



ΜΠΣ Άνθρωπος & Νερό

Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης
Master Thesis

«Υδρολογική ανάλυση για την επιλογή της βέλτιστης επιλογής θέσης κατασκευής διαδρόμου αποπροσγειώσεων νέου Αεροδρομίου στο Νομό Ροδόπης υπό το πρίσμα εκδήλωσης πλημμυρικού φαινομένου»

«Hydrological analysis for the selection of the optimal location for the construction of an Airport's runway in the Prefecture of Rodopi in the light of the occurrence of a flooding phenomenon»

Νικόλαος Α. Βασιλειάδης / Nikolaos A. Vasiliadis

Επιβλέπων/Supervisor: Απόστολος Βασιλείου / Apostolos Vasileiou

Βόλος, Μάρτιος 2023
Volos, March 2023

Οι διπλωματικές εργασίες / διατριβές παραμένουν πνευματική ιδιοκτησία των φοιτητών («συγγραφείς/δημιουργοί»), αλλά στο πλαίσιο της πολιτικής ανοιχτής πρόσβασης χορηγούν στο ΔΙΠΑΕ μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης σε κοινό και ψηφιακή διάδοσή τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και με οποιοδήποτε μέσο για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, χωρίς αμοιβή και καθ' όλη τη διάρκεια των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ελεύθερη πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει σε καμία περίπτωση ότι ο συγγραφέας/δημιουργός θα εκχωρήσει τα δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας του/της, ούτε θα επιτρέψει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, δημοσίευση, εκτέλεση, λήψη, μεταφόρτωση, μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, οποιουδήποτε μέρους ή περίληψης της διατριβής, χωρίς τη ρητή προηγούμενη γραπτή συγκατάθεση του συγγραφέα/δημιουργού. Οι δημιουργοί διατηρούν όλα τα ηθικά και περιουσιακά τους δικαιώματα.



INTERNATIONAL
HELLENIC
UNIVERSITY

ΜΠΣ Άνθρωπος & Νερό

Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης
Master Thesis

«Υδρολογική ανάλυση για την επιλογή της βέλτιστης επιλογής θέσης κατασκευής διαδρόμου αποπροσγειώσεων νέου Αεροδρομίου στο Νομό Ροδόπης υπό το πρίσμα εκδήλωσης πλημμυρικού φαινομένου»

«Hydrological analysis for the selection of the optimal location for the construction of an Airport's runway in the Prefecture of Rodopi in the light of the occurrence of flooding phenomena»

ΝΙΚΟΛΑΟΣ Α. ΒΑΣΙΛΕΙΑΔΗΣ / NIKOLAOS A. VASILIADIS
Α.Μ. / R.N. : 65

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Δρ. Εμμανουλούδης Δημήτριος,
Καθηγ. ΔΙΠΑΕ

Δρ. Βασιλείου Απόστολος,
Καθηγ. ΔΙΠΑΕ

Δρ. Κράβαρη Καλλιόπη
Καθηγ. ΔΙΠΑΕ

Βόλος, Μάρτιος 2023
Volos, March 2023

Με το τέλος αυτού του όμορφου ταξιδιού και την απόκτηση ουσιαστικών γνώσεων και εμπειριών, θα ήθελα να ευχαριστήσω το Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος καθώς και τους αξιόλογους καθηγητές του ΜΠΣ Άνθρωπος και Νερό. Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Διευθυντή του τμήματος κ. Δημήτριο Εμμανουλούδη, για όλες τις ευκολίες που παρείχε στο τμήμα της εξ αποστάσεως εκπαίδευσης, λόγω της πανδημίας του Κορονοϊού.

Επιπλέον, ευχαριστώ θερμά τον Δρ. Βασιλείου Απόστολο για την υποστήριξή του, στην παρούσα έρευνα ως επιβλέπων καθηγητή. Χωρίς τις πολύτιμες συμβουλές του, και την άμεση επίλυση αποριών, δεν θα είχα ολοκληρώσει αυτή τη διατριβή.

Εκφράζω την ειλικρινή μου εκτίμηση, την αγάπη και την αφοσίωσή μου στη σύζυγό μου, Χρύσα, και τις δύο κόρες μου, Στέλλα και Αναστασία, για την αγάπη, την υπομονή, την κατανόηση και την προθυμία τους, να βοηθήσουν στην ολοκλήρωση αυτού του έργου.

Τέλος, η παρούσα διατριβή είναι αφιερωμένη στον πατέρα της συζύγου μου, και αείμνηστο δάσκαλο μειονοτικών σχολείων της Θράκης, Γεώργιο Τόγκο. Έναν δραστήριο άνθρωπο με αμέριστη αγάπη στον αθλητισμό, με έφεση από μικρός στο ποδόσφαιρο, περιζήτητος από όλες τις μεγάλες ομάδες της εποχής του, εμπνέοντας πολλές γενιές για το ήθος και την δύναμη του. Είναι τιμή μου που σε γνώρισα και σε ευχαριστώ που μου δίδαξες «να μην κάνω πίσω».

Νικόλαος Α, Βασιλειάδης

Περίληψη

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι ο προσδιορισμός της βέλτιστης θέσης κατασκευής διαδρόμου αποπροσγειώσεων του νέου αερολιμένα της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, υπό το πρίσμα εκδήλωσης πλημμυρικών φαινομένων. Πιο συγκεκριμένα, θα γίνει α) ανάλυση των κυρίων τμημάτων ενός αεροδρομίου από βιβλιογραφική ανασκόπηση, και β) υδρολογική ανάλυση της Περιφερειακής Ενότητας της Ροδόπης με χρήση του λογισμικού ArcGIS, με κύριο στόχο, τον εντοπισμό της καταλληλότερης θέσης διαδρόμου αποπροσγειώσεων εντός της υποδεικνύουσας περιοχής του Αερολιμένα. Η μελέτη αυτή είναι συνέχεια, πρότερης εργασίας με τίτλο «Στρατηγική επιλογή θέσης ενός Πολιτικού-Στρατιωτικού Αεροδρομίου στην Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας, Θράκης υπό το πρίσμα της κάλλιστης διαχείρισης εκδήλωσης καταστροφών και κρίσεων με χρήση πολυκριτηριακής χωρικής ανάλυσης και ασαφούς λογικής», που εκπονήθηκε στα πλαίσια του ΠΜΣ «Στρατηγικές Διαχείρισης Περιβάλλοντος, Καταστροφών και Κρίσεων» του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Λέξεις κλειδιά

Υδρολογική Ανάλυση, Επιλογή θέσης Διαδρόμου, Πλημμυρικά Φαινόμενα

«Hydrological analysis for the selection of the optimal location for the construction of an Airport's runway in the Prefecture of Rodopi in the light of the occurrence of a flooding phenomenon»

Nikolaos A. Vasiliadis

Abstract

This thesis aims to determine the optimal location for constructing the runway of the new Airport of the Region of Eastern Macedonia and Thrace in light of flooding phenomena. More specifically, a) analysis of the main parts of an airport from a bibliographic review, and b) hydrological analysis of the Rodopi's Regional Unit using ArcGIS software, with the primary objective of identifying the most suitable runway location within the indicative area of the Airport will be carried out. This study is a continuation of an earlier thesis entitled «A Strategic location selection of a Civil-Military Airport in Region of Eastern Macedonia and Thrace, in the light of disaster and crisis management using multi-criteria spatial analysis and fuzzy logic. », prepared in the context of Master "Environmental, Disaster and Crisis Management Strategies" of the National and Kapodistrian University of Athens.

Keywords

Hydrological Analysis, Runway Location Selection, Flooding Phenomena



Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	v
Abstract	vi
Πίνακας Περιεχομένων	vii
Κατάλογος Εικόνων	ix
Κατάλογος Πινάκων	x
Κατάλογος Συντομογραφιών & Ακρωνύμων	xi
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Εισαγωγή Μελέτης.....	1
1.2 Σκοπός Μελέτης.....	1
1.3 Σημασία της Μελέτης	2
1.4 Δομή Κεφαλαίων της Μελέτης	2
2. ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟΥ	3
2.1 Διεθνής Οργανισμός ICAO.....	3
2.2 Νομοθεσία ICAO	4
2.3 Παράρτημα 14 & Εγχειρίδια Σχεδίασης Αεροδρομίου.....	5
2.4 Κωδικός Αναφοράς Αεροδρομίου	7
2.5 Αριθμός και Διεύθυνση Διαδρόμων Αποπροσγειώσεων	9
2.6 Δηλωμένες Αποστάσεις (Declared Distances).....	12
3. ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ ΑΠΟΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ (RUNWAY)	14
3.1 Μήκος Δ/Μ (Runway Length)	14
3.2 Πλάτος Δ/Μ (Runway Width)	26
3.3 Κλίση Δ/Μ (Runway Slope)	28
3.4 Επιφάνεια Δ/Μ (Runway Surface).....	32
3.5 Κατώφλι Δ/Μ (Threshold)	34
3.6 Επεκτάσεις Δ/Μ (Shoulders).....	35
3.7 Χώροι Στροφής Δ/Μ (Turn Pads)	36
3.8 Διάδρομος Στάσης (Stopway)	38
3.9 Λωρίδες Δ/Μ (Runway Strips)	39
3.10 Περιοχές Ασφαλείας Δ/Μ (RESA)	43
3.11 Ελεύθερος Χώρος (Clearway).....	45
3.12 Περιορισμός και Αφαίρεση Εμποδίων.....	46
4. ΤΡΟΧΟΔΡΟΜΟΙ (TAXIWAYS)	49
4.1 Λειτουργικές Απαιτήσεις	49
4.2 Αρχές Σχεδιασμού Τροχοδρόμων	50
4.3 Αποστάσεις Τροχοδρόμησης	54
4.4 Στροφές στους Τ/Δ.....	55
4.5 Απόσταση ανάμεσα σε Τ/Δ και Δ/Μ	56
5. ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ (PAVEMENT).....	57
5.1 Απαιτήσεις και Είδος Οδοστρώματος.....	57
5.2 Στρώματα Οδοστρώματος.....	59
5.2.1 Υπέδαφος/Υπόστρωμα και Υπολογισμός της Φέρουσας Αντοχής	60
5.2.2 Υπόβαση.....	61
5.2.3 Βάση.....	62



5.2.4 Επιφανειακή Στρώση	62
6. ΑΠΟΒΑΘΡΕΣ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ (APRON).....	67
6.1 Χαρακτηριστικά Αποβάθρας	67
6.2 Τύποι Αποβάθρας.....	68
6.3 Αρχές και Παράγοντες Σχεδιασμού Αποβάθρας	69
6.4 Τοποθεσία-Κλίση Αποβάθρας	71
7. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	72
7.1 Μεθοδολογία.....	72
7.2 Συλλογή Δεδομένων και Ενοποίηση GIS	73
7.3 Περιγραφή της υπό Μελέτης Περιοχής	74
7.4 Ανάλυση.....	75
7.5 Αποτελέσματα.....	96
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	97
8.1 Ανακεφαλαίωση - Προκλήσεις - Ευκαιρίες.....	97
8.2 Προτάσεις.....	98
8.3 Μελλοντική Έρευνα.....	98
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	99
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	100
Παράρτημα 1_Κριτήρια Σχεδιασμού Τροχοδρόμων	100
Παράρτημα 2_Προκαταρκτική Αξιολόγηση Κινδύνων Πλημμύρας (Χάρτης).....	101
Παράρτημα 3_Χάρτες Κινδύνων Πλημμύρας από Εσωτερικά Ύδατα.....	102



Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Logo ICAO	3
Εικόνα 2: Aerodrome Design & Operations	5
Εικόνα 3: London Heathrow Airport (Retrieved: https://www.aerotime.aero/articles/32318)	10
Εικόνα 4: Π/Γ με πλάγιο άνεμο (LGAV) (Retrieved: https://www.ertnews.gr/)	11
Εικόνα 5: Δηλωμένες Αποστάσεις (Retrieved: ICAO ANNEX 14)	13
Εικόνα 6: Διάγραμμα Φορτίου/Απόστασης (Retrieved: Kazda & Caves, 2007)	15
Εικόνα 7: Σχεδιάγραμμα Α/Γ με βεβλαμένο Κ/Τ (Retrieved: ICAO DOC 9157 PART 1)	19
Εικόνα 8: Σχεδιάγραμμα Α/Γ (Retrieved: ICAO DOC 9157 PART 1)	20
Εικόνα 9: Σχεδιάγραμμα V1 και απόστασης Α/Γ	21
Εικόνα 10: Σχεδιαγράμματα συνδυασμών απαιτήσεων μη συμβατικών Δ/Μ	23
Εικόνα 11: Γράφημα Απόδοσης Αφους κατηγορίας Α	24
Εικόνα 12: Κατάλληλο Πλάτος Δ/Μ (Retrieved: https://www.flightglobal.com/picture-airbus-a380-cleared-to-operate-on-standard-width-runways/75346.article)	27
Εικόνα 13: Κλίση στην κεντρική γραμμή του διαδρόμου (Retrieved: ICAO DOC 9157 PART 1)	30
Εικόνα 14: Διαμήκεις και Εγκάρσιες Κλίσεις Δ/Μ	31
Εικόνα 15: Υλικό Διαδρόμου Π/Γ	33
Εικόνα 16: Threshold (Retrieved: https://en.wikipedia.org/wiki/Runway)	34
Εικόνα 17: Επεκτάσεις Δ/Μ	35
Εικόνα 18: Χώρος Στροφής	36
Εικόνα 19: Χώρος Στροφής (Πηγή: ICAO_Doc9157_Part1)	37
Εικόνα 20: Stopway (Retrieved: FAA AC: 150/5300-13B/Airport Design)	38
Εικόνα 21: Runway Strip (Retrieved: ICAO_Doc9157_Part1)	41
Εικόνα 22: Χώρος Ασφαλείας στο Τέλος του Δ/Μ	44
Εικόνα 23: Καθαρή Περιοχή από Εμπόδια κατά την Α/Τ (Retrieved: Kazda & Caves, 2007)	46
Εικόνα 24: Απαιτήσεις Απόδοσης Α/Τ (Retrieved: Kazda & Caves, 2007)	47
Εικόνα 25: Επιλογής Επιφανειών Αντώσης (Retrieved: Kazda & Caves, 2007)	48
Εικόνα 26: Τροχοδρόμηση Αεροσκάφους F-35	50
Εικόνα 27: Προεκτάσεις (fillet) Τροχοδρόμων (Retrieved: FAA AC: 150/5300-13B/Airport Design)	51
Εικόνα 28: Τροχόδρομοι Πίστας (Πηγή: ICAO_Doc9157_Part2)	53
Εικόνα 29: Στροφές στους Τ/Δ (Πηγή: ICAO_Annex14_Part1)	55
Εικόνα 30: Τύποι Οδοστρώματος	58
Εικόνα 31: Στοιχεία Οδοστρώματος	59
Εικόνα 32: Αποβάθρα Αερολμένα Charles de Gaulles (Πηγή: https://blog.adbsafegate.com/adb-safegate-to-enhance-airport-performance-at-paris-charles-de-gaulles-and-orly/)	67
Εικόνα 33: Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Πηγή: https://gisgeography.com/what-gis-geographic-information-systems/)	72
Εικόνα 34: Νομός Ροδόπης (Πηγή: https://el.wikipedia.org/wiki/)	74
Εικόνα 35: Χρήσης Γης Περιφέρεια ΑΜ-Θ	75
Εικόνα 36: Χρήσης Γης Νομού Ροδόπης	76
Εικόνα 37: Ψηφιακό Μοντέλο Περιοχής Ενδιαφέροντος	78
Εικόνα 38: Έγχρωμη οπτικοποίηση του ψηφιακού μοντέλου εδάφους του Νομού Ροδόπης	79
Εικόνα 39: Ψηφιακό Μοντέλο Εκθέσεων Νομού Ροδόπης	80
Εικόνα 40: Ψηφιακό Μοντέλο Κλίσεων Νομού Ροδόπης	81
Εικόνα 41: Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους του Νομού Ροδόπης με την μέθοδο TIN	82
Εικόνα 42: Ψηφιακό Μοντέλο Περιοχής Ενδιαφέροντος με την χρήση του εργαλείου Fill	83
Εικόνα 43: Ψηφιακό Μοντέλο Περιοχής Ενδιαφέροντος με την χρήση του εργαλείου Flow Direction	84
Εικόνα 44: Ψηφιακό Μοντέλο Νομού Ροδόπης με την χρήση του εργαλείου Accumulation	85
Εικόνα 45: Ψηφιακό Μοντέλο Περιοχής Ενδιαφέροντος εντοπισμού Ρεμάτων-Ποταμών	86
Εικόνα 46: Ρέματα και Ποταμοί Ν. Ροδόπη	87
Εικόνα 47: Λεκάνες Απορροής Νομού Ροδόπης	88
Εικόνα 48: Λεκάνη Απορροής Κομοτηνής	89
Εικόνα 49: Χρήσεις Γης Corine στην Λεκάνη Απορροής Κομοτηνής	90
Εικόνα 50: Χρωματική αντιστοίχιση των κωδικών χρήσεις Γης (CLC) με τον Χάρτη Λεκάνης Απορροής	92
Εικόνα 51: Ποταμοί με ζώνες ασφαλείας 300 μ (GEODATA)	93
Εικόνα 52: Ρέματα-Ποτάμια με ζώνες ασφαλείας 300 μ (GDEM)	94
Εικόνα 53: Απεικόνιση των Ζωνών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας στο Google Earth	95
Εικόνα 54: Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (Πηγή: ΥΠΕΝ)	95
Εικόνα 55: Τελικό Υδρολογικό Μοντέλο του Νομού Ροδόπης	96
Εικόνα 56: Χάρτης Αξιολόγησης Κινδύνου Πλημμύρας (Πηγή: ΥΠΕΝ)	101
Εικόνα 57: Χάρτης Διάθεσης Πινακίδων Υ.Δ. Θράκης (Πηγή: ΥΠΕΝ)	102
Εικόνα 59: Χάρτης Πινακίδας 06000-45300 (Πηγή: ΥΠΕΝ)	103
Εικόνα 58: Χάρτης Πινακίδας 06000-45450 (Πηγή: ΥΠΕΝ)	103



Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Κωδικοί Αναφοράς Αεροδρομίου	8
Πίνακας 2: Πλάτος Διαδρόμου	26
Πίνακας 3: Ελάχιστες Αποστάσεις από Τροχοδρόμους.....	56
Πίνακας 4: Ελάχιστες Αποστάσεις στον χώρο στάθμευσης αφών.....	71
Πίνακας 5: Ποσοστά Χρήσης Γης Ν. Ροδόπης.....	77
Πίνακας 6: Ποσοστά Χρήσης Γης Λεκάνης Απορροής Κομοτηνής.....	91
Πίνακας 7: Κριτήρια Σχεδιασμού Τροχοδρόμου (Πηγή: ICAO).....	100



Κατάλογος Συντομογραφιών & Ακρωνύμιων

ΑΦΟΣ	Αεροσκάφος
Α/Δ	Αεροδρόμιο
Α/Γ	Απογείωση
ΑΠΑ	Αρχή Πολιτικής Αεροπορίας
Τ/Δ	Τροχόδρομος
Π/Γ	Προσγείωση
ΠΜΣ	Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
ADREP	Aircraft Accident/Incident Data Reports
ASDA	Accelerated-Stop Distance Available
CBR	California Bearing Ratio
GSE	Ground Service Equipment
TORA	Take-Off Run Available
TODA	Take-Off Distance Available
MCT	Maximum Continuous Thrust
MTOM	Maximum Takeoff Mass
RESA	Runway End Safety Areas
VMC	Visual Meteorological Conditions
IMC	Instrument Meteorological Conditions
VZF	Velocity Zero Flaps



1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Εισαγωγή Μελέτης

Η κατασκευή ενός Αεροδρομίου αποτελεί μια εξαιρετικά μεγάλη και παράλληλα χρονοβόρα επένδυση, η οποία ακολουθείται από διάφορα στάδια υλοποίησης. Σε πρώτη φάση μέσω πολυκριτηριακής ανάλυσης εντοπίζονται οι καταλληλότερες περιοχές. Σε δεύτερη φάση γίνεται η αξιολόγηση των περιοχών αυτών με αναλύσεις ευαισθησίας, ενώ σε τρίτη φάση επιλέγεται η επικρατέστερη καταλληλότερη περιοχή. Μετά την επιλογή της επικρατέστερης περιοχής γίνονται επιπλέον αναλύσεις για την χωροταξία τόσο των διαδρόμων αποπροσγειώσεων όσο και των απαραίτητων εγκαταστάσεων. Η σημαντικότερη ανάλυση που κρίνεται απαραίτητη είναι η υδρολογική. Μέσω της υδρολογικής ανάλυσης επιλέγονται οι θέσεις των διαδρόμων, των τροχοδρόμων και των άλλων απαραίτητων εγκαταστάσεων για την ασφαλή λειτουργία ενός σύγχρονου Αεροδρομίου.

1.2 Σκοπός Μελέτης

Σκοπός της παρούσας διατριβής είναι η υδρολογική μελέτη του νομού Ροδόπης με κύριο στόχο τον έλεγχο της υποψήφιας περιοχής του νέου διεθνούς Αερολιμένα, καθώς και της περιοχής περιμετρικά αυτής. Επιπλέον, γίνεται ανάλυση της σημαντικότητας και των απαιτήσεων των τμημάτων ενός αερολιμένα, για την καλύτερη κατανόηση τους, μετά από εκτενή βιβλιογραφική έρευνα.



1.3 Σημασία της Μελέτης

Οι μεγάλες υποδομές όπως αυτή του αεροδρομίου χρειάζονται πολύ χρόνο για να κατασκευαστούν, έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και μόλις ξεκινήσει η διαδικασία κατασκευής είναι δύσκολο κυρίως οικονομικά να αντιστραφεί. Αυτό σημαίνει ότι ο σχεδιασμός των κρατικών επενδύσεων σε υποδομές αεροδρομίου εκτίθεται εγγενώς σε σημαντικούς κινδύνους και αβεβαιότητες σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο είναι πιθανό να εξελιχθούν οι επιπτώσεις του έργου κατά τη διάρκεια ζωής της επένδυσης.

Γίνεται αντιληπτό ότι λόγω της μεγάλης επένδυσης ο λεπτομερής στρατηγικός αλλά και γενικός σχεδιασμός κατασκευής ενός αεροδρομίου πρέπει να είναι λεπτομερής και να περιλαμβάνει μια σειρά από στόχους. Στόχοι που πρέπει να υλοποιούνται με βάση ενός χρονοδιαγράμματος με απώτερο σκοπό την πλήρη ολοκλήρωση του έργου σε έναν συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα από την αρχή του εγχειρήματος.

Η υδρολογική ανάλυση της περιοχής χρήζει σημαντικής σημασίας στον γενικό σχεδιασμό κατασκευής τόσο των διαδρόμων αποπροσγειώσεων όσο και των διαφόρων εγκαταστάσεων του Αερολιμένα. Η ανάλυση αυτή βοηθά στον προσδιορισμό της ακριβούς θέσης των εγκαταστάσεων αυτών, καθώς συμβάλει στην κατανόηση της λεκάνης απορροής και της συμβολής της, στις διάφορες χρήσεις γης, στην προστασία του εδάφους από επιφανειακή απορροή αλλά και ως προς την δυνατότητα τους να εμπλουτίζουν τους υπόγειους υδροφορείς συμβάλλοντας τη διατήρηση του υδατικού ισοζυγίου.

1.4 Δομή Κεφαλαίων της Μελέτης

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται η εισαγωγή της παρούσας διατριβής καθώς αναλύεται ο σκοπός και η σημασία της. Στο δεύτερο κεφάλαιο ακολουθεί η αποσαφήνιση και ο ρόλος του διεθνούς οργανισμού ICAO, καθώς και γενικός σχεδιασμός του αεροδρομίου βάση του οργανισμού αυτού. Στο τρίτο κεφάλαιο ακολουθεί λεπτομερή ανάλυση του Διαδρόμου Αποπροσγειώσεων (Δ/Μ) και των τμημάτων που εμπλέκονται άμεσα με αυτόν. Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύονται οι τροχόδρομοι, στο πέμπτο κεφάλαιο το οδόστρωμα, ενώ στο έκτο οι αποβάθρες. Στο έβδομο κεφάλαιο γίνεται η υδρολογική ανάλυση της περιοχής, και στο όγδοο εξάγονται συμπεράσματα και οι προτάσεις του ερευνητή.



2. ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟΥ

2.1 Διεθνής Οργανισμός ICAO

Ο Διεθνής Οργανισμός Πολιτικής Αεροπορίας χρηματοδοτείται και διευθύνεται από 193 εθνικές κυβερνήσεις, ως κράτη που έχουν υπογράψει τη Σύμβαση του Σικάγου (1944), για να υποστηρίξει τη διπλωματία και τη συνεργασία τους στις αεροπορικές μεταφορές. Η βασική του λειτουργία είναι να διατηρεί μια διοικητική και έμπειρη γραφειοκρατία που υποστηρίζει αυτές τις διπλωματικές αλληλεπιδράσεις και να ερευνά νέες πολιτικές αερομεταφορών και καινοτομίες τυποποίησης, όπως κατευθύνονται και εγκρίνονται από τις κυβερνήσεις μέσω της Συνέλευσης του ICAO ή από το Συμβούλιο του ICAO που η συνέλευση εκλέγει. Ομάδες της βιομηχανίας και της κοινωνίας των πολιτών, καθώς και άλλοι ενδιαφερόμενοι περιφερειακοί και διεθνείς οργανισμοί, συμμετέχουν επίσης στην έρευνα και ανάπτυξη νέων προτύπων (standards) του ICAO με την ιδιότητά τους ως «Προσκεκλημένοι Οργανισμοί». Καθώς προσδιορίζονται νέες προτεραιότητες από αυτούς τους ενδιαφερόμενους, η γραμματεία του ICAO συγκαλεί ομάδες εργασίας, συνέδρια και σεμινάρια για να διερευνήσει τις τεχνικές, πολιτικές, κοινωνικοοικονομικές και άλλες πτυχές τους. Στη συνέχεια, παρέχει στις κυβερνήσεις τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα και συμβουλές καθώς καθιερώνουν συλλογικά και διπλωματικά νέα διεθνή πρότυπα και συνιστώμενες πρακτικές για την πολιτική αεροπορία διεθνώς. Μόλις οι κυβερνήσεις επιτύχουν διπλωματική συναίνεση σχετικά με το πεδίο εφαρμογής και τις λεπτομέρειες ενός νέου προτύπου, στη συνέχεια υιοθετείται από τις ίδιες 193 χώρες προκειμένου να ευθυγραμμιστεί παγκοσμίως με τους εθνικούς τους κανονισμούς, συμβάλλοντας στην πραγματοποίηση ασφαλών και βιώσιμων αεροπορικών επιχειρήσεων σε πραγματικά παγκόσμια βάση (ICAO, 2018).



Εικόνα 1: Logo ICAO
(Retrieved: <https://icao.int>)



2.2 Νομοθεσία ICAO

Η ασφάλεια πτήσεων και εδάφους αποτελεί την ύψιστη προτεραιότητα στην λειτουργία της αεροπορίας. Για την επίτευξη της συνεχούς ασφάλειας τόσο στο έδαφος όσο και στον αέρα απαιτείται τυποποίηση. Στην περίπτωση των αεροδρομίων, πρόκειται για τυποποίηση εγκαταστάσεων, επίγειου εξοπλισμού και διαδικασιών. Όπως γίνεται αντιληπτό, τα πρότυπα πρέπει να είναι κατάλληλα για κάθε είδος αεροδρομίου καθώς και να πηγάζουν από την αεροπορική κοινότητα (ICAO, 2018).

Μετά το πέρας του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, η ανάγκη για συμφωνία κοινών απαιτήσεων για αεροδρόμια ήταν επιτακτική. Το 1951, μετά την σύσταση του Διεθνούς Οργανισμού Πολιτικής Αεροπορίας (ICAO) το 1947, σύμφωνα με την Σύμβαση του Σικάγου (1944), ο οργανισμός υιοθέτησε και δημοσίευσε το Παράρτημα 14 - Αεροδρόμια (Annex 14 - Aerodromes). Το Παράρτημα 14, παρέχει το απαιτούμενο σύνολο προτύπων για αεροδρόμια που χρησιμοποιούνται από διεθνείς εναέρια μέσα μεταφοράς, και περιέχει πληροφορίες για το σχεδιασμό, την κατασκευή και τη λειτουργία αερολιμένων. Με τις εξελίξεις στην τεχνολογία των αεροσκαφών, το Παράρτημα 14 τροποποιείται και ανανεώνεται τακτικά. Καθένα από τα κράτη μέλη του ICAO έχει το δικαίωμα να προτείνει συμπλήρωμα ή τροποποίηση παραρτήματος μέσω της αεροπορικής πολιτικής αρχής του (ICAO, 2018).

Τα κράτη μέλη του ICAO υποχρεούνται να εκδώσουν ένα εθνικό σύνολο προτύπων και συνιστάμενων πρακτικών, τα οποία ρυθμίζουν τα εν λόγω σημεία για τους διεθνείς αερολιμένες τους και ενισχύοντάς τα αναλόγως με τις ανάγκες τους. Ωστόσο, για να μην τίθενται ζητήματα γλωσσικών δυσχερειών τα κράτη μέλη του ICAO πρέπει είτε να υιοθετήσουν μία από τις επίσημες γλώσσες του οργανισμού (Αγγλικά, Γαλλικά, Ισπανικά ή Ρωσικά), είτε να τα μεταφράσουν στη δική τους γλώσσα ενημερώνοντας σχετικά τον ICAO. Επιπλέον, υπάρχει πρόβλεψη έτσι ώστε το κράτος μέλος να μπορεί να προσαρμόσει ορισμένες από τις διατάξεις των εθνικών του προτύπων και των συνιστάμενων πρακτικών, με την προϋπόθεση να καταθέσει τις διαφορές στον οργανισμό (ICAO, 2018). Όπως και με άλλα παραρτήματα, ο κύριος στόχος του Παραρτήματος 14 είναι να καθορίσει κριτήρια για την παροχή παγκόσμιας ασφάλειας, κανονικότητας και οικονομίας των διεθνών αεροπορικών μεταφορών.



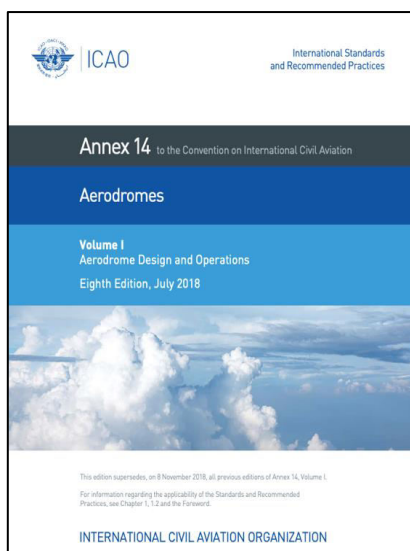
2.3 Παράρτημα 14 & Εγχειρίδια Σχεδίασης Αεροδρομίου

Οι διατάξεις του Παραρτήματος 14 (Annex 14), έχουν δύο διαφορετικά επίπεδα υποχρέωσης και συνάφειας, και ορίζονται ως πρότυπα (standards) και συστάσεις (recommendations).

Τα **Πρότυπα** (Standards) περιέχουν προδιαγραφές για ορισμένα φυσικά χαρακτηριστικά, τη διαμόρφωση, τα υλικά, τις επιδόσεις, το προσωπικό ή τις διαδικασίες. Η αποδοχή τους είναι **υποχρεωτική** προκειμένου να διασφαλιστεί η ασφάλεια και η τυποποίηση της διεθνούς αεροναυτιλίας. Σε περίπτωση που ένα κράτος μέλος δεν μπορεί να αποδεχθεί το πρότυπο, είναι υποχρεωτικό να κοινοποιήσει στο Συμβούλιο του ICAO την διαφοροποίηση μεταξύ του εθνικού προτύπου και της δεσμευτικής διάταξης (ICAO, 2018).

Οι **Συστάσεις** (Recommendations) περιλαμβάνουν προδιαγραφές που αναφέρονται σε άλλα φυσικά χαρακτηριστικά, τη διαμόρφωση, τα υλικά, την απόδοση, το προσωπικό ή τις διαδικασίες. Η αποδοχή τους θεωρείται **επιθυμητή** για λόγους ασφάλειας, τυποποίησης ή οικονομίας της διεθνούς αεροναυτιλίας. Τα κράτη μέλη θα πρέπει να εκτελέσουν προσπάθεια συμμόρφωσης με τη Σύμβαση, με σκοπό την ενσωμάτωση στους εθνικούς τους κανονισμούς. Αν και τα κράτη μέλη δεν είναι υποχρεωμένα να κοινοποιούν τις διαφορές μεταξύ των συστάσεων του Παραρτήματος και των εθνικών προτύπων και πρακτικών, εντούτοις θεωρείται χρήσιμο να κοινοποιηθεί στον οργανισμό υπό τον όρο ότι μια τέτοια διάταξη είναι σημαντική για την ασφάλεια των αεροπορικών μεταφορών (ICAO, 2018).

Οι **Σημειώσεις** (Notes) έχουν μόνο ενημερωτικό χαρακτήρα και συμπληρώνουν ή εξηγούν με λεπτομέρεια τα Πρότυπα και τις Συστάσεις (ICAO, 2018).



Επί του παρόντος, το Παράρτημα 14 έχει δύο τόμους, Τόμος I - Σχεδιασμός και Λειτουργίες Αεροδρομίου και Τόμος II - Ελικοδρόμια. Εκτός από τα Παραρτήματα, ο ICAO εκδίδει και άλλες δημοσιεύσεις (ICAO, 2018).

Εικόνα 2: Aerodrome Design & Operations
(Retrieved: <https://elibrary.icao.int>)



Τα ακόλουθα εγχειρίδια, τα οποία συμπληρώνουν το Παράρτημα 14, περιλαμβάνουν κατευθυντήριες γραμμές για το σχεδιασμό, την κατασκευή, τον προγραμματισμό και τη λειτουργία του αεροδρομίου (ICAO, 2018):

Aerodrome Design Manual (Doc 9157)

Part 1 - Runways

Part 2 - Taxiways, Aprons and Holding Bays

Part 3 - Pavements

Part 4 - Visual Aids

Part 5 - Electrical Systems

Airport Planning Manual (Doc 9184)

Part 1 - Master Planning

Part 2 - Land Use and Environmental Control

Part 3 - Guidelines for Consultant/Construction Services

Airport Services Manual (Doc 9137)

Part 1 - Rescue and Fire Fighting

Part 2 - Pavement Surface Conditions

Part 3 - Bird Control and Reduction

Part 4 - Fog Dispersal (withdrawn)

Part 5 - Removal of Disabled Aircraft

Part 6 - Control of Obstacles

Part 7 - Airport Emergency Planning

Part 8 - Airport Operational Services

Part 9 - Airport Maintenance Practices

Heliport Manual (Doc 9261)

Stolport Manual (Doc 9150)

Manual on the ICAO Bird Strike Information System (IBIS) (Doc 9332)

Manual of Surface Movement Guidance and Control Systems (SMGCS) (Doc 9476)



2.4 Κωδικός Αναφοράς Αεροδρομίου

Ο σκοπός του κωδικού αναφοράς είναι να παρέχει μια απλή μέθοδο για τη διασύνδεση των πολυάριθμων προδιαγραφών σχετικά με τα χαρακτηριστικά των αεροδρομίων, έτσι ώστε να παρέχεται μια σειρά από εγκαταστάσεις αεροδρομίου που είναι κατάλληλες για τα αεροσκάφη που προορίζονται να επιχειρούν στο αντίστοιχο αεροδρόμιο. Οι τρεις βασικοί λόγοι της θέσπισης του Κωδικού Αναφοράς Αεροδρομίου είναι (DOC 9157 - PART 1, 2006):

1. **Ο Σχεδιασμός Αεροδρομίου:** παρέχοντας στους σχεδιαστές κατευθυντήριες οδηγίες συνδέοντας κριτήρια ορθολογικού σχεδιασμού με τις τρέχουσες και μελλοντικές απαιτήσεις των αεροπλάνων,
2. **Η Θέσπιση Προτύπου:** στο οποίο με κώδικα αναφοράς αεροδρομίου διασυνδέονται οι πολυάριθμες προδιαγραφές που αφορούν τα χαρακτηριστικά των αεροδρομίων και,
3. **Η Λειτουργία Αεροδρομίου:** στην οποία ο κώδικας αναφοράς αεροδρομίου χρησιμεύει ως ένδειξη των χαρακτηριστικών των εγκαταστάσεων εδάφους, έχοντας ως αποτέλεσμα ο υποψήφιος φορέας εκμετάλλευσης αεροσκαφών να εξετάζει γρήγορα και εύκολα εάν οι εγκαταστάσεις του αεροδρομίου, που πρόκειται να χρησιμοποιήσει, πληρούν τις προϋποθέσεις και τις απαιτήσεις του αεροσκάφους του, **υπό τον όρο** ότι το Παράρτημα 14 τηρήθηκε κατά την κατασκευή του (αυτό ισχύει μόνο για χώρους κίνησης).



Ο κώδικας αποτελείται από δύο στοιχεία που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά και τις διαστάσεις απόδοσης του αεροσκάφους (DOC 9157 - PART 1, 2006).

1. Το πρώτο κωδικό στοιχείο (που υποδεικνύεται από τους αριθμούς 1 έως 4) βασίζεται στο ελάχιστο μήκος του διαδρόμου (reference field length), που απαιτείται για την Απογείωση ενός αφους με μέγιστο πιστοποιημένο φορτίο, λαμβάνοντας υπόψιν κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες, άπνοια, μηδενική κλίση διαδρόμου όπως αυτά περιγράφονται στα εγχειρίδια των αεροσκαφών ή του κατασκευαστή. Ο κωδικός αυτός αναφέρεται στις απαιτήσεις απογείωσης ενός αφους σε σχέση της γεωμετρίας του διαδρόμου και την ασφαλή απόσταση από εμπόδια. Ωστόσο, δεν καθορίζει το πραγματικό απαιτούμενο μήκος του διαδρόμου (DOC 9157 - PART 1, 2006).
2. Το δεύτερο στοιχείο κωδικού (που υποδεικνύεται με τα γράμματα Α έως F) βασίζεται στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του αεροσκάφους και καθορίζεται από το εκπέτασμα πτερύγων και το εκπέτασμα των κύριων τροχών (εξωτερική πλευρά τροχών). Αφορά ιδίως τις διατάξεις που αναφέρονται στους τροχοδρόμους και στα δάπεδα στάθμευσης αεροσκαφών. Τα χαρακτηριστικά ορισμένων αεροσκαφών και η ταξινόμησή τους με κωδικό αριθμό και κωδικό γράμμα φαίνονται στον Πίνακα 1. Ορισμένες διατάξεις που καθορίζουν τα χαρακτηριστικά των περιοχών κίνησης καθορίζονται με συνδυασμό και των δύο στοιχείων του κωδικού αναφοράς του αεροδρομίου (DOC 9157 - PART 1, 2006).

Πίνακας 1: Κωδικοί Αναφοράς Αεροδρομίου

Κωδικός Στοιχείου 1		Κωδικός Στοιχείου 2		
Κωδικός Αριθμός	Απαιτούμενο Μήκος διαδρόμου	Κωδικό Γράμμα	Εκπέτασμα Πτερύγων	Εκπέτασμα Κύριων Τροχών (εξωτερική πλευρά)
1	Μικρότερο των 800 μ	A	Μικρότερο των 15 μ	Μικρότερο των 4,5 μ
2	800 μ έως και 1199 μ	B	15 μ έως 23,99 μ	4.5 μ έως 5,99 μ
3	1200 μ έως και 1799 μ	C	24 μ έως 35,99 μ	6 μ έως 8,99 μ
4	πάνω από 1800 μ	D	36 μ έως 51,99 μ	9 μ έως 13,99 μ
		E	52 μ έως 64,99 μ	9 μ έως 13,99 μ
		F	65 μ έως 79,99 μ	14 μ έως 15,99 μ



2.5 Αριθμός και Διεύθυνση Διαδρόμων Αποπροσγειώσεων

Ο κύριος διάδρομος, στο βαθμό που το επιτρέπουν άλλοι παράγοντες, θα πρέπει να είναι προσανατολισμένος στον άνεμο που επικρατεί. Επίσης, όταν σχεδιάζεται ένας νέος διάδρομος ενόργανης προσέγγισης, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στις περιοχές πάνω από τις οποίες θα απαιτείται να πετούν τα αεροσκάφη όταν ακολουθούν τις διαδικασίες τόσο της ενόργανης όσο και της αποτυχημένης προσέγγισης, ώστε να διασφαλίζεται ότι τα εμπόδια σε αυτές τις περιοχές δεν θα περιορίζουν την λειτουργία τους (ICAO, 2018).

Ο αριθμός των διαδρόμων πρέπει να είναι επαρκής με σκοπό να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις εναέριας κυκλοφορίας, οι οποίες αποτελούνται από τον αριθμό των αφίξεων και αναχωρήσεων αεροσκαφών, καθώς και το σύνολο των διαφόρων τύπων αεροσκαφών, που πρέπει να εξυπηρετηθούν εντός μίας ώρας κατά τις περιόδους με τη μεγαλύτερη κίνηση. Η απόφαση σχετικά με τον συνολικό αριθμό των διαδρόμων που θα παρασχεθούν θα πρέπει επίσης να λαμβάνει υπόψη τον παράγοντα χρηστικότητα του αεροδρομίου καθώς και οικονομικούς παράγοντες (DOC 9157 - PART 1, 2006).

Όταν προβλέπεται άνω του ενός διαδρόμου για παράλληλη χρήση αποπροσγειώσεων ισχύουν τα κάτωθι (ICAO, 2018):

- **Λειτουργία υπό VMC συνθήκες.** Όταν παρέχονται παράλληλοι διάδρομοι για ταυτόχρονη χρήση μόνο σε συνθήκες πτήσεως δια όψεως (VMC), η ελάχιστη απόσταση μεταξύ των κεντρικών γραμμών τους θα πρέπει να είναι:
 - a. 210 μ όταν ο υψηλότερος κωδικός αριθμός είναι το 3 ή 4 (βλ. Πίνακα 1),
 - b. 150 μ όταν ο υψηλότερος κωδικός αριθμός είναι το 2 (βλ. Πίνακα 1), και
 - c. 120 μ όταν ο υψηλότερος κωδικός αριθμός είναι το 1 (βλ. Πίνακα 1).
- **Λειτουργία υπό IMC συνθήκες.** Όταν προβλέπονται παράλληλοι διάδρομοι για ταυτόχρονη λειτουργία σε συνθήκες πτήσεως δια οργάνων (IMC), η ελάχιστη απόσταση μεταξύ των κεντρικών τους γραμμών θα πρέπει να είναι:
 - a. 1035 μ για ανεξάρτητες παράλληλες προσεγγίσεις,
 - b. 915 μ για εξαρτημένες παράλληλες προσεγγίσεις,
 - c. 760 μ για ανεξάρτητες παράλληλες αναχωρήσεις
 - d. 760 μ για διαχωρισμένες παράλληλες λειτουργίες.



Επίσης, στα παραπάνω, ισχύει ότι (ICAO, 2018):

α) για διαχωρισμένες παράλληλες πτήσεις, η καθορισμένη απόσταση διαχωρισμού:

1. μπορεί να μειωθεί κατά 30 μ για κάθε 150 μ, όταν στον διάδρομο άφιξης, το αεροσκάφος που προσεγγίζει, δύναται να κλιμακωθεί τουλάχιστον στα 300 μ, και
2. θα πρέπει να αυξάνεται κατά 30 μ για κάθε 150 μ, όταν στον διάδρομο άφιξης, το αεροσκάφος που προσεγγίζει κλιμακώνεται σε μεγαλύτερη απόσταση.

β) μπορούν να εφαρμοστούν μικρότερες αποστάσεις διαχωρισμού από αυτές που καθορίζονται παραπάνω, εάν, μετά από μελέτη, διαπιστωθεί ότι μικρότερες αποστάσεις διαχωρισμού δεν θα επηρεάσουν στο ελάχιστο την ασφάλεια των πτήσεων.

Για να ελαχιστοποιηθούν οι λειτουργίες τροχοδρόμησης σε ενεργούς διαδρόμους και για να αξιοποιηθεί καλύτερα η περιοχή μεταξύ των παράλληλων διαδρόμων προσγείωσης, η περιοχή του τερματικού σταθμού και άλλες επιχειρησιακές περιοχές μπορούν να τοποθετηθούν μεταξύ παράλληλων διαδρόμων. Ωστόσο, για να χωρέσουν αυτές οι περιοχές, ενδέχεται να απαιτούνται μεγαλύτερες αποστάσεις διαχωρισμού από αυτές που συνιστώνται στην προηγούμενη παράγραφο (ICAO, 2018).



Εικόνα 3: London Heathrow Airport (Retrieved: <https://www.aerotime.aero/articles/32318>)



Ο αριθμός και ο προσανατολισμός των διαδρόμων σε ένα αεροδρόμιο θα πρέπει να είναι τέτοιος ώστε ο συντελεστής χρηστικότητας να είναι τουλάχιστον 95% για τους τύπους αεροσκαφών που προορίζεται να εξυπηρετήσει (ICAO, 2018). Συνεπώς, κατά την εξέταση του συντελεστή χρηστικότητας 95%, θα πρέπει να συμπεριληφθεί το γεγονός, ότι η προσγείωση ή η απογείωση αεροπλάνων, **απαγορεύεται** όταν η συνιστώσα του πλευρικού ανέμου υπερβαίνει (DOC 9157 - PART 1, 2006):

- τα **37 km/h (20 Kt)** στην περίπτωση αφών των οποίων το μήκος αναφοράς διαδρόμου είναι **από 1500 m ή περισσότερο**, με εξαίρεση την περίπτωση στην οποία παρουσιάζεται κακή πέδηση στον διάδρομο λόγω ανεπαρκούς συντελεστή τριβής, όπου η καθετότητα του ανέμου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 24 km/h (13 kt)
- τα **24 km/h (13 kt)** στην περίπτωση αφών των οποίων το μήκος αναφοράς διαδρόμου είναι **από 1200 μέτρα έως τα 1499 μέτρα**, και
- τα **19 km/h (10 kt)** στην περίπτωση αφών των οποίων το μήκος αναφοράς διαδρόμου είναι **μικρότερο από 1200 μέτρα**.

Η επιλογή των δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό του συντελεστή χρηστικότητας θα πρέπει να βασίζεται σε αξιόπιστες στατιστικές κατανομής ανέμου που εκτείνονται σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη περίοδο, κατά προτίμηση όχι μικρότερη των πέντε ετών. Τα δεδομένα καιρού λαμβάνονται συνήθως από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (EMY). (DOC 9157 - PART 1, 2006).



Εικόνα 4: Π/Γ με πλάγιο άνεμο (LGAV) (Retrieved: <https://www.ertnews.gr/>)



2.6 Δηλωμένες Αποστάσεις (Declared Distances)

Κάθε αερολιμένας είναι υποχρεωμένος να δημοσιεύει: α) τα στοιχεία των διαδρόμων του, και β) τις ευκολίες που παρέχει, στην Δημοσίευση Αεροπορικών Πληροφοριών (AIP). Σκοπός της δημοσίευσης είναι η ενημέρωση των πιλότων και των αερομεταφορών, για το μήκος του διαδρόμου προσγείωσης, το μήκος του ελεύθερου διαδρόμου (clearway), και του διαδρόμου στάσης (stopway), που πρόκειται να χρησιμοποιήσουν. Όλες οι πληροφορίες απόστασης δημοσιεύονται με τυποποιημένο τρόπο καθορίζοντας ποιον διάδρομο αφορούν και με ποια διεύθυνσή. Τα ακρωνύμια που χρησιμοποιούνται είναι (βλ. εικόνα 5):

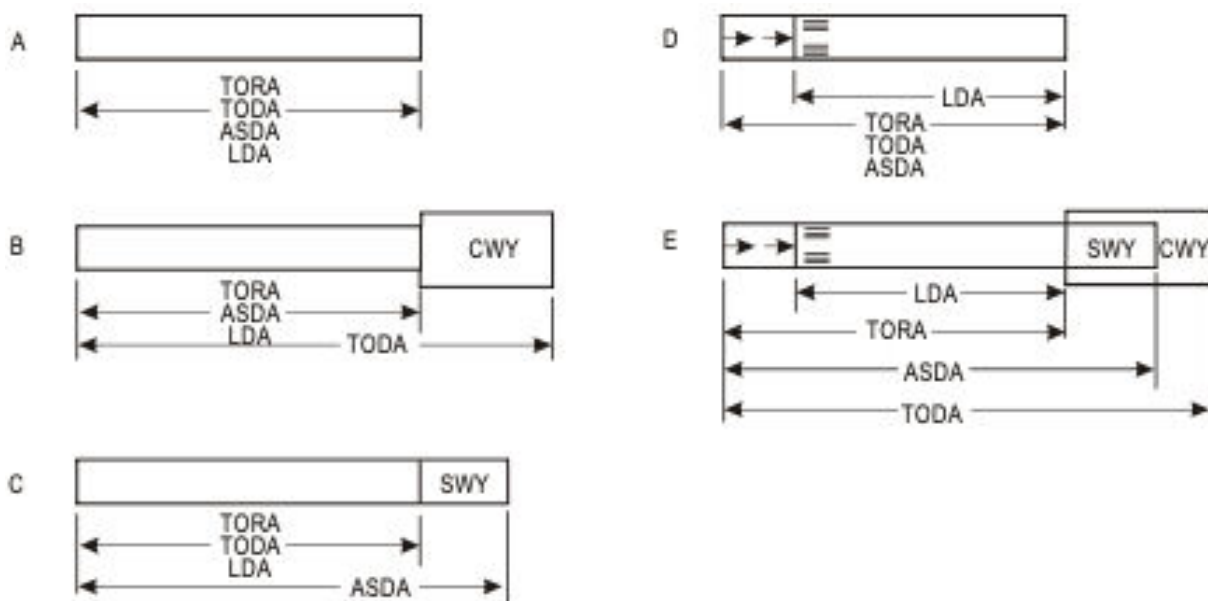
TORA: Take-Off Run Available

TODA: Take-Off Distance Available

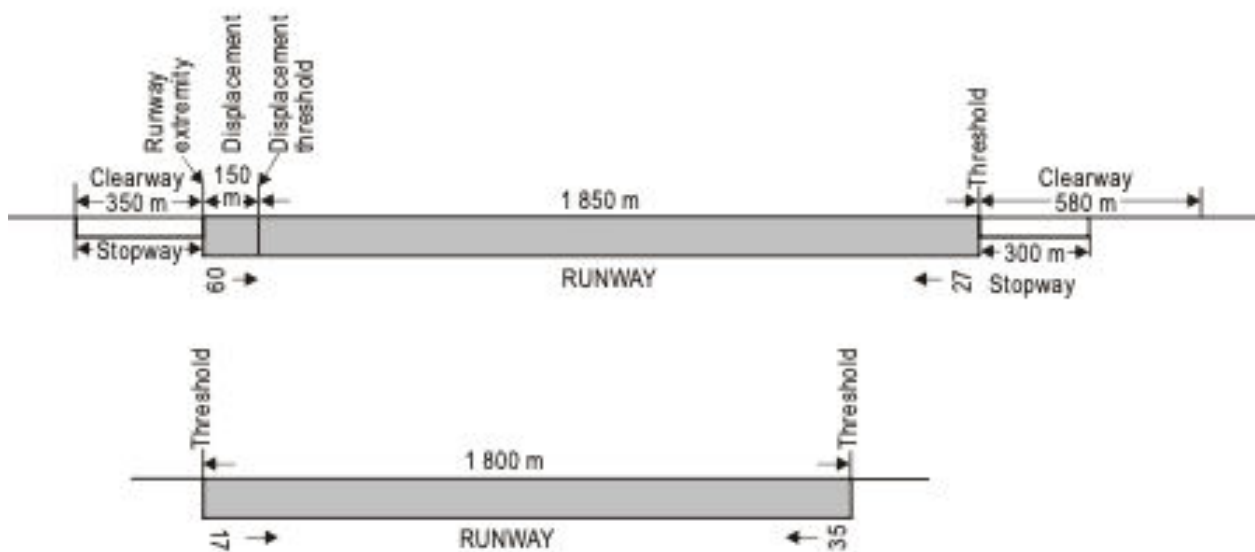
ASDA: Accelerate Stop Distance Available

LDA: Landing Distance Available

Τα συγκεκριμένα μήκη δεν καθορίζονται μόνο από το μήκος του διαδρόμου ή άλλων επιφανειών κίνησης, αλλά και από την πραγματική τους κατάσταση, καθώς και τα εμπόδια στις περιοχές απογείωσης, προσέγγισης και προσγείωσης. Γενικά, δύναται να δηλωθεί ότι η διαδρομή της απογείωσης, και της προσγείωσης, μπορεί να εκτελεστεί μόνο σε διάδρομο πλήρους ισχύος, ενώ το υπόλοιπο μέρος της απογείωσης μπορεί να ολοκληρωθεί πάνω από μια λωρίδα διαδρόμου (runway strip) ή ένα ελεύθερο διάδρομο (clearway) (βλ. ενότητες 3.10 και 3.11). Στις περιπτώσεις που ο διάδρομος έχει πλήρη αντοχή σε όλο το μήκος του, στα κατώφλια που βρίσκονται στα άκρα του (βλ. ενότητα 3.5), στη λωρίδα διαδρόμου η οποία εκτείνεται πέρα από τα άκρα (βλ. ενότητα 3.10), καθώς και κατά μήκος και στις δυο πλευρές του Δ/Μ (clearways), οι δηλωμένες αποστάσεις είναι ίδιες και στις δύο κατευθύνσεις. Διαφορετικά, ο διάδρομος δύναται να έχει μετατοπισμένο όριο προσγείωσης, συνήθως λόγω εμποδίων στην περιοχή προσέγγισης, με δυνατότητα στο τμήμα του διαδρόμου πλήρους αντοχής πριν από το μετατοπισμένο κατώφλι, να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για απογείωση (ICAO, 2018).



Note.— All declared distances are illustrated for operations from left to right.



F

RUNWAY	TORA	ASDA	TODA	LDA
	m	m	m	m
09	2 000	2 300	2 580	1 850
27	2 000	2 350	2 350	2 000
17	NU	NU	NU	1 800
35	1 800	1 800	1 800	NU

Εικόνα 5: Δηλωμένες Αποστάσεις (Retrieved: ICAO ANNEX 14)



3. ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ ΑΠΟΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ (RUNWAY)

3.1 Μήκος Δ/Μ (Runway Length)

Ο προσδιορισμός του μήκους του διαδρόμου αποπροσγειώσεων είναι η σημαντικότερη απόφαση στο σχεδιασμό ενός αεροδρομίου, διότι καθορίζει τον τύπο αεροσκαφών που μπορούν να τον χρησιμοποιήσουν (ICAO, 2018).

Ο άνεμος στην περιοχή του αεροδρομίου επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την απογείωση και την προσγείωση. Όσο μεγαλύτερης έντασης είναι ο αντίθετος άνεμος σε έναν διάδρομο, τόσο μικρότερο είναι το μήκος του διαδρόμου που απαιτείται για ένα αεροπλάνο που απογειώνεται ή προσγειώνεται. Αντίθετα, ο ούριος άνεμος αυξάνει το μήκος του διαδρόμου που απαιτείται. Επίσης, όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία, τόσο μεγαλύτερος είναι ο απαιτούμενος διάδρομος, λόγω ότι οι υψηλότερες θερμοκρασίες δημιουργούν χαμηλή πυκνότητα αέρα με αποτέλεσμα χαμηλότερη απόδοση ώσης και μειωμένης στάσης ανόδου (DOC 9157 - PART 1, 2006).

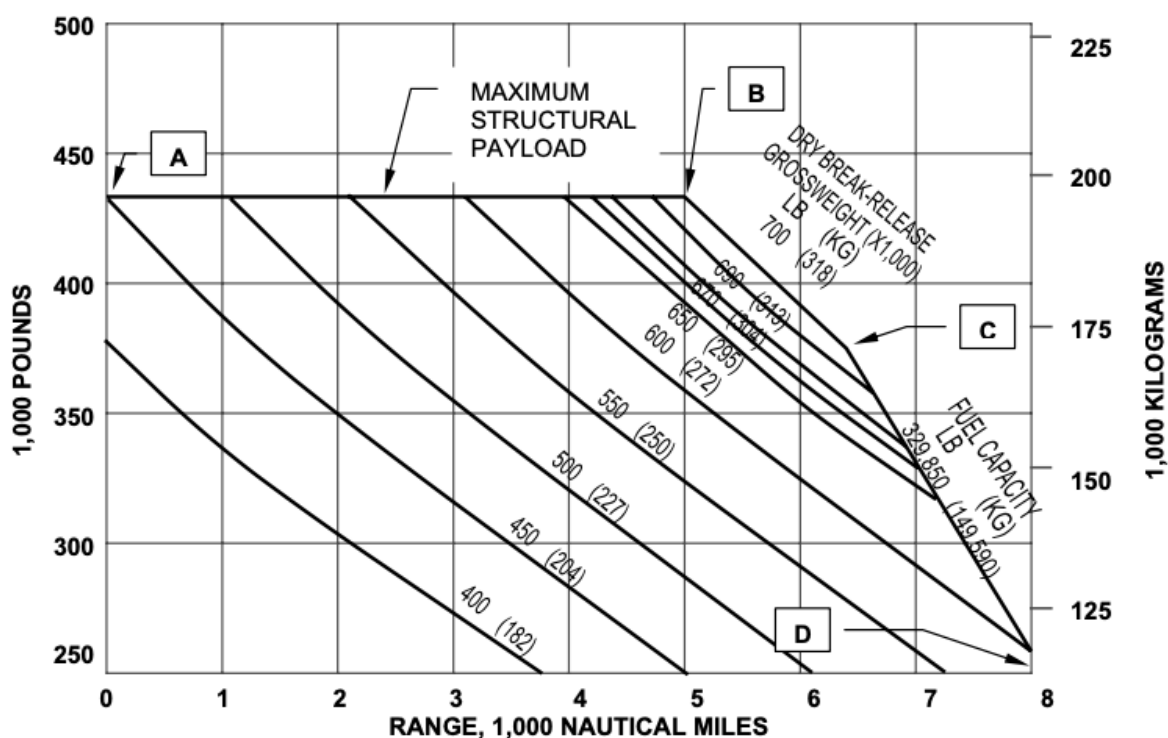
Επιπλέον, η κλίση του διαδρόμου έχει αντίκτυπο στις απαιτήσεις μήκους διαδρόμου. Είναι προφανές ότι ένα αεροπλάνο που απογειώνεται σε ανηφορική κλίση απαιτεί μεγαλύτερο μήκος διαδρόμου από ό,τι σε επίπεδο ή με κατωφέρεια. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν το απαιτούμενο μήκος Α/Γ και Π/Γ των αφών είναι το υψόμετρο και η θερμοκρασία. Όσο μεγαλύτερο είναι το υψόμετρο του αεροδρομίου με αντίστοιχα χαμηλότερη βαρομετρική πίεση, τόσο μεγαλύτερος είναι ο απαιτούμενος διάδρομος. Συνεπώς, πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη οι τοπικές συνθήκες, όπως το υψόμετρο, η θερμοκρασία, η κλίση, η υγρασία και τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας του διαδρόμου (DOC 9157 - PART 1, 2006).

Εκτός από τις περιπτώσεις όπου ένας διάδρομος συνδέεται με διάδρομο στάσης (stopway) ή/και ελεύθερο χώρο (clearway), το πραγματικό μήκος διαδρόμου για έναν κύριο διάδρομο θα πρέπει να είναι επαρκές έτσι ώστε να ανταποκρίνεται στις επιχειρησιακές απαιτήσεις των αεροσκαφών στα οποία προορίζεται (DOC 9157 - PART 1, 2006).

Το μήκος ενός δευτερεύον διαδρόμου θα πρέπει να προσδιορίζεται ομοίως με τον κύριο διάδρομο προσγείωσης, με σκοπό α) να είναι επαρκές για τα αεροσκάφη που το χρησιμοποιούν, και β) να πετυχαίνει συντελεστή χρηστικότητας τουλάχιστον 95% (DOC 9157 - PART 1, 2006).



Ο σχεδιασμός για το απαραίτητο μήκος του διαδρόμου πηγάζει από το αεροσκάφος με τις μεγαλύτερες απαιτήσεις διαδρόμου να μπορεί να φτάσει στη μέγιστη μάζα απογείωσης (MTOM). Γίνεται αντιληπτό από το διάγραμμα εύρους ωφέλιμου φορτίου της εικόνας 6, ο τρόπος εξέτασης του μήκους διαδρόμου. Στο σημείο Α ένα αεροπλάνο έχει μέγιστο ωφέλιμο φορτίο, αλλά δεν έχει βεληγεκές καθώς έχει μηδενικό καύσιμο. Η εμβέλεια του αεροπλάνου αυξάνεται από το Α στο Β, με τη φόρτωση καυσίμου, ενώ το ωφέλιμο φορτίο παραμένει το ίδιο. Όσο περισσότερο καύσιμο προστίθεται στο αεροσκάφος με το ωφέλιμο φορτίο να παραμένει σταθερό, τόσο μεγαλύτερη μάζα αποκτά. Στο σημείο Β το αεροπλάνο έχει τη μέγιστη μάζα απογείωσης. Από αυτό το σημείο, η εμβέλεια θα μπορούσε να αυξηθεί μόνο με την αντικατάσταση κάθε κιλού ωφέλιμου φορτίου, με την ίδια ποσότητα σε καύσιμο. Στο σημείο C το αεροπλάνο έχει μέγιστη χωρητικότητα καυσίμου, και η αυτονομία θα μπορούσε να αυξηθεί περαιτέρω μόνο με τη μείωση του ωφέλιμου φορτίου. Η μάζα του αεροπλάνου μειώνεται μεταξύ C και D (Kazda & Caves, 2007).



Εικόνα 6: Διάγραμμα Φορτίου/Απόστασης (Retrieved: Kazda & Caves, 2007)



Γίνεται σαφές από τα παραπάνω ότι ο προσδιορισμός του απαιτούμενου μήκους διαδρόμου είναι σημαντικός. Συνήθως, οι αεροπορικές εταιρείες προτιμούν Α/Δ με επιπλέον μήκος διαδρόμου, ώστε να μπορούν να εκτελούν Α/Γ μειωμένης ώσης, μειώνοντας την φθορά του κινητήρα, και της κατανάλωσης καυσίμου. Υπάρχουν πολλοί λόγοι που συνηγορούν στα οφέλη ενός διαδρόμου με μεγάλο μήκος, ωστόσο το κυρίαρχο κριτήριο είναι να παρέχεται ο καθορισμένος βαθμός ασφάλειας.

Πριν συνεχίσουμε με την ανάλυση μεταξύ των παραμέτρων απόδοσης του αεροπλάνου και των απαιτήσεων μήκους διαδρόμου, είναι απαραίτητο να εξηγηθούν οι ακόλουθοι επιχειρησιακοί όροι (DOC 9157 - PART 1, 2006):

1. **Ταχύτητα Απόφασης (V_1)** είναι η ταχύτητα που επιλέγει ο χειριστής στην οποία ο χειριστής, έχοντας αναγνωρίσει μια αστοχία του κρίσιμου κινητήρα, αποφασίζει εάν θα συνεχίσει την απογείωση (Α/Γ) ή θα εκτελέσει ματαίωση της Α/Γ. Πιο συγκεκριμένα, εάν η βλάβη του κινητήρα συμβεί πριν επιτευχθεί η ταχύτητα απόφασης, ο πιλότος πρέπει να ματαιώσει την Α/Γ, ενώ εάν η βλάβη συμβεί μετά την ταχύτητα απόφασης, ο πιλότος πρέπει να συνεχίσει την Α/Γ. Κατά γενικό κανόνα, επιλέγεται μια ταχύτητα απόφασης η οποία είναι χαμηλότερη ή το πολύ ίση με την ασφαλή ταχύτητα απογείωσης (V_2). Ωστόσο, θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την ελάχιστη ταχύτητα στην οποία μπορεί το αεροπλάνο να ελεγχθεί με ασφάλεια πάνω ή κοντά στο έδαφος σε περίπτωση βλάβης του πιο κρίσιμου κινητήρα. Αυτή η ταχύτητα συνήθως δίνεται στο εγχειρίδιο πτήσης του αεροσκάφους.
2. **Ασφαλής Ταχύτητα Απογείωσης (V_2)** είναι η ελάχιστη ταχύτητα με την οποία επιτρέπεται η άνοδος του αεροπλάνου σε ύψος 10,7 m (35 πόδια) από την επιφάνεια του διαδρόμου, με διατήρηση τουλάχιστον της ελάχιστης απαιτούμενης γωνίας ανόδου με έναν κινητήρα εκτός λειτουργίας.
3. **Ταχύτητα Στάσης Α/Γ (V_R)** είναι η ταχύτητα με την οποία ο πιλότος ξεκινά την στάση του αεροπλάνου για να «ξεκολλήσει» από τον διάδρομο.
4. **Ταχύτητα Ανύψωσης (V_{LOF})** είναι η ταχύτητα στην οποία το αεροπλάνο «ξεκολλά» από τον διάδρομο. Στην ουσία είναι η ταχύτητα, η οποία υπερνικά το βάρος και την οπισθέλκουσα του αεροπλάνου.



Οι περιορισμοί λειτουργίας των επιδόσεων του αεροπλάνου απαιτούν ένα μήκος που είναι αρκετό για να διασφαλιστεί ότι το αφος μπορεί, μετά την έναρξη της απογείωσης, είτε να σταματήσει, είτε να ολοκληρώσει την απογείωση του με ασφάλεια. Γίνεται αντιληπτό ότι για το απαιτούμενο μήκος διαδρόμου λαμβάνεται υπόψιν το πιο περιοριστικό αεροσκάφος. Έτσι, λαμβάνεται υπόψη η μάζα απογείωσης του αφους, τα χαρακτηριστικά του διαδρόμου, και οι ατμοσφαιρικές συνθήκες περιβάλλοντος.

Λαμβάνοντας υπόψιν όλες αυτές τις συνθήκες, γίνεται κατανοητό ότι υπάρχει για κάθε απογείωση, μια ταχύτητα, που ονομάζεται, όπως αναφέρθηκε, ταχύτητα απόφασης (V_1), στην οποία η απογείωση πρέπει να ματαιωθεί εάν ένας κινητήρας αστοχήσει κάτω από αυτήν την ταχύτητα. Στη περίπτωση που η A/Γ του αφους συνεχιζόταν με βλάβη K/T που παρουσιάστηκε πριν την ταχύτητα απόφασης θα απαιτούταν πολύ περισσότερο μήκος διαδρόμου A/Γ σε σχέση με το μήκος διαδρόμου A/Γ χωρίς βλάβη (που τις περισσότερες περιπτώσεις είναι ανύπαρκτο) με μεγάλο κίνδυνο δημιουργίας επισφαλούς κατάστασης.

Από την άλλη πλευρά, εάν ένας κινητήρας αποτύχει μετά την επίτευξη της ταχύτητας απόφασης (V_1), το αφος έχει επαρκή ταχύτητα και διαθέσιμη ισχύ για να ολοκληρώσει την απογείωση του με ασφάλεια στο υπόλοιπο διαθέσιμο μήκος διαδρόμου. Ωστόσο, λόγω της υψηλής ταχύτητας, θα ήταν επισφαλές το σταμάτημα του αεροσκάφους στο εναπομείναν διαθέσιμο μήκος διαδρόμου.

Η ταχύτητα απόφασης (V_1) είναι η ταχύτητα που επιλέγετε από τον κυβερνήτη του αεροσκάφους σε σχέση με τους αντίστοιχους περιορισμούς των εγχειριδίων του κατασκευαστή του αεροσκάφους, τους κανόνες και τις προβλεπόμενες διαδικασίες, τα χαρακτηριστικά του διαδρόμου και τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες. Ωστόσο, γενικά ισχύει ότι, όσο μεγαλύτερο είναι το διαθέσιμο μήκος διαδρόμου, τόσο μεγαλύτερη ταχύτητα απόφασης επιλέγεται από τον κυβερνήτη του αφους.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, η ταχύτητα απόφασης (V_1) είναι τέτοια ώστε η απαιτούμενη απόσταση απογείωσης (Take-Off Distance) είναι ίση με την απαιτούμενη απόσταση επιτάχυνσης-επιβράδυνσης (Accelerate-Stop Distance). Αυτή η τιμή είναι γνωστή ως το μήκος ισορροπημένου πεδίου. Όπου δεν προβλέπεται διάδρομος στάσης (Stopway) και ελεύθερος χώρος (Clearway), αυτές οι αποστάσεις είναι και οι δύο ίσες με το μήκος του διαδρόμου (DOC 9157 - PART 1, 2006).



Σε περίπτωση που οικονομικοί λόγοι αποκλείουν την παροχή διαδρόμου στάσης (stopway) και, ως εκ τούτου, πρέπει να παρέχονται μόνο διάδρομος και ελεύθερος χώρος (clearway), το μήκος του διαδρόμου πρέπει να είναι ίση με την απαιτούμενη απόσταση επιτάχυνσης-επιβράδυνσης (Accelerate-Stop Distance) ή την απαιτούμενη διαδρομή απογείωσης, όποιο είναι μεγαλύτερο. Η διαθέσιμη απόσταση απογείωσης θα είναι το μήκος του διαδρόμου προσγείωσης συν το μήκος του ελεύθερου χώρου (clearway) (DOC 9157 - PART 1, 2006).

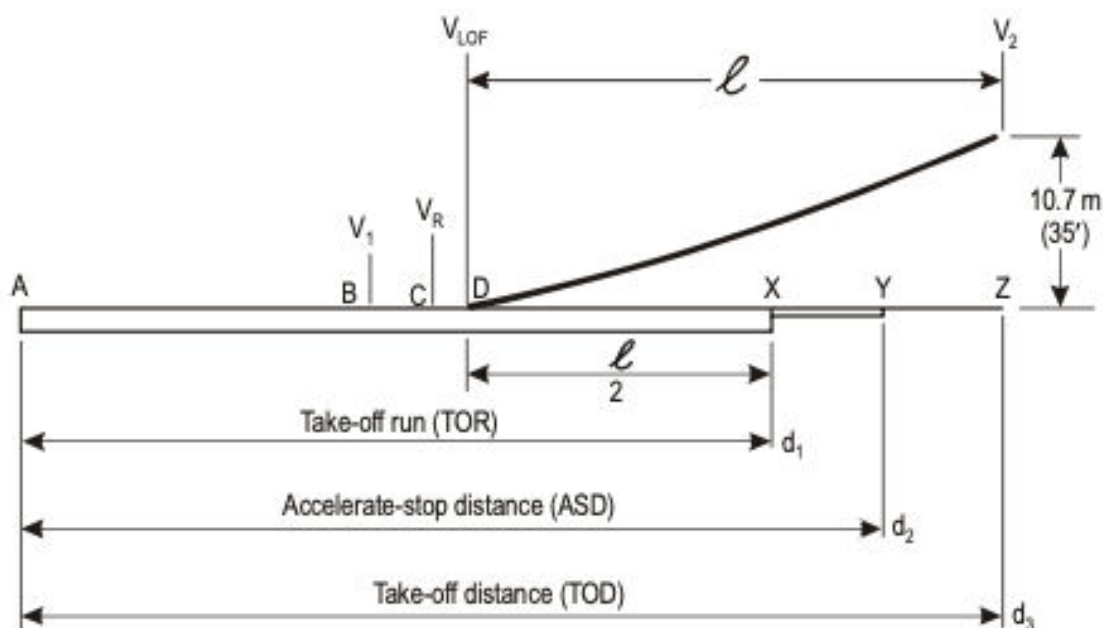
Το ελάχιστο μήκος διαδρόμου καθώς και το μέγιστο μήκος διαδρόμου στάσης ή ελεύθερου χώρου που πρέπει να παρέχονται για την εξυπηρέτηση συγκεκριμένου αφους (του πιο απαιτητικού από άποψη μήκους διαδρόμου) μπορεί να καθοριστεί από τα δεδομένα του εγχειριδίου πτήσης του (DOC 9157 - PART 1, 2006):

1. εάν ένας διάδρομος στάσης (stopway) είναι οικονομικά εφικτός, τα μήκη που πρέπει να παρέχονται είναι αυτά για το μήκος ισορροπημένου πεδίου. Το μήκος του διαδρόμου είναι η απαιτούμενη διαδρομή απογείωσης ή η απαιτούμενη απόσταση προσγείωσης, όποιο είναι μεγαλύτερο. Εάν η απαιτούμενη απόσταση επιτάχυνσης-επιβράδυνσης είναι μεγαλύτερη από το μήκος του διαδρόμου που προσδιορίζεται με αυτόν τον τρόπο, το περίσσιο μήκος διαδρόμου μπορεί να διατεθεί ως διάδρομος στάσης (stopway), συνήθως σε κάθε άκρο του διαδρόμου. Επιπλέον, πρέπει επίσης να παρέχεται ελεύθερος χώρος (clearways) ίδιου μήκους με τον διάδρομο επιβράδυνσης,
2. εάν δεν προβλέπεται διάδρομος στάσης, το μήκος του διαδρόμου είναι η απαιτούμενη απόσταση προσγείωσης ή η απαιτούμενη απόσταση επιτάχυνσης-επιβράδυνσης, εφόσον είναι μεγαλύτερη αυτής της απαιτούμενης απόστασης προσγείωσης, και αντιστοιχεί στη χαμηλότερη ταχύτητα απόφασης. Το περίσσιο μήκος διαδρόμου απαιτούμενης απόστασης απογείωσης στο μήκος του διαδρόμου μπορεί να διατεθεί ως ελεύθερος χώρος, συνήθως σε κάθε άκρο του διαδρόμου.



Στην συνέχεια ακολουθεί η απεικόνιση των παραπάνω για καλύτερη κατανόηση (βλ. εικόνα 7). Στην περίπτωση ενός αφους το οποίο ξεκινά την φάση Α/Γ από το σημείο Α (αρχή διαδρόμου), επιταχύνει και πλησιάζει την ταχύτητα απόφασης (V_1) στο σημείο Β. Ωστόσο, θεωρείται ότι συμβαίνει μια ξαφνική και πλήρης απώλειας ισχύος ενός Κ/Τ (μηχανική βλάβη στον εν λόγω κινητήρα) και αναγνωρίζεται από τον κυβερνήτη στην ταχύτητα απόφασης (V_1). Ο κυβερνήτης τότε πρέπει να λάβει μια απόφαση, είτε (DOC 9157 - PART 1, 2006):

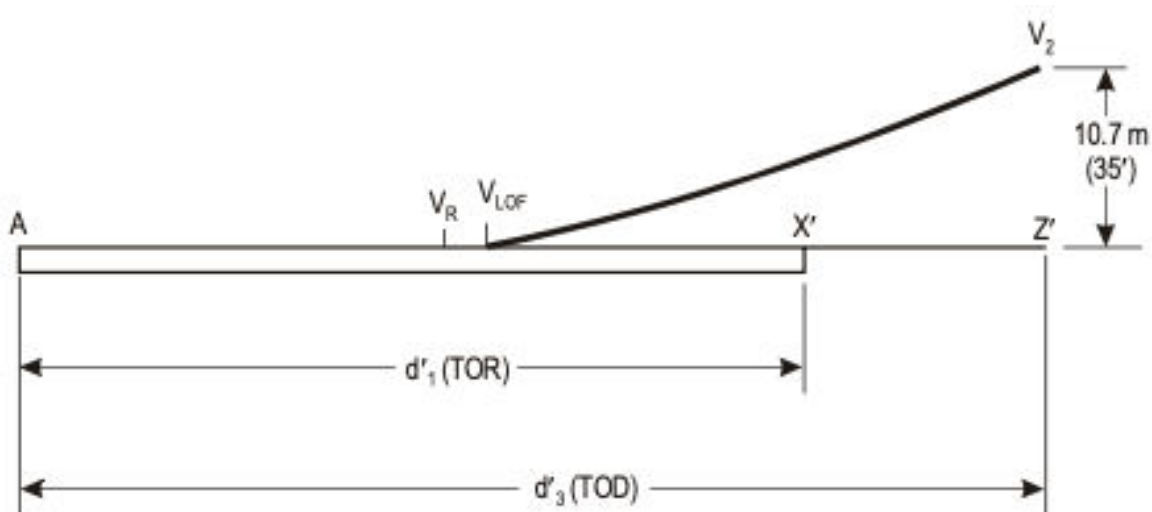
1. να φρενάρει (ματαίωση απογείωσης) έως ότου το αεροπλάνο ακινητοποιηθεί στο σημείο Υ (απόσταση επιτάχυνσης-επιβράδυνσης), είτε να
2. συνεχίσει να επιταχύνει μέχρι να φτάσει την ταχύτητα στάσης Α/Γ (V_R), σημείο C, στο οποίο δίνει στο αφος στάση ανόδου ενώ ξεκολλάει από το έδαφος στην ταχύτητα ανύψωσης (V_{LOF}), σημείο D. Στην συνέχεια συνεχίζει ανερχόμενος περνώντας το τέλος του διαδρόμου, στο σημείο X, και συνεχίζει μέχρι το ύψος των 10,7 m (35 πόδια). Στο σημείο Z, ολοκληρώνεται η απόσταση απογείωσης.



Εικόνα 7: Σχεδιάγραμμα Α/Γ με βεβλαμένο Κ/Τ (Retrieved: ICAO DOC 9157 PART 1)



Στο σχεδιάγραμμα της εικόνας 8 απεικονίζεται μια κανονική Α/Γ χωρίς βλάβη Κ/Τ όπου τα d'_1 και d'_3 είναι παρόμοια με τα d_1 και d_3 του σχεδιαγράμματος της εικόνας 7. Οι αποστάσεις Α/Γ με βεβλαμένο Κ/Τ και επιτάχυνσης-επιβράδυνσης ποικίλλουν ανάλογα με την επιλογή της ταχύτητας απόφασης (V_1). Εάν η ταχύτητα απόφασης μειωθεί, η απόσταση από το σημείο Α έως το σημείο Β μειώνεται (βλ. εικόνα 7), όπως και η απόσταση επιτάχυνσης-επιβράδυνσης, αλλά οι αποστάσεις Take-off Run και Take-off Distance αυξάνονται ανάλογα καθώς το μεγαλύτερο μέρος της φάσης απογείωσης εκτελείται με βεβλαμένο Κ/Τ (DOC 9157 - PART 1, 2006).

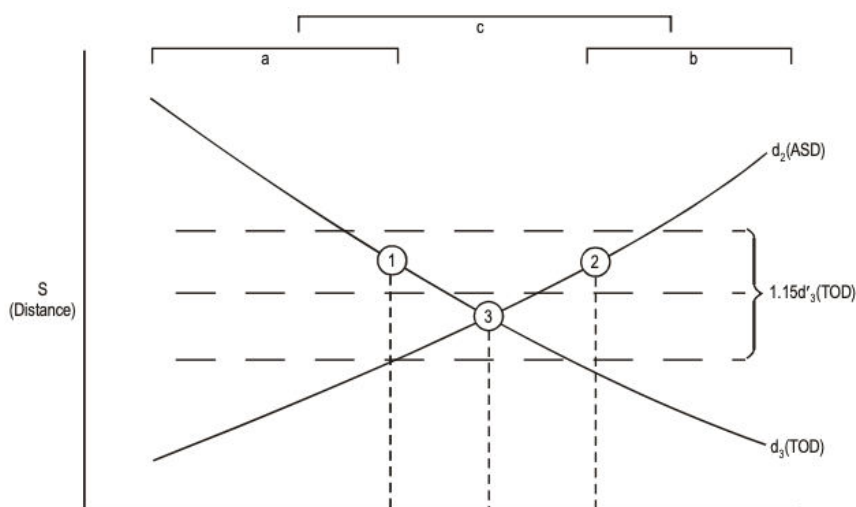


Εικόνα 8: Σχεδιάγραμμα Α/Γ (Retrieved: ICAO DOC 9157 PART 1)



Το σχήμα στην εικόνα 9 απεικονίζει την πιθανή σχέση που μπορεί να υπάρξει μεταξύ των αποστάσεων επιτάχυνσης-επιβράδυνσης, των αποστάσεων απογείωσης (Take-off Run), και των διαδρομών απογείωσης (Take-off Distance), σε σχέση με τις διακυμάνσεις στην ταχύτητα απόφασης (V_1), εντός των ορίων που αναφέρονται παραπάνω (DOC 9157 - PART 1, 2006).

Τα χαρακτηριστικά απόδοσης απογείωσης ενός αφους δεν είναι απαραίτητο να περιλαμβάνονται στο εύρος των ταχυτήτων απόφασης που φαίνεται στην εικόνα 9. Ωστόσο, υπό καθορισμένες συνθήκες, ένα αφος μπορεί να περιορίζεται σε μία από τις περιοχές που υποδεικνύονται από τις οριζόντιες αγκύλες (περιοχές) a, b ή c. Στην περίπτωση που βρίσκεται στην περιοχή a, η απόσταση απογείωσης με βεβλαμένο K/T είναι κρίσιμη. Η λογική επιλογή του V_1 , σημείο (1), θα ήταν να είναι ίσο με V_2 ή V_R ανάλογα πάντα με τα χαρακτηριστικά απογείωσης του αφους. Στην περίπτωση που βρίσκεται στην περιοχή b, η απόσταση επιτάχυνσης-επιβράδυνσης είναι κρίσιμη από την ταχύτητα V_2 έως το σημείο όπου η δυνατότητα ελέγχου στο έδαφος είναι κρίσιμη. Η λογική επιλογή της V_1 θα ήταν να διατηρηθεί όσο το δυνατόν χαμηλότερα, σημείο (2). Στην περίπτωση που βρίσκεται στην περιοχή c (η πιο συχνή περίπτωση), η απόσταση επιτάχυνσης-επιβράδυνσης είναι κρίσιμη σε ταχύτητες V_1 κοντά στην ταχύτητα V_2 και η απόσταση απογείωσης είναι κρίσιμη σε ταχύτητες κοντά στην ελάχιστη ταχύτητα ελέγχου. Συνεπώς στην περίπτωση αυτή επιλέγεται η βέλτιστη ταχύτητα V_1 , δηλαδή η V_1 στην οποία οι δύο αποστάσεις είναι ίσες, σημείο (3). Εάν η απόσταση απογείωσης με όλους τους κινητήρες εν λειτουργία είναι κρίσιμη σε μία ή περισσότερες από τις αναφερόμενες περιπτώσεις, το εύρος των πιθανών ταχυτήτων V_1 μεγαλώνει διότι η απόσταση είναι ανεξάρτητη από την ταχύτητα V_1 (DOC 9157 - PART 1, 2006).



Εικόνα 9: Σχεδιάγραμμα V_1 και απόστασης Α/Γ
(Retrieved: ICAO DOC 9157 PART 1)



Γίνεται αντιληπτό ότι το συνολικό μήκος που απαιτείται είναι το λιγότερο στην περίπτωση της βέλτιστης ταχύτητας απόφασης (V_1), και αυτό ισχύει πάντα. Επομένως, ο διάδρομος θα πρέπει να κατασκευάζεται σε αυτό το μήκος. Ωστόσο, το μέρος της απόστασης επιτάχυνσης-επιβράδυνσης που δεν απαιτείται για τη διαδρομή απογείωσης (το μήκος B στην εικόνα 10), θα χρησιμοποιηθεί σπάνια, και επομένως μπορεί να κατασκευαστεί πιο οικονομικά από το τμήμα A , που απαιτείται για τη διαδρομή απογείωσης, δηλαδή τον ίδιο τον διάδρομο. Επιπλέον, κατά την απογείωση, το μήκος $B + C$ χρησιμοποιείται για πτήση του αφους μετά το ξεκόλλημα, και το μόνο που απαιτείται είναι να είναι καθαρό από εμπόδια. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η κατασκευή διαδρόμων προσγείωσης με επιφάνειες όπως διάδρομοι στάσης (stopways) και ελεύθεροι χώροι (clearways) μπορεί να αποδειχθεί πιο συμφέρουσα από την κατασκευή συμβατικών διαδρόμων. Η επιλογή μεταξύ μιας λύσης που περιλαμβάνει έναν συμβατικό διάδρομο και μιας λύσης στην οποία χρησιμοποιείται ένας συνδυασμός αυτών των επιφανειών, θα εξαρτηθεί από τις τοπικές φυσικές και οικονομικές συνθήκες, το μέγεθος και τις αποστάσεις της τοποθεσίας, τα χαρακτηριστικά του εδάφους, τη δυνατότητα απόκτησης γης, τα σχέδια για μελλοντική ανάπτυξη, φύση και κόστος των διαθέσιμων υλικών, χρονικό διάστημα που απαιτείται για την εκτέλεση των εργασιών, αποδεκτό επίπεδο τελών συντήρησης κ.λπ.

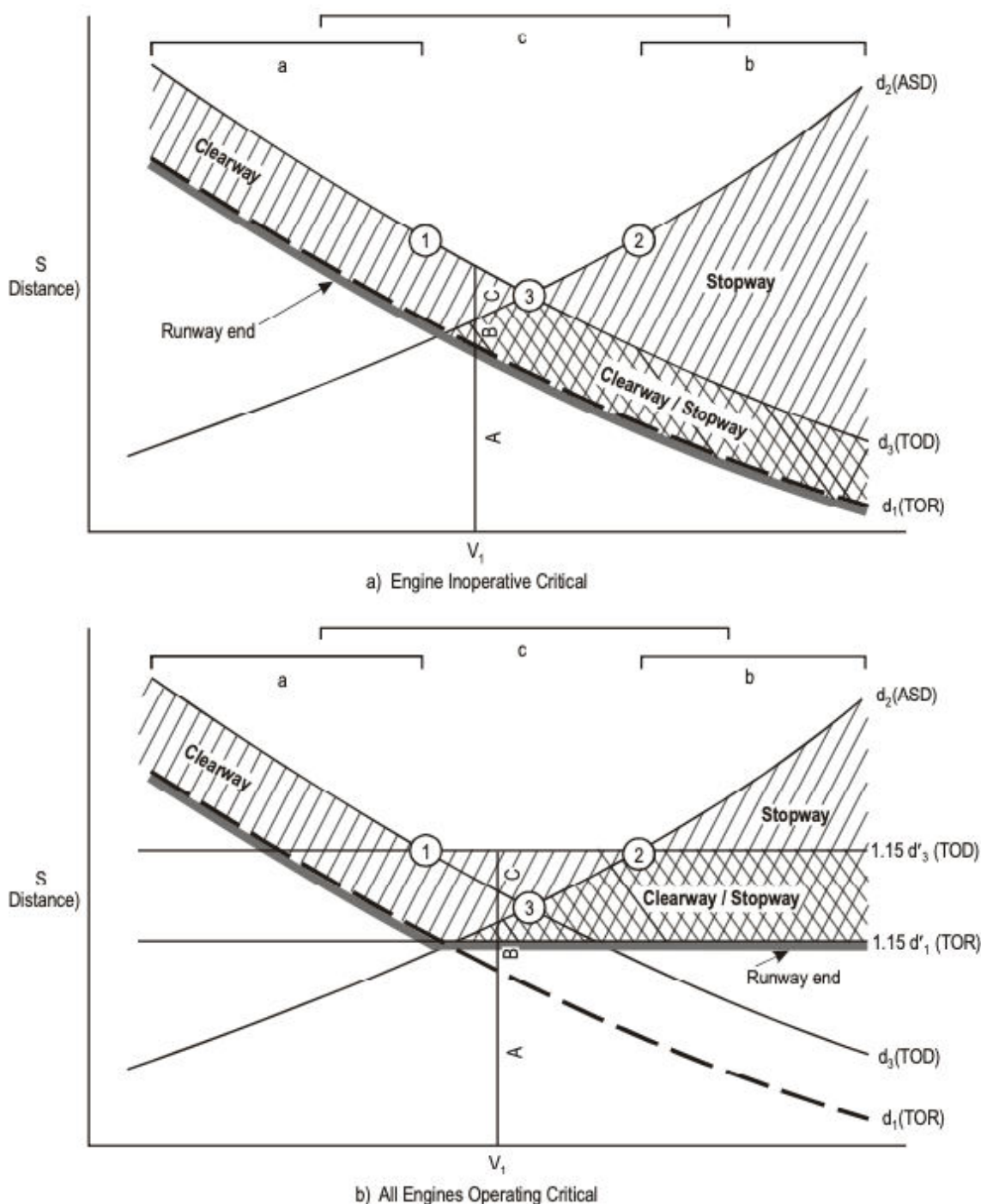
Επιπλέον, οι διάδρομοι στάσης (stopways), οι οποίοι δεν χρησιμοποιούνται για προσγείωση, ενώ χρησιμοποιούνται από τα αεροσκάφη, μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις, κατά την απογείωση, μπορούν συχνά να παρέχονται χωρίς σημαντικές δαπάνες, και η εγκατάστασή τους, είναι επιχειρησιακά ισοδύναμη για το αεροπλάνο, με αυτή της επιμήκυνσης του διαδρόμου προσγείωσης. Έτσι, για την επιλογή μεταξύ του μη συμβατικού διαδρόμου, και του προτιμώμενου συμβατικού διαδρόμου, είναι απαραίτητο να καθοριστούν οι περιοχές του ελεύθερου χώρου ή/και διαδρόμων στάσης. Τα διαγράμματα της εικόνας 10 δείχνουν πώς μπορεί να γίνει αυτό για ένα συγκεκριμένο αεροπλάνο κάτω από ένα σύνολο συνθηκών ύψους, θερμοκρασίας, μάζας απογείωσης κ.λπ.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, γίνεται αντιληπτό ότι, η απόσταση για τη διαδρομή απογείωσης, η απόσταση απογείωσης, και η απόσταση επιτάχυνσης-επιβράδυνσης για ένα συγκεκριμένο αεροπλάνο κατά την απογείωση, εξαρτάται από την επιλογή της ταχύτητας απόφασης V_1 . Συνεπώς, δύναται πολλοί συνδυασμοί διαδρόμου, διάδρομοι στάσης, και



ελεύθεροι χώροι να χρησιμοποιηθούν, εντός ενός συγκεκριμένου εύρους τιμής του V_1 (DOC 9157 - PART 1, 2006).

Οι ελάχιστες απαιτήσεις για τη σχεδίαση ενός μη συμβατικού διαδρόμου, περιλαμβάνουν: α) έναν διάδρομο προσγείωσης με ελεύθερο χώρο (clearway), ή β) ένα διάδρομο προσγείωσης και ένα συνδυασμό διαδρόμων στάσης/ελεύθερου χώρου, ανάλογα με τις ταχύτητες V_1 που χρησιμοποιούνται (βλ. εικόνα 10) (DOC 9157 - PART 1, 2006).



Εικόνα 10: Σχεδιαγράμματα συνδυασμών απαιτήσεων μη συμβατικών Δ/Μ
(Retrieved: ICAO DOC 9157 PART 1)



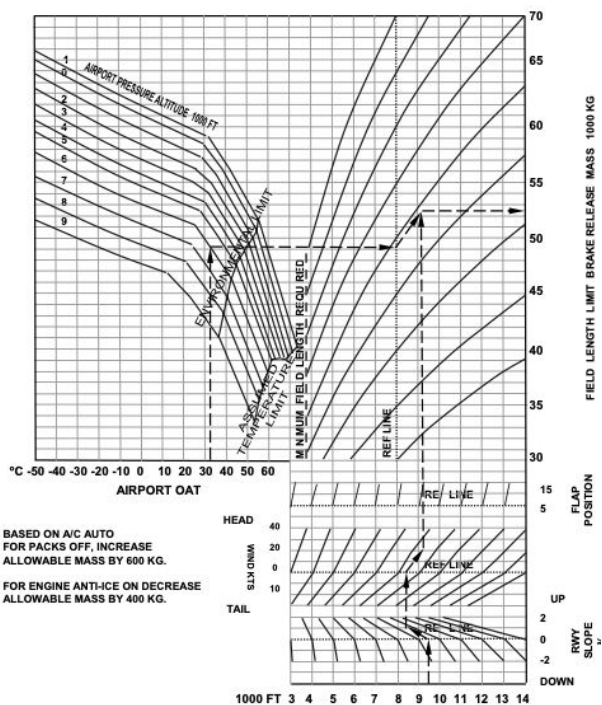
Η απόσταση που απαιτείται για μια διαδρομή απογείωσης θεωρείται ότι είναι η μεγαλύτερη από:

1. την απόσταση με έναν κινητήρα εκτός λειτουργίας συν το μισό της οριζόντιας απόστασης για να ανέλθει το αφος στα 10,7 μέτρα (35 πόδια) - d1,
2. το 115 % της διαδρομής απογείωσης με όλους τους κινητήρες σε λειτουργία - d' 1.

Οι παράγοντες, που απαντούν στην απόδοση των αφών, για την εξέταση του μήκους διαδρόμου που απαιτείται για την ασφαλή απογείωσή τους, είναι:

1. το μήκος διαδρόμου
2. ο ρυθμός ανόδου
3. η ασφαλή απόσταση από εμπόδια (obstacle clearance)
4. τα όρια ταχύτητας ελαστικών
5. η δυνατότητα πέδησης (brake energy)

Για τον γρήγορο προσδιορισμό μάζας απογείωσης αφους, στο παράδειγμα κατηγορίας απόδοσης A, χρησιμοποιείται το γράφημα της εικόνας 11. Σε αυτό το γράφημα δεν λαμβάνεται υπόψη κανένας διαθέσιμος επιπλέον ελεύθερος χώρος (clearway), ή προέκταση για διάδρομο στάσης (stopway), που κάποια αεροδρόμια διαθέτουν. Αυτό σημαίνει ότι, σε αυτή την περίπτωση, το μήκος του διαδρόμου είναι η διαδρομή απογείωσης (TORA), και ισούται με την απόσταση επιτάχυνσης-στάσης (ASDA), καθώς και με την απόσταση απογείωσης (TODA). Αυτό δίνει πιο αυστηρούς όρους και περιορίζει περισσότερο τη μάζα απογείωσης του αφους, αλλά απλοποιεί σημαντικά τον προσδιορισμό της μάζας απογείωσης (Kazda & Caves, 2007).



Εικόνα 11: Γράφημα Απόδοσης Αφους κατηγορίας Α
(Retrieved: Kazda & Caves, 2007)



Σύμφωνα με το DOC 9157 του ICAO, για τον έλεγχο των απαιτήσεων προσγείωσης ενός αφους, πρέπει να γίνεται επισκόπηση στα αντίστοιχα γραφήματα απόδοσης της βιβλιογραφίας του εν λόγω αφους, με σκοπό τη διαπίστωση ότι ο διάδρομος που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί πληροί τις απαιτήσεις μήκους διαδρόμου τόσο της απογείωσης όσο και της προσγείωσης.

Γενικά, το μήκος προσγείωσης προσδιορίζεται από την προσγείωση ενός αφους με ασφαλή και ομαλή επιβράδυνση, μετά από ίχνος τελικής προσέγγισης καθαρή από εμπόδια. Το μήκος του διαδρόμου, προσδιορίζεται από ένα διάγραμμα απόδοσης προσγείωσης, και ισούται με την απαιτούμενη απόσταση προσγείωσης του αφους διαιρούμενη με το 0,6. Όταν το μήκος του διαδρόμου που απαιτείται για την προσγείωση είναι μεγαλύτερο από αυτό που απαιτείται για τη διαδρομή απογείωσης, τότε αυτή η τιμή καθορίζει το ελάχιστο μήκος του διαδρόμου που απαιτείται (DOC 9157 - PART 1, 2006).



3.2 Πλάτος Δ/Μ (Runway Width)

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το πλάτος του διαδρόμου είναι:

1. η απόκλιση ενός αεροπλάνου από την κεντρική γραμμή κατά την προσγείωση
2. η κατάσταση πλευρικού ανέμου,
3. η κατάσταση του διαδρόμου (π.χ. βροχή, χιόνι ή πάγος),
4. οι εναποθέσεις υπολειμμάτων ελαστικών,
5. οι προσεγγίσεις προσγείωσης σε κάθετο άνεμο με τεχνική crab,
6. οι ταχύτητες προσέγγισης,
7. η ορατότητα, και
8. ο ανθρώπινος παράγοντας

Η έλλειψη επαρκούς πλάτους προκαλεί περιορισμούς στις λειτουργίες των αφών. Ως εκ τούτου, το ελάχιστο πλάτος διαδρόμου προσδιορίζεται από το Παράρτημα 14 και το Έγγραφο 9157 Τμήμα 1 (Διάδρομος), όπως φαίνεται στον πίνακα (βλ. πίνακα 2). Υπό κανονικές συνθήκες, το πλάτος ενός διαδρόμου θα πρέπει να διασφαλίζει ότι ένα αεροπλάνο θα απογειώνεται ή θα προσγειώνεται ασφαλώς, ακόμη και μετά από μια κρίσιμη βλάβη όπως αυτή της απώλειας ώσης ενός κινητήρα δημιουργώντας εκτροπή στον διαμήκη έλεγχο.

Πίνακας 2: Πλάτος Διαδρόμου

Κωδικός Αριθμός	Κωδικό Γράμμα					
	A	B	C	D	E	F
1	18 μ	18 μ	23 μ	—	—	—
2	23 μ	23 μ	30 μ	—	—	—
3	30 μ	30 μ	30 μ	45 μ	—	—
5	—	—	45 μ	45 μ	45 μ	60 μ



Ωστόσο, εκτροπή από τον διαμήκη άξονα του διαδρόμου, κατά την φάση της απογείωσης, καθώς και της προσγείωσης, μπορεί να συμβεί ακόμη και σε περιπτώσεις χαμηλής ορατότητας, έντονου πλευρικού ανέμου ή ακόμη από κακή συμμετρική πέδηση. Ως εκ τούτου, καθορίζεται ένας πλατύτερος διάδρομος για διαδρόμους προσέγγισης ακριβείας. Επίσης, απαιτείται το πλάτος ενός διαδρόμου προσέγγισης ακριβείας να μην είναι μικρότερο από 30 μ, με αποτέλεσμα το πλάτος των κωδικών αριθμών 1 και 2, να αυξάνεται σε 30 μ.



Εικόνα 12: Κατάλληλο Πλάτος Δ/Μ (Retrieved: <https://www.flightglobal.com/picture-airbus-a380-cleared-to-operate-on-standard-width-runways/75346.article>)



3.3 Κλίση Δ/Μ (Runway Slope)

Η κλίση του Δ/Μ, υπολογίζεται διαιρώντας τη διαφορά μεταξύ του μέγιστου και του ελάχιστου υψομέτρου κατά μήκος της κεντρικής γραμμής του διαδρόμου, με το μήκος του διαδρόμου, και δεν πρέπει να υπερβαίνει το (DOC 9157 - PART 1, 2006):

- 1 % όταν ο κωδικός αριθμός είναι 3 ή 4, και
- 2 % όταν ο κωδικός αριθμός είναι 1 ή 2.

Επιπλέον, σε κανένα τμήμα του διαδρόμου, η διαμήκης κλίση δεν πρέπει να υπερβαίνει το (DOC 9157 - PART 1, 2006):

- 1,25 % όταν ο κωδικός αριθμός είναι 4, με εξαίρεση του πρώτου και του τελευταίου τέταρτου του μήκους διαδρόμου, όπου η διαμήκης κλίση δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,8 %,
- 1,5 % όταν ο κωδικός αριθμός είναι 3, με εξαίρεση του πρώτου και του τελευταίου τέταρτου του μήκους διαδρόμου σε προσεγγίσεις ακριβείας, κατηγορίας II ή III, όπου η διαμήκης κλίση δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,8 %, και
- 2 % όταν ο κωδικός αριθμός είναι 1 ή 2.

Επίσης, όπου οι αλλαγές κλίσης δεν μπορούν να αποφευχθούν, θα πρέπει η κλίση μεταξύ δύο διαδοχικών κλίσεων να μην υπερβαίνει το (DOC 9157 - PART 1, 2006):

- 1,5 % όταν ο κωδικός αριθμός είναι 3 ή 4, και
- 2 % όταν ο κωδικός αριθμός είναι 1 ή 2.

Επιπρόσθετα, η μετάβαση από τη μια κλίση στην άλλη πρέπει να πραγματοποιείται σε καμπυλοειδές επιφάνεια με ρυθμό μεταβολής που δεν υπερβαίνει το (DOC 9157 - PART 1, 2006):

- 0,1 % ανά 30 μ (ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας των 30 000 μ) όταν ο κωδικός αριθμός είναι 4,
- 0,2 % ανά 30 μ (ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας 15 000 μ) όταν ο κωδικός αριθμός είναι 3, και
- 0,4 % ανά 30 μ (ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας 7 500 μ) όταν ο κωδικός αριθμός είναι 1 ή 2.



Όπου οι αλλαγές κλίσης δεν μπορούν να αποφευχθούν, θα πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να υπάρχει ανεμπόδιστη οπτική γωνία από (DOC 9157 - PART 1, 2006):

- οποιοδήποτε σημείο 3 μ πάνω από ένα διάδρομο, σε όλα τα άλλα σημεία 3 μ πάνω από το διάδρομο, και σε απόσταση τουλάχιστον του μισού μήκους του διαδρόμου, όταν το κωδικό γράμμα είναι C, D, E ή F,
- οποιοδήποτε σημείο 2 μ πάνω από ένα διάδρομο, σε όλα τα άλλα σημεία 2 μ πάνω από το διάδρομο, και σε απόσταση τουλάχιστον του μισού μήκους του διαδρόμου, όταν το κωδικό γράμμα είναι B, και
- οποιοδήποτε σημείο 1,5 μ πάνω από έναν διάδρομο προσγείωσης, σε όλα τα άλλα σημεία 1,5 μ πάνω από το διάδρομο, και σε απόσταση τουλάχιστον του μισού μήκους του διαδρόμου όταν το κωδικό γράμμα είναι A.

Σημαντικό είναι να αποφεύγονται αισθητές κλήσεις, που βρίσκονται κοντά μεταξύ τους, κατά μήκος του διαδρόμου. Η απόσταση μεταξύ των σημείων τομής δύο διαδοχικών καμπυλών δεν πρέπει να είναι μικρότερη από (DOC 9157 - PART 1, 2006):

α) το άθροισμα των απόλυτων αριθμητικών τιμών των αντίστοιχων μεταβολών της κλίσης πολλαπλασιαζόμενο με την κατάλληλη τιμή ως εξής:

- 30 000 μ όταν ο κωδικός αριθμός είναι 4,
- 15 000 μ όταν ο κωδικός αριθμός είναι 3, και
- 5000 μ όταν ο κωδικός αριθμός είναι 1 ή 2 ή

β) 45 μ



Το ακόλουθο παράδειγμα δείχνει πώς πρέπει να καθοριστεί η απόσταση μεταξύ των αλλαγών της κλίσης (βλ. εικόνα 13):

Η απόσταση D για έναν διάδρομο όπου ο κωδικός αριθμός είναι 3 θα πρέπει να είναι τουλάχιστον:

$$D = 15\,000 [|x-y|+|y-z|] \mu,$$

όπου $|x-y|$ η απόλυτη τιμή του $x-y$, και όπου $|y-z|$ η απόλυτη τιμή του $y-z$.

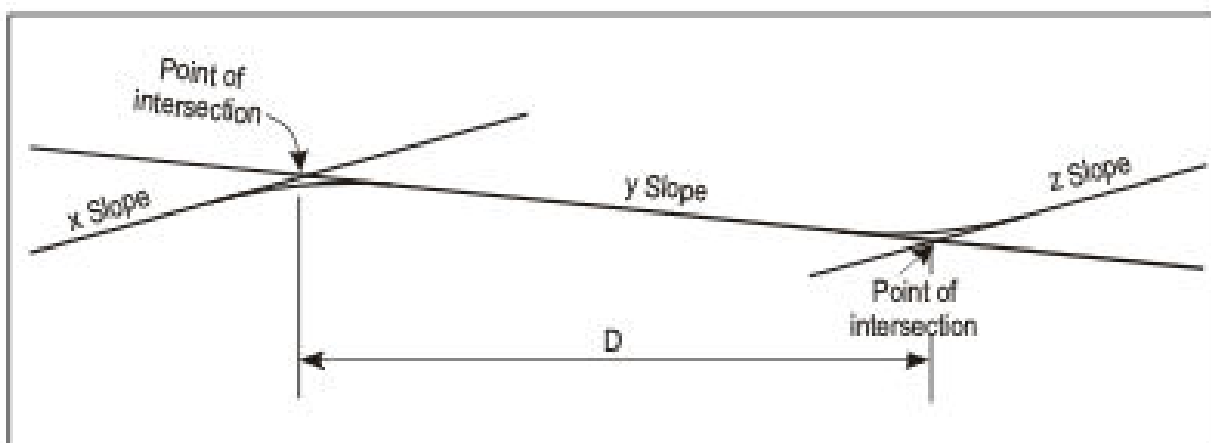
Υποθέτοντας ότι : $x=+0.01$

$y=-0.005$, τότε $|x-y|=0.01$, $|y-z|=0.01$

$z=+0.005$

Για συμμόρφωση με τις προδιαγραφές, το D δεν πρέπει να είναι μικρότερο από:

$$D = 15\,000 \cdot (0.015 + 0.01) = 375 \mu$$



Εικόνα 13: Κλίση στην κεντρική γραμμή του διαδρόμου (Retrieved: ICAO DOC 9157 PART 1)



Για την ταχύτερη αποστράγγιση του διαδρόμου από το νερό λόγω έντονης βροχής, η επιφάνεια του διαδρόμου θα πρέπει, εάν είναι πρακτικό, να είναι καμπυλοειδής, εκτός από τις περιπτώσεις όπου απαιτείται μια εγκάρσια κλίση από ψηλά προς τα χαμηλά προς την κατεύθυνση του πιο συχνού ανέμου της περιοχής. Η εγκάρσια κλίση θα πρέπει να είναι (DOC 9157 - PART 1, 2006):

- 1,5 % όταν το κωδικό γράμμα είναι C, D, E ή F,
- 2 % όταν το κωδικό γράμμα είναι A ή B, αλλά σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1,5 % ή το 2 %, ανάλογα με την περίπτωση, ούτε να είναι μικρότερο από 1 %, εκτός από τις διασταυρώσεις διαδρόμου ή τροχοδρόμων όπου μπορεί να απαιτούνται πιο επίπεδες κλίσεις. Για μια καμπυλωτή επιφάνεια, η εγκάρσια κλίση σε κάθε πλευρά της κεντρικής γραμμής πρέπει να είναι συμμετρική. Το φαινόμενο υδρολίσθησης συνήθως παρουσιάζεται σε βρεγμένους διαδρόμους με συνθήκες έντονου πλευρικού ανέμου που δεν επιτρέπει την επίτευξη ταχύτερης αποστράγγισης.

Η εγκάρσια κλίση θα πρέπει να είναι ουσιαστικά η ίδια σε όλο το μήκος ενός διαδρόμου, εκτός από τις διασταυρώσεις με άλλο διάδρομο ή τροχόδρομο όπου θα πρέπει να παρέχεται ομοιόμορφη μετάβαση λαμβάνοντας υπόψη την ανάγκη για επαρκή αποστράγγιση.

Όταν σχεδιάζεται ο διάδρομος προσγείωσης, συνδυάζοντας ακραίες τιμές για τις διαμήκεις κλίσεις καθώς και αλλαγές στην κλίση σε συνδυασμό με ακραίες εγκάρσιες κλίσεις, θα πρέπει να διασφαλίζεται ότι η επιφάνειας που προκύπτει δεν επηρεάζει αρνητικά τη λειτουργία των αεροσκαφών (DOC 9157 - PART 1, 2006).



Εικόνα 14: Διαμήκεις και Εγκάρσιες Κλίσεις Δ/Μ
(Retrieved: <https://aviation.stackexchange.com/questions/11857>)



3.4 Επιφάνεια Δ/Μ (Runway Surface)

Η επιφάνεια ενός διαδρόμου πρέπει να είναι κατασκευασμένη χωρίς ανωμαλίες που θα μπορούσε να οδηγήσει σε απώλεια της πέδησης ή να επηρεάσει δυσμενώς την απογείωση ή την προσγείωση προκαλώντας υπερβολική αναπήδηση, κλίση, κραδασμούς ή άλλες δυσκολίες στον έλεγχο ενός αεροσκάφους (DOC 9157 - PART 1, 2006).

Κατά την υιοθέτηση ανοχών για ανωμαλίες στην επιφάνεια του διαδρόμου, το ακόλουθο πρότυπο κατασκευής μπορεί να επιτευχθεί για μικρές αποστάσεις 3 μ, καθώς συμμορφώνεται με την ορθή τεχνική πρακτική (DOC 9157 - PART 1, 2006):

- Εκτός από την κορυφή της καμπυλοειδούς επιφάνειας ή κατά μήκος των καναλιών αποστράγγισης, η επιφάνεια του διαδρόμου θα πρέπει να εξασφαλίζει ότι σε οποιοδήποτε ευθεία 3 μ (m), οποιασδήποτε κατεύθυνσης στην επιφάνεια του διαδρόμου, δεν πρέπει η απόκλιση να υπερβαίνει πάνω από 3 χιλ. (mm).

Επίσης, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή κατά την εισαγωγή φώτων διαδρόμου ή σχάρες αποστράγγισης έτσι ώστε να διασφαλίζεται η διατήρηση της ομαλότητας του. Η συνεχόμενη κίνηση των αεροσκαφών, καθώς η διαφορική καθίζηση των επιφανειακών θεμελίων, οδηγεί με τον χρόνο σε αύξηση των ανωμαλιών της επιφάνειας. Μικρές αποκλίσεις στις παραπάνω ανοχές δεν παρεμποδίζουν σημαντικά τις λειτουργίες του αεροσκάφους. Γενικά, μεμονωμένες ανωμαλίες της τάξης των 2,5 cm έως 3 cm σε απόσταση 45 m είναι ανεκτές.

Η παραμόρφωση του διαδρόμου με το χρόνο μπορεί επίσης να αυξήσει την πιθανότητα σχηματισμού στάσιμου νερού. Ακόμη και ρηχές δεξαμενές από την παραμόρφωση όσο περίπου 3 mm σε βάθος, είναι ικανές να προκαλέσουν το φαινόμενο υδρολίσθησης σε αεροσκάφη με μεγάλη ταχύτητα. Φυσικά, αν η θερμοκρασία είναι χαμηλή, τότε οι δεξαμενές αυτές είναι πιθανόν να παγώσουν δημιουργώντας σοβαρότερα προβλήματα στην πέδηση (DOC 9157 - PART 1, 2006).



Η επιφάνεια ενός διαδρόμου πρέπει να είναι κατασκευασμένη έτσι ώστε να παρέχει καλά χαρακτηριστικά τριβής όταν ο διάδρομος είναι υγρός. Η αξιολόγηση και η επιχειρησιακή εμπειρία έχουν δείξει ότι οι σωστά κατασκευασμένες και συντηρημένες ασφάλτινες επιφάνειες ή επιφάνειες από σκυρόδεμα τσιμέντου Portland, πληρούν αυτά τα κριτήρια. Οι μετρήσεις των χαρακτηριστικών τριβής ενός νέου διαδρόμου θα πρέπει να γίνονται με ειδική συσκευή μέτρησης τριβής σε χαρακτηριστικά βροχής (wet), προκειμένου να διασφαλιστεί ότι οι στόχοι σχεδιασμού έχουν επιτευχθεί (DOC 9157 - PART 1, 2006).

Ο μέσος όρος του πάχους μιας νέας επιφάνειας σε σχέση με την επιφάνεια του διαδρόμου δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 1,0 mm. Αυτό συνήθως απαιτεί ειδική επιφανειακή επεξεργασία. Επίσης, όταν η επιφάνεια παρουσιάζει αυλακώσεις ή χαραγματιές, αυτές πρέπει να είναι είτε κάθετες στον διαμήκη άξονα του διαδρόμου ή παράλληλες σε μη κάθετους συνδετήριους (DOC 9157 - PART 1, 2006).



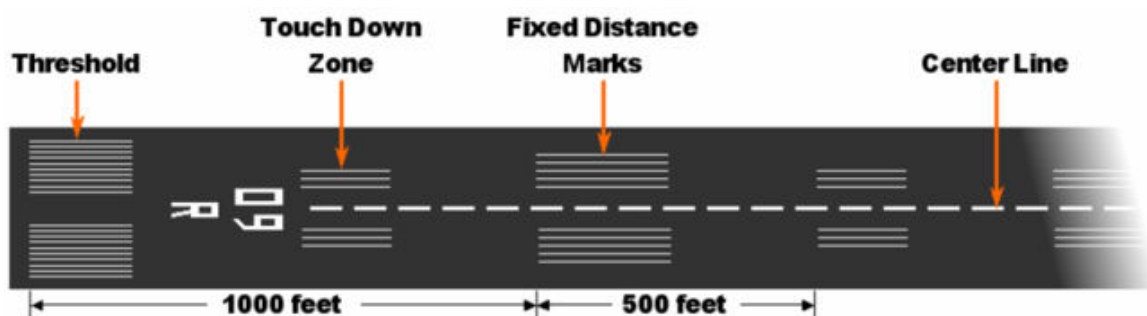
Εικόνα 15: Υλικό Διαδρόμου Π/Γ

(Retrieved: <https://simpleflying.com/concrete-asphalt-runway-differences/>)



3.5 Κατώφλι Δ/Μ (Threshold)

Το κατώφλι βρίσκεται συνήθως στα άκρα του διαδρόμου, εάν δεν υπάρχουν εμπόδια στο ίχνος της προσέγγισης λόγω τοπικών συνθηκών (π.χ. υψηλών εδαφικών εξάρσεων), που στην περίπτωση αυτή, δύναται να μετατοπιστεί μόνιμα το κατώφλι πιο μέσα. Κατά τη μελέτη της θέσης ενός κατωφλίου, θα πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη το ύψος της κεραίας του ILS και ο καθορισμός των ορίων απόστασης εμποδίων. Επίσης, πρέπει να προβλεφθεί ότι στο τμήμα της περιοχής προσέγγισης κανένα κινητό εμπόδιο δεν διεισδύει (όπως οχήματα σε δρόμους, τρένα, κ.α.) εντός 1200 m κατά μήκος από το κατώφλι, με συνολικό πλάτος τουλάχιστον 150 m. Εάν ένα αντικείμενο εκτείνεται πάνω από την επιφάνεια προσέγγισης, και δεν μπορεί να αφαιρεθεί, τότε το κατώφλι θα πρέπει να μετατοπιστεί εντός του διαδρόμου με σκοπό να εξασφαλιστεί η προβλεπόμενη απόσταση, έτσι ώστε η επιφάνεια προσέγγισης να είναι «καθαρή» από εμπόδια. Ωστόσο, η μετατόπιση του κατωφλίου από το άκρο του διαδρόμου θα προκαλέσει αναπόφευκτα μείωση της διαθέσιμης απόστασης προσγείωσης και αυτό μπορεί να έχει αντίκτυπο στην επιχειρησιακή λειτουργία του Α/Δ (DOC 9157 - PART 1, 2006).



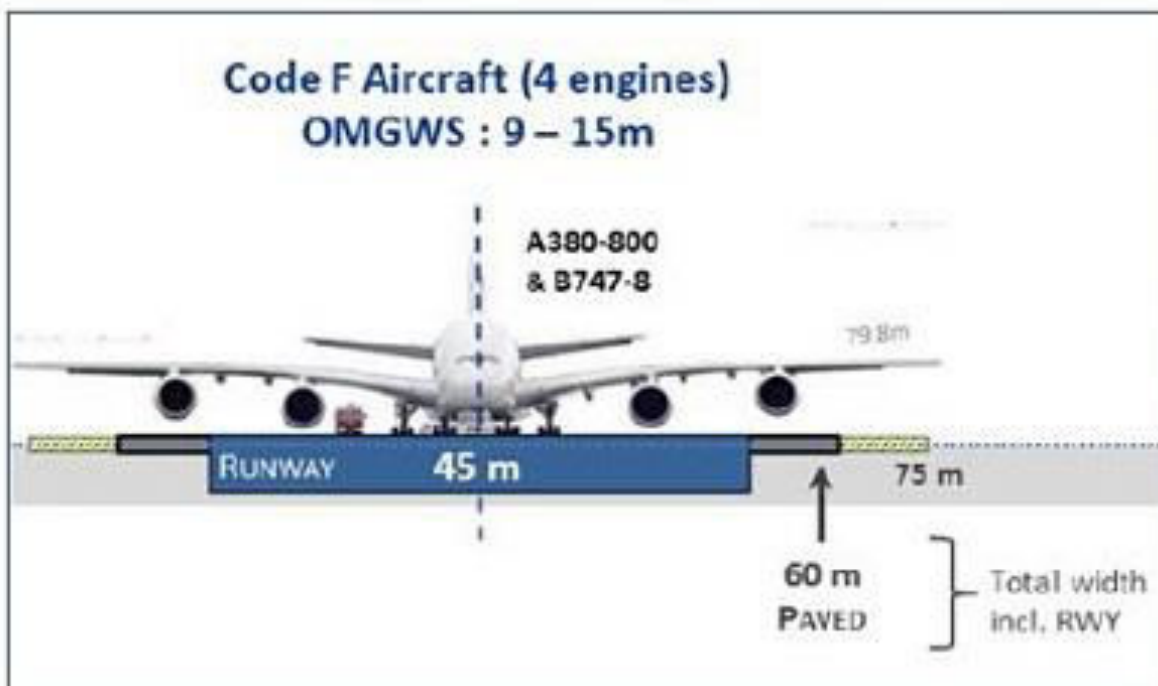
Εικόνα 16: Threshold (Retrieved: <https://en.wikipedia.org/wiki/Runway>)



3.6 Επεκτάσεις Δ/Μ (Shoulders)

Οι επεκτάσεις του διαδρόμου (shoulders) χρησιμοποιούνται ως συμπλήρωμα στο πλάτος του διαδρόμου για να μειώσουν την πιθανότητα, στην περίπτωση που μεγάλων διαστάσεων αεροσκάφοι τροχοδρομούν εκτός κεντρικής γραμμής του διαδρόμου (παρόλο που τροχοδρομούν σε επιφάνεια πλήρους αντοχής), να προκληθεί βλάβη από αναρρόφηση χαλαρών υλικών όπως μικρές πέτρες κτλ. (FOD) στους εξωτερικούς κινητήρες διότι θα εξέχουν εκτός διαδρόμου. Επίσης, η επεκτάσεις αυτές εκατέρωθεν του διαδρόμου μπορεί να αποβούν σωτήριες στην περίπτωση που ένα αεροσκάφος εξέλθει ακούσια του διαδρόμου λόγω βλάβης ή άλλο απρόσμενο αίτιο εκτροπής του.

Σύμφωνα με το Εγχειρίδιο Σχεδίασης Αεροδρομίου (Doc 9157 / Part 1), οι επεκτάσεις αυτές του διαδρόμου πρέπει να εκτείνονται συμμετρικά σε κάθε πλευρά του διαδρόμου έτσι ώστε το συνολικό πλάτος του διαδρόμου και των επιφανειών αυτών να μην είναι μικρότερο από 60 μέτρα για κωδικούς γραμμάτων D ή E, 60 μέτρα για F με κινητήρες 2 ή 3, και 75 μέτρα για το κωδικό γράμμα F με κινητήρες 4 ή παραπάνω. Όσον αφορά την εγκάρσια κλίση, των επιφανειών αυτών του διαδρόμου, δεν πρέπει να υπερβαίνει το 2,5% (ICAO, DOC 9157 - PART 1, 2006).



Εικόνα 17: Επεκτάσεις Δ/Μ

(Retrieved:<https://www.airalliance.it/the-impact-of-latest-icao-annex-14-amendment/>)



3.7 Χώροι Στροφής Δ/Μ (Turn Pads)

Σύμφωνα με το Παράρτημα 14, Τόμος Ι, οι χώροι στροφής αεροσκαφών απαιτούνται σε διαδρόμους όπου τα αεροδρόμια δεν διαθέτουν τροχοδρόμους, ικανούς να διευκολύνουν την ταχύτερη απομάκρυνση του αεροσκάφους προσγείωσης από τον διάδρομο. Ένας χώρος στροφής διαδρόμου ορίζεται ως μια περιοχή δίπλα σε ένα διάδρομο με σκοπό την ολοκλήρωση μιας στροφής 180 μοιρών με σκοπό την Α/Γ του ή την τροχοδρόμησή του μετά από Π/Γ, όταν το αεροδρόμιο δεν διαθέτει τροχόδρομο. Το πρόσθετο τμήμα του χώρου στροφής έχει σκοπό να διευκολύνει την ασφαλή και εύκολη περιστροφή του αεροσκάφους, ενώ παράλληλα ενισχύει τη χωρητικότητα του αεροδρομίου σε τέτοιους είδος αεροδρόμια (ICAO, DOC 9157 - PART 1, 2006).

Οι χώροι στροφής του διαδρόμου θα πρέπει να βρίσκονται και στις δύο πλευρές του διαδρόμου, δίπλα από τα δύο άκρα του. Όπου κρίνεται απαραίτητο, οι χώροι στροφής, μπορούν επίσης να βρίσκονται κατά μήκος του διαδρόμου σε ενδιάμεσες θέσεις. Για να διευκολυνθεί η είσοδος του αεροσκάφους στον χώρο στροφής από τον διάδρομο προσγείωσης, η γωνία τομής του με τον διάδρομο δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 30 μοίρες. Το συνολικό πλάτος του χώρου στροφής και του διαδρόμου, θα πρέπει να είναι τέτοιο ώστε η γωνία διεύθυνσης του ριναίου τροχού του αεροσκάφους για το οποίο προορίζεται ο χώρος στροφής να μην υπερβαίνει τις 45 μοίρες. Ο σχεδιασμός του χώρου στροφής του διαδρόμου θα πρέπει να είναι τέτοιος, ώστε όταν το ίχνος του πιλοτηρίου ενός αεροσκάφους βρίσκεται πάνω από την ειδική διαγράμμιση (σήμανση), η απόσταση από το άκρο του τροχού προς το οδόστρωμα δεν πρέπει να είναι μικρότερη από αυτή που καθορίζεται στο παράρτημα 14, τόμος Ι (βλ. εικόνα 18).

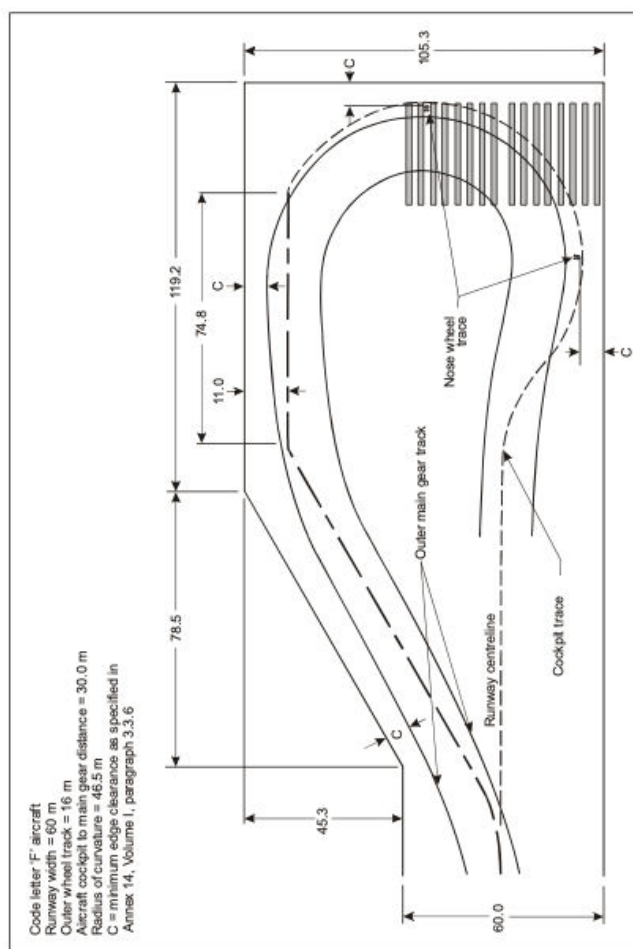


Εικόνα 18: Χώρος Στροφής
(Πηγή: <https://pt.slideshare.net/srinivas2036/airport>)



Ωστόσο, η επιφάνεια ενός χώρου στροφής, θα πρέπει να είναι κατασκευασμένη έτσι ώστε να παρέχει καλά χαρακτηριστικά τριβής όταν η επιφάνεια είναι βρεγμένη, και να έχει κλίση για αποστράγγιση. Όσον αφορά τις διαμήκεις και εγκάρσιες κλίσεις πρέπει να είναι συνεχόμενες με τις σχετικές κλίσεις του διαδρόμου και να μην υπερβαίνουν το 1% (ICAO, DOC 9157 - PART 1, 2006).

Η αντοχή της επιφάνειας του χώρου στροφής θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με εκείνη του διαδρόμου που εξυπηρετεί, καθώς θα πρέπει να είναι ικανή να μπορεί να αντέχει μεγάλες καταπονήσεις, οι οποίες ασκούνται από ένα αργά κινούμενο αεροσκάφος που κάνει «σκληρές» στροφές. Στην περίπτωση εύκαμπτων οδοστρωμάτων, η επιφάνεια θα πρέπει να είναι ικανή να αντέχει τις οριζόντιες διατμητικές δυνάμεις που ασκούνται από τα κύρια ελαστικά του συστήματος προσγείωσης κατά τη διάρκεια των ελιγμών στροφής (ICAO, DOC 9157 - PART 1, 2006).



Εικόνα 19: Χώρος Στροφής (Πηγή: ICAO_Doc9157_Part1)

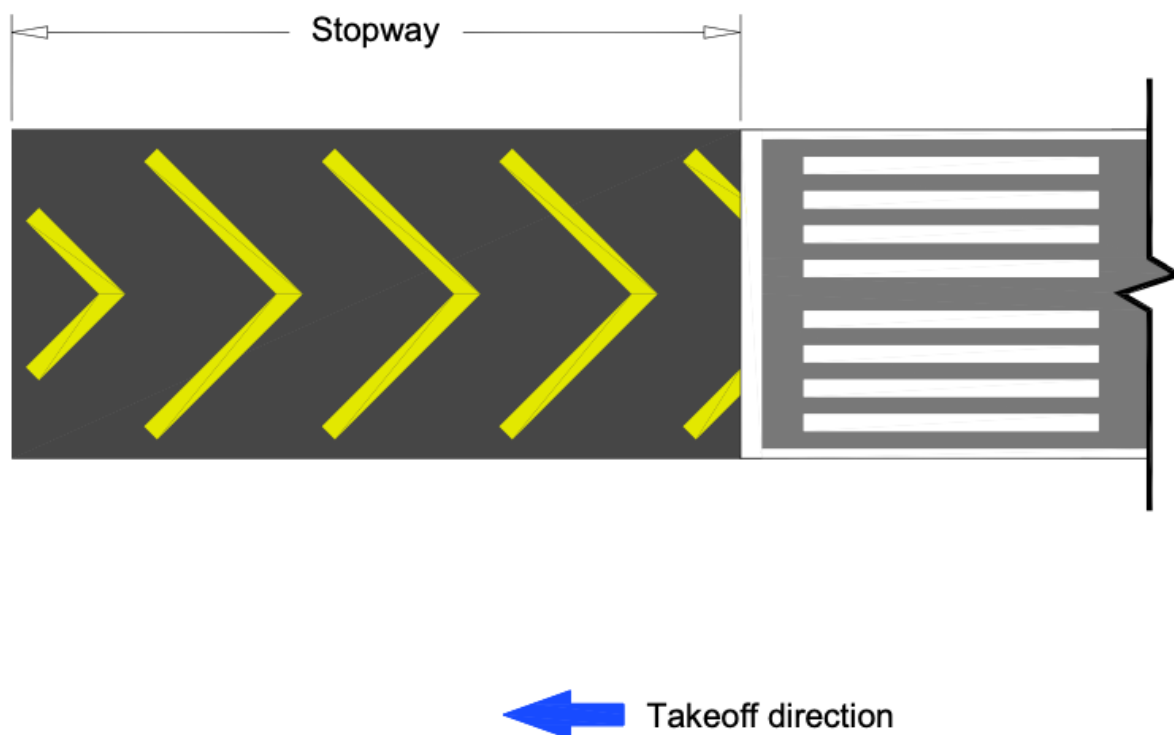


3.8 Διάδρομος Στάσης (Stopway)

Ο διάδρομος στάσης πρέπει να έχει το ίδιο πλάτος με τον διάδρομο με τον οποίο συνδέεται. Οι αλλαγές της κλίσης και η μετάβαση από διάδρομο προσγείωσης σε διάδρομο στάσης, θα πρέπει να συμμορφώνονται με τις προδιαγραφές αυτές των διαδρόμων (βλ. ενότητα 3.3). Επιπλέον, :

- α) δεν απαιτείται η εφαρμογή του περιορισμού μιας κλίσης 0,8 %, για το πρώτο και το τελευταίο τέταρτο του μήκους ενός διαδρόμου, και
- β) ο μέγιστος ρυθμός αλλαγής κλίσης μπορεί να είναι 0,3 % ανά 30 m (ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας 10 000 m), για διάδρομο όταν ο κωδικός αριθμός είναι 3 ή 4.

Η ανθεκτικότητα και η επιφάνεια του διαδρόμου στάσης, πρέπει να είναι κατάλληλη και επαρκής, ώστε σε περίπτωση ματαίωσης απογείωσης ενός αεροσκάφους, να είναι ικανή να το υποστηρίξει, ακόμη και σε συνθήκες βρεγμένου διαδρόμου (wet), χωρίς να προκληθεί δομική βλάβη στο αεροσκάφος. Τα χαρακτηριστικά τριβής ενός μη ασφαλτοστρωμένου διαδρόμου στάσης, δεν πρέπει να είναι σημαντικά μικρότερα από αυτά του διαδρόμου με τον οποίο συνδέεται.



Εικόνα 20: Stopway (Retrieved: FAA AC: 150/5300-13B/Airport Design)



3.9 Λωρίδες Δ/Μ (Runway Strips)

Μια λωρίδα διαδρόμου εκτείνεται πλευρικά, σε μια καθορισμένη απόσταση, από την κεντρική γραμμή του διαδρόμου, κατά μήκος πριν από το κατώφλι και πέρα από το τέλος του διαδρόμου. Η περιοχή αυτή πρέπει να είναι «καθαρή» από εμπόδια που είναι ικανά να θέσουν σε κίνδυνο τα αεροσκάφη. Επίσης, η περιοχή αυτή πρέπει να διαθέτει ένα διαβαθμισμένο τμήμα, το οποίο πρέπει να είναι κατάλληλα προετοιμασμένο έτσι ώστε να αποτρέπει την κατάρρευση του ριναίου τροχού του αφους στην περίπτωση που εξέλθει εκτός διάδρομου. Στην λωρίδα αυτή βρίσκονται και ευαίσθητες/κρίσιμες περιοχές συστημάτων ενόργανης προσέγγισης (ILS) που χρήζουν ιδιαίτερης προστασίας (ICAO, DOC 9157 - PART 1, 2006).

Μια λωρίδα θα πρέπει να εκτείνεται πριν από το κατώφλι, και πέρα από το τέλος του διαδρόμου (runway) ή του διαδρόμου στάσης (stopway), για απόσταση τουλάχιστον:

- 60 μ όταν ο κωδικός αριθμός είναι 2, 3 ή 4
- 60 μ όταν ο κωδικός αριθμός είναι 1 και ο διάδρομος είναι προσέγγισης δια οργάνων, και
- 30 μ όταν ο κωδικός αριθμός είναι 1 και ο διάδρομος είναι μόνο προσέγγισης δια όψεως.

Μια λωρίδα διαδρόμου που περιλαμβάνει διάδρομο προσέγγισης ακριβείας εκτείνεται, όπου είναι πρακτικά δυνατό, πλευρικά για απόσταση τουλάχιστον:

- 150 μ όταν ο κωδικός αριθμός είναι 3 ή 4, και
- 75 μ όταν ο κωδικός αριθμός είναι 1 ή 2

εκατέρωθεν της κεντρικής γραμμής του διαδρόμου, και της εκτεταμένης κεντρικής γραμμής του σε όλο το μήκος της λωρίδας.

Μια λωρίδα διαδρόμου που περιλαμβάνει διάδρομο προσέγγισης αποκλειστικά δια όψεως, πρέπει να εκτείνεται εκατέρωθεν της κεντρικής γραμμής του διαδρόμου, και της εκτεταμένης κεντρικής γραμμής της (δηλ. σε όλο το μήκος της λωρίδας), για απόσταση τουλάχιστον:

- 75 m όταν ο κωδικός αριθμός είναι 3 ή 4,
- 40 m όταν ο κωδικός αριθμός είναι 2, και
- 30 m όταν ο κωδικός αριθμός είναι 1.



Τα αντικείμενα που βρίσκονται στη λωρίδα διαδρόμου, και είναι ικανά να θέσουν σε κίνδυνο τα αεροσκάφη, θα πρέπει να θεωρούνται εμπόδια και να αφαιρούνται, εκτός εάν είναι απαραίτητα για την αεροναυτιλία ή για λόγους ασφάλειας πτήσεων. Όσον αφορά τα αντικείμενα που απαιτούνται για την αεροναυτιλία ή για λόγους ασφάλειας πτήσεων και βρίσκονται στη λωρίδα του διαδρόμου θα πρέπει να διαθέτουν την ελάχιστη πρακτική μάζα και ύψος, καθώς και να έχουν σχεδιαστεί και τοποθετηθεί κατά τρόπο που να μειώνει τον κίνδυνο προς τα αεροσκάφη.

Επιπλέον, κανένα σταθερό αντικείμενο, εκτός από τα οπτικά βοηθήματα που απαιτούνται για την αεροναυτιλία, και για λόγους ασφάλειας πτήσεων, δεν επιτρέπονται σε λωρίδα διαδρόμου:

- α) εντός 77,5 μέτρων από την κεντρική γραμμή του διαδρόμου προσγείωσης ακριβείας, κατηγορίας I, II ή III, όταν ο κωδικός αριθμός είναι 3 ή 4 και το κωδικό γράμμα είναι F, ή
- β) εντός 60 μέτρων από την κεντρική γραμμή του διαδρόμου προσγείωσης ακριβείας, κατηγορίας I, II ή III, όταν ο κωδικός αριθμός είναι 3 ή 4, ή
- γ) εντός 45 μέτρων από την κεντρική γραμμή του διαδρόμου προσγείωσης ακριβείας, κατηγορίας I, όταν ο κωδικός αριθμός είναι 1 ή 2.

Κατά τη χρήση του διαδρόμου για προσγείωση ή απογείωση αφών, στο τμήμα της λωρίδας του διαδρόμου, δεν επιτρέπεται η κίνηση κανενός κινητού αντικειμένου (π.χ. αυτοκίνητα, τρένα κτλ.).

Επίσης, στο τμήμα μιας λωρίδας διαδρόμου προσέγγισης ακριβείας, και σε απόσταση τουλάχιστον:

- 75 μ όταν ο κωδικός αριθμός είναι 3 ή 4, και
- 40 μ όταν ο κωδικός αριθμός είναι 1 ή 2,

από την κεντρική γραμμή του διαδρόμου, και την εκτεταμένη κεντρική γραμμή του, θα πρέπει να παρέχεται μια διαβαθμισμένη περιοχή για αεροσκάφη για περιπτώσεις καταστάσεων ανάγκης.



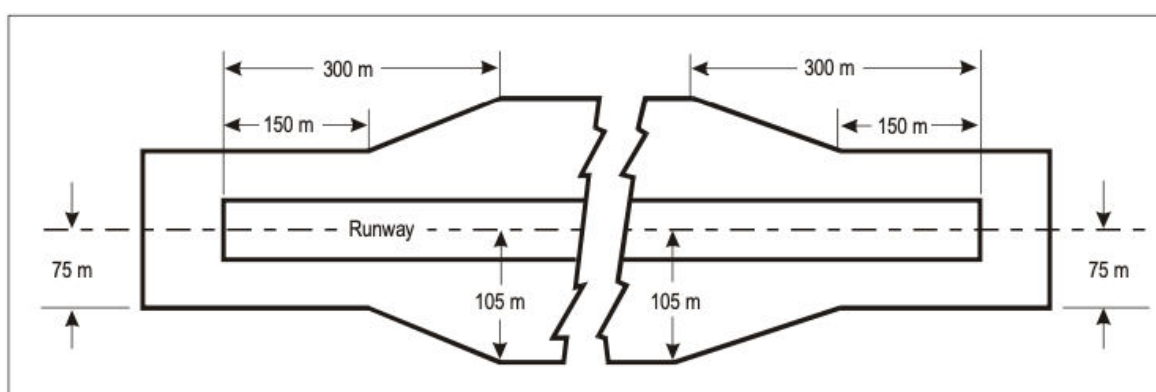
Για έναν διάδρομο προσέγγισης ακριβείας μπορεί να είναι επιθυμητό να υιοθετηθεί μεγαλύτερο πλάτος, όταν ο κωδικός αριθμός είναι 3 ή 4. Στην εικόνα 22, γίνεται εμφανές, το σχήμα και οι διαστάσεις μιας ευρύτερης λωρίδας που μπορεί να ληφθεί υπόψη για έναν διάδρομο. Το τμήμα που θα βαθμολογηθεί εκτείνεται σε απόσταση 105 μ από την κεντρική γραμμή, εκτός από το ότι η απόσταση μειώνεται σταδιακά στα 75 μ στα δύο άκρα της λωρίδας, για μήκος 150 μ από το άκρο του διαδρόμου.

Το τμήμα μιας λωρίδας ενός διαδρόμου μη ακριβείας, σε απόσταση τουλάχιστον:

- 75 μ όταν ο κωδικός αριθμός είναι 3 ή 4,
- 40 μ όταν ο κωδικός αριθμός είναι 2, και
- 30 μ όταν ο κωδικός αριθμός είναι 1,

από την κεντρική γραμμή του διαδρόμου, και την εκτεταμένη κεντρική γραμμή του, θα πρέπει να προβλέπει μια διαβαθμισμένη περιοχή, για αεροπλάνα σε κατάσταση ανάγκης με πιθανότητα ακούσια εξόδου από τον διάδρομο.

Η επιφάνεια του τμήματος μιας λωρίδας, που εφάπτεται στον διάδρομο προσγείωσης, στην επέκταση του διαδρόμου (shoulder) ή στον διάδρομο στάσης (stopway), θα πρέπει να είναι στο ίδιο επίπεδο.



Εικόνα 21: Runway Strip (Retrieved: ICAO_Doc9157_Part1)



Οι αλλαγές κλίσης στο τμήμα μιας λωρίδας διαδρόμου, που πρόκειται να βαθμολογηθεί, θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν βαθμιαία, και να αποφεύγονται οι απότομες αλλαγές ή οι έντονες αντίθετες κλίσεις. Σε τμήμα που οι αλλαγές κλίσης δεν μπορούν να αποφευχθούν, ο ρυθμός μεταβολής μεταξύ δύο διαδοχικών κλίσεων δεν πρέπει να υπερβαίνει το 2% ανά 30 μ. Ωστόσο, η διαμήκης κλίση κατά μήκος του τμήματος μιας λωρίδας, δεν πρέπει να υπερβαίνει:

- 1,5 % όταν ο κωδικός αριθμός είναι 4,
- 1,75 % όταν ο κωδικός αριθμός είναι 3, και
- 2 % όταν ο κωδικός αριθμός είναι 1 ή 2.

Οι εγκάρσιες κλίσεις στο τμήμα μιας λωρίδας, που πρόκειται να ταξινομηθεί, πρέπει να είναι επαρκείς για να αποτρέπουν τη συσσώρευση νερού στην επιφάνεια, αλλά δεν πρέπει να υπερβαίνουν:

- 2,5 % όταν ο κωδικός αριθμός είναι 3 ή 4, και
- 3 % όταν ο κωδικός αριθμός είναι 1 ή 2,

εκτός από τα τελευταία 3 μέτρα στις άκρες του διαδρόμου προσγείωσης, στα άκρα των επεκτάσεων του διαδρόμου (shoulder), ή στα άκρα του διαδρόμου στάσης (stopway), όπου θα πρέπει να είναι αρνητικές με κατεύθυνση μακριά από το διάδρομο έως και 5 %.

Όπως αναφέρθηκε, στο τμήμα μιας λωρίδας ενός διαδρόμου προσέγγισης δια οργάνων και σε απόσταση τουλάχιστον:

- 75 μ όταν ο κωδικός αριθμός είναι 3 ή 4, και
- 40 μ όταν ο κωδικός αριθμός είναι 1 ή 2,

από την κεντρική γραμμή του διαδρόμου και την εκτεταμένη κεντρική γραμμή του, η επιφάνεια θα πρέπει να είναι κατάλληλα προετοιμασμένη έτσι ώστε να αντέχει το φορτίο για αεροπλάνα σε κατάσταση ανάγκης με πιθανότητα ακούσια εξόδου από τον διάδρομο. Οι κατασκευαστές αεροσκαφών θεωρούν ότι ένα βάθος 15 cm, είναι το μέγιστο βάθος, στο οποίο μπορεί να βυθιστεί ο ριναίος τροχός, σε μια επιφάνεια χωρίς να καταρρεύσει. Ως εκ τούτου, συνιστάται το έδαφος σε βάθος 15 cm, κάτω από την επιφάνεια της τελικής λωρίδας να προετοιμαστεί ώστε να έχει φέρουσα ισχύ 15 προς 20 του λόγου CBR. Η πρόθεση αυτής της προετοιμασμένης επιφάνειας είναι να αποτρέψει τον ριναίο τροχό από βύθιση άνω των 15 cm. Το ανώτερο τμήμα, αυτό των 15 cm της επιφάνειας, μπορεί να είναι μικρότερης αντοχής που θα διευκόλυνε την επιβράδυνση του αεροσκάφους.



3.10 Περιοχές Ασφαλείας Δ/Μ (RESA)

Οι εκθέσεις ατυχημάτων/συμβάντων αεροσκαφών του ICAO (ADREP) έχουν δείξει ότι αεροσκάφη που εξήλθαν του διαδρόμου κατά την φάση προσγείωσης ή απογείωσης υπέστησαν σημαντικές ζημιές. Για να ελαχιστοποιηθούν τέτοιες ζημιές, μια πρόσθετη περιοχή έχει προβλεφθεί πέρα από τα άκρα της λωρίδας του διαδρόμου (strips). Αυτές οι περιοχές είναι γνωστές ως περιοχές ασφαλείας τέλους διαδρόμου και πρέπει να είναι καθαρές από κάθε αντικείμενο ικανό να προκαλέσει ζημιά σε αεροσκάφος που εξέρχεται λόγω βλάβης ή άλλων καταστάσεων από τον διάδρομο (ICAO, DOC 9157 - PART 1, 2006).

Η περιοχή ασφαλείας στο τέλος του διαδρόμου, πρέπει να εκτείνεται από το άκρο μιας λωρίδας διαδρόμου σε απόσταση τουλάχιστον 90 μ όταν:

- ο κωδικός αριθμός είναι 3 ή 4, και
- ο κωδικός αριθμός είναι 1 ή 2 και ο διάδρομος είναι προσέγγισης δια οργάνων.

Εάν εγκατασταθεί σύστημα ακινητοποίησης (Arresting System), το παραπάνω μήκος μπορεί να μειωθεί, βάσει των προδιαγραφών σχεδιασμού του συστήματος, με την επιφύλαξη αποδοχής από την ΑΠΑ (ICAO, DOC 9157 - PART 1, 2006).

Μια περιοχή ασφαλείας άκρου διαδρόμου θα πρέπει, στο μέτρο του δυνατού, να εκτείνεται από το άκρο της λωρίδας του διαδρόμου σε απόσταση τουλάχιστον:

- 240 μ όταν ο κωδικός αριθμός είναι 3 ή 4, ή μικρότερο μήκος στην περίπτωση ύπαρξης συστήματος ακινητοποίησης,
- 120 μ όταν ο κωδικός αριθμός είναι 1 ή 2, και ο διάδρομος προσγείωσης είναι προσέγγισης ακριβείας, ή μικρότερο μήκος στην περίπτωση ύπαρξης συστήματος ακινητοποίησης, και
- 30 μ όπου ο κωδικός αριθμός είναι 1 ή 2 και ο διάδρομος είναι μη ενόργανης προσέγγισης.

Το πλάτος μιας περιοχής ασφαλείας διαδρόμου απαιτείται να είναι τουλάχιστον διπλάσιο από αυτό του σχετικού διαδρόμου (ICAO, DOC 9157 - PART 1, 2006).

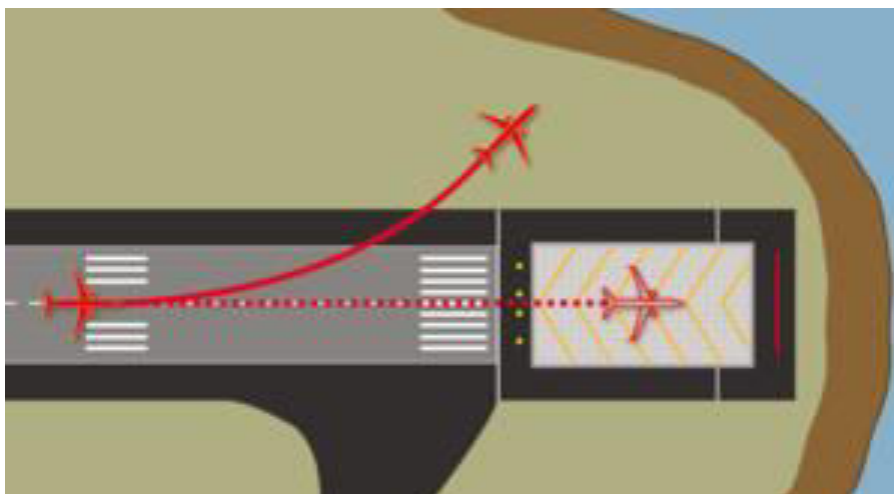
Γίνεται αντιληπτό ότι όταν αποφασίζεται το μήκος του διαδρόμου πρέπει να λαμβάνεται υπόψη μιας μεγαλύτερη κατά μήκος του Δ/Μ περιοχή ώστε να εξασφαλίζει την ασφαλή ακινητοποίηση ενός αφους σε περίπτωση που ακούσια εξέλθει από αυτόν.



Σε έναν διάδρομο προσέγγισης ακριβείας, η κεραία του ILS συνήθως είναι το πρώτο κατακόρυφο εμπόδιο, και η περιοχή ασφαλείας στο τέλος του διαδρόμου, θα πρέπει να εκτείνεται μέχρι αυτή την εγκατάσταση. Σε άλλες περιπτώσεις, το πρώτο εμπόδιο μπορεί να είναι ένας δρόμος, ένας σιδηρόδρομος ή άλλο τεχνητό ή φυσικό χαρακτηριστικό. Έτσι, η παροχή μιας περιοχής ασφαλείας στο τέλος του διαδρόμου θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τέτοια εμπόδια. Όπως και στην περιοχή λωρίδας διαδρόμου, έτσι και στην περιοχή ασφαλείας στο τέλος του διαδρόμου, οποιοδήποτε αντικείμενο-εμπόδιο, πλην εγκατάστασης που απαιτείται για την αεροναυτιλία ή για λόγους ασφάλειας πτήσεων, ικανό να θέσει σε κίνδυνο τα αεροπλάνα, πρέπει να αφαιρείται (ICAO, DOC 9157 - PART 1, 2006).

Οι διαμήκεις κλίσεις, μιας περιοχής ασφαλείας διαδρόμου, δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 5 % κατωφέρειας. Οι διαμήκεις αλλαγές στην κλίση, θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο ομαλές, και να αποφεύγονται οι απότομες αλλαγές ή οι ξαφνικές αντιστροφές κλίσεων. Όπου οι αλλαγές κλίσης δεν μπορούν να αποφευχθούν, ο ρυθμός μεταβολής μεταξύ δύο διαδοχικών κλίσεων, δεν πρέπει να υπερβαίνει το 2 % ανά 30 m. Οι εγκάρσιες κλίσεις, μιας περιοχής ασφαλείας διαδρόμου, δεν πρέπει να υπερβαίνουν επίσης το 5% κατωφέρειας. Οι μεταβάσεις μεταξύ διαφορετικών κλίσεων, θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν βαθμιαίες (ICAO, DOC 9157 - PART 1, 2006).

Επιπλέον, ο χώρος ασφαλείας στο τέλος του διαδρόμου θα πρέπει να είναι προετοιμασμένος ή κατασκευασμένος έτσι ώστε να μειώνεται ο κίνδυνος ζημιάς σε ένα αεροπλάνο που ακούσια εξέρχεται του διαδρόμου, να ενισχύεται η επιβράδυνση του και να διευκολύνεται η κίνηση των οχημάτων διάσωσης και πυρόσβεσης (ICAO, DOC 9157 - PART 1, 2006).



Εικόνα 22: Χώρος Ασφαλείας στο Τέλος του Δ/Μ
(Retrieved: https://en.wikipedia.org/wiki/Runway_safety_area)



3.11 Ελεύθερος Χώρος (Clearway)

Ο ελεύθερος χώρος, βρίσκεται στο τέλος της διαθέσιμης διαδρομής απογείωσης, με μήκος τέτοιο ώστε να μην υπερβαίνει το μισό του μήκους της διαθέσιμης διαδρομής απογείωσης, ενώ το πλάτος του εκτείνεται τουλάχιστον 75 m εκατέρωθεν της εκτεταμένης κεντρικής γραμμής του διαδρόμου.

Το έδαφος σε ένα ελεύθερο χώρο δεν πρέπει να προεξέχει πάνω από ένα επίπεδο με κλίση 1,25 % ανωφέρειας, ενώ το κατώτερο όριο αυτού του επιπέδου είναι μια οριζόντια γραμμή η οποία:

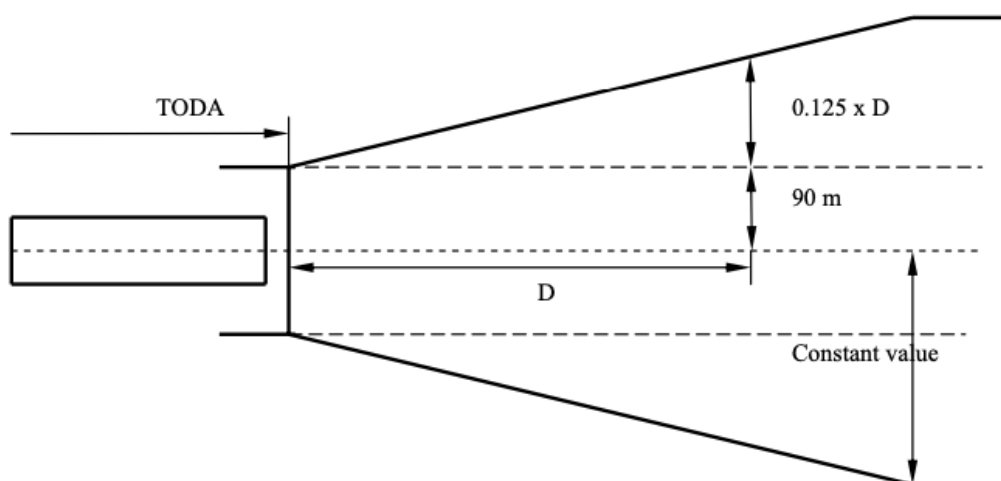
- α) είναι κάθετη στο κατακόρυφο επίπεδο που περιέχει την κεντρική γραμμή του διαδρόμου, και
- β) διέρχεται από ένα σημείο που βρίσκεται στην κεντρική γραμμή του διαδρόμου στο τέλος της διαθέσιμης διαδρομής απογείωσης.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, λόγω εγκάρσιας ή διαμήκης κλίσης στον διάδρομο προσγείωσης, της επέκτασης του διαδρόμου ή στην λωρίδα, το κατώτερο όριο του επιπέδου του ελεύθερου χώρου που καθορίζεται παραπάνω, μπορεί να είναι κάτω από το αντίστοιχο ύψωμα του διαδρόμου προσγείωσης, της επέκτασης ή της λωρίδας. Σε αυτές τις περιπτώσεις, εάν δεν τίθεται θέμα ασφάλειας πτήσεων, δεν λαμβάνονται κάποια μέτρα με σκοπό την αυστηρή συμμόρφωση του συγκεκριμένου ορίου.

Οι απότομες ανοδικές αλλαγές στην κλίση, πρέπει να αποφεύγονται όταν η κλίση στο έδαφος του ελεύθερου χώρου, είναι σχετικά μικρή ή όταν η μέση κλίση είναι ανοδική. Σε περιπτώσεις με απότομες ανοδικές κλίσεις, πρέπει να πληρείται ότι στο εν λόγω τμήμα του ελεύθερου χώρου και σε απόσταση 22,5 m εκατέρωθεν της κεντρικής γραμμής, οι κλίσεις, οι αλλαγές κλίσης και η μετάβαση από το διάδρομο σε ελεύθερο χώρο, είναι σύμφωνες με εκείνες του διαδρόμου. Επίσης, ένα αντικείμενο που βρίσκεται σε ελεύθερο χώρο και είναι ικανό να θέσει σε κίνδυνο τα αεροσκάφη στον αέρα θα πρέπει να θεωρείται εμπόδιο και να αφαιρείται.

3.12 Περιορισμός και Αφαίρεση Εμποδίων

Ο προσδιορισμός Σύμφωνα με το Παράρτημα 6, Μέρος Ι, Λειτουργία αεροσκάφους, Προσάρτημα Γ, «Περιορισμοί λειτουργίας επιδόσεων αεροπλάνου», και το Παράρτημα 14, Τόμος Ι, Κεφάλαιο 4 «Περιορισμός και αφαίρεση εμποδίων» υπάρχουν καθορισμένοι περιορισμοί αποφυγής εμποδίων απογείωσης. Η καθαρή διαδρομή πτήσης απογείωσης πρέπει να απομακρύνει όλα τα εμπόδια κατακόρυφα κατά 35 πόδια ή πλευρικά κατά τουλάχιστον 90 m συν $0,125 D$, όπου D είναι η οριζόντια απόσταση, που έχει διανύσει το αεροπλάνο από το τέλος της απόστασης απογείωσης, που είναι διαθέσιμη και στις δύο πλευρές του διαδρόμου, εκτεταμένη από την κεντρική γραμμή. Ο τομέας διευρύνεται με την απόσταση μέχρι να γίνει παράλληλος μετά από μια συγκεκριμένη



Εικόνα 23: Καθαρή Περιοχή από Εμπόδια κατά την Α/Γ (Retrieved: Kazda & Caves, 2007)
απόσταση.

Όταν η διαδρομή πτήσης δεν περιλαμβάνει αλλαγές πορείας άνω των 15° , το μέγιστο πλάτος του τομέα είναι 300 m εκατέρωθεν της κεντρικής γραμμής υπό συνθήκες όψεως ή όταν χρησιμοποιεί βοηθήματα πλοήγησης, και 600 m για όλες τις άλλες συνθήκες πτήσεις. Όταν η διαδρομή πτήσης περιλαμβάνει αλλαγές πορείας άνω των 15° , το μέγιστο πλάτος του τομέα είναι 600 m εκατέρωθεν της κεντρικής γραμμής υπό συνθήκες όψεως ή όταν χρησιμοποιεί βοηθήματα πλοήγησης, και 900 m για όλες τις άλλες συνθήκες πτήσεις (βλ. εικόνα 23).

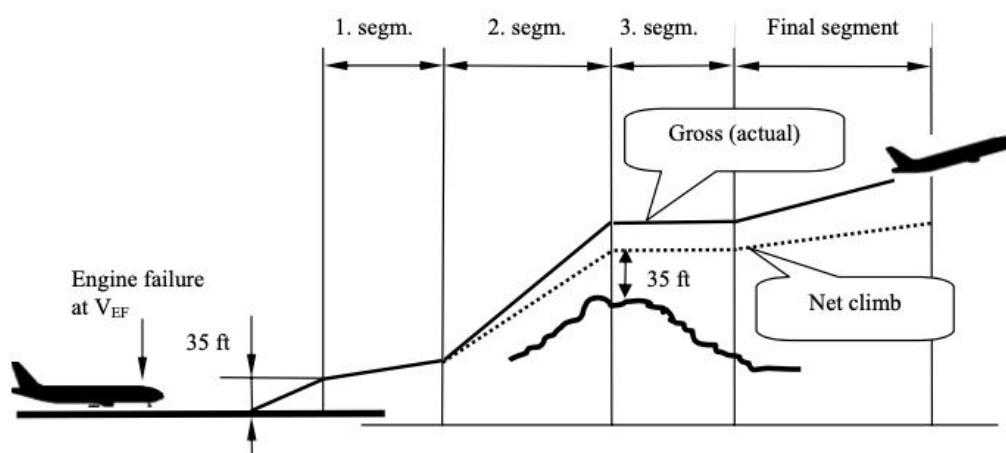


Για αεροπλάνα με εκπέτασμα πτερύγων μικρότερο από 60 m, το αρχικό πλάτος του τομέα περιορίζεται στα 60 m συν το ήμισυ του εκπετάσματος των πτερύγων. Εκτός από τους διαδρόμους και τα δομικά τους όρια, η απογείωση περιλαμβάνει και όρια στον ρυθμό ανόδου του αφους. Εάν ένας κινητήρας αποτύχει μετά την ταχύτητα V_1 , η μείωση της ώσης μπορεί να είναι κρίσιμη για την αποφυγή εμποδίων στον τομέα που προαναφέρθηκε. Η καθαρή φάση ανόδου Α/Γ του αφους, ξεκινά από το ύψος των 35 ποδιών, και ολοκληρώνεται σε τουλάχιστον 1500 πόδια πάνω από το επίπεδο του αεροδρομίου (AGL). Η φάση της Α/Γ περιλαμβάνει τέσσερα τμήματα. Για κάθε τμήμα πρέπει να υπολογιστεί η μεικτή γωνία ανόδου, λαμβάνοντας υπόψη την περίπτωση ότι ένας κινητήρας αστοχεί στην ταχύτητα V_1 . Τότε η καθαρή γωνία ανόδου είναι η μεικτή γωνία μειωμένη κατά:

- 0,8 % για δικινητήρια αεροσκάφη
- 0,9 % για τρικινητήρια αεροσκάφη
- 1,0 % για τετρακινητήρια αεροσκάφη.

Η καθαρή φάση ανόδου Α/Γ χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό αποφυγής εμποδίων με οριακή μάζα αφους. Οι ελάχιστες απαιτήσεις γωνίας ανόδου καθορίζονται για κάθε τμήμα της φάσης Α/Γ. Σε κάθε τμήμα καθορίζεται η μάζα του αφους για το ύψος και την εξωτερική θερμοκρασία αέρος. Σε όλα τα τμήματα της φάσης απογείωσης πρέπει να εξασφαλίζεται ότι τα εμπόδια ξεπερνούνται τουλάχιστον κατά 35 πόδια (βλ. εικόνα 24). Οποιοδήποτε τμήμα της καθαρής φάσης απογείωσης στο οποίο το αφος αλλάζει πορεία άνω των 15° πρέπει η διαδρομή να εξασφαλίζει ότι όλα τα εμπόδια ξεπερνούνται τουλάχιστον

κατά 50 πόδια.



Εικόνα 24: Απαιτήσεις Απόδοσης Α/Γ (Retrieved: Kazda & Caves, 2007)



Πιο συγκεκριμένα τα τμήματα καθορίζονται ως εξής:

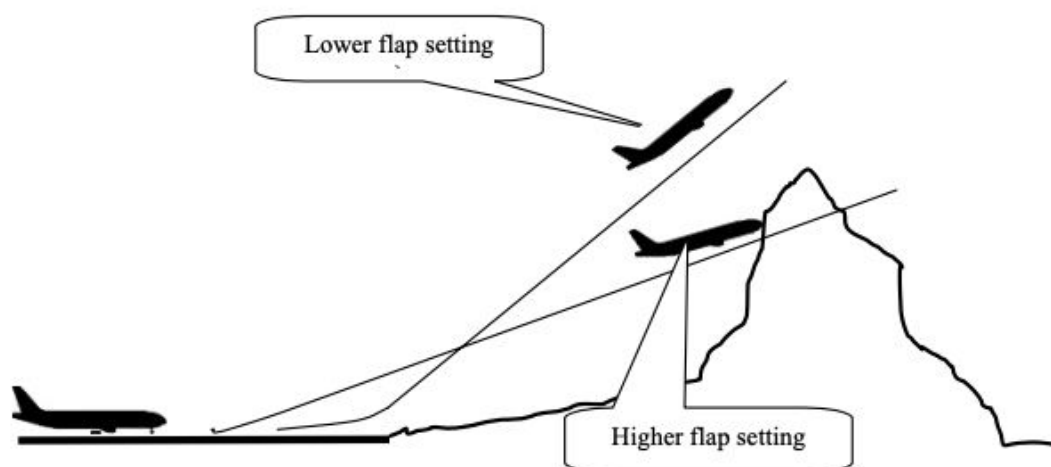
Πρώτο Τμήμα: Από 35 πόδια έως την ταχύτητα V_2

Δεύτερο Τμήμα: Από την ταχύτητα V_2 έως τουλάχιστον 400 πόδια AGL ή το ελάχιστο ύψος επιτάχυνσης που δίνεται από τον χειριστή του αεροσκάφους

Τρίτο Τμήμα: Επιτάχυνση από την ταχύτητα V_2 στην ελάχιστη ταχύτητα χωρίς τις επιφάνειες άντωσης (flaps/slats)

Τέταρτο Τμήμα: Τελικό τμήμα ανόδου με απόκτηση ταχύτητας πλεύσης

Εάν υπάρχουν εμπόδια που πρέπει να ληφθούν υπόψη στη διαδρομή απογείωσης, η ρύθμιση των επιφανειών άντωσης (flaps) για μικρότερη απόσταση απογείωσης δεν περιλαμβάνει πάντα τη μέγιστη δυνατή μάζα απογείωσης. Η μεγαλύτερη ρύθμιση των flaps έχει ως αποτέλεσμα τη σύντομη απόσταση απογείωσης, αλλά λόγω της αυξημένης οπισθέλκουσας, η γωνία ανόδου μετά την απογείωση μπορεί να μην επαρκεί για να ξεπεράσει τα εμπόδια (βλ. εικόνα 25).



Εικόνα 25: Επιλογής Επιφανειών Άντωσης (Retrieved: Kazda & Caves, 2007)



4. ΤΡΟΧΟΔΡΟΜΟΙ (TAXIWAYS)

4.1 Λειτουργικές Απαιτήσεις

Η μέγιστη χωρητικότητα και η απόδοση ενός αεροδρομίου επιτυγχάνονται μόνο με την επίτευξη της κατάλληλης ισορροπίας μεταξύ της ανάγκης για διαδρόμους, τερματικούς σταθμούς επιβατών/φορτίου, χώρους αποθήκευσης και εξυπηρέτησης αεροσκαφών. Αυτά τα ξεχωριστά και διακριτά λειτουργικά τμήματα του αεροδρομίου συνδέονται με το σύστημα τροχοδρόμησης. Τα τμήματα του συστήματος τροχοδρόμησης χρησιμεύουν επομένως για τη σύνδεση των λειτουργιών του αεροδρομίου και είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη της βέλτιστης χρήσης του αεροδρομίου (ICAO, 2005).

Το σύστημα τροχοδρόμησης, πρέπει να σχεδιάζεται έτσι ώστε να ελαχιστοποιεί τον περιορισμό της κίνησης του αεροσκάφους από και προς τους διαδρόμους απογείωσης. Ένα σωστά σχεδιασμένο σύστημα θα πρέπει να είναι ικανό να διατηρεί μια ομαλή, συνεχή ροή της κυκλοφορίας του αεροσκάφους στο έδαφος στη μέγιστη πρακτική ταχύτητα με ελάχιστη επιτάχυνση ή επιβράδυνση. Αυτή η απαίτηση διασφαλίζει ότι το σύστημα τροχοδρόμησης θα λειτουργεί στα υψηλότερα επίπεδα ασφάλειας και αποτελεσματικότητας (ICAO, 2005).

Για κάθε δεδομένο αεροδρόμιο, το σύστημα τροχοδρόμησης θα πρέπει να μπορεί να καλύψει (χωρίς σημαντική καθυστέρηση) τις απαιτήσεις των αφίξεων και αναχωρήσεων των αεροσκαφών. Σε χαμηλά επίπεδα χρήσης του διαδρόμου, το σύστημα τροχοδρόμησης μπορεί να το επιτευχθεί με έναν ελάχιστο αριθμό τμημάτων. Ωστόσο, καθώς αυξάνεται το ποσοστό αποδοχής του διαδρόμου προσγείωσης, η χωρητικότητα του συστήματος τροχοδρόμων πρέπει να επεκταθεί επαρκώς ώστε να αποφευχθεί να γίνει παράγοντας που περιορίζει τη χωρητικότητα του αεροδρομίου. Στην ακραία περίπτωση κορεσμού χωρητικότητας διαδρόμου, όταν τα αεροσκάφη φθάνουν και αναχωρούν στις ελάχιστες αποστάσεις διαχωρισμού, το σύστημα τροχοδρόμησης θα πρέπει να επιτρέπει στα αεροσκάφη, να εξέρχονται από το διάδρομο το συντομότερο δυνατό μετά την προσγείωση, και να εισέρχονται στον διάδρομο λίγο πριν την απογείωση (ICAO, 2005).



4.2 Αρχές Σχεδιασμού Τροχοδρόμων

Οι διάδρομοι και οι τροχοδρόμοι είναι τα λιγότερο ευέλικτα τμήματα ενός αεροδρομίου, και ως εκ τούτου έχουν την μεγαλύτερη βαρύτητα, κατά τον σχεδιασμό της ανάπτυξης του αεροδρομίου. Επιπλέον, οι προβλέψεις μελλοντικής δραστηριότητας θα πρέπει να προσδιορίζουν τις αλλαγές στον ρυθμό των κινήσεων των αεροσκαφών, τη φύση της κυκλοφορίας, τον τύπο του αεροσκάφους και οποιουδήποτε άλλους παράγοντες που επηρεάζουν τη διάταξη και τις διαστάσεις του διαδρόμου και των συστημάτων τροχοδρόμησης. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να ληφθεί μέριμνα, ώστε να μην δίνεται τόση προσοχή στις σημερινές ανάγκες του συστήματος, αλλά στις μελλοντικές φάσεις ανάπτυξης που έχουν ίση ή μεγαλύτερη σημασία. Για παράδειγμα, εάν ένα αεροδρόμιο προβλέπεται να εξυπηρετεί μια υψηλότερη κατηγορία τύπου αεροσκάφους στο μέλλον, το τρέχον σύστημα τροχοδρόμησης θα πρέπει να σχεδιαστεί ώστε να εξυπηρετεί τις μεγαλύτερες αποστάσεις διαχωρισμού που τελικά θα απαιτηθούν (ICAO, 2005).

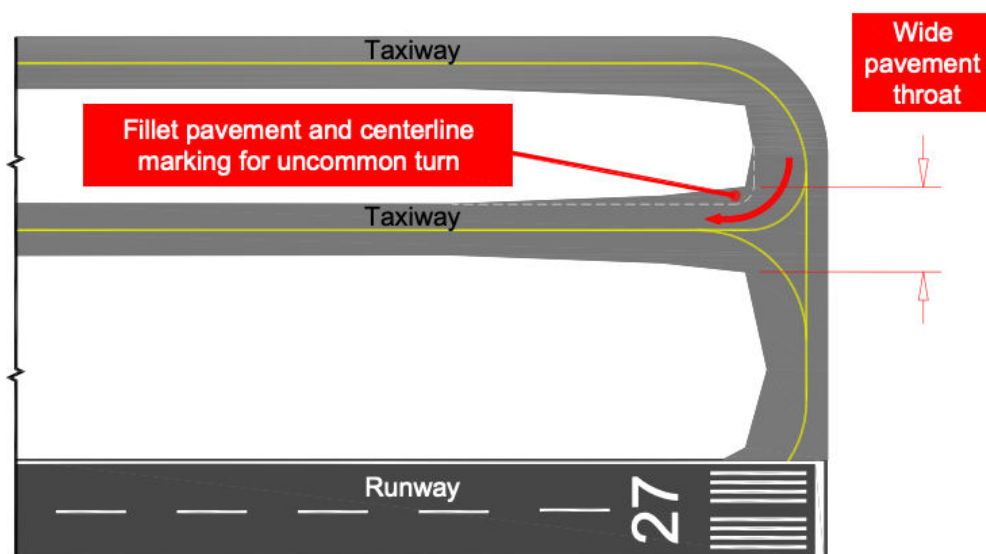


Εικόνα 26: Τροχοδρόμηση Αεροσκάφους F-35
(Retrieved: <https://australianaviation.com.au/2021/11/>)



Κατά τον σχεδιασμό της γενικής διάταξης του συστήματος τροχοδρόμησης, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθες αρχές (ICAO, 2005):

- α) οι διαδρομές τροχοδρόμησης θα πρέπει να συνδέουν τα διάφορα στοιχεία του αεροδρομίου με τις μικρότερες αποστάσεις, ελαχιστοποιώντας έτσι τόσο τον χρόνο τροχοδρόμησης, όσο και το κόστος,
- β) οι διαδρομές τροχοδρόμησης θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν απλουστευμένες, προκειμένου να αποφευχθεί η σύγχυση των πιλότων, και η ανάγκη για περίπλοκες οδηγίες,
- γ) θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ευθείες διαδρομές οδοστρώματος όπου είναι δυνατόν. Όπου είναι απαραίτητες αλλαγές στην κατεύθυνση, θα πρέπει να παρέχονται καμπύλες με επαρκή ακτίνα στροφής, καθώς και προεκτάσεις (fillets) ή επιπλέον πλάτος τροχοδρόμησης, ώστε να επιτρέπεται η τροχοδρόμηση με τη μέγιστη πρακτική ταχύτητα.
- δ) Οι διασταυρώσεις τροχοδρόμων με διαδρόμους προσγείωσης καθώς και με άλλων τροχοδρόμων θα πρέπει να αποφεύγονται για λόγους ασφάλειας και για να μειωθεί η πιθανότητα σημαντικών καθυστερήσεων στην τροχοδρόμηση,
- ε) οι διαδρομές τροχοδρόμων θα πρέπει να έχουν όσο το δυνατόν περισσότερα τμήματα μονής κατεύθυνσης για την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας σύγκρουσης ή σημαντικών καθυστερήσεων μεταξύ των αεροσκαφών.
- στ) το σύστημα τροχοδρόμησης θα πρέπει να σχεδιαστεί για να μεγιστοποιήσει την ωφέλιμη ζωή κάθε στοιχείου, έτσι ώστε οι μελλοντικές φάσεις ανάπτυξης να ενσωματώνουν τμήματα από το τρέχον σύστημα, και τέλος,
- ζ) ένα σύστημα τροχοδρόμησης λειτουργεί απερίσπαστα μόνο στο επαρκές στοιχείο του. Ως εκ τούτου, τα πιθανά σημεία συμφόρησης θα πρέπει να εντοπιστούν και να εξαλειφθούν στη φάση του σχεδιασμού.



Εικόνα 27: Προεκτάσεις (fillet) Τροχοδρόμων (Retrieved: FAA AC: 150/5300-13B/Airport Design)



Ο αριθμός των τροχοδρόμων εισόδου-εξόδου από τον διάδρομο, θα πρέπει να είναι επαρκής για την εξυπηρέτηση των αφών στις ώρες αιχμής. Κατά την σχεδίαση πρέπει να ληφθούν υπόψιν πρόσθετες εισοδοί και εξοδοί με σκοπό να αναπτυχθούν πριν από την αναμενόμενη ανάπτυξη του Α/Δ (ICAO, 2005).

Οι ακόλουθες αρχές ισχύουν για τον σχεδιασμό αυτών των τμημάτων του συστήματος τροχοδρόμησης (ICAO, 2005):

- α) η λειτουργία των τροχοδρόμων εξόδου είναι να ελαχιστοποιούν όσο το δυνατόν περισσότερο, τον χρόνο κατάληψης του διαδρόμου προσγείωσης. Στην θεωρία, οι τροχοδρόμοι εξόδου, μπορούν να τοποθετηθούν έτσι ώστε να εξυπηρετούν με τον καλύτερο τρόπο κάθε τύπο αεροσκάφους, που αναμένεται να χρησιμοποιήσει τον διάδρομο προσγείωσης. Στην πράξη, τόσο ο βέλτιστος αριθμός αυτών των τροχοδρόμων, όσο και η απόσταση μεταξύ τους, καθορίζονται από ομαδοποίηση των αφών σε περιορισμένο αριθμό τάξεων με βάση την ταχύτητα προσγείωσης, και την απόσταση επιβράδυνσης τους αμέσως μετά την προσγείωση,
- β) ο τροχοδρόμος εξόδου θα πρέπει να επιτρέπει σε ένα αφος, την άμεση απομάκρυνση του, χωρίς περιορισμούς, μακριά από τον διάδρομο προσγείωσης, επιτρέποντας την άμεση επαναχρησιμοποίηση του Δ/Μ, από επερχόμενο αφος,
- γ) ένας τροχοδρόμος εξόδου μπορεί να είναι είτε σε ορθή γωνία, είτε σε οξεία γωνία με τον διάδρομο. Στην πρώτη περίπτωση απαιτείται επιβράδυνση του αφους σε πολύ χαμηλή ταχύτητα πριν ελευθερώσει τον διάδρομο, ενώ στην δεύτερη περίπτωση το αφος δύναται να ελευθερώσει τον διάδρομο με υψηλότερες ταχύτητες, μειώνοντας έτσι τον χρόνο που απαιτείται στον διάδρομο, και αυξάνοντας παράλληλα τη χωρητικότητα του, και τέλος,
- δ) όσον αφορά τις εισόδους στον Δ/Μ απογείωσης, μια ενιαία είσοδος σε κάθε άκρο του διαδρόμου συνήθως είναι επαρκής για να καλύψει τη ζήτηση των απογείωσης. Ωστόσο, εάν ο κυκλοφοριακός όγκος το δικαιολογεί, μπορεί να εξεταστεί η χρήση παρακαμπτήριων, θέσεων αναμονής ή πολλαπλών εισόδων διαδρόμου.



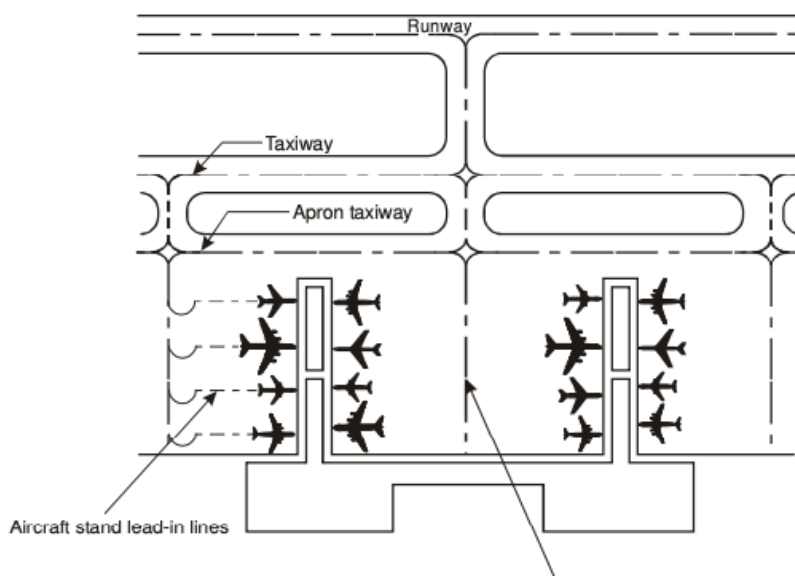
Οι τροχοδρόμοι στις πίστες χωρίζονται σε δύο τύπους ως εξής (βλ. εικόνα 28):

- α) τροχοδρόμος πίστας προορίζεται είτε για να παρέχει πρόσβαση στις θέσεις στάθμευσης της πίστας (stand lead-in lines), είτε για να αποκτήσει πρόσβαση σε τροχοδρόμο στάσης αεροσκάφους (stand taxi lane), και
- β) τροχοδρόμος στάσης αεροσκάφους είναι ένα τμήμα της πίστας που έχει οριστεί ως χώρος στάσης αεροσκάφους.

Οι απαιτήσεις για τροχοδρόμους πίστας όσον αφορά το πλάτος της λωρίδας, τις αποστάσεις διαχωρισμού κ.λπ., είναι οι ίδιες με οποιονδήποτε άλλο τύπο τροχοδρόμου. Οι απαιτήσεις για τους τροχοδρόμους στάσης αεροσκαφών είναι επίσης οι ίδιες εκτός από τις ακόλουθες τροποποιήσεις (ICAO, 2005):

- α) η εγκάρσια κλίση του τροχοδρόμου στάσης διέπεται από την κλίση της πίστας,
- β) ο τροχοδρόμος στάσης του αεροσκάφους δεν χρειάζεται να περιλαμβάνεται σε λωρίδα τροχοδρόμησης, και
- γ) οι απαιτήσεις για τις αποστάσεις διαχωρισμού από την κεντρική γραμμή του τροχοδρόμου στάσης αφους με ένα αντικείμενο είναι λιγότερο αυστηρές από εκείνες για άλλους τύπους τροχοδρόμων.

Οι γραμμές εισόδου στις θέσεις στάθμευσης της πίστας (stand lead-in lines), δεν θεωρούνται μέρος του τροχοδρόμου στάσης αεροσκάφους και, επομένως, δεν υπόκεινται στις απαιτήσεις για τροχοδρόμους (ICAO, 2005).



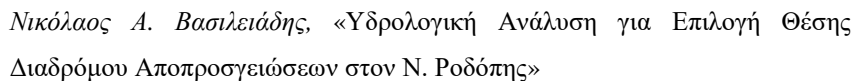
Εικόνα 28: Τροχοδρόμοι Πίστας (Πηγή: ICAO_Doc9157_Part2)



4.3 Αποστάσεις Τροχοδρόμησης

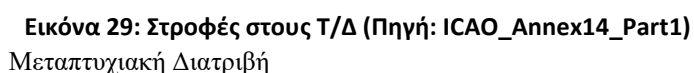
Ο κύριος λόγος για την ελαχιστοποίηση των αποστάσεων των τροχοδρόμων είναι η μείωση του χρόνου καθώς και η εξοικονόμηση καυσίμου, ενισχύοντας παράλληλα την λειτουργικότητα και την ασφάλεια των αεροσκαφών. Ιδιαίτερη σημασίας χρήζουν οι αποστάσεις τροχοδρόμων, για βαριά φορτωμένα αεροσκάφη που τροχοδρομούν για απογείωση. Διατάξεις με σκοπό την αναγνώριση των αναγκών αυτών, πρέπει να διαθέτουν και τα μικρότερα αεροδρόμια. Στα μεγαλύτερα αεροδρόμια το θέμα της ασφάλειας των αεροσκαφών έχει μεγαλύτερη σημασία. Έρευνες έχουν δείξει ότι, όταν ένα πλήρως φορτωμένο αεροσκάφος τροχοδρομεί, για τον Δ/Μ Α/Γ, αποστάσεις από 3 έως 7 km, η θερμοκρασία του ελαστικού κατά την απογείωση μπορεί να υπερβεί την κρίσιμη τιμή των 120°C (250°F). Το γεγονός αυτό εξαρτάται από τον τύπο του αεροσκάφους, το μέγεθος και τον τύπο του ελαστικού καθώς και την θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η υπέρβαση αυτής της κρίσιμης θερμοκρασίας επηρεάζει την αντοχή του ελαστικού, ενώ αυξάνει σημαντικά τον κίνδυνο αστοχίας του. Το όριο των 120°C που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία, ισχύει για την τροχοδρόμηση απογείωσης καθώς και για την διαδρομή έως τον διάδρομο Α/Γ. Στους 120°C η αντοχή σε εφελκυσμό στο νάιλον μειώνεται κατά 30%, ενώ οι υψηλότερες θερμοκρασίες προκαλούν μόνιμη αλλοίωση στις ιδιότητες της κόλλας του καουτσούκ. Οι βλάβες των ελαστικών κατά την απογείωση είναι σοβαρές διότι οδηγούν σε ματαίωση απογείωσης, με την πέδηση να είναι αμφίβολη (ICAO, 2005).

Συνεπώς, οι αποστάσεις τροχοδρόμησης πρέπει να διατηρούνται στο ελάχιστο δυνατό. Στην περίπτωση μεγάλων αεροσκαφών, η απόσταση των 5 km σε κανονικές συνθήκες θεωρείται ως το αποδεκτό ανώτερο όριο. Κάθε γενικό σχέδιο αεροδρομίου, ανεξάρτητα από το μέγεθος της ανάπτυξης του, θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει την ανάγκη της ελαχιστοποίησης των αποστάσεων τροχοδρόμησης, ειδικά για τα αναχωρούντα αεροσκάφη, τόσο για οικονομία όσο και για ασφάλεια. Η κατάλληλη θέση των τροχοδρόμων ταχείας εξόδου, μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη μείωση των αποστάσεων τροχοδρόμησης, για τα αεροσκάφη που προσγειώνονται. Επιπλέον, οι απογειώσεις από διασταυρώσεις τροχοδρόμων, και η χρήση τροχοδρόμων ταχείας εξόδου, όχι μόνο μειώνουν τις αποστάσεις των τροχοδρόμων και τον χρόνο κατάληψης του διαδρόμου αλλά αυξάνουν επίσης τη χωρητικότητα του διαδρόμου (ICAO, 2005).



Τα κριτήρια σχεδιασμού για τροχοδρόμους είναι λιγότερο αυστηρά από εκείνα για διαδρόμους προσγείωσης, καθώς οι ταχύτητες των αεροσκαφών στους τροχοδρόμους είναι πολύ πιο αργές από αυτές στους διαδρόμους προσγείωσης. Το ελάχιστο πλάτος για κάθε τροχόδρομο φαίνεται στο Παράρτημα 1 (ICAO, 2005).

Εάν οι στροφές είναι αναπόφευκτες, οι ακτίνες στροφής πρέπει να είναι συμβατές με την ικανότητα ελιγμών, και τις κανονικές ταχύτητες τροχοδρόμησης του αεροσκάφους, για το οποίο προορίζεται ο τροχόδρομος. Όταν σχεδιάζονται κλειστές στροφές πρέπει η ακτίνα να επαρκεί με σκοπό οι τροχοί να μην εξέρχονται της επιφάνειας. Για να πραγματοποιηθεί αυτό, τις περισσότερες φορές είναι απαραίτητο η διαπλάτυνση του τροχοδρόμου στα σημεία αυτά (ICAO, 2005).





4.5 Απόσταση ανάμεσα σε Τ/Δ και Δ/Μ

Η κύρια αρχή που διέπει τις αποστάσεις διαχωρισμού διαδρόμου/τροχοδρόμου είναι ότι η άκρη του φτερού ενός αεροπλάνου στον τροχόδρομο δεν πρέπει να διεισδύει στη λωρίδα του διαδρόμου. Επίσης, η απόσταση αυτή πρέπει να λαμβάνει υπόψη την προστασία αφενός ενός αεροσκάφους στον τροχόδρομο από πιθανή ακούσια εξόδου ενός αφους από τον Δ/Μ, και αφετέρου των κρίσιμων και ευαίσθητων περιοχών του ILS από παρεμβολές των αφών στο έδαφος (ICAO, 2005).

Η ελάχιστη ασφαλής απόσταση διαχωρισμού μεταξύ της κεντρικής γραμμής ενός τροχόδρομου και της κεντρικής γραμμής ενός διαδρόμου ορίζεται ως πρότυπο στο Παράρτημα 14. Η πραγματική απόσταση εξαρτάται από τον κωδικό αριθμό του διαδρόμου και της κατηγορίας των βοηθημάτων προσέγγισής του (βλ. Πίνακα 3).

Πίνακας 3: Ελάχιστες Αποστάσεις από Τροχοδρόμους

Κωδικό Γράμμα	Απόσταση μεταξύ της κεντρικής γραμμής TWY και της κεντρικής γραμμής RWY (m)				Κεντρική γραμμή τροχοδρόμου προς κεντρική γραμμή τροχοδρόμου (m)	Κεντρική γραμμή τροχοδρόμου (εκτός από τροχόδρομο στάσης αφους) προς αντικείμενο (m)	Κεντρική γραμμή τροχοδρόμου στάσης αφους προς κεντρική γραμμή τροχοδρόμου στάσης (m)	Κεντρική γραμμή τροχοδρόμου στάσης αφους προς αντικείμενο (m)
	Κωδικός αριθμός (Instrument Runway)							
	1	2	3	4				
A	77.5	77.5	–	–	23	15.5	19.5	12
B	82	82	152	–	32	20	28.5	16.5
C	88	88	158	158	44	26	40.5	22.5
D	–	–	166	166	63	37	59.5	33.5
E	–	–	172.5	172.5	76	43.5	72.5	40
F	–	–	180	180	91	51	87.5	47.5



5. ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ (PAVEMENT)

5.1 Απαιτήσεις και Είδος Οδοστρώματος

Η επιλογή του είδους του οδοστρώματος σε ένα αεροδρόμιο εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των αεροπλάνων που προορίζονται να το χρησιμοποιήσουν, και τις γεωλογικές συνθήκες. Στο Παράρτημα 14 - Τόμος Ι και στο Εγχειρίδιο Σχεδιασμού Αεροδρομίου - Μέρος 3, περιγράφονται οι απαιτήσεις για τη φέρουσα αντοχή του οδοστρώματος, τις διαμήκεις και εγκάρσιες κλίσεις των διαδρόμων και άλλων περιοχών κίνησης, την επιφάνεια του οδοστρώματος και της επίδρασης της πέδησης.

Στόχος της ενότητας δεν είναι να δώσει οδηγίες σχετικά με τον τρόπο κατασκευής του οδοστρώματος, κάτι που είναι ευθύνη του μηχανικού κατασκευής, αλλά να τονίσει την αναγκαιότητα κατοχής βασικών γνώσεων από το επιχειρησιακό τμήμα ενός αεροδρομίου σχετικά με το σχεδιασμό οδοστρωμάτων αεροδρομίου, ώστε να είναι σε θέση, βάσει της κατανόησής του, να παρακολουθεί την κατάσταση του οδοστρώματος και να διαχειρίζεται τη συντήρηση και την ανακατασκευή του. Ορισμένα χαρακτηριστικά των οδοστρωμάτων αεροδρομίων, διαφέρουν από αυτά των οδοστρωμάτων αυτοκινητοδρόμων. Έτσι, το οδόστρωμα του αεροδρομίου θα πρέπει να πληροί τέσσερις βασικές προϋποθέσεις:

1. η αντοχή του πρέπει να είναι κατάλληλη για τη χρήση από αψη που προορίζεται,
2. να εξασφαλίζει καλό έλεγχο του αεροσκάφους κατά την κίνησή του, τόσο στον διάδρομο προσγείωσης, όσο και στα άλλα τμήματα του Α/Δ (τροχόδρομοι κτλ.),
3. να εξασφαλίζει καλή απόδοση στην πέδηση, ακόμη και σε βρεγμένη επιφάνεια, και
4. να προσφέρει καλή ικανότητα αποστράγγισης.

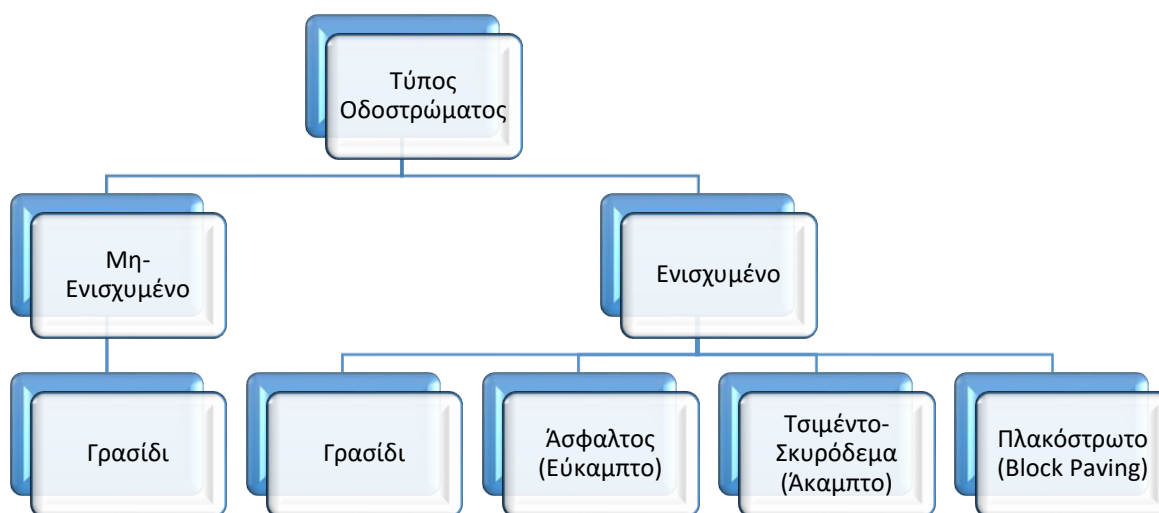
Η πρώτη απαίτηση αναφέρεται στην κατασκευή του οδοστρώματος, η δεύτερη στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας, η τρίτη στην κατάσταση της επιφάνειας του οδοστρώματος και η τέταρτη τόσο στη γεωμετρία όσο και στην κατάσταση της επιφάνειας. Οι τέσσερις αυτές προϋποθέσεις είναι θεμελιώδη και αλληλοσυμπληρώνονται. Από επιχειρησιακή άποψη, οι πιο σημαντικές είναι η τρίτη και η τέταρτη απαίτηση, επειδή έχουν άμεσο αντίκτυπο στην ασφάλεια και στην λειτουργία του αεροδρομίου.



Η επιλογή του τύπου κατασκευής οδοστρώματος επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Ειδικότερα, οι ακόλουθοι σημαντικοί παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη είναι (Kazda & Caves, 2007):

1. τύποι αεροσκαφών με μέγιστο φορτίο, τα οποία δύναται να χρησιμοποιήσουν το αεροδρόμιο,
2. διαθεσιμότητα και τιμή προμηθευτών, υλικών και έργων
3. γεωλογικές συνθήκες, και
4. επικρατούσες κλιματικές συνθήκες.

Στο σχεδιάγραμμα της εικόνας 30 φαίνονται οι τύποι οδοστρώματος.



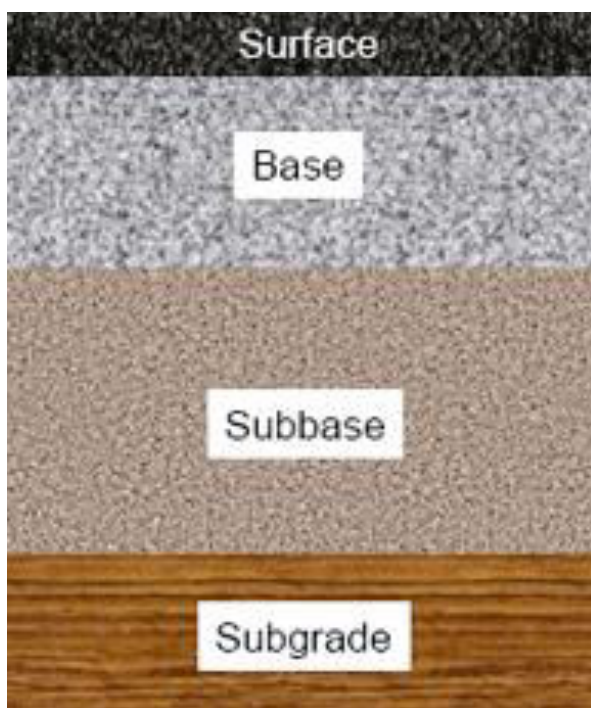
Εικόνα 30: Τύποι Οδοστρώματος



5.2 Στρώματα Οδοστρώματος

Σε ένα αεροδρόμιο που προορίζεται για λειτουργία καθ' όλη τη διάρκεια του έτους από αεροσκάφη με μάζα μεγαλύτερη από 2000 kg, με ευρωπαϊκές κλιματολογικές συνθήκες, η χρήση σκληρής επιφάνειας είναι απαραίτητη. Η επιλογή της κατασκευής του οδοστρώματος επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες και ο τελικός σχεδιασμός είναι συχνά ένας συμβιβασμός. Επίσης, δύναται σε ασφάλτινους διαδρόμους να εξυπηρετηθούν ακόμη και τα πιο βαριά αεροσκάφη (Kazda & Caves, 2007).

Ενδείκνυται η χρήση άκαμπτων οδοστρωμάτων από τσιμέντο-σκυρόδεμα για ορισμένες περιοχές κίνησης, ενώ, σε άλλες περιπτώσεις, είναι χρήσιμα και απαραίτητα, τα εύκαμπτα οδοστρώματα από άσφαλτο. Γενικά, οι τύποι κατασκευής δεν διαφέρουν από τις κατασκευές που χρησιμοποιούνται στην οδοποιία εκτός από το απαιτούμενο πάχος, το οποίο είναι σημαντικά μεγαλύτερο στα οδοστρώματα των αεροδρομίων, διότι σχεδιάζονται για αντοχή μεγαλύτερων σημειακών φορτίων. Η κατασκευή ενός ενισχυμένου οδοστρώματος αποτελείται από υπέδαφος ή υπόστρωμα, την υπόβαση, την βάση και την επιφανειακή στρώση (wearing course) (Kazda & Caves, 2007).



Εικόνα 31: Στοιχεία Οδοστρώματος

(Πηγή: <https://sites.google.com/site/atsys2ay1617te04team2/home/technical-specifications/systems/pavement-types-strength--runway-surfaces>)



5.2.1 Υπέδαφος/Υποστρώμα και Υπολογισμός της Φέρουσας Αντοχής

Το έδαφος της περιοχής που θα επιλεγεί για την κατασκευή ενός αεροδρόμιου θα πρέπει να διαθέτει κατάλληλες μηχανικές ιδιότητες. Η γη στο υπέδαφος πρέπει να έχει επαρκή φέρουσα αντοχή αλλά ταυτόχρονα πρέπει να είναι αδιαπέραστη, και ο όγκος της να μην επηρεάζεται από παγετό ή αλλαγές στην υγρασία. Μια ανάλυση εδάφους θα καθορίσει ποια είδη εδάφους πρέπει να αφαιρεθούν από το υπέδαφος, στην προβλεπόμενη περιοχή του οδοστρώματος του αεροδρομίου, καθώς και πως μπορεί η εν λόγω περιοχή να βελτιωθεί με προσθήκη διαφορετικού εδάφους (Kazda & Caves, 2007).

Η επιλογή του τύπου κατασκευής οδοστρώματος έχει σημαντική επίδραση στη φέρουσα αντοχή του υπεδάφους. Με απλά λόγια, όσο μεγαλύτερη είναι η φέρουσα αντοχή του υποστρώματος, τόσο πιο λεπτή και φθηνότερη μπορεί να είναι ολόκληρη η κατασκευή του οδοστρώματος. Ο τύπος του οδοστρώματος επηρεάζεται επίσης από τη διαθεσιμότητα κατάλληλου οικοδομικού υλικού στην περιοχή του αεροδρομίου. Η επιλογή του τύπου οδοστρώματος αποφασίζεται με εκτίμηση του κόστους του κύκλου ζωής του, λαμβάνοντας υπόψη όχι μόνο το κόστος κατασκευής του, αλλά και τη συντήρηση, και την ανακατασκευή του σε έναν παρακολουθούμενο χρονικό ορίζοντα, συμπεριλαμβανομένης της εκτίμησης των επιπτώσεων (οικονομικών, επιχειρησιακών κτλ.) λόγω αναστολής της λειτουργίας του κατά τις μελλοντικές επισκευές και της ανακατασκευής του (Kazda & Caves, 2007).

Για να δηλωθεί η φέρουσα αντοχή των οδοστρωμάτων του αεροδρομίου με τη μέθοδο ACN-PCN, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τη φέρουσα αντοχή του υπεδάφους. Για άκαμπτα οδοστρώματα με διαστάσεις σύμφωνα με το Westergaard, η φέρουσα αντοχή του υπεδάφους εκφράζεται με ένα συντελεστή αντίδρασης «k». Ο συντελεστής αντίδρασης είναι η πίεση επαφής που απαιτείται για την πίεση μιας τυπικής πλάκας φόρτωσης στο υπέδαφος.

Οι δύο μέθοδοι που μπορεί να χρησιμοποιηθούν είναι:

1. όταν η πλάκα φόρτωσης ζυγίζεται με πίεση $p = 0,07 \text{ MPa}$ για τον προσδιορισμό του βάθους «z», και
2. όταν η πλάκα πιέζεται σε βάθος 1,27 mm για τον προσδιορισμό της τάσης επαφής.



Ο συντελεστής αντίδρασης προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$k = \frac{P}{z} [\text{MN} \cdot \text{m}^{-3}]$$

όπου:

k: ο συντελεστής αντίδρασης

P: η τάση επαφής $[\text{N} \cdot \text{m}^{-2}]$

z: η φόρτωση της πλάκας $[\text{m}]$.

Για εύκαμπτα οδοστρώματα, η φέρουσα αντοχή του υποστρώματος εκφράζεται με τη μέθοδο ACN-PCN με το συντελεστή CBR (California Bearing Ratio). Το CBR είναι ο λόγος της φέρουσας αντοχής του υπό δοκιμή υλικού προς τη φέρουσα αντοχή ενός τυπικού δείγματος θρυμματισμένης πέτρας, εκφρασμένος ως ποσοστό. Προσδιορίζεται σε ειδική συσκευή με δοκιμές φόρτωσης στις οποίες πιέζεται το χώμα από ένα χαλύβδινο πείρο διαμέτρου 5 cm (Kazda & Caves, 2007).

Ο δυναμικός συντελεστής ελαστικότητας (E), προσδιορίζεται με τη μέθοδο της απόσβεσης κρούσης, για την προσομοίωση της κίνησης ενός τροχού πάνω από το οδόστρωμα. Τα αποτελέσματα παράγονται από ένα βάρος 100 κιλών, που πέφτει σε ελαστικό τμήμα προδιαγεγραμμένης σκληρότητας μετρώντας την απόκλιση της πλάκας (Kazda & Caves, 2007).

Το ολοκληρωμένο και συμπιεσμένο υπέδαφος μπορεί να καλύπτεται με ένα γεωύφασμα με σκοπό την εμπόδιση ενδεχόμενης διείσδυσης του στρώματος του υπεδάφους στα ανώτερα στρώματα του οδοστρώματος. Η φέρουσα αντοχή του ολοκληρωμένου υπεδάφους πρέπει να είναι ομοιόμορφη (Kazda & Caves, 2007).

5.2.2 Υπόβαση

Το ολοκληρωμένο υπόστρωμα, το οποίο μπορεί να προστατεύεται από ένα γεωύφασμα, καλύπτεται από ένα στρώμα χαλίκι ή θρυμματισμένη πέτρα. Αυτό το στρώμα υποτίθεται ότι εκπληρώνει μια λειτουργία αποστράγγισης και φιλτραρίσματος. Αποστραγγίζει τη συμπύκνωση που δημιουργείται από τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας από την κατασκευή του οδοστρώματος και επίσης συλλαμβάνει τυχόν τριχοειδές νερό. Το νερό διοχετεύεται μέσω αποχετεύσεων στους συλλέκτες (Kazda & Caves, 2007).



5.2.3 Βάση

Ο ρόλος της βάσης είναι να δέχεται και να κατανέμει τις πιέσεις του αεροσκάφους σε μια κατάλληλα μεγάλη περιοχή υπόβασης και υποστρώματος. Η βάση έχει συνήθως πολλά στρώματα με το πάχος και την σύνθεση των επιμέρους στρωμάτων να εξαρτώνται από τη φέρουσα αντοχή του υποστρώματος και από την κατασκευή της επιφανειακής στρώσης. Προκειμένου το οδόστρωμα να μπορεί να σχεδιαστεί οικονομικά, το ανώτερο στρώμα πρέπει να έχει πάντα μεγαλύτερη φέρουσα αντοχή από το στρώμα κάτω από αυτό. Στη βάση δύναται να χρησιμοποιηθεί σταθεροποιητής πηλού ή αργίλου, σταθεροποιητής τσιμέντου (χαλίκι σε μικρά θραύσματα αναμεμειγμένα με 8 έως 10% τσιμέντο), μακάνταμ ή χαλίκι (Kazda & Caves, 2007).

5.2.4 Επιφανειακή Στρώση

α. Εύκαμπτη επιφάνεια (Ασφαλτος)

Με συγκρίσιμο κόστος, τα ασφάλτινα οδοστρώματα έχουν αρκετά πλεονεκτήματα. Η κατασκευή τέτοιου είδους οδοστρώματος, καθώς η συντήρηση-επισκευή του είναι απλούστερη και λιγότερο δαπανηρή. Η επιφάνειά τους είναι ομοιόμορφη και χωρίς αρμούς, ενώ η ανακατασκευή τους δύναται να πραγματοποιηθεί, ακόμη και χωρίς διακοπή της λειτουργίας του Α/Δ, όταν οι εργασίες εκτελεστούν σε ώρες περιορισμένης κυκλοφορίας (πχ. νύχτα). Επίσης, τα ασφάλτινα οδοστρώματα έχουν μεγαλύτερες αντοχές στη χειμερινή συντήρηση από χρήση χημικών υλικών αποπάγωσης (Kazda & Caves, 2007).

Από την άλλη πλευρά, τα ασφάλτινα οδοστρώματα χρησιμοποιούνται λιγότερο σε στρατιωτικά αεροδρόμια λόγω της μειωμένης αντίστασής τους στην κρούση των καυτών καυσαερίων από την μετάκαυση των κινητήρων στην φάση Α/Γ των μαχητικών αεροσκαφών. Επιπλέον, η αντίστασή του έναντι μεγάλης ποσότητας διαρροής καυσίμου είναι επίσης χαμηλή. Η σχετικά χαμηλότερη φέρουσα αντοχή των ασφάλτινων οδοστρωμάτων οφείλεται στον διαφορετικό τρόπο μετάδοσης του φορτίου. Στα οδοστρώματα αυτά, το φορτίο μεταδίδεται με αλληλεπίδραση μεμονωμένων σωματιδίων υλικού υπό την επίδραση φυσικών δεσμών ασφάλτου. Η φέρουσα αντοχή περιορίζεται στο φορτίο που προκαλεί μόνιμη παραμόρφωση του εύκαμπτου ασφατικού στρώματος (Kazda & Caves, 2007).



Η επιφανειακή στρώση ασφάλτου αποτελείται συνήθως από δύο ασφάλτινα στρώματα με διαφορετικές λειτουργίες. Το ασφάλτινο στρώμα στήριξης (πρώτο στρώμα) περιέχει χονδρόκοκκα θραύσματα χαλίκι. Ο ρόλος του είναι να μεταδίδει το φορτίο στα φέροντα στρώματα. Το πάχος του εξαρτάται από την απαιτούμενη προκύπτουσα αντοχή, το οποίο συνήθως κυμαίνεται από 10 έως 40 cm. Η ασφάλτινη αυτή στρώση μπορεί να απλωθεί αρκετές φορές από ένα διαστρωτήρα, προκειμένου να επιτευχθεί η απαιτούμενη συμπαγοποίηση (Kazda & Caves, 2007).

Το ανώτερο επιφανειακό στρώμα περιέχει λεπτόκοκκα θραύσματα ποιοτικού αδρανούς. Η λειτουργία του ανώτερου επιφανειακού στρώματος είναι η αντίσταση στις δυνάμεις τριβής που δημιουργούνται από το φρενάρισμα είτε της προσγείωσης, είτε της ματαίωσης απογείωσης ενός αφους, καθώς και στους απαιτούμενους ελιγμούς κίνησης του στο έδαφος (στροφές). Η τραχύτητα της επιφάνειας του οδοστρώματος έχει σχεδιαστεί για να εξασφαλίζει την κατάλληλη δράση πέδησης. Για να μπορέσει το στρώμα που φέρει αντίσταση σε αυτές τις δυνάμεις, θα πρέπει να έχει πάχος τουλάχιστον 4 cm. Η δεύτερη λειτουργία, του στρώματος αυτού, είναι να δημιουργήσει μια αδιαπέραστη επιφάνεια, σφραγίζοντας τέλεια όλη την κατασκευή του οδοστρώματος. Στην περίπτωση που αποτύχει και το νερό διεισδύσει στο υπόστρωμα, θα έχει ως αποτέλεσμα την πρόκληση της σταδιακής διάβρωσης του, την απώλεια της φέρουσας αντοχής του, οδηγώντας το, σε τελική ρήξη των στρωμάτων (Kazda & Caves, 2007).

Κατά την κατασκευή του ασφάλτινου οδοστρώματος, σημαντικό ρόλο παίζει η θερμοκρασία. Η παρακολούθηση και η διατήρηση της προβλεπόμενης θερμοκρασίας αποτελεί προϋπόθεση για την επίτευξη της απαιτούμενης συμπαγοποίησης των στρωμάτων και της συγκόλλησης των λωρίδων ασφαλτόστρωσης. Οι ρήξεις σε αρθρώσεις δείχνουν την ελλιπή παρακολούθηση της θερμοκρασίας. Από τα παραπάνω, γίνεται αντιληπτό ότι στην εξέταση της φέρουσας αντοχής του ασφαλτικού οδοστρώματος, ένας από τους καθοριστικούς παράγοντες είναι το συνολικό πάχος του οδοστρώματος (Kazda & Caves, 2007).



β. Ακαμπτη επιφάνεια (Τσιμέντο-Σκυρόδεμα)

Το κύριο πλεονέκτημα των άκαμπτων οδοστρωμάτων είναι η υψηλότερη αντοχή τους, η οποία προκύπτει, μεταξύ άλλων, από τη διαφορετική μετάδοση του φορτίου. Το ανώτερο στρώμα, μια πλάκα από τσιμέντο-σκυρόδεμα, στηρίζεται σε ένα ημιάκαμπτο υπόστρωμα. Η ακαμψία της πλάκας τσιμέντου-σκυροδέματος εξαρτάται από την ποιότητα του μείγματος. Η πλάκα μεταδίδει το φορτίο σε πολύ μεγαλύτερη περιοχή. Εφόσον οι άκαμπτες επιφανειακές στρώσεις δεν είναι αρκετά εύκαμπτες ώστε να ακολουθούν τυχόν μικρές παραμορφώσεις του υποστρώματος, μπορούν να σχεδιαστούν μόνο σε ένα ποιοτικό υπόστρωμα με ομοιόμορφη φέρουσα αντοχή (Kazda & Caves, 2007).

Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι η μεγαλύτερη διάρκεια σχεδιασμού της πλάκας τσιμέντου-σκυροδέματος. Η διάρκεια σχεδιασμού ενός άκαμπτου οδοστρώματος σε κατάλληλο υπόβαθρο και με σωστή συντήρηση μπορεί διαρκέσει 20 έως 30 χρόνια. Μια πλάκα τσιμέντου-σκυροδέματος συνήθως κατασκευάζεται από απλό σκυρόδεμα πάχους 20 έως 30 cm (Kazda & Caves, 2007).

Ωστόσο, το πάχος της πλάκας περιορίζεται από τις δυνατότητες συμπίκνωσης στο μίγμα του σκυροδέματος, καθώς και από το γεγονός ότι, με το αυξανόμενο πάχος της πλάκας, το μέγεθος της εσωτερικής τάσης αυξάνεται λόγω διακυμάνσεων της θερμοκρασίας που προκαλούν διαφορική διαστολή του άνω και του κάτω τμήμα της πλάκας. Η διαβάθμιση θερμοκρασίας είναι περίπου 0,5 °C ανά 1 cm, με σημαντικά μεγαλύτερη στο πάνω τμήμα της, έως σε βάθος 3 cm. Η διαφορετική διαστολή του άνω και του κάτω τμήματος της πλάκας, ως συνέπεια των διακυμάνσεων της θερμοκρασίας, έχει ως αποτέλεσμα την παραμόρφωση της πλάκας, σε κυρτό ή κοίλο σχήμα. Οι εσωτερικές δυνάμεις μειώνουν τη φέρουσα αντοχή της πλάκας, σε σύγκριση με την κανονική της κατάσταση. Ένα ενδιάμεσο ασφάλτινο στρώμα δύναται να τοποθετηθεί μεταξύ υποστρώματος και πλάκας επιτρέποντας τη διαστολή της (Kazda & Caves, 2007).

Στα αεροδρόμια, δύναται να τοποθετηθούν πλάκες πλάτους 15 m ή μικρότερο, με σκοπό να αποφευχθεί η ανάπτυξη ακανόνιστης ρωγμής μιας ενιαίας πλάκας, λόγω εσωτερικής τάσης κατά τη διαφορετική διαστολή του, στο άνω και κάτω τμήματος της. Επίσης, το επεξεργασμένο και συμπίεσμένο μείγμα σκυροδέματος έχει λεία επιφάνεια. Ως εκ τούτου, η πλάκα πρέπει να τραχύνεται, συνήθως με πλαστικές βούρτσες που έλκονται κάθετα στη διαμήκη κεντρική γραμμή του διαδρόμου (Kazda & Caves, 2007).



Ανάμεσα στις πλάκες χρησιμοποιούνται συνδέσεις συστολής-διαστολής (contraction joints). Οι συνδέσεις συστολής-διαστολής, με πλάτος περίπου 5 mm, κόβονται στο 1/4 περίπου του πάχους της πλάκας (σκληρό μίγμα σκυροδέματος). Οι επιφάνειες επαφής μεταξύ των πλακών είναι ανώμαλες και συνδέονται μεταξύ με αυτές τις συνδέσεις. Έτσι δημιουργείται λωρίδα σκυροδέματος (ενωμένες πλάκες), από συνδέσεις συστολής-διαστολής μήκους 3 έως 9 m, ανάλογα με το πλάτος του οδοστρώματος, και την ποιότητα του μίγματος σκυροδέματος (Kazda & Caves, 2007).

Οι συνδέσεις διαστολής (expansion joints), χωρίζουν την πλάκα τσιμέντου-σκυροδέματος σε όλο το πάχος της, και διευκολύνουν τη συρρίκνωση και διαστολή του οδοστρώματος. Βρίσκονται σε αποστάσεις περίπου 40 m, ενώ απαιτείται σύνδεση με τις γειτονικές πλάκες (Kazda & Caves, 2007).

Οι συνδέσεις αυτές πρέπει να στεγανοποιούνται. Εάν το νερό διεισδύσει και διαβρώσει την βάση, την υπόβαση, και το υπόστρωμα, η πλάκα σκυροδέματος θα χάσει τη στήριξή της και θα ραγίσει μετά από άσκηση πίεσης από φορτίο, με την επικείμενη επισκευή να είναι αρκετά ακριβή. Οι συνδέσεις στεγανοποιούνται με διαφορετικούς τύπους καουτσούκ και στη συνέχεια με ειδικό πληρωτικό (filler). Το πληρωτικό πρέπει να προσκολλάται τέλεια στα τοιχώματα των συνδέσεων και πρέπει να είναι μόνιμα εύκαμπτο. Το χειμώνα, σε χαμηλές θερμοκρασίες δεν πρέπει να ραγίζει, ενώ το καλοκαίρι, σε υψηλές θερμοκρασίες δεν πρέπει να λιώνει. Η βάση ενός πληρωτικού αποτελείται από άσφαλτο με πρόσθετα καουτσούκ και πλαστικοποιητές (Kazda & Caves, 2007).

Οι πίστες είναι κρίσιμα σημεία περιοχών κίνησης διότι το αεροσκάφος ασκεί μόνιμη πίεση με τη μέγιστη μάζα του. Ομοίως, και στους τροχοδρόμους ασκούνται μεγάλες πιέσεις λόγω αργής κίνησης του αφους (Kazda & Caves, 2007).



Τα χαρακτηριστικά της πλάκας από τσιμέντο-σκυρόδεμα που προκύπτουν, κατά την αξιολόγηση της κατασκευής του οδοστρώματος, σε σχέση με τα χαρακτηριστικά φορτίου του αεροσκάφους, εκφράζονται με την ακτίνα της σχετικής ακαμψίας « l » από τη σχέση:

$$l = \sqrt[4]{\frac{D}{k}} = \sqrt[4]{\frac{E \cdot h^3}{12(1 - \mu)k}}$$

όπου:

- D Σχέση κάμψης-ακαμψίας της πλάκας $D = E \cdot h^3 / 12(1 - \mu^2)$
 E Συντελεστής ελαστικότητας σκυροδέματος Young σε τάση και θλίψη [N.m-2]
 h Πάχος της πλάκας τσιμέντου-σκυροδέματος [m]
 μ Σταθερά Poisson, συνήθως $\mu = 0,15$
 k μέτρο κυβικής συμπίεστότητας [N.m-3]

Η αντοχή του οδοστρώματος επηρεάζεται σημαντικά από:

1. την ποιότητα του σκυροδέματος, η οποία εκφράζεται από τον συντελεστή ελαστικότητας του σκυροδέματος E ,
2. το πάχος της πλάκας τσιμέντου-σκυροδέματος h , και
3. την ποιότητα του υποβάθρου που χαρακτηρίζεται από τον συντελεστή αντίδρασης υποβάθρου k .

Στην πράξη η πραγματική αντοχή διαφέρει από τις θεωρητικές τιμές και επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Επομένως, η πραγματική φέρουσα αντοχή στην πράξη, προσδιορίζεται από δοκιμές φόρτωσης, που χρησιμοποιούνται επί του παρόντος στην οικοδομική βιομηχανία.



6. ΑΠΟΒΑΘΡΕΣ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ (APRON)

6.1 Χαρακτηριστικά Αποβάθρας

Τα χαρακτηριστικά μιας αποβάθρας ποικίλλουν ανά μέγεθος και τύπο αεροδρομίου (FAA, 2022). Συνήθως περιλαμβάνουν:

1. Σταθεροποιημένη επιφάνεια
2. Τροχοδρόμους Στάσης Αεροσκαφών (Taxilanes)
3. Θέσεις Στάθμευσης
4. Προσδέσεις Εδάφους
5. Χώροι επιβίβασης και αποβίβασης επιβατών
6. Χώροι αποθήκευσης εξοπλισμού επίγειας εξυπηρέτησης
7. Δρόμοι εξυπηρέτησης οχημάτων
8. Χώροι κοινής ωφέλειας (καύσιμα, φωτισμός, ρεύμα κ.λπ.)
9. Σήμανση οδοστρώματος
10. Σύστημα αποχέτευσης όμβριων υδάτων



Εικόνα 32: Αποβάθρα Αερολιμένα Charles de Gaulles (Πηγή: <https://blog.adbsafegate.com/adbsafegate-to-enhance-airport-performance-at-paris-charles-de-gaulles-and-orly/>)



6.2 Τύποι Αποβάθρας

Η χρησιμότητα μιας αποβάθρας καθορίζει γενικά τον τύπο της. Διακρίνονται σε (FAA, 2022):

1. Αποβάθρα Τερματικού Επιβατών. Μια ενισχυμένη περιοχή στάθμευσης μεταξύ του τερματικού σταθμού και του τροχοδρόμου.
2. Αποβάθρα Γενικής Αεροπορίας. Μια τέτοια αποβάθρα εξυπηρετεί ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων πολιτικών αεροσκαφών, εκτός από προγραμματισμένες εμπορικές υπηρεσίες και στρατιωτικές επιχειρήσεις. Η χρησιμότητα μιας τέτοιου είδους αποβάθρας γενικά ευθυγραμμίζεται με τις αεροπορικές δραστηριότητες του αεροδρόμιου.
3. Απομακρυσμένη Αποβάθρα. Οι απομακρυσμένες αποβάθρες βρίσκονται χωριστά από τερματικό επιβατών. Στις εν λόγω αποβάθρες, τα αεροσκάφη εκτελούν απομακρυσμένες λειτουργίες επιβίβασης/αποβίβασης ή σταθμεύουν προσωρινά.
4. Αποβάθρες υπόστεγου. Οι αποβάθρες υπόστεγου είναι ενισχυμένοι χώροι δίπλα σε ένα σχετικό υπόστεγο αεροσκαφών. Οι αποβάθρες υπόστεγου προορίζονται κυρίως για ιδιωτική χρήση από τους ενοίκους του υπόστεγου και γενικά δεν είναι διαθέσιμες για δημόσια χρήση.
5. Αποβάθρα Φορτοεκφόρτωσης. Μια τέτοια αποβάθρα χρησιμοποιείται για φορτοεκφόρτωση εμπορευμάτων, ταχυδρομείου και υπηρεσίες επίγειας εξυπηρέτησης.
6. Πίστες Αποπάγωσης (Pads). Οι πίστες αποπάγωσης είναι μια μοναδική μορφή απομακρυσμένης πίστας αφιερωμένης για εργασίες αποπάγωσης αεροσκαφών, που συνήθως βρίσκονται εκτός της αποβάθρας τερματικού. Ωστόσο, οι πίστες αποπάγωσης μπορεί να είναι ένα καθορισμένο τμήμα της τερματικής αποβάθρας.
7. Πίστα Στάθμευσης Ελικοπτέρου (Rotary Wing). Οι θέσεις στάθμευσης για ελικόπτερα βρίσκονται συνήθως χωριστά από τις θέσεις στάθμευσης αεροσκαφών σταθερής πτέρυγας. Τα ελικοδρόμια, όπου προσγειώνονται και απογειώνονται ελικόπτερα, μπορούν επίσης να χρησιμεύσουν ως θέση στάθμευσης.
8. Περιοχές δοκιμής κινητήρα. Οι χώροι δοκιμής κινητήρα είναι ανοιχτές περιοχές ή κλειστές εγκαταστάσεις, οι οποίες προορίζονται για την εκτέλεση ελέγχων κινητήρα, για σκοπούς συντήρησης αεροσκαφών.



6.3 Αρχές και Παράγοντες Σχεδιασμού Αποβάθρας

Ένας αποτελεσματικός σχεδιασμός μιας αποβάθρας προάγει σε αποδεκτά επίπεδα: α) την πρόσβαση, β) την χωρητικότητα, γ) την χρήση, δ) την αποτελεσματική διαχείριση κυκλοφορία, ε) την ασφάλεια κινήσεων των αεροσκαφών στο έδαφος, και ζ) τις μελλοντικές δυνατότητες ανάπτυξής της. Από την άλλη, ένας ανεπαρκής σχεδιασμός αυξάνει τις πιθανότητες: α) για σύγκρουση μεταξύ αεροσκαφών στο έδαφος, β) απώλειας επίγνωσης της κατάστασης και γ) δημιουργίας περιορισμένης χωρητικότητας (FAA, 2022).

Οι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψιν στον σχεδιασμό μιας αποβάθρας αναλύονται παρακάτω (FAA, 2022).

Παράγοντες Πρόσβασης στην Αποβάθρα

1. Βελτιστοποίηση των αποστάσεων τροχοδρόμησης από και προς τα άκρα του διαδρόμου.
2. Εξασφάλιση της ασφαλούς και αποτελεσματικής κίνησης των αεροσκαφών και των επίγειων μέσων εξυπηρέτησης (GSE).
3. Σχεδιασμός για αυτόνομη πρόσβαση αεροσκάφους.

Λειτουργικοί Παράγοντες

1. Παροχή μιας κατάλληλης διάταξης στην αποβάθρα που να καλύπτει τον συνδυασμό των προβλεπόμενων τύπων αεροσκαφών που πρόκειται να εξυπηρετήσει.
2. Βελτιστοποίηση της διάταξης με ομαδοποίηση των χώρων στάθμευσης των αεροσκαφών και των τροχοδρόμων στάσης (taxilane), με βάση του εκπετάσματος των πτερύγων (π.χ. μεγαλύτερα έναντι μικρών αεροσκαφών) και τις απαιτήσεις άδειας.
3. Διαχωρισμός στα αεριοθούμενα αεροσκάφη από τα μικρότερα για την ελαχιστοποίηση του κινδύνου επιβλαβών επιπτώσεων εξαιτίας των καυσαερίων των αεριοθουμένων.
4. Βελτιστοποίηση των περιοχών επίγειων μέσων εξυπηρέτησης με σκοπό την καλύτερη κίνηση των αεροσκαφών στο έδαφος.



Παράγοντες αποτελεσματικής διαχείρισης κυκλοφορίας

1. Βελτιστοποίηση των θέσεων των τροχοδρόμων στάσης (taxilane) με τους τροχοδρόμους αεροδρομίου με σκοπό την αποτελεσματική τροχοδρόμηση των αεροσκαφών από τους χώρους στάθμευσης στους τροχοδρόμους του αεροδρομίου.
2. Παροχή δευτερευουσών διαδρομών για τους τροχοδρόμους στάσης (taxilane) με σκοπό τη διατήρηση ομαλής ροής των αεροσκαφών στους τροχοδρόμους από και προς την Αποβάθρα.

Παράγοντες Ασφάλειας

1. Παροχή επαρκών αποστάσεων στην αποβάθρα, με σκοπό την ασφαλή κίνηση των αεροσκαφών και εκμηδενισμό των πιθανοτήτων σύγκρουσης, με σταθερά ή κινητά αντικείμενα.
2. Παροχή ευκολονόητων διατάξεων στην αποβάθρα, με σκοπό τον περιορισμό του κινδύνου απώλειας επίγνωσης της κατάστασης κατά τη διάρκεια της τροχοδρόμησης.
3. Κατάλληλος σχεδιασμός τόσο της αποβάθρας, όσο και του τροχοδρόμου διασύνδεσης με αυτήν, με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε να μην υπάρχει παραμικρή πιθανότητα ακούσιας εισόδου αεροσκάφους στον διάδρομο προσγείωσης.

Παράγοντας Μελλοντικής Ανάπτυξης

1. Παροχή μελλοντικής δυνατότητας επέκτασης με ελάχιστους περιορισμούς ανάπτυξης.
2. Αποφυγή διαμορφώσεων που ενδέχεται να απαιτούν δαπανηρή ανακατασκευή ή αλλαγή της υπάρχουσας υποδομής αεροδρομίου (π.χ. αποβάθρες, τροχόδρομοι, υπόστεγα και κτίρια τερματικού σταθμού).
3. Ελαχιστοποίηση τυχόν διαμορφώσεων που ενδέχεται να οδηγήσουν σε επιπλέον μελλοντικούς λειτουργικούς ελέγχους λόγω εξυπηρέτησης μεγαλύτερων αεροσκαφών στο αεροδρόμιο.



6.4 Τοποθεσία-Κλίση Αποβάθρας

Οι αποβάθρες, θα πρέπει να τοποθετούνται όπου είναι απαραίτητο για να επιτρέπεται η επιβίβαση και η εκφόρτωση επιβατών, φορτίου ή ταχυδρομείου, καθώς και η εξυπηρέτηση του αεροσκάφους χωρίς να παρεμποδίζεται η κανονική κυκλοφορία του αεροδρομίου. Το συνολικό εμβαδόν της αποβάθρας θα πρέπει να είναι επαρκής ώστε να επιτρέπει την ταχεία διαχείριση της κυκλοφορίας του αεροδρομίου στη μέγιστη αναμενόμενη πυκνότητά της (ICAO, 2005).

Η κλίση στους χώρους στάθμευσης μιας αποβάθρας, συμπεριλαμβανομένων τους τροχοδρόμους στάσης αεροσκάφους (taxilane), θα πρέπει να είναι επαρκείς για να αποτρέπουν τη συσσώρευση νερού στην επιφάνεια της, αλλά θα πρέπει να διατηρούνται στο επίπεδο που επιτρέπουν οι απαιτήσεις αποστράγγισης. Σε μια στάση αεροσκάφους (taxilane) η μέγιστη κλίση δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1%. Επιπλέον, σε μια στάση αεροσκάφους πρέπει να τηρούνται ελάχιστες αποστάσεις (βλ. Πίνακα 4), μεταξύ ενός αεροσκάφους που εισέρχεται ή εξέρχεται από αυτήν με παρακείμενο κτίριο, άλλο αεροσκάφος σε γειτονική στάση ή άλλων σταθερών αντικειμένων (ICAO, 2005).

Πίνακας 4: Ελάχιστες Αποστάσεις στον χώρο στάθμευσης αφών
(Πηγή: ICAO Annex 14 Volume I)

Κωδικό Γράμμα	Ελάχιστες Αποστάσεις
A	3 m
B	3 m
C	4.5 m
D	7.5 m
E	7.5 m
F	7.5 m



7. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

7.1 Μεθοδολογία

Στην έρευνα χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της χωρικής ανάλυσης με τη βοήθεια του λογισμικού Esri ArcGIS, για τον προσδιορισμό κατάλληλων τοποθεσιών κατασκευής διαδρόμου, και άλλων σημαντικών τμημάτων του αεροδρομίου, στον Νομό Ροδόπης, υπό το πρίσμα του φαινομένου της πλημμύρας. Το GIS είναι ιδανικό πρόγραμμα για τέτοιου είδους μελέτες, λόγω της υψηλής ικανότητάς του να επεξεργάζεται και να αναλύει μεγάλο όγκο δεδομένων από διαφορετικές πηγές σε σύντομο χρονικό διάστημα (Kontos, Mendoza, & Elashry, 2010).



Εικόνα 33: Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Πηγή: <https://gisgeography.com/what-gis-geographic-information-systems/>)



7.2 Συλλογή Δεδομένων και Ενοποίηση GIS

Όλα τα δεδομένα συγκεντρώθηκαν από διάφορες πηγές και προετοιμάστηκαν με ψηφιοποίηση, σάρωση και γεωκωδικοποίηση των απαραίτητων πληροφοριών πριν την εισαγωγή τους στο πρόγραμμα ΓΣΠ. Πιο συγκεκριμένα, αρκετά από τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν προερχόταν από την βάση του Copernicus. Το Copernicus είναι ένα ευρωπαϊκό σύστημα παρακολούθησης της Γης, με τα δεδομένα να συλλέγονται από διάφορες πηγές, συμπεριλαμβανομένων δορυφόρων παρατήρησης της Γης και επι τόπου αισθητήρες. Τα δεδομένα υποβάλλονται σε επεξεργασία και παρέχουν αξιόπιστες και ενημερωμένες πληροφορίες σε έξι θεματικές περιοχές: ξηρά, θάλασσα, ατμόσφαιρα, κλιματική αλλαγή, διαχείριση έκτακτης ανάγκης και ασφάλεια.

Επιπλέον, για την δημιουργία των ψηφιακών μοντέλων χρησιμοποιήθηκαν ψηφιδωτά (Raster) δεδομένα του δορυφόρου ASTER, μέσω της βάση δεδομένων Earthdata της NASA. Για την Περιφέρεια της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης αντιστοιχούσαν τέσσερα Granules. Εκτελέστηκε ένωση (μωσαϊκό) των granules σε ένα ψηφιακό μοντέλο. Έπειτα με τις διάφορες εντολές του προγράμματος δημιουργήθηκαν ένα ψηφιακό μοντέλο κλίσεως και ένα ψηφιακό μοντέλο εκθέσεων της περιοχής ενδιαφέροντος. Στην συνέχεια, έχοντας τα τρία βασικά ψηφιακά μοντέλα, δημιουργήθηκαν τρισδιάστατες απεικονίσεις με την χρήση Triangular Irregular Method (TIN), την χρήση Hillshade και με την χρήση Contour.

Οι μέθοδοι του GIS που χρησιμοποιήθηκαν για την προετοιμασία αυτών των δεδομένων περιλάμβαναν τομή, ένωση, προσωρινή αποθήκευση, παρεμβολή, άλγεβρα χαρτών και επικάλυψη. Επιπλέον για να αξιοποιηθούν όλα τα δεδομένα έπρεπε να εκτελεστεί η γεωαναφορά εντός του περιβάλλοντος GIS χρησιμοποιώντας το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΕΓΣΑ '87). Στη συνέχεια, ακολουθήθηκε η υδρολογική ανάλυση, για τον εντοπισμό της κατάλληλης τοποθεσίας στην περιοχή ενδιαφέροντος, μέσω διαφόρων εργαλείων του Hydrology στο Spatial Analysis Tools του GIS όπως Fill, Flow Direction, Flow Accumulation και Basin.



7.3 Περιγραφή της υπό Μελέτης Περιοχής

Η Περιφερειακή Ενότητα Ροδόπης έχει έκταση 2.543 km² (17,96% του συνόλου της Περιφέρειας) με τοποθεσία το κέντρο της Θράκης. Στα βόρεια συνορεύει με τη Βουλγαρία, δυτικά με την ΠΕ Ξάνθης, ανατολικά με την ΠΕ Έβρου, ενώ το νότιο τμήμα της βρέχεται από το Θρακικό Πέλαγος.

Τα εδάφη της ΠΕ Ροδόπης χαρακτηρίζονται κατά 35,6% πεδινά, 31,7% ημιορεινά και 32,7% ορεινά. Πιο συγκεκριμένα, στο βόρειο τμήμα της είναι ορεινό και ημιορεινό, ενώ στο νότιο πεδινό. Το Παπίκιο (με μέγιστο υψόμετρο τα 1.483μ.), το Μεγάλο Λιβάδι (με μέγιστο υψόμετρο τα 1.267μ.), τα όρη Σάπκα (με μέγιστο υψόμετρο τα 1.044μ.) και η Καλλιθέα (με μέγιστο υψόμετρο τα 944μ.) αποτελούν τα κυριότερα βουνά της ΠΕ Ροδόπης. Στο νότιο τμήμα της βρίσκεται μια μεγάλη πεδιάδα.

Επίσης, η ΠΕ Ροδόπης δεν διαθέτει μεγάλους ποταμούς αλλά μικρά ποτάμια όπως το Φιλιουρί, το Κομψάτο, το Μπόστο και το Ακμάρ. Επιπλέον, διαθέτει λίμνες και λιμνοθάλασσες όπως η λίμνη Ισμαρίδα (στα νότια της ΠΕ), η λίμνη Βιστωνίδα (στα σύνορα των Ενοτήτων Ροδόπης και Ξάνθης), η λιμνοθάλασσα Ξηρολίμνη (ανατολικό άκρο του Φαναρίου), η λιμνοθάλασσα Καρατζά, οι λιμνοθάλασσες Πτελέα και Έλος και η λιμνοθάλασσα Αλυκή (INSETE, 2019).



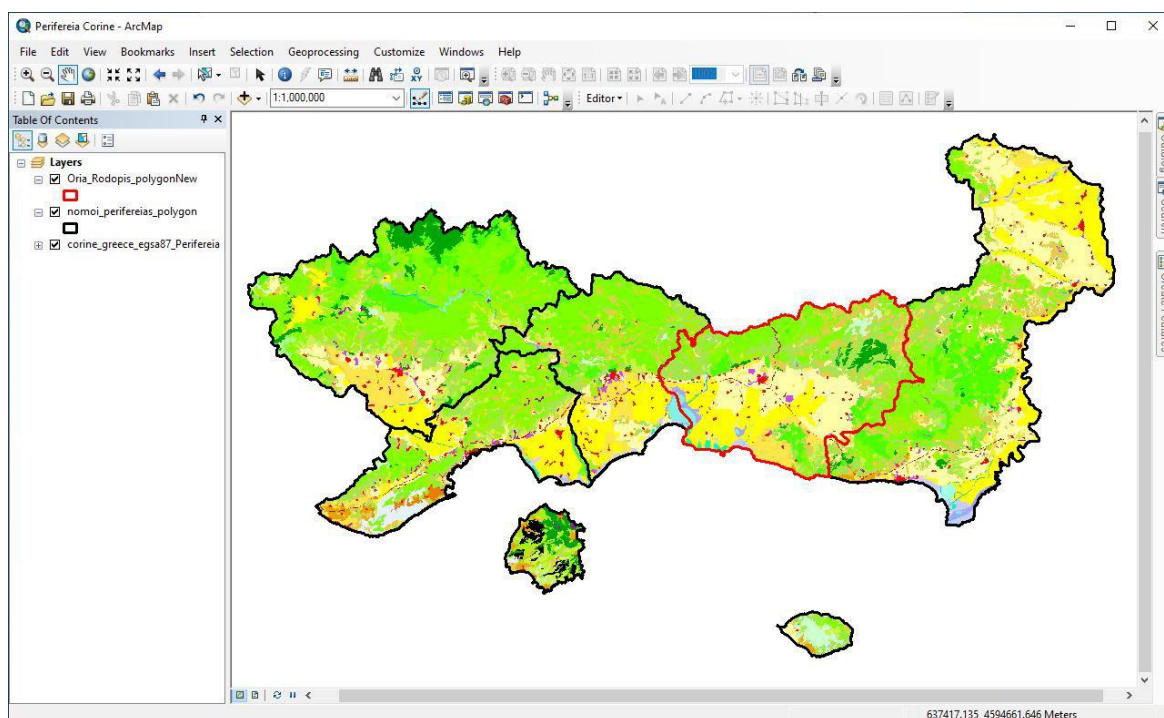
Εικόνα 34: Νομός Ροδόπης (Πηγή: <https://el.wikipedia.org/wiki/>)



7.4 Ανάλυση

Αρχικά μέσω της database του δορυφόρου Copernicus λήφθηκαν δεδομένα, και πιο συγκεκριμένα το αρχείο Corine Land Caver 2018 (CLC). Στην συνέχεια μέσω της βάσης του GEODATA, ελήφθησαν τα διανυσματικά δεδομένα των ορίων των νομών της Ελλάδος (ΕΛ. ΣΤΑΤ.), όπου με τις κατάλληλες εντολές στο ArcGis, το CLC περιορίστηκε στα όρια της Περιφέρειας ΑΜΘ και μετατράπηκε σε σύστημα Greek Grid (EGSA87).

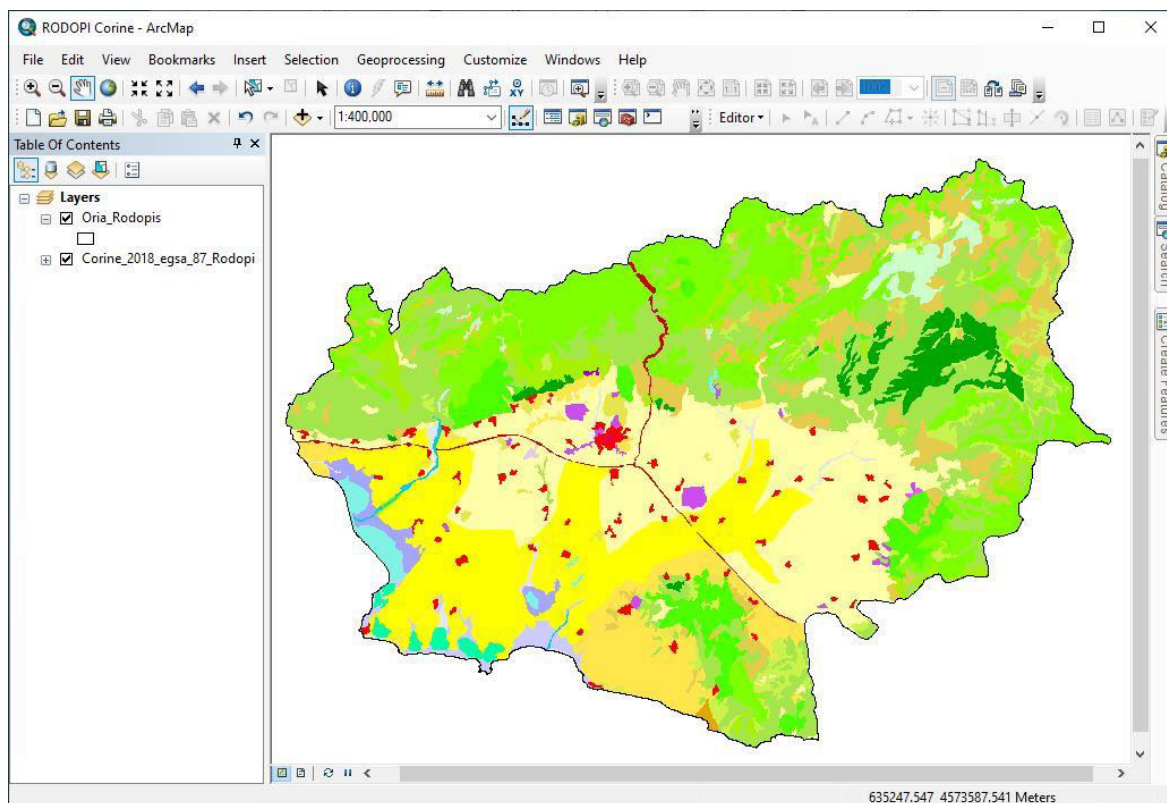
Μετά τον περιορισμό του CLC στα όρια της Περιφέρειας ΑΜΘ και την επικαιροποίηση στοιχείων έκτασης εκτελέστηκε η προβολή χρήσεων γης με layer clc_colortable_93_vectorversion2.



Εικόνα 35: Χρήσης Γης Περιφέρεια ΑΜ-Θ



Στην συνέχεια εκτελέστηκε περαιτέρω περιορισμός των δεδομένων σε αυτά της περιοχής ενδιαφέροντος (Ν. Ροδόπης).



Εικόνα 36: Χρήσης Γης Νομού Ροδόπης



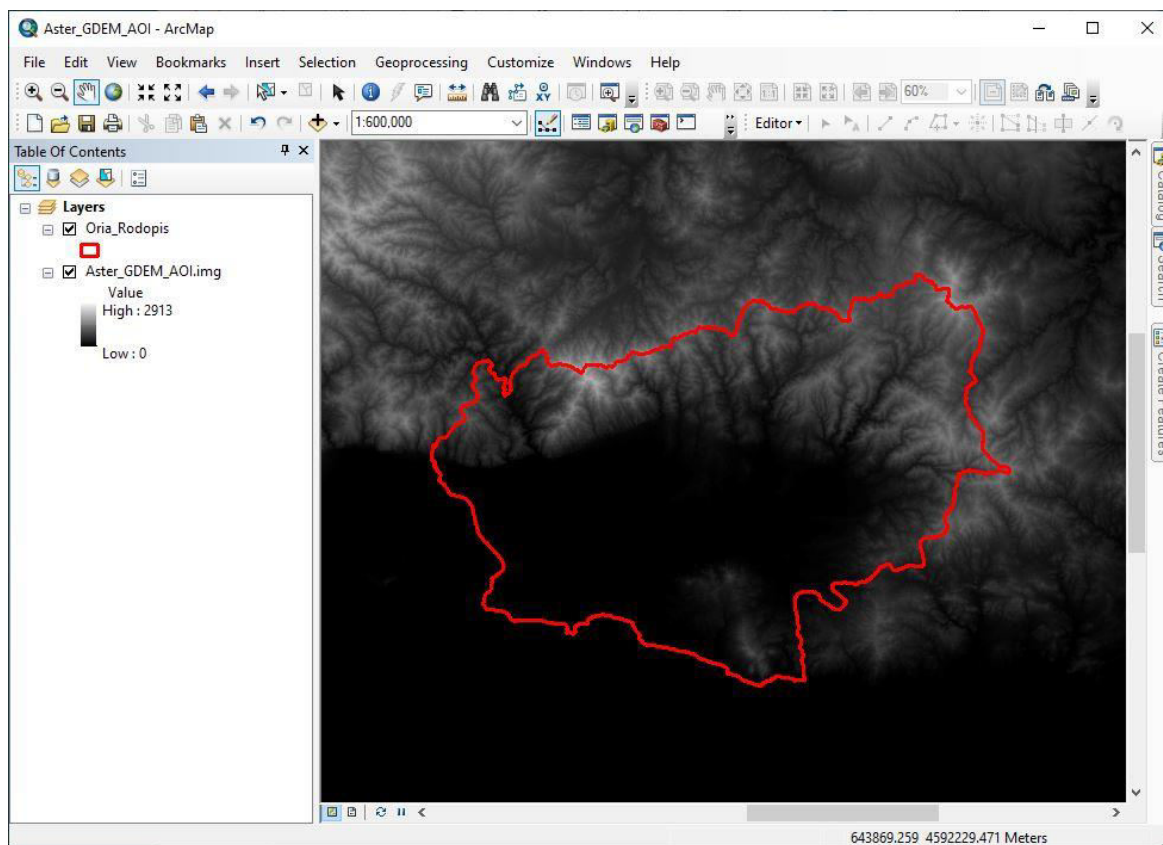
Στον πίνακα 5 αποτυπώνονται τα ποσοστά χρήσεων γης του Νομού Ροδόπης. Πιο συγκεκριμένα, στην πρώτη στήλη αποτυπώνεται η περιγραφή κάθε έκτασης γης, στη δεύτερη στήλη, ο αντίστοιχος κωδικός της κάθε έκτασης, στη τρίτη στήλη, τα πολύγωνα από τα οποία αποτελείται η κάθε χρήση γης, στην τέταρτη η έκταση σε εκτάρια, και τέλος στη πέμπτη στήλη το εκάστοτε ποσοστό έκτασης γης.

Πίνακας 5: Ποσοστά Χρήσης Γης Ν. Ροδόπης

Description	Code_18	Cnt_Code_1	Sum_Area_H	%
Continuous urban fabric	111	1	46.96	0.02
Discontinuous urban fabric	112	67	2976.42	1.17
Industrial or commercial units	121	16	1361.64	0.53
Road and rail networks and associated land	122	5	1118.67	0.44
Airports	124	1	107.43	0.04
Mineral extraction sites	131	1	51.00	0.02
Construction sites	133	1	56.72	0.02
Sport and leisure facilities	142	1	26.15	0.01
Non-irrigated arable land	211	29	47754.23	18.72
Permanently irrigated land	212	7	35529.68	13.93
Olive groves	223	1	266.49	0.10
Pastures	231	14	1286.85	0.50
Complex cultivation patterns	242	11	13721.77	5.38
Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation	243	69	18190.70	7.13
Broad-leaved forest	311	46	41918.69	16.43
Coniferous forest	312	14	6616.97	2.59
Mixed forest	313	12	9061.75	3.55
Natural grasslands	321	59	8604.16	3.37
Sclerophyllous vegetation	323	72	45495.15	17.83
Transitional woodland-shrub	324	32	7895.90	3.10
Beaches, dunes, sands	331	9	1055.99	0.41
Sparsely vegetated areas	333	12	3409.47	1.34
Inland marshes	411	3	2287.27	0.90
Salt marshes	421	7	2125.04	0.83
Salines	422	1	140.34	0.06
Water courses	511	2	380.91	0.15
Water bodies	512	5	2056.81	0.81
Coastal lagoons	521	6	1409.35	0.55
Sea and ocean	523	2	143.64	0.06
		TOTAL	255096.14	100.00



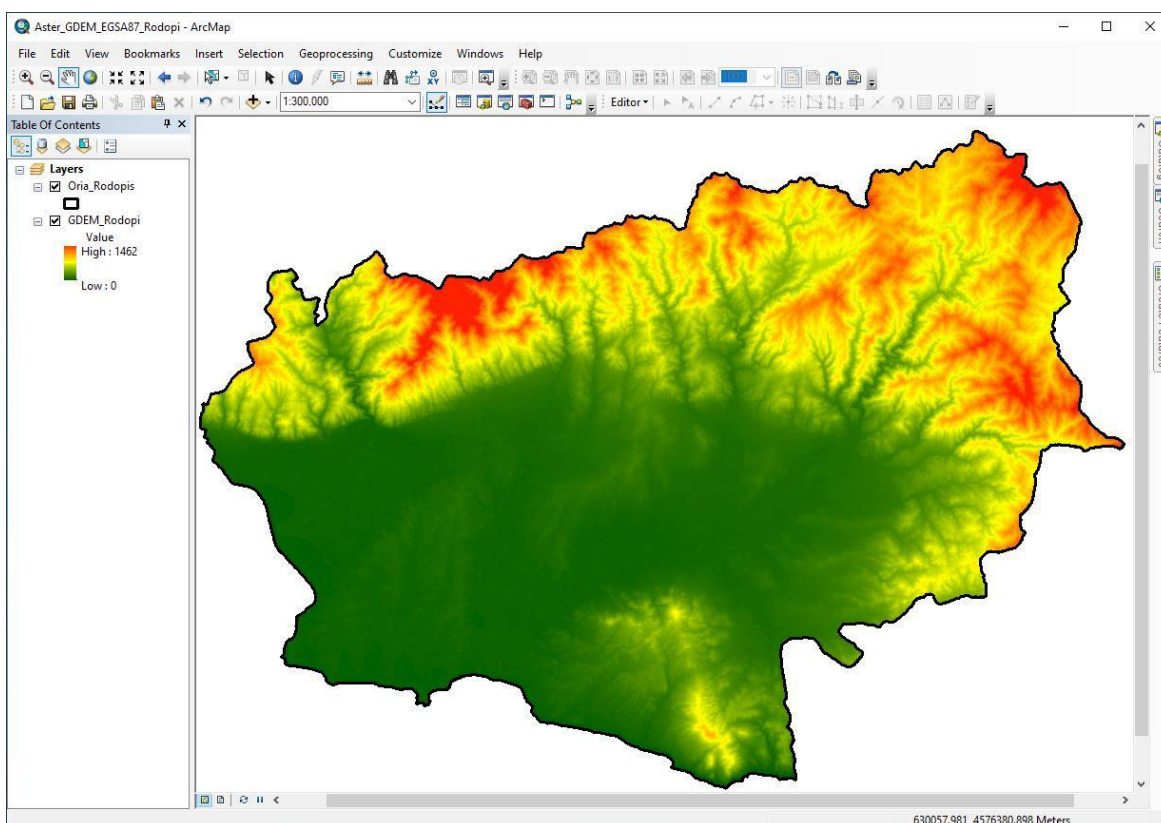
Για την έναρξη της υδρολογικής ανάλυσης του Νομού Ροδόπης απαραίτητη κρίθηκε η δημιουργία ψηφιδωτών δεδομένων (Raster Data). Τα δεδομένα ελήφθησαν από την NASA Earth database. Από την εν λόγω βάση δεδομένων, επιλέχθηκε η περιοχή ενδιαφέροντος και μέσω του δορυφόρου ASTER, το Global Digital Elevation Model (version 3) του Νομού Ροδόπης, με συνολικά 4 Granules (βλ. εικόνα 37).



Εικόνα 37: Ψηφιακό Μοντέλο Περιοχής Ενδιαφέροντος



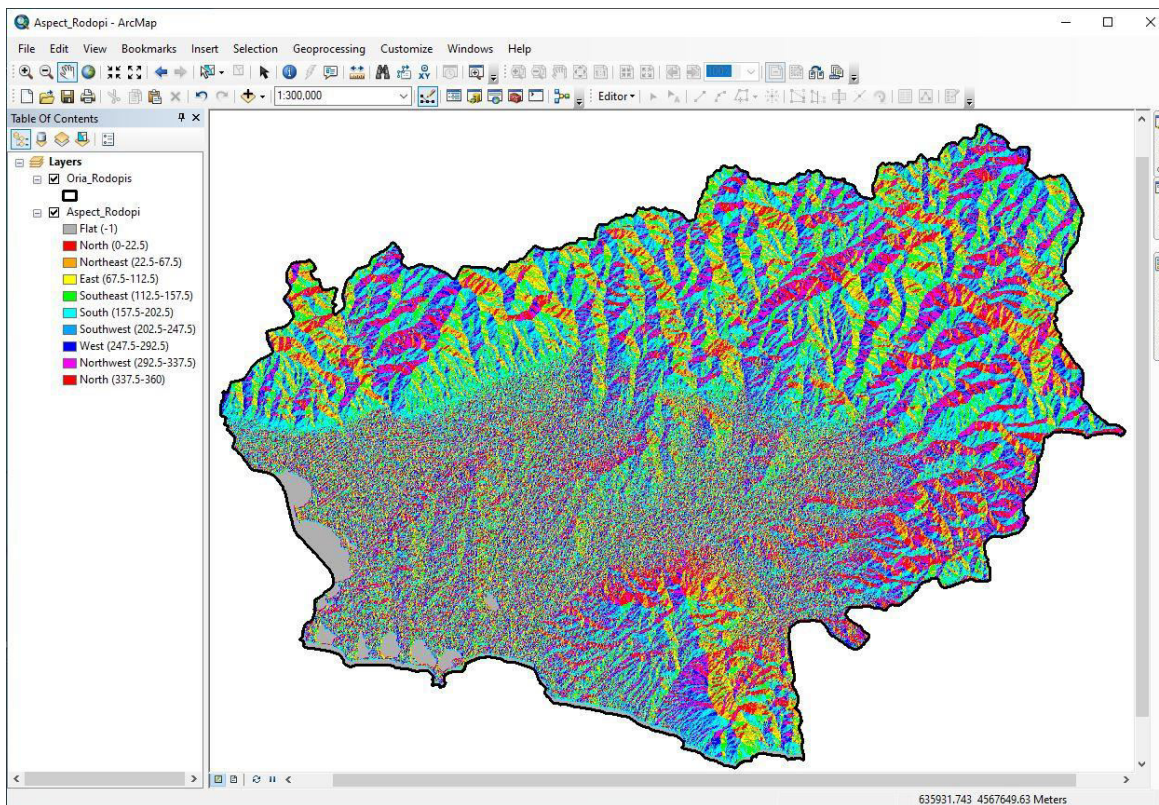
Πριν την έναρξη της υδρολογικής ανάλυσης, χρησιμοποιώντας το ψηφιακά δεδομένα (raster data), περιορίστηκε με ακρίβεια, το ψηφιακό μοντέλο εδάφους της περιοχής ενδιαφέροντος στα όρια του Νομού Ροδόπης, με σκοπό την εξαγωγή νέων ψηφιακών μοντέλων για καλύτερη κατανόηση της περιοχής.



Εικόνα 38: Έγχρωμη οπτικοποίηση του ψηφιακού μοντέλου εδάφους του Νομού Ροδόπης



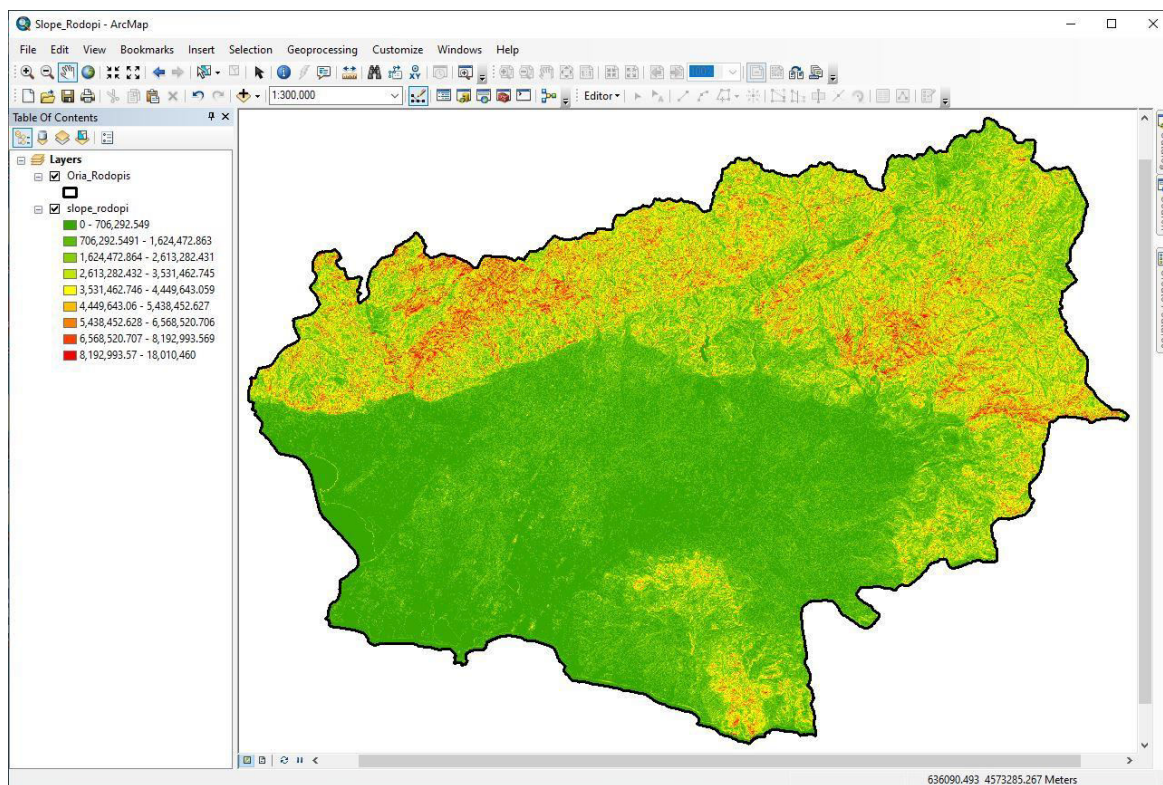
Με το εργαλείο “Aspect” του Raster Surface, της κατηγορίας 3D Analyst Tools του Tool Box του ArcGis, δημιουργήθηκε το ψηφιακό μοντέλο εκθέσεων του Νομού Ροδόπης (βλ. εικόνα 39).



Εικόνα 39: Ψηφιακό Μοντέλο Εκθέσεων Νομού Ροδόπης



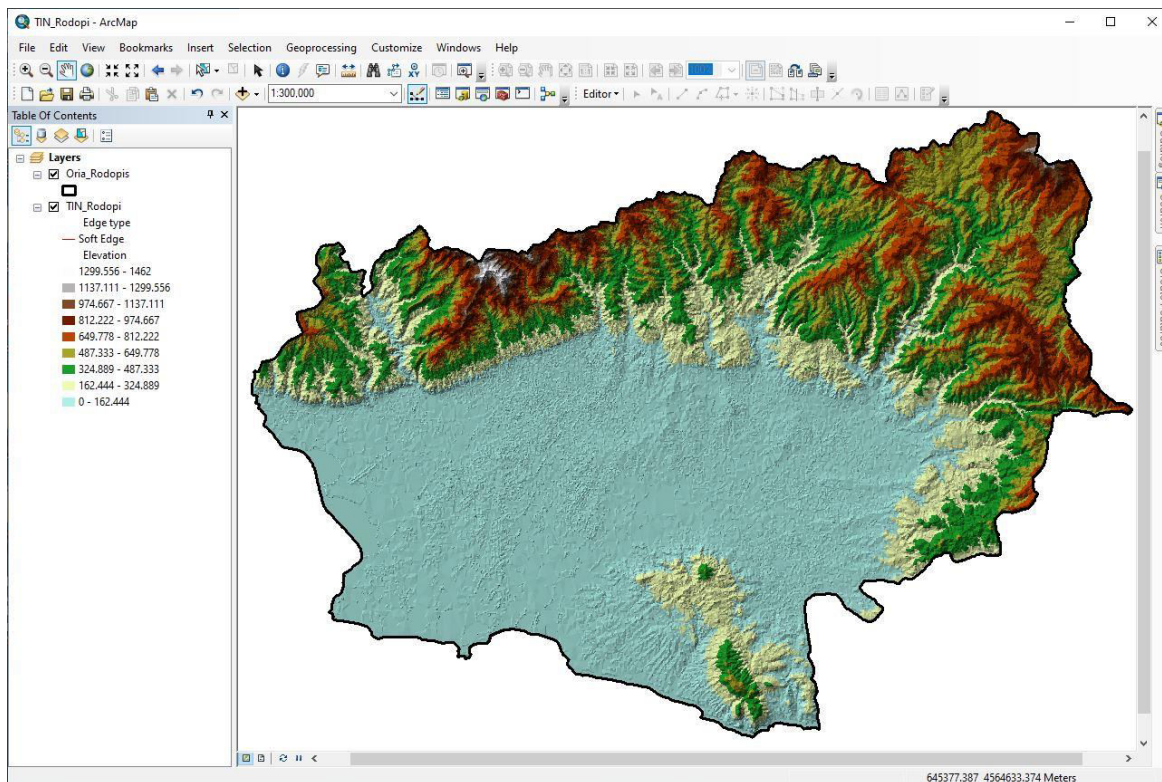
Με το εργαλείο “Slope” του Raster Surface, της κατηγορίας 3D Analyst Tools του Tool Box του ArcGis, δημιουργήθηκε το ψηφιακό μοντέλο κλίσεων του Νομού Ροδόπης (βλ. εικόνα 40).



Εικόνα 40: Ψηφιακό Μοντέλο Κλίσεων Νομού Ροδόπης



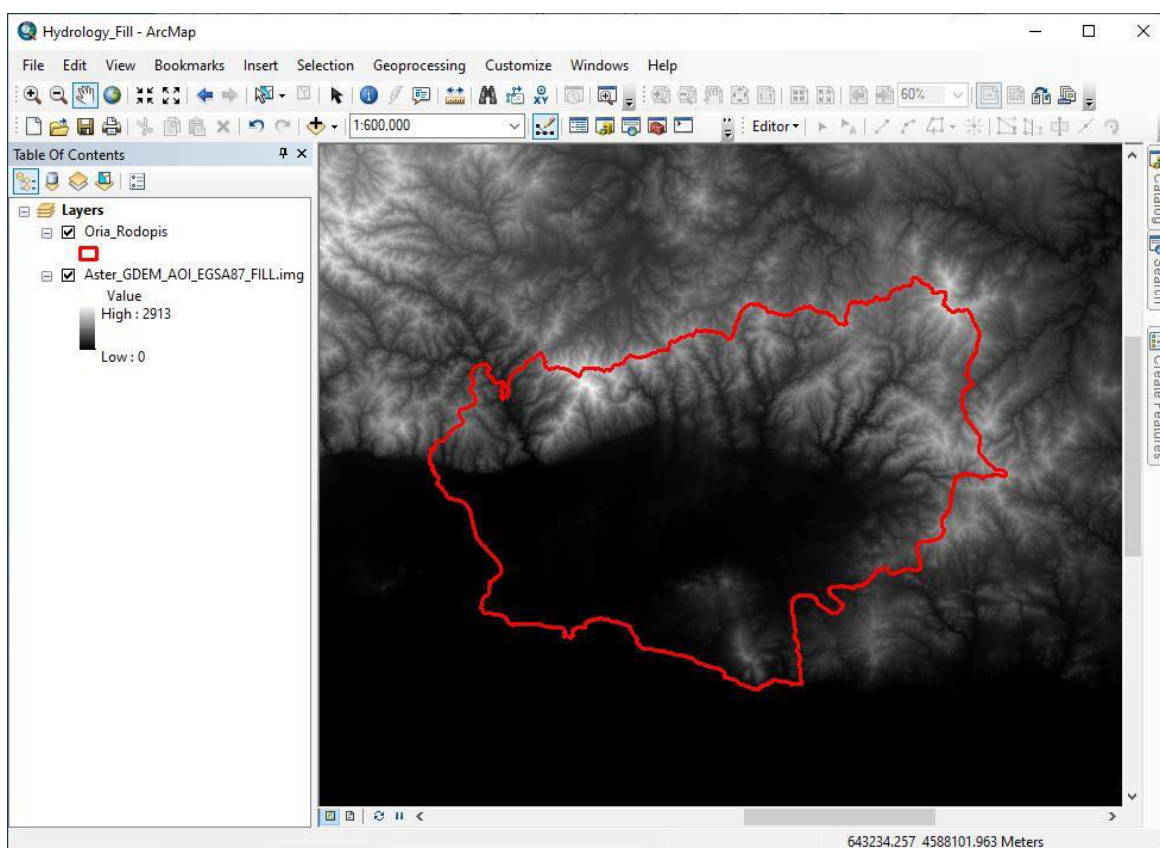
Χρησιμοποιώντας την μέθοδο χωρικής παρεμβολής Interpolation Triangulated Irregular Network (TIN), με το εργαλείο “Raster to TIN” του Conversion κατηγορίας 3D Analyst Tools του Tool Box του ArcGis, δόθηκε μια τρισδιάστατη απεικόνιση του Νομού Ροδόπης (βλ. εικόνα 41).



Εικόνα 41: Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους του Νομού Ροδόπης με την μέθοδο TIN



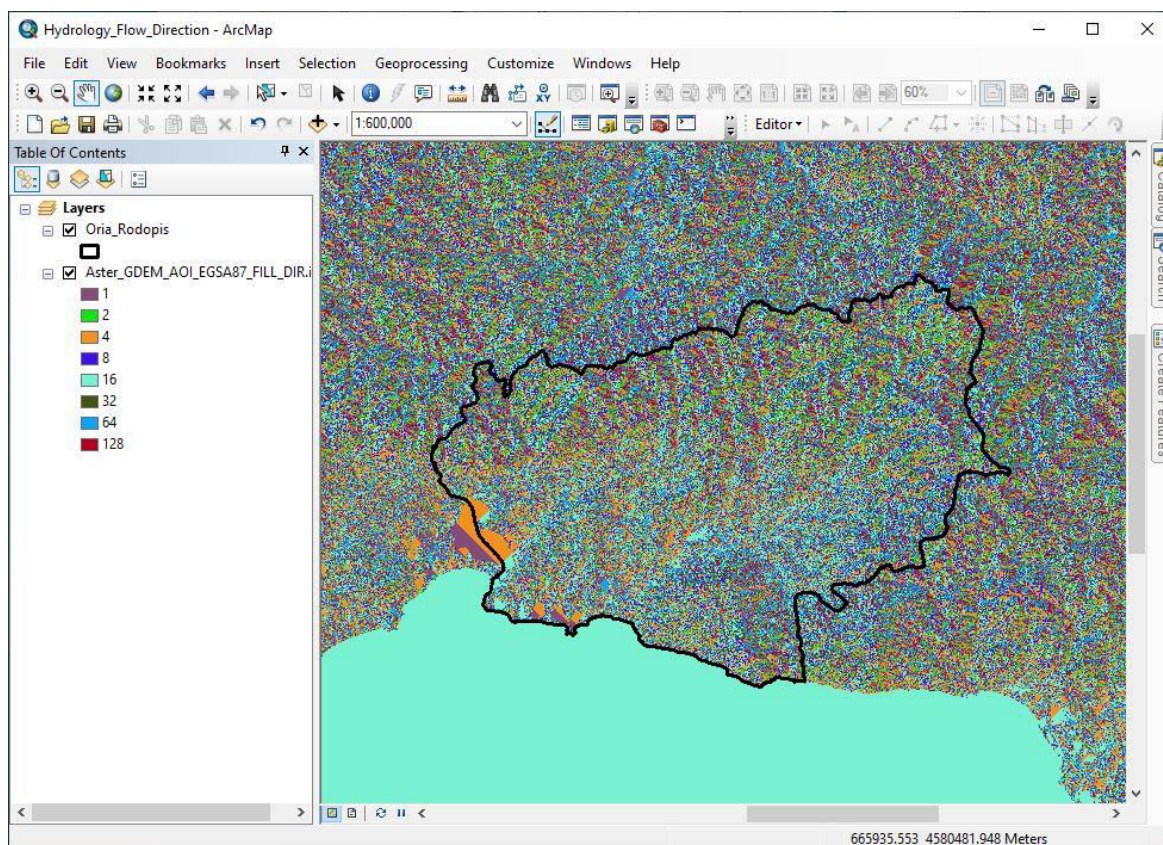
Έπειτα, χρησιμοποιώντας τα εργαλεία Hydrology από το Spatial Analyst Tools του Tool Box του ArcGIS ξεκίνησε η υδρολογική ανάλυση του Νομού. Πιο συγκεκριμένα, με το εργαλείο Fill εξήχθη το νέο ψηφιακό μοντέλο διορθωμένο ως προς την εν λόγω εντολή (βλ. εικόνα 42).



Εικόνα 42: Ψηφιακό Μοντέλο Περιοχής Ενδιαφέροντος με την χρήση του εργαλείου Fill



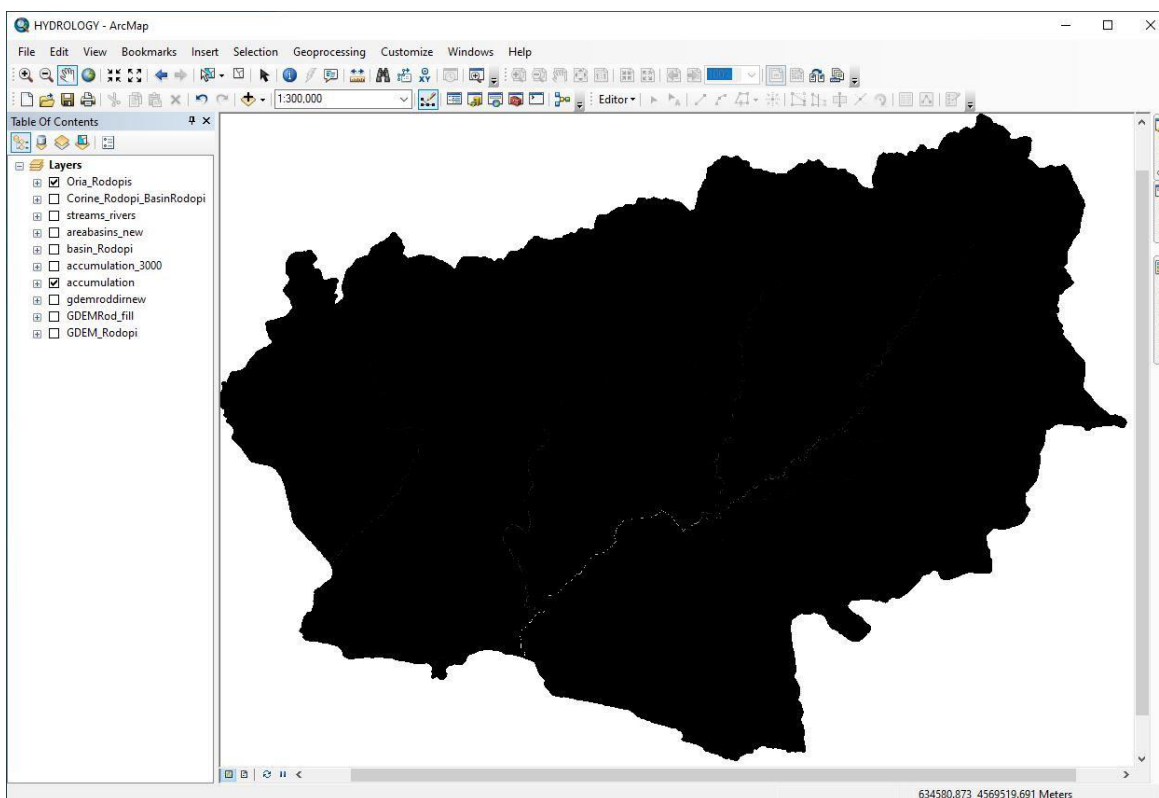
Στην συνέχεια, για να γίνει κατανοητή η διεύθυνση παροχής του νερού στο νέο ψηφιακό μοντέλο χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Flow Direction του Hydrology. Το αποτέλεσμα που εξήχθη, φαίνεται στην εικόνα 43.



Εικόνα 43: Ψηφιακό Μοντέλο Περιοχής Ενδιαφέροντος με την χρήση του εργαλείου Flow Direction



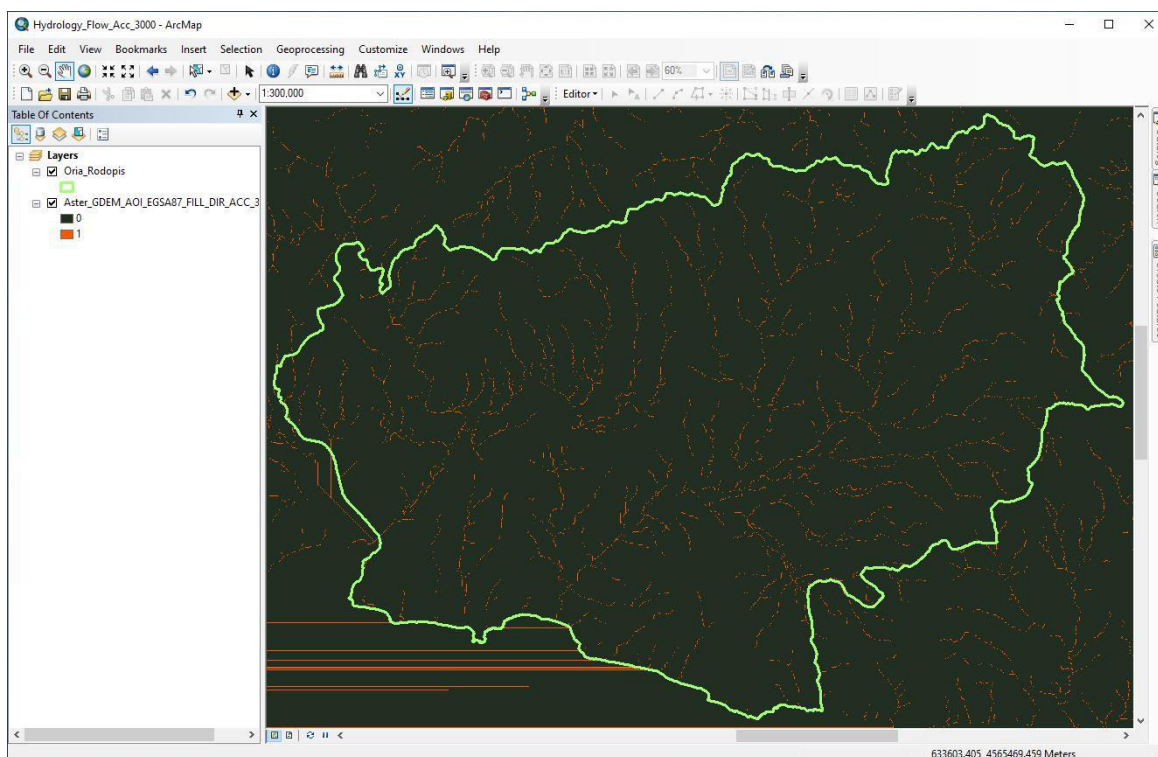
Επόμενο βήμα της υδρολογικής ανάλυσης ήταν ο εντοπισμός των Pixels που συγκεντρώνουν την μεγαλύτερη ποσότητα νερού. Το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Flow Accumulation του Hydrology. Για καλύτερη οπτικοποίηση έγινε ακριβής περιορισμός στα όρια του Νομού Ροδόπης με το εργαλείο Clip (βλ. εικόνα 44).



Εικόνα 44: Ψηφιακό Μοντέλο Νομού Ροδόπης με την χρήση του εργαλείου Accumulation



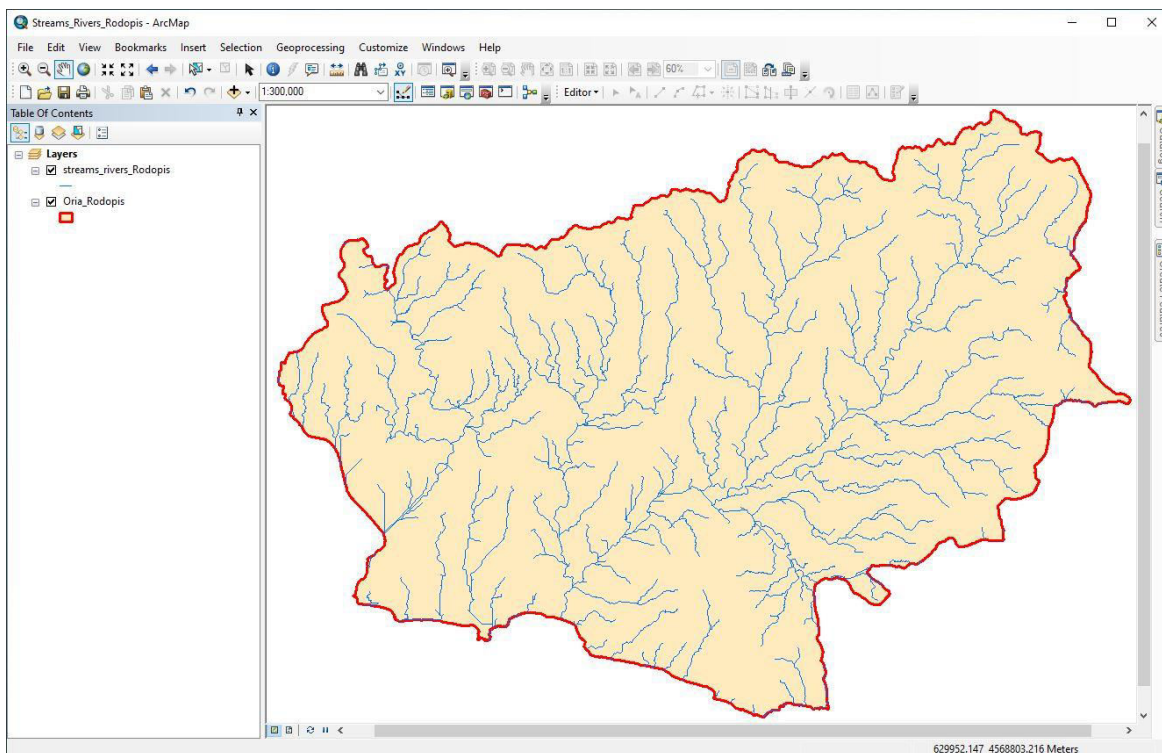
Στην συνέχεια μέσω του Raster Calculator δόθηκε η εντολή για εντοπισμό των pixels στα οποία συγκεντρώνονται τα νερά από 3000 Pixels και πάνω. Το αποτέλεσμα που εξήχθη φαίνεται στην εικόνα 45, με κάποια αναμενόμενα σφάλματα στην επιφάνεια της θάλασσας.



Εικόνα 45: Ψηφιακό Μοντέλο Περιοχής Ενδιαφέροντος εντοπισμού Ρεμάτων-Ποταμών



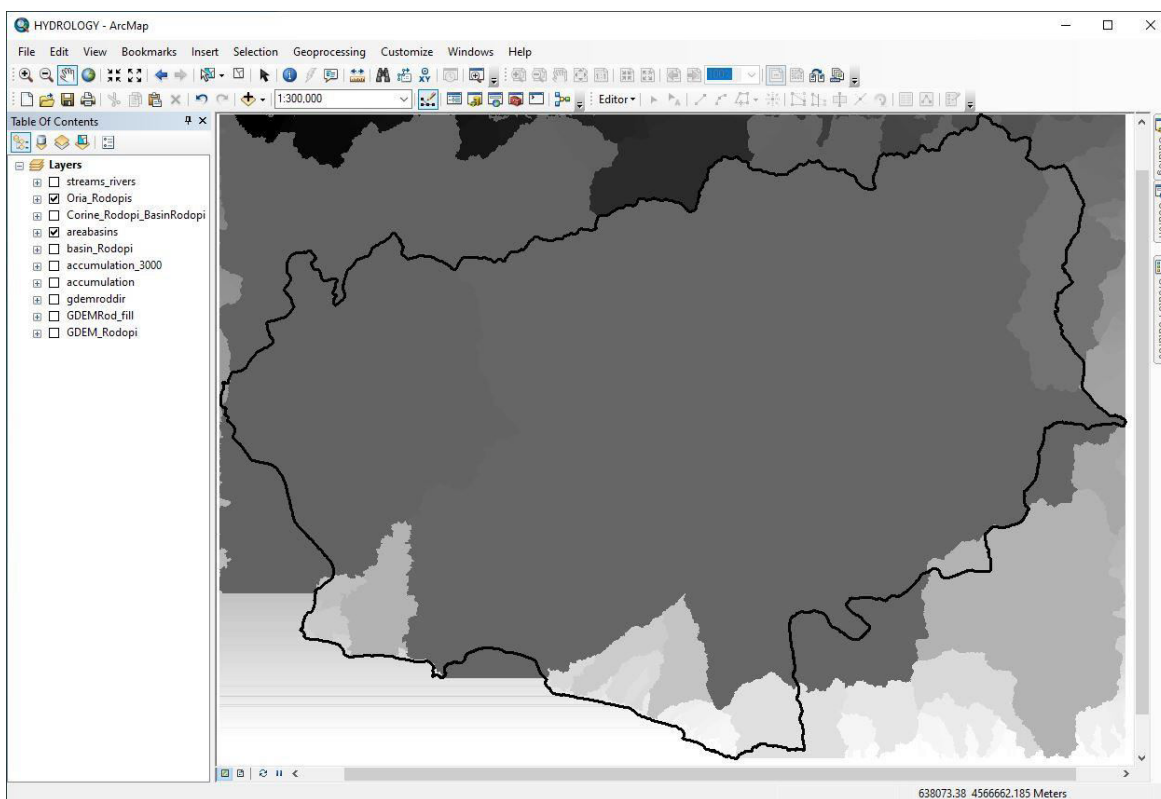
Στην συνέχεια ακολούθησε μετατροπή των ψηφιακών αυτών δεδομένων σε διανυσματικά. Μέσω της εντολής «Raster to Polyline» στο Conversion Tool του Tool Box εκτελέστηκε η μετατροπή των δεδομένων. Στην συνέχεια, για καλύτερη οπτικοποίηση, με την εντολή Clip τα δεδομένα περιορίστηκαν με ακρίβεια στο Νομό Ροδόπης.



Εικόνα 46: Ρέματα και Ποταμοί Ν. Ροδόπη



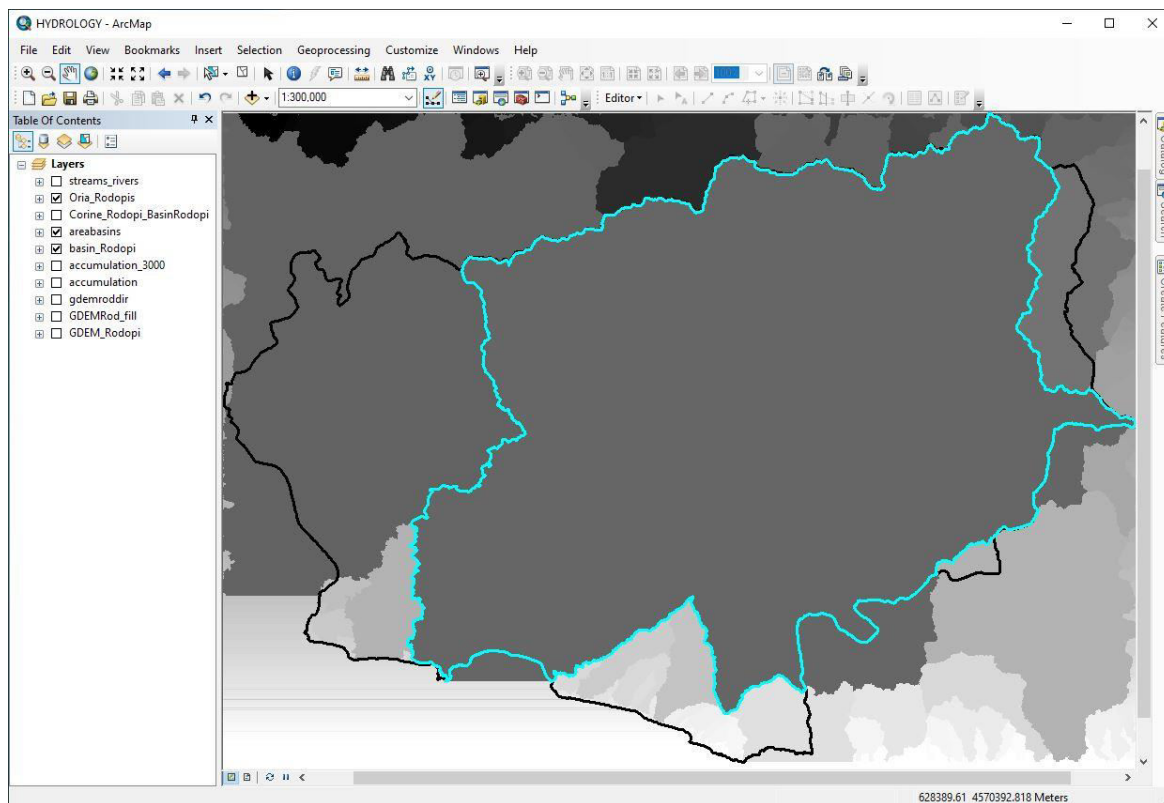
Τελικό βήμα της υδρολογικής ανάλυσης ήταν ο εντοπισμός των λεκανών απορροής του νομού. Το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Basin του Hydrology. Στο αποτέλεσμα που εξήχθη παρατηρείτε ότι ο Νομός Ροδόπης αποτελείται από δύο κύριες λεκάνες απορροής, αυτή της Κομοτηνής και της Ξάνθης (Βιστωνίδας), καθώς και από μικρότερες, στα παράκτια και στα ανατολικά του Νομού (βλ. εικόνα 47).



Εικόνα 47: Λεκάνες Απορροής Νομού Ροδόπης



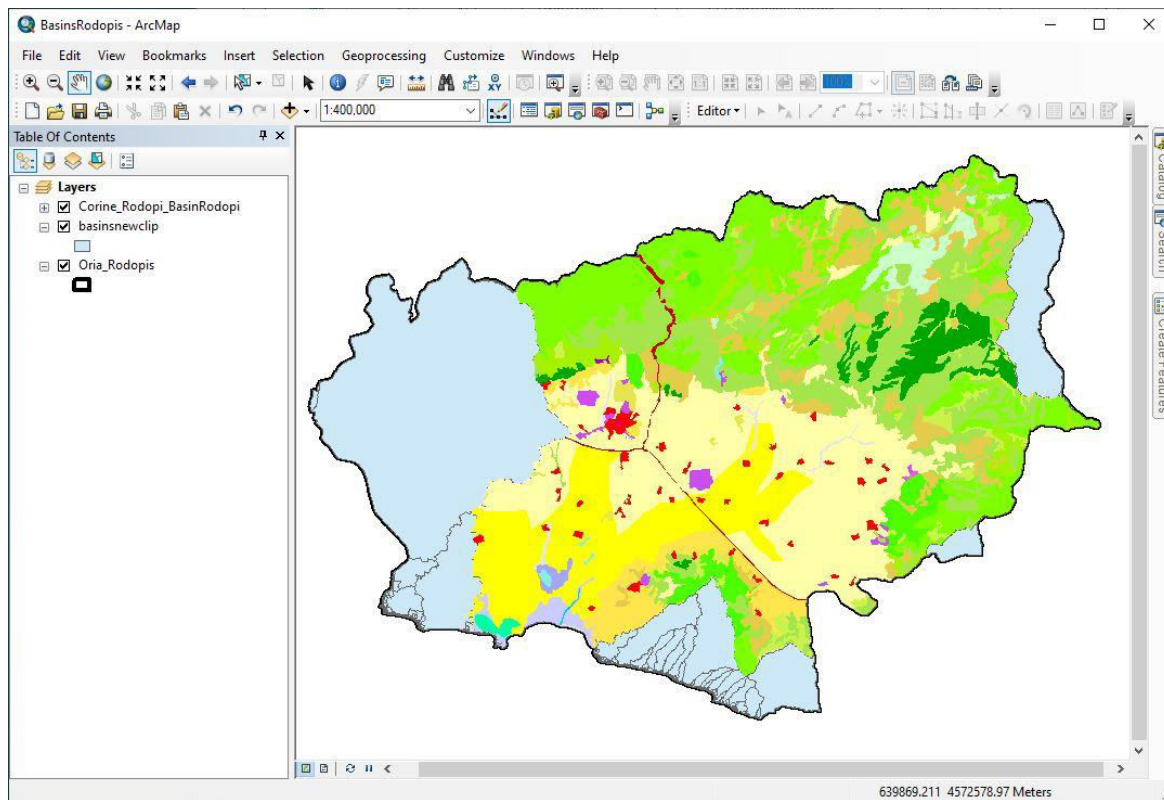
Έπειτα, τα ψηφιακά δεδομένα των λεκανών απορροής μετατράπηκαν σε διανυσματικά με την χρήση του εργαλείου “From Raster to Polygon” του Conversion Tools. Η λεκάνη απορροής που θα απασχολήσει την έρευνα είναι αυτή της Κομοτηνής (βλ. εικόνα 48).



Εικόνα 48: Λεκάνη Απορροής Κομοτηνής



Για να υπολογιστούν οι χρήσεις γης της εν λόγω λεκάνης απορροής, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα του Corine για τον Νομό Ροδόπης, με επακόλουθο περιορισμό στην λεκάνη απορροής Κομοτηνής.



Εικόνα 49: Χρήσεις Γης Corine στην Λεκάνη Απορροής Κομοτηνής



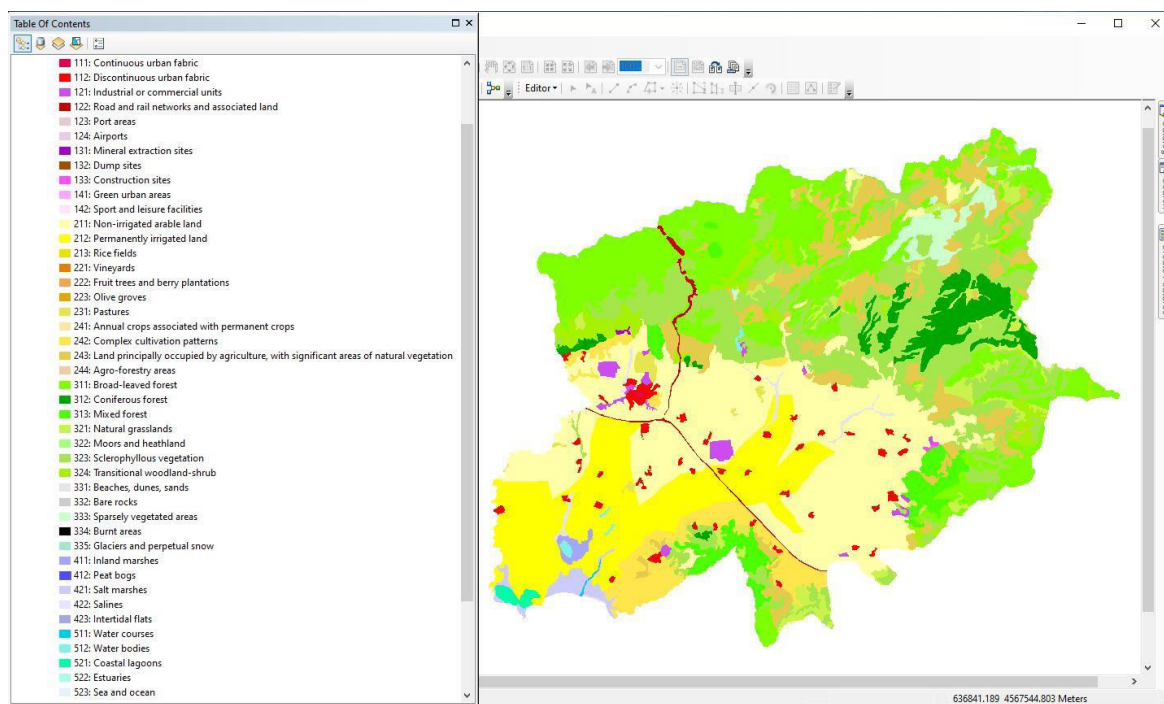
Στον πίνακα 6 αποτυπώνονται τα ποσοστά χρήσεων γης της λεκάνης απορροής Κομοτηνής. Πιο συγκεκριμένα, στην πρώτη στήλη αποτυπώνεται η περιγραφή κάθε έκτασης γης, στη δεύτερη στήλη, ο αντίστοιχος κωδικός της κάθε έκτασης, στη τρίτη στήλη, τα πολύγωνα από τα οποία αποτελείται η κάθε χρήση γης, στην τέταρτη η έκταση σε εκτάρια, και τέλος στη πέμπτη στήλη το εκάστοτε ποσοστό έκτασης γης.

Πίνακας 6: Ποσοστά Χρήσης Γης Λεκάνης Απορροής Κομοτηνής

Description	Code_18	Cnt_Code_1	Sum_Area_H	%
Continuous urban fabric	111	1	46.96257195	0.0254699
Discontinuous urban fabric	112	44	2044.970203	1.1090807
Industrial or commercial units	121	14	1293.530494	0.7015406
Road and rail networks and associated land	122	4	787.3018573	0.4269897
Airports	124	1	4.732867998	0.0025669
Mineral extraction sites	131	1	51.00227991	0.0276609
Construction sites	133	1	56.71907842	0.0307613
Sport and leisure facilities	142	1	26.14626814	0.0141803
Non-irrigated arable land	211	18	41854.09478	22.699386
Permanently irrigated land	212	2	23633.47297	12.817511
Pastures	231	9	829.8385409	0.4500593
Complex cultivation patterns	242	5	7447.132964	4.0389202
Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation	243	49	14932.59996	8.0986307
Broad-leaved forest	311	35	33326.29782	18.074373
Coniferous forest	312	11	6493.880968	3.5219281
Mixed forest	313	11	5145.033898	2.7903868
Natural grasslands	321	43	5144.798104	2.7902589
Sclerophyllous vegetation	323	50	29857.26066	16.192956
Transitional woodland-shrub	324	21	4769.255692	2.5865851
Beaches, dunes, sands	331	5	731.4772042	0.3967135
Sparsely vegetated areas	333	7	3079.724341	1.6702751
Inland marshes	411	1	521.084266	0.2826078
Salt marshes	421	3	1435.60252	0.7785928
Water courses	511	1	56.09685223	0.0304239
Water bodies	512	4	288.3637206	0.1563928
Coastal lagoons	521	1	517.9669912	0.2809171
Sea and ocean	523	1	8.908312775	0.0048314
TOTAL			184384.2562	100



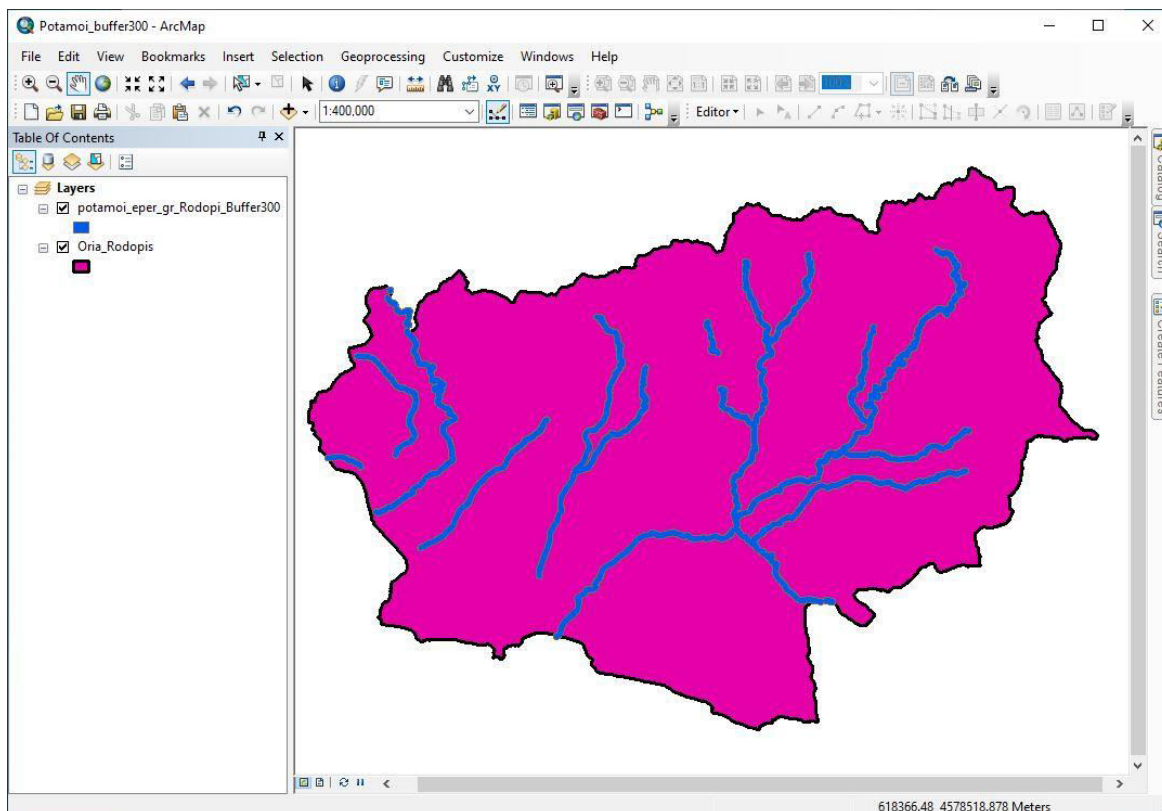
Στην εικόνα 50, αποτυπώνονται οι κωδικοί του CORINE των χρήσεων γης, της λεκάνης απορροής Κομοτηνής (code 18, βλ. πίνακα 6). Πιο συγκεκριμένα, στην αριστερή στήλη γίνεται χρωματική αντιστοίχιση με κάθε κωδικό, ενώ δεξιά αποτυπώνεται ο αντίστοιχος χρωματικός χάρτης της εν λόγω λεκάνης απορροής.



Εικόνα 50: Χρωματική αντιστοίχιση των κωδικών χρήσεις Γης (CLC) με τον Χάρτη Λεκάνης Απορροής



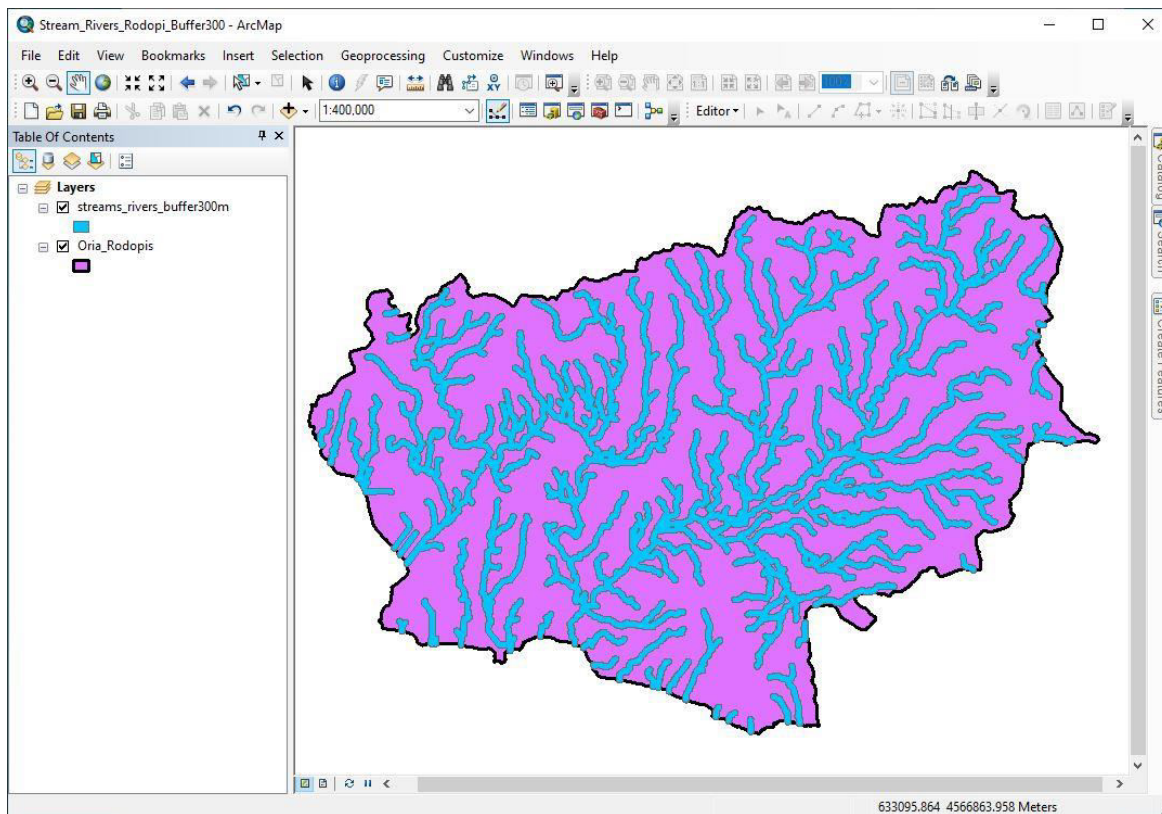
Τα δεδομένα των ποταμών του Νομού Ροδόπης, λήφθηκαν από την βάση του GEODATA επιβεβαιώνοντας τα, για την ορθότητα τους, από τους χάρτες του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας (Geodata, 2023). Μετά τον περιορισμό τους, στην λεκάνη απορροής Κομοτηνής, με το εργαλείο “Buffer” του Proximity από το Analysis Tools, δημιουργήθηκαν ζώνες των 300 μ εκατέρωθεν των ποταμών (βλ. εικόνα 51).



Εικόνα 51: Ποταμοί με ζώνες ασφαλείας 300 μ (GEODATA)



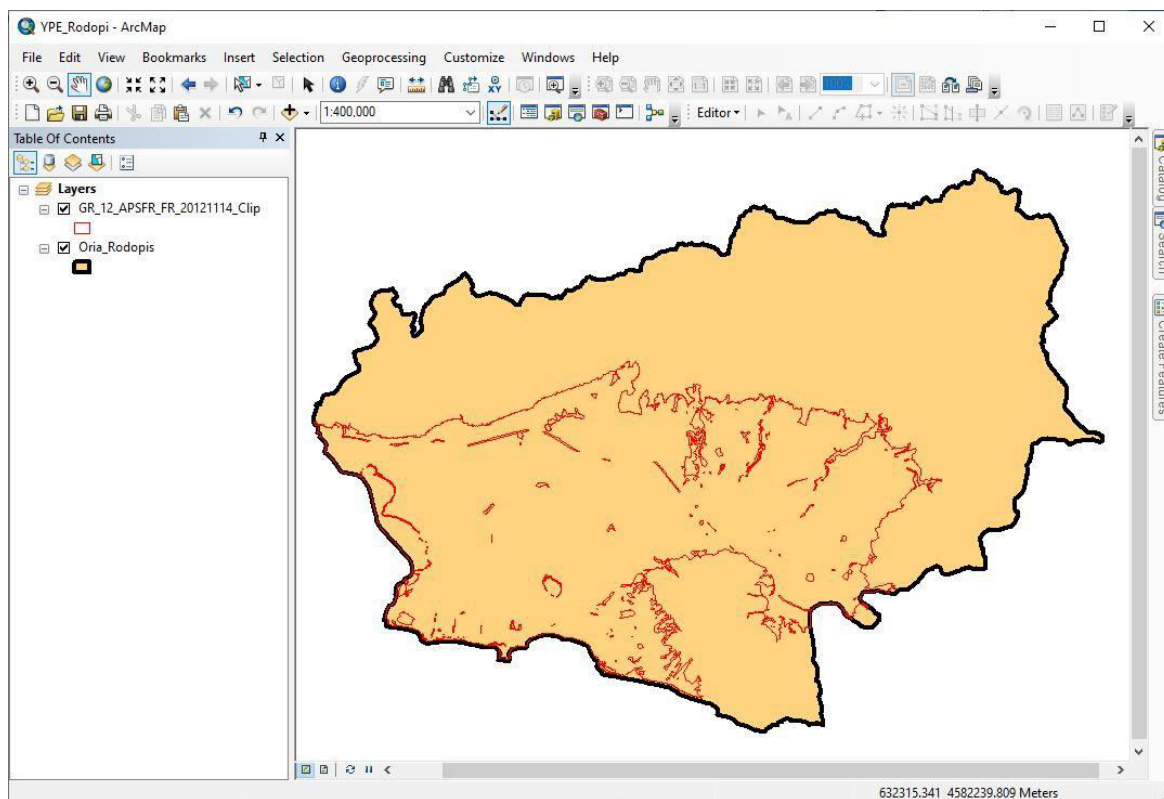
Επίσης, ζώνες των 300 μ δημιουργήθηκαν και στο μοντέλο των ρεμάτων-ποταμών (streams-rivers), που δημιουργήθηκε από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους GDEM.



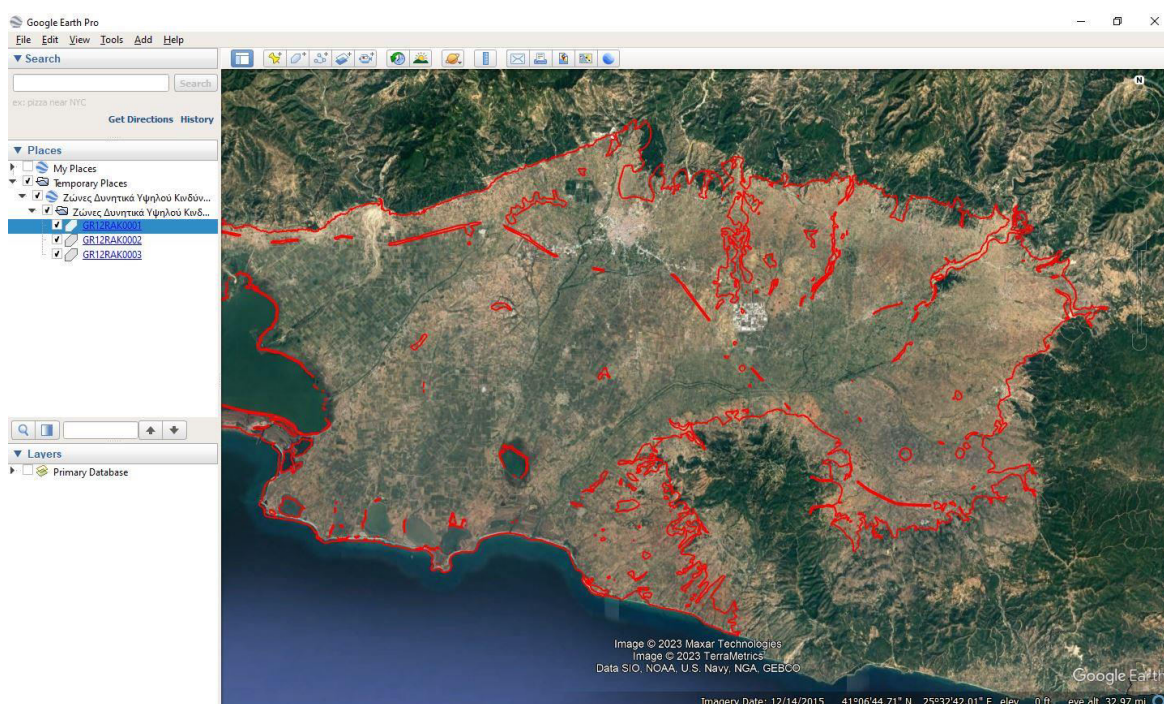
Εικόνα 52: Ρέματα-Ποτάμια με ζώνες ασφαλείας 300 μ (GDEM)



Συνεχίζοντας την υδρολογική ανάλυση του Νομού Ροδόπης, λήφθηκαν δεδομένα για τις ζώνες δυνητικά υψηλού κινδύνου πλημμύρας, της μορφής Shape και KMZ, από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ, 2023).



Εικόνα 54: Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (Πηγή: ΥΠΕΝ)

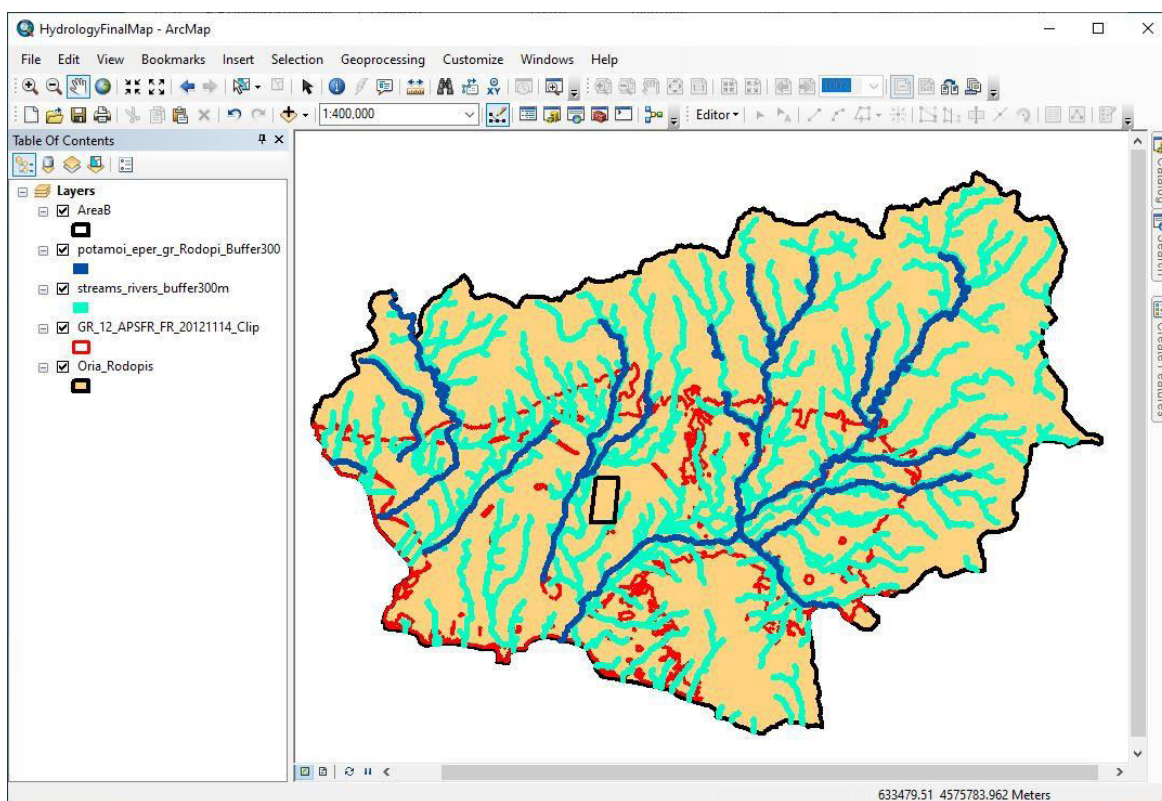


Εικόνα 53: Απεικόνιση των Ζωνών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας στο Google Earth



7.5 Αποτελέσματα

Μετά την ολοκλήρωση της υδρολογικής ανάλυσης της περιοχής και της δημιουργίας των ζωνών προστασίας (buffer zones), τόσο των ποταμιών που είναι δημοσιευμένα από το υπουργείο περιβάλλοντος και ενέργειας, όσο και των ρεμάτων-ποταμιών που ήταν αποτέλεσμα του ψηφιακού μοντέλου εδάφους, είχαν ως στόχο τον έλεγχο της υποψήφιας περιοχής κατασκευής διαδρόμου αποπροσγείωσης. Συνεπώς, εισάγοντας την υποψήφια περιοχή με τις παραπάνω ζώνες, παρατηρείται ότι, ο κίνδυνος για πλημμύρα είναι αμελητέος (βλ. εικόνα 55).



Εικόνα 55: Τελικό Υδρολογικό Μοντέλο του Νομού Ροδόπης



8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

8.1 Ανακεφαλαίωση - Προκλήσεις - Ευκαιρίες

Η παρούσα διατριβή πραγματοποιήθηκε τον εντοπισμό κατάλληλης θέσης διαδρόμου αποπροσγειώσεων στην Περιφερειακή Ενότητα Ροδόπης, υπό το πρίσμα εκδήλωσης πλημμυρικών φαινομένων, εντός της υποδεικνύουσας, από πρότερη εργασία, περιοχής του Αερολιμένα. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε: 1) ανάλυση των απαραίτητων-σημαντικών τμημάτων για την λειτουργία ενός αεροδρομίου (όπως διάδρομοι, τροχόδρομοι κ.λπ.), και 2) υδρολογική ανάλυση στην Περιφερειακή Ενότητα της Ροδόπης με την χρήση λογισμικού ArcGIS.

Όσον αφορά τις προκλήσεις της έρευνας δεν ήταν άλλες από την συλλογή των δεδομένων, την επεξεργασία και την ανάλυσή τους. Χρειάστηκαν αρκετές ώρες για την δημιουργία κάθε μοντέλου στο ΓΣΠ ArcGis και την εξαγωγή του τελικού χάρτη της περιοχής ενδιαφέροντος. Όσον αφορά τις προκλήσεις του εν λόγω εγχειρήματος είναι τιτάνιες. Απαιτείται αρχικά σύμπνοια μεταξύ του κράτους (μέσω των πρεσβευτών της Περιφέρειας και του Δήμου), και των ίδιων των πολιτών της, για τον σχεδιασμό και υλοποίησης του, με κοινό όραμα και στόχους για μετατροπή τόσο της Περιφερειακής Ενότητας Ροδόπης, όσο και της ίδιας της Περιφέρειας ΑΜΘ, σε κόμβο πολιτισμού και πόλο έλξης επιχειρηματικών επενδύσεων.

Οι ευκαιρίες που δημιουργούνται με την υλοποίησή αυτού του εγχειρήματος είναι πολυάριθμες. Το σημαντικότερο αποτέλεσμα που θα φέρει στην περιοχή το αεροδρόμιο είναι ότι θα σταματήσει να αυξάνεται ο αρνητικός δημογραφικός δείκτης. Το αεροδρόμιο θα δημιουργήσει νέες θέσεις εργασίας, ανοικοδόμηση, αύξηση στον τουρισμό και θα σταματήσει η μετανάστευση των ανθρώπων με υψηλή μόρφωση ενώ προσδοκά να προσελκύσει τους ήδη μετανάστες.



8.2 Προτάσεις

Όπως η Τουρκία, παρά των εσωτερικών και οικονομικών της προβλημάτων, κατάφερε και κατασκεύασε στην Κωνσταντινούπολη, το μεγαλύτερο αεροδρόμιο στον κόσμο, σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα, με απώτερο σκοπό να αποδείξει στην διεθνή κοινότητα, ότι είναι μια χώρα σοβαρή και υπολογίσιμη, έτσι και η Ελλάδα θα μπορούσε να ενισχύσει την Περιφέρεια ΑΜΘ με τέτοιου είδους μεγάλα έργα. Επομένως, η πρόταση του ερευνητή είναι η κατασκευή στην Περιφέρεια ΑΜΘ, του πιο σύγχρονου, έξυπνου και πράσινου αεροδρομίου στον κόσμο.

8.3 Μελλοντική Έρευνα

Μια χρήσιμη και απαραίτητη έρευνα, είναι ο ακριβής σχεδιασμός των τμημάτων του Αερολιμένα στην Περιφερειακή Ενότητα Ροδόπης, με βάση την χρήση και την αναμενόμενη κυκλοφορία. Η έρευνα αυτή θα μπορούσε να υλοποιηθεί από το καταρτισμένο και εξειδικευμένο προσωπικό, του τμήματος των Πολιτικών Μηχανικών του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου της Θράκης.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ενέργειας, Υ. Π. (2023, 2 26). *ΥΠΕΝ*. Ανάκτηση από ypen.gov.gr:
<https://ypen.gov.gr/perivallon/ydatikoι-poroι/plimmyres/>
- FAA. (2022). *AC 150/5300-13B, AIRPORT DESIGN*. USA: Federal Aviation Administration.
- Geodata. (2023, 2 26). *Geodata.gov.gr*. Ανάκτηση από Geodata:
<http://geodata.gov.gr/dataset/potamoi-e-per-gr>
- ICAO. (2005). DOC 9157-PART 2 Taxiway_Apron_HoldingsBays. Στο I. C. Organization, *Aerodrome Design Manual* (σσ. 10-15). Secretary General: ICAO.
- ICAO. (2006). DOC 9157 - PART 1. Στο ICAO, *RUNWAY* (σσ. 43-47). Secretary General.
- ICAO. (2006). DOC 9157 - PART 1 Runaways. Στο I. C. Organization, *Aerodrome Design Manual* (σ. 12). Secretary General: ICAO.
- ICAO. (2018). Annex 14. Aerodromes. Στο ICAO, *International Standards and Recommended Practices* (σσ. 38, 80). Canada: International Civil Aviation Organization. Ανάκτηση από ICAO.
- ICAO. (2018, 1 29). *ICAO*. Ανάκτηση από International Civil Aviation Organization:
<https://www.icao.int/Pages/default.aspx>
- INSETΕ. (2019). *Περιφέρεια Αν. Μακεδονίας & Θράκης. Ετήσια έκθεση ανταγωνιστικότητας και διαρθρωτικής προσαρμογής στον τομέα του τουρισμού για το έτος 2018*.
- Kazda, A., & Caves, E. R. (2007). *Airport Design and Operation*. United Kingdom: ELSEVIER.
- Kazda, A., & Caves, R. E. (2007). *AIRPORT DESIGN AND OPERATION*. Amsterdam: Elsevier.
- Kontos, B. O., Mendoza, M., & Elashry, A. (2010). Integrating GIS and MCDM to deal with landfill site selection. *International Journal of Engineering & Technology*, 32-42.
- Liao, Y., & Bao, F. (2014). Research on airport site selection based on triangular fuzzy number. *Mechanics and Materials*, 505–506, 507–511.
- Openshaw, S., & Openshaw, C. (1997). *Artificial Intelligence in Geography*. London: Wiley.
- style, A. (2010). *δασφδφασδ φασδφ ασδφ φ σδαα*. Ανάκτηση April 23, 2012, από
<http://asdfs.gg.gsf>
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 38-353.



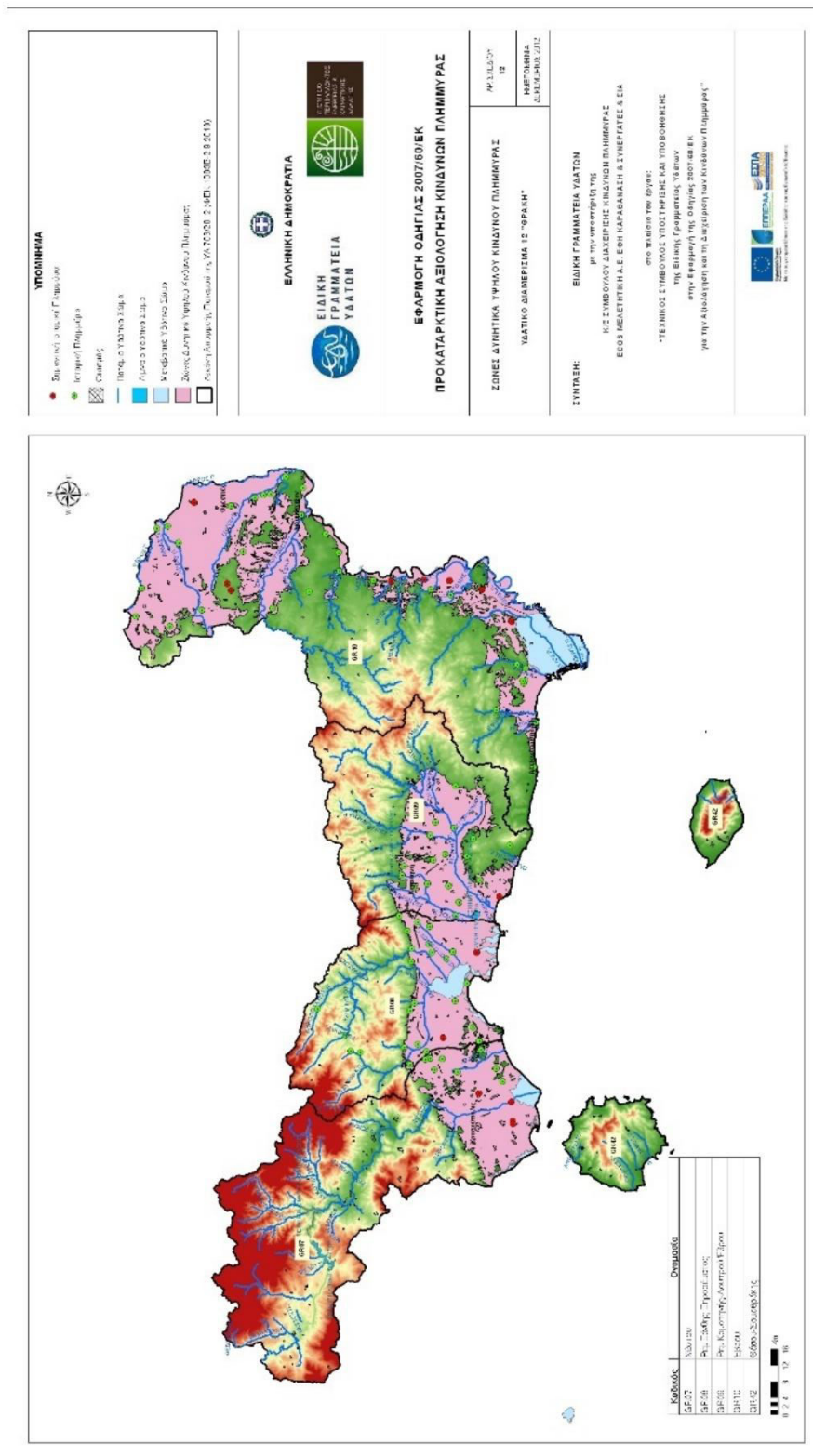
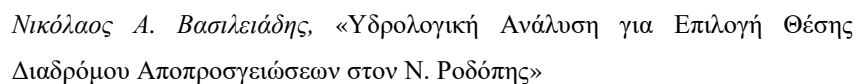
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα 1_Κριτήρια Σχεδιασμού Τροχοδρόμων

Πίνακας 7: Κριτήρια Σχεδιασμού Τροχοδρόμου (Πηγή: ICAO)

Physical characteristics	A	B	C	D	E	F
Minimum width of:						
taxiway pavement	7.5 m	10.5 m	18 m ^a 15 m ^b	23 m ^c 18 m ^d	23 m	25 m
taxiway pavement and shoulder	—	—	25 m	38 m	44 m	60 m
taxiway strip	32.5 m	43 m	52 m	81 m	95 m	115 m
graded portion of taxiway strip	22 m	25 m	25 m	38 m	44 m	60 m
Minimum clearance distance of outer main wheel to taxiway edge	1.5 m	2.25 m	4.5 m ^a 3 m ^b	4.5 m	4.5 m	4.5 m
Minimum separation distance between taxiway centre line and:						
centre line of instrument runway code						
number 1	82.5 m	87 m	—	—	—	—
number 2	82.5 m	87 m	—	—	—	—
number 3	—	—	168 m	176 m	—	—
number 4	—	—	—	176 m	182.5 m	190 m
centre line of non-instrument runway code						
number 1	37.5 m	42 m	—	—	—	—
number 2	47.5 m	52 m	—	—	—	—
number 3	—	—	93 m	101 m	—	—
number 4	—	—	—	101 m	107.5 m	115 m
taxiway centre line	23.75 m	33.5 m	44 m	66.5 m	80 m	97.5 m
object						
taxiway ^e	16.25 m	21.5 m	26 m	40.5 m	47.5 m	57.5 m
aircraft stand taxilane	12 m	16.5 m	24.5 m	36 m	42.5 m	50.5 m
Maximum longitudinal slope of taxiway:						
pavement	3%	3%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%
change in slope	1% per 25 m	1% per 25 m	1% per 30 m	1% per 30 m	1% per 30 m	1% per 30 m
Maximum transverse slope of:						
taxiway pavement	2%	2%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%
graded portion of taxiway strip upwards	3%	3%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%
graded portion of taxiway strip downwards	5%	5%	5%	5%	5%	5%
ungraded portion of strip upwards or downwards	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Minimum radius of longitudinal vertical curve	2 500 m	2 500 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m
Minimum taxiway sight distance	150 m from 1.5 m above	200 m from 2 m above	300 m from 3 m above	300 m from 3 m above	300 m from 3 m above	300 m from 3 m above

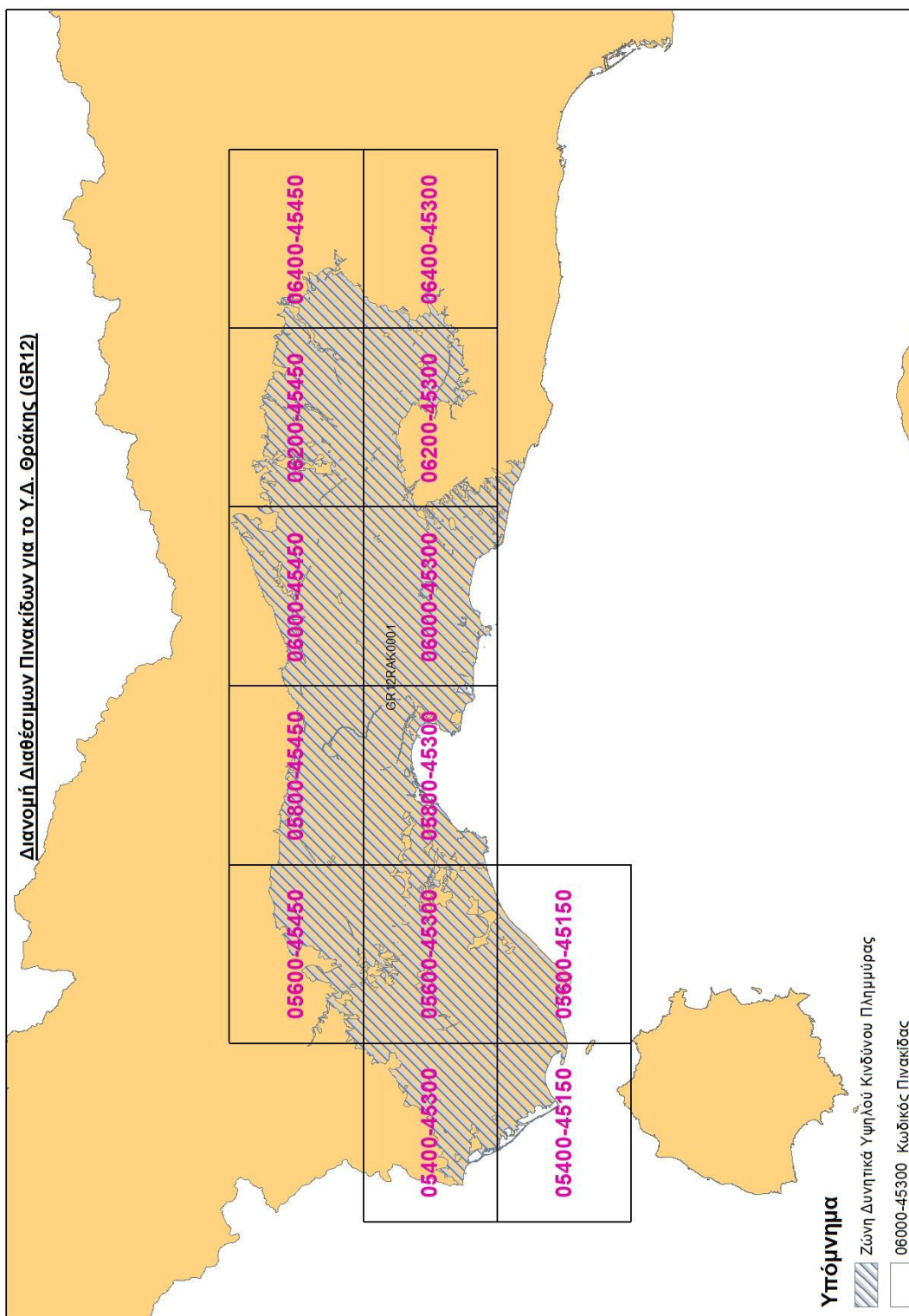
- a. Taxiway intended to be used by aeroplanes with a wheel base equal to or greater than 18 m.
b. Taxiway intended to be used by aeroplanes with a wheel base less than 18 m.
c. Taxiway intended to be used by aeroplanes with an outer main gear wheel span equal to or greater than 9 m.
d. Taxiway intended to be used by aeroplanes with an outer main gear wheel span less than 9 m.
e. Taxiway other than an aircraft stand taxilane.



Εικόνα 56: Χάρτης Αξιολόγησης Κινδύνου Πλημμύρας (Πηγή: ΥΠΕΝ)



Παράρτημα 3_ Χάρτες Κινδύνων Πλημμύρας από Εσωτερικά Ύδατα



Εικόνα 57: Χάρτης Διάθεσης Πινακίδων Υ.Δ. Θράκης (Πηγή: ΥΠΕΝ)

