πλέγματα και γεωσυνθετικά, ύψους H > 12m	- // -	m ²	219,00	200,00	190,00	181,00

Εικόνα 23 Τιμολόγιο εργασιών εξυγίανσης τμήμα Β. ΑΤΟΕ 2017

α/α	α/α Τιμολογ.	Είδος εργασίας	Άρθρο Αναθεώρησης	Μο- νάδα	Εργα < 1,50 εκ.	Εργα 1,5 - 5,0 εκ.	Εργα 5,0 - 10,0 εκ.	Εργα > 10,0 εκ.
	B-12	Γεωπλέγματα οπλισμένων επιχωμάτων						
63	B-12.1	Γεώπλεγμα αντοχής T_{ult} 40 kN/m	ΟΙΚ-7914	m ²	6,70	6,10	5,80	5,50
64	B-12.2	Γεώπλεγμα αντοχής T_{ult} 60 kN/m	ΟΙΚ-7914	m ²	7,80	7,10	6,80	6,40
65	B-12.3	Γεώπλεγμα αντοχής T_{ult} 80 kN/m	ΟΙΚ-7914	m ²	9,00	8,20	7,80	7,40
66	B-12.4	Γεώπλεγμα αντοχής T_{ult} 100 kN/m	ΟΙΚ-7914	m ²	10,08	9,20	8,80	8,30
67	B-12.5	Γεώπλεγμα αντοχής T_{ult} 120 kN/m	ΟΙΚ-7914	m ²	11,17	10,20	9,70	9,20
68	B-12.6	Γεώπλεγμα αντοχής T_{ult} 160 kN/m	ΟΙΚ-7914	m ²	13,40	12,20	11,60	11,00
69	B-12.7	Γεώπλεγμα αντοχής T_{ult} 200 kN/m	ΟΙΚ-7914	m ²	15,40	14,10	13,40	12,80
70	B-12.8	Γεώπλεγμα αντοχής T_{ult} 300 kN/m	ΟΙΚ-7914	m ²	17,90	16,30	15,50	14,80
71	B-12.9	Γεώπλεγμα αντοχής T_{ult} 400 kN/m	ΟΙΚ-7914	m ²	20,00	18,30	17,40	16,60
72	B-12.10	Γεώπλεγμα αντοχής T_{ult} 500 kN/m	ΟΙΚ-7914	m ²	22,30	20,40	19,40	18,50
73	B-12.11	Γεώπλεγμα αντοχής T_{ult} 600 kN/m	ΟΙΚ-7914	m ²	24,80	22,60	21,50	20,50
74	B-12.12	Γεώπλεγμα αντοχής T_{ult} 700 kN/m	ΟΙΚ-7914	m ²	27,10	24,70	23,50	22,40
75	B-12.13	Γεώπλεγμα αντοχής T_{ult} 800 kN/m	ΟΙΚ-7914	m ²	29,40	26,80	25,50	24,30
76	B-12.14	Γεώπλεγμα αντοχής T_{ult} 1.000 kN/m	ΟΙΚ-7914	m ²	34,50	31,50	30,00	28,50
77	B-12.15	Γεώπλεγμα αντοχής T_{ult} 1.250 kN/m	ΟΙΚ-7914	m ²	40,30	36,80	35,10	33,30
78	B-13	Τρισδιάστατα γεωπλέγματα ενισχυμένα με χαλύβδινο πλέγμα	ΟΙΚ-7914	m ²	42,60	38,90	37,10	35,20
		ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΡΑΝΩΝ						
79	B-14	Επένδυση πρανών με άοπτα τρισδιάστατα γεωπλέγματα	ΟΙΚ-7914	m ²	10,40	9,50	9,00	8,60
	B-15	Εύκαμπτα μεταλλικά πλέγματα συγκράτησης καταπτώσεων						
80	B-15.1	Αντοχής σε εφελκυσμό τουλάχιστον 10 kN/m	50%ΟΔΟ-2312 +50%ΟΔΟ-2653	m ²	27,40	25,00	23,80	22,60

Εικόνα 24 Τιμολόγιο εργασιών εξυγίανσης τμήμα Γ. ΑΤΟΕ 2017

α/α	α/α Τιμολογ.	Είδος εργασίας	Άρθρο Αναθεώρησης	Μο- νάδα	Εργα < 1,50 εκ.	Εργα 1,5 - 5,0 εκ.	Εργα 5,0 - 10,0 εκ.	Εργα > 10,0 εκ.
81	B-15.2	Αντοχής σε εφελκυσμό τουλάχιστον 20 kN/m	- // -	m ²	32,90	30,00	28,60	27,10
82	B-15.3	Αντοχής σε εφελκυσμό τουλάχιστον 70 kN/m	- // -	m ²	54,80	50,00	47,60	45,20
83	B-15.4	Αντοχής σε εφελκυσμό τουλάχιστον 140 kN/m	- // -	m ²	82,10	75,00	71,40	67,90
84	B-16A	Επένδυση πρανών με πλήρως αγκυρούμενο γαλβανισμένο συρματόπλεγμα	50%ΟΔΟ-2311 +50%ΟΔΟ-2312	m ²	65,70	60,00	57,10	54,30
85	B-16B	Επένδυση πρανών με πλήρως αγκυρούμενο πλέγμα από γαλβανισμένα συρματόσχοινα	50%ΟΔΟ-2311 +50%ΟΔΟ-2312	m ²	74,50	68,00	64,80	61,50
86	B-17	Επένδυση πρανών με ελεύθερο πλέγμα	- // -	m ²	38,30	35,00	33,30	31,70
	B-18	Φράχτες ανάσχεσης βραχοπτώσεων						
87	B-18.1	Φράκτης απορρόφησης ενέργειας μέχρι 500 kJ ύψους 2 m	30%ΟΔΟ-2312+ 40%ΟΔΟ-2653+ 30%ΟΔΟ-2311	m	690,00	630,00	600,00	570,00
88	B-18.2	Φράκτης απορρόφησης ενέργειας μέχρι 500 kJ ύψους 3 m	- // -	m	810,00	740,00	700,00	670,00
89	B-18.3	Φράκτης απορρόφησης ενέργειας μέχρι 500 kJ ύψους 4 m	- // -	m	980,00	890,00	850,00	810,00
90	B-18.4	Φράκτης απορρόφησης ενέργειας μέχρι 1000 kJ ύψους 3 m	- // -	m	1.150,00	1.050,00	1.000,00	950,00
91	B-18.5	Φράκτης απορρόφησης ενέργειας μέχρι 1000 kJ ύψους 4 m	- // -	m	1.250,00	1.150,00	1.100,00	1.050,00
92	B-18.6	Φράκτης απορρόφησης ενέργειας μέχρι 2000 kJ ύψους 5 m	- // -	m	1.840,00	1.680,00	1.600,00	1.520,00
93	B-18.7	Φράκτης απορρόφησης ενέργειας μέχρι 3000 kJ ύψους 5 m	- // -	m	2.500,00	2.300,00	2.200,00	2.090,00
94	B-18.8	Φράκτης απορρόφησης ενέργειας μέχρι 3000 kJ ύψους 6 m	- // -	m	3.000,00	2.700,00	2.600,00	2.470,00
95	B-18.9	Φράκτης απορρόφησης ενέργειας μέχρι 5000 kJ ύψους 6 m	- // -	m	4.000,00	3.670,00	3.500,00	3.300,00

Εικόνα 25 Τιμολόγιο εργασιών εξυγίανσης τμήμα Δ. ΑΤΟΕ 2017

Όταν αναφερόμαστε στην εξυγίανση του εδάφους και παραθέτοντας ως παράδειγμα την επένδυση πρανών με φυτική γη η τιμή του τιμολογίου του ΑΤΟΕ προκύπτει από:

- Η προσκόμιση κατάλληλης φυτικής γης και συνεκτικού εδαφικού υλικού (όταν το έδαφος στην θέση διάστρωσης των φυτικών γαιών είναι υψηλής διαπερατότητας) που έχουν αποτεθεί κατά την εκτέλεση των εκσκαφών του έργου
- Οι φορτοεκφορτώσεις και πλάγιες μεταφορές των υλικών, και η σταλία των αυτοκινήτων μεταφοράς,
- Η προετοιμασία της επιφάνειας που θα επενδυθεί,
- Η τοποθέτηση, διάστρωση και ελαφρά συμπύκνωση της φυτικής γης και η συντήρηση αυτής μέχρι τη λήξη του χρόνου συντήρησης του έργου.

4.2.3 Κατασκευή διαδρόμων και τροχοδρόμων

Στα μικρά αεροδρόμια όπως αναφέρθηκε και στις προηγούμενες ενότητες η κατασκευή του διαδρόμου και του τροχοδρομικού συστήματος είναι πολύ πιο εύκολη σε αντίθεση με ένα μεγάλο αεροδρόμιο κατηγορίας 3 ή 4. Ξεκινώντας από τα πεδία προσγείωσης η κατασκευή του διαδρόμου προσγείωσης-απογείωσης γίνεται από χώμα, χόρτα και άσφαλτο με τις περισσότερες φορές να απουσιάζουν οποιουδήποτε τύπου τροχοδρομικά συστήματα.



Εικόνα 26 Πεδίο Προσγείωσης Λάρισας



Εικόνα 27 Πεδίο Προσγείωσης Μαργαρίτι Θεσπρωτίας

Όσο αναφορά τα μικρά αεροδρόμια λόγω των μικρότερων περιορισμών που έχουν από τις επιφάνειες εμποδίων σε σχέση με τα αεροδρόμια μεγαλύτερης κατηγορίας η κατασκευή των διαδρόμων τους είναι ευκολότερη. Οι διάδρομοι των μικρών αεροδρομίων αποτελούνται συνήθως από εύκαμπτο οδόστρωμα με ασφαλτική στρώση. Λόγω του χαμηλού φόρτου επιβατών και αεροσκαφών που εξυπηρετούν αλλά και για την μείωση των κατασκευαστικών και λειτουργικών εξόδων το τροχοδρομικό σύστημα των μικρών αεροδρομίων είναι πολύ απλό. Κατασκευάζονται δυο τροχόδρομοι κοντά στα άκρα του διαδρόμου για να τον συνδέουν με τα δάπεδα στάθμευσης και το κτίριο επιβατών και ο διάδρομος χρησιμοποιείται και σαν τροχόδρομος μέσω της τεχνικής Backtrack. Για να μπορέσει να λειτουργήσει η μέθοδος Backtrack θα πρέπει στο ένα άκρο του διαδρόμου να υπάρχει μια κυκλική διαπλάτυνση ώστε να μπορεί το αεροσκάφος που προσγειώνεται να γυρίσει και να χρησιμοποιήσει τον διάδρομο απογείωσης- προσγείωσης ως τροχόδρομο για να μεταβεί στα δάπεδα στάθμευσης. Ένα τέτοιο παράδειγμα συναντάμε στο αεροδρόμιο του Καστελόριζου και της Νάξου.



Εικόνα 28 Μέθοδος Backtrack στο αεροδρόμιο του Καστελόριζου



Εικόνα 29 Μέθοδος Backtrack στο αεροδρόμιο της Νάξου

Οι τιμές για την κατασκευή των οδοστρωμάτων των διαδρόμων και των μικρών αεροδρομίων και των πεδίων προσγείωσης αναφέρονται στα αναλυτικά τιμολόγια δημοσίων έργων.

α/α	α/α Τιμολογ.	Είδος εργασίας	Άρθρο Αναθεώρησης	Μο- νάδα	Εργα < 1,50 εκ.	Εργα 1,5 - 5,0 εκ.	Εργα 5,0 - 10,0 εκ.	Εργα > 10,0 εκ.
-----	-----------------	----------------	----------------------	-------------	--------------------	-----------------------	------------------------	--------------------

ΟΜΑΔΑ Γ: ΟΔΟΣΤΡΩΣΙΑ								
	Γ-1	Υπόβαση οδοστρώσας						
267	Γ-1.1	Υπόβαση οδοστρώσας μεταβλητού πάχους	ΟΔΟ-3121.B	m ³	11,50*	10,50*	10,00*	9,50*
268	Γ-1.2	Υπόβαση οδοστρώσας συμπτυκωμένου πάχους 0,10 m	ΟΔΟ-3111.B	m ²	1,10*	1,00*	0,95*	0,90*
	Γ-2	Βάση οδοστρώσας						
269	Γ-2.1	Βάση οδοστρώσας μεταβλητού πάχους	ΟΔΟ-3211.B	m ³	11,50*	10,50*	10,00*	9,50*
270	Γ-2.2	Βάση πάχους 0,10 m (Π.Τ.Π. Ο-155)	ΟΔΟ-3211.B	m ²	1,20*	1,10*	1,05*	1,00*
271	Γ-3	Στρώση στράγγισης οδοστρώματος	ΟΔΟ-3121.B	m ³	10,95*	10,00*	9,50*	9,00*
272	Γ-4	Ισοπεδωτική στρώση εφαρμοζόμενη σε βραχώδη ορύγματα	ΟΔΟ-3111.B	m ²	0,90*	0,80*	0,75*	0,70*
273	Γ-5	Κατασκευή ερεισμάτων	ΟΔΟ-3311.B	m ³	12,60*	11,50*	11,00*	10,40*
274	Γ-6	Ανακατασκευή στρώσεων οδοστρώσας	ΟΔΟ-3231	m ²	0,41	0,37	0,35	0,33
	Γ-7	Ανακατασκευή βάσης οδοστρώματος με την μέθοδο της ψυχρής επί τόπου ανακύκλωσης, με χρήση αφρώδους ασφάλτου και άλλων σταθεροποιητών						
275	Γ-7.1	Ανακατασκευή βάσης οδοστρώματος συμπτυκωμένου πάχους έως 0,15 m με την μέθοδο της ψυχρής επί τόπου ανακύκλωσης	ΟΔΟ - 4321B	m ²	11,83	10,80	10,29	9,77
276	Γ-7.2	Ανακατασκευή βάσης οδοστρώματος συμπτυκωμένου πάχους από 0,15 έως 0,20 m με τη μέθοδο της ψυχρής επί τόπου ανακύκλωσης	ΟΔΟ - 4321B	m ²	14,50	13,20	12,60	11,90
277	Γ-7.3	Ανακατασκευή βάσης οδοστρώματος συμπτυκωμένου πάχους από 0,20 έως 0,25 m με τη μέθοδο της ψυχρής επί τόπου ανακύκλωσης	ΟΔΟ - 4321B	m ²	15,60	14,20	13,50	12,90
278	Γ-7.4	Ανακατασκευή βάσης οδοστρώματος συμπτυκωμένου πάχους από 0,25 έως 0,30 m με τη μέθοδο της ψυχρής επί τόπου ανακύκλωσης	ΟΔΟ - 4321B	m ²	18,00	16,40	15,60	14,80

Εικόνα 30 Τιμολόγιο Εργασιών Οδοποιίας Τμήμα Α. ΑΤΟΕ2017

α/α	α/α Τιμολογ.	Είδος εργασίας	Άρθρο Αναθεώρησης	Μο- νάδα	Εργα < 1,50 εκ.	Εργα 1,5 - 5,0 εκ.	Εργα 5,0 - 10,0 εκ.	Εργα > 10,0 εκ.
ΟΜΑΔΑ Δ: ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ (με την αξία της ασφάλτου)								
279	Δ-1	Τομή οδοστρώματος με ασφαλτοκόπτη	ΟΙΚ-2269Α	m	1,00	0,90	0,86	0,81
	Δ-2	Απόξεση ασφαλτικού οδοστρώματος (φρεζάρισμα)						
280	Δ-2.1	Απόξεση ασφαλτικού οδοστρώματος (φρεζάρισμα) σε βάθος έως 4 cm	ΟΔΟ-1132	m ²	1,15	1,05	1,00	0,95
281	Δ-2.2	Απόξεση ασφαλτικού οδοστρώματος (φρεζάρισμα) σε βάθος έως 6 cm	ΟΔΟ-1132	m ²	1,45	1,35	1,30	1,20
282	Δ-2.3	Απόξεση ασφαλτικού οδοστρώματος (φρεζάρισμα) σε βάθος έως 8 cm	ΟΔΟ-1132	m ²	1,85	1,70	1,60	1,55
283	Δ-2Α	Απόξεση ασφαλτικού τάπητα αστικής οδού με χρήση φρέζας	ΟΔΟ-1132	m ²	3,40	3,15	3,00	2,90
284	Δ-3	Ασφαλτική προεπάλειψη	ΟΔΟ-4110	m ²	1,20	1,10	1,05	1,00
285	Δ-4	Ασφαλτική συγκολλητική επάλειψη	ΟΔΟ-4120	m ²	0,45	0,42	0,40	0,38
	Δ-5	Ασφαλτικές στρώσεις βάσης						
286	Δ-5.1	Ασφαλτική στρώση βάσης συμπτυκνωμένου πάχους 0,05 m	ΟΔΟ-4321B	m ²	7,10*	6,50*	6,20*	5,90*
287	Δ-5.2	Ασφαλτική στρώση βάσης συμπτυκνωμένου πάχους 0,06 m	ΟΔΟ-4321B	m ²	8,30*	7,60*	7,20*	6,90*
288	Δ-5.3	Ασφαλτική στρώση βάσης συμπτυκνωμένου πάχους 0,07 m	ΟΔΟ-4321B	m ²	9,50*	8,70*	8,30*	7,90*
289	Δ-6	Ασφαλτικές στρώσεις μεταβλητού πάχους επιμετρούμενες κατά βάρος	ΟΔΟ-4421B	ton	78,80*	72,00*	68,50*	65,20*
290	Δ-7	Ασφαλτικές συνδετικές (ισοπεδωτικές) στρώσεις συμπτυκνωμένου πάχους 0,05 m	ΟΔΟ-4421B	m ²	7,10*	6,50*	6,20*	5,90*
	Δ-8	Ασφαλτικές στρώσεις κυκλοφορίας						
291	Δ-8.1	Ασφαλτική στρώση κυκλοφορίας συμπτυκνωμένου πάχους 0,05 m με χρήση κοινής ασφάλτου	ΟΔΟ-4521B	m ²	7,70*	7,00*	6,70*	6,30*
292	Δ-8.2	Ασφαλτική στρώση κυκλοφορίας συμπτυκνωμένου πάχους 0,05 m με χρήση τροποποιημένης ασφάλτου	ΟΔΟ-4521B	m ²	9,86*	9,00*	8,60*	8,10*

Εικόνα 31 Τιμολόγιο Εργασιών Οδοποιίας Τμήμα Β. ΑΤΟΕ2017

α/α	α/α Τιμολογ.	Είδος εργασίας	Άρθρο Αναθεώρησης	Μο- νάδα	Εργα < 1,50 εκ.	Εργα 1,5 - 5,0 εκ.	Εργα 5,0 - 10,0 εκ.	Εργα > 10,0 εκ.
293	Δ-8Α	Ασφαλτική στρώση κυκλοφορίας αστικής οδού	ΟΔΟ-4521Β	m ²	9,30*	8,50*	8,10*	7,70*
	Δ-9	Αντιολισθηρές ασφαλτικές στρώσεις κυκλοφορίας						
294	Δ-9.1	Αντιολισθηρή ασφαλτική στρώση συμπτυκνωμένου πάχους 0,04 m με χρήση κοινής ασφάλτου	ΟΔΟ-4521Β	m ²	8,80*	8,00*	7,60*	7,20*
295	Δ-9.2	Αντιολισθηρή ασφαλτική στρώση συμπτυκνωμένου πάχους 0,04 m με χρήση τροποποιημένης ασφάλτου	ΟΔΟ-4521Β	m ²	10,95*	10,00*	9,50*	9,00*
	Δ-10	Λεπτές αντιολισθηρές στρώσεις ασφαλτικής σκυρομαστίχης						
296	Δ-10.1	Αντιολισθηρή στρώση ασφαλτικής σκυρομαστίχης πάχους 30 mm με κοινή άσφαλτο	ΟΔΟ-4521Β	m ²	5,90	5,40	5,10	4,90
297	Δ-10.2	Αντιολισθηρή στρώση ασφαλτικής σκυρομαστίχης πάχους 30 mm με χρήση τροποποιημένης ασφάλτου	ΟΔΟ-4521Β	m ²	7,40*	6,80*	6,50*	6,20*
298	Δ-11	Γαλβανισμένο χαλύβδινο πλέγμα οπλισμού ασφαλτικών στρώσεων, εφελκυστικής αντοχής 40 kN/m κατά τις δύο διευθύνσεις	ΟΔΟ 2311	m ²	7,70	7,00	6,70	6,30
299	Δ-12	Αδροποίηση επιφανείας υφισταμένων ασφαλτικών οδοστρωμάτων με τη μέθοδο της σφαιριδιοβολής	ΟΔΟ 1132	m ²	2,30	2,30	2,30	2,30
	E-17	Διαγράμμιση οδοστρώματος						
386	E-17.1	Διαγράμμιση οδοστρώματος με ανακλαστική βαφή	ΟΙΚ-7788	m ²	3,80	3,45	3,30	3,10
387	E-17.2	Διαγράμμιση οδοστρώματος με θερμοπλαστικά ή ψυχροπλαστικά υλικά	ΟΙΚ-7788	m ²	19,70	18,00	17,10	16,50
388	E-18	Διαφανή ανακλαστικά αντιθορυβικά πετάσματα (ηχοπετάσματα)	ΟΔΟ-2652	m ²	420,00	385,00	365,00	350,00
389	E-19	Ανακλαστικές οριολωρίδες επί στηθαίων	ΟΙΚ-6532	τεμ.	17,30	15,80	15,10	14,30
390	E-20	Βάση προσωρινής στήριξης πινακίδων	ΥΔΡ-6620.1	τεμ.	23,00	21,00	20,00	19,00

Εικόνα 32 Τιμολόγιο Εργασιών Οδοποιίας Τμήμα Γ. ΑΤΟΕ2017

Για παράδειγμά σύμφωνα με τον ΑΤΟΕ η κατασκευή υπόβασης οδοστρωσίας μεταβλητού πάχους από θραυστά αδρανή υλικά σταθεροποιούμενου τύπου σύμφωνα με την ΕΤΕΠ 05-03-03-00 "Στρώσεις οδοστρωμάτων από ασύνδετα αδρανή υλικά", με συμπύκνωση κατά στρώσεις μεγίστου συμπυκνωμένου πάχους κάθε στρώσης 0,10 m, ανεξάρτητα από τη μορφή και την έκταση της επιφάνειας κατασκευής, σε υπαίθρια ή υπόγεια έργα, υπολογίζεται ως εξής

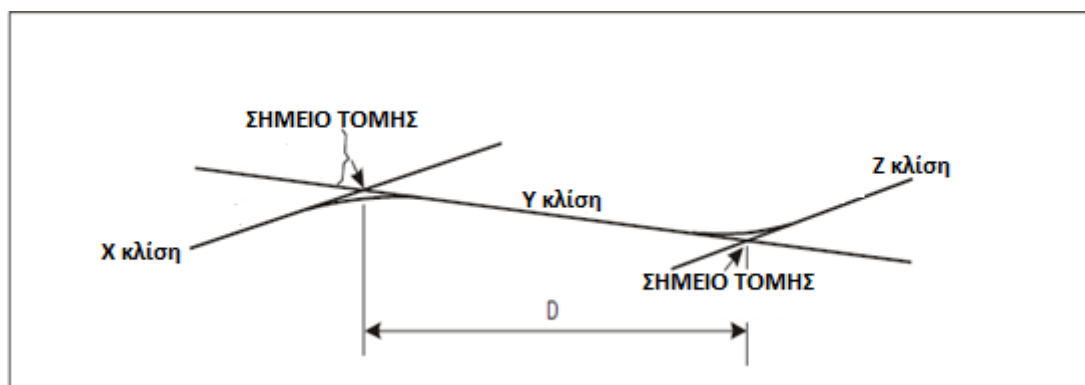
- η προμήθεια των αδρανών και του νερού διαβροχής,
- η μεταφορά τους επί τόπου του έργου από οποιαδήποτε απόσταση,
- η διάστρωση, διαβροχή και πλήρης συμπύκνωση, ώστε να προκύψει η προβλεπόμενη από την μελέτη γεωμετρική επιφάνεια.

Η επιμέτρηση γίνεται με γεωμετρική χωροστάθμιση κατά διατομές πριν και μετά την κατασκευή της στρώσεως, σύμφωνα με την μελέτη και η τελική τιμή θα υπολογίζεται ανά κυβικό μέτρο συμπυκνωμένης υπόβασης μεταβλητού πάχους (ΑΤΟΕ 2017).

4.2.4 Σύστημα αποστράγγισης αεροδρομίου

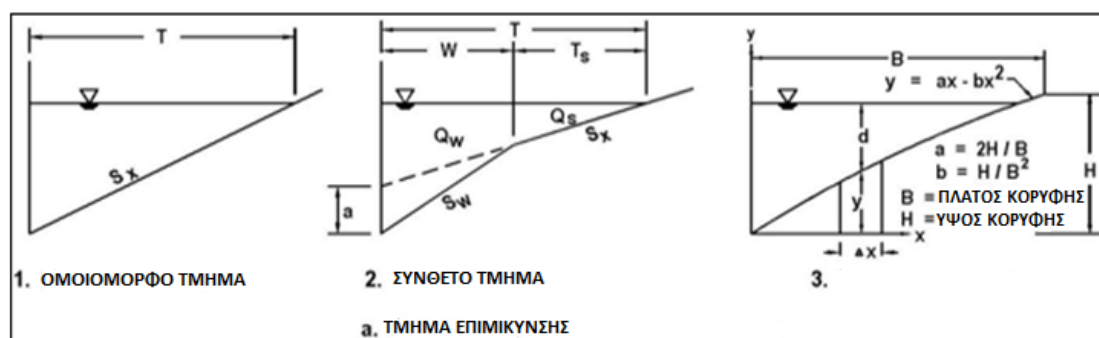
Ένα σημαντικό πρόβλημα που έχει παρατηρηθεί στα μικρά αεροδρόμια που έχουν κατασκευασθεί σε αρκετά νησιά ή σε περιοχές με έντονες βροχοπτώσεις και υψηλή υγρασία είναι το πρόβλημα της αποστράγγισης. Πολλά από τα μικρά αεροδρόμια των ελλαδικών νησιών είναι κατασκευασμένα είτε πολύ κοντά σε παραλίες είτε κοντά σε λιμνοθάλασσες όπως τα αεροδρόμια της Χίου και της Νάξου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα αρκετές φορές την ύπαρξη μεγάλου βαθμού υγρασίας και την δημιουργία στάσιμων νερών σε αρκετά μέρη του διαδρόμου και των τροχοδρόμων καθιστώντας την απογείωση και την προσγείωση των αεροσκαφών πολύ δύσκολη ή και αρκετές φορές αδύνατη. Το νερό στο οδόστρωμα ενός διαδρόμου μπορεί να διακόψει την κυκλοφορία, να μειώσει την αντοχή στην ολίσθηση, να αυξήσει το δυναμικό υδροπλάνησης, να περιορίσει την ορατότητα λόγω του πιτσιλίσματος και του ψεκασμού και να προκαλέσει δυσκολία στην οδήγηση ενός οχήματος όταν οι τροχοί συναντούν λακκούβες. Τα προβλήματα αυτά καθιστούν αναγκαία την ύπαρξη συστημάτων αποστράγγισης για την καλύτερη και ασφαλέστερη λειτουργία των ελληνικών αεροδρομίων. Η αποτελεσματική αποστράγγιση οδοστρωμάτων είναι απαραίτητη για τη διατήρηση του επιπέδου εξυπηρέτησης και για την ασφάλεια της κυκλοφορίας

Ο πρώτος τρόπος επίλυσης αυτού του προβλήματος είναι η δημιουργία διαμήκης, διαγώνιας ή εγκάρσιας κλίσης του διαδρόμου η οποία βοηθά στην απορροή ενός μέρους του νερού από την επιφάνεια του διαδρόμου λόγω της γεωμετρίας που ακολουθεί το σχήμα του οδοστρώματος. Η κλίση που υπολογίζεται διαιρώντας τη διαφορά μεταξύ της μέγιστης και της ελάχιστης ανύψωσης κατά μήκος της κεντρικής γραμμής του διαδρόμου με το μήκος του διαδρόμου δεν πρέπει να υπερβαίνει το 2% στην περίπτωση αεροδρομίων κατηγορίας 1 και 2. Όπου δεν μπορούν να αποφευχθούν αλλαγές κλίσης, η αλλαγή κλίσης μεταξύ δύο διαδοχικών κλίσεων καθώς και η εγκάρσια κλίση δεν πρέπει να υπερβαίνει το 2% στην περίπτωση αεροδρομίων κατηγορίας 1 και 2.



Εικόνα 33 Κλίση διαδρόμων και τροχοδρόμων για την αποστράγγιση

Ένας δεύτερος τρόπος για την αντιμετώπιση των προβλημάτων αποστράγγισης είναι η δημιουργία υδρορροών κατά μήκος των διαδρόμων του αεροδρομίου. Η υδρορροή του οδοστρώματος ορίζεται ως τμήμα του οδοστρώματος δίπλα στον διάδρομο που μεταφέρει νερό κατά τη διάρκεια ενός γεγονότος απορροής. Μπορεί να περιλαμβάνει ένα τμήμα ή ολόκληρη μια λωρίδα ταξιδιού. Όπως απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα. Τα τμήματα υδρορροών μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως συμβατικά ή ρηχά τύπου swale. Τα συμβατικά τμήματα συγκράτησης και υδρορροής έχουν συνήθως τριγωνικό σχήμα, με το περίγραμμα να σχηματίζει το σχεδόν κάθετο σκέλος του τριγώνου.



Εικόνα 34 Συστήματα αποστράγγισης

Οι ρηχές υδρορροές έχουν συνήθως σχήματα V ή κυκλικές τομές όπως φαίνεται στην Εικόνα 35, b.1, b.2 και b.3.



Εικόνα 35 Συστήματα αποστράγγισης



Εικόνα 36 Συστήματα Αποστράγγισης Αεροδρομίων Τμήμα Α



Εικόνα 37 Συστήματα Αποστράγγισης Αεροδρομίων Τμήμα Β

4.2.5 Κατασκευή πύργου ελέγχου και κτιρίου επιβατών

Η κατασκευή του κτιρίου επιβατών σε ένα μικρό αεροδρόμιο δε είναι τόσο σύνθετη όσο σε μεγαλύτερα αεροδρόμια έχοντας ως αποτέλεσμα οι εργασίες που χρειάζονται για την κατασκευή του να είναι πιο απλές. Για την κατασκευή του κτιρίου επιβατών πρέπει πρώτα να προσέξουμε την απόσταση που θα έχει από τον διάδρομο προσγείωσης-απογείωσης για να μην δημιουργεί προβλήματα κατά την απογείωση η προσγείωση των αεροσκαφών. Η κατασκευή του πύργου ελέγχου που τις περισσότερες φορές γίνεται μαζί με το κτίριο επιβατών πρέπει να είναι σε τέτοια θέση ώστε ο ελεγκτής να μπορεί να διακρίνει όλες τις περιοχές του αεροδρομίου από τον διάδρομο μέχρι και τα

δάπεδα στάθμευσης. Η θέση του κτιρίου επιβατών πρέπει να είναι κοντά στον δάπεδα στάθμευσης για να μπορούν να μειώνονται οι χρόνοι αποβίβασης και επιβίβασης των επιβατών.

Σε σεισμογενείς περιοχές κατά τον σχεδιασμό του κτιρίου επιβατών πρέπει να γίνεται και η κατάλληλη αντισεισμική μελέτη για την προφύλαξη του κτιρίου από τυχόν σεισμό.



Εικόνα 38 Κτίριο επιβατών αεροδρομίου Νάξου



Εικόνα 39 Κτίριο επιβατών αεροδρομίου Καστελόριζου

4.2.6 Ραδιοβοηθήματα, σήμανση και φωτισμός

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στο κατά πόσον το αεροδρόμιο πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις μετεωρολογικές συνθήκες ή καλές μετεωρολογικές συνθήκες χωρίς νεφώσεις, και εάν προορίζεται για χρήση κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας ή μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας. Κάθε αεροδρόμιο επομένως ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας του πρέπει να είναι κατασκευασμένο με τα απαραίτητα συστήματα.

Τις περισσότερες φορές στα μικρά αεροδρόμια για να μειώσουμε το λειτουργικό κόστος αλλά και το κόστος κατασκευής δεν τοποθετούμε ραδιοβοηθήματα έχοντας ως αποτέλεσμα το αεροδρόμιο να έχει χαμηλότερα έξοδα αλλά να είναι λειτουργικό συγκεκριμένες ώρες της ημέρας και κάτω από καλές καιρικές συνθήκες.

Έτσι λοιπόν στα περισσότερα μικρά αεροδρόμια οι πτήσεις στον εναέριο χώρο πραγματοποιούνται με κανόνες οπτικής πτήσεως (Visual Flight Rules-VFR). Οι κανόνες οπτικής πτήσεως είναι το σύνολο των κανονισμών με τους οποίους ένας πιλότος μπορεί, έχοντας οπτική επαφή με το έδαφος και την απαραίτητη ορατότητα ώστε να αποφεύγει εμπόδια και άλλα αεροσκάφη, να καθοδηγεί το αεροσκάφος του εξ' όψεως. Για τις πτήσεις VFR, οι κανονισμοί καθορίζουν ειδικές απαιτήσεις που αφορούν στην ύπαρξη ελάχιστης ορατότητας και απόστασης από τα σύννεφα, ώστε να διασφαλίζεται η ασφάλεια της πτήσης. Οι ελάχιστες αυτές απαιτήσεις ενδέχεται να ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο του εναέριου χώρου στον οποίο κινείται το αεροσκάφος.³²

Ο δείκτης κλίσης οπτικής προσέγγισης (Visual Approach Slope Indicator - VASI) είναι ένα σύστημα φωτισμού το οποίο παρέχει πληροφορίες καθοδήγησης για την προσγείωση ενός αεροσκάφους. Τοποθετείται 15 μ. πριν από την αρχή του διαδρόμου και αποτελείται από δύο ζεύγη προβολέων, τοποθετημένα το ένα πίσω από το άλλο που εκπέμπουν κόκκινες και λευκές δέσμες φωτός. Όταν ο πιλότος προσεγγίζει το διάδρομο με την κατάλληλη γωνία καθόδου, η πρώτη σειρά εμφανίζεται λευκή, ενώ η δεύτερη εμφανίζεται κόκκινη. Όταν και τα δύο ζεύγη εμφανίζονται λευκά τότε ο πιλότος γνωρίζει ότι πετάει ψηλότερα από ότι πρέπει ενώ όταν εμφανίζονται κόκκινα πετάει χαμηλότερα από το επιτρεπόμενο όριο. Το σύστημα VASI είναι ορατό από απόσταση 8 χλμ. κατά τη διάρκεια της ημέρας και 32 χλμ. κατά τη διάρκεια της νύχτας. Αυτός ο τρόπος οπτικής καθοδήγησης ήταν ο πιο συνηθισμένος τύπος συστήματος ένδειξης της γωνίας καθόδου, ωστόσο καταργείται σταδιακά από τους δείκτες διαδρομής προσέγγισης ακριβείας (PAPI), οι οποίοι είναι πιο εύκολο να τοποθετηθούν και να συντηρηθούν.



Εικόνα 40 Δείκτης κλίσης οπτικής προσέγγισης (VASI)

Ως δείκτης διαδρομής προσέγγισης ακριβείας (Precision Approach Path Indicator - PAPI) ορίζεται ένα οπτικό βοήθημα που παρέχει πληροφορίες καθοδήγησης και βοηθάει τον πιλότο να αποκτήσει και να διατηρήσει την απαραίτητη γωνία καθόδου κατά την προσέγγιση του σε ένα αεροδρόμιο. Πρακτικά, το βοήθημα PAPI είναι μια διάταξη από προβολείς τοποθετημένη δίπλα στο διάδρομο. Συνήθως αποτελείται από τέσσερις μονάδες με έγχρωμη κωδικοποίηση που εκπέμπουν λευκές και κόκκινες δέσμες φωτός. Ο αριθμός των κόκκινων και λευκών ενδείξεων αποτελεί μήνυμα για τον πιλότο κατά την προσγείωση του. Όταν ο πιλότος βλέπει όλους τους προβολείς να εκπέμπουν λευκές δέσμες τότε γνωρίζει ότι βρίσκεται σε μεγαλύτερο υψόμετρο από το επιθυμητό. Όταν βλέπει όλους τους προβολείς με κόκκινο χρώμα τότε βρίσκεται σε κατάσταση κινδύνου γιατί πετάει πολύ χαμηλά. Τέλος, όταν οι προβολείς είναι κόκκινοι και λευκοί τότε το αεροσκάφος βρίσκεται στο κατάλληλο υψόμετρο και στην απαραίτητη γωνία καθόδου. Το PAPI τοποθετείται συνήθως στην αριστερή πλευρά του διαδρόμου, κάθετα στον άξονα του και σε απόσταση περίπου 300 μέτρων από το κατώφλι. Σε καλές καιρικές συνθήκες, οι πληροφορίες καθοδήγησης από τις ενδείξεις του PAPI μπορεί να είναι ορατές από απόσταση 8 χλμ. Ειδικότερα, τη νύχτα οι δέσμες φωτός μπορεί να είναι ορατές από τουλάχιστον 32 χλμ. Σημειώνεται ότι η καθοδήγηση παύει να είναι ορατή κατά την προσγείωση του αεροσκάφους όταν η απόσταση του από το PAPI φτάνει τα 15 μ. Τα οπτικά συστήματα PAPI λειτουργούν από τους ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας. Αν για οποιοδήποτε λόγο, οι υπηρεσίες του ελεγκτή εναέριας κυκλοφορίας δεν λειτουργήσουν κανονικά σε ένα αεροδρόμιο, το PAPI μπορεί να ενεργοποιηθεί από τον χειριστή του αεροσκάφους από το πιλοτήριο κατά την προσέγγιση του στο διάδρομο.



Εικόνα 41 Δείκτης διαδρομής προσέγγισης ακριβείας (PAPI)

Σε περιπτώσεις όμως όπου το υπό κατασκευή αεροδρόμιο θέλουμε να λειτουργεί καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας και κάτω από διάφορες καιρικές συνθήκες η ύπαρξη των ραδιοβοηθημάτων και ο φωτισμός του διαδρόμου σε συγκεκριμένα σημεία είναι απαραίτητος. Τα ραδιοβοηθήματα ή αλλιώς ραδιοφάρoi είναι συστήματα μετάδοσης πληροφοριών που λειτουργούν συνήθως με μετάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Το είδος των πληροφοριών που μεταδίδουν ποικίλει ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετούν. Ως σύνολο τα ραδιοβοηθήματα στην αεροναυτιλία ονομάζονται

Συστήματα Επικοινωνιών, Πλοήγησης και Επιτήρησης (Communication, Navigation and Surveillance facilities - CNS facilities). Τα συστήματα επικοινωνιών επιτρέπουν την επικοινωνία φωνής αεραεδάφους, εδάφους-εδάφους και αέρα-αέρα και την ανταλλαγή και την από κοινού χρήση στοιχείων. Τα συστήματα επιτήρησης δίνουν, σε πραγματικό χρόνο, πληροφορίες θέσης στους ελεγκτές, και πιθανόν στο θάλαμο διακυβέρνησης, για τον εντοπισμό του αεροσκάφους ή για επικίνδυνα καιρικά φαινόμενα και τέλος, τα συστήματα πλοήγησης δίνουν πληροφορία στο αεροσκάφος για τη θέση του, ώστε να πλοηγηθεί στον εναέριο χώρο και στο έδαφος. Η λειτουργία των συστημάτων αυτών βασίζεται στην αλληλεπίδραση μεταξύ μιας κεραίας εδάφους και μιας κεραίας η οποία βρίσκεται πάνω στο κινούμενο αεροσκάφος.



Εικόνα 42 Ραδιοβοηθήματα Αεροδρομίων

Όλα τα αεροδρόμια ανεξαρτήτως κατηγορίας και χρήσης, είναι απαραίτητα να έχουν έναν τουλάχιστον δείκτη ένδειξης κατεύθυνσης ανέμου. Σύμφωνα με τον ICAO, ένας δείκτης κατεύθυνσης του ανέμου πρέπει να τοποθετείται έτσι ώστε να είναι ορατός από αεροσκάφη κατά την πτήση ή στην περιοχή κίνησης και κατά τρόπο ώστε να είναι απαλλαγμένος από τις επιπτώσεις των διαταραχών του αέρα που προκαλούνται από κοντινά αντικείμενα. Ο δείκτης κατεύθυνσης ανέμου πρέπει να έχει τη μορφή κώνου από ύφασμα και πρέπει να έχει μήκος τουλάχιστον 3,6 m και διάμετρο, στο μεγαλύτερο άκρο, όχι μικρότερη από 0,9 m. Πρέπει να είναι κατασκευασμένος έτσι ώστε να δίνει

μια σαφή ένδειξη της κατεύθυνσης του επιφανειακού ανέμου και μια γενική ένδειξη της ταχύτητας του ανέμου. Το χρώμα ή τα χρώματα πρέπει να επιλέγονται έτσι ώστε ο δείκτης κατεύθυνσης του ανέμου να είναι ορατός και κατανοητός από ύψος τουλάχιστον 300 m, λαμβάνοντας υπόψη το φόντο. Όπου είναι εφικτό, πρέπει να χρησιμοποιείται ένα μόνο χρώμα, κατά προτίμηση λευκό ή πορτοκαλί. Όπου απαιτείται συνδυασμός δύο χρωμάτων για την παροχή επαρκούς ευκρίνειας έναντι αλλαγής φόντου, θα πρέπει κατά προτίμηση να είναι πορτοκαλί και λευκό, κόκκινο και λευκό ή μαύρο και άσπρο και θα πρέπει να είναι διατεταγμένα σε πέντε εναλλακτικές ζώνες, με την πρώτη και την τελευταία ζώνη να είναι πιο σκούρα χρώματα.

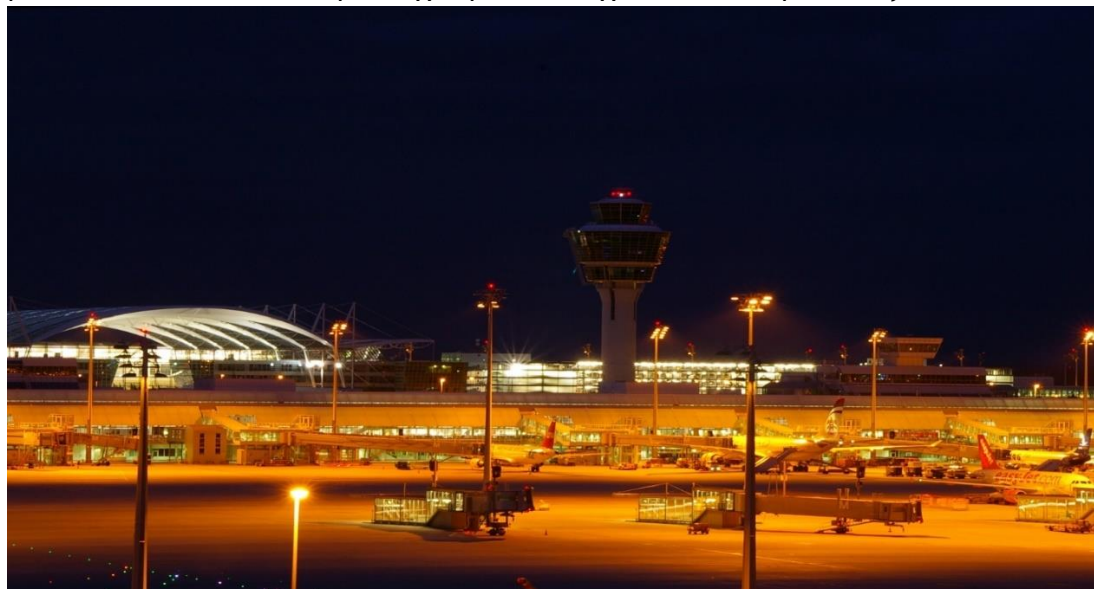
Η θέση τουλάχιστον ενός δείκτη κατεύθυνσης ανέμου πρέπει να επισημαίνεται με κυκλική ζώνη διαμέτρου 15 m και πλάτους 1,2 m. Η ταινία πρέπει να είναι κεντραρισμένη γύρω από το στήριγμα του δείκτη κατεύθυνσης του ανέμου και πρέπει να είναι σε χρώμα που έχει επιλεγεί για να παρέχει επαρκή ευκρίνεια, κατά προτίμηση λευκό. Πρέπει να προβλεφθεί φωτισμός τουλάχιστον ενός δείκτη ανέμου σε ένα αεροδρόμιο που προορίζεται για χρήση τη νύχτα.



Εικόνα 43 Δείκτης κατεύθυνσης ανέμου.

Ένα αναγκαστικό στοιχείο κατά την κατασκευή ενός αεροδρομίου είναι η λάμπα σηματοδότησης. Η λάμπα σηματοδότησης πρέπει να παρέχεται σε όλα τα αεροδρόμια και πιο συγκεκριμένα να βρίσκεται στον πύργο ελέγχου του αεροδρομίου. Μια λυχνία σηματοδότησης πρέπει να είναι ικανή να παράγει κόκκινα, πράσινα και άσπρα σήματα, να δίνει σήμα σε οποιοδήποτε χρώμα ακολουθούμενο από σήμα ή οποιοδήποτε από τα δύο άλλα χρώματα και να μεταδίδει μηνύματα σε οποιοδήποτε από τα τρία χρώματα

με τον κώδικα Morse με ταχύτητα τουλάχιστον τεσσάρων λέξεων ανά λεπτό.

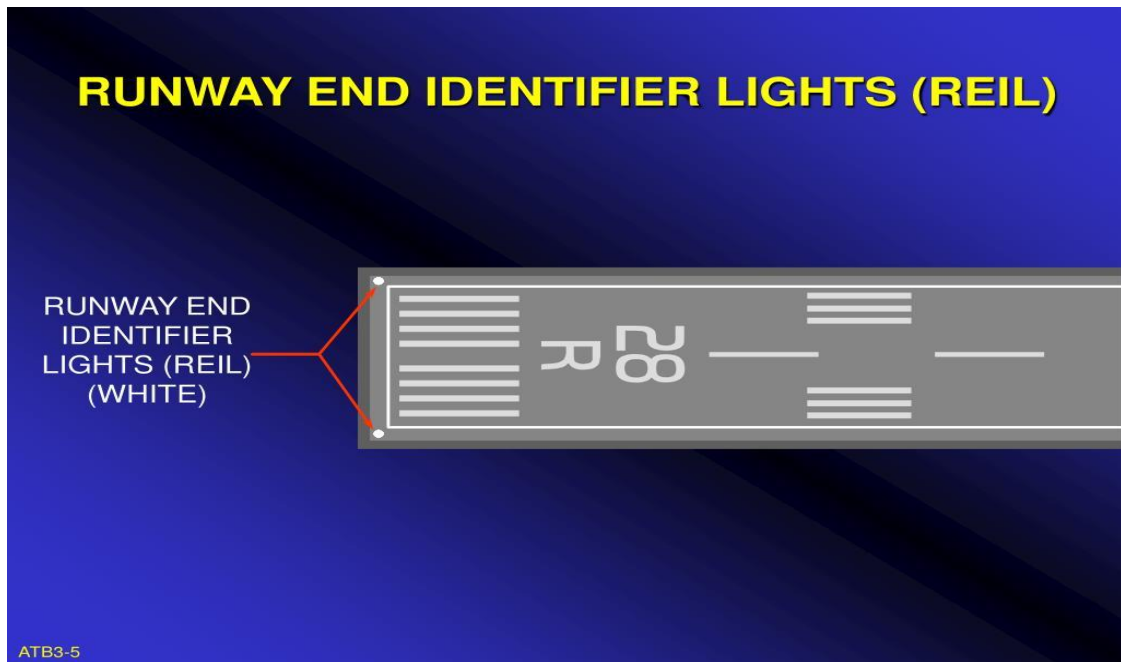


Εικόνα 44 Λαμπτήρες σηματοδότησης αεροδρομίου.

Ο φωτισμός των διαδρόμων στα αεροδρόμια χρησιμοποιείται κυρίως, για να επιτυγχάνονται νυκτερινές επιχειρήσεις (προσγειώσεις και απογειώσεις). Αν το δει κανείς από αέρος, τα φώτα του διαδρόμου σχηματίζουν το περίγραμμα του. Ένας συγκεκριμένος διάδρομος μπορεί να έχει όλα ή μερικά από τα ακόλουθα συστήματα φωτισμού. (Wikipedia)³³

- **Αναγνωριστικά φώτα κατωφλίου διαδρόμου (Runway End Identifier Lights - REIL):** Ζεύγος συγχρονισμένα παλλόμενων φώτων, που φωτοβολούν έντονο λευκό χρώμα προς μια μόνο κατεύθυνση (προς την περιοχή προσέγγισης) ή προς κάθε κατεύθυνση, εγκατεστημένα σε κάθε κατώφλι εκατέρωθεν του διαδρόμου. Τα αναγνωριστικά φώτα κατωφλίου διαδρόμου εγκαθίστανται σε πολλά αεροδρόμια, για να παρέχουν μια γρήγορη και σαφή ταυτοποίηση των κατωφλίων ενός διαδρόμου, όταν ο περιβάλλον χώρος του διαδρόμου κατακλύζεται από άλλες φωταψίες ή δεν εξασφαλίζει μεγάλη αντίθεση με τον καθαυτό διάδρομο ή όταν επικρατούν συνθήκες μειωμένης ορατότητας.

Σύμφωνα με τον ICAO αναγνωριστικά φώτα κατωφλίου διαδρόμου θα πρέπει να εγκαθίστανται, στο κατώφλιο ενός διαδρόμου με προσέγγιση άνευ ακριβείας, όταν απαιτείται επιπλέον ευκρίνεια ή όπου δεν είναι πρακτικά δυνατόν να παρασχεθούν άλλα φωτιστικά βοηθήματα προσέγγισης και όπου το κατώφλιο ενός διαδρόμου έχει μετατοπισθεί μόνιμα από το άκρο του ή προσωρινά από την κανονική του θέση και απαιτείται επιπλέον ευκρίνεια του κατωφλίου. Τα αναγνωριστικά φώτα κατωφλίου διαδρόμου θα πρέπει να τοποθετούνται συμμετρικά γύρω από την κεντρική γραμμή του διαδρόμου, στην ίδια ευθεία με το κατώφλιο και περίπου 10 μέτρα πιο έξω από τα πλευρικά φώτα του διαδρόμου, εκπέμποντας ένα παλλόμενο λευκό φως με συχνότητα 60 έως 120 αναλαμπών ανά λεπτό, που να είναι ορατό μόνο προς την κατεύθυνση της περιοχής προσέγγισης ενός διαδρόμου.

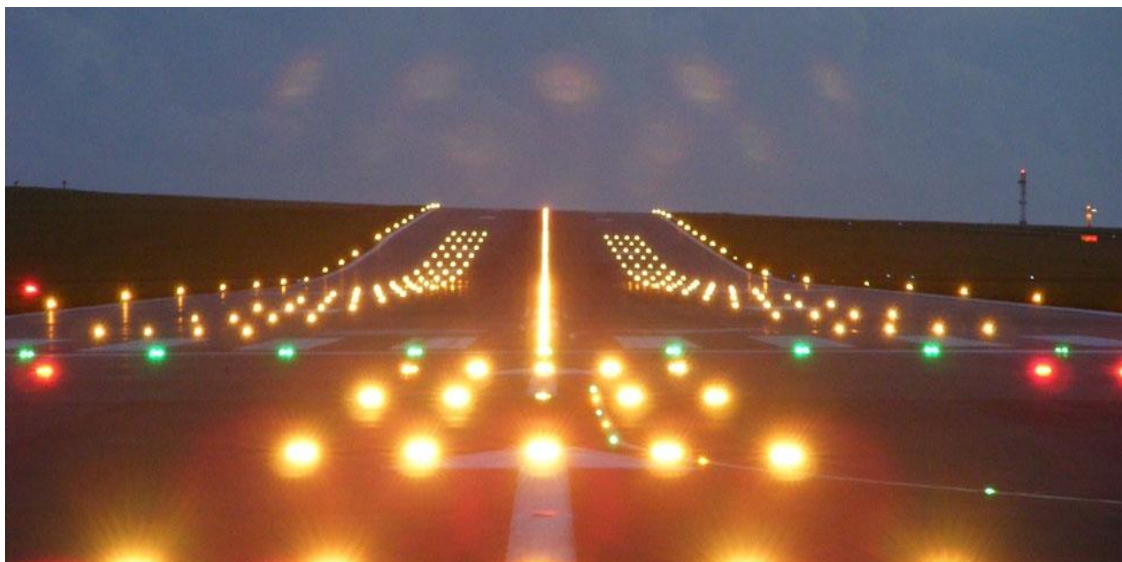


Εικόνα 45 Αναγνωριστικά φώτα κατωφλίου διαδρόμου (Runway End Identifier Lights - REIL)

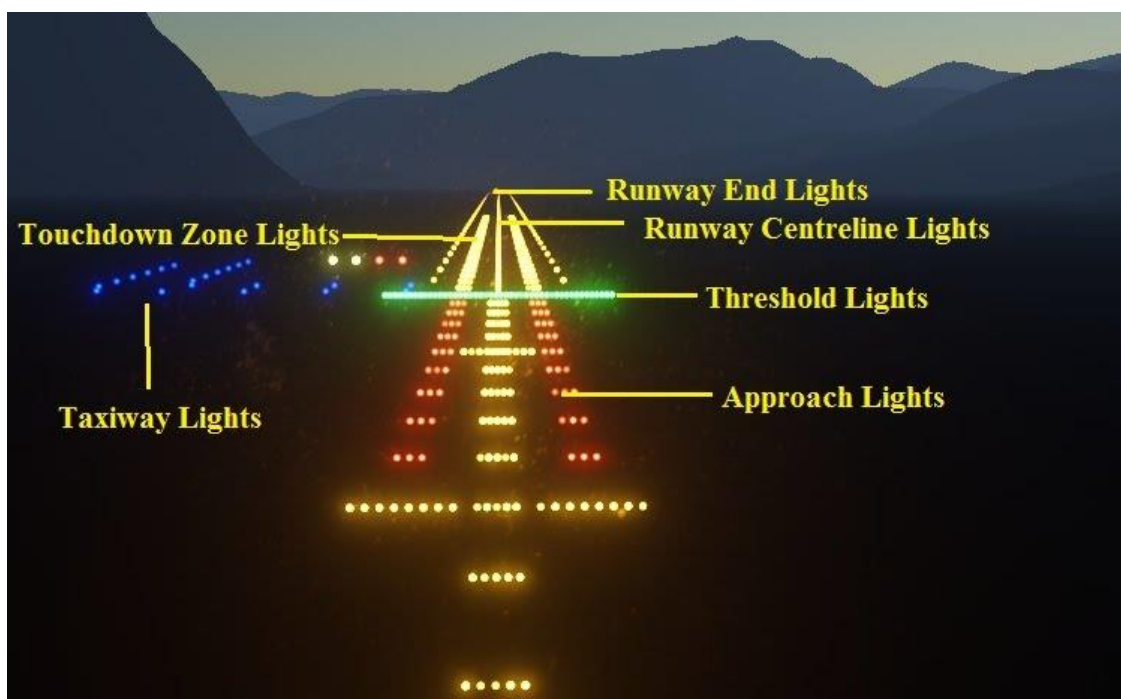
- **Φώτα κατωφλίου διαδρόμου (Runway End Lights):** Πρόκειται για δυο ζεύγη των τεσσάρων φώτων το καθένα, τα οποία τοποθετούνται στα κατώφλια, εκατέρωθεν των διαδρόμων ενόργανης προσέγγισης μετ' ακριβείας. Αυτά τα φώτα εκτείνονται σε όλο το πλάτος του διαδρόμου και φωτοβολούν πράσινο χρώμα, όταν ειδωθούν από την περιοχή προσέγγισης (σημαίνοντας την αρχή - το κατώφλιο του διαδρόμου) και κόκκινο χρώμα όταν ειδωθούν από την περιοχή του διαδρόμου (σημαίνοντας το τέλος του διαδρόμου). Να σημειωθεί, ότι τα φώτα αυτά μπορούν να φωτοβολούν το ίδιο ή διαφορετικό χρώμα προς τις δύο κατευθύνσεις του διαδρόμου, έτσι ώστε να παρουσιάζεται πάντα το ίδιο μοτίβο χρωμάτων και από τις δύο όψεις κάθε διαδρόμου, χωρίς να γίνονται αλληλοεπικαλύψεις των μοτίβων.
- **Πλευρικά φώτα διαδρόμου (Runway Edge Lights):** Είναι υπερυψωμένα φωτιστικά σώματα, τα οποία εκτείνονται κατά μήκος του διαδρόμου και από στις δύο πλευρές, οριοθετώντας τις διαστάσεις του διαδρόμου, κατά τη διάρκεια σκότους ή περιορισμένων συνθηκών ορατότητας. Γενικά, φωτοβολούν λευκό χρώμα, αλλά στους διαδρόμους, που γίνεται ενόργανη προσέγγιση μετ' ακριβείας, παρουσιάζεται μια διαφοροποίηση με το φωτισμό των τελευταίων μέτρων, όπως φαίνονται από την προσέγγιση κάθε διαδρόμου, ώστε να δημιουργηθεί μια Ζώνη Προειδοποίησης (Caution Zone) και να γίνει σαφής η αίσθηση του τέλους του διαδρόμου στον πιλότο. Έτσι, τα τελευταία 610 μέτρα (2000 πόδες) κάθε διαδρόμου ή το τελευταίο τρίτο της συνολικής απόστασης κάθε διαδρόμου (το μικρότερο από τα δύο), τα πλευρικά φώτα έχουν κίτρινο (amber) χρώμα. Να σημειωθεί ότι τα φώτα αυτά μπορούν να φωτοβολούν ίδιο ή διαφορετικό χρώμα προς τις δύο κατευθύνσεις του διαδρόμου, έτσι ώστε να παρουσιάζεται πάντα το ίδιο μοτίβο χρωμάτων και από τις δύο όψεις κάθε διαδρόμου, χωρίς να γίνονται αλληλοεπικαλύψεις των μοτίβων.
- **Σύστημα φώτων κεντρικής γραμμής διαδρόμου (Runway centerline lighting system - RCLS):** Πρόκειται για ενδοδαπέδια φώτα κατά μήκος της κεντρικής

γραμμής του διαδρόμου κατά αποστάσεις των 15 μέτρων (50 ποδών). Αυτό το σύστημα συναντάται σε μερικούς διαδρόμους ενόργανης προσέγγισης μετ' ακριβείας, για να διευκολυνθούν οι προσγειώσεις κάτω από αντίξοες συνθήκες ορατότητας. Κατά βάση, τα φώτα έχουν λευκό χρώμα, με εξαίρεση τα τελευταία 900 μέτρα (3000 πόδες), εκ των οποίων τα 600 μέτρα (2000 πόδες) φωτίζουν κόκκινο και λευκό εναλλάξ (δημιουργώντας ζώνη προειδοποίησης) και τα 300 τελευταία μέτρα (1000 πόδες) φωτίζουν μόνο κόκκινα (τονίζοντας το τέλος του διαδρόμου). Να σημειωθεί, ότι τα φώτα αυτά μπορούν να φωτοβολούν το ίδιο ή διαφορετικό χρώμα προς τις δύο κατευθύνσεις του διαδρόμου, έτσι ώστε να παρουσιάζεται πάντα το ίδιο μοτίβο χρωμάτων και από τις δύο όψεις κάθε διαδρόμου, χωρίς να γίνονται αλληλοεπικαλύψεις των μοτίβων. Τα χρώματα των φώτων κεντρικής γραμμής των τροχοδρόμων είναι διαφορετικό (πράσινο) και, επομένως, δεν δημιουργείται σύγχυση στους εμπλεκόμενους για το αν κινούνται σε διάδρομο ή τροχόδρομο.

- **Φώτα οδήγησης εκτός διαδρόμου** (Taxiway centerline lead-off lights): Τα φώτα αυτά εγκαθίστανται κατά μήκος της επιφανειακής σήμανσης οδήγησης εκτός διαδρόμου, του τόξου εκείνου δηλαδή, που ενώνει την κεντρική γραμμή ενός διαδρόμου με την κεντρική γραμμή ενός συνδεδεμένου τροχοδρόμου, με σκοπό την καθοδήγηση των οχημάτων και αεροσκαφών εκτός του διαδρόμου. Η υπόδειξη της θέσης μιας εξόδου είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στα αεροσκάφη, όταν αυτά "κυλούν" στον διάδρομο με μεγάλη ταχύτητα, καθώς επιβραδύνουν. Τα φώτα ακτινοβολούν σταθερά κίτρινο και πράσινο χρώμα εναλλάξ, ενημερώνοντας τους ενδιαφερομένους ότι βρίσκονται εντός του περιβάλλοντος του διαδρόμου (Περιοχή ασφαλείας, Κρίσιμες Ζώνες ILS / MLS, ό,τι είναι πιο κρίσιμο). Ο πρώτος λαμπτήρας του φωτεινού τόξου είναι πάντα πράσινος και τοποθετείται πολύ κοντά στη κεντρική γραμμή του διαδρόμου, από τη πλευρά της υποδεικνυόμενης εξόδου, ενώ ο τελευταίος λαμπτήρας βρίσκεται πίσω από την επιφανειακή σήμανση Θέσης Ακινητοποίησης εν όψει Διαδρόμου ή Κρίσιμη Περιοχή του συνδεδεμένου τροχοδρόμου.
- **Φώτα οδήγησης εντός διαδρόμου** (Taxiway centerline lead-on lights): Λειτουργούν ακριβώς όπως τα φώτα οδήγησης εκτός διαδρόμου, αλλά φωτίζουν προς την αντίθετη κατεύθυνση, καθοδηγώντας οχήματα και αεροσκάφη προς την κεντρική γραμμή του διαδρόμου. Κάθε φωτιστικό εκπέμπει και προς τις δύο κατευθύνσεις σταθερά το ίδιο χρώμα (πράσινο ή κίτρινο), δηλώνοντας ότι πρόκειται για διαδρομή εντός της κρίσιμης ζώνης ενός διαδρόμου.



Εικόνα 46 Φωτισμός διαδρόμων αεροδρομίου τμήμα Α



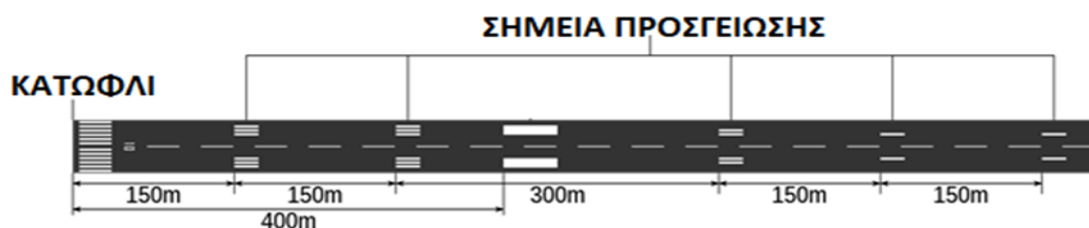
Εικόνα 47 Φωτισμός διαδρόμων αεροδρομίου τμήμα Β

Η σήμανση αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της σωστής λειτουργίας και ασφάλειας ενός αεροδρομίου. Με τον όρο σήμανση δεν εννοούμε μόνο τις πινακίδες που μπορεί να τοποθετούνται αλλά και την διαγράμμιση των διαδρόμων και του τροχοδρομικού συστήματος. Κάθε διάδρομος θα πρέπει να έχει:

- **Αναγνωριστικός Αριθμός (Designator):** Σε κάθε άκρο ενός διαδρόμου τοποθετούνται με μεγάλους, λευκούς χαρακτήρες τα αναγνωριστικά κάθε κατεύθυνσης.
- **Κεντρική Γραμμή (Centreline):** Η κεντρική γραμμή προσδιορίζει το κέντρο ενός διαδρόμου παρέχοντας έναν οδηγό ευθυγράμμισης κατά την

απογείωση ή τη προσγείωση. Είναι μια λευκόχρωμη και διακεκομμένη γραμμή, που εκτείνεται σε όλο το μήκος του διαδρόμου.

- **Πλευρική Γραμμή Διαδρόμου (Runway Side Stripe):** Οι πλευρικές γραμμές του διαδρόμου διαγράφουν τις πλαϊνές άκρες ενός διαδρόμου. παρέχουν μια οπτική αντίθεση μεταξύ διαδρόμου και περιβάλλοντος χώρου ή των πλευρικών βραχιόνων. Οι πλευρικές γραμμές αποτελούνται από απλές, λευκές και συνεχείς γραμμές, τοποθετημένες σε κάθε πλάι του διαδρόμου.
- **Σημείο Στόχευσης (Aiming Point):** Το σημείο στόχευσης χρησιμεύει ως οπτική ένδειξη κατά την προσγείωση αεροσκάφους. Αποτελείται από δύο φαρδιές ορθογώνιες, παραλληλόγραμμες ρίγες, τοποθετημένες εκατέρωθεν της κεντρικής γραμμής σε απόσταση 300 m (1000 ποδών) περίπου από το κατώφλιο προσγείωσης. Μια διαφοροποίηση αυτής της σήμανσης, για τα βρετανικά αεροδρόμια, φαίνεται στα δεξιά του διπλανού σχήματος.
- **Σήμανση Κατωφλίου (Threshold Markings):** Η σήμανση αυτή βοηθά στον οπτικό εντοπισμό του κατωφλίου του διαδρόμου και υπάρχουν σε δύο παραλλαγές. Η πρώτη αποτελείται από οκτώ διαμήκης, ομοιόμορφες ρίγες, συμμετρικά τοποθετημένες εκατέρωθεν της κεντρικής γραμμής. Η δεύτερη παραλλαγή συσχετίζει το πλήθος αυτών των ριγών με το πλάτος του διαδρόμου, ως εξής:
 4 ρίγες, όταν πλάτος είναι μέχρι 18 m (60 πόδες).
 6 ρίγες, όταν πλάτος είναι μέχρι 23 m (75 πόδες).
 8 ρίγες, όταν πλάτος είναι μέχρι 30 m (100 πόδες).
 12 ρίγες, όταν πλάτος είναι μέχρι 45 m (150 πόδες).
 16 ρίγες, όταν πλάτος είναι μέχρι 60 m (200 πόδες).
- **Ζώνη επαφής τροχών (Touchdown Zone):** Η σήμανση της ζώνης επαφής των τροχών βοηθά οπτικά κατά τις επιχειρήσεις προσγείωσης και εμφανίζουν μια κωδικοποιημένη μορφή, για να δίνουν πληροφορία απόστασης από το κατώφλιο προσγείωσης ανά διαστήματα των 150 m (500 ποδών). Η σήμανση αποτελείται από ομάδες τριών, δύο και ενός παραλληλόγραμμων ριγών, τοποθετημένων εκατέρωθεν της κεντρικής γραμμής, όπως στο παραπάνω σχήμα. Για τους διαδρόμους εκείνους, που έχουν σήμανση κατωφλίου και στα δύο άκρα, τα ζευγάρια σήμανσης, που βρίσκονται κοντύτερα από 270 m (900 ποδών) από το μέσον του διαδρόμου (μεταξύ των κατωφλίων), παραλείπονται.
- **Γραμμή Κατωφλίου (Threshold Bar):** Είναι μια λευκή γραμμή κατά πλάτος του διαδρόμου, πάχους 3 μέτρων (10 ποδών), που σηματοδοτεί την αρχή ή το τέλος της επιφάνειας, που προορίζεται για απογείωση ή προσγείωση αεροσκαφών χωρίς περιστατικά έκτακτης ανάγκης.



Εικόνα 48 Σημαντικά σημεία διαδρόμου αεροδρομίου προς σηματοδότηση

Σε πολλά αεροδρόμια για μεγαλύτερη ακρίβεια και ασφάλεια τοποθετούνται και πινακίδες κατά μήκος των διαδρόμων.

- **Πινακίδες εναπομείνουσας απόστασης διαδρόμου** (Runway Distance Remaining Signs). Είναι πινακίδες μαύρου φόντου με άσπρους αριθμητικούς χαρακτήρες, που παρέχουν πληροφόρηση στους πιλότους, τόσο κατά την προσγείωση, όσο και κατά την απογείωση, σχετικά με την απόσταση του διαδρόμου που απομένει μέχρι το τέλος του. Οι αριθμοί αντιπροσωπεύουν τις χιλιάδες των ποδών που απομένουν ως το τέλος του διαδρόμου. Οι πινακίδες τοποθετούνται και από τις δύο πλευρές του διαδρόμου και προς τις δύο κατευθύνσεις (με την αντίστοιχη ένδειξη ανά κατεύθυνση) ανά διαστήματα 300 περίπου μέτρων (1000 ποδών). Η πινακίδα με τον αριθμό "1" δε μπορεί να τοποθετηθεί σε απόσταση μικρότερη των 950 ποδών από το τέλος του διαδρόμου.



Εικόνα 49 Πινακίδες εναπομείνουσας απόστασης διαδρόμου αεροδρομίου (Runway Distance Remaining Signs)

5 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορές των μικρών αεροδρομίων σε σχέση με τα μεγάλα αεροδρόμια, τόσο λειτουργικά όσο και κατασκευαστικά καθώς και το γεγονός της αποδοτικότητας των μικρών αεροδρομίων, κρίνεται σκόπιμο να δοθεί έμφαση στον κατάλληλο σχεδιασμό ενός μικρού αεροδρομίου ώστε να μπορεί να ανταπεξέλθει στις αυξημένες απαιτήσεις της σύγχρονης εποχής. Η Εικόνα 50 παρουσιάζει συνοπτικά το μεθοδολογικό πλαίσιο που ακολουθήθηκε στην παρούσα εργασία το οποίο διαχωρίζεται στα εξής σε τέσσερα στάδια:

1. Συλλογή Στοιχείων και Στατιστικών Δεδομένων

Στο πρώτο στάδιο, της συλλογής στοιχείων και στατιστικών δεδομένων, μελετήθηκαν ερευνητικές και διπλωματικές εργασίες σχετικές με το θέμα των μικρών αεροδρομίων και πεδίων προσγείωσης άλλων συναδέλφων που έχουν πραγματοποιηθεί τα προηγούμενα χρόνια στο εργαστήριο Σιδηροδρομικής και Μεταφορών του ΕΜΠ και χρησιμοποιήθηκαν ως βάσεις για την πραγματοποίηση αυτής της διπλωματικής. Για την συλλογή περισσότερων στοιχείων, έγινε διαδικτυακή αναζήτηση σε εγκεκριμένες επιστημονικές ιστοσελίδες και ξένη βιβλιογραφία αποσκοπώντας στην ευρύτερη κατανόηση του θέματος των μικρών αεροδρομίων και στον τρόπο που λειτουργούν και επηρεάζουν τις υπόλοιπες χώρες. Μέσω της Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας είχαμε την δυνατότητα πρόσβασης σε στοιχεία όπως οι ετήσιες επιβατικές κινήσεις, το μέγεθος των κτιριακών εγκαταστάσεων καθώς και τις θέσεις στάθμευσης κάθε αεροδρομίου. Για τα αεροσκάφη που θα μπορούν να χρησιμοποιούν τα υπό μελέτη αεροδρόμια καθώς και για τον προσδιορισμό του αεροσκάφους σχεδιασμού, τα στοιχεία δεδομένων που έχουν χρησιμοποιηθεί όπως μήκος αεροσκάφους, μήκος ανοίγματος φτερών, βάρος αεροσκάφους και θέσεις επιβατών προκύπτουν από την Γενική Ένωση Κατασκευαστών Αερομεταφορών (General Aviation Manufacturers Association – GAMA). Επίσης μέσω του google maps αντλήθηκαν στοιχεία σχετικά με την έκταση των οικοπέδων των μικρών νησιωτικών αεροδρομίων. Το σύνολο όλων αυτών των στοιχείων θα αποτελεί την βάση δεδομένων του κάθε αεροδρομίου η οποία θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα διπλωματική εργασία. Ο τελικός σχεδιασμός του μικρού αεροδρομίου θα γίνει με βάση τις προδιαγραφές που ορίζονται στο ANNEX 14 του ICAO και της FAA.

2. Επεξεργασία και ανάλυση Δεδομένων

Μετά την συλλογή των στοιχείων και στατιστικών δεδομένων σειρά έχει η επεξεργασία και η ανάλυση των δεδομένων. Η φάση αυτή ξεκινά με τον διαχωρισμό των μικρών αεροδρομίων και των πεδίων προσγείωσης από τα μεγάλα αεροδρόμια και τον προσδιορισμό των προδιαγραφών που πρέπει να ακολουθηθούν. Στη φάση αυτή αναλύονται οι ιδιαιτερότητες και οι διαφορές των μικρών αεροδρομίων και πεδίων προσγείωσης ξεκινώντας από τον σχεδιασμό μέχρι και την λειτουργία τους. Πιο συγκεκριμένα αναφέρονται οι διαφορές που υπάρχουν στις επιφάνειες εμποδίων, στην κατασκευή των διαδρόμων και του τροχοδρομικού συστήματος, στα δάπεδα στάθμευσης των αεροσκαφών, στον τύπο αεροσκαφών τα οποία μπορούν να εξυπηρετήσουν καθώς και στις κτιριακές

εγκαταστάσεις. Τα στοιχεία των μικρών αεροδρομίων και πεδίων προσγείωσης και των αεροσκαφών που τα εξυπηρετούν κατηγοριοποιούνται μέσω βοηθητικών προγραμμάτων όπως το Microsoft Excel μέσω του οποίου γίνεται και περαιτέρω ανάλυση των δεδομένων. Στο πρόγραμμα Microsoft Excel γίνεται και αναφορά στον τρόπο υπολογισμού του τύπου και της διατομής του οδοστρώματος που θα χρησιμοποιηθεί στον διάδρομο του μικρού αεροδρομίου ή πεδίου προσγείωσης ακολουθώντας την μέθοδο της FAA όπως αυτή αναφέρεται στο τεύχος "Οδοστρώματα Αεροδρομίων" (2017) του κυρίου Λοΐζου .

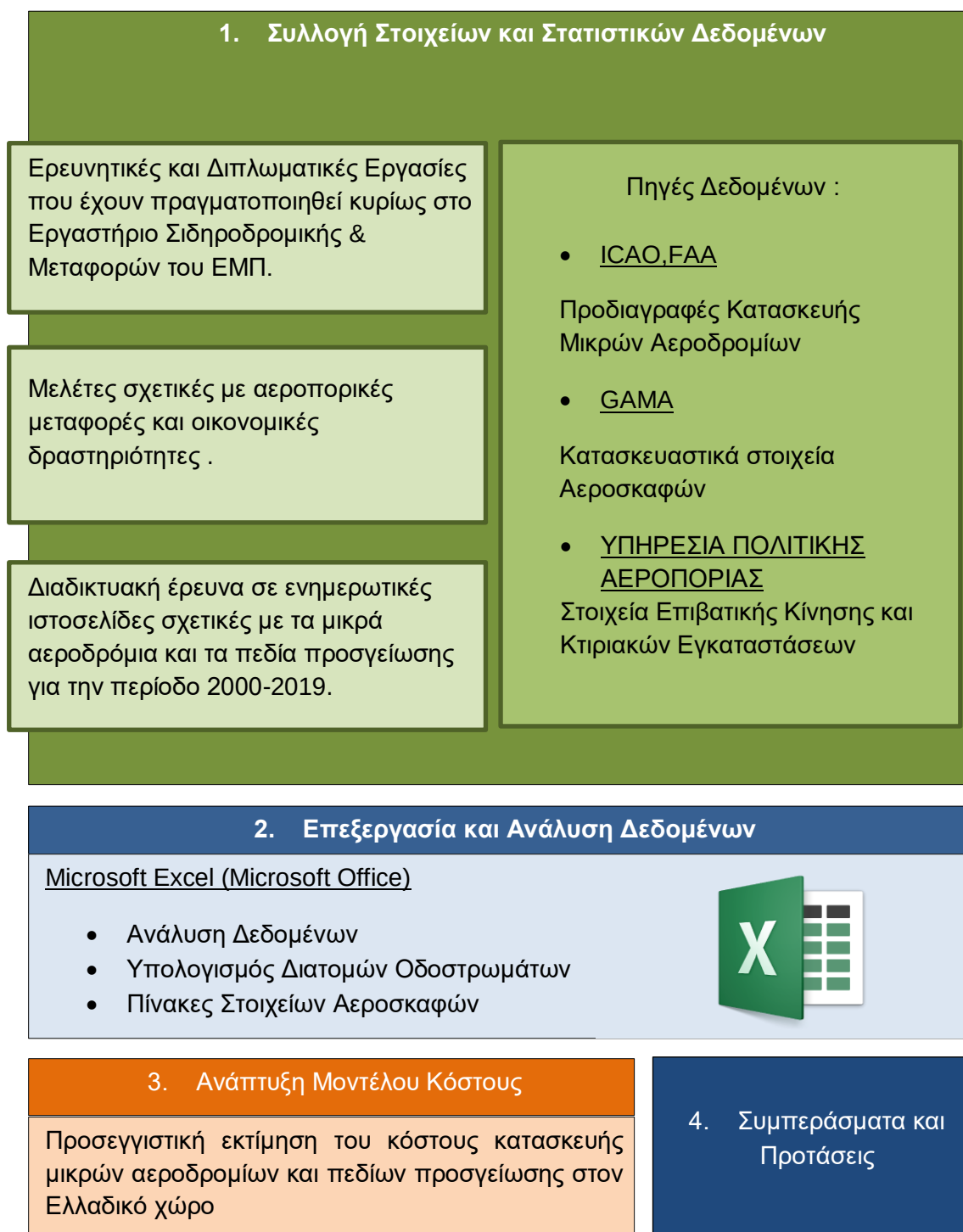
3. Ανάπτυξη μοντέλου κόστους

Στο τρίτο στάδιο γίνεται η προσεγγιστική εκτίμηση του κόστους κατασκευής των μικρών αεροδρομίων και πεδίων προσγείωσης. Για την σωστή εκτίμηση της τιμής κατασκευής ενός μικρού αεροδρομίου ή πεδίου προσγείωσης πρέπει πρώτα να οριστούν οι φάσεις και τα βήματα κατασκευής τα οποία πρέπει να ακολουθηθούν. Έτσι λοιπόν ξεκινώντας από την αγορά του οικοπέδου έως και την παροχή φωτισμού και σήμανσης θα γίνει εκτενής αναφορά στις εργασίες που απαιτούνται για την κατασκευή ενός μικρού αεροδρομίου οι τιμές των οποίων ορίζονται βάση των αναλυτικών τιμολογίων δημοσίων έργων που έχουν θεσπιστεί. Αφού γίνει ο προγραμματισμός των φάσεων κατασκευής και ο καθορισμός της τιμής κόστους κάθε εργασίας μέσω ενός υπολογιστικού μοντέλου που θα λαμβάνει ως μεταβλητές τα στοιχεία που θέλει ο επενδυτής και χρησιμοποιώντας ως παραδοχές τα στοιχεία και τις βάσεις δεδομένων που έχουν ήδη αναφερθεί θα μπορεί να υπολογίζει προσεγγιστικά την τιμή κόστους κατασκευής ενός μικρού αεροδρομίου ή πεδίου προσγείωσης.

4. Συμπεράσματα και Προτάσεις

Στο τελευταίο στάδιο γίνεται συζήτηση των συμπερασμάτων που προκύπτουν από το υπολογιστικό μοντέλο και γενικότερα από την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας και παρουσιάζονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα όσο αναφορά το θέμα των μικρών αεροδρομίων και πεδίων προσγείωσης.

Εικόνα 50 Διαδικασία Μεθοδολογικής Προσέγγισης



6 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ

Με βάση το παραπάνω θεωρητικό υπόβαθρο και τους κανονισμούς του ICAO και της FAA, σκοπός της διπλωματικής εργασίας αυτής είναι η διαμόρφωση ενός μοντέλου εκτίμησης του κόστους κατασκευής μικρών αεροδρομίων ή πεδίων προσγείωσης με χρήση λογιστικών φύλλων (excel). Το συνολικό κόστος κατασκευής ενός μικρού αεροδρομίου ή πεδίου προσγείωσης, θα συμπεριλαμβάνει το κόστος αγοράς του οικοπέδου κατασκευής, το κόστος των εργασιών εξυγίανσης, το κόστος κατασκευής των διαδρόμων και των πεδίων στάθμευσης και οποιαδήποτε άλλα έξοδα απαιτούνται για την κατασκευή του.

Οι μεταβλητές που εισάγονται στο μοντέλο, αποτελούν τις συνιστώσες, τις οποίες θεωρήσαμε, με την ανάλυση του προηγούμενου κεφαλαίου, αναγκαίες για τον προσδιορισμό του κόστους κατασκευής ενός έργου. Εκτός των βασικών δεδομένων εισόδου, έχουμε και επιπλέον μεταβλητές που θέτουν περιορισμούς ή ενημερώνουν τον χρήστη. Το σύνολο των μεταβλητών παρουσιάζεται στον Πίνακα 14.

ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΕΙΣΟΔΟΥ
Περιοχή
Οικόπεδο
Κατηγορία Αεροδρομίου
Τύπος Αεροσκάφους
Εικοσιτετράωρη λειτουργία
Λειτουργία αεροδρομίου σε κακές καιρικές συνθήκες
Μέγεθος Κτιρίου Επιβατών

Πίνακας 14 Πίνακας μεταβλητών Μοντέλου Υπολογισμού

6.1.1 Δεδομένα Εισόδου

Θα παρατεθούν όλες οι ενδεικτικές τιμές κόστους, που ορίστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, βάση αναλυτικών τιμολογίων και βιβλιογραφικών πηγών και θεωρήθηκαν οι πλέον αντιπροσωπευτικές για την εφαρμογή τους στη μεθοδολογία.

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΙΜΩΝ		
ΟΜΑΔΑ Α : ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ ΕΡΓΑ		
Περιγραφή Εργασιών	Κόστος μονάδας(€)	Μονάδα Μέτρησης
Εκσκαφές χαλαρών εδαφών	0,73	m ³
Γενικές εκσκαφές σε έδαφος γαιώδες-ημιβραχώδες	1,08	m ³
Γενικές εκσκαφές σε έδαφος βραχώδες χωρίς χρήση εκρηκτικών	8,58	m ³
Διάνοιξη τάφρου σε έδαφος γαιώδες-ημιβραχώδες	2,05	m ³
Διάνοιξη τάφρου σε έδαφος βραχώδες	5,30	m ³
Προμήθεια δανείων(κατηγορίας E1 έως E4)	2,95	m ³
Κατασκευή επιχωμάτων	1,05	m ³

Πίνακας 15 Δεδομένα τιμών ομάδας χωματουργικών έργων

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΙΜΩΝ		
ΟΜΑΔΑ Β : ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ		
Περιγραφή Εργασιών	Κόστος μονάδας(€)	Μονάδα Μέτρησης
Εκσκαφή θεμελίων τεχνικών έργων & τάφρων πλάτους έως 5,00m	4,40	m ³
Μεταβατικά επιχώματα τεχνικών έργων και επιχώματα ζώνης αγωγών	13,40	m ³
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ		
Μικροκατασκευές (φρεάτια, ορθογωνικές τάφροι κλπ) με σκυρόδεμα C16/20	126,00	m ³
Κατασκευή πλακών πλήρων και ολόσωμων μεσοβάθρων από σκυρόδεμα C25/30	114,00	m ³
Για κατασκευές από σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25	143,00	m ³
Για κατασκευές από απλό σκυρόδεμα κατηγορίας C30/37 κατασκευής δαπέδου αεροσκαφών (ΕΤΕΠ, ΕΣΥ και ισχύοντες κανονισμοί)	156,00	m ³
ΣΙΔΗΡΟΙ ΟΠΛΙΣΜΟΙ		
Χάλυβας οπλισμού σκυροδέματος B500C εκτός υπογείων έργων	1,05	Kg
Χαλύβδινο δομικό πλέγμα B500C εκτός υπογείων έργων	1,15	Kg
Ίνες σκυροδέματος από πολυπροπυλένιο	8,10	Kg
Στεγάνωση επιφανειών σκυροδέματος με διπλή στρώση ασφαλτόπανου και τσιμεντοκονίαμα προστασίας	11,00	m ²
Αποστραγγίσεις με γεωσυνθετικά φύλλα	17,10	m ²
ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΑΡΜΩΝ		
Σφράγιση οριζόντιων αρμών με ελαστομερή ασφαλτική μαστίχη εφαρμοζόμενη εν θερμώ	3,80	m
Σφράγιση κατακόρυφων και κεκλιμένων αρμών με πλαστομερή ασφαλτική μαστίχη	4,20	m
Στεγάνωση αρμού με ελαστική ταινία (waterstop)	13,70	m
ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ		
Χυτοσίδηρά καλύμματα φρεατίων, εσχάρες υπονόμων	1,20	Kg
ΑΓΩΓΟΙ ΟΜΒΡΙΩΝ		
Ονομαστικής διαμέτρου D800 mm	95,00	m
ΦΡΕΑΤΙΑ ΑΠΟΧΟΤΕΥΣΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ		
Φρεάτιο υδροσυλλογής τύπου Φ1N (ΠΚΕ)	362,00	TEM
Φρεάτιο επίσκεψης υπονόμου τύπου Φ10 (D=0,40 ή 0,60 m) (ΠΚΕ)	810,00	TEM
ΦΑΤΝΕΣ		
Γεωύφασμα διαχωρισμού	1,80	m ²

Πίνακας 16 Δεδομένα τιμών ομάδας τεχνικών έργων

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΙΜΩΝ		
ΟΜΑΔΑ Γ : ΟΔΟΣΤΡΩΣΙΑ		
Περιγραφή Εργασιών	Κόστος μονάδας(€)	Μονάδα Μέτρησης
ΥΠΟΒΑΣΗ ΟΔΟΣΤΡΩΣΙΑΣ		
Υπόβαση οδοστρώσας συμπακνωμένου πάχους 0,10 m	1,38	m ²
Υπόβαση οδοστρώσας μεταβλητού πάχους	10,50	m ³
ΒΑΣΗ ΟΔΟΣΤΡΩΣΙΑΣ		
Βάση πάχους 0,10 m (Π.Τ.Π. Ο-155)	1,48	m ²
Βάση οδοστρώσας μεταβλητού πάχους	10,50	m ³
Στρώση στράγγισης οδοστρώματος	10,00	m ³
Κατασκευή ερεισμάτων	15,15	m ³

Πίνακας 17 Δεδομένα τιμών ομάδας οδοστρώσας

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΙΜΩΝ		
ΟΜΑΔΑ Δ : ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ		
Περιγραφή Εργασιών	Κόστος μονάδας(€)	Μονάδα Μέτρησης
Ασφαλτική στρώση βάσης συμπακνωμένου πάχους 0,06 m	7,60	m ²
Αντιολισθηρή ασφαλτική στρώση συμπακνωμένου πάχους 0,04 m με χρήση τροποποιημένης ασφάλτου	10,00	m ²
Ασφαλτικές στρώσεις μεταβλητού πάχους επιμετρούμενες κατά βάρος	68,22	ton
Διαγράμμιση οδοστρώματος με ανακλαστική βαφή	3,80	m ²

Πίνακας 18 Δεδομένα τιμών ομάδας ασφαλτικών

6.1.2 Κόστος αγοράς οικοπέδου και εργασίες εξυγίανσης εδάφους

Ο υπολογισμός του κόστους αγοράς του οικοπέδου καθώς και των εργασιών εξυγίανσης είναι άμεσα συνδεδεμένο με την περιοχή στην οποία βρίσκεται το οικόπεδο. Αυτό συμβαίνει διότι η κάθε περιοχή έχει διαφορετικό συντελεστή κόστους ανά τετραγωνικό μέτρο όσο αναφορά την αγορά του οικοπέδου και διαφορετικό γεωλογικό ανάγλυφο όσο αναφορά τις εργασίες εξυγίανσης ώστε να μπορούμε να υπολογίσουμε το αντίστοιχο κόστος αυτών. Συμπεραίνουμε ότι ο υπολογισμός της μεταβλητής κόστους αυτής θα γίνει προσεγγιστικά. Οι τιμές που ορίζονται στον Πίνακα 19 υπεισέρχονται στο υπολογιστικό μοντέλο και μέσω αυτού υπολογίζονται το κόστος της αγοράς οικοπέδου και των εργασιών εξυγίανσης.

ΚΟΣΤΟΙ ΑΠΑΛΛΟΤΡΙΩΣΕΙΣ ΑΝΑ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ			
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ	ΕΚΤΑΣΗ (Km ²)	ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΑΛΛΟΤΡΙΩΣΗΣ	ΜΕΣΟ ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ m ²
ΠΕΛΛΟΠΟΝΗΣΟΥ	21.439	134.000.000 €	15 €/m ²
ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	24.910	101.000.000 – 134.000.000 €	40 €/m ²
ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	11.336	134.000.000 €	150 €/m ²
ΑΤΤΙΚΗΣ	3.808	43.000.000 – 101.000.000 €	210 €/m ²
ΙΟΝΙΩΝ ΝΗΣΩΝ	2.307	0 – 3.000.000 €	210 €/m ²
ΗΠΕΙΡΟΥ	9.203	12.000.000 – 43.000.000 €	150 €/m ²
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	9.451	3.000.000 – 12.000.000 €	5 €/m ²
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	14.037	134.000.000 €	40 €/m ²
ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	18.811	134.000.000 €	210 €/m ²
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΑΚΗΣ	14.157	12.000.000 – 43.000.000 €	155 €/m ²
ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ	3.836	12.000.000 – 43.000.000 €	80 €/m ²
ΝΟΤΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ	5.286	3.000.000 – 12.000.000 €	5 €/m ²
ΚΡΗΤΗΣ	8.336	43.000.000 – 101.000.000 €	40 €/m ²

Πίνακας 19 Κόστη Απαλλοτριώσεων.³⁴

6.1.3 Κόστος κατασκευής διαδρόμου και τροχοδρόμων.

Πολλοί είναι οι παράγοντες εκείνοι που επηρεάζουν τα γεωμετρικά στοιχεία ενός διαδρόμου σε ένα αεροδρόμιο όπως αναφέρονται και στις παραπάνω ενότητες. Ένας από τους πιο σημαντικούς είναι η επιλογή του αεροσκάφους σχεδιασμού. Στο υπολογιστικό φύλλο που κατασκευάστηκε έγινε αρχικά η διαστασιολόγηση των εύκαμπτων και δύσκαμπτων οδοστρωμάτων με το δυσμενέστερο αεροσκάφος σχεδιασμού, από το σύνολο των υπό μελέτη αεροσκαφών, εφαρμόζοντας την μέθοδο της FAA. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής αυτής ήταν πολύ ενδιαφέροντα εφόσον, ακόμη και με το δυσμενέστερο αεροσκάφος σχεδιασμού οι τιμές των διαστάσεων του πάχους κάθε στρώσης στα εύκαμπτα οδοστρώματα ήταν χαμηλότερες από τις ελάχιστες απαιτούμενες σύμφωνα με την FAA. Για τον λόγο αυτό τα πάχη των στρώσεων έχουν οριστεί ως παραδοχές και έχουν τις ελάχιστες απαιτούμενες διαστάσεις σύμφωνα με την FAA.

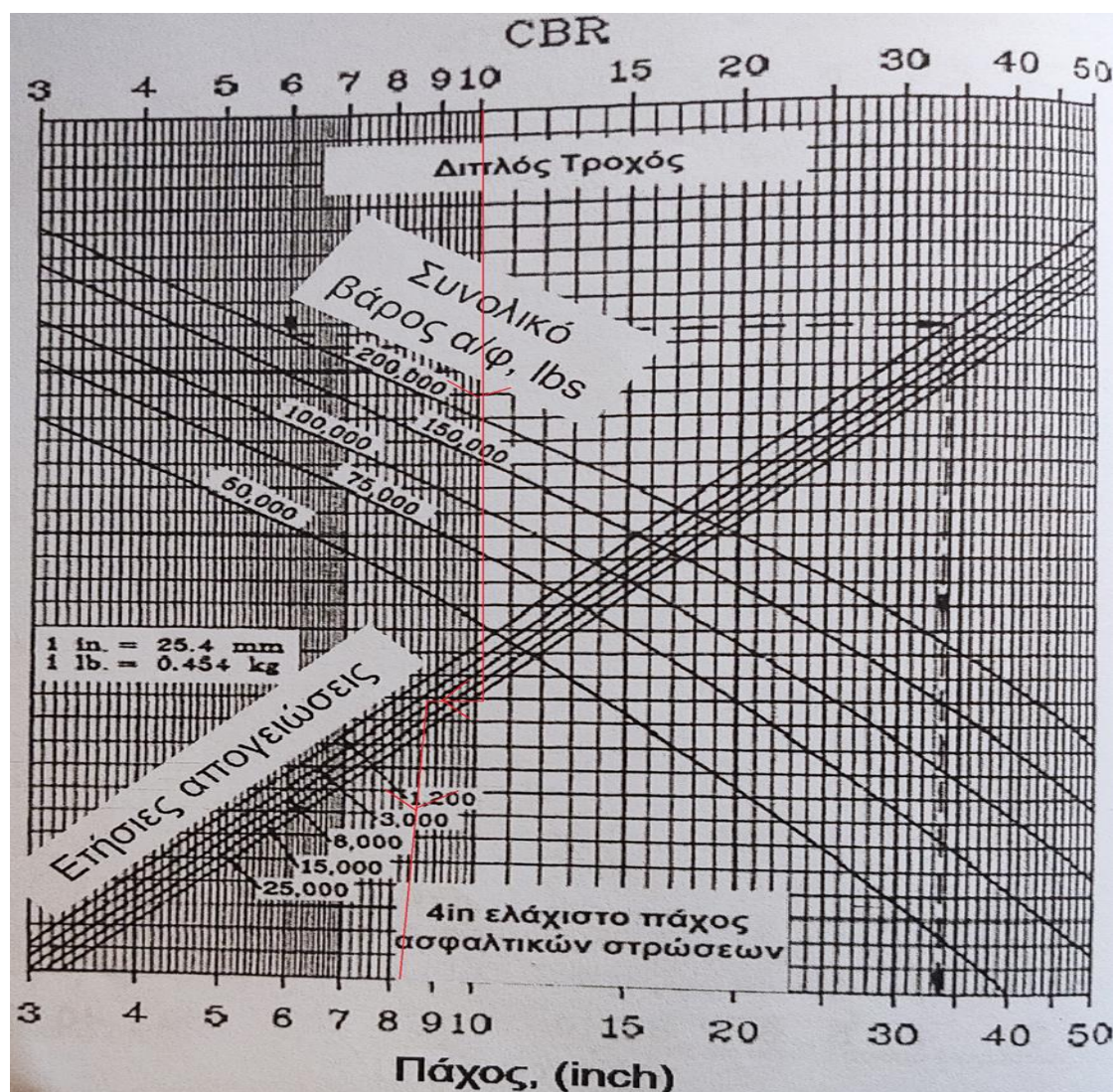
Για την εφαρμογή της μεθόδου FAA χρειαζόμαστε κάποια επιπλέον στοιχεία που στην παρούσα διπλωματική εργασία έχουν οριστεί σαν παραδοχές όπως για παράδειγμα τον δείκτη CBR της φέρουσας ικανότητας της στρώσης έδρασης των οδοστρωμάτων, ο οποίος θα έχει τιμή 10%, και τον αριθμό των ετήσιων απογειώσεων του αεροσκάφους, ο οποίος ορίζεται προσεγγιστικά στις 6000.

Έχοντας ορίσει το αεροσκάφος σχεδιασμού και επιλέγοντας το αντίστοιχο διάγραμμα που ορίζει η μέθοδος, ακολουθούμε τα εξής βήματα.

Βήμα 1. Από την πάνω πλευρά και με σημείο έναρξης την τιμή CBR της στρώσης έδρασης φέρουμε κατακόρυφη ευθεία.

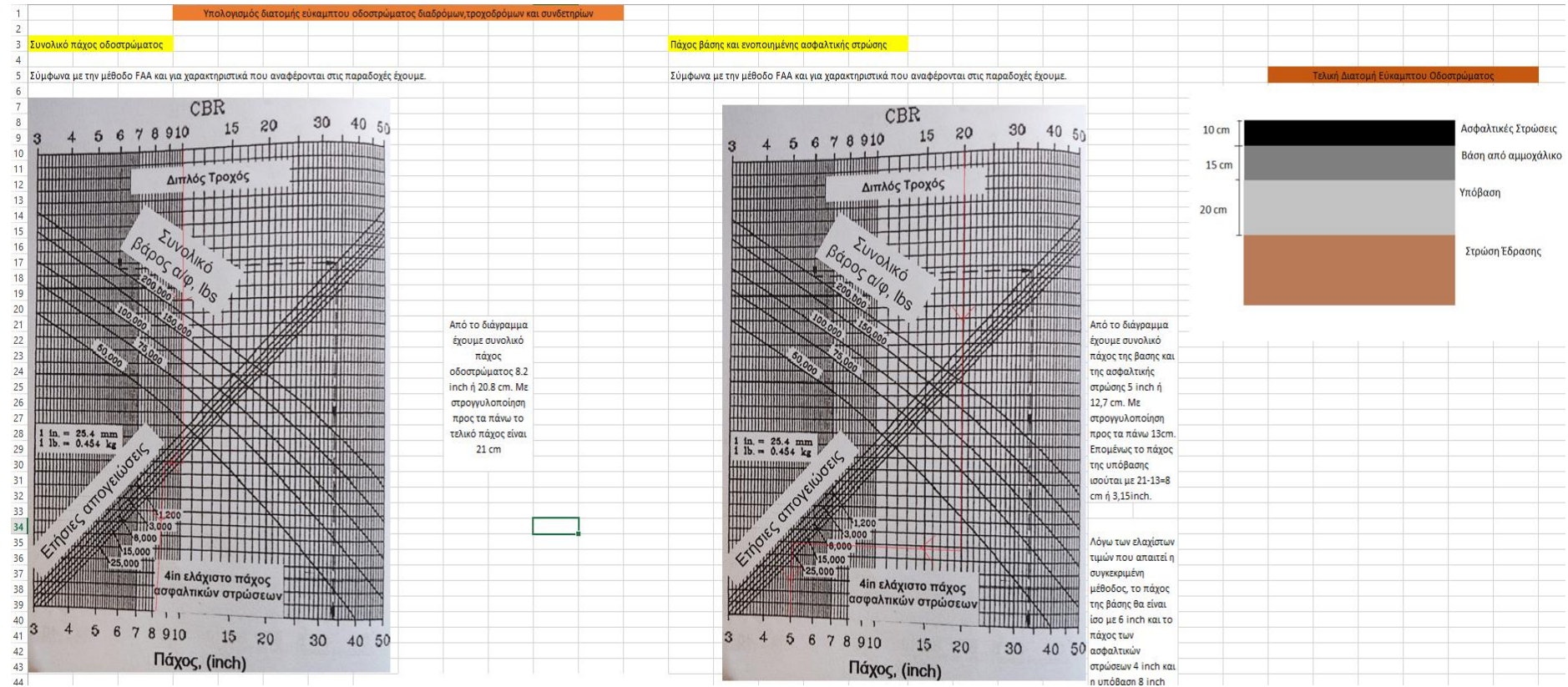
Βήμα 2. Από σημείο τομής της παραπάνω ευθείας με την καμπύλη συνολικού βάρους του α/φ φέρουμε οριζόντια ευθεία.

Βήμα 3. Από το σημείο τομής της ευθείας του βήματος 2 με την ευθεία των ετησίων απογειώσεων φέρουμε κατακόρυφη ευθεία. Στο σημείο τομής της ευθείας του βήματος 3 με την κάτω πλευρά του διαγράμματος διαβάζουμε το συνολικό πάχος του οδοστρώματος σε ίντσες.



Εικόνα 51 Διάγραμμα υπολογισμού για τυπικό φορείο διπλού τροχού εύκαμπτου οδοστρώματος.

Επαναλαμβάνοντας τα βήματα αυτά και εισάγοντας ως αρχική τιμή στην αρχή το CBR του υλικού υπόβασης μπορούμε να υπολογίσουμε το πάχος της βάσης και της ενοποιημένης ασφαλτικής στρώσης δίνοντας μεγάλη προσοχή στις ελάχιστες απαιτούμενες τιμές.



Εικόνα 52 Υπολογισμός διατομής εύκαμπτου οδοστρώματος στο υπολογιστικό φύλλο Excel.

Έχοντας ολοκληρώσει τις παραπάνω ενέργειες θα έχουμε τα πάχη h_1, h_2, h_3 των επιμέρους στρώσεων του εύκαμπτου οδοστρώματος. Μέσω αυτών και γνωρίζοντας πλέον την μορφή της διατομής μας μπορούμε να υπολογίσουμε το κόστος κατασκευής του εύκαμπτου οδοστρώματος του διαδρόμου. Ο υπολογισμός γίνεται μέσω της σχέσης:

$$C_{dia} = (L * b + E_t) * (C_{βάσης} * h_1 + C_{υπόβασης} * h_2 + C_{ασφαλτικών} * h_3) + C_{διαγράμμισης}$$

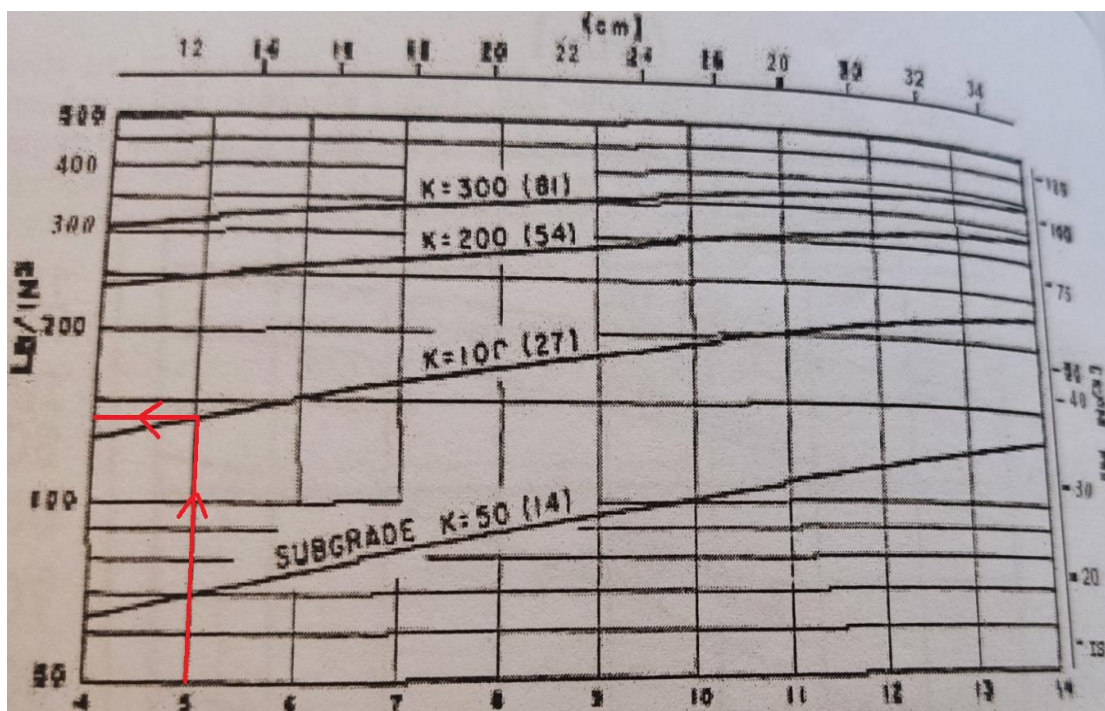
Όπου L , b είναι οι διαστάσεις του διαδρόμου, E_t η συνολική επιφάνεια του τροχοδρομικού συστήματος, $C_{βάσης}$, $C_{υπόβασης}$ και $C_{ασφαλτικών}$ είναι τα κόστη των επιμέρους στρώσεων, του εύκαμπτου οδοστρώματος, h_1 , h_2 και h_3 τα αντίστοιχα πάχη κάθε στρώσης και $C_{διαγράμμισης}$ το κόστος για την συνολική διαγράμμιση του διαδρόμου και του τροχοδρομικού συστήματος.

Για την τοποθέτηση αποστραγγιστικών μεθόδων στους διαδρόμους και στους τροχοδρόμους απαιτείται ειδική μελέτη το κόστος της οποίας πρέπει να προσμετρήθει στο κόστος κατασκευής.

6.1.4 Κόστος κατασκευής δαπέδων στάθμευσης αεροσκαφών

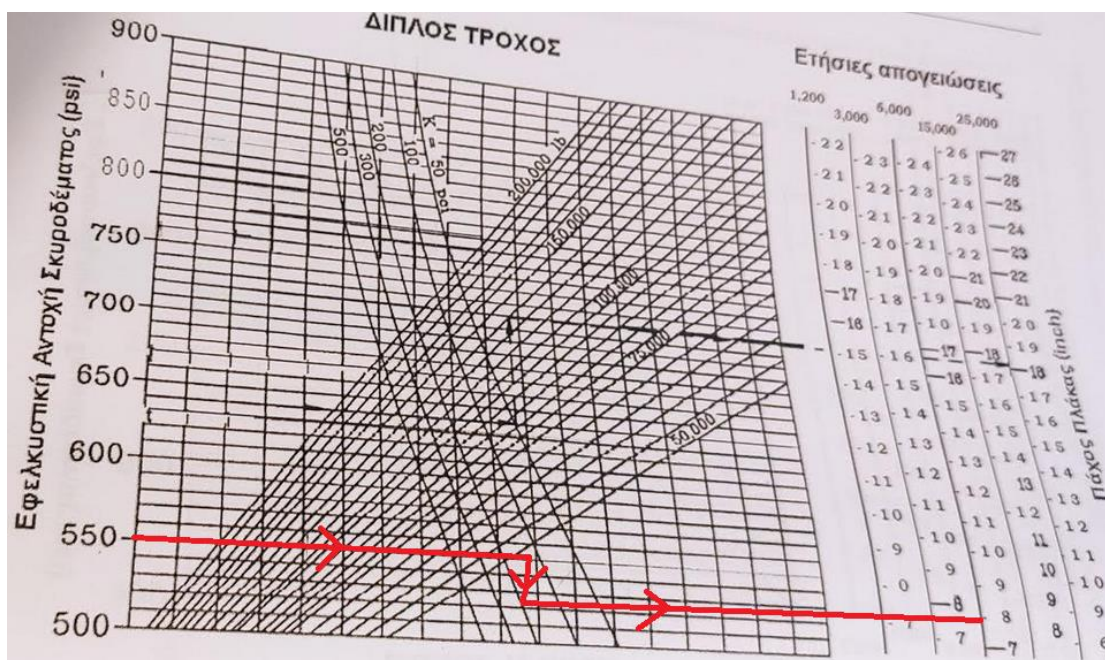
Για τον υπολογισμό των δαπέδων στάθμευσης που θα αποτελούνται από δύσκαμπτο οδόστρωμα θα ακολουθηθεί αντίστοιχη διαδικασία με αυτή των εύκαμπτων οδοστρωμάτων του διαδρόμου και του τροχοδρομικού συστήματος. Έτσι λοιπόν ορίζοντας πάλι το ίδιο αεροσκάφος σχεδιασμού και με την χρήση της μεθόδου FAA για τα δύσκαμπτα οδοστρώματα γίνεται η διαστασιολόγηση της διατομής των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων που θα χρησιμοποιηθούν στα δάπεδα στάθμευσης.

Ξεκινώντας με αντίστοιχες παραδοχές, για την φέρουσα ικανότητα της στρώσης έδρασης ισχύει $K=100 \text{ lbs/inch}^3$, το πάχος της υπόβασης από καλά διαβαθμισμένο θραυστό αμμοχάλικο 5inch και εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος $f = 550 \text{ psi}$ (~3,8 MPA). Χρησιμοποιώντας τις παραπάνω παραδοχές και το διάγραμμα της Εικόνα 53 υπολογίζουμε τον συντελεστή K στην επιφάνεια της υπόβασης.



Εικόνα 53 Διαγράμματα υπολογισμού τιμής συντελεστή K στην επιφάνεια της υπόβασης.

Εν συνεχεία, επιλέγοντας το σωστό διάγραμμα, εισάγουμε στον αριστερό κατακόρυφο άξονα την τιμή της εφελκυστικής αντοχής του σκυροδέματος που θα χρησιμοποιηθεί. Από το σημείο αυτό φέρουμε παράλληλη προς τον οριζόντιο άξονα. Στο σημείο που η ευθεία αυτή τέμνει την καμπύλη που χαρακτηρίζει τον συντελεστή K της υπόβασης φέρουμε ευθεία παράλληλη προς τον κατακόρυφο άξονα. Από το σημείο που η ευθεία αυτή τέμνει την ευθεία που χαρακτηρίζει το συνολικό φορτίο του α/φ σχεδιασμού φέρουμε ευθεία παράλληλη προς τον οριζόντιο άξονα.



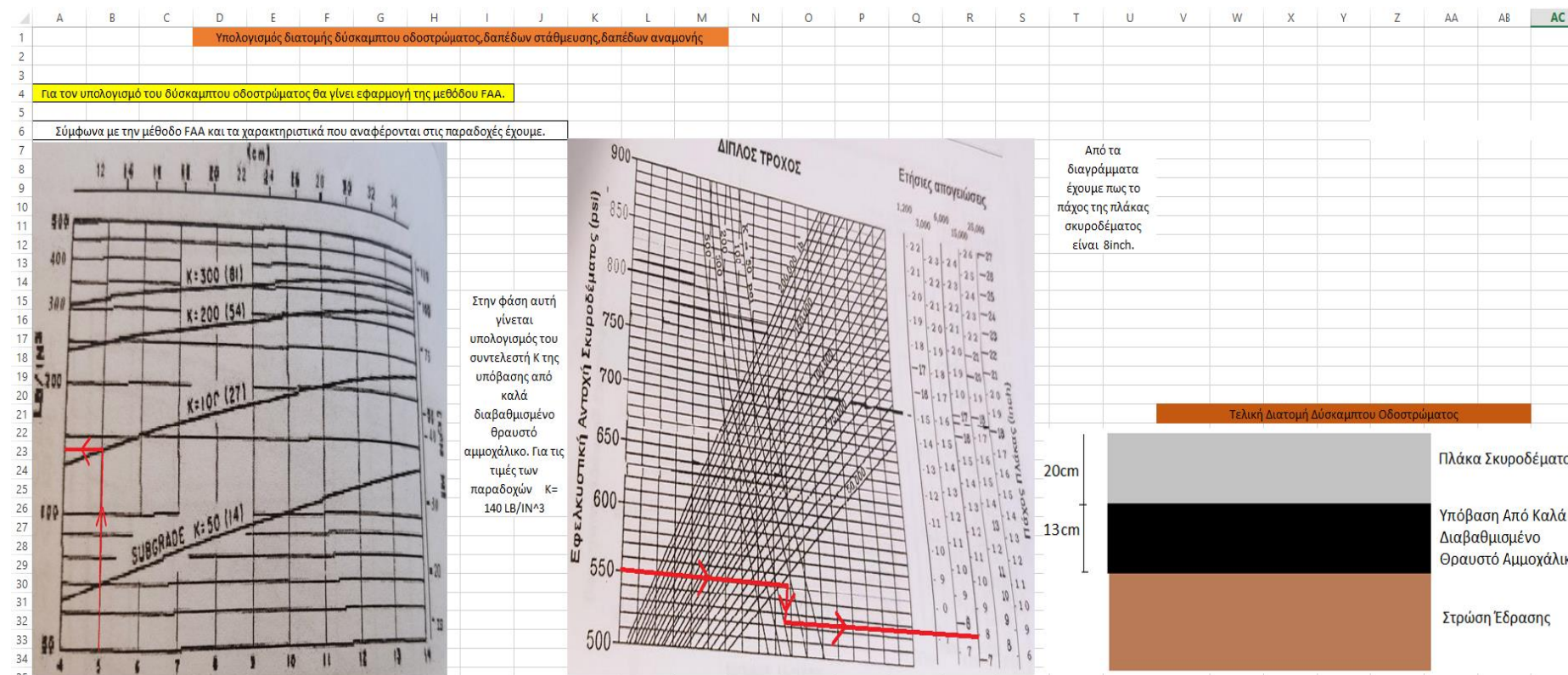
Εικόνα 54 Διάγραμμα υπολογισμού για τυπικό φορείο διπλού τροχού δύσκαμπτου οδοστρώματος

Έχοντας τώρα τα πάχη της υπόβασης και της πλάκας σκυροδέματος και επαληθεύοντας τις ελάχιστες απαιτούμενες τιμές που ορίζουν οι κανονισμοί μπορούμε να υπολογίσουμε το κόστος κατασκευής των δαπέδων στάθμευσης. Το κόστος υπολογίζεται μέσα από την σχέση :

$$C_{dst} = L_{ds} * B_{ds} * (C_{υπόβασης} * h1' + C_{πλάκα \ σκυροδέματος} * h2)$$

Όπου L_{ds} , B_{ds} οι διαστάσεις του δαπέδου στάθμευσης, (προκύπτουν από τις διαστάσεις του αεροσκάφους σχεδιασμού), $C_{υπόβασης}$ και $C_{πλάκα \ σκυροδέματος}$ τα κόστη των επιμέρους στρώσεων, του δύσκαμπτου οδοστρώματος και $h1'$ και $h2'$ τα αντίστοιχα πάχη κάθε στρώσης και

Για την τοποθέτηση αποστραγγιστικών μεθόδων στους διαδρόμους και στου τροχοδρόμους απαιτείται ειδική μελέτη το κόστος της οποίας πρέπει να προσμετρήθει στο κόστος κατασκευής.



Εικόνα 55 Υπολογισμός διατομής δύσκαμπτου οδοστρώματος μέσω του υπολογιστικού φύλλου Excel

6.1.5 Κόστος κατασκευής κτιρίου επιβατών και πύργου ελέγχου

Η κατασκευή του κτιρίου επιβατών και του πύργου ελέγχου όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο εξαρτάται κυρίως από τον φόρτο επιβατών που θέλουμε το αεροδρόμιο μας να εξυπηρετεί και στην συνέχεια τις απαιτήσεις που μπορεί να έχει ο κατασκευαστής ακολουθώντας πάντα τους κανονισμούς του ευροκώδικα και τις απαιτήσεις που ορίζει ο ICAO και η FAA.

Για τον υπολογισμό του κόστους κατασκευής των προαναφερθέντων οικοδομικών κτιρίων είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τις διαστάσεις του κτιρίου και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή τους (κατηγορία μπετόν, κατηγορία οπλισμού κτλ.). Σύμφωνα με τα παραπάνω το κόστος κατασκευής των κτιρίων επιβατών και του πύργου ελέγχου C_{kti} μπορεί να υπολογισθεί μέσω της σχέσης:

$$C_{kti} = C_{Vconc} + C_{Wsteel} + C_{Wwood}$$

Όπου:

C_{Vconc} είναι το κόστος κατασκευής των συνολικών εργασιών που χρειάζονται από μπετόν και υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας το συνολικό όγκο σκυροδέματος που χρησιμοποιήθηκε επί την τιμή που αναλογεί στην αντίστοιχη ποιότητα σκυροδέματος που χρησιμοποιήθηκε.

C_{Wsteel} ορίζεται το κόστος κατασκευής του συνολικού βάρους σίδερων που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή των κτιρίων. Το κόστος υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας το συνολικό βάρος του κάθε σιδήρου επί την αντίστοιχη τιμή του.

C_{Wwood} ορίζεται το κόστος κατασκευής του ξυλότυπου που θα χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή των κτιρίων.

Στο υπολογιστικό φύλλο Excel που δημιουργήθηκε για την παρούσα διπλωματική ο χρήστης χρειάζεται μόνο να εισάγει το μέγεθος του κτιρίου (σε m^2) και ο υπολογισμός γίνεται αυτόματα υπολογίζοντας όλες τις παραπάνω μεταβλητές που αναφέρθηκαν και αντιστοιχίζοντας την, σε μια τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο η οποία συμπεριλαμβάνει και τα έξοδα κουφωμάτων, εξαερισμού και λοιπών εργασιών που απαιτούνται.

6.1.6 Κόστος φωτισμού και ραδιοβοηθημάτων

Για την σωστή λειτουργία του φωτισμού και των ραδιοβοηθημάτων είναι αναγκαστική η ύπαρξη ηλεκτρολόγου μηχανικού ο οποίος θα πρέπει να υποβάλλει τεχνική μελέτη για την τοποθέτηση του φωτισμού και των ραδιοβοηθημάτων. Στην παρούσα διπλωματική εργασία δεν θα γίνει εκτενής αναφορά στον τρόπο υπολογισμού του κόστους φωτισμού και των ραδιοβοηθημάτων και ο υπολογισμός του αντίστοιχου κόστους θα γίνει προσεγγιστικά σε σχέση με ήδη υπάρχων μελέτες.

Πιο συγκεκριμένα σε μελέτες που έγιναν στο Οχάιο για μικρά αεροδρόμια κατηγορίας 1 ή 2 το κόστος του φωτισμού και των ραδιοβοηθημάτων αναλύεται στον παρακάτω Πίνακα 20

Ραδιοβοηθήματα & Φωτισμός	Κόστος Μονάδας	Συνολικές Ποσότητες	Κόστος
Ραδιοβοηθήματα ή GPS	\$225,000.00	1	\$225,000
Φώτα Κατωφλιού Διαδρόμου	\$35,000.00	1	\$35,000
Πλευρικά Φώτα Διαδρόμου	\$80.00	4,000	\$320,000
Φώτα Κεντρικής Γραμμής Διαδρόμου	\$15.00	368	\$5,500
Φάρος	\$50,000.00	1	\$50,000
Δείκτης ανέμου (φωτιζόμενος)	\$20,000.00	1	\$20,000
Συνολικό Κόστος			\$655,500 €582.000

Πίνακας 20 Κόστος Ραδιοβοηθημάτων και Φωτισμού μικρών αεροδρομίων.³⁵

Σύμφωνα λοιπόν με στοιχεία μελετών (Επέκταση διαδρόμου Χίου, Επέκταση διαδρόμου Σύρου και μικρών αεροδρομίων του Οχάιο) το κόστος φωτισμού και ραδιοβοηθημάτων ανέρχεται περίπου στα 550.000 € για ένα μικρό αεροδρόμιο κατηγορίας 1,2. Επομένως:

$$C_{\text{fwt}} = 382.000\text{€ και } C_{\text{rad}} = 200.000 \text{ €}$$

6.2 Εφαρμογή Υπολογιστικού Μοντέλου

Στις προηγούμενες παραγράφους παρουσιάστηκαν οι μεταβλητές, τα δεδομένα υπολογισμού και οι αναλυτικές σχέσεις εκτίμησης του προϋπολογισμού μικρών αεροδρομίων και πεδίων προσγείωσης, λαμβάνοντας υπόψιν κρίσιμες παραμέτρους και χαρακτηριστικά που μπορεί να απαιτούνται για την σωστή κατασκευή και λειτουργία του έργου.

Στην παράγραφο αυτή θα γίνει μια εφαρμογή του υπολογιστικού μοντέλου που μελετάται στην παρούσα διπλωματική εργασία, με χρήση των λογιστικών φύλλων σε περιβάλλον Microsoft Excel 2007, με σκοπό τον έλεγχο των αποτελεσμάτων και την σωστή λειτουργία του μοντέλου. Για την εφαρμογή θα μελετηθεί η κατασκευή αεροδρομίου κατηγορίας 2, κατά ICAO, με τα εξής χαρακτηριστικά.

- Μήκος διαδρόμου 1200m (το μέγιστο μήκος της κατηγορίας 2 κατά ICAO)
- Πλάτος διαδρόμου 30m (το ελάχιστο επιτρεπόμενο στην κατηγορία 2)
- Οικόπεδο:100.000τμ Υπολογίσθηκε με βάση τις τυπικές διαστάσεις των εγκαταστάσεων ενός αεροδρομίου κατηγορίας 2
- Κτίριο επιβατών : 200τμ
- Βάθος εργασιών εξυγίανσης 20 cm
- Μέσο κόστος εργασιών εξυγίανσης 12 €/m³
- Οι διαμήκεις, εγκάρσιες και οι εναλλασσόμενες κλίσεις δεν πρέπει να ξεπερνούν το 2%
- Ο δείκτης CBR για την φέρουσα ικανότητα της στρώσης έδρασης των οδοστρωμάτων θα είναι ίσος με 10%.
- Ο δείκτης CBR για την φέρουσα ικανότητα της υπόβασης από ασύνδετο αμμοχάλικο θα είναι ίσος με 20%.
- Για την φέρουσα ικανότητα της στρώσης έδρασης ισχύει $K=100 \text{ lbs/inch}^3$ (~27,7 MN/m³)

Ξεκινώντας με την αγορά οικοπέδου, έκτασης 100.000τμ στρεμμάτων στην περιφέρεια της Κρήτης το κόστος αγοράς οικοπέδου θα υπολογιστεί από τον τύπο $C_{oik} = E_{oik} * u$, με το u να έχει την τιμή 40,επομένως:

$$C_{oik} = 100.000 * 40 = 4.000.000 \text{ €}$$

Το κόστος των εργασιών εξυγίανσης για βάθος εξυγίανσης 20cm και συνολικής επιφάνειας 100.000 m² θα υπολογιστούν μέσω της σχέσης $C_{exy} = E * E_{oik} * u$ επομένως

$$C_{exy} = 100.000\text{m}^2 * 0,2\text{m} * 12 \text{ €/m}^3 = 240000$$

Σύνολο ομάδας Α : Χωματουργικά	4.240.000
--------------------------------	-----------

Για την κατασκευή του διαδρόμου θα οριστεί αεροσκάφος σχεδιασμού CE-680a Citation latitude το οποίο κατασκευάζεται από την εταιρία Textron Aviation (Cessna Aircraft) και ανήκει στην κατηγορία Business Jets. Το εν λόγω αεροσκάφος έχει χαρακτηριστικά:

- Μήκος ανοίγματος φτερών: 22m
- Μέγιστο βάρος: 13.971 kg ή 30,800 lb
- Ελάχιστο απαιτούμενο μήκος διαδρόμου απογείωσης-προσγείωσης: 1100m
- Τυπική διάταξη τροχών: Διπλός τροχός

Για την κατασκευή διαδρόμου μήκους 1200m και πλάτους 30m και τροχοδρομικού συστήματος συνολικής έκτασης 12000 m², από εύκαμπτο οδόστρωμα, μέσω της χρήσης της μεθόδου FAA και αεροσκάφος σχεδιασμού CE-680a Citation latitude η διατομή του οδοστρώματος θα αποτελείται από τις εξής στρώσεις:

- Πάχος ασφαλικών στρώσεων 0.1m
- Πάχος βάσης από αμμοχάλικο 0.15m
- Πάχος υπόβασης 0.2m

Για τον υπολογισμό του κόστους κατασκευής του διαδρόμου θα χρησιμοποιηθεί η σχέση:

$$C_{dia} = (L * b + E_t) * (C_{βάσης} * h_1 + C_{υπόβασης} * h_2 + C_{ασφαλικών} * h_3) + C_{διαγράμμισης}$$

Επομένως:

$$C_{dia} = (1200 * 30 + 12.000) * (10,5 * 0,15 + 10,5 * 0,2 + 7.6 * 0.06 + 10 * 0.04) + 3,80 * (1200 * 30 + 12.000) * 0,20$$

$$C_{dia} = 253.968 \text{ €}$$

Για την κατασκευή των δαπέδων στάθμευσης από δύσκαμπτο οδόστρωμα χρησιμοποιούμε την μέθοδο FAA και αεροσκάφος σχεδιασμού το CE-680a Citation latitude. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της FAA η διατομή του οδοστρώματος προκύπτει:

- Πάχος Υπόβασης 13 cm
- Πάχος πλάκας σκυροδέματος 20 cm

Για τον υπολογισμό του κόστους κατασκευής τριών δαπέδων στάθμευσης μήκους 19m και πλάτους 22m έχουμε.

$$C_{dst} = (L_{ds} b_{ds}) * (C_{υπόβασης} * h_1' + C_{πλάκα \text{ σκυροδέματος}} * h_2')$$

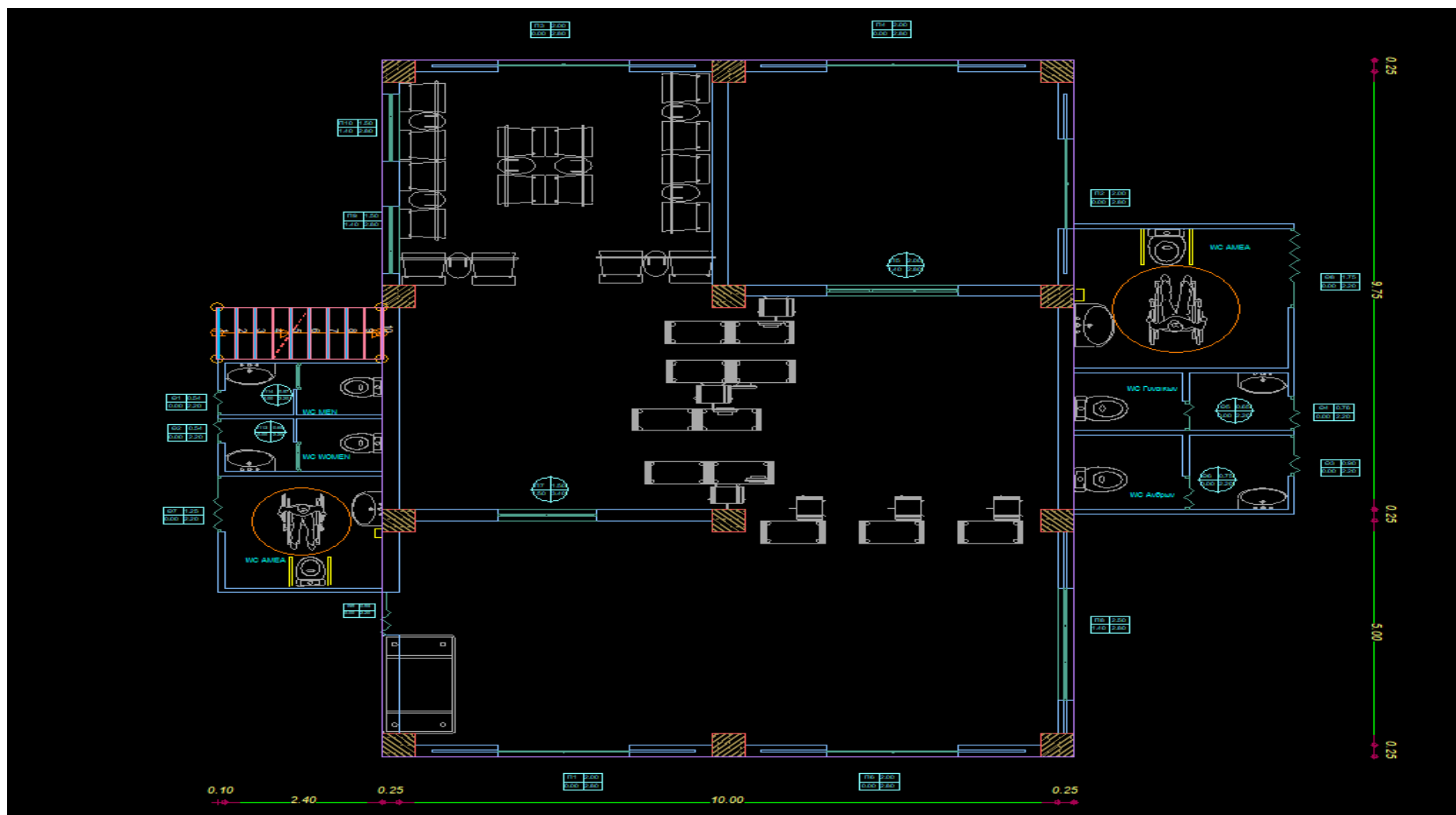
$$C_{dst} = (19 * 22 * 3) * (10,5 * 0,13 + 156 * 0,2)$$

$$C_{dst} = 40.836,51 \text{ €}$$

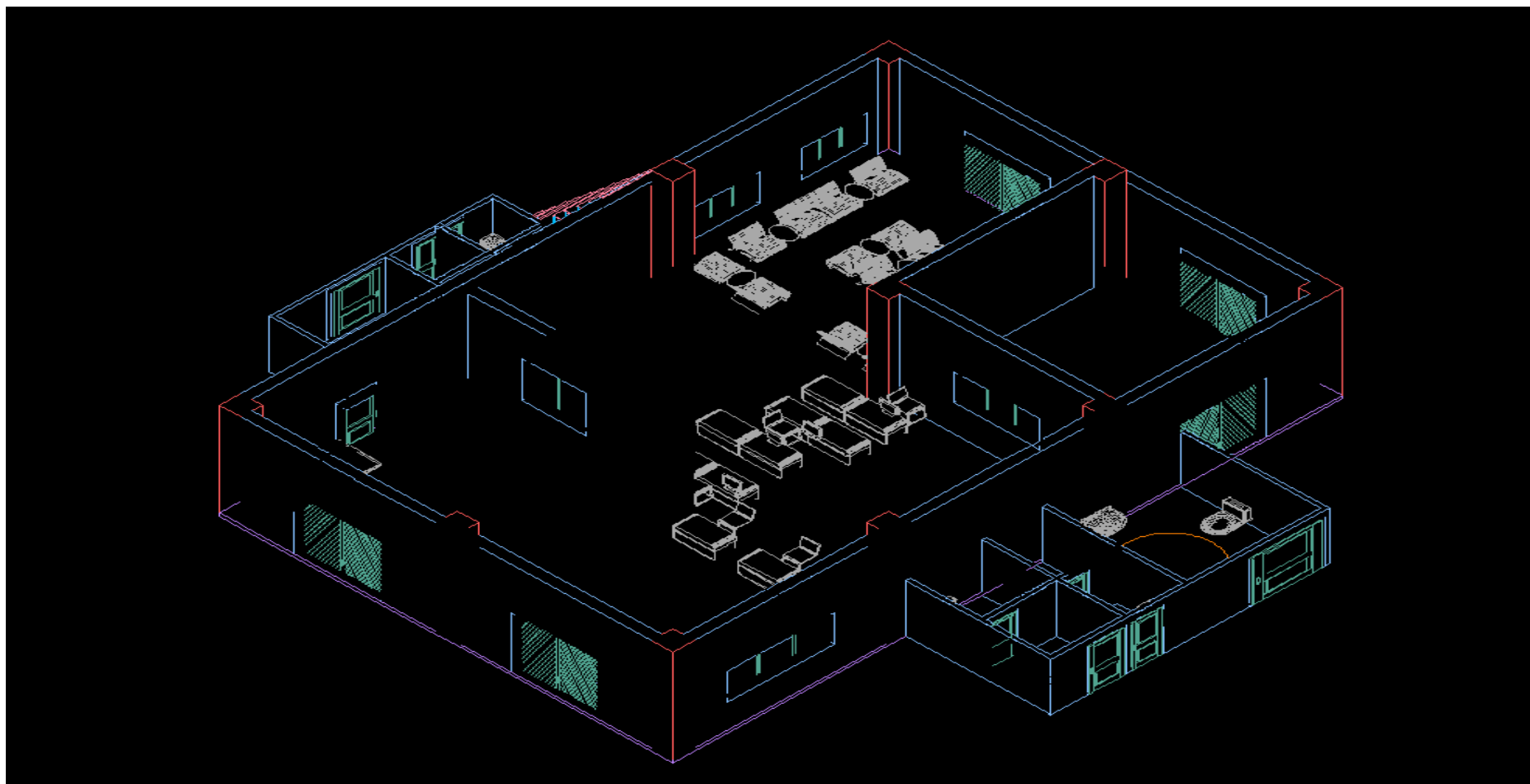
Σύνολο ομάδας Β : Οδοστρωσία	294.804,51€
------------------------------	-------------

Για το κτίριο επιβατών στην παρούσα διπλωματική εργασία σχεδιάσθηκε στο πρόγραμμα ΤΕΚΤΩΝ 7 ένα κτίριο 200τμ μαζί με τον πύργο ελέγχου και έγινε αναλυτικά η αντίστοιχη στατική μελέτη.

Αρχικά ξεκινώντας με το πρόγραμμα ΤΕΚΤΩΝ 7 έγινε η χάραξη και η δημιουργία της κάτοψης του κτιρίου.



Εικόνα 56 Κάτοψη Κτιρίου Επιβατών



Εικόνα 57 Κάτοψη Κτιρίου σε γραμμική προβολή

Στην συνέχεια με την βοήθεια του προγράμματος στατικής και αντισεισμικής ανάλυσης κτιρίων : ΡΑΦ έγινε η στατική μελέτη του κτιρίου με τις εξής παραμέτρους.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΤΙΡΙΟΥ:

Περιγραφή φέροντος οργανισμού :
Είδος θεμελίωσης : Μεμονωμένα πέδιλα

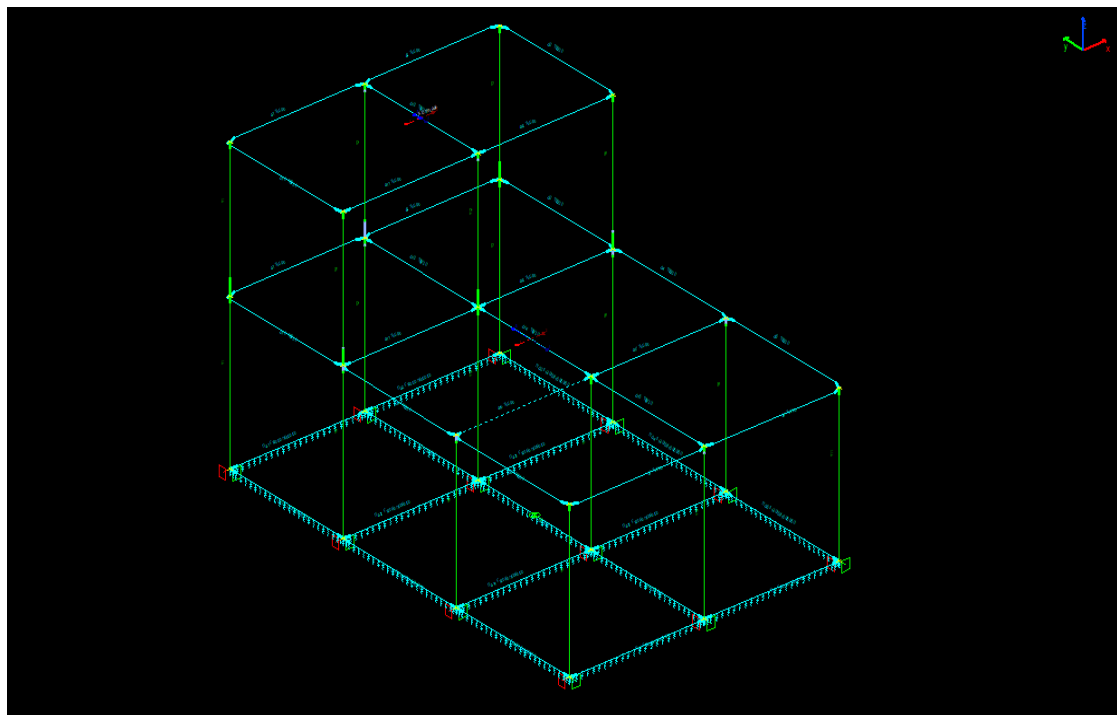
ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ:

Είδος εδάφους θεμελιώσεως : Άργιλος λίγο υγρή
Κατηγορία εδάφους : B
Επιτρεπόμενη τάση εδάφους : $\sigma_{ep} = 250.00 \text{ kN/m}^2$
Ίδιο βάρος εδάφους : $\gamma = 17.00 \text{ kN/m}^3$
Δείκτης εδάφους : $k_s = 45000.00 \text{ kN/m}^3$

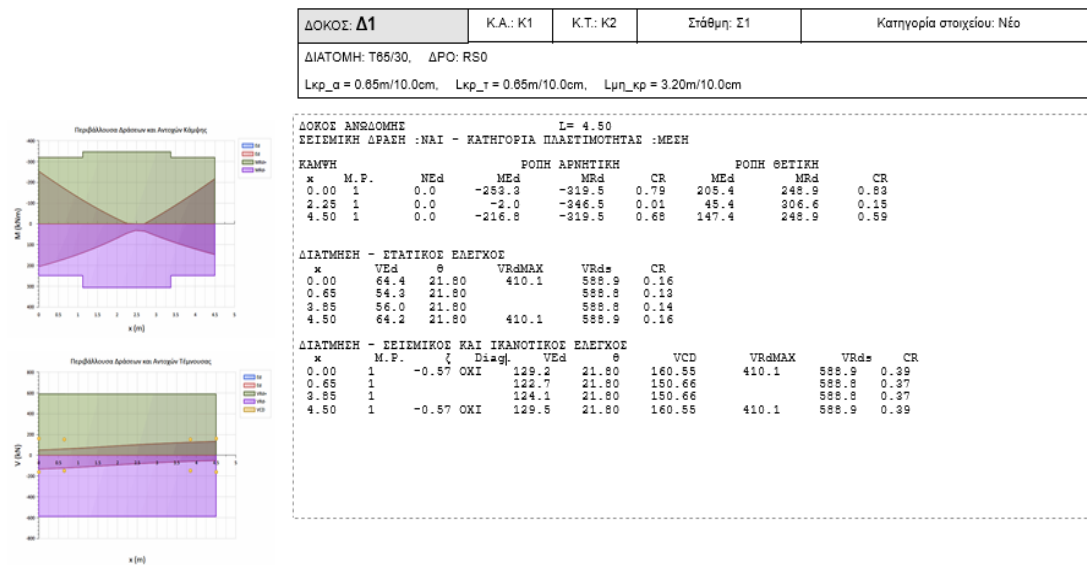
ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΤΙΡΙΟΥ:

Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας : Z3
Σεισμική επιτάχυνση εδάφους : $a_g = 3.5316 \text{ m/sec}^2$
Συντελεστής συμπεριφοράς : $q = 3.50$
Κατηγορία σπουδαιότητας : II, συντελεστής $\gamma_i = 1.00$
Μέγιστη εδαφ.επιτάχυνση αναφοράς : $a_{gR} = 0.36$

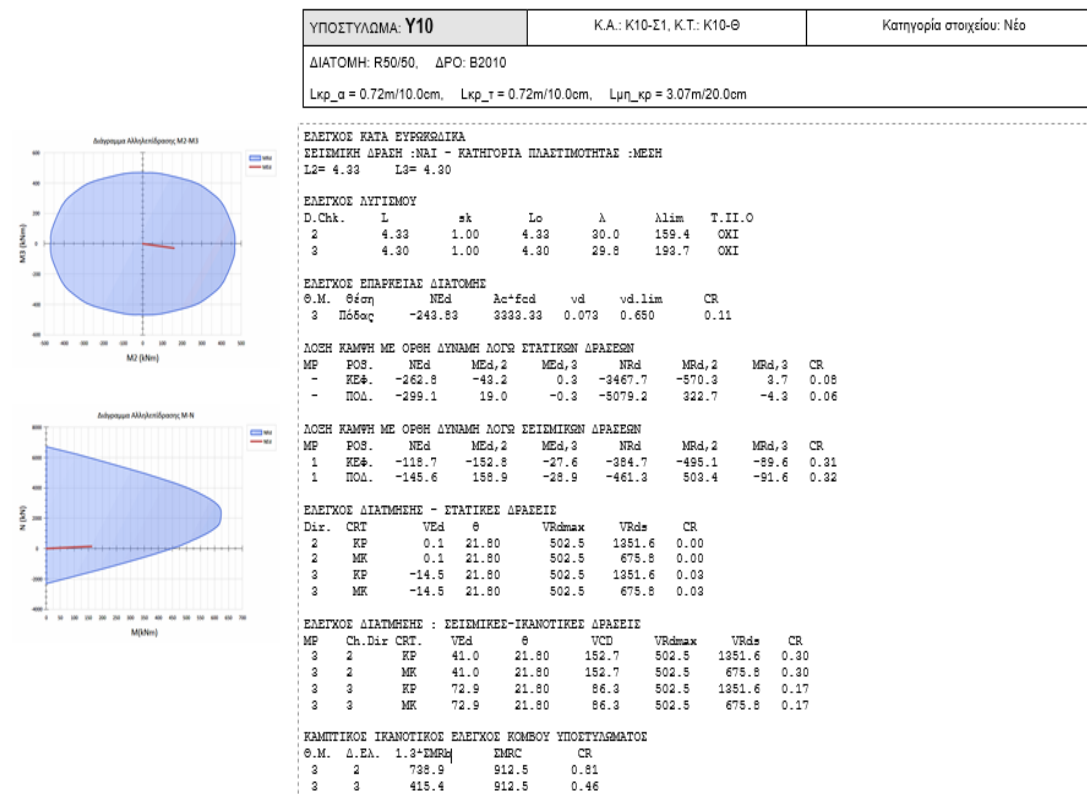
Εικόνα 58 Παράμετροι σεισμού



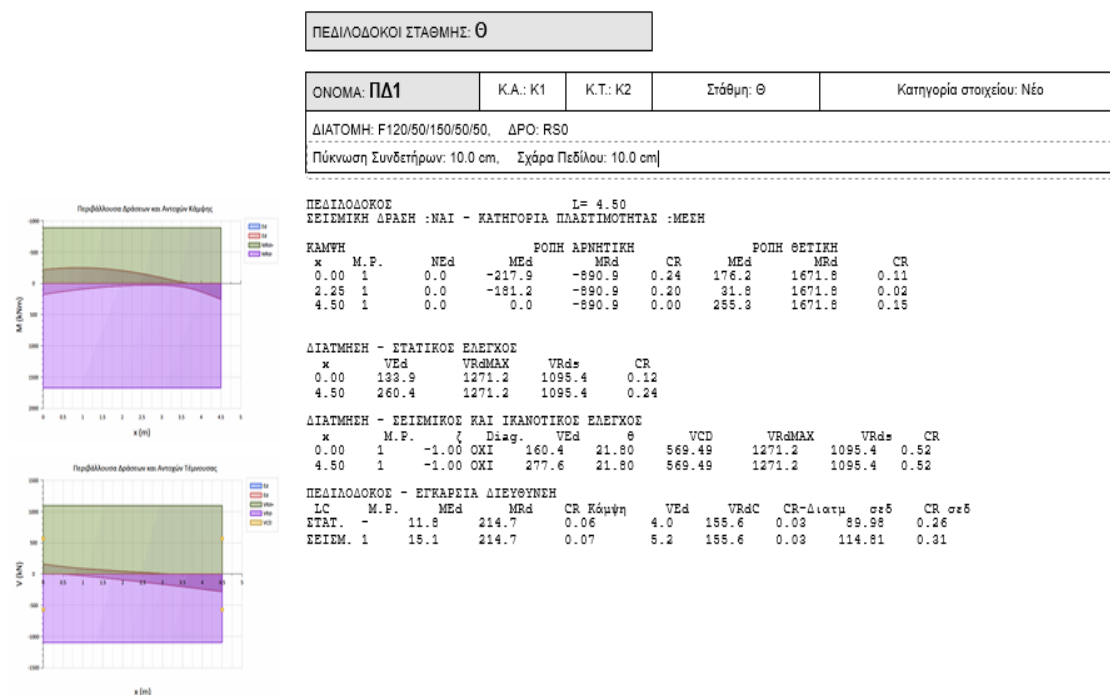
Εικόνα 59 Απεικόνιση κτιρίου επιβατών και πύργου ελέγχου για σεισμικό έλεγχο



Εικόνα 60 Έλεγχος Δοκών σε Σεισμό



Εικόνα 61 Έλεγχος Υποστυλωμάτων σε Σεισμό



Εικόνα 62 Έλεγχος Πεδιλοδοκών σε Σεισμό

Τα αποτελέσματα των ελέγχων του κτιρίου έδειξαν πως το κτίριο έχει αντοχή στον σεισμό και οι παραμορφώσεις του είναι μικρές ακόμη και για σεισμό κατηγορίας 3.

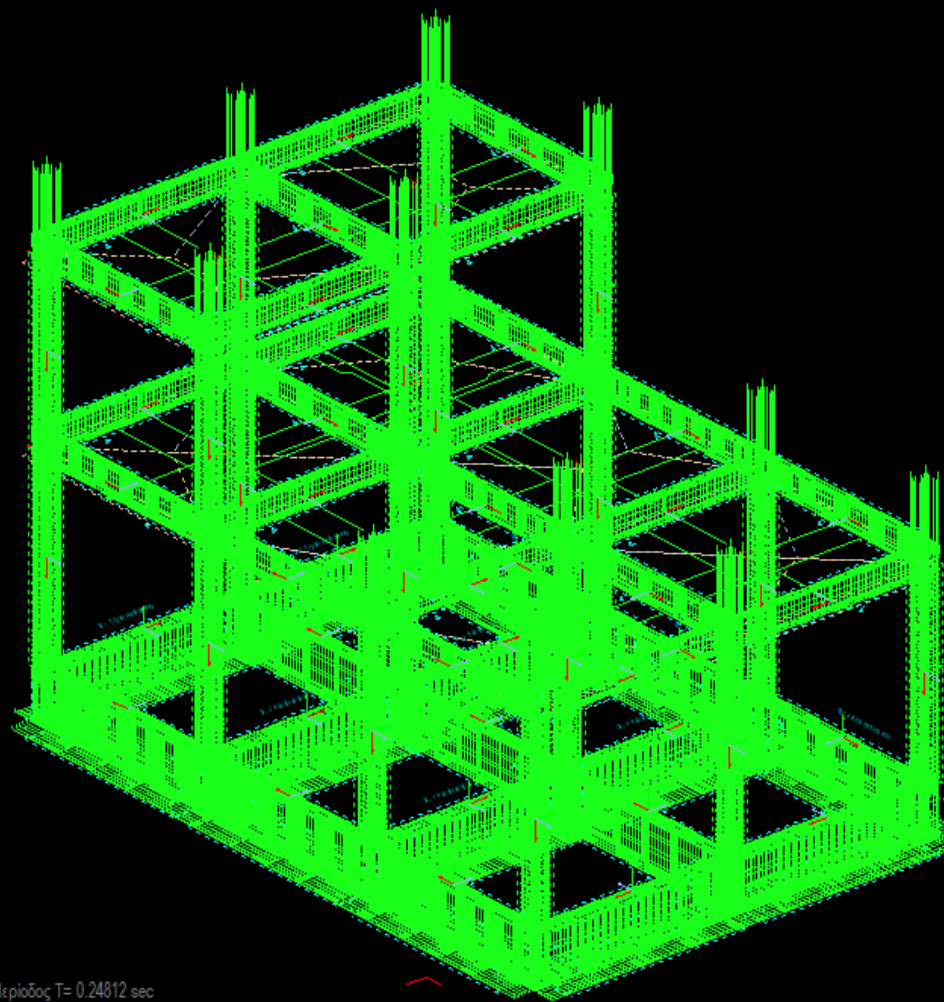
Αφού έγινε η στατική μελέτη και το κτίριο βρέθηκε ικανό για λειτουργία ο υπολογισμός του κόστους κατασκευής του κτιρίου όπως αναφέρθηκε και στην παραπάνω παράγραφο γίνεται με την κοστολόγηση του συνολικού όγκου σκυροδέματος και του συνολικού βάρους σιδερών που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή. Στις παρακάτω φωτογραφίες παρουσιάζονται μερικά σίδερα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν κατά την προμέτρηση των δομικών στοιχείων του κτιρίου.

ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΗ ΡΑΒΔΩΝ ΟΠΛΙΣΜΟΥ

α/α	Φ	Τεμάχια	Μήκος [m]	Σχήμα	Βάρος/m [kg/m]	Βάρος [kg]
Στάθμη: Θ						
1	Φ16	62	6.25		1.58	612.25
2	Φ18	36	6.40		2.00	460.80
3	Φ16	15	6.70		1.58	158.79
4	Φ18	6	6.95		2.00	83.40
5	Φ12	60	5.55		0.89	295.70
6	Φ12	46	5.65		0.89	230.79
7	Φ12	192	5.60		0.89	954.78
8	Φ16	62	5.85		1.58	573.07
9	Φ18	36	5.95		2.00	428.40
10	Φ16	15	6.05		1.58	143.39
11	Φ18	6	6.25		2.00	75.00

α/α	Φ	Τεμάχια	Μήκος [m]	Σχήμα	Βάρος/m [kg/m]	Βάρος [kg]
44	Φ20	48	6.40		2.47	758.78
45	Φ18	192	6.25		2.00	2400.00
50	Φ10	368	2.00		0.62	454.11
51	Φ10	736	1.50		0.62	681.17
52	Φ12	643	1.55		0.89	885.03
53	Φ08	643	3.40		0.40	863.55
54	Φ08	137	3.20		0.40	173.17
Σύνολα Στάθμης Θ - Βάρος [kg]: Τιμή [€]:						10232.17 9208.95
Στάθμη: Σ1						
2	Φ18	28	6.40		2.00	358.40
4	Φ18	6	6.95		2.00	83.40
12	Φ18	10	5.20		2.00	104.00
13	Φ16	32	4.45		1.58	224.99

Εικόνα 63 Προμέτρηση Ράβδων Οπλισμού



[δ]-Παραμόρφωση: Θέση Μάζας 1 Ιδιομορφή 3 Περίοδος $T=0.24812$ sec

Εικόνα 64 Συνολικός όγκος οπλισμού κτιρίου

Το συνολικό βάρος των σιδερων ανέρχεται σύμφωνα με το πρόγραμμα ΡΑΦ στα :

Σύνολα Στάθμης Θ Βάρος [kg]: 10232.17

Σύνολα Στάθμης Σ1 Βάρος [kg]: 5385.87

Σύνολα Στάθμης Σ2 Βάρος [kg]: 4002.20

Γενικά Σύνολα Βάρος [kg] : 19620.25

Για τιμή χάλυβα B500C 1,05 €/Kg το κόστος των σιδερων του κτιρίου ανέρχεται στα

$$C_{Wsteel} = 1,05 * 19620.25$$

$$C_{Wsteel} = 20.601,26 \text{ €}$$

Ο συνολικός όγκος σκυροδέματος που απαιτήθηκε για την κατασκευή του κτιρίου υπολογίστηκε από το πρόγραμμα ΡΑΦ στα :

Σύνολα Στάθμης Θ Όγκος [m³] : 75.78 m³

Σύνολα Στάθμης Σ1 Όγκος [m³] : 58.83 m³

Σύνολα Στάθμης Σ2 Όγκος [m³] : 23.01 m³

Γενικά Σύνολα Όγκος [m³] : 157.62 m³

Για τιμή σκυροδέματος C25/30 στα 143 €/ m³ το κόστος του σκυροδέματος του κτιρίου ανέρχεται στα

$$C_{Vconc} = 143 * 157.62$$

$$C_{Vconc} = 22.539,66 \text{ €}$$

Το κόστος του ξυλότυπου υπολογίστηκε αντίστοιχα στα :

Σύνολα Στάθμης Θ Επιφάνεια [m²] : 189.00 m²

Σύνολα Στάθμης Σ1 Επιφάνεια [m²] : 381.53 m²

Σύνολα Στάθμης Σ2 Επιφάνεια [m²] : 153.61 m²

Γενικά Σύνολα Επιφάνεια [m²] : 724.14 m²

Για ξυλοτύπους συνήθων χυτών κατασκευών το κόστος ανέρχεται στα 15,70 € / m².
Το συνολικό κόστος του ξυλοτύπου είναι:

$$C_{wood} = 724,14 * 15,70$$

$$C_{wood} = 11.368,998 \text{ €}$$

Καταλήγοντας, το συνολικό κόστος κατασκευής του κτιρίου επιβατών και του πύργου ελέγχου (χωρίς την πρόσθεση κουφωμάτων, ηλεκτρικών συσκευών, κτλ.) ανέρχεται στα :

$$C_{kti} = C_{Vconc} + C_{Wsteel} + C_{wood}$$

$$C_{kti} = 20.601,26 \text{ €} + 22.539,66 \text{ €} + 11.368,998 \text{ €}$$

$$C_{kti} = 54.509,918 \text{ €}$$

Στο κόστος κατασκευής του κτιρίου επιβατών και πύργου ελέγχου θα προστεθεί και το κόστος κουφωμάτων, ηλεκτρισμού, εξαερισμού κτλ., το οποίο ανέρχεται εμπειρικά στα 730 €/m² επομένως το συνολικό κόστος του κτιρίου επιβατών και του πύργου ελέγχου ανέρχεται στα

$$C_{kti\text{total}} = 54509.918 + 730 \cdot 200$$

$$C_{kti\text{total}} = 200.009,918 \text{ €}$$

Σύνολο Ομάδας Δ Οικοδομικά	200.009,918
----------------------------	-------------

Το κόστος των ραδιοβοηθημάτων και του φωτισμού έχει ήδη υπολογιστεί προσεγγιστικά στην προηγούμενη παράγραφο επομένως :

$$C_{fwt} + C_{rad} = 582.000 \text{ €}$$

Σύνολο Ομάδας Ε ΗΛ/Μηχανολογικά	582.000
---------------------------------	---------

Το τελικό κόστος κατασκευής του υπό μελέτη αεροδρομίου που πρόκειται να κατασκευασθεί στη Σαμοθράκη θα ισούται με το άθροισμα των επιμέρους κοστών που υπολογίστηκαν παραπάνω. Συναθροίζοντας :

$$C_{tot} = C_{oik} + C_{exy} + C_{dia} + C_{apo} + C_{dst} + C_{kti} + C_{fwt} + C_{rad}$$

$$C_{tot} = 4.000.000 + 240000 + 294.804,51 + 200.009,918 + 582.000$$

$$C_{tot} = 5.316.813,51 \text{ €}$$

Σύνολο Εκτίμησης Προϋπολογισμού Εργασιών	5.316.813,5
--	-------------

Η τιμή αυτή προσαυξάνεται με βάση κάποιους συντελεστές :

- Γενικών Εξόδων (Γ.Ε.) και Οφέλους του Αναδόχου (Ο.Ε.) : + 18%
- Απρόβλεπτα : + 9%
- Απολογιστικά : 100.000 €
- Αναθεώρηση και Στρογγυλοποίηση : 300.000 €
- Φ.Π.Α : + 24%

Τελικά το συνολικό κόστος κατασκευής του αεροδρομίου είναι.

Σύνολο Εκτίμησης Προϋπολογισμού Εργασιών	5.316.813,51
Γενικών Εξόδων (Γ.Ε.) και Οφέλους του Αναδόχου (Ο.Ε.) (18%)	957.026,322
Συνολική Δαπάνη Έργου Κατά Την Μελέτη	6.273.839,93
Απρόβλεπτα (9%)	564.645,59
Σύνολο Σ1	6.838.034,59
Απολογιστικά	100.000
Αναθεώρηση και Στρογγυλοποίηση	500.000
Σύνολο Σ3	7.438.893,18
Φ.Π.Α (24%)	1.785.334,32
Σύνολο	9.224.227,5

Το συνολικό κόστος κατασκευής του αεροδρομίου μετά από τις προσαυξήσεις ανέρχεται στα 9.224.227,5€

Παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο κόστος κατά την κατασκευή ενός μικρού αεροδρομίου ή πεδίου προσγείωσης αποτελεί το κόστος αγοράς οικοπέδου και έπειτα των διαδρόμων και των τροχοδρόμων. Αυτό συμβαίνει γιατί τα μικρά αεροδρόμια απαιτούν μεγάλες εκτάσεις για την κατασκευή τους και το κόστος απαλλοτρίωσης είναι πολύ υψηλό.

Η διαδικασία αυτή στον υπολογιστικό μοντέλο θα γινόταν με την εξής σειρά. Αρχικά θα εισήγαμε σαν μεταβλητές εισόδου την περιοχή, το οικόπεδο, την κατηγορία αεροδρομίου, την επιλογή αεροσκάφους σχεδιασμού και το μέγεθος του κτιρίου επιβατών. Έπειτα έχοντας αποφασίσει αν το αεροδρόμιο μας θέλουμε να λειτουργεί όλη την ημέρα και μόνο υπό καλές καιρικές συνθήκες θα εισήγαμε τις τιμές των δυο τελευταίων μεταβλητών όπως παρουσιάζεται και στην Εικόνα 65.

	A	B	C	D	E
1	ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΕΙΣΟΔΟΥ	ΤΙΜΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ			
2					
3	Επιλογή Περιοχής	ΚΡΗΤΗΣ	40		
4	Οικόπεδο	100000			
5	Κατηγορία Αεροδρομίου	1200			
6	Επιλογή Αεροσκάφους Σχεδιασμού	CE-680a Citation latitude	22	19	1100
7	Μέγεθος Κτιρίου Επιβατών	200			
8	Εικοσιτετράωρη λειτουργία	ΝΑΙ	1		
9	Λειτουργία αεροδρομίου σε κακές καιρικές συνθήκες	ΝΑΙ	1		

Εικόνα 65 Μεταβλητές εισόδου στο υπολογιστικό μοντέλο

Στην συνέχεια με τις κατάλληλες παραδοχές και με την χρήση των παραπάνω τύπων το μοντέλο μας υπολογίζει την συνολικό κόστος κατασκευής του αεροδρομίου.

	A	B	C	D
1	ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	Συμβολισμός	Τιμή	Μονάδες
2	Κόστους Διαδρομής+Τροχοδρομίου	Cdia	253968	€
3				
4	Κόστους Δαπέδων Αναμονής & Στάθμευσης	Cdst	40836,51	€
5				
6	Κόστους Φωτισμού	Cfwt	382000	€
7				
8	Κόστους Ραδιοβοηθημάτων	Crad	200000	€
9				
10	Κόστους Αεροδρομίου	Ctot	5.316.805	€
11				
12	Γενικά Έξοδα (Γ.Ε. και Ο.Ε)		957024,8118	€
13				
14	Συνολική Δαπάνη Εργου κατά Την Μελετη	S	6273829,322	€
15				
16	Απρόβλεπτα		564644,639	€
17				
18	Σύνολο 1	S1	6838473,961	€
19				
20	Σύνολο 3	S2	7453936,617	€
21				
22	Τελικό Κόστος Κατασκευής Αεροδρομίου	ΚΟΣΤΟΣ	9242881,405	€

Εικόνα 66 Υπολογισμός κόστους κατασκευής με το υπολογιστικό μοντέλο

7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Τα δυο τρίτα των ελληνικών αεροδρομίων βρίσκονται στην νησιωτική Ελλάδα 8 εκ των οποίων ανήκουν και στην κατηγορία των μικρών αεροδρομίων κατηγορίας 1 και 2.
- Τα περισσότερα μικρά αεροδρόμια δεν έχουν μεγάλα τροχοδρομικά συστήματα. Τις περισσότερες φορές υπάρχουν μόνο συνδετήριοι διάδρομοι για να ενώνουν τα δάπεδα στάθμευσης με τον διάδρομο και ο παράλληλος τροχόδρομος αντικαθίσταται από τον διάδρομο που χρησιμοποιείται για την καθοδήγηση του αεροσκάφους μετά την προσγείωση. Η μέθοδος αυτή ονομάζεται Backtrack
- Οι περιορισμοί των επιφανειών εμποδίων είναι αρκετά μικρότεροι για τα αεροδρόμια της κατηγορίας 1 και 2 έχοντας ως αποτέλεσμα την μείωση του κόστους των χωματοργικών εργασιών και κατ' επέκταση του συνολικού κόστους κατασκευής του έργου.
- Οι κτιριακές εγκαταστάσεις των μικρών αεροδρομίων εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το μέγεθος της ζήτησης επιβατών που θέλουν να εξυπηρετήσουν και για αυτόν τον λόγο παρατηρούνται έντονες διαφορές στα εμβαδά των κτιρίων επιβατών των μικρών νησιωτικών ελληνικών αεροδρομίων.
- Με εξαίρεση τα αεροδρόμια της Μήλου και της Νάξου στα υπόλοιπα μικρά αεροδρόμια δεν υπάρχουν πλήρης συστήματα ενόργανης προσέγγισης έχοντας ως αποτέλεσμα οι ώρες και οι μέρες λειτουργίας του αεροδρομίου εξαρτώνται από τις καιρικές συνθήκες.
- Το μεγαλύτερο κόστος για την κατασκευή ενός αεροδρομίου προκύπτει το κόστος αγοράς του οικοπέδου διότι τα αεροδρόμια απαιτούν μεγάλες εκτάσεις για την κατασκευή τους και το κόστος των απαλλοτριώσεων είναι υψηλό.
- Ο υπολογισμός του κόστους κατασκευής ενός μικρού αεροδρομίου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις παραδοχές και τα σταθερά στοιχεία τα οποία έχουν οριστεί όπως για παράδειγμα η ποιότητα του σκυροδέματος του κτιρίου επιβατών και των δαπέδων στάθμευσης.

8 ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Το υπολογιστικό μοντέλο που παρουσιάστηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί μια πρώτη προσπάθεια για την ανάπτυξη ενός εργαλείου εκτίμησης του κόστους κατασκευής πολύ μικρών αεροδρομίων. Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός βελτιώσεων και συμπληρώσεων που μπορεί να γίνουν περαιτέρω. Οι βελτιώσεις αυτές αφορούν στις εξής ενότητες :

- Μελέτη αποστραγγιστικών μεθόδων για τα δάπεδα των μικρών αεροδρομίων και προσμέτρηση του κόστους κατασκευής τους στο συνολικό κόστος κατασκευής.
- Υπολογισμός του κόστους των χωματουργικών εργασιών που απαιτούνται για τις επιφάνειες εμποδίων.
- Να αυτοματοποιηθεί ο υπολογισμός του κτιρίου επιβατών και του οικοπέδου κατασκευής με κριτήριο τους επιβατικούς φόρτους κάθε αεροδρομίου.
- Να αυτοματοποιηθεί η διαδικασία επιλογής αεροσκάφους σχεδιασμού λαμβάνοντας υπόψιν τις κτιριακές εγκαταστάσεις και τους επιβατικούς φόρτους και στην συνέχεια να γίνεται αυτοματοποιημένα η διαστασιολόγηση της διατομής οδοστρώματος για το αντίστοιχο αεροσκάφος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ΦΕΚ 250/Α/11.11.1988 “Κύρωση του κώδικα Αεροπορικού Δικαίου”, ιστοσελίδα: <https://www.e-nomothesia.gr>
- [2] Naftemporiki.gr, “Το ανταγωνιστικό κενό της Ελλάδας στις αερομεταφορές”, 2019, ιστοσελίδα: <https://www.naftemporiki.gr>
- [3] IATA, “Δείκτες Ανταγωνιστικότητας Ρυθμιστικού Πλαισίου Αερομεταφορών”, 2019, ιστοσελίδα: <https://www.iata.org>
- [4] Υπηρεσία πολιτικής αεροπορίας, “Αερολιμένες”, ιστοσελίδα: <http://www.ypa.gr>
- [5] ΦΕΚ 250/Α/11.11.1988 “Κύρωση του κώδικα Αεροπορικού Δικαίου”, ιστοσελίδα: <https://www.e-nomothesia.gr>
- [6] Paolo Malighetti, Stefano Paleari, Renato Redondi, Connectivity of the European airport network: “Self-help hubbing” and business implications, 2008
- [7] Renato Redondi, Paolo Malighetti, Stefano Paleari. European connectivity: the role played by small airports. *Journal of Transport Geography* 29 (2013) 86–9
- [8] Elton Fernandes, Ricardo Rodrigues Pacheco, Márcia Estrada Braga. Brazilian airport economics from a geographical perspective. *Journal of Transport Geography* 34 (2014) 71–77.
- [9] Antonín Kazdaa, Martin Hromádka, Boris Mrekaj. Small regional airports operation: unnecessary burdens or key to regional development. *International Conference on Air Transport – INAIR 2017. Transportation Research Procedia* 28 (2017) 59–68
- [10] Este Gutierrez, Sebastian Lozano, Efficiency assessment and output maximization possibilities of European small and medium sized airports. *Research in Transportation Economics* 56 (2016) e14
- [11] Kenneth Button, Soogwan Doh, Junyang Yuan. The role of small airports in economic development. Chapter January. <https://www.researchgate.net/publication/251864448>
- [12] Ricardo Rodrigues Pacheco, Elton Fernandes, Márcia Estrada Braga. Brazilian airport economics from a geographical perspective. *Journal of Transport Geography* 34 (2014) 71–77.
- [13] Márcia Estrada Braga, Ricardo Rodrigues Pacheco, Elton Fernandes. Brazilian airport economics from a geographical perspective. *Journal of Transport Geography* 34
- [14] Renato Redondi, Paolo Malighetti, Stefano Paleari. European connectivity: the role played by small airports. *Journal of Transport Geography* 29 (2013) 86–9
- [15] Charles N. Glover, Michael O. Ball, Stochastic optimization models for ground delay program planning with equity–efficiency tradeoffs 2013. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* Volume 33, August 2013, Pages 196-202
- [16] Mikkala Kirsi, Tervo Hannu. Air transportation and regional growth: which way does the causality run? *Environment and Planning A*, 45 (6), 1508-1520, Ιστοσελίδα <http://www.envplan.com>
- [17] Douglas Baker, Rico Merkert, Md. Kamruzzaman. Regional aviation and economic growth: cointegration and causality analysis in Australia. *Journal of Transport Geography* 43 (2015) 140–150.
- [18] Svein Bråthen, Nigel Halpern. Air transport service provision and management strategies to improve the economic benefits for remote regions. *Research in Transportation Business & Management* 4 (2012)-12

-
- [19] Yi Gao 2020 Estimating the sensitivity of small airport catchments to competition from larger airports: A case study in Indiana. *Journal of Transport Geography* 82 (2020) 102628
 - [20] Jan K. Brueckner, Kurt Van Dender, Atomistic congestion tolls at concentrated airports? Seeking a unified view in the internalization debate
 - [21] Christopher Mayer, Todd Sinai, Network Effects, Congestion Externalities, and Air Traffic Delays: Or Why Not All Delays Are Evil, *American Economic Review* vol. 93, no. 4, September 2003.
 - [22] Anming Zhang, Achim I. Czerny. Airports and airlines economics and policy: An interpretive review of recent research. *Economics of Transportation* 1 (2012) 15–34.
 - [23] Yu-Chun Chang, Strategy formulation implications from using a sustainable growth model, *Journal of Air Transport Management* Volume 20, May 2012, Pages 1-3
 - [24] Federal Aviation Administration, National Plan of Integrated Airport Systems (NPIAS) 2015–2019
 - [25] Nicole Adler, Tolga Ülkü, Ekaterina Yazhensky. Small regional airport sustainability: Lessons from benchmarking. *Journal of Air Transport Management* 33 (2013).
 - [26] Ismail Çağrı Özcan. Economic contribution of essential air service flights on small and remote communities. *Journal of Air Transport Management* 34 (2014) 2e29
 - [27] Edoardo Marcucci, Valerio Gatta, Regional airport choice: Consumer behaviour and policy implications, *Journal of Transport Geography* Volume 19, Issue 1, January 2011, Pages 70-84
 - [28] ICAO, Annex 14 - Aerodromes - Volume I - Aerodromes Design and Operations, 8th Edition, July 2018
 - [29] EGIS, National transportation plan for Greece airports, 2019
 - [30] Υπηρεσία πολιτικής αεροπορίας(ΥΠΑ), Στοιχεία επιβατικών κινήσεων, 2017
 - [31] Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., ΠΡΟΣΩΡΙΝΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ, ΠΕΤΕΠ 02-09-01-00
 - [32] Αλεξάκη Ζωή. Χωροθέτηση ραδιοβοηθημάτων αεροδρομίων. Τομέας μεταφορών και συγκοινωνιακής υποδομής 2019.
 - [33] Wikipedia, Διάδρομος Αεροδρομίου, Συστήματα φωτισμού. Ιστοσελίδα <https://el.wikipedia.org>
 - [34] ΑΝΑΠΤΥΞΗ.gov.gr. Ιστοσελίδα: <http://2013.anaptyxi.gov.gr>
 - [35] AppendixB, Costs Associated New or Enhanced Airport OHIO, 2014. Ιστοσελίδα <http://www.dot.state.oh.us>