



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Διπλωματική Εργασία

**Διερεύνηση Ορατότητας Αεροδρομίων**



**Αλέξανδρος Ελεύθερος**

*Επιβλέπων: Α. Λοΐζος, Καθηγητής Ε.Μ.Π.*

Αθήνα, Οκτώβριος 2019





**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Διπλωματική Εργασία

**Διερεύνηση Ορατότητας Αεροδρομίων**

**Αλέξανδρος Ελεύθερος**

*Επιβλέπων: Α. Λοΐζος, Καθηγητής Ε.Μ.Π.*

Αθήνα, Οκτώβριος 2019





**NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF  
ATHENS SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING**  
DEPT. OF TRANSPORTATION PLANNING AND ENGINEERING

Diploma Thesis

**Airport Visibility**

**Alexandros Eleftheros**

*Supervisor: A. Loizos, Professor, N.T.U.A.*

Athens, October 2019



# ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

---

Με την περάτωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η οποία σηματοδοτεί το τέλος των σπουδών μου και την απόκτηση του πτυχίου μου, θα ήθελα να ευχαριστήσω όσους με βοήθησαν και συντέλεσαν με διαφορετικό τρόπο ο καθένας, άμεσα ή έμμεσα, και σε διαφορετικό βαθμό στην ολοκλήρωση των σπουδών μου.

Αρχικά, επιθυμώ να ευχαριστήσω θερμά τον κύριο Ανδρέα Λοΐζο, Καθηγητή στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και την ανάθεση της διπλωματικής μου εργασίας. Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω τον κύριο Φώτη Μερτζάνη, πρώην Επιστημονικό Συνεργάτη της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του σε όλους τους τομείς. Οι γνώσεις τους και η εμπειρία τους με βοήθησαν να διευρύνω τους μαθησιακούς μου ορίζοντες και τους ευχαριστώ πολύ για αυτό.

Επιπλέον, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας και συγκεκριμένα στον κύριο Νίκο Γούσιο για τη βοήθεια που μου πρόσφερε στη σύλληψη του θέματος της παρούσας εργασίας.

Τέλος, επιθυμώ να ευχαριστήσω θερμά όλους τους ανθρώπους που είναι κοντά μου και με στηρίζουν σε κάθε μου εγχείρημα. Θέλω να ευχαριστήσω τους φίλους μου για τις συμβουλές τους και τη συμπαράσταση τους. Ευχαριστώ ολόψυχα την οικογένεια μου που με βοηθάει να εξελίσσομαι ως άνθρωπος, τον πατέρα μου και τη μητέρα μου για την εμπιστοσύνη και την πίστη που έχουν σε μένα, όντας πάντα δίπλα μου να με στηρίζουν σε οποιοδήποτε εγχείρημά μου.





# ΣΥΝΟΨΗ

---

## Διερεύνηση ορατότητας αεροδρομίων

**Αλέξανδρος Ελεύθερος**

**Επιβλέπων: Α. Λοΐζος. Καθηγητής Ε.Μ.Π.**

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η αναζήτηση μίας μεθόδου, η οποία θα δίνει τη δυνατότητα στο μελετητή να ελέγχει τη διαθέσιμη ορατότητα σε ένα αεροδρόμιο αλλά και τη χάραξη μηκοτομής του διαδρόμου σε σχέση με τους κανονισμούς που ορίζει η EASA. Παρόλο που η EASA στους κανονισμούς της αναφέρεται στον έλεγχο της ορατότητας μόνο στις δύο διαστάσεις και πιο συγκεκριμένα, στον άξονα του διαδρόμου, στην παρούσα εργασία επιχειρείται να μεταφερθεί το πρόβλημα αυτό στις τρεις διαστάσεις και στο χώρο του αεροδρομίου. Στο πλαίσιο της παραπάνω διερεύνησης, είναι αναγκαίο να προσδιοριστούν τα σημεία στο χώρο του αεροδρομίου τα οποία δεν είναι ορατά κατά την κίνηση ενός αεροσκάφους από το ένα άκρο του διαδρόμου στο άλλο, αλλά και κατά την κίνησή του στα υπόλοιπα τμήματα του πεδίου ελιγμών. Προκειμένου να υλοποιηθεί αυτή η μέθοδος έγινε διερεύνηση της Βιβλιογραφίας και συλλέχθηκαν στοιχεία και πληροφορίες που κρίθηκαν χρήσιμα. Στη συνέχεια δημιουργήθηκε κατάλληλο λογισμικό σε περιβάλλον Ηλεκτρονικού Υπολογιστή, μέσω του οποίου πραγματοποιούνται οι έλεγχοι που περιεγράφηκαν προηγουμένως. Βάσει των αποτελεσμάτων που προκύπτουν μετά τη διερεύνηση της ορατότητας με τη βοήθεια του λογισμικού, ο μελετητής είναι σε θέση να κρίνει και να αξιολογήσει την ορατότητα σε ένα αεροδρόμιο και επιπλέον να εντοπίσει επικίνδυνες θέσεις με περιορισμένη ορατότητα.

### Λέξεις-κλειδιά

Οπτικό Πεδίο Πιλότου, Ορατότητα στο Χώρο, Διαγράμματα Ορατότητας, Κανονισμοί Χάραξης Μηκοτομής



# ABSTRACT

---

## Airport Visibility

**Alexandros Eleftheros**

**Supervisor: A. Loizos, Professor, N.T.U.A.**

The subject of this Diploma Thesis is to search for an effective method, which will give the researcher the chance to check the level of visibility at an airport and the vertical alignment of the runway according to EASA regulations. Although EASA in its regulations refers to visibility control only in two dimensions and more specifically, in the runway axis, the following work attempts to convey this problem in three dimensions in the area of the airport. In the context of the above investigation, it is necessary to define the spots in the airport area which are not visible when an aircraft is moving from one end of the runway to another, as well as when moving to other parts of the maneuvering area. The necessary Bibliography has been investigated and useful data and information collected, in order to implement this method. Furthermore, the appropriate software has been developed in a PC environment in order to carry out the previously described checks. Based on the results of the software investigating visibility, the researcher is able to judge and evaluate the visibility at an airport and also detect dangerous spots with limited visibility.

### **Keywords**

Pilot's Field of View, 3D Visibility, Visibility Diagrams, Vertical Alignment Regulations



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

<b>1</b>	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>1</b>
1.1	ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ .....	3
1.2	ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	5
1.3	ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	6
<b>2</b>	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....</b>	<b>9</b>
2.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	11
2.2	ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ .....	11
2.2.1	Γενικά.....	11
2.2.2	Ορισμοί.....	13
2.2.3	Αίτια Ατυχημάτων .....	15
2.2.4	Παραδείγματα Αεροπορικών Ατυχημάτων .....	16
2.3	ΟΠΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΠΙΛΟΤΟΥ .....	19
<b>3</b>	<b>ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....</b>	<b>25</b>
3.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	27
3.2	ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΒΑΣΕΙ ICAO, EASA, FAA.....	28
3.2.1	Κωδικός Αναφοράς Αεροδρομίων.....	28
3.2.2	Μηκοτομή Διαδρόμου Αεροδρομίου.....	30
3.2.2.1	Κριτήριο (a.1): Κλίση μεταξύ υψηλότερου και χαμηλότερου σημείου .....	30
3.2.2.2	Κριτήρια (a.2) και (a.3): Κατά μήκος κλίση στο διάδρομο και στα ακραία τέταρτα του.....	31
3.2.2.3	Κριτήριο (b): Αλλαγή κλίσης.....	32
3.2.2.4	Κριτήριο (c): Μήκος κατακόρυφης καμπύλης.....	32

3.2.2.5	Κριτήριο (d): Απόσταση μεταξύ αλλαγών κλίσης .....	33
3.2.2.6	Κριτήριο (e): Εξασφάλιση ορατότητας .....	35
<b>4</b>	<b>ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ.....</b>	<b>39</b>
4.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	41
4.2	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ .....	41
4.2.1	Έλεγχος κανονισμών χάραξης μηκοτομής διαδρόμου .....	43
4.2.2	Δημιουργία διαγραμμάτων ορατότητας.....	46
4.3	ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ AVZ.....	47
4.3.1	Κριτήριο (a.1): Κλίση μεταξύ υψηλότερου και χαμηλότερου σημείου	47
4.3.2	Κριτήριο (a.2): Κατά μήκος κλίση στο διάδρομο.....	50
4.3.3	Κριτήριο (a.3): Κατά μήκος κλίση στα ακραία τέταρτα του διαδρόμου 51	
4.3.4	Κριτήριο (b): Αλλαγή κλίσης .....	52
4.3.5	Κριτήριο (c): Μήκος κατακόρυφης καμπύλης .....	53
4.3.6	Κριτήριο (d): Απόσταση μεταξύ αλλαγών κλίσης.....	54
4.3.7	Κριτήριο (e): Εξασφάλιση Ορατότητας .....	55
<b>5</b>	<b>ΟΡΑΤΟΤΗΤΑ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟΥ.....</b>	<b>63</b>
5.1	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ .....	65
5.1.1	Μοντελοποίηση κτιρίων και ασφαλτοστρωμένων επιφανειών .....	66
5.1.2	Μοντελοποίηση εδάφους.....	71
5.1.3	Συγχώνευση μοντέλου εδάφους με τροχοδρομικό σύστημα και κτίρια	78
5.1.4	Προσδιορισμός σημείων εντός του πεδίου ελιγμών .....	81
5.1.5	Περιγραφή λειτουργίας προγράμματος .....	87
5.2	ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ALX.....	89
<b>6</b>	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>99</b>
6.1	ΓΕΝΙΚΑ.....	101

6.2	ΒΑΣΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ .....	101
6.3	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ.....	102
	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ .....</b>	<b>103</b>
	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....</b>	<b>105</b>
	ΜΕΡΟΣ Α.....	107
	ΜΕΡΟΣ Β .....	123





## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

---

Σχήμα 2.1: Πότε συμβαίνει ένα ατύχημα;.....	12
Σχήμα 2.2: Παράγοντες ατυχημάτων.....	15
Σχήμα 2.3: Σχηματική περιγραφή δυστυχήματος στην Τενερίφη .....	17
Σχήμα 2.4: Σχηματική περιγραφή δυστυχήματος στην Ταϊπέι.....	18
Σχήμα 2.5: Πιλοτήριο αεροσκαφών A319/A320/A321 .....	20
Σχήμα 2.6: Απαιτούμενο οπτικό πεδίο σύμφωνα με την FAA.....	20
Σχήμα 2.7: Οπτικό πεδίο σε αεροσκάφη A319/A320/A321 .....	21
Σχήμα 2.8: Οπτικό πεδίο πιλότου σε σχέση με τον ορίζοντα .....	22
Σχήμα 2.9: Οπτικό πεδίο πιλότου όταν κοιτάει δεξιά και αριστερά με ή χωρίς στροφή του κεφαλιού.....	22
Σχήμα 2.10: Οπτικό πεδίο πιλότου όταν κοιτάει 90° δεξιά ή αριστερά και η αύξηση του πεδίου στην περίπτωση που πλησιάζει το παράθυρο.....	23
Σχήμα 3.1: Κριτήριο a.1.....	30
Σχήμα 3.2: Ελάχιστη απόσταση αλλαγής κλίσεων.....	33
Σχήμα 3.3: Κριτήρια a.2, b, c, d για κατηγορίες διαδρόμου 1,2 σύμφωνα με EASA/ICAO.....	34
Σχήμα 3.4: Κριτήρια a.2, a.3, b, c, d για κατηγορία διαδρόμου 3 σύμφωνα με EASA/ICAO.....	34
Σχήμα 3.5: Κριτήρια a.2, a.3, b, c, d για κατηγορία διαδρόμου 4 σύμφωνα με EASA/ICAO.....	35
Σχήμα 3.6: Παράδειγμα ικανοποίησης κριτηρίου ορατότητας.....	36
Σχήμα 3.7: Παράδειγμα μη ικανοποίησης κριτηρίου ορατότητας.....	36
Σχήμα 3.8: Κριτήριο ορατότητας σε περίπτωση όπου δεν υπάρχει παράλληλος τροχόδρομος.....	36
Σχήμα 3.9: Διαμόρφωση ζώνης ορατότητας σε διασταύρωση διαδρόμων.....	37
Σχήμα 5.1: Παράδειγμα πολυγώνου με τις συντεταγμένες των κορυφών του. ....	81
Σχήμα 5.2: Προσδιορισμός θέσης σημείου βάσει αριθμού τομών ημιευθείας με σύνορο πολυγώνου (Crossing Number).....	82
Σχήμα 5.3: Ορθογώνιο εξωτερικά του πολυγώνου.....	82

<i>Σχήμα 5.4: Συνθήκη με βάση το <math>Y</math> του σημείου ελέγχου</i> .....	85
<i>Σχήμα 5.5: Συνθήκη με βάση το <math>X</math> του σημείου ελέγχου</i> .....	85

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

---

<i>Εικόνα 2.1: Συντριμία μετά το δυστύχημα στο Αεροδρόμιο του Βνούκοβο</i>	18
<i>Εικόνα 4.1: Περιεχόμενα αρχείου fm.air</i>	43
<i>Εικόνα 4.2: Περιεχόμενα αρχείου fm.shm (Σημαία, Χ.Θ., Ύψος, Ακτίνα)</i>	43
<i>Εικόνα 4.3: Περιεχόμενα αρχείου fm.avz</i>	45
<i>Εικόνα 4.4: Περιεχόμενα αρχείου fm.air</i>	46
<i>Εικόνα 4.5: Παράδειγμα σχεδίου avz.dxf</i>	47
<i>Εικόνα 4.6: Περιεχόμενα αρχείου fm.air</i>	48
<i>Εικόνα 4.7: Περιεχόμενα αρχείου fm.shm (Σημαία, Χ.Θ., Ύψος, Ακτίνα)</i>	48
<i>Εικόνα 4.8: Αποτέλεσμα για μη ικανοποίηση του κριτηρίου (a.1)</i>	49
<i>Εικόνα 4.9: Στοιχεία μηκοτομής που δεν ικανοποιεί το κριτήριο (a.2)</i>	50
<i>Εικόνα 4.10: Αποτέλεσμα για μη ικανοποίηση του κριτηρίου (a.2)</i>	50
<i>Εικόνα 4.11: Στοιχεία μηκοτομής που δεν ικανοποιεί το κριτήριο (a.3)</i>	51
<i>Εικόνα 4.12: Αποτέλεσμα για μη ικανοποίηση του κριτηρίου (a.3)</i>	51
<i>Εικόνα 4.13: Στοιχεία μηκοτομής που δεν ικανοποιεί το κριτήριο (b)</i>	52
<i>Εικόνα 4.14: Αποτέλεσμα για μη ικανοποίηση του κριτηρίου (b)</i>	52
<i>Εικόνα 4.15: Στοιχεία μηκοτομής που δεν ικανοποιεί το κριτήριο (c)</i>	53
<i>Εικόνα 4.16: Αποτέλεσμα για μη ικανοποίηση του κριτηρίου (c)</i>	53
<i>Εικόνα 4.17: Στοιχεία μηκοτομής που δεν ικανοποιεί το κριτήριο (d)</i>	54
<i>Εικόνα 4.18: Αποτέλεσμα για μη ικανοποίηση του κριτηρίου (d)</i>	54
<i>Εικόνα 4.19: Περιεχόμενα αρχείου fm.air για το Παράδειγμα I</i>	56
<i>Εικόνα 4.20: Στοιχεία μηκοτομής για το Παράδειγμα I (Σημαία, Χ.Θ., Ύψος, Ακτίνα)</i>	56
<i>Εικόνα 4.21: Διάγραμμα ορατότητας παραδείγματος I πρώτης κατεύθυνσης κίνησης α/φ</i>	57
<i>Εικόνα 4.22: Διάγραμμα ορατότητας παραδείγματος I δεύτερης κατεύθυνσης α/φ</i>	57
<i>Εικόνα 4.23: Στοιχεία μηκοτομής για το Παράδειγμα II (Σημαία, Χ.Θ., Ύψος, Ακτίνα)</i>	58
<i>Εικόνα 4.24: Διάγραμμα ορατότητας παραδείγματος II πρώτης κατεύθυνσης α/φ</i>	59

Εικόνα 4.25: Διάγραμμα ορατότητας παραδείγματος II δεύτερης κατεύθυνσης α/φ .....	59
Εικόνα 4.26: Περιεχόμενα αρχείου <i>fm.air</i> για το Παράδειγμα III .....	60
Εικόνα 4.27: Στοιχεία μηκοτομής για το Παράδειγμα III (Σημαία, Χ.Θ., Ύψος, Ακτίνα) .....	60
Εικόνα 4.28: Διάγραμμα ορατότητας παραδείγματος III πρώτης κατεύθυνσης α/φ .....	61
Εικόνα 4.29: Διάγραμμα ορατότητας παραδείγματος III δεύτερης κατεύθυνσης α/φ ....	61
Εικόνα 5.1: Δορυφορικός χάρτης νήσου Πάρου.....	67
Εικόνα 5.2: Θέση κρατικού αερολιμένα Πάρου.....	68
Εικόνα 5.3: Συντεταγμένες κορυφών κτιρίου .....	68
Εικόνα 5.4: Κάτοψη κτιρίου.....	69
Εικόνα 5.5: Υψόμετρο Κτιρίου .....	69
Εικόνα 5.6: Ψηφιακή αναπαράσταση κτιρίου.....	70
Εικόνα 5.7: Πλάτη ασφαλτοστρωμένων επιφανειών .....	71
Εικόνα 5.8: Απεικόνιση ανάγλυφου με τρίγωνα (αριστερά) και με ισοϋψείς (δεξιά) ....	71
Εικόνα 5.9: Παράδειγμα λανθασμένου και σωστού τριγωνισμού .....	72
Εικόνα 5.10: Παραγωγή πολυεδρικού ανάγλυφου από σύνολο δειγματικών σημείων ..	73
Εικόνα 5.11: Απεικόνιση ανάγλυφου με τρισδιάστατο σχέδιο ισοϋψών καμπύλων .....	74
Εικόνα 5.12: Παράθυρο εντολής <i>Import</i> της εφαρμογής <i>InRoads</i> .....	75
Εικόνα 5.13: Περιβάλλον επεξεργασίας επιφανειών του <i>InRoads</i> .....	75
Εικόνα 5.14: Παράθυρο εντολής <i>Triangulate</i> της εφαρμογής <i>InRoads</i> .....	76
Εικόνα 5.15: Περιβάλλον επεξεργασίας επιφάνειας με ενδεικτικά δεδομένα τριγώνων και ισοϋψών καμπύλων .....	76
Εικόνα 5.16: Μοντέλο εδάφους ανεπτυγμένο με τη μέθοδο του τριγωνισμού.....	77
Εικόνα 5.17: Δημιουργία <i>.dtm</i> αρχείου μέσω της εφαρμογής <i>InRoads</i> .....	77
Εικόνα 5.18: Σύνολο δημιουργημένων αρχείων <i>.dtm</i> στο <i>inRoads</i> .....	78
Εικόνα 5.19: Παράθυρο εντολής <i>Merge</i> της εφαρμογής <i>InRoads</i> .....	79
Εικόνα 5.20: Παράθυρο εντολής <i>Export</i> της εφαρμογής <i>InRoads</i> .....	80
Εικόνα 5.21: Τελική μορφή μοντέλου εδάφους.....	80
Εικόνα 5.22: Στοιχεία κορυφών πολυγώνου (X,Y,Z).....	86
Εικόνα 5.23: Τελική μορφή πολυγώνου πεδίου ελιγμών.....	86
Εικόνα 5.24: Περιεχόμενα αρχείου <i>fm.air</i> .....	87
Εικόνα 5.25: Περιεχόμενα αρχείου <i>fm.tri</i> .....	88

<i>Εικόνα 5.26: Παράδειγμα σχεδίου alx.dxf</i> .....	88
<i>Εικόνα 5.27: Μοντέλο εδάφους αεροδρομίου Πάρου</i> .....	89
<i>Εικόνα 5.28: Στοιχεία μηκοτομής διαδρόμου της Πάρου</i> .....	90
<i>Εικόνα 5.29: Μηκοτομή άξονα διαδρόμου</i> .....	90
<i>Εικόνα 5.30: Ορατότητα πιλότου στις Χ.Θ. 0+000 και 0+500 (σχέδιο alx.dxf)</i> .....	91
<i>Εικόνα 5.31: Ορατότητα πιλότου στις Χ.Θ. 1+000 και 1+500 (σχέδιο alx.dxf)</i> .....	92
<i>Εικόνα 5.32: Ορατότητα πιλότου στις Χ.Θ. 0+000 και 0+500 (σχέδιο alx.dxf)</i> .....	94
<i>Εικόνα 5.33: Ορατότητα πιλότου στις Χ.Θ. 1+000 και 1+500 (σχέδιο alx.dxf)</i> .....	95
<i>Εικόνα 5.34: Διαγράμματα Ορατότητας Διαδρόμου 35-17 προς το άκρο 17</i> .....	97
<i>Εικόνα 5.35: Διαγράμματα Ορατότητας Διαδρόμου 35-17 προς το άκρο 3</i> .....	97



## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

---

<i>Πίνακας 3.1: Κωδικός αναφοράς αεροδρομίου κατά ICAO/EASA .....</i>	<i>29</i>
<i>Πίνακας 3.2: Κωδικός αναφοράς αεροδρομίου κατά FAA.....</i>	<i>29</i>
<i>Πίνακας 3.3: Κλίση μεταξύ υψηλότερου και χαμηλότερου σημείου.....</i>	<i>30</i>
<i>Πίνακας 3.4: Μέγιστη κλίση σε όλο το μήκος του διαδρόμου.....</i>	<i>31</i>
<i>Πίνακας 3.5: Μέγιστη κλίση στο πρώτο και τελευταίο τέταρτο του διαδρόμου.....</i>	<i>31</i>
<i>Πίνακας 3.6: Ακτίνες καμπυλότητας.....</i>	<i>32</i>
<i>Πίνακας 3.7: Τιμές R για το κριτήριο απόστασης μεταξύ αλλαγών κλίσης.....</i>	<i>33</i>
<i>Πίνακας 3.8: Τιμές H για το κριτήριο ορατότητας.....</i>	<i>35</i>





# 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

1.1	ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ .....	3
1.2	ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	5
1.3	ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	6



## 1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Από πολύ παλαιά ο άνθρωπος πειραματιζόταν και εξελισσόταν σε πολλούς τομείς. Ένας από αυτούς ήταν η ανάγκη του να δαμάσει τον αέρα. Μόλις τον 20ο αιώνα, όμως, κατάφερε να εξελίξει σε τέτοιο βαθμό την αεροναυπηγική ώστε να πραγματοποιήσει τα πρώτα του ταξίδια μέσω αέρα. Σταδιακά η αερομεταφορά ανθρώπων και εμπορευμάτων εξελίχθηκε. Επιπλέον, η συνεχής άνοδος σε τεχνολογικό και οικονομικό επίπεδο και η ανάγκη για καλύτερες συνθήκες διαβίωσης ώθησε τον άνθρωπο στην ανάπτυξη και βελτίωση των αερομεταφορών.

Σήμερα, το αεροδρόμιο είναι η κύρια υποδομή για την πραγματοποίηση των αερομεταφορών. Σε ένα αεροδρόμιο διακρίνουμε την εναέρια υποδομή, η οποία περιλαμβάνει το σύστημα των διαδρόμων, των τροχοδρόμων και των δάπεδων στάθμευσης.

Η εναέρια υποδομή αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα τμήματα και συνήθως λαμβάνει πάνω από το 80% της συνολικής έκτασης σε ένα αεροδρόμιο. Ένα από τα βασικά στοιχεία που λαμβάνεται υπόψη στην κατασκευή του είναι η ασφάλεια των αεροσκαφών που θα κινηθούν σε αυτό. Για να εξασφαλιστεί αυτή η ασφάλεια κατά τον γεωμετρικό σχεδιασμό, είναι απαραίτητο να τηρούνται συγκεκριμένοι κανονισμοί.

Για της ανάγκες της παρούσας διπλωματικής εργασίας έγινε έρευνα στους κανονισμούς των εξής οργανισμών:

- Διεθνής Οργανισμός Πολιτικής Αεροπορίας (ICAO-International Civil Aviation Organization),
- Ευρωπαϊκός Οργανισμός Ασφάλειας της Αεροπορίας (EASA, European Aviation Safety Agency) και
- Ομοσπονδιακή Διοίκηση Αεροπορίας (FAA U.S. Federal Aviation Administration).

Ωστόσο, στα κεφάλαια που έπονται, οι προδιαγραφές που θα λαμβάνονται υπόψη θα είναι αυτές που ορίζει η EASA και πιο συγκεκριμένα, το εγχειρίδιο CS-ADR-DSN ISSUE 4.

Σύμφωνα με αυτές τις διατάξεις πραγματοποιείται κατάταξη των αεροδρομίων, συναρτήσει των φυσικών χαρακτηριστικών του κρίσιμου αεροσκάφους που το χρησιμοποιεί. Με βάση τον κωδικό αναφοράς που προκύπτει για κάθε αεροδρόμιο καθορίζονται τα φυσικά χαρακτηριστικά του συστήματος διαδρόμων και του τροχοδρομικού συστήματός του.

Ένα σημαντικό τμήμα των προδιαγραφών αυτών αναφέρεται στην χάραξη μηκοτομής του διαδρόμου αλλά και στις απαιτήσεις ορατότητας στον άξονά του. Είναι αναγκαίο να παρέχεται επαρκή ορατότητα, ώστε να μπορούν να κινηθούν τα αεροσκάφη σε αυτόν με ασφάλεια και ευκολία. Μπορεί να υπάρχει συνεχής επικοινωνία με τον πύργο ελέγχου, ο οποίος καθοδηγεί την κίνηση όλων των αεροσκαφών, αλλά προκύπτουν περιστατικά, είτε λόγω ανθρώπινου λάθους είτε λόγω τεχνικού προβλήματος, όπου

είναι απαραίτητο να υπάρχει μια ελάχιστη οπτική εμβέλεια ώστε να αποφευχθεί κάποιο ατύχημα έγκαιρα από τον πιλότο.

Η αναγκαιότητα ανάπτυξης ενός λογισμικού που ερευνά την ορατότητα των πιλότων των αεροσκαφών στο τροχοδρομικό σύστημα έγκειται στο γεγονός αποφυγής ατυχημάτων στην εναέρια υποδομή ενός αεροδρομίου. Έχουν καταγραφεί συμβάντα που αφορούν στη σύγκρουση αεροσκαφών στο έδαφος, μεταξύ των οποίων σημειώθηκαν και δυστυχήματα που κόστισαν τη ζωή εκατοντάδων επιβατών και μελών πληρώματος.

Επιπλέον, έχουν σημειωθεί αρκετά περιστατικά σύγκρουσης των φτερών των αεροπλάνων είτε με σταθερά εμπόδια είτε με άλλα αεροσκάφη. Για την αποφυγή τέτοιων συμβάντων κρίνεται απαραίτητη η μελέτη των επικίνδυνων σημείων στην εναέρια υποδομή ενός αεροδρομίου καθώς και ο σωστός σχεδιασμός του τροχοδρομικού συστήματος λαμβάνοντας υπόψη τα απαραίτητα μέτρα ασφαλείας, όπως η τήρηση των αποστάσεων ασφαλείας και των ελάχιστων αποστάσεων μεταξύ των τμημάτων της εναέριας υποδομής.

Οι κανονισμοί που σχετίζονται με την ορατότητα αναφέρονται μόνο στις 2 διαστάσεις, δηλαδή καθορίζουν την απαιτούμενη ορατότητα στον άξονα του διαδρόμου. Αυτό το γεγονός έχει σαν αποτέλεσμα να αγνοείται η ευρύτερη εικόνα του τροχοδρομικού συστήματος.

Για τη λύση του προβλήματος αυτού πρέπει να μελετηθεί η ορατότητα στο χώρο. Η μελέτη της στο χώρο είναι μία διαδικασία αρκετά σύνθετη που εξαρτάται από πολλές παραμέτρους. Δημιουργείται λοιπόν η ανάγκη της διευκόλυνσης του έργου του πολιτικού μηχανικού μέσω της τυποποίησης και αυτοματοποίησης του ελέγχου της ορατότητας με ηλεκτρονικό υπολογιστή.

## 1.2 ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

---

Ο βασικός στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι να μπορούν να προσδιοριστούν τα σημεία στο χώρο του αεροδρομίου τα οποία δεν είναι ορατά κατά την κίνηση ενός αεροσκάφους από το ένα άκρο του διαδρόμου στο άλλο, αλλά και κατά την κίνησή του στα υπόλοιπα τμήματα του τροχοδρομικού συστήματος. Στα πλαίσια της εργασίας αυτής δημιουργήθηκε υπολογιστικό πρόγραμμα, βασιζόμενο στο ήδη υπάρχον FM19 του επιστημονικού συνεργάτη του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου κ. Φώτη Μερτζάνη το οποίο διευκόλυνε την διερεύνηση της γενικότερης ορατότητας του πιλότου σε ένα αεροδρόμιο. Με τη βοήθεια του προγράμματος αυτού πραγματοποιείται μελέτη εφαρμογής για τον κρατικό αερολιμένα Πάρου (ΚΑΠΑ).

Επίσης, στην εν λόγω διπλωματική εργασία, παρατίθενται οι σχετικοί κανονισμοί σύμφωνα με ICAO, EASA και FAA και στη συνέχεια ελέγχεται αν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά μηκοτομής του διαδρόμου ακολουθούν τις αντίστοιχες προδιαγραφές με χρήση κατάλληλου λογισμικού που δημιουργήθηκε. Όσον αφορά την ορατότητα στον άξονα του διαδρόμου γίνεται χρήση του ίδιου λογισμικού, προκειμένου να δημιουργηθούν τα διαγράμματα ορατότητας με το διατιθέμενο μήκος ορατότητας και το απαιτούμενο μήκος με βάση αυτά που ορίζουν οι κανονισμοί.

Συμπερασματικά, στόχος της εργασίας είναι η δημιουργία μιας μεθοδολογίας σε αρχικό στάδιο που θα παρουσιάζει τη διαθέσιμη ορατότητα του πιλότου από οποιαδήποτε θέση του πεδίου ελιγμών ενός αεροδρομίου προς οποιαδήποτε άλλη και θα δίνεται η δυνατότητα να εντοπιστούν αυτές με τη μικρότερη ορατότητα. Συμπληρωματικός στόχος είναι η δημιουργία μιας δεύτερης μεθοδολογίας με τη βοήθεια του οποίου θα γίνεται έλεγχος των γεωμετρικών χαρακτηριστικών μηκοτομών, θα δημιουργούνται τα διαγράμματα ορατότητας στον άξονα του διαδρόμου και θα εντοπίζονται αυτόματα τυχόν προβλήματα. Συνδυάζοντας τα δύο αυτά λογισμικά θα παρέχονται οι απαραίτητες πληροφορίες ώστε να κριθεί αν η εξασφαλισμένη ορατότητα σε ένα τροχοδρομικό σύστημα είναι επαρκής ή όχι.

### **1.3 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

---

Στο υπό-κεφάλαιο παρουσιάζεται η δομή της διπλωματικής εργασίας και μια συνοπτική περιγραφή των κεφαλαίων που την απαρτίζουν.

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

Στο πρώτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια σύντομη εισαγωγή. Καταγράφεται ο αντικειμενικός σκοπός και οι στόχοι της εργασίας. Επίσης παρουσιάζεται η δομή της και τα κεφάλαια που την απαρτίζουν.

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

Το δεύτερο κεφάλαιο περιλαμβάνει τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, η οποία χωρίζεται σε δύο επιμέρους τμήματα. Το πρώτο μέρος εστιάζει σε αεροπορικά ατυχήματα, που έχουν λάβει χώρα στο πεδίο ελιγμών και τα οποία θα μπορούσαν να είχαν αποφευχθεί εάν υπήρχε καλύτερη ορατότητα. Το δεύτερο διερευνά το οπτικό πεδίο που έχει ο πιλότος από το πιλοτήριο και πως η γεωμετρία του τον επηρεάζει.

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται συνοπτικά με παράθεση σχετικών πινάκων και σχημάτων, οι κανονισμοί που σχετίζονται με την χάραξη της μηκοτομής του διαδρόμου και την ορατότητα σε αυτόν, βάσει των προδιαγραφών που ορίζονται από ICAO, EASA και FAA, οι οποίοι αποτελούν το θεωρητικό υπόβαθρο της εργασίας.

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο τρόπος ανάπτυξης και λειτουργίας του προγράμματος, όπου ελέγχεται αν τα χαρακτηριστικά της μηκοτομής ενός διαδρόμου συμμορφώνονται στους αντίστοιχους κανονισμούς της EASA και δημιουργούνται τα διαγράμματα ορατότητας. Στη συνέχεια πραγματοποιείται διερεύνηση, ανάλυση και παρουσίαση των αποτελεσμάτων του εν λόγω προγράμματος.

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

Στο πέμπτο κεφάλαιο ακολουθεί η δομή του τέταρτου κεφαλαίου. Αυτή τη φορά για το πρόγραμμα το οποίο εξετάζει τη γενικότερη ορατότητα ενός αεροδρομίου.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6**

Στο έκτο κεφάλαιο παρέχεται στον αναγνώστη συνοπτική εικόνα των συμπερασμάτων της παρούσας εργασίας. Επιπροσθέτως στο τέλος αναφέρονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα σχετικά με το αντικείμενο των αεροδρομίων.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ**

Στη συνέχεια αναφέρεται η πλήρης βιβλιογραφία, που χρησιμοποιήθηκε για την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

Τέλος, το παράρτημα περιλαμβάνει τον κώδικα του προγράμματος, που αναπτύσσεται στην παρούσα διπλωματική εργασία, σε γλώσσα προγραμματισμού FORTRAN.





## **2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ**

---

<b>2.1</b>	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2</b>	<b>ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ.....</b>	<b>11</b>
2.2.1	Γενικά.....	11
2.2.2	Ορισμοί.....	13
2.2.3	Αίτια Ατυχημάτων .....	15
2.2.4	Παραδείγματα Αεροπορικών Ατυχημάτων .....	16
<b>2.3</b>	<b>ΟΠΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΠΛΟΤΟΥ.....</b>	<b>19</b>



## 2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στο εισαγωγικό κεφάλαιο, η εν λόγω διπλωματική εργασία έχει ως σκοπό τη μελέτη της ορατότητας του πιλότου κατά τη κίνηση του αεροσκάφους στο τροχοδρομικό σύστημα ενός αεροδρομίου, το οποίο αποτελείται από τους διαδρόμους, τους τροχοδρόμους και τα δάπεδα στάθμευσης. Η κυριότερη αφορμή για την πραγματοποίηση αυτής της μελέτης είναι η αποφυγή μελλοντικών ατυχημάτων, τα οποία οφείλονται στην κακή ορατότητα του πιλότου.

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί γίνεται αναφορά στα αεροπορικά ατυχήματα, στις αιτίες που τα προκαλούν αλλά και σε παραδείγματα ατυχημάτων όπου η έλλειψη ορατότητας παίζει σημαντικό ρόλο.

Τέλος, παρατίθενται στοιχεία για την γεωμετρία του πιλοτηρίου και πως αυτό επηρεάζει το οπτικό πεδίο του πιλότου με τη βοήθεια σχετικών σχημάτων.

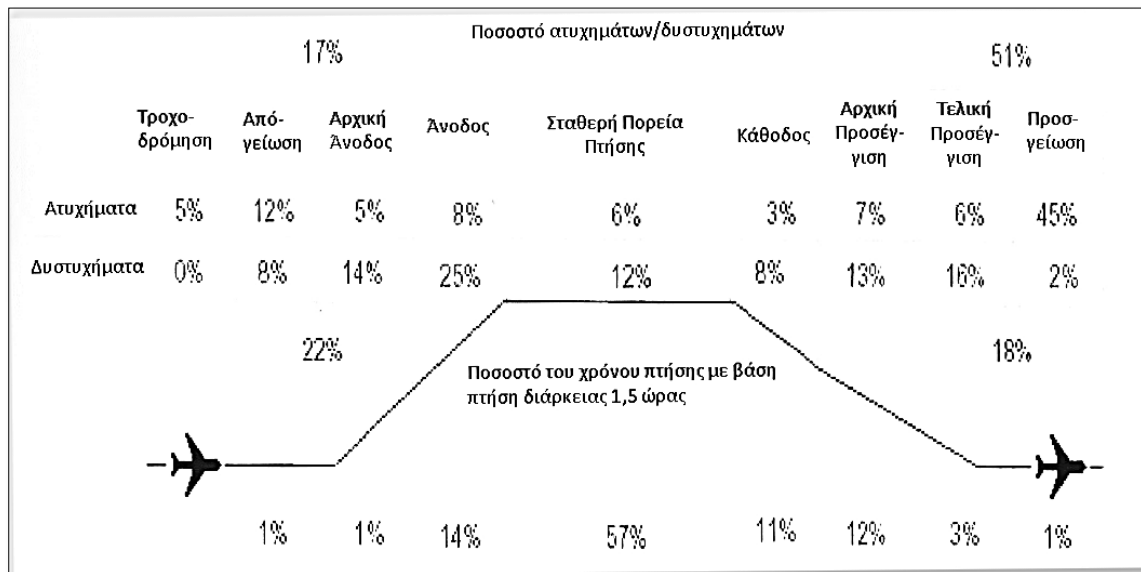
## 2.2 ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ

---

### 2.2.1 Γενικά

Η κατασκευή και η λειτουργία ενός αεροδρομίου είναι ένα πολύπλοκο και απαιτητικό εγχείρημα. Απαιτεί τη συνεννόηση και τη συνεργασία πολλών ατόμων, ομάδων, εταιρειών και την απασχόληση μεγάλου εργατικού δυναμικού. Παρά τη συλλογική τους προσπάθεια όμως, αεροπορικά ατυχήματα συνεχίζουν να συμβαίνουν, διότι ούτε ο άνθρωπος, ούτε τα μηχανήματα είναι τέλεια. Δεν προκαλεί έκπληξη άλλωστε, ότι παρόλο που η τεχνολογία εξελίσσεται ραγδαία, ατυχήματα συνεχίζουν να συμβαίνουν.

Για το μηχανικό, είναι χρήσιμο να ξέρει που, πότε και πως πραγματοποιείται η πλειοψηφία των ατυχημάτων. Έχει διαπιστωθεί ότι το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών λαμβάνει χώρα στο πεδίο ελιγμών των αεροδρομίων. Πιο συγκεκριμένα, περίπου το 80% του συνόλου των αεροπορικών ατυχημάτων συμβαίνουν λίγο πριν, μετά ή κατά τη διάρκεια της απογείωσης ή κατά την προσγείωση (Σχ. 2.1). Ο λόγος που παρατηρείται κάτι τέτοιο είναι ότι κατά τη διαδικασία απογείωσης και προσγείωσης, τα αεροσκάφη βρίσκονται πιο κοντά στο έδαφος από οποιαδήποτε άλλη στιγμή και συχνά δεν υπάρχει αρκετός χρόνος ή υψομετρική διαφορά, ώστε να γίνουν οι απαραίτητες διορθωτικές ενέργειες από τον πιλότο. Όταν το αεροσκάφος είναι κοντά στο έδαφος δεν υπάρχει μεγάλο περιθώριο για λάθη.



Σχήμα 2.1: Πότε συμβαίνει ένα ατύχημα;

Από τη γέννηση της πτήσης, αεροσκάφη έχουν συγκρουστεί, συχνά με σοβαρές συνέπειες. Αυτό οφείλεται στον χαρακτήρα της πτήσης, ο οποίος δεν συγχωρεί λάθη, όπου ένα σχετικά επουσιώδες μέσο, ο αέρας, υποστηρίζει μια σημαντική μάζα, η οποία δραστηριοποιείται μέσα σε αυτόν με δυναμικά τεχνολογικά μέσα. Εάν αποτύχει αυτή η υποστήριξη, τα ποσοστά για μια θετική έκβαση είναι πολύ περιορισμένα. Εξαιτίας αυτού, ο σχεδιασμός των αεροσκαφών στοχεύει στην ελαχιστοποίηση της πιθανότητας της αποτυχίας και οι πιλότοι εκπαιδεύονται με γνώμονα την ασφάλεια ως βασική αρχή. Παρόλα αυτά, τα ατυχήματα εξακολουθούν να συμβαίνουν, αν και τα στατιστικά στοιχεία φέρουν την πτήση ως την ασφαλέστερη μορφή μεταφοράς. Ωστόσο, ενώ οι πιθανότητες εμπλοκής σε ένα αεροπορικό ατύχημα είναι σήμερα σαφώς χαμηλές σε σύγκριση με άλλα μέσα μεταφοράς, οι πιθανότητες θανάτου σε μια τέτοια καταστροφή είναι σημαντικά υψηλότερες. Πράγματι η σχετική σπανιότητα των επεισοδίων, σε συνδυασμό με τα συχνά δραματικά αποτελέσματα, είναι ένας από τους λόγους που αποτελούν ακόμη τίτλους ειδήσεων.

## 2.2.2 Ορισμοί

➤ Ένα αεροπορικό ατύχημα ορίζεται σύμφωνα με την Επιτροπή Διερεύνησης Αεροπορικών Ατυχημάτων και Συμβάντων Κύπρου ως ένα γεγονός συνδεδεμένο με τη λειτουργία αεροσκάφους, το οποίο στην περίπτωση επανδρωμένου αεροσκάφους επέρχεται στο χρονικό διάστημα μεταξύ της στιγμής που ένα πρόσωπο επιβιβάζεται σε αεροσκάφος που πρόκειται να αναχωρήσει και της στιγμής που όλοι οι επιβαίνοντες έχουν αποβιβασθεί ή στην περίπτωση μη επανδρωμένου αεροσκάφους, συμβαίνει, στο χρονικό διάστημα, μεταξύ της στιγμής που το αεροσκάφος είναι έτοιμο να κινηθεί για να αναχωρήσει μέχρι τη στιγμή που φθάνει στο τέλος της διαδικασίας της πτήσης και το πρωτογενές σύστημα πρόωσης επενεργοποιείται, κατά το οποίο:

- a) επέρχεται θάνατος ή σοβαρός τραυματισμός προσώπου εξαιτίας:
- του γεγονότος ότι βρισκόταν μέσα στο αεροσκάφος, ή
  - άμεσης επαφής του με οποιοδήποτε τμήμα του αεροσκάφους, συμπεριλαμβανομένων των τμημάτων που τυχόν αποσπάστηκαν από το αεροσκάφος, ή
  - άμεσης έκθεσής του στα αέρια των στροβιλοκινητήρων,

εκτός αν πρόκειται για τραυματισμούς οφειλόμενους σε φυσικά αίτια, για αυτοτραυματισμούς ή τραυματισμούς από άλλα πρόσωπα ή σε περίπτωση που ο τραυματισμός συμβαίνει σε λαθρεπιβάτες που κρύβονται εκτός των ζωνών στις οποίες έχουν κανονικά πρόσβαση οι επιβάτες και το πλήρωμα ή

- b) το αεροσκάφος υφίσταται βλάβη ή θραύση στα δομικά του μέρη, η οποία αλλοιώνει τη δομική αντοχή του, τις επιδόσεις του ή τα πτητικά χαρακτηριστικά του και για την οποία κανονικά απαιτείται σημαντική επισκευή ή αντικατάσταση του δομικού στοιχείου που έχει υποστεί βλάβη.
- c) το αεροσκάφος απωλεσθεί ή είναι τελείως απρόσιτο.

➤ Ένας σοβαρός τραυματισμός, ορίζεται ως ο τραυματισμός που υφίσταται πρόσωπο σε περίπτωση ατυχήματος, ο οποίος έχει ως αποτέλεσμα:

- a) νοσηλεία του σε νοσοκομείο επί διάστημα μεγαλύτερο των 48 ωρών, η οποία αρχίζει εντός διαστήματος επτά ημερών από την ημερομηνία κατά την οποία επήλθε ο τραυματισμός
- b) κατάγμα οστού (εκτός από απλά κατάγματα δακτύλων του χεριού, δακτύλων του ποδιού ή της μύτης)
- c) ρήξης της συνέχειας ιστών με αποτέλεσμα σοβαρή αιμορραγία ή βλάβη νεύρων, μυών ή τενόντων
- d) βλάβη σε οποιοδήποτε εσωτερικό όργανο
- e) εγκαύματα δεύτερου ή τρίτου βαθμού ή οποιαδήποτε άλλα εγκαύματα σε ποσοστό μεγαλύτερο του 5% της επιφάνειας του σώματος

- f) εξακριβωμένη έκθεση σε μολυσματικές ουσίες ή σε επιβλαβή ακτινοβολία και σοβαρός τραυματισμός θα πρέπει να ερμηνεύονται αναλόγως
- Ως σοβαρό συμβάν ορίζεται ένα συμβάν, το οποίο συνδέεται με την λειτουργία αεροσκάφους και συντελείται υπό συνθήκες από τις οποίες διαφαίνεται ότι υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να σημειωθεί ατύχημα. Τα περιστατικά που απαριθμούνται πιο κάτω αποτελούν τυπικά παραδείγματα σοβαρών συμβάντων:
- a) Παραλίγο σύγκρουση, κατά την οποία απαιτήθηκε ελιγμός για την αποφυγή της σύγκρουσης ή όταν ένας ελιγμός θα ήταν σκόπιμος για να αποφευχθεί σύγκρουση ή επικίνδυνη κατάσταση.
  - b) Περιστατικό στο οποίο αποσοβήθηκε ελεγχόμενη πτήση εδάφους (CFIT)
  - c) Ματαίωση απογείωσης σε κλειστό ή κατειλημμένο διάδρομο ή απογείωση από ένα διάδρομο με οριακή απόσταση από εμπόδιο.
  - d) Προσγείωση ή απόπειρα προσγείωσης σε κλειστό ή κατειλημμένο διάδρομο.
  - e) Αποτυχία επίτευξης προβλεπόμενων επιδόσεων κατά την απογείωση ή το αρχικό στάδιο ανόδου.
  - f) Όλες οι πυρκαγιές και καπνοί στο θάλαμο επιβατών, στον χώρο αποθήκευσης φορτίου ή πυρκαγιές στον κινητήρα, ακόμα και αν η πυρκαγιά κατασβέστηκε με πυροσβεστικό υλικό.
  - g) Οποιαδήποτε γεγονότα τα οποία απαιτούν τη χρήση εφεδρικού οξυγόνου από το πλήρωμα της πτήσης.
  - h) Δομική ανεπάρκεια αεροσκάφους ή διαμελισμός κινητήρα που δεν έχει χαρακτηριστεί ως ατύχημα.
  - i) Πολλαπλές δυσλειτουργίες ενός ή περισσότερων συστημάτων του αεροσκάφους που επηρεάζουν σοβαρά τη λειτουργία του.
  - j) Σε κάθε περίπτωση αδιαθεσίας μέλους του πληρώματος κατά την πτήση.
  - k) Κατάσταση καυσίμων η οποία θα απαιτούσε τη δήλωση έκτακτης ανάγκης από τον κυβερνήτη.
  - l) Περιστατικά κατά την απογείωση ή την προσγείωση όπως η απόκλιση από τον διάδρομο ή από τις πλευρές των διαδρόμων.
  - m) Αδυναμίες του συστήματος, μετεωρολογικά φαινόμενα, πτήση εκτός του εγκεκριμένου σχεδίου πτήσης ή άλλα περιστατικά που θα μπορούσαν να προκαλέσουν δυσκολίες στον έλεγχο του αεροσκάφους.
  - n) Αποτυχία σε περισσότερα του ενός συστήματα ή σε ένα σύστημα, το οποίο είναι υποχρεωτικό για την καθοδήγηση της πτήσης και της πλοήγησης.

### 2.2.3 Αίτια Ατυχημάτων

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως η πλειοψηφία των αεροπορικών ατυχημάτων συμβαίνουν λίγο πριν, μετά ή κατά τη διάρκεια της απογείωσης ή την προσγείωση. Κατά τη διάρκεια της πτήσης οι καταστροφές είναι σπάνιες αλλά δεν είναι εντελώς ανύπαρκτες. Σε ένα ατύχημα (έρευνα της Boeing για αεροπορικά ατυχήματα από το 1996 έως και το 2005) προσδιορίζονται οι κυριότεροι παράγοντες να είναι οι εξής:

- 55% Λάθος του πληρώματος πτήσης
- 17% Μηχανική βλάβη
- 13% Καιρός
- 5% Λάθος ελεγκτών εναέριας κυκλοφορίας
- 3% Ανεπαρκής Συντήρηση
- 7% Άλλο



Σχήμα 2.2: Παράγοντες ατυχημάτων

Η εν λόγω μελέτη περιλαμβάνει 183 ατυχήματα και δίνει μια καλή εικόνα για τον εντοπισμό των παραγόντων που προκαλούν ατυχήματα συχνότερα.

Ωστόσο, είναι σπάνιο για ένα ατύχημα να συνδέεται με μία και μόνο αιτία. Σχεδόν κάθε ατύχημα είναι το αποτέλεσμα μιας αλυσίδας γεγονότων και οι αναφορές ατυχημάτων, συνήθως, κάνουν μια διάκριση μεταξύ της κύριας αιτίας και μιας σειράς άλλων παραγόντων. Η κύρια αιτία είναι συνήθως ο ανθρώπινος παράγοντας και για να προληφθεί αυτή η πηγή των ατυχημάτων, τα πληρώματα καλούνται να εκπαιδεύονται τακτικά.

Οι κατασκευαστές αεροσκαφών συχνά καθυστερούν να δεχθούν ότι πτυχές του σχεδιασμού μπορεί να διαδραματίσουν ρόλο στην πρόκληση ατυχημάτων, βρίσκουν πιο βολικό να δηλώσουν ότι τα μέλη του πληρώματος είναι υπεύθυνα. Στην πραγματικότητα, η σύνθετη αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπινου παράγοντα και εξοπλισμού του αεροσκάφους δημιουργεί συχνά ένα γόνιμο έδαφος στο οποίο το ανθρώπινο λάθος θα μπορεί να ευδοκιμήσει.

#### 2.2.4 Παραδείγματα Αεροπορικών Ατυχημάτων

##### i. ΤΕΝΕΡΙΦΗ 1977

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου ατυχήματος, το οποίο προήλθε από συνδυασμό των παραπάνω αιτιών, είναι το πλέον πολύνεκρο δυστύχημα στην ιστορία της πολιτικής αεροπορίας, όπου το 1977 στο διάδρομο του αεροδρομίου της Τενερίφης δύο Boeing 747 συγκρούονται και 583 άνθρωποι βρίσκουν τραγικό θάνατο, ενώ οι επιζώντες είναι μόλις 61.

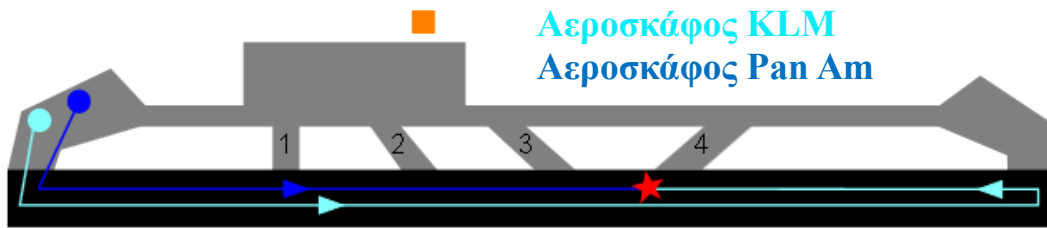
Όλα ξεκινούν λίγο μετά τη μία το μεσημέρι όταν εκρήγνυται μια βόμβα στο αεροδρόμιο της νήσου Γκραν Κανάρια, του δεύτερου μεγαλύτερου νησιού του συμπλέγματος. Οι αρχές διακόπτουν αμέσως τη λειτουργία του αεροδρομίου και διοχετεύουν την εναέρια κυκλοφορία στο αεροδρόμιο «Λος Ροντέος» της γειτονικής Τενερίφης όπου, πολύ γρήγορα, σημειώνεται το αδιαχώρητο από τα σταθμευμένα αεροπλάνα, προκαλώντας πονοκέφαλο στους ελεγκτές του πύργου ελέγχου. Επιπρόσθετα μια πυκνή ομίχλη καλύπτει κάθε σπιθαμή του αεροδρομίου.

Ανάμεσα στα σταθμευμένα αεροσκάφη είναι και τα δύο μοιραία 747. Το ένα ανήκε στην αμερικανική εταιρεία Pan-Am (δεν υπάρχει σήμερα) και εκτελούσε την πτήση 1736 «Λος Άντζελες – Νέα Υόρκη – Γκραν Κανάρια» με 380 επιβάτες και 16μελές πλήρωμα. Το δεύτερο ήταν της ολλανδικής KLM και εκτελούσε την πτήση 4085 «Άμστερνταμ – Γκραν Κανάρια» με 234 επιβάτες και 14μελές πλήρωμα.

Γύρω στις 5 το απόγευμα το αεροδρόμιο των Γκραν Κανάρια επανέρχεται σε λειτουργία και ο πύργος ελέγχου της Τενερίφης αρχίζει να δίνει εντολές για τη σταδιακή αναχώρηση των αεροσκαφών. Η ορατότητα στον διάδρομο απογείωσης όμως είναι χαμηλή εξαιτίας της ομίχλης, ενώ η επικοινωνία μεταξύ πύργου ελέγχου και αεροσκαφών γίνεται δια ασυρμάτου καθώς δεν υπάρχει επίγειο ραντάρ.

Μια σειρά παρανοήσεων φέρνει τα δύο 747 αντιμέτωπα στον διάδρομο απογείωσης.





Σχήμα 2.3: Σχηματική περιγραφή δυστυχήματος στην Τενερίφη

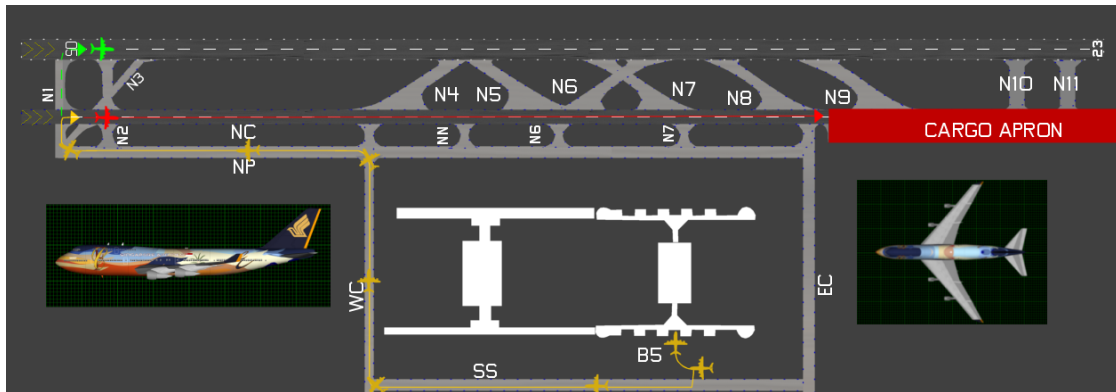
Όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.3, το αεροσκάφος της KLM ξεκινά την απογείωση ενώ στο διάδρομο τροχοδρομεί το αεροσκάφος της Pan Am, το οποίο είναι έτοιμο να κινηθεί στην έξοδο 4, παρόλο που έχει εντολή από τον πύργο ελέγχου να κινηθεί στην έξοδο 3. Παράλληλα, το πλήρωμα της KLM λόγω των παρεμβολών στην επικοινωνία έχει την εντύπωση πως του δίνεται άδεια για απογείωση, κάτι το οποίο προφανώς δε συμβαίνει.

Η σύγκρουση είναι σφοδρή μετατρέποντας τα πάντα σε κόλαση. Από το Boeing της KLM δεν επιζεί ούτε ένας, από το αμερικανικό σκοτώνονται 258 επιβαίνοντες, 61 τραυματίζονται και μόλις 61 βγαίνουν σώοι.

Η αεροπορική τραγωδία της Τενερίφης δίνει το έναυσμα προκειμένου να ληφθούν μέτρα για την αποφυγή παρόμοιων περιστατικών στο μέλλον. Τα κυριότερα μέτρα που λαμβάνει ο ICAO είναι η καθιέρωση τυποποιημένης φρασεολογίας μεταξύ πύργου ελέγχου και πιλότου, ώστε να αποφεύγονται οι όποιες παρανοήσεις και η αποδυνάμωση της απόλυτης εξουσίας του κυβερνήτη στο αεροσκάφος, που ίσχυε έως τότε. Στο εξής τα μέλη του πληρώματος ενθαρρύνονται να εκφράζουν τις αντιρρήσεις τους προς τον πιλότο, όσον αφορά σε θέματα ασφάλειας της πτήσης, ενώ εκείνος οφείλει να λαμβάνει υπόψη τις παρατηρήσεις των υφισταμένων του προτού πάρει κάποια σημαντική απόφαση.

## ii. ΤΑΪΠΕΪ 2000

Στο αεροδρόμιο Chiang Kai-shek της Ταϊπέι τον Οκτώβριο του 2000 λαμβάνει χώρα ένα ακόμα σοβαρό ατύχημα. Σε αυτό το συμβάν, καθοριστικό ρόλο παίζει ο ανθρώπινος παράγοντας αλλά και οι καιρικές συνθήκες. Πιο συγκεκριμένα, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.4 το αεροσκάφος επιχειρεί την απογείωσή του από το διάδρομο 5R, ο οποίος εκείνη την περίοδο είναι κλειστός λόγω επισκευών, ενώ του έχει δοθεί άδεια για απογείωση στον παράλληλο 5L. Στο διάδρομο 5R βρίσκονται μηχανήματα τα οποία, υπό κανονικές συνθήκες, θα ήταν έγκαιρα ορατά από τον πιλότο. Ωστόσο λόγω της έντονης βροχής κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό, με αποτέλεσμα το αεροσκάφος να συγκρουστεί με κάποια από τα μηχανήματα όπου 83 άνθρωποι χάνουν τη ζωή τους.



Σχήμα 2.4: Σχηματική περιγραφή δυστυχήματος στην Ταϊπέι

iii. ΜΟΣΧΑ 2014

Τον Οκτώβριο του 2014 στο Διεθνές Αεροδρόμιο του Βνούκοβο, στα προάστια της Μόσχας, ιδιωτικό τζετ συγκρούεται κατά την απογείωση του, με εκχιονιστικό μηχάνημα το οποίο βρισκόταν πάνω στο διάδρομο. Το δυστύχημα σημειώνεται σε συνθήκες κακής ορατότητας λόγω χιονιού. Όλοι οι επιβαίνοντες στο αεροσκάφος σκοτώνονται ακαριαία την στιγμή της σύγκρουσης 40 δευτερόλεπτα μετά την έναρξη της διαδικασίας της απογείωσης, ενώ ο οδηγός του εκχιονιστικού τραυματίζεται.



Εικόνα 2.1: Συντρίμια μετά το δυστύχημα στο Αεροδρόμιο του Βνούκοβο

iv. ΧΑΝΙΑ 2019

Ένα μικρότερης σημασίας ατύχημα συμβαίνει τον Ιούνιο του 2019 στο αεροδρόμιο των Χανίων όπου προκαλείται αναστάτωση, όταν ένα αεροσκάφος της σκανδιναβικής εταιρείας SAS Scandinavian Airlines συγκρούεται με ένα όχημα στήριξης εδάφους. Το όχημα χτυπάει το αεροσκάφος στην άτρακτο με αποτέλεσμα αυτό να μην μπορεί να απογειωθεί για να εκτελέσει την προγραμματισμένη του πτήση. Το σκάφος καθλώνεται στο έδαφος, όπως επίσης και οι επιβάτες που επρόκειτο να ταξιδέψουν με τη συγκεκριμένη πτήση. Ευτυχώς δεν υπάρχουν τραυματισμοί, παρά μόνο καθυστερήσεις πολλών πτήσεων.

Στα παραπάνω ατυχήματα, παρά τα λάθη που συνέβησαν, λόγω ανθρώπινης αμέλειας, τα οποία σαφώς έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην τελική δυσάρεστη έκβαση, είναι σχεδόν βέβαιο, ότι τα ατυχήματα θα είχαν αποφευχθεί, αν υπήρχε η απαιτούμενη ορατότητα.

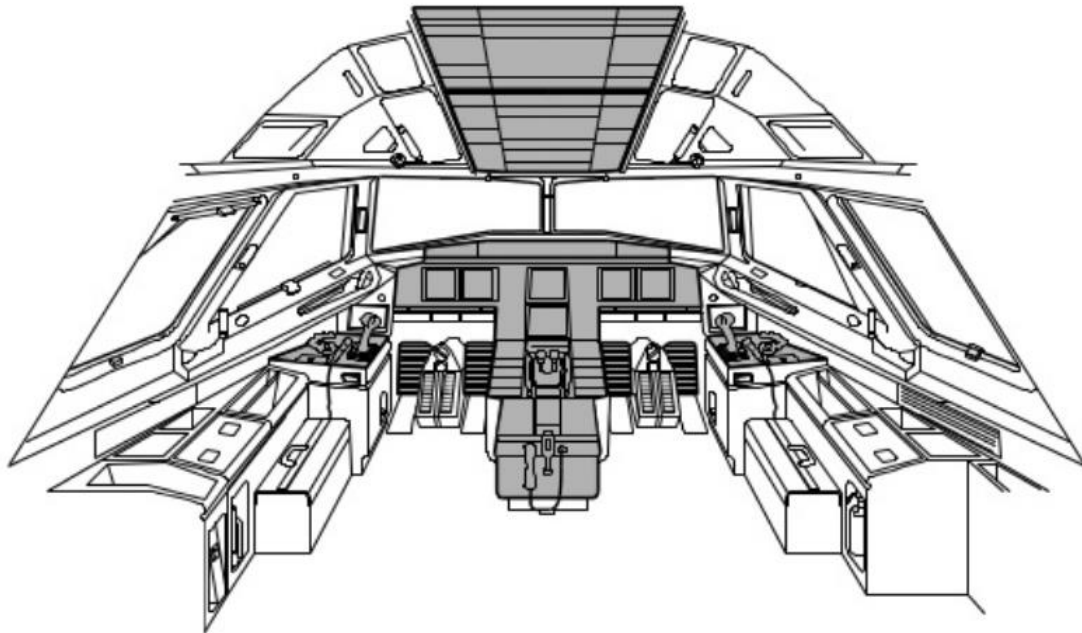
---

### 2.3 ΟΠΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΠΙΛΟΤΟΥ

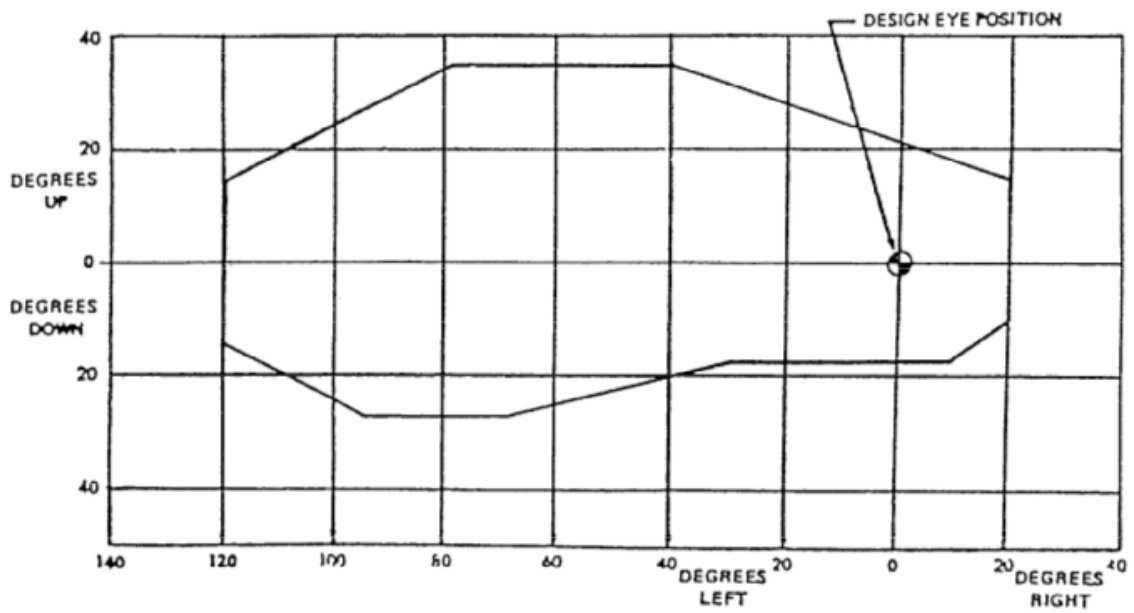
---

Σε γενικές γραμμές, οι πιλότοι χρειάζεται να έχουν καλή ορατότητα ώστε να εκτελέσουν τους απαραίτητους ελιγμούς κατά την ομαλή λειτουργία του αεροσκάφους. Σύμφωνα με κανονισμούς της FAA (*Federal Aviation Regulations Part 225, Section 773- Pilot Compartment View*), για περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει κάποιο είδος κατακρήμνισης:

*“Το πιλοτήριο πρέπει να διατάσσεται με τέτοιο τρόπο ώστε να δίνει στους πιλότους μία επαρκή, εκτενή, καθαρή και χωρίς στρεβλώσεις θέα, η οποία θα τους επιτρέπει να πραγματοποιούν με ασφάλεια οποιοδήποτε ελιγμό, συμπεριλαμβανομένων της τροχοδρόμησης, της απογείωσης, της προσέγγισης και της προσγείωσης. “*



Σχήμα 2.5: Πιλοτήριο αεροσκαφών A319/A320/A321



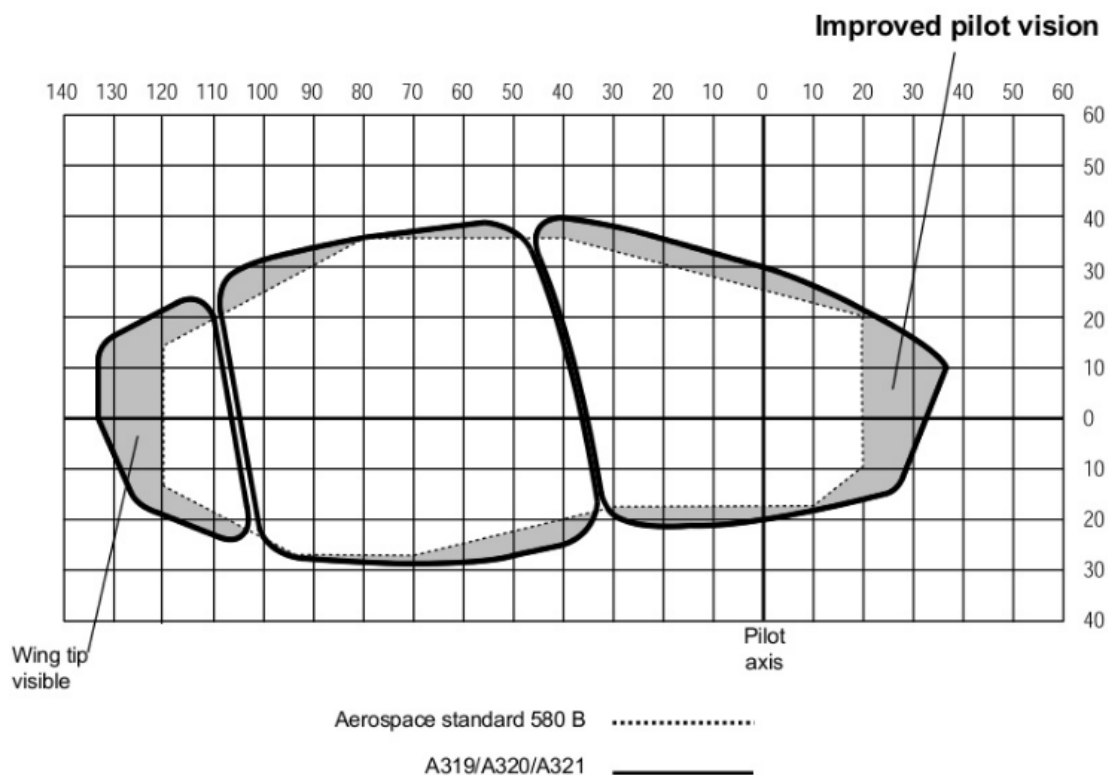
Σχήμα 2.6: Απαιτούμενο οπτικό πεδίο σύμφωνα με την FAA

Η FAA δίνει συγκεκριμένες οδηγίες για να εξασφαλιστεί η απαιτούμενη θέα στην καμπίνα του πιλότου στο τεύχος *FAA AC 25.773-1 Pilot Compartment View design considerations*.

Το *σχήμα 2.6* δείχνει το ιδανικό οπτικό πεδίο από το πιλοτήριο για αποφυγή συγκρούσεων, όταν ο πιλότος είναι στην αριστερή θέση.

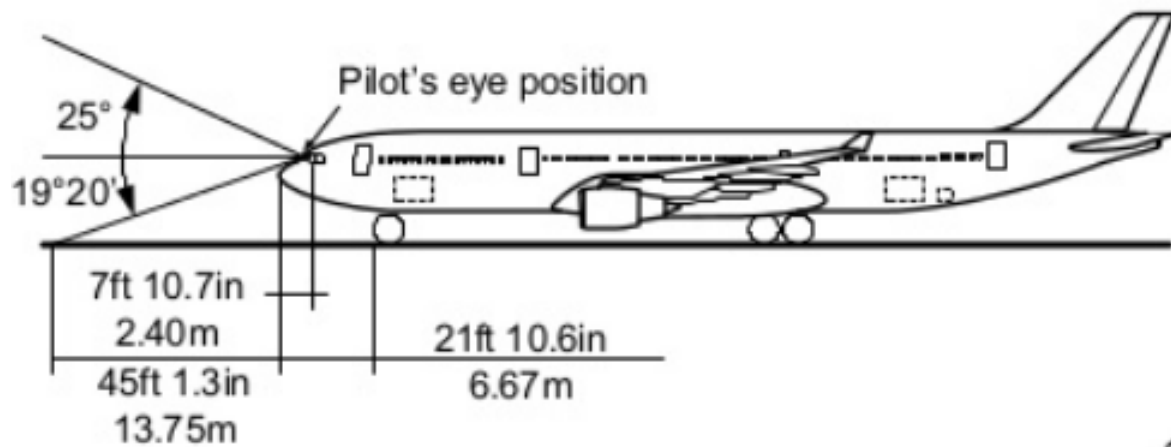
Η ορατότητα του πιλότου δεν είναι ίδια σε κάθε περίπτωση αλλά εξαρτάται από τον τύπο του αεροσκάφους και το ύψος της θέσης του πιλότου. Στα μικρότερα αεροσκάφη, υπάρχει καλύτερη θέα της γύρω περιοχής, ενώ στα μεγάλα αεροσκάφη είναι λίγο πιο περιορισμένη.

Συνήθως, τα αεροσκάφη προσφέρουν καλύτερη ορατότητα από αυτή που προτείνουν οι οδηγίες της FAA. Για παράδειγμα η διαμόρφωση των αεροσκαφών τύπου A319/320/321 προσφέρει μεγαλύτερη οπτική εμβέλεια όπως γίνεται αντιληπτό και από το *σχήμα 2.7*.

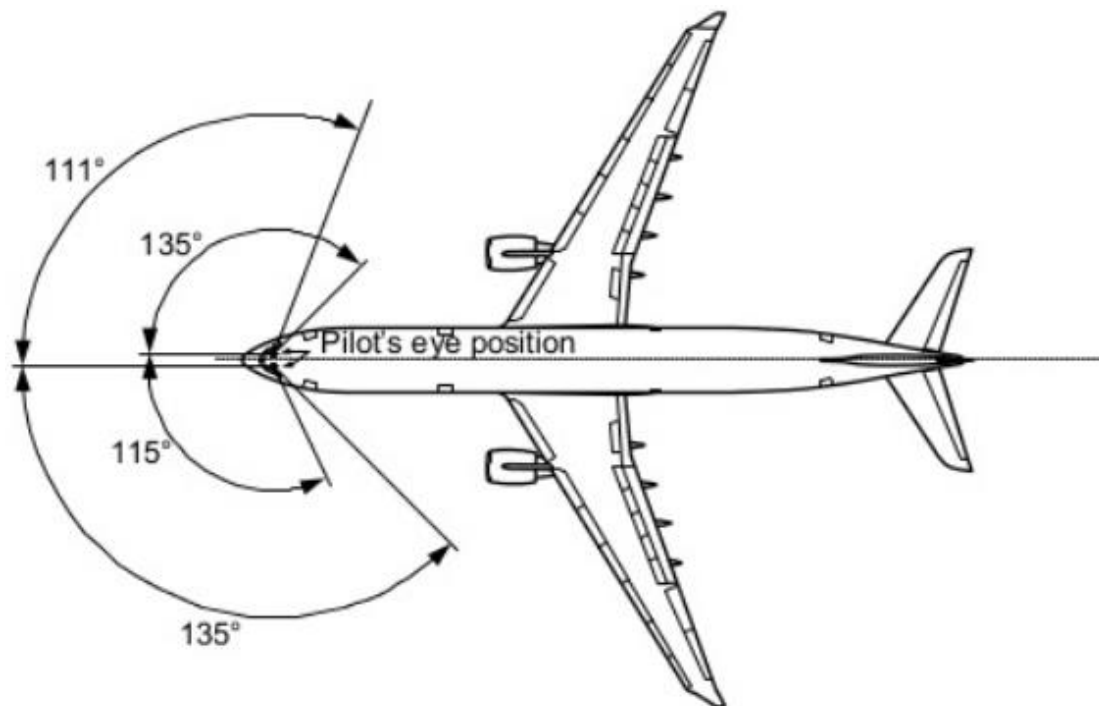


*Σχήμα 2.7: Οπτικό πεδίο σε αεροσκάφη A319/A320/A321*

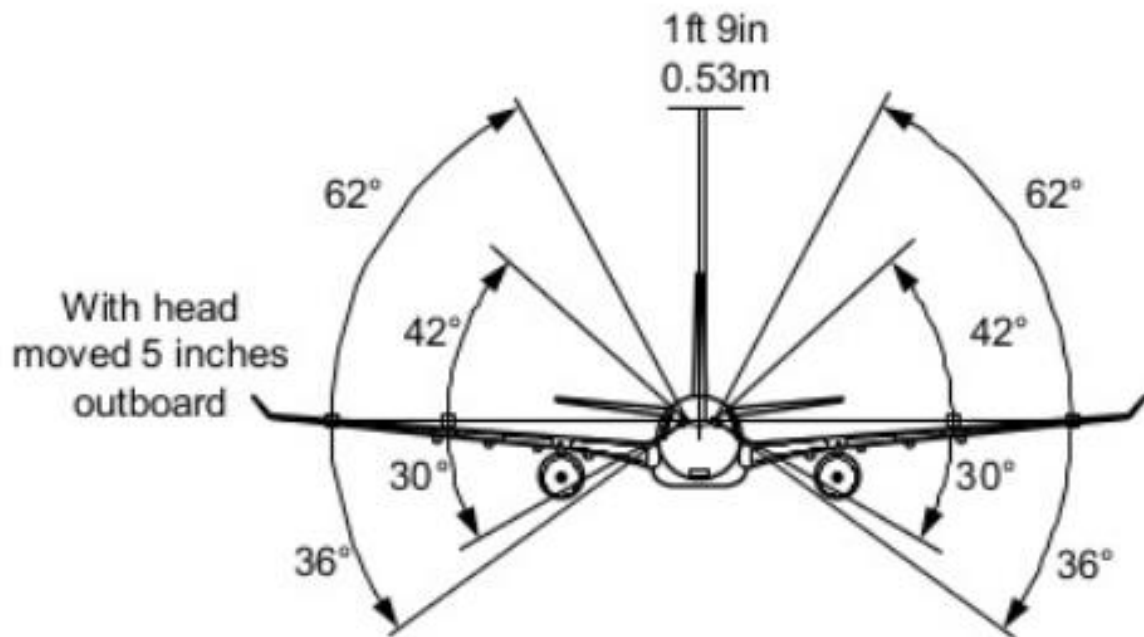
Ο πιλότος μπορεί να έχει οπτική επαφή μέχρι και 20 περίπου μοίρες κάτω από τον ορίζοντα και 25-30 μοίρες πάνω από τον ορίζοντα (*Σχ. 2.8*), το οποίο είναι λιγότερο από ένα συνηθισμένο αυτοκίνητο, ενώ στρέφοντας το κεφάλι του δεξιά ή αριστερά αναλόγως τη θέση του, μπορεί να δει μέχρι και την άκρη του φτερού (*Σχ. 2.9*). Στα σχήματα που ακολουθούν γίνεται καλύτερα αντιληπτό το εύρος, στο οποίο έχει τη δυνατότητα να έχει οπτική επαφή ο πιλότος.



Σχήμα 2.8: Οπτικό πεδίο πιλότου σε σχέση με τον ορίζοντα



Σχήμα 2.9: Οπτικό πεδίο πιλότου όταν κοιτάει δεξιά ή αριστερά με ή χωρίς στροφή του κεφαλιού



Σχήμα 2.10: Οπτικό πεδίο πιλότου όταν κοιτάει 90° δεξιά ή αριστερά και η αύξηση του πεδίου στην περίπτωση που πλησιάζει το παράθυρο





## 3 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

---

<b>3.1</b>	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>27</b>
<b>3.2</b>	<b>ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΒΑΣΕΙ ICAO, EASA, FAA .....</b>	<b>28</b>
3.2.1	Κωδικός Αναφοράς Αεροδρομίων.....	28
3.2.2	Μηκοτομή Διαδρόμου Αεροδρομίου.....	30
3.2.2.1	Κριτήριο (a.1): Κλίση μεταξύ υψηλότερου και χαμηλότερου σημείου .....	30
3.2.2.2	Κριτήρια (a.2) και (a.3): Κατά μήκος κλίση στο διάδρομο και στα ακραία τέταρτα του.....	31
3.2.2.3	Κριτήριο (b): Αλλαγή κλίσης.....	32
3.2.2.4	Κριτήριο (c): Μήκος κατακόρυφης καμπύλης.....	32
3.2.2.5	Κριτήριο (d): Απόσταση μεταξύ αλλαγών κλίσης.....	33
3.2.2.6	Κριτήριο (e): Εξασφάλιση ορατότητας.....	35



### 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

Για την πιο αποδοτική και ασφαλή λειτουργία του αεροσκάφους, ένας διάδρομος με ενιαία και όσο το δυνατόν μικρότερη κλίση θα ήταν ιδανικός. Ωστόσο, κάτι τέτοιο είναι σπάνια επιτεύξιμο στην πράξη. Μια ζώνη ασφαλείας διαδρόμου περιβάλλει τεράστια έκταση, και η δημιουργία της απαιτεί εκσκαφή και μετακίνηση γιγαντιαίας ποσότητας γαιών. Το κόστος μίας τέτοιας εργασίας ουσιαστικά αποκλείει το ενδεχόμενο ενός τελείως οριζόντιου διαδρόμου. Παρόλα αυτά, για να επιτευχθούν ομαλές, άνετες και ασφαλείς προσγειώσεις και απογειώσεις, οι κατά μήκος κλίσεις πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο οριζόντιες γίνεται, και οι αλλαγές τους αν είναι δυνατόν να αποφεύγονται. Επιπλέον αχρείαστα μεγάλες κλίσεις προκαλούν μεγαλύτερα απαιτούμενα μήκη διαδρόμου, και συνεπώς αυξάνονται τα κόστη κατασκευής. Στις περιπτώσεις λοιπόν που δεν είναι εφικτή ούτε μια τελείως οριζόντια κλίση, ούτε η αποφυγή αλλαγών κλίσεων είναι αναγκαίο να ακολουθούνται κάποιοι κανονισμοί αναλόγως της κατηγορία του αεροσκάφους που θα προσγειωθεί στον εν λόγω διάδρομο.

Στη συνέχεια επιχειρείται μια συγκριτική παρουσίαση των κανονισμών που σχετίζονται με την χάραξη της μηκοτομής και τις απαιτήσεις ορατότητας των προδιαγραφών ICAO, EASA και FAA.

## 3.2 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΒΑΣΕΙ ICAO, EASA, FAA

---

### 3.2.1 Κωδικός Αναφοράς Αεροδρομίων

Ως κωδικό αναφοράς για κάθε αεροδρόμιο, ο ICAO, η EASA και η FAA χρησιμοποιούν έναν απλό συνδυασμό δύο ψηφίων.

Για κάθε τύπο αεροσκάφους το πρώτο ψηφίο του κώδικα ICAO καθορίζεται από το μήκος αναφοράς διαδρόμου, το ελάχιστο μήκος διαδρόμου που απαιτεί το αεροσκάφος αναφοράς για απογείωση με το μέγιστο πιστοποιημένο βάρος απογείωσης, στο υψόμετρο της θάλασσας και σε συνθήκες σταθερής ατμόσφαιρας, χωρίς άνεμο και χωρίς κλίση. Το δεύτερο ψηφίο καθορίζεται από το πιο απαιτητικό από τα δύο φυσικά χαρακτηριστικά του αεροσκάφους: το άνοιγμα των φτερών και την απόσταση των εξωτερικών πλευρών των βασικών τροχών.

Η EASA χρησιμοποιεί τα ίδια κριτήρια για τον προσδιορισμό του κωδικού αναφοράς, με τη μόνη διαφορά ότι δε λαμβάνει υπόψη την απόσταση των εξωτερικών πλευρών των βασικών τροχών. Στην πράξη και ο κωδικός αναφοράς του ICAO καθορίζεται ουσιαστικά από το άνοιγμα φτερών του πιο απαιτητικού αεροσκάφους μόνο, καθώς η απόσταση των εξωτερικών πλευρών των βασικών τροχών δεν τα τοποθετεί ποτέ σε μεγαλύτερη κατηγορία από αυτή που βασίζεται στο άνοιγμα των φτερών τους. Έτσι ο κωδικός αναφοράς ενός αεροδρομίου αντιστοιχεί στον κωδικό του πιο απαιτητικού αεροσκάφους που εξυπηρετεί.

Με ανάλογο τρόπο η FAA χρησιμοποιεί την ταχύτητα προσέγγισης του αεροσκάφους για να προσδιορίσει το πρώτο ψηφίο του κωδικού αναφοράς και το άνοιγμα των φτερών για το δεύτερο.

Πίνακας 3.1: Κωδικός αναφοράς αεροδρομίου κατά ICAO/EASA

Στοιχείο 1 κωδικού ICAO/EASA		Στοιχείο 2 κωδικού ICAO/EASA	
Κωδικός Αριθμός	Μήκος αναφοράς αεροσκάφους (RFL)	Κωδικό Γράμμα	Ανοιγμα Φτερών (WS)
1	RFL < 800 m	A	WS < 15 m
2	800 m ≤ RFL < 1.200 m	B	15 m ≤ WS < 24 m
3	1200 m ≤ RFL < 1.800 m	C	24 m ≤ WS < 36 m
4	1.800 m ≤ RFL	D	36 m ≤ WS < 52 m
		E	52 m ≤ WS < 65 m
		F	65 m ≤ WS < 80 m

Πίνακας 3.2: Κωδικός αναφοράς αεροδρομίου κατά FAA

Στοιχείο 1 κωδικού FAA		Στοιχείο 2 κωδικού FAA	
Κατηγορία Αεροσκάφους κατά την προσέγγιση	Ταχύτητα προσέγγισης αεροσκάφους (AS) σε κόμβους	Αεροσκάφος Σχεδιασμού	Ανοιγμα Φτερών (WS)
A	AS < 91	I	WS < 49 ft (15 m)
B	91 ≤ RFL < 121	II	49 ft (15 m) ≤ WS < 79 ft (24 m)
C	121 ≤ RFL < 141	III	79 ft (24 m) ≤ WS < 118 ft (36 m)
D	141 ≤ RFL < 166	IV	118 ft (36 m) ≤ WS < 171 ft (52 m)
E	166 ≤ RFL	V	171 ft (52 m) ≤ WS < 214 ft (65 m)

### 3.2.2 Μηκοτομή Διαδρόμου Αεροδρομίου

Η FAA, ο ICAO και η EASA έχουν καθιερώσει αυστηρές προδιαγραφές για τις κατά μήκος κλίσεις και την ορατότητα των διαδρόμων. Γενικά με βάση τις προδιαγραφές θα πρέπει τα παρακάτω μεγέθη της μηκοτομής διαδρόμου να είναι ορισμένα:

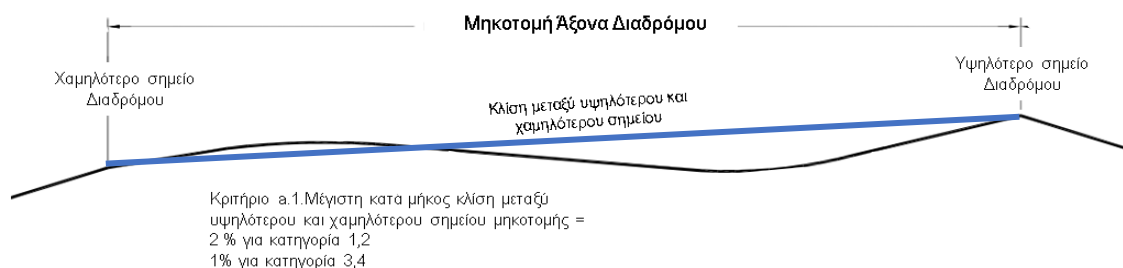
- a. Κλίσεις
  - a.1. Μεταξύ υψηλότερου και χαμηλότερου σημείου
  - a.2. Στο μήκος όλου του διαδρόμου
  - a.3. Στο πρώτο και τελευταίο τέταρτο του μήκους του
- b. Αλλαγές κλίσεων
- c. Μήκη κατακόρυφης καμπύλης
- d. Αποστάσεις μεταξύ αλλαγών κλίσης
- e. Αποστάσεις ορατότητας

#### 3.2.2.1 Κριτήριο (a.1): Κλίση μεταξύ υψηλότερου και χαμηλότερου σημείου

Σύμφωνα με τον ICAO και την EASA, αν χαρακτηί ένα νοητό ευθύγραμμο τμήμα μεταξύ των σημείων με το μέγιστο και το ελάχιστο υψόμετρο κατά μήκος του άξονα του διαδρόμου, η κλίση αυτού του τμήματος δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1% για κωδικό αναφοράς 3,4 και το 2% για κωδικό 1,2. Η FAA δεν αναφέρει κάποιον αντίστοιχο περιορισμό.

Πίνακας 3.3: Κλίση μεταξύ υψηλότερου και χαμηλότερου σημείου

ICAO/EASA		
Κωδικός αναφοράς:	1,2	3,4
Μέγιστη κλίση:	2%	1%



Σχήμα 3.1: Κριτήριο a.1

3.2.2.2 Κριτήρια (a.2) και (a.3): Κατά μήκος κλίση στο διάδρομο και στα ακραία τέταρτα του

Γενικά, οι κατά μήκος κλίσεις, καθώς και ο αριθμός και το μέγεθος των κλίσεων είναι επιθυμητό να είναι ελάχιστες. Ο ICAO και η EASA ορίζουν ότι σε κανένα τμήμα του διαδρόμου δεν πρέπει η κατά μήκος κλίση να ξεπερνάει την τιμή:

- 1,25%, όταν ο κωδικός είναι 4, εκτός από το πρώτο και το τελευταίο τέταρτο του διαδρόμου όπου ο περιορισμός είναι 0,8%
- 1,5%, όταν ο κωδικός είναι 3, εκτός από το πρώτο και το τελευταίο τέταρτο διαδρόμου σε διαδρόμους με ενόργανη προσέγγιση ακρίβειας κατηγορίας II ή III, όπου ο περιορισμός είναι 0,8%
- 2%, όταν ο κωδικός είναι 1 ή 2

Οι προδιαγραφές της FAA δε διαφέρουν πολύ αφού ορίζουν μέγιστες κλίσεις:

- 1,5%, όταν ο κωδικός είναι C,D,E και 0,8% στα ακραία τέταρτα του διαδρόμου, ή στα πρώτα και τελευταία 2.500 πόδια (762m) του μήκους του ,όποιο είναι λιγότερο
- 2%, όταν ο κωδικός είναι A ή B

Πίνακας 3.4: Μέγιστη κλίση σε όλο το μήκος του διαδρόμου

Προδιαγραφές	ICAO/EASA			FAA	
Κωδικός αναφοράς:	1,2	3	4	A,B	C,D,E
Μέγιστη κλίση:	2%	1,50%	1,25%	2%	1,50%

Πίνακας 3.5: Μέγιστη κλίση στο πρώτο και τελευταίο τέταρτο του διαδρόμου

Προδιαγραφές	ICAO/EASA		FAA	
Κωδικός αναφοράς:	1,2	3,4	A,B	C,D,E
Μέγιστη κλίση:	-	0,80%	-	0,80%

### 3.2.2.3 Κριτήριο (b): Αλλαγή κλίσης

Επιπλέον, αποφεύγονται οι συχνές αλλαγές κλίσης, αλλά όταν κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό η αλλαγή κλίσης μεταξύ 2 συνεχόμενων κλίσεων, σύμφωνα με ICAO και EASA δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή:

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

Αυτό που ορίζει η FAA και πάλι διαφέρει ελάχιστα αφού οι μέγιστες αλλαγές κλίσεων που απαιτεί είναι:

- 1,5%, όταν ο κωδικός είναι C,D ή E. Ωστόσο, δεν επιτρέπεται καμία μεταβολή της κλίσης στα ακραία τέταρτα του διαδρόμου ή στα πρώτα και τελευταία 2.500 πόδια του μήκους του (762m) ,όποιο είναι λιγότερο
- 2%, όταν ο κωδικός είναι A ή B

### 3.2.2.4 Κριτήριο (c): Μήκος κατακόρυφης καμπύλης

Η ομαλή μετάβαση από μια κλίση σε μια άλλη πρέπει να επιτυγχάνεται με κατάλληλη καμπύλη επιφάνεια σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3.6: Ακτίνες καμπυλότητας

Προδιαγραφές:	ICAO/EASA			FAA	
Κωδικός αναφοράς:	1,2	3	4	A,B	C,D,E
Για κάθε 1% αλλαγής κλίσης το μήκος της καμπύλης είναι κατ' ελάχιστο:	75 m	150 m	300 m	91 m* (300 ft)	305 m (1000 ft)
Ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας:	7.500 m	15.000 m	30.000 m	9.100 m	30.500 m

\*Δεν απαιτείται καμπύλη όταν η αλλαγή κλίσης είναι μικρότερη από 0,4%.



3.2.2.5 Κριτήριο (d): Απόσταση μεταξύ αλλαγών κλίσης

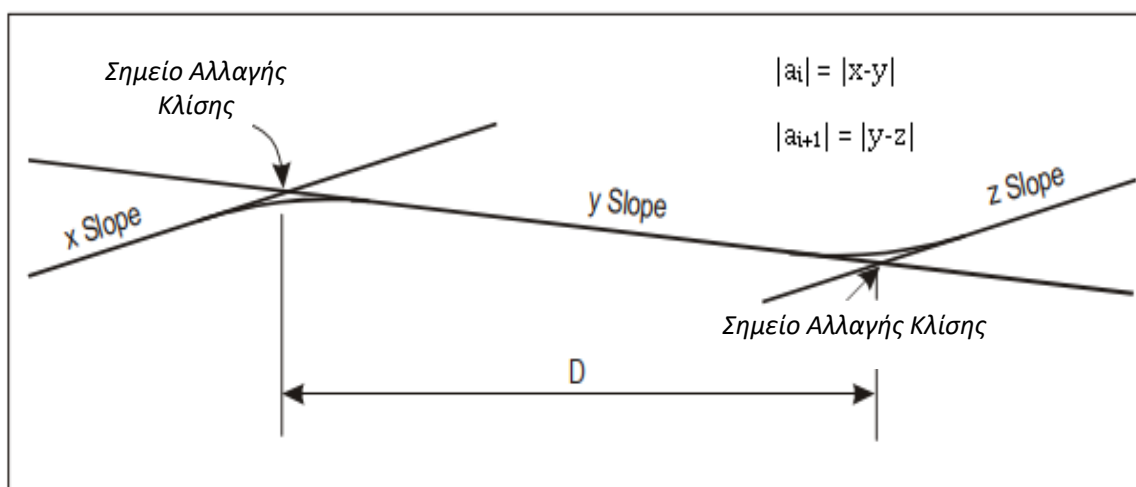
Συνιστάται επίσης, οι δύο διαδοχικές κορυφές της μηκοτομής να απέχουν τουλάχιστον:  $D=R * ( |a_i| + |a_{i+1}| )$ , όπου  $|a_i|$  η απόλυτη τιμή της αλγεβρικής διαφοράς των 2 εκατέρωθεν κλίσεων στη μία κορυφή και  $|a_{i+1}|$  αντιστοίχως η διαφορά στην επόμενη.

Οι τιμές που μπορεί να πάρει το R φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3.7: Τιμές R για το κριτήριο απόστασης μεταξύ αλλαγών κλίσης

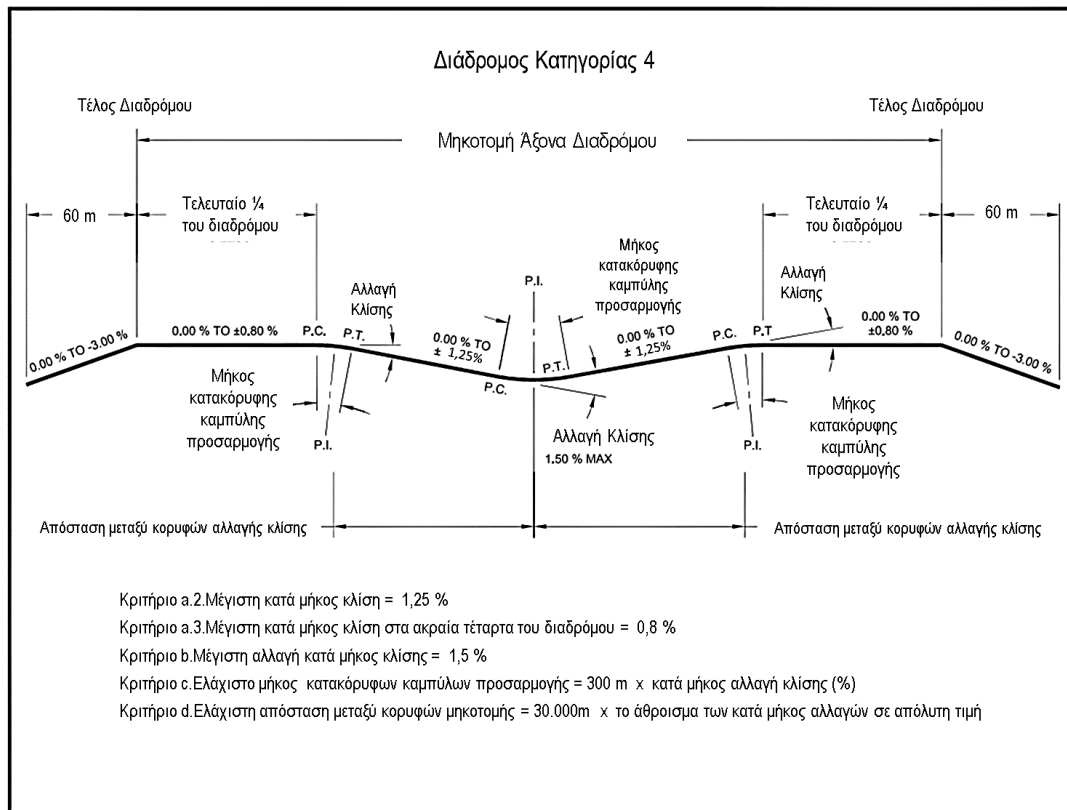
Προδιαγραφές:	ICAO/EASA			FAA	
Κωδικός αναφοράς:	1,2	3	4	A,B	C,D,E
R	5.000 m	15.000 m	30.000 m	7.600 m (25.000 ft)	30.500 m (100.000 ft)

Σύμφωνα με ICAO και EASA, απαιτείται η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών της μηκοτομής να είναι πάντα τουλάχιστον 45 m, ανεξαρτήτως της τιμής που θα προκύψει από το γινόμενο  $R * ( |a_i| + |a_{i+1}| )$ .



Σχήμα 3.2: Ελάχιστη απόσταση αλλαγής κλίσεων





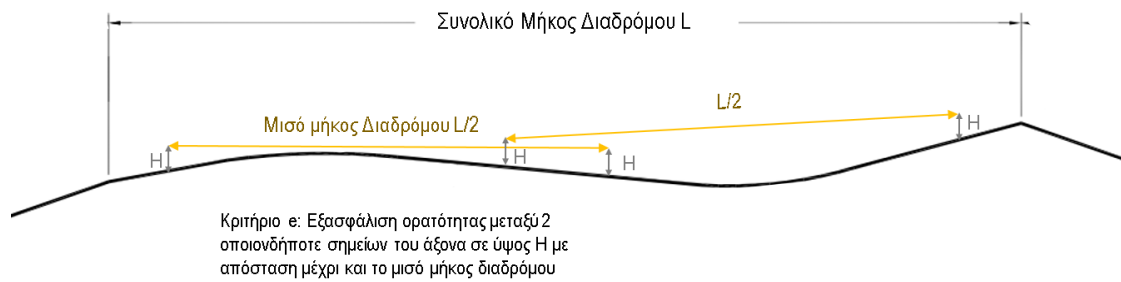
Σχήμα 3.5: Κριτήρια a.2, a.3, b, c, d για κατηγορία διαδρόμου 4 σύμφωνα με EASA/ICAO

### 3.2.2.6 Κριτήριο (e): Εξασφάλιση ορατότητας

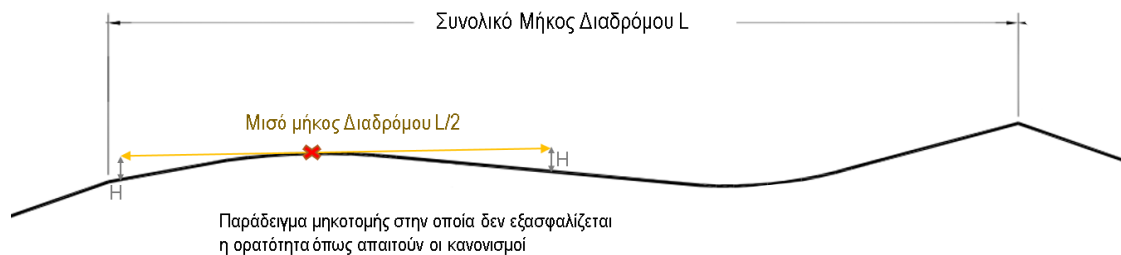
Όταν δεν μπορούν να αποφευχθούν αλλαγές κλίσης θα πρέπει να είναι διαμορφωμένες έτσι ώστε να ελέγχεται η διασφάλιση ορατότητας μεταξύ δύο οποιονδήποτε σημείων του διαδρόμου σε ύψος H (από την επιφάνεια κύλισης) που απέχουν μεταξύ τους μισό μήκος διαδρόμου, όπου:

Πίνακας 3.8: Τιμές H για το κριτήριο ορατότητας

Προδιαγραφές:	ICAO/EASA			FAA
Κωδικός αναφοράς:	A	B	C,D,E,F	I-VI
H (m)	1,5	2	3	1,5



Σχήμα 3.6: Παράδειγμα ικανοποίησης κριτηρίου ορατότητας



Σχήμα 3.7: Παράδειγμα μη ικανοποίησης κριτηρίου ορατότητας

Ο ICAO και η FAA έχουν επιπλέον την απαίτηση, στους διαδρόμους όπου δεν υπάρχει παράλληλος τροχόδρομος, να διασφαλίζεται η ορατότητα σε όλο το μήκος του διαδρόμου και όχι στο μισό.

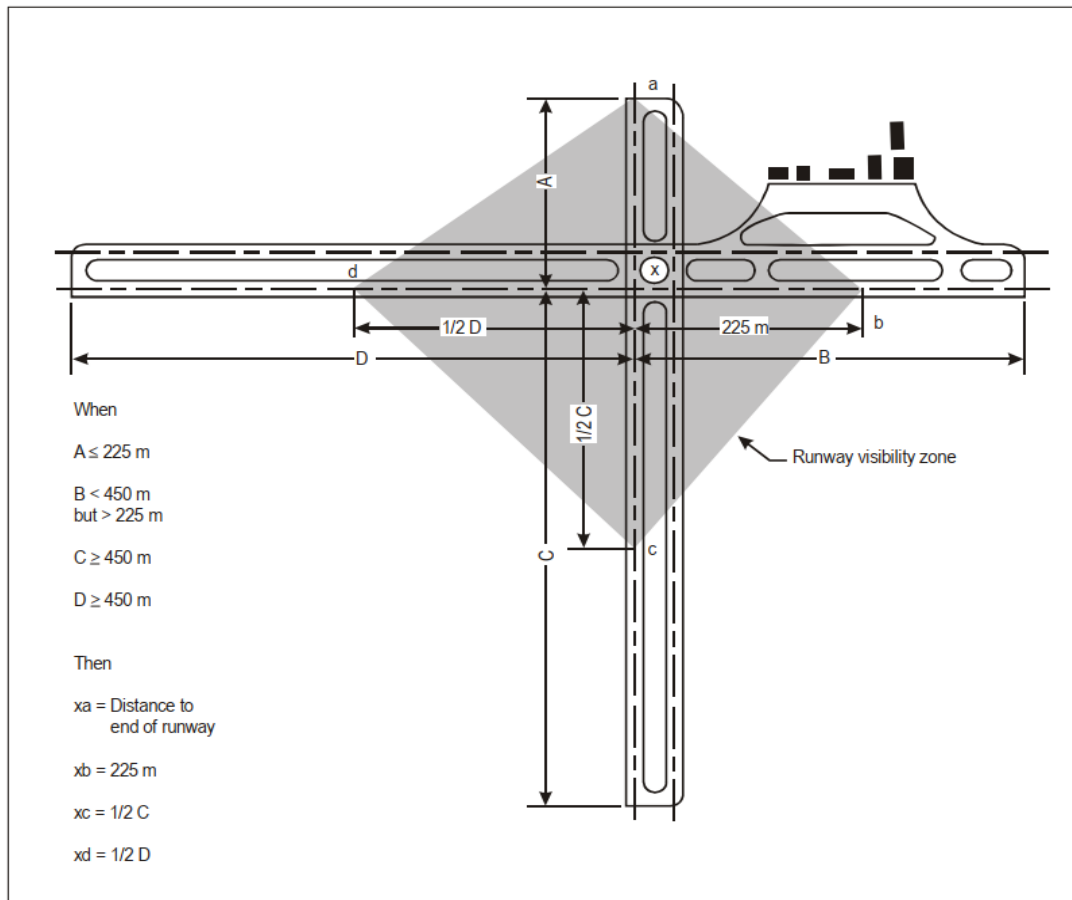


Σχήμα 3.8: Κριτήριο ορατότητας σε περίπτωση όπου δεν υπάρχει παράλληλος τροχόδρομος

Στην περίπτωση που υπάρχει διασταύρωση μεταξύ διαδρόμων ο ICAO και η FAA επισημαίνουν κάποια επιπρόσθετα κριτήρια για τη διασφάλιση της ορατότητας. Πιο συγκεκριμένα, απαιτείται να υπάρχει ορατότητα από οποιοδήποτε σημείο στον άξονα του διαδρόμου σε υψόμετρο H, προς οποιοδήποτε σημείο που βρίσκεται στη ζώνη ορατότητας σε υψόμετρο H και αντίστροφα. Η ζώνη ορατότητας ορίζεται ως μία περιοχή, η οποία δημιουργείται από φανταστικές γραμμές, οι οποίες συνδέουν τα σημεία που ορίζουν την ορατότητα στους άξονες των δύο διαδρόμων. Η θέση αυτών των σημείων καθορίζεται ως εξής:

Με βάση τον ICAO αν η απόσταση από τη διασταύρωση των αξόνων των διαδρόμων ως το άκρο ενός διαδρόμου είναι:

- i. 250m ή μικρότερη, τότε η θέση του σημείου είναι στο άκρο του διαδρόμου.
- ii. Μεγαλύτερη από 250m και μικρότερη από 500m, τότε η θέση του σημείου θα είναι στον άξονα του διαδρόμου 250m από τη διασταύρωση.
- iii. Ίση ή μεγαλύτερη από 500m, τότε η θέση του σημείου θα είναι στον άξονα του διαδρόμου στο μέσο της απόστασης μεταξύ της διασταύρωσης και του άκρου του διαδρόμου.



Σχήμα 3.9: Διαμόρφωση ζώνης ορατότητας σε διασταύρωση διαδρόμων



## **4 ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ**

---

<b>4.1</b>	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>41</b>
<b>4.2</b>	<b>ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ .....</b>	<b>41</b>
4.2.1	Έλεγχος κανονισμών χάραξης μηκοτομής διαδρόμου .....	43
4.2.2	Δημιουργία διαγραμμάτων ορατότητας.....	46
<b>4.3</b>	<b>ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ AVZ .....</b>	<b>47</b>
4.3.1	Κριτήριο (a.1): Κλίση μεταξύ υψηλότερου και χαμηλότερου σημείου	47
4.3.2	Κριτήριο (a.2): Κατά μήκος κλίση στο διάδρομο.....	50
4.3.3	Κριτήριο (a.3): Κατά μήκος κλίση στα ακραία τέταρτα του διαδρόμου 51	
4.3.4	Κριτήριο (b): Αλλαγή κλίσης .....	52
4.3.5	Κριτήριο (c): Μήκος κατακόρυφης καμπύλης .....	53
4.3.6	Κριτήριο (d): Απόσταση μεταξύ αλλαγών κλίσης.....	54
4.3.7	Κριτήριο (e): Εξασφάλιση Ορατότητας .....	55





## 4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

Το έντονο ανάγλυφο του εδάφους που χαρακτηρίζει το ελληνικό φυσικό τοπίο σε συνδυασμό με την επιδίωξη, κατά το δυνατόν, ισοζυγίου ορυγμάτων - επιχωμάτων, προκειμένου να μειωθεί το κόστος κατασκευής και να προστατευθεί το φυσικό περιβάλλον, καθιστούν σχεδόν απαγορευτική την επιλογή ενιαίας κατά μήκος κλίσης κατά τη μελέτη νέων διαδρόμων προσαπογείωσης αεροσκαφών και των επεκτάσεών τους. Στις περιπτώσεις που οι θλάσεις της πολυγωνικής γραμμής της ερυθράς δημιουργούν καμπύλες κατακόρυφης συναρμογής που στρέφουν τα κοίλα προς τα κάτω ("κυρτώματα"), απαιτείται προσεκτικός έλεγχος του παρεχόμενου μήκους ορατότητας διαδρόμου σύμφωνα με τις ισχύουσες προδιαγραφές. Έτσι ανακύπτουν ζητήματα βελτιστοποίησης των μηκοτομικών παραμέτρων σχεδιασμού προκειμένου να εξασφαλιστεί το μέγιστο δυνατό μήκος ορατότητας, σε συνδυασμό βέβαια με τις λοιπές παραμέτρους και περιορισμούς του σχεδιασμού.

## 4.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

---

Από τα προηγούμενα κεφάλαια, έγινε κατανοητή η σημασία εφαρμογής κανονισμών κατά την χάραξη μηκοτομής ενός διαδρόμου. Οι αρμόδιες αρχές οφείλουν να κάνουν έλεγχο σε κάθε κατασκευή ή τυχόν τροποποίηση διαδρόμου, αλλά και για τους υφιστάμενους, καθώς αρκετοί από αυτούς υλοποιήθηκαν σε χρονικές περιόδους όπου είχαν θεσπιστεί διαφορετικοί κανονισμοί και η γνώση επί του θέματος ήταν πιο περιορισμένη.

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται η προσπάθεια δημιουργίας προγράμματος, σε γλώσσα προγραμματισμού *Fortran 77*, για τον έλεγχο των κανονισμών σε διαφορετικές μηκοτομές διαδρόμων και επιπλέον η δημιουργία των διαγραμμάτων ορατότητας. Οι έλεγχοι που γίνονται είναι εκείνοι που ορίζουν οι κανονισμοί όπως παρουσιάστηκαν στο κεφ. 3 της παρούσας εργασίας. Ο συνδυασμός του νέου προγράμματος με το σχεδιαστικό πρόγραμμα *AutoCAD* επιτρέπει την απεικόνιση των διαγραμμάτων ορατότητας. Το εν λόγω πρόγραμμα ονομάστηκε *AVZ.FOR*.

Αφού τέθηκε ο κυρίαρχος στόχος για τη δημιουργία του προγράμματος, στη συνέχεια δίδεται το γενικότερο πλαίσιο και παρουσιάζονται οι εργασίες που γίνονται σε αυτή την κατεύθυνση ώστε το ζήτημα που ερευνάται να περιγραφεί καταλλήλως. Παρακάτω παρουσιάζεται η πορεία σκέψης και τα βήματα που ακολουθούν:

### i. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Σε πρώτη φάση είναι απαραίτητο να καταγραφούν τα εξής: α)τα δεδομένα που θα απαιτηθούν για την κατασκευή του προγράμματος και β)να προσδιοριστούν οι παράμετροι που θα ορίζει ο χρήστης ως είσοδο για τη λειτουργία του προγράμματος. Ήδη στο κεφάλαιο 3 παρουσιάστηκαν τα δεδομένα που χρειάζονται για τη δημιουργία του κώδικα, κοινώς οι κανονισμοί και πιο συγκεκριμένα θα χρησιμοποιηθούν αυτοί

που ορίζει η EASA ως κριτήρια. Οι παράμετροι που ο χρήστης καλείται να ορίσει είναι το πρώτο και το δεύτερο ψηφίο του κωδικού αναφοράς που έχει το υπό εξέταση αεροδρόμιο. Όσον αφορά στον πιο λεπτομερή έλεγχο του κριτηρίου εξασφάλισης ορατότητας (e) δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει το ύψος οφθαλμού, το ύψος εμποδίου, αλλά και την απόσταση μεταξύ των δύο ως ποσοστό του συνολικού μήκους του διαδρόμου. Τέλος, θα πρέπει να ορίσει τα στοιχεία της μηκοτομής του διαδρόμου.

## **ii. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΖΗΤΟΥΜΕΝΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ**

Για τη δημιουργία του προγράμματος σημαντικό είναι να οριστούν οι στόχοι του και τα επιθυμητά αποτελέσματα τα οποία θα παρέχει. Κύριος στόχος του προγράμματος, όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι ο αυτοματοποιημένος έλεγχος των κανονισμών που αφορούν την χάραξη μηκοτομής ενός διαδρόμου, αλλά και η δημιουργία των διαγραμμάτων ορατότητας. Συνεπώς, ζητούμενο είναι αφού ο χρήστης ορίσει τα στοιχεία εισόδου και εκτελεστεί το πρόγραμμα, να εμφανίζονται α)τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που εξετάζονται σε κάθε κριτήριο, β)το επιτρεπτό όριο αυτών των τιμών βάσει κανονισμών και γ)αν τελικά τηρείται ο εκάστοτε κανονισμός.

## **iii. ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ**

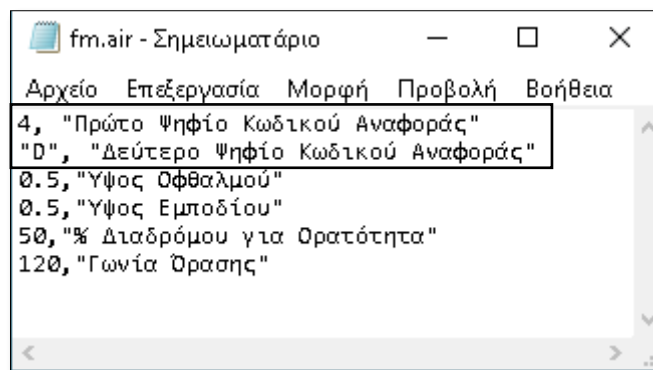
Μετά τον καθορισμό των δεδομένων και των ζητούμενων του προβλήματος διερευνώνται οι επιμέρους εργασίες που πρέπει να γίνουν για να καταστεί εφικτή η λύση του. Σε πρώτη φάση, θα συνταχθεί ο κώδικας μέσω του οποίου θα γίνονται οι έλεγχοι και θα δημιουργούνται τα διαγράμματα ορατότητας. Στη συνέχεια, θα δημιουργηθούν διαφορετικές μηκοτομές με τη χρήση του προγράμματος *FM19*, για την ακρίβεια δύο για κάθε κριτήριο, όπου στη μία το εξεταζόμενο κριτήριο θα ικανοποιείται και στην άλλη όχι.

### 4.2.1 Έλεγχος κανονισμών χάραξης μηκοτομής διαδρόμου

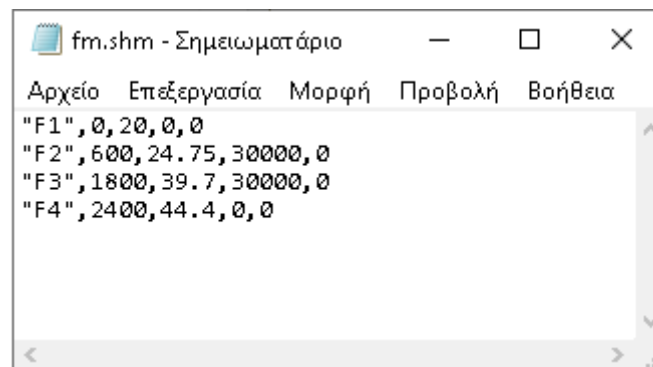
Για την πραγματοποίηση των ελέγχων απαιτούνται δύο αρχεία, τα οποία περιέχουν τα δεδομένα που χρειάζονται και αποτελούν "είσοδο" για το πρόγραμμα, το *fm.air* και το *fm.shm*.

- i. *fm.air*: Περιέχει τις παραμέτρους του προγράμματος και πληροφορίες για αυτές σε μορφή αναγνώσιμη από το πρόγραμμα τις οποίες συμπληρώνει ο χρήστης πριν την εκτέλεση του προγράμματος.
- ii. *fm.shm*: Περιέχει τα κατακόρυφα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του διαδρόμου, και πιο συγκεκριμένα τις θέσεις και τα υψόμετρα των σημαιών της μηκοτομής και τις ακτίνες καμπυλότητας όπου υπάρχουν.

Πριν την εκτέλεση του προγράμματος, ζητείται από το χρήστη να δώσει κάποια δεδομένα ως "είσοδο". Στο στάδιο ελέγχου των κανονισμών αναγκαίο είναι μόνο να επιλέξει τον κωδικό αναφοράς του διαδρόμου που επιθυμεί να εξετάσει και τα στοιχεία χάραξης μηκοτομής του διαδρόμου.



Εικόνα 4.1: Περιεχόμενα αρχείου *fm.air*



Εικόνα 4.2: Περιεχόμενα αρχείου *fm.shm* (Σημεία, Χ.Θ., Υψος, Ακτίνα)

Αφού εκτελεστεί το πρόγραμμα δημιουργούνται δύο αρχεία τα οποία αποτελούν "έξοδο" για το πρόγραμμα και εμφανίζονται στο χρήστη μετά την εκτέλεση του προγράμματος. Τα αρχεία αυτά είναι το *fm.avz* και το *avz.dxf* του οποίου τα περιεχόμενα προσδιορίζονται στο κεφ. 4.1.2.

- *fm.avz*: Αποτελεί αρχείο σε μορφή αναγνώσιμη από την εφαρμογή *Σημειωματάριο* ή *Notepad* και περιέχει τα ζητούμενα αποτελέσματα, δηλαδή για κάθε κριτήριο: α) το υπό εξέταση γεωμετρικό χαρακτηριστικό, β) το επιτρεπτό όριο αυτού και γ) αν τηρείται ή όχι ο κάθε κανονισμός. Όταν ικανοποιείται το κριτήριο εμφανίζεται η ένδειξη «OK» δίπλα στον έλεγχο, ενώ όταν δεν ικανοποιείται εμφανίζεται η ένδειξη «Problem».

Στο παράδειγμα που παρατίθεται παρακάτω επιλέχθηκε μηκοτομή, η οποία ικανοποιεί όλους τους ελέγχους.

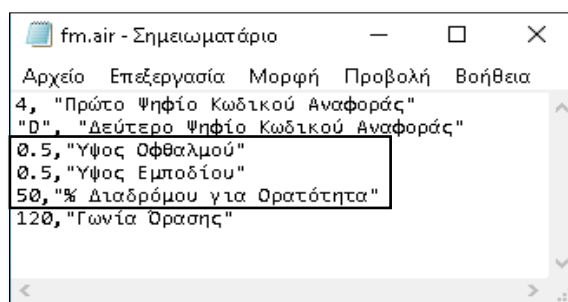
fm.avz - Σημειωματάριο			
Αρχείο	Επεξεργασία	Μορφή	Προβολή Βοήθεια
Κριτήριο (α.1) - Κλίση Υψηλότερου-Χαμηλότερου			
XΘ	Υψηλότερου	=	2400.000
-----			
Υψόμετρο		=	43.500
-----			
XΘ	Χαμηλότερου	=	.000
-----			
Υψόμετρο		=	22.000
-----			
Κλίση Υψηλότερου-Χαμηλότερου %		=	.896 OK
Επιτρεπτή ICAO/EASA %		=	1.000
-----			
Κριτήριο (α.2) - Μέγιστη Κλίση			
XΘ		=	768.399
-----			
Μέγιστη Κλίση %		=	1.177 OK
-----			
Επιτρεπτή ICAO/EASA %		=	1.250
-----			
Κριτήριο (α.3) - Μέγιστη Κλίση 1ου Τετάρτου			
XΘ		=	598.753
-----			
Μέγιστη Κλίση 1ου Τετάρτου %		=	.612 OK
-----			
Επιτρεπτή Κλίση ICAO/EASA %		=	.800
-----			
Κριτήριο (α.3) - Μέγιστη Κλίση 4ου Τετάρτου			
XΘ		=	1801.247
-----			
Μέγιστη Κλίση 4ου Τετάρτου %		=	.786 OK
-----			
Επιτρεπτή Κλίση ICAO/EASA %		=	.800
-----			
Κριτήριο (b) - Αλλαγές Κλίσεων			
g(i)_%	g(i+1)_%	Διαφορά_%	Επιτρεπτή_%
-----			
.000	.588	.588	1.500 OK
.588	1.176	.588	1.500 OK
1.176	.786	.391	1.500 OK
-----			
Κριτήριο (c) - Ακτίνες			
Υπάρχουσα Απαιτούμενη			
30000.000	30000.000	OK	
30000.000	30000.000	OK	
-----			
Κριτήριο (d) - Απόσταση Διαδοχικών Κορυφών			
Υπάρχουσα Απαιτούμενη			
1020.000	352.941	OK	
700.000	293.697	OK	

Εικόνα 4.3: Περιεχόμενα αρχείου fm.avz

## 4.2.2 Δημιουργία διαγραμμάτων ορατότητας

Ο δευτερεύων ρόλος του προγράμματος *AVZ.FOR* είναι να δημιουργεί διαγράμματα ορατότητας τα οποία απεικονίζονται με τη βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος *AutoCAD*.

Για τη δημιουργία τους ζητείται από το χρήστη να δώσει επιπλέον δεδομένα εισόδου. Για την ακρίβεια, χρειάζεται να προσδιορίσει το ύψος του οφθαλμού του πιλότου, το ύψος του εμποδίου και τέλος και την απόσταση μεταξύ των δύο ως ποσοστό του συνολικού μήκους του διαδρόμου.



Εικόνα 4.4: Περιεχόμενα αρχείου *fm.air*

Μετά την επιτυχή εκτέλεση του προγράμματος δημιουργείται ως “έξοδος” το αρχείο *anz.dxf*.

- *anz.dxf*: Αποτελεί αρχείο σχεδίου σε μορφή αναγνώσιμη από το σχεδιαστικό πρόγραμμα *AutoCAD*. Το αρχείο, ουσιαστικά, περιέχει σε μορφή διαγραμμάτων το διατιθέμενο μήκος ορατότητας από κάθε θέση του διαδρόμου ως ποσοστό του συνολικού μήκους, για οποιαδήποτε κατεύθυνση κίνησης του αεροσκάφους και το απαιτούμενο ποσοστό του μήκους που πρέπει να υπάρχει ορατότητα βάσει τα δεδομένα εισόδου που έδωσε ο χρήστης. Επιπλέον, δημιουργείται διάγραμμα, στο οποίο φαίνονται όλες οι θέσεις του διαδρόμου οι οποίες δεν έχουν οπτική επαφή με το άκρο του διαδρόμου και χαράσσεται η μέγιστη οπτική εμβέλεια από εκείνο το σημείο.



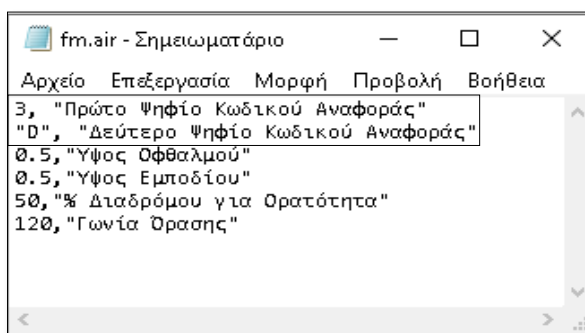
Εικόνα 4.5: Παράδειγμα σχεδίου avz.dxf

### 4.3 ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ AVZ

Για να εξετασθεί η λειτουργία και η ορθότητα των αποτελεσμάτων, για κάθε κριτήριο που εξετάζει το πρόγραμμα θα δημιουργηθεί μία μηκοτομή, μεταβάλλοντας κάθε φορά τις σημαίες και τον κωδικό αναφοράς του διαδρόμου. Σε κάθε μια από αυτές θα ικανοποιούνται όλα τα κριτήρια εκτός από ένα μόνο.

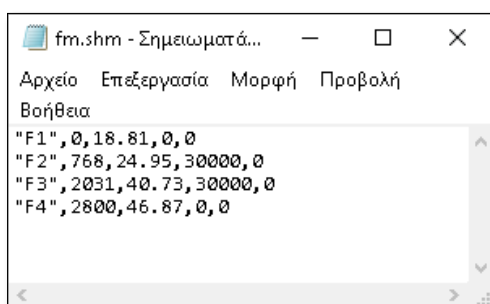
#### 4.3.1 Κριτήριο (a.1): Κλίση μεταξύ υψηλότερου και χαμηλότερου σημείου

Αρχικά, επιλέγεται ο κωδικός αναφοράς του αεροδρομίου. Για αυτό το κριτήριο θα επιλεγθεί κωδικός 3D.



Εικόνα 4.6: Περιεχόμενα αρχείου fm.air

Έπειτα, δίνονται τα στοιχεία της μηκοτομής.



Εικόνα 4.7: Περιεχόμενα αρχείου fm.shm (Σημαία, Χ.Θ., Ύψος, Ακτίνα)

Αφού ολοκληρωθεί η εκτέλεση του προγράμματος δημιουργείται αρχείο σε αναγνώσιμη μορφή, στο οποίο εμφανίζεται αν ικανοποιούνται τα κριτήρια ή όχι.



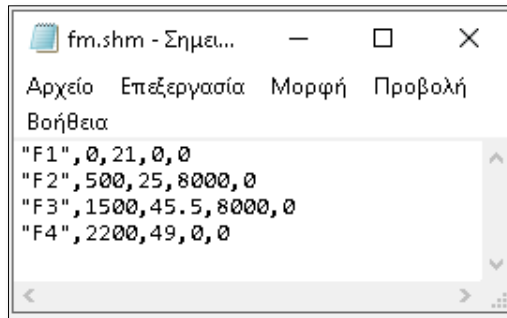
Κεφάλαιο 4: Έλεγχοι κριτηρίων και διαγράμματα ορατότητας

α1.ανζ - Σημειωματάριο				
Αρχείο	Επεξεργασία	Μορφή	Προβολή	Βοήθεια
Κριτήριο (α.1) - Κλίση Υψηλότερου-Χαμηλότερου				
X0	Υψηλότερου	=	2800.000	
-----				
	Υψόμετρο	=	46.870	
-----				
X0	Χαμηλότερου	=	.000	
-----				
	Υψόμετρο	=	18.810	
-----				
Κλίση Υψηλότερου-Χαμηλότερου %		=	1.002	Problem
-----				
Επιτρεπτή ICAO/EASA %		=	1.000	
-----				
Κριτήριο (α.2) - Μέγιστη Κλίση				
-----				
X0		=	835.489	
-----				
Μέγιστη Κλίση %		=	1.249	OK
-----				
Επιτρεπτή ICAO/EASA %		=	1.250	
-----				
Κριτήριο (α.3) - Μέγιστη Κλίση 1ου Τετάρτου				
-----				
X0		=	.000	
-----				
Μέγιστη Κλίση 1ου Τετάρτου %		=	.799	OK
-----				
Επιτρεπτή Κλίση ICAO/EASA %		=	.800	
-----				
Κριτήριο (α.3) - Μέγιστη Κλίση 4ου Τετάρτου				
-----				
X0		=	2101.248	
-----				
Μέγιστη Κλίση 4ου Τετάρτου %		=	.798	OK
-----				
Επιτρεπτή Κλίση ICAO/EASA %		=	.800	
-----				
Κριτήριο (b) - Αλλαγές Κλίσεων				
-----				
	g(i)_%	g(i+1)_%	Διαφορά_%	Επιτρεπτή_%
-----				
	.000	.799	.799	1.500 OK
	.799	1.249	.450	1.500 OK
	1.249	.798	.451	1.500 OK
-----				
Κριτήριο (c) - Ακτίνες				
-----				
Υπάρχουσα Απαιτούμενη				
-----				
30000.000	30000.000	OK		
30000.000	30000.000	OK		
-----				
Κριτήριο (d) - Απόσταση Διαδοχικών Κορυφών				
-----				
Υπάρχουσα Απαιτούμενη				
-----				
1263.000	374.822	OK		
769.000	270.268	OK		
-----				

Εικόνα 4.8: Αποτέλεσμα για μη ικανοποίηση του κριτηρίου (α.1)

### 4.3.2 Κριτήριο (a.2): Κατά μήκος κλίση στο διάδρομο

Σε αυτό το παράδειγμα θα επιλεγθεί κατηγορία διαδρόμου 2C. Δίνονται τα στοιχεία της μηκοτομής:



Εικόνα 4.9: Στοιχεία μηκοτομής που δεν ικανοποιεί το κριτήριο (a.2)

(Σημαία, Χ.Θ., Υψος, Ακτίνα)

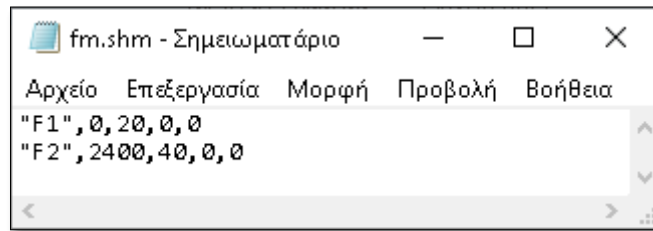
Τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

α2.ανv - Σημειωματάριο				
Αρχείο	Επεξεργασία	Μορφή	Προβολή	Βοήθεια
<b>Κριτήριο (a.1) - Κλίση Υψηλότερου-Χαμηλότερου</b>				
ΧΘ	Υψηλότερου	=	2200.000	
-----				
Υψόμετρο		=	49.000	
-----				
ΧΘ	Χαμηλότερου	=	.000	
-----				
Υψόμετρο		=	21.000	
-----				
Κλίση Υψηλότερου-Χαμηλότερου %		=	1.273	OK
-----				
Επιτρεπτή ICAO/EASA %		=	2.000	
-----				
<b>Κριτήριο (a.2) - Μέγιστη Κλίση</b>				
ΧΘ		=	553.846	
-----				
Μέγιστη Κλίση %		=	2.050	Problem
-----				
Επιτρεπτή ICAO/EASA %		=	2.000	
-----				
<b>Κριτήριο (a.3) - Μέγιστη Κλίση 1ου Τετάρτου</b>				
Κατηγορία 2C - Δεν απαιτείται				
-----				
<b>Κριτήριο (b) - Αλλαγές Κλίσεων</b>				
g(i)_%	g(i+1)_%	Διαφορά_%	Επιτρεπτή_%	
.000	.800	.800	2.000	OK
.800	2.050	1.250	2.000	OK
2.050	.500	1.550	2.000	OK
-----				
<b>Κριτήριο (c) - Ακτίνες</b>				
Υπάρχουσα Απαιτούμενη				
8000.000	7500.000			OK
8000.000	7500.000			OK
-----				
<b>Κριτήριο (d) - Απόσταση Διαδοχικών Κορυφών</b>				
Υπάρχουσα Απαιτούμενη				
1000.000	102.500			OK
700.000	140.000			OK

Εικόνα 4.10: Αποτέλεσμα για μη ικανοποίηση του κριτηρίου (a.2)

### 4.3.3 Κριτήριο (a.3): Κατά μήκος κλίση στα ακραία τέταρτα του διάδρομου

Εδώ θα επιλεγθεί κατηγορία διαδρόμου 4D. Αν επιλεγόταν κωδικός αναφοράς με το πρώτο ψηφίο 1 ή 2 ο έλεγχος δε θα γινόταν, αφού για αυτές τις κατηγορίες δεν απαιτείται. Δίνονται τα στοιχεία της μηκοτομής:



Εικόνα 4.11: Στοιχεία μηκοτομής που δεν ικανοποιεί το κριτήριο (a.3)

(Σημαία, Χ.Θ., Υψος, Ακτίνα)

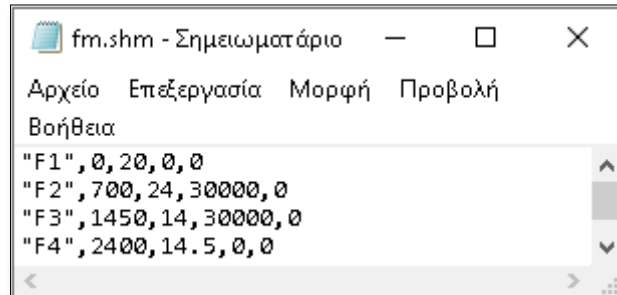
Τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

α3.avz - Σημειωματάριο		Κριτήριο (a.3) - Μέγιστη Κλίση 4ου Τετάρτου	
Κριτήριο (a.1) - Κλίση Υψηλότερου-Χαμηλότερου		Κριτήριο (a.3) - Μέγιστη Κλίση 4ου Τετάρτου	
ΧΘ Υψηλότερου	= 2400.000	ΧΘ	= 1801.247
Υψόμετρο	= 40.000	Μέγιστη Κλίση 4ου Τετάρτου %	= .833 Problem
ΧΘ Χαμηλότερου	= .000	Επιτρεπτή Κλίση ICAO/EASA %	= .800
Υψόμετρο	= 20.000	Κριτήριο (b) - Αλλαγές Κλίσεων	Δεν υπάρχουν αλλαγές κλίσης
Κλίση Υψηλότερου-Χαμηλότερου %	= .833 OK	Κριτήριο (c) - Ακτίνες	Δεν υπάρχουν αλλαγές κλίσης
Επιτρεπτή ICAO/EASA %	= 1.000	Κριτήριο (d) - Απόσταση Διαδοχικών Κορυφών	Δεν υπάρχουν αλλαγές κλίσης
Κριτήριο (a.2) - Μέγιστη Κλίση			
ΧΘ	= 4.990		
Μέγιστη Κλίση %	= .833 OK		
Επιτρεπτή ICAO/EASA %	= 1.250		
Κριτήριο (a.3) - Μέγιστη Κλίση 1ου Τετάρτου			
ΧΘ	= .000		
Μέγιστη Κλίση 1ου Τετάρτου %	= .833 Problem		
Επιτρεπτή Κλίση ICAO/EASA %	= .800		

Εικόνα 4.12: Αποτέλεσμα για μη ικανοποίηση του κριτηρίου (a.3)

#### 4.3.4 Κριτήριο (b): Αλλαγή κλίσης

Επιλέγεται κατηγορία διαδρόμου 3C. Δίνονται τα στοιχεία της μηκοτομής:



Εικόνα 4.13: Στοιχεία μηκοτομής που δεν ικανοποιεί το κριτήριο (b)

(Σημαία, Χ.Θ., Ύψος, Ακτίνα)

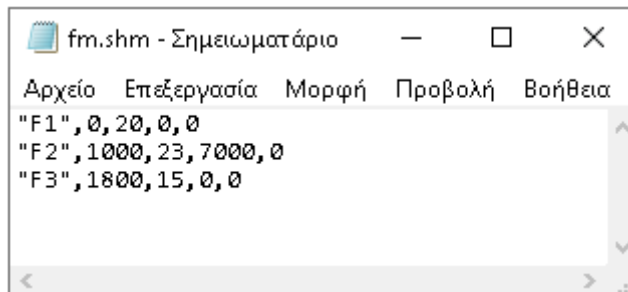
Τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

b.avz - Σημειωματάριο		Κριτήριο (a.3) - Μέγιστη Κλίση 4ου Τετάρτου			
Κριτήριο (a.1) - Κλίση Υψηλότερου-Χαμηλότερου		X0	=	1801.247	
X0 Υψηλότερου	= 583.784	Μέγιστη Κλίση 4ου Τετάρτου %	=	.053	OK
Υψόμετρο	= 22.857	Επιτρεπτή Κλίση ICAO/EASA %	=	.800	
X0 Χαμηλότερου	= 1641.580	Κριτήριο (b) - Αλλαγές Κλίσεων			
Υψόμετρο	= 14.105	g(i)_%	g(i+1)_%	Διαφορά_%	Επιτρεπτή_%
Κλίση Υψηλότερου-Χαμηλότερου %	= .827	.000	.571	.571	1.500 OK
Επιτρεπτή ICAO/EASA %	= 1.000	.571	-1.333	1.905	1.500 Problem
Κριτήριο (a.2) - Μέγιστη Κλίση		-1.333	.053	1.386	1.500 OK
X0	= 987.942	Κριτήριο (c) - Ακτίνες			
Μέγιστη Κλίση %	= 1.333	Υπάρχουσα Απαιτούμενη			
Επιτρεπτή ICAO/EASA %	= 1.500	30000.000	15000.000	OK	
Κριτήριο (a.3) - Μέγιστη Κλίση 1ου Τετάρτου		30000.000	15000.000	OK	
X0	= .000	Κριτήριο (d) - Απόσταση Διαδοχικών Κορυφών			
Μέγιστη Κλίση 1ου Τετάρτου %	= .571	Υπάρχουσα Απαιτούμενη			
Επιτρεπτή Κλίση ICAO/EASA %	= .800	750.000	371.429	OK	
		950.000	493.609	OK	

Εικόνα 4.14: Αποτέλεσμα για μη ικανοποίηση του κριτηρίου (b)

### 4.3.5 Κριτήριο (c): Μήκος κατακόρυφης καμπύλης

Η επιλεγθείσα κατηγορία διαδρόμου σε αυτό το παράδειγμα θα είναι 2B. Δίνονται τα στοιχεία της μηκοτομής:



Εικόνα 4.15: Στοιχεία μηκοτομής που δεν ικανοποιεί το κριτήριο (c)

(Σημαία, Χ.Θ., Υψος, Ακτίνα)

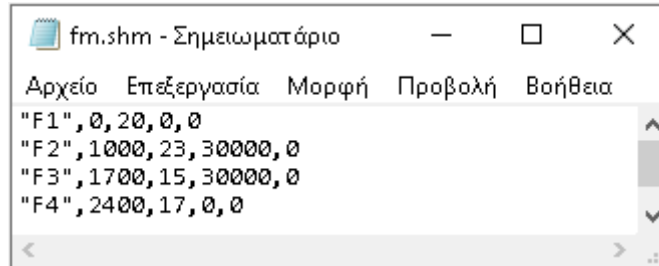
Τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

c.anz - Σημειωματάριο		Κριτήριο (a.3) - Μέγιστη Κλίση 4ου Τετάρτου																		
Κριτήριο (a.1) - Κλίση Υψηλότερου-Χαμηλότερου		Κατηγορία 2B - Δεν απαιτείται																		
X0 Υψηλότερου	= 975.500																			
Υψόμετρο	= 22.895																			
X0 Χαμηλότερου	= 1800.000																			
Υψόμετρο	= 15.000																			
Κλίση Υψηλότερου-Χαμηλότερου %	= .958 OK																			
Επιτρεπτή ICAO/EASA %	= 2.000																			
Κριτήριο (a.2) - Μέγιστη Κλίση																				
X0	= 1045.500																			
Μέγιστη Κλίση %	= 1.000 OK																			
Επιτρεπτή ICAO/EASA %	= 2.000																			
Κριτήριο (a.3) - Μέγιστη Κλίση 1ου Τετάρτου																				
Κατηγορία 2B - Δεν απαιτείται																				
		Κριτήριο (b) - Αλλαγές Κλίσεων																		
		Υπάρχουσα Απαιτούμενη																		
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>g(i)_%</th> <th>g(i+1)_%</th> <th>Διαφορά_%</th> <th>Επιτρεπτή_%</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>.000</td> <td>.300</td> <td>.300</td> <td>2.000</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>.300</td> <td>-1.000</td> <td>1.300</td> <td>2.000</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>				g(i)_%	g(i+1)_%	Διαφορά_%	Επιτρεπτή_%		.000	.300	.300	2.000	OK	.300	-1.000	1.300	2.000	OK
g(i)_%	g(i+1)_%	Διαφορά_%	Επιτρεπτή_%																	
.000	.300	.300	2.000	OK																
.300	-1.000	1.300	2.000	OK																
		Κριτήριο (c) - Ακτίνας																		
		Υπάρχουσα Απαιτούμενη																		
		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>7000.000</td> <td>7500.000</td> <td colspan="3">Problem</td> </tr> </tbody> </table>				7000.000	7500.000	Problem												
7000.000	7500.000	Problem																		
		Κριτήριο (d) - Απόσταση Διαδοχικών Κορυφών																		
		Υπάρχουσα Απαιτούμενη																		
		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>800.000</td> <td>80.000</td> <td colspan="3">OK</td> </tr> </tbody> </table>				800.000	80.000	OK												
800.000	80.000	OK																		

Εικόνα 4.16: Αποτέλεσμα για μη ικανοποίηση του κριτηρίου (c)

### 4.3.6 Κριτήριο (d): Απόσταση μεταξύ αλλαγών κλίσης

Επιλέγεται κατηγορία διαδρόμου 4D. Δίνονται τα στοιχεία της μηκοτομής:



Εικόνα 4.17: Στοιχεία μηκοτομής που δεν ικανοποιεί το κριτήριο (d)

(Σημαία, Χ.Θ., Ύψος, Ακτίνα)

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

d.avz - Σημειωματάριο																					
Αρχείο Επεξεργασία Μορφή Προβολή Βοήθεια																					
Κριτήριο (a.1) - Κλίση Υψηλότερου-Χαμηλότερου		Κριτήριο (a.3) - Μέγιστη Κλίση 4ου Τετάρτου																			
ΧΘ Υψηλότερου	= 873.181	ΧΘ	=	1914.286																	
Υψόμετρο	= 22.486	Μέγιστη Κλίση 4ου Τετάρτου %	=	.286	OK																
ΧΘ Χαμηλότερου	= 1826.195	Επιτρεπτή Κλίση ICAO/EASA %	=	.800																	
Υψόμετρο	= 15.490	Κριτήριο (b) - Αλλαγές Κλίσεων																			
Κλίση Υψηλότερου-Χαμηλότερου %	= .734	OK																			
Επιτρεπτή ICAO/EASA %	= 1.000	<table border="1"> <thead> <tr> <th>g(i)_%</th> <th>g(i+1)_%</th> <th>Διαφορά_%</th> <th>Επιτρεπτή_%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>.000</td> <td>.300</td> <td>.300</td> <td>1.500 OK</td> </tr> <tr> <td>.300</td> <td>-1.143</td> <td>1.443</td> <td>1.500 OK</td> </tr> <tr> <td>-1.143</td> <td>.286</td> <td>1.429</td> <td>1.500 OK</td> </tr> </tbody> </table>				g(i)_%	g(i+1)_%	Διαφορά_%	Επιτρεπτή_%	.000	.300	.300	1.500 OK	.300	-1.143	1.443	1.500 OK	-1.143	.286	1.429	1.500 OK
g(i)_%	g(i+1)_%	Διαφορά_%	Επιτρεπτή_%																		
.000	.300	.300	1.500 OK																		
.300	-1.143	1.443	1.500 OK																		
-1.143	.286	1.429	1.500 OK																		
Κριτήριο (a.2) - Μέγιστη Κλίση		Κριτήριο (c) - Ακτίνες																			
ΧΘ	= 1216.429	Υπάρχουσα Απαιτούμενη																			
Μέγιστη Κλίση %	= 1.143	30000.000 30000.000 OK																			
Επιτρεπτή ICAO/EASA %	= 1.250	30000.000 30000.000 OK																			
Κριτήριο (a.3) - Μέγιστη Κλίση 1ου Τετάρτου		Κριτήριο (d) - Απόσταση Διαδοχικών Κορυφών																			
ΧΘ	= .000	700.000	522.857	OK																	
Μέγιστη Κλίση 1ου Τετάρτου %	= .300	700.000	861.429	Problem																	
Επιτρεπτή Κλίση ICAO/EASA %	= .800																				

Εικόνα 4.18: Αποτέλεσμα για μη ικανοποίηση του κριτηρίου (d)

### 4.3.7 Κριτήριο (e): Εξασφάλιση Ορατότητας

Το εν λόγω κριτήριο διαφέρει λίγο από τα προηγούμενα. Αρχικά, μόνο σε αυτό μας ενδιαφέρει το δεύτερο ψηφίο του κωδικού αναφοράς και όχι το πρώτο. Ωστόσο, σε αυτό το κριτήριο δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να διαφοροποιήσει τις τιμές των ορίων που προτείνονται από την EASA. Αυτή η δυνατότητα δίνεται για να μπορεί ο χρήστης να εξετάσει σε μεγαλύτερο βάθος την διατιθέμενη ορατότητα στον άξονα του διαδρόμου. Η EASA όπως έχει παρουσιαστεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο θέτει ως κριτήριο το εξής:

*Όταν δεν μπορούν να αποφευχθούν αλλαγές κλίσης θα πρέπει να είναι διαμορφωμένες έτσι ώστε να ελέγχεται η διασφάλιση ορατότητας μεταξύ δύο οποιονδήποτε σημείων του διαδρόμου σε ύψος H (από την επιφάνεια κύλισης) που απέχουν μεταξύ τους μισό μήκος διαδρόμου (50%), όπου:*

Πίνακας 4.1: Τιμές H για το κριτήριο ορατότητας

Προδιαγραφές:	EASA		
Κωδικός αναφοράς:	A	B	C,D,E,F
H (m)	1,5	2	3

Από το χρήστη θα ζητηθεί να δώσει ύψος οφθαλμού, ύψος εμποδίου και την απόσταση τους ως ποσοστό του μήκους του διαδρόμου. Αν ο χρήστης δε συμπληρώσει κάτι, τότε επιλέγονται οι τιμές που προτείνει η EASA.

Αφού εκτελεστεί το πρόγραμμα δημιουργείται το αρχείο *avz.dxf* στο οποίο παρουσιάζεται γραφικά αν ικανοποιείται το κριτήριο ή όχι. Πιο συγκεκριμένα, σχεδιάζονται τα διαγράμματα ορατότητας, όπου η μία γραμμή υποδεικνύει την υπάρχουσα ορατότητα σε κάθε θέση ενώ η άλλη την απαιτούμενη. Αν η απαιτούμενη ξεπεράσει σε κάποια θέση την υπάρχουσα τότε το κριτήριο δεν ικανοποιείται. Τα διαγράμματα σχεδιάζονται και για τις δύο κατευθύνσεις κίνησης του αεροσκάφους.

Επιπλέον, στο σχέδιο εμφανίζεται άλλη μία πληροφορία. Αυτή η πληροφορία είναι ένα διάγραμμα, στο οποίο χαράσσονται όλες οι ημιευθείες ανεξαρτήτως κατεύθυνσης αεροσκάφους, με αφητηρία κάθε σημείο του διαδρόμου, στο οποίο ο πιλότος δεν θα έχει ορατότητα σε όλο το μήκος του διαδρόμου, σύμφωνα με τα ύψη οφθαλμού και εμποδίου που έχουν δοθεί. Κάθε ημιευθεία υποδεικνύει τη μέγιστη οπτική εμβέλεια από το εκάστοτε σημείο. Βάσει αυτού του διαγράμματος προέκυψε το διάγραμμα ορατότητας.

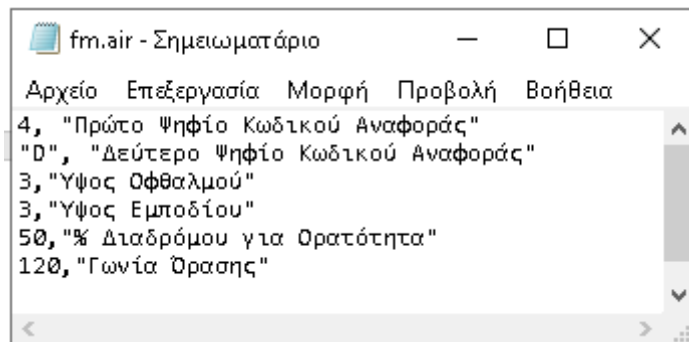
Παρακάτω παρατίθενται παραδείγματα εφαρμογής του προγράμματος για διαφορετικά ύψη οφθαλμού, εμποδίου και μήκη απαιτούμενης απόστασης ανεμπόδιστης οπτικής επαφής μεταξύ τους ως ποσοστό του διαδρόμου.

➤ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ I

Στο πρώτο παράδειγμα δίνονται το ύψος οφθαλμού, εμποδίου και μήκος απαιτούμενης απόστασης ανεμπόδιστης οπτικής επαφής μεταξύ τους όπως ορίζονται από τον ICAO για διαδρόμους κατηγορίας D.

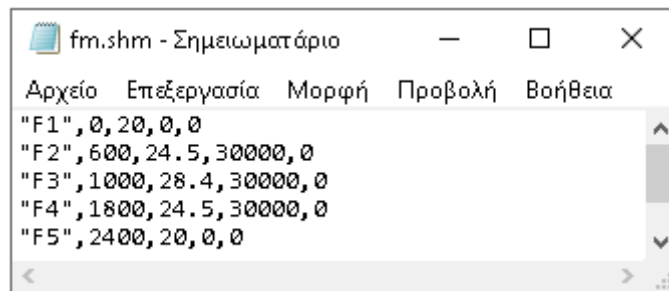
Δεδομένα εισόδου:

- ✓ Ύψος οφθαλμού: 3 m,
- ✓ Ύψος εμποδίου: 3 m,
- ✓ Απαιτούμενη απόσταση: 50% του διαδρόμου



Εικόνα 4.19: Περιεχόμενα αρχείου *fm.air* για το Παράδειγμα I

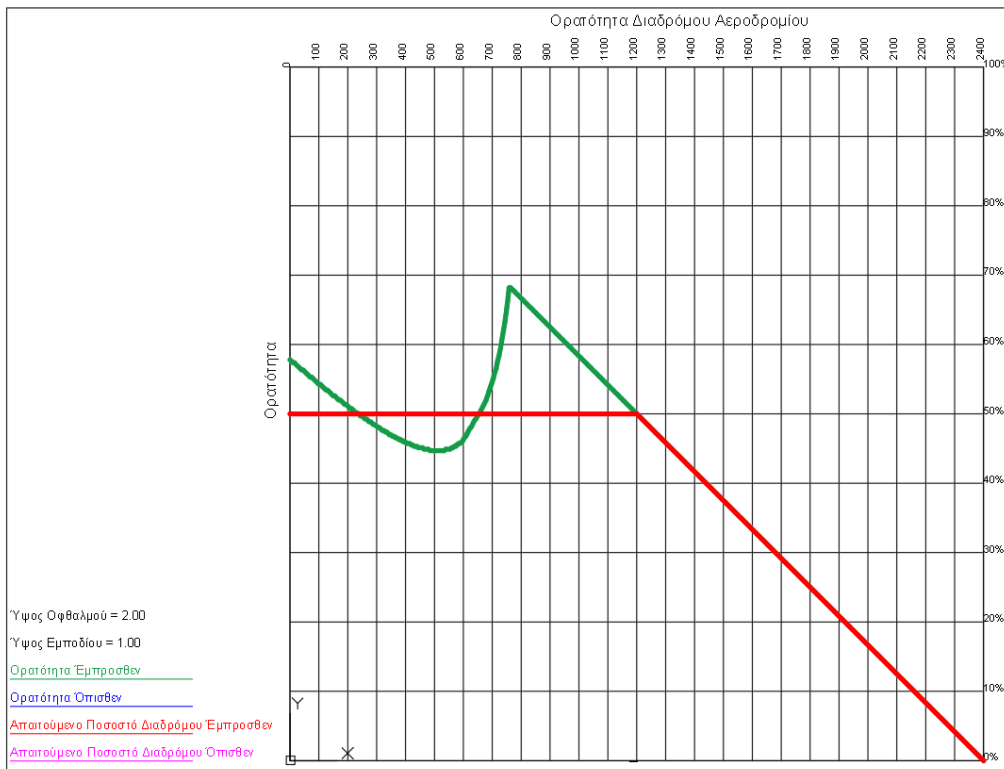
Η μηκοτομή του διαδρόμου που επιλέγεται εδώ είναι καμπύλη με τα κοίλα προς τα κάτω και με μεγάλες κλίσεις ώστε να υπάρξουν προβλήματα ορατότητας.



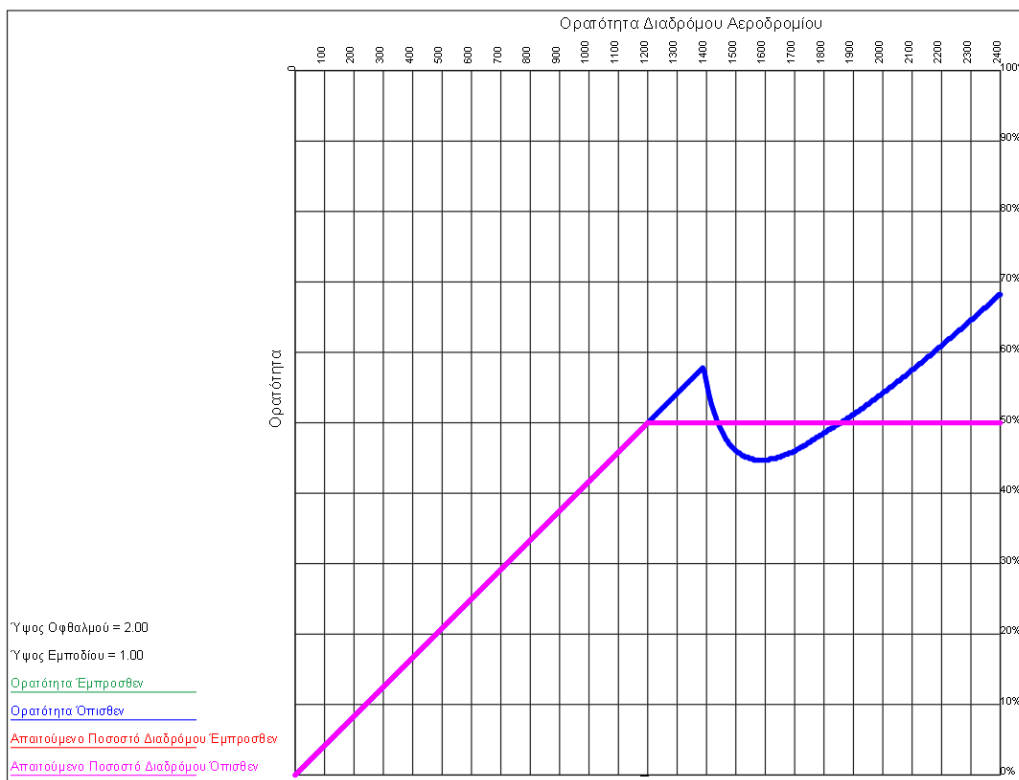
Εικόνα 4.20: Στοιχεία μηκοτομής για το Παράδειγμα I (Σημαία, Χ.Θ., Ύψος, Ακτίνα)

Αφού εκτελεστεί το πρόγραμμα προκύπτουν τα εξής διαγράμματα:





Εικόνα 4.21: Διάγραμμα ορατότητας παραδείγματος I πρώτης κατεύθυνσης κίνησης α/φ



Εικόνα 4.22: Διάγραμμα ορατότητας παραδείγματος I δεύτερης κατεύθυνσης κίνησης α/φ

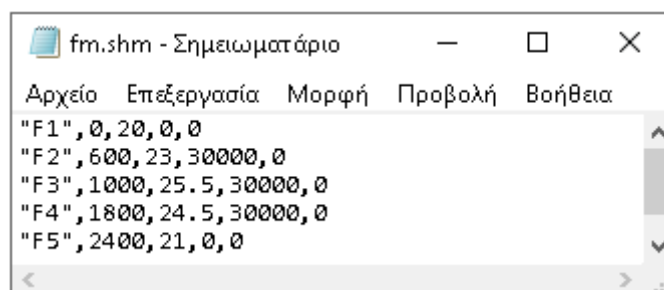
Παραπάνω φαίνονται τα διαγράμματα ορατότητας του διαδρόμου και για τις 2 κατευθύνσεις. Και στις δύο περιπτώσεις φαίνεται ότι η υπάρχουσα ορατότητα δεν καλύπτει τις απαιτήσεις.

➤ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ II

Σε αυτό το παράδειγμα δίνονται τα ίδια δεδομένα εισόδου όσον αφορά τον έλεγχο ορατότητας αλλά με μια διαφορετική μηκοτομή διαδρόμου, η οποία θα έχει μικρότερες κλίσεις από το προηγούμενο παράδειγμα ώστε να ικανοποιείται το κριτήριο της ορατότητας.

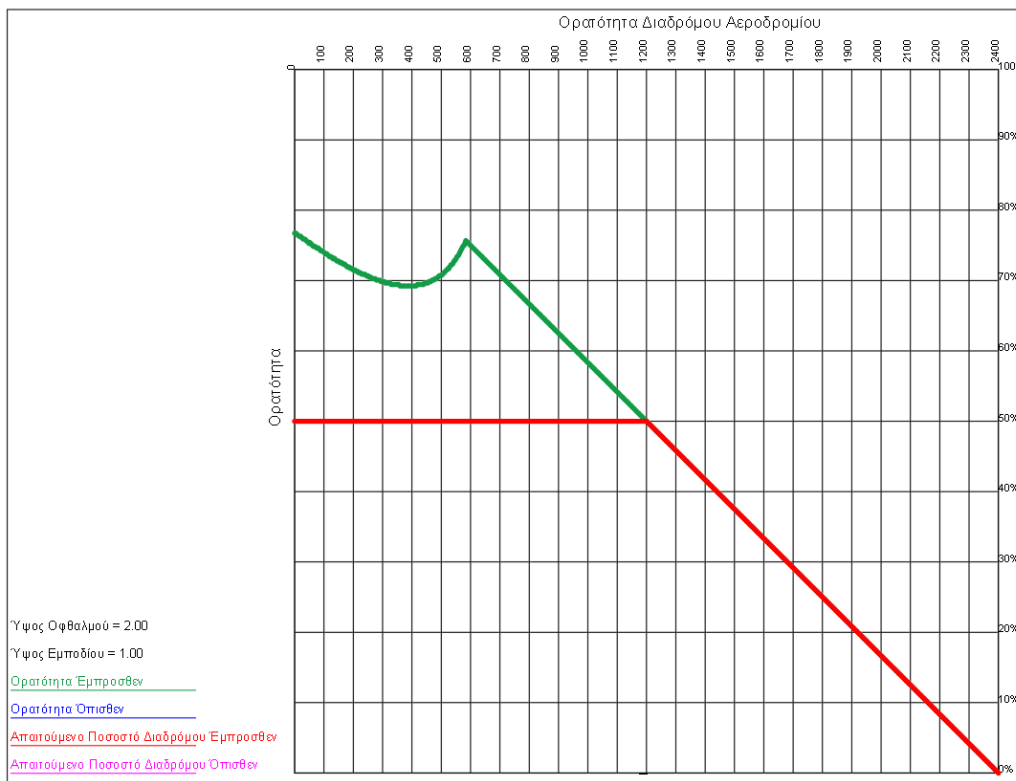
Δεδομένα εισόδου:

- ✓ Ύψος οφθαλμού: 3 m,
- ✓ Ύψος εμποδίου: 3 m,
- ✓ Απαιτούμενη απόσταση: 50% του διαδρόμου

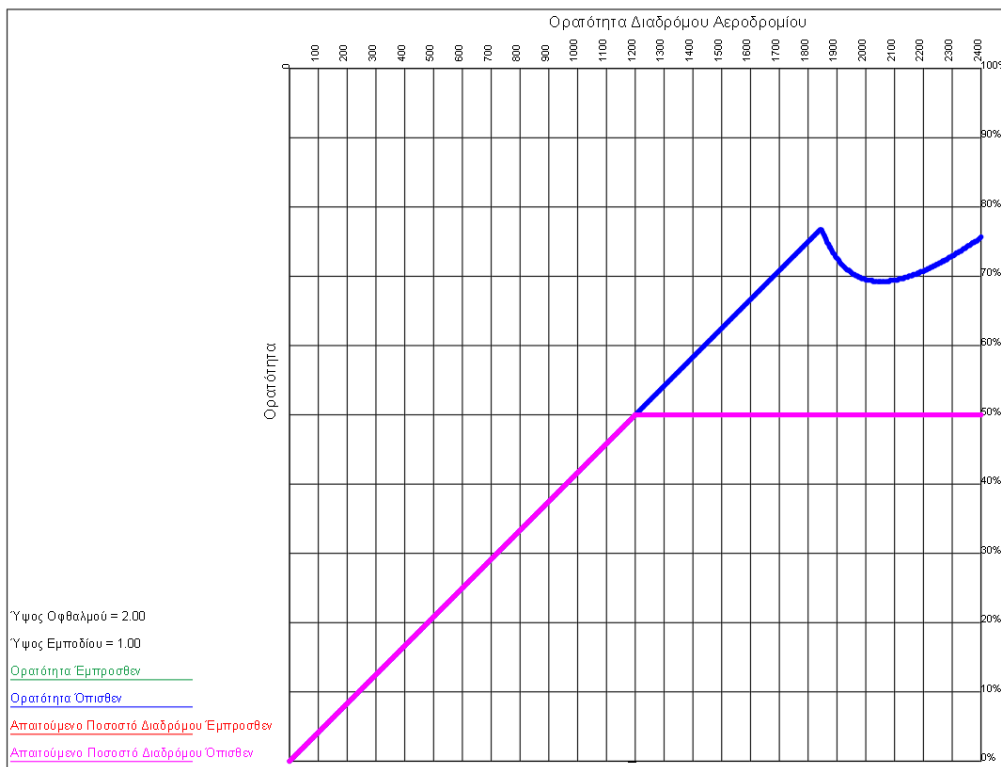


Εικόνα 4.23: Στοιχεία μηκοτομής για το Παράδειγμα II (Σημαία, Χ.Θ., Ύψος, Ακτίνα)

Αφού εκτελεστεί το πρόγραμμα προκύπτουν τα εξής διαγράμματα:



Εικόνα 4.24: Διάγραμμα ορατότητας παραδείγματος II πρώτης κατεύθυνσης α/φ



Εικόνα 4.25: Διάγραμμα ορατότητας παραδείγματος II δεύτερης κατεύθυνσης α/φ

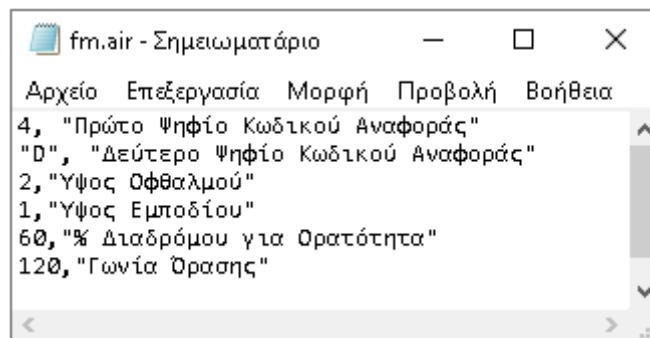
Παραπάνω φαίνονται τα διαγράμματα ορατότητας του διαδρόμου και για τις 2 κατευθύνσεις. Και στις δύο περιπτώσεις φαίνεται ότι η υπάρχουσα ορατότητα καλύπτει τις απαιτήσεις.

➤ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΙΙΙ

Στο τρίτο παράδειγμα επιλέγονται τιμές για το ύψος οφθαλμού και εμποδίου που δεν αντιστοιχούν σε κάποιους κανονισμούς, αλλά θα μπορούσαν να επιλεγθούν για το λεπτομερέστερο έλεγχο της διατιθέμενης ορατότητας στο διάδρομο.

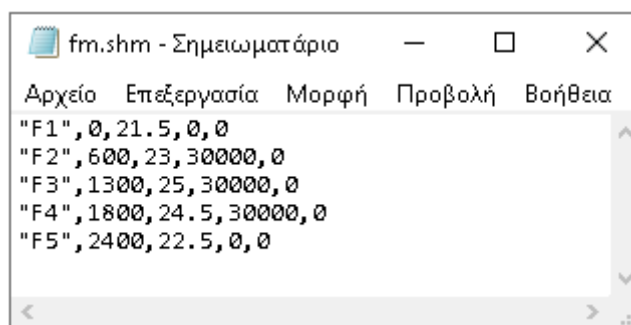
Δεδομένα εισόδου:

- ✓ Ύψος οφθαλμού: 1.5 m,
- ✓ Ύψος εμποδίου: 0.5 m,
- ✓ Απαιτούμενη απόσταση: 60% του διαδρόμου



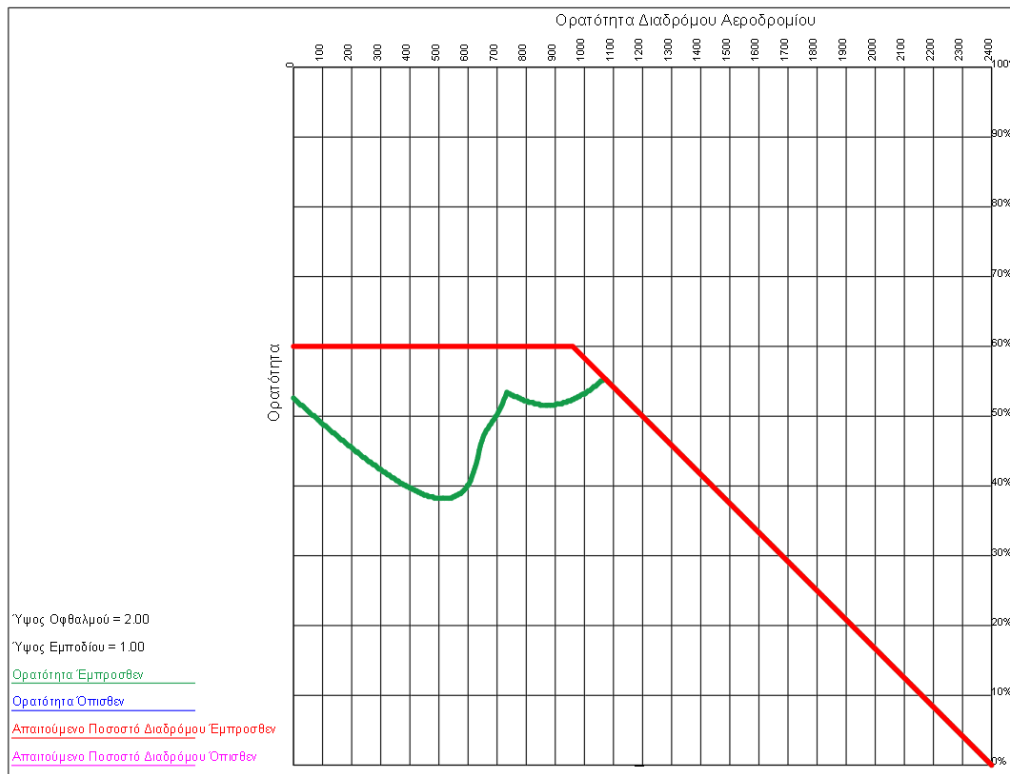
Εικόνα 4.26: Περιεχόμενα αρχείου *fm.air* για το Παράδειγμα ΙΙΙ

Η μηκοτομή του διαδρόμου θα έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

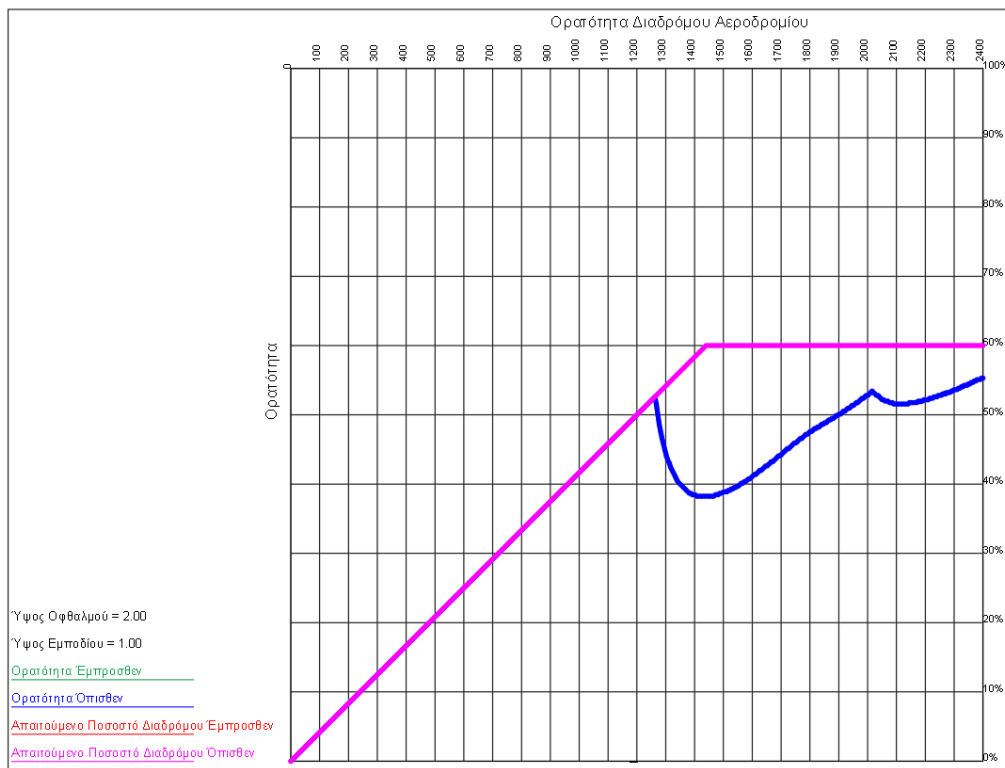


Εικόνα 4.27: Στοιχεία μηκοτομής για το Παράδειγμα ΙΙΙ (Σημαία, Χ.Θ., Ύψος, Ακτίνα)

Αφού εκτελεστεί το πρόγραμμα προκύπτουν τα εξής διαγράμματα:



Εικόνα 4.28: Διάγραμμα ορατότητας παραδείγματος III πρώτης κατεύθυνσης α/φ



Εικόνα 4.29: Διάγραμμα ορατότητας παραδείγματος III δεύτερης κατεύθυνσης α/φ



## **5 ΟΡΑΤΟΤΗΤΑ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟΥ**

---

<b>5.1</b>	<b>ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ .....</b>	<b>65</b>
5.1.1	Μοντελοποίηση κτιρίων και ασφαλτοστρωμένων επιφανειών .....	66
5.1.2	Μοντελοποίηση εδάφους .....	71
5.1.3	Συγχώνευση μοντέλου εδάφους με τροχοδρομικό σύστημα και κτίρια	78
5.1.4	Προσδιορισμός σημείων εντός του πεδίου ελιγμών .....	81
5.1.5	Περιγραφή λειτουργίας προγράμματος .....	87
<b>5.2</b>	<b>ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ALX .....</b>	<b>89</b>





## 5.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Το πρόγραμμα που περιγράφηκε προηγουμένως εξετάζει την ορατότητα στις δύο διαστάσεις και πιο συγκεκριμένα, μόνο στον άξονα του διαδρόμου. Όπως έχει προαναφερθεί, στόχος του συγκεκριμένου προγράμματος είναι να μεταφέρει το πρόβλημα της διερεύνησης της ορατότητας στις τρεις διαστάσεις και στο ευρύτερο τροχοδρομικό σύστημα.

Το πρόγραμμα που θα περιγραφεί στο παρόν κεφάλαιο, ονομάζεται *ALX.FOR*. Ομοίως με το *AVZ.FOR*, έτσι και για τη δημιουργία αυτού χρησιμοποιήθηκε γλώσσα προγραμματισμού *Fortran 77* σε συνδυασμό με το σχεδιαστικό πρόγραμμα *AutoCad*.

Η πορεία σκέψης και τα βήματα για την πραγματοποίηση των στόχων παρουσιάζονται ως εξής:

### **i. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Για την ανάπτυξη του προγράμματος πρέπει να καταγραφούν τα δεδομένα που είναι διαθέσιμα αλλά και εκείνα που απαιτούνται και πρέπει να προσδιοριστούν με έμμεσο τρόπο. Αρχικά, εφόσον είναι επιθυμητός ο προσδιορισμός των σημείων, ως ορατά ή μη ορατά από τον πιλότο, θα πρέπει να είναι διαθέσιμος ο χάρτης της περιοχής και το υπόβαθρο του εδάφους, όπως επίσης και στοιχεία για τα κτίρια και τα μόνιμα ή κινητά αντικείμενα τα οποία είναι δυνατό να αποτελέσουν εμπόδια για το οπτικό πεδίο του πιλότου. Επιπλέον, θα πρέπει να μορφωθούν πιθανές πορείες του αεροσκάφους στο τροχοδρομικό σύστημα, ώστε να γνωρίζουμε σε ποιες θέσεις θα κινηθεί για να τις εξετάσουμε. Τέλος, είναι αναγκαίο να προσδιοριστεί ποιο είναι το εύρος του οπτικού πεδίου του πιλότου από το πιλοτήριο σε μοίρες όπως περιγράφηκε στο κεφάλαιο 2.3.

### **iii. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΖΗΤΟΥΜΕΝΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ**

Κύριος στόχος του προγράμματος, όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι ο εντοπισμός των σημείων ενός αεροδρομίου, στα οποία ο πιλότος δε θα έχει οπτική επαφή σε οποιαδήποτε φάση της πορείας του στο τροχοδρομικό σύστημα. Συνεπώς, για να προκύψει το ζητούμενο θα πρέπει να απεικονισθεί το αεροπλάνο σε διάφορα στιγμιότυπα της διαδρομής του και παράλληλα να διακρίνονται στο σχέδιο τα σημεία που είναι ορατά και αυτά που δεν είναι από τον πιλότο με κατάλληλες αποχρώσεις. Με βάση τα παραπάνω θα αποκτηθεί μια συνολική εικόνα για το υπό εξέταση αεροδρόμιο και τα “επικίνδυνα” σημεία του.

### **iv. ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ**

Σε αυτό το βήμα περιγράφονται οι επιμέρους εργασίες που θα γίνουν ώστε να καταστεί εφικτή η υλοποίηση των επιθυμητών αποτελεσμάτων. Αρχικά, πρέπει να γίνει προσομοίωση και ψηφιακή αναπαράσταση του εδάφους στο συνολικό χώρο

του αεροδρομίου, συμπεριλαμβάνοντας και τα κτίρια που βρίσκονται σε αυτό. Στη συνέχεια θα προσδιοριστούν διαφορετικές πορείες που είναι πιθανόν να ακολουθήσει ένα αεροσκάφος στο υπό εξέταση τροχοδρομικό σύστημα, είτε πριν την απογείωση ή μετά την προσγείωση. Τέλος, θα συνταχθεί ο κώδικας σε γλώσσα προγραμματισμού *Fortran 77*, ο οποίος θα αξιοποιήσει τα παραπάνω και σε συνδυασμό με το σχεδιαστικό πρόγραμμα *AutoCAD* θα πραγματοποιήσει την απεικόνιση των αποτελεσμάτων.

### 5.1.1 Μοντελοποίηση κτιρίων και ασφαλτοστρωμένων επιφανειών

Για να εκτελεστεί το πρόγραμμα, είναι απαραίτητο να έχει δημιουργηθεί το μοντέλο εδάφους του υπό εξέταση αεροδρομίου. Το αεροδρόμιο που επιλέχθηκε να εξεταστεί είναι ο κρατικός αερολιμένας Πάρου (ΚΑΠΑ), λόγω της έντονης αλλαγής κλίσεων και της κυρτής καμπύλης της μηκοτομής του διαδρόμου. Αυτά τα χαρακτηριστικά καθιστούν το διάδρομο κατάλληλο για έλεγχο αφού η χάραξη της μηκοτομής του δημιουργεί ενδεχομένως περιορισμούς στην ορατότητα του πιλότου.

Στο παράδειγμα που θα ακολουθήσει θα εξεταστεί το επίπεδο ορατότητας του διαδρόμου 35-17 της Πάρου που θα υπάρχει μετά την επέκταση του από 1.400 μ. σε 1799 μ.

Η Πάρος είναι το τέταρτο σε μέγεθος νησί των Κυκλάδων και βρίσκεται δυτικά της Νάξου, από την οποία τη χωρίζει στενός διάυλος πλάτους 3 περίπου μιλίων, ενώ από τον Πειραιά απέχει 90 ναυτικά μίλια. Έχει έκταση 193,31 τετραγωνικά χιλιόμετρα και το μήκος των ακτών της είναι 118,5 χιλιόμετρα.



Εικόνα 5.1: Δορυφορικός χάρτης νήσου Πάρου

Ο αερολιμένας ξεκίνησε να λειτουργεί στις 5 Οκτωβρίου 1982, σε χώρο που παραχώρησε ο Νικόλας Παντελαίος, για αυτό και το δευτερεύον όνομα του αερολιμένα είναι "Παντελαίειο Αεροδρόμιο Πάρου". Ο αερολιμένας ξεκίνησε τη λειτουργία του ως κοινοτικός και διέθετε ένα χωμάτινο διάδρομο και ένα μικρό κτήριο εμβαδού 80 τ.μ..

Το 1985 ο διάδρομος ασφαλτοστρώθηκε, ενώ το 1987 προστέθηκε ένας επιπλέον όροφος στο κτήριο του αεροσταθμού. Επίσης, την ίδια χρονιά το κτήριο ανακαινίσθηκε για να στεγάσει την Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας και μετεωρολογικό σταθμό της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας.

Το 1989 ο αερολιμένας έγινε κρατικός. Το 2016 κατασκευάστηκε δυτικότερα, με νέο διάδρομο μήκους 1.400 μ. και πλάτους 45 μ. και σε νέες προσωρινές κτιριακές εγκαταστάσεις, οι οποίες εγκαινιάστηκαν στις 29 Ιουλίου 2016. Οι εγκαταστάσεις αυτές επέτρεψαν τη μεταφορά περισσότερων επιβατών λόγω της δυνατότητας προσγείωσης μεγαλύτερων αεροσκαφών.



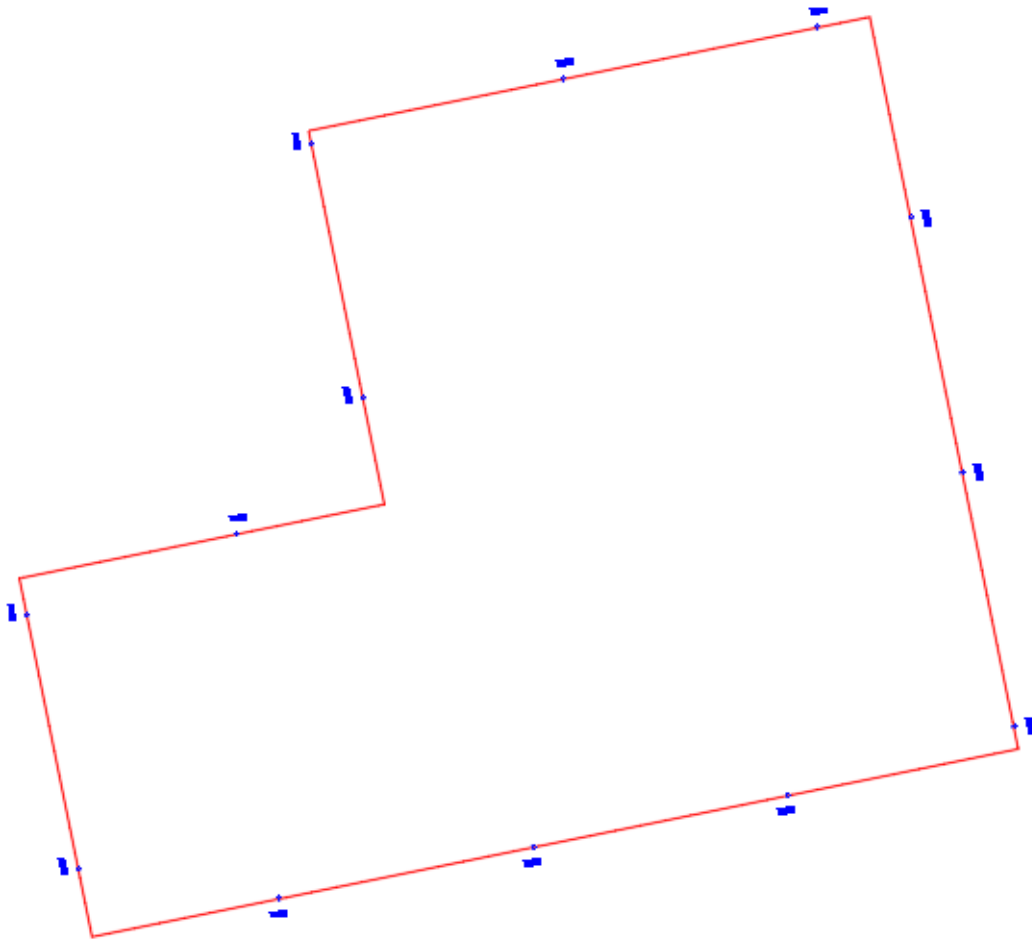
Εικόνα 5.2: Θέση κρατικού αερολιμένα Πάρου

Για την μοντελοποίηση των κτιρίων και των ασφαλτοστρωμένων επιφανειών έγινε χρήση του προγράμματος *FM19*. Παρακάτω παρουσιάζεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την ψηφιακή αναπαράσταση ενός κτιρίου:

Αρχικά, δίνονται στο πρόγραμμα οι συντεταγμένες των γωνιών του κτιρίου και στη συνέχεια σχεδιάζεται η κάτοψη του.

	A	B	C	D	E	F	G	H
	Κορυφή	X	Y	Μήκος Συναρμογής Εισόδου	Ακτίνα Κυκλικού Τόξου	Μήκος Συναρμογής Εξόδου	Επίκλιση %	Ποσοστό απόσβεσης στον κύκλο
1								
2	1	598993,1949	4097766,9652	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	2	599101,4264	4097788,9146	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4	3	599130,0531	4097647,7577	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5	4	598951,4109	4097611,5290	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6	5	598937,3912	4097680,6594	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	6	599007,8019	4097694,9388	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8	7	598993,1949	4097766,9652	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Εικόνα 5.3: Συντεταγμένες κορυφών κτιρίου

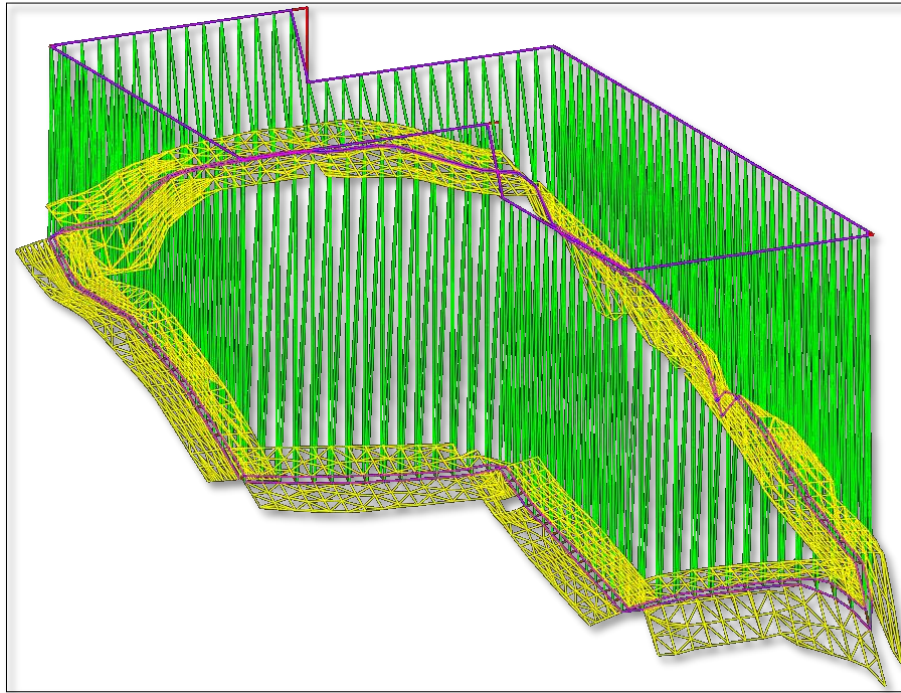


Εικόνα 5.4: Κάτοψη κτιρίου

Έπειτα δίνεται το υψόμετρο της ανώτερης στάθμης του κτιρίου ώστε να λάβει πλέον τρισδιάστατη μορφή.

	A	B	C	D	E
	Σημαία	ΧΘ	Υψόμετρο	Ακτίνα	Διατομή
1					
2	F1	0,000	53,000	0,000	0
3	F2	110,435	53,000	0,000	0
4	F3	183,926	53,000	0,000	0
5	F4	183,936	51,000	0,000	0
6	F5	579,126	51,000	0,000	0
7	F6	579,127	53,000	0,000	0
8	F7	999999,000	53,000	0,000	0

Εικόνα 5.5: Υψόμετρο Κτιρίου



Εικόνα 5.6: Ψηφιακή αναπαράσταση κτιρίου

Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται για όλα τα κτίρια και για τις ασφαλτοστρωμένες επιφάνειες στο αεροδρόμιο, με μόνη διαφορά ότι για τις επιφάνειες δίνονται και πλάτη στο πρόγραμμα για τη δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου τους. Από κάθε ένα από αυτά προκύπτει ένα αρχείο μορφής .dwg με το τρισδιάστατο μοντέλο του.

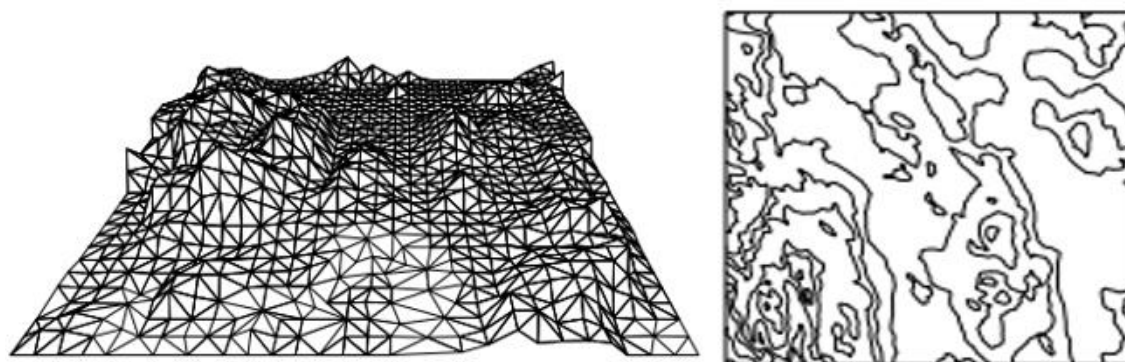


	A	B	C	D	E	F
	Οδογραμμή	ΧΘ	Πλάτος	Ακτίνα	Απόσταση	Οδοστρώσις
1						
5	-1	1868,800	67,000	0,000	0,000	0,100
6	-1	1868,810	22,500	0,000	0,000	0,100
7	-1	1920,000	22,500	0,000	0,000	0,100
8	1	0,000	22,500	0,000	0,000	0,100
9	1	51,190	22,500	0,000	0,000	0,100
10	1	51,200	67,000	0,000	0,000	0,100
11	1	132,060	67,000	0,000	0,000	0,100
12	1	216,510	22,500	0,000	0,000	0,100
13	1	1920,000	22,500	0,000	0,000	0,100
14	-2	0,000	52,500	0,000	0,000	0,100
15	-2	1703,490	52,500	0,000	0,000	0,100
16	-2	1787,940	8,000	0,000	0,000	0,100
17	-2	1868,800	8,000	0,000	0,000	0,100
18	-2	1868,810	52,500	0,000	0,000	0,100
19	-2	1920,000	52,500	0,000	0,000	0,100
20	2	0,000	52,500	0,000	0,000	0,100
21	2	51,190	52,500	0,000	0,000	0,100
22	2	51,200	8,000	0,000	0,000	0,100
23	2	132,060	8,000	0,000	0,000	0,100
24	2	216,510	52,500	0,000	0,000	0,100
25	2	1920,000	52,500	0,000	0,000	0,100

Εικόνα 5.7: Πλάτη ασφαλτοστρωμένων επιφανειών

### 5.1.2 Μοντελοποίηση εδάφους

Πρώτιστα, κύρια ανάγκη αποτελεί η ψηφιακή απεικόνιση του εδάφους αλλά και όλων των επιφανειών που βρίσκονται στο χώρο του αεροδρομίου. Αυτό που ζητείται λοιπόν είναι η αναπαράσταση μιας επιφάνειας με τη μορφή ενός ανάγλυφου, δηλαδή μιας δισδιάστατης επιφάνειας που αναπαριστά τον τρισδιάστατο χώρο. Ένα ανάγλυφο μπορεί να απεικονιστεί, όπως φαίνεται παρακάτω, μέσω τριγώνων ή μέσω ισοϋψών καμπύλων, όπως στην περίπτωση ενός τοπογραφικού χάρτη



Εικόνα 5.8: Απεικόνιση ανάγλυφου με τρίγωνα (αριστερά) και με ισοϋψείς (δεξιά)

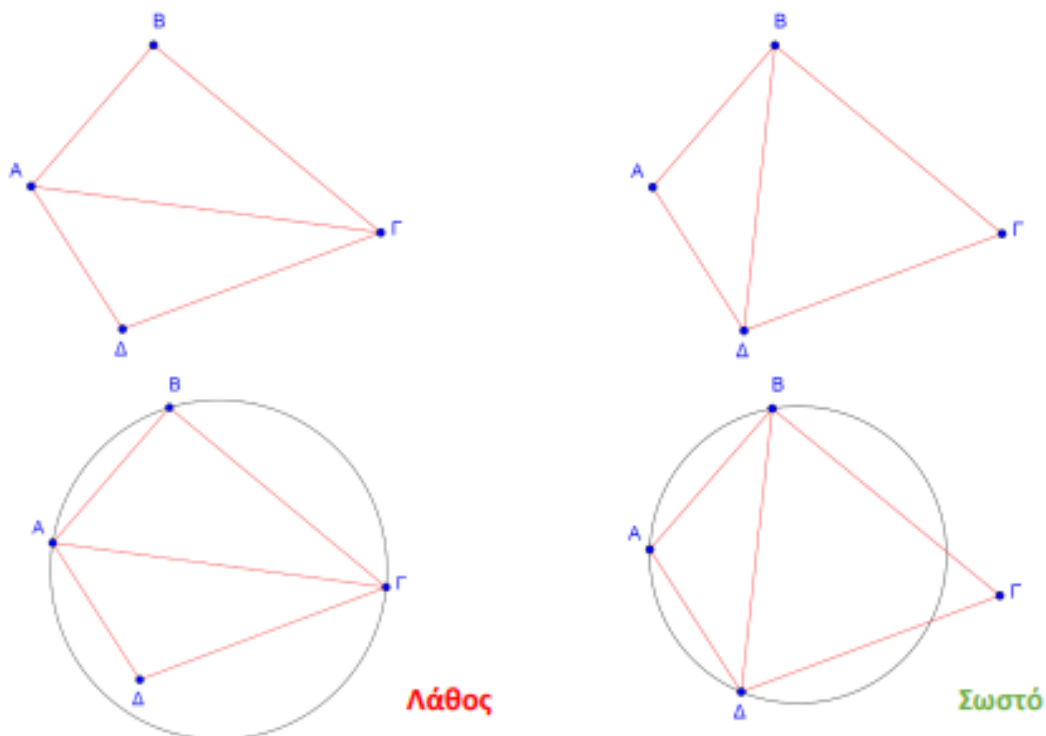
Προκειμένου να καταστεί πιο εύκολη η χρήση μαθηματικών σχέσεων για τη μοντελοποίηση του ζητήματος, αποφασίστηκε η απεικόνιση των επιφανειών με

τρίγωνα. Για να πραγματοποιηθεί αυτό, εφαρμόστηκε η διαδικασία του τριγωνισμού και πιο συγκεκριμένα η μοντελοποίηση βασίστηκε στη μέθοδο του τριγωνισμού *Delaunay*.

Οι τριγωνοποιήσεις και συγκεκριμένα οι *Delaunay* τριγωνοποιήσεις έχουν ερευνηθεί αναλυτικά, ιδίως στην υπολογιστική γεωμετρία. Η αυξανόμενη ζήτηση για κατάλληλα πλέγματα που να εκτελούν αποδοτικούς υπολογισμούς της λύσης για ρεαλιστικά προβλήματα, που διαμορφώνονται βάσει των μερικών διαφορικών εξισώσεων, οδήγησε τους μηχανικούς να δώσουν λίγη προσοχή στις τεχνικές τριγωνισμού. Άλλοι ενδιαφέρθηκαν για την *Delaunay* τριγωνοποίηση για εφαρμογές στη ρομποτική, στην επεξεργασία εικόνας, CAD περιβάλλον, γεωγραφικές επιστήμες, και ούτω καθεξής.

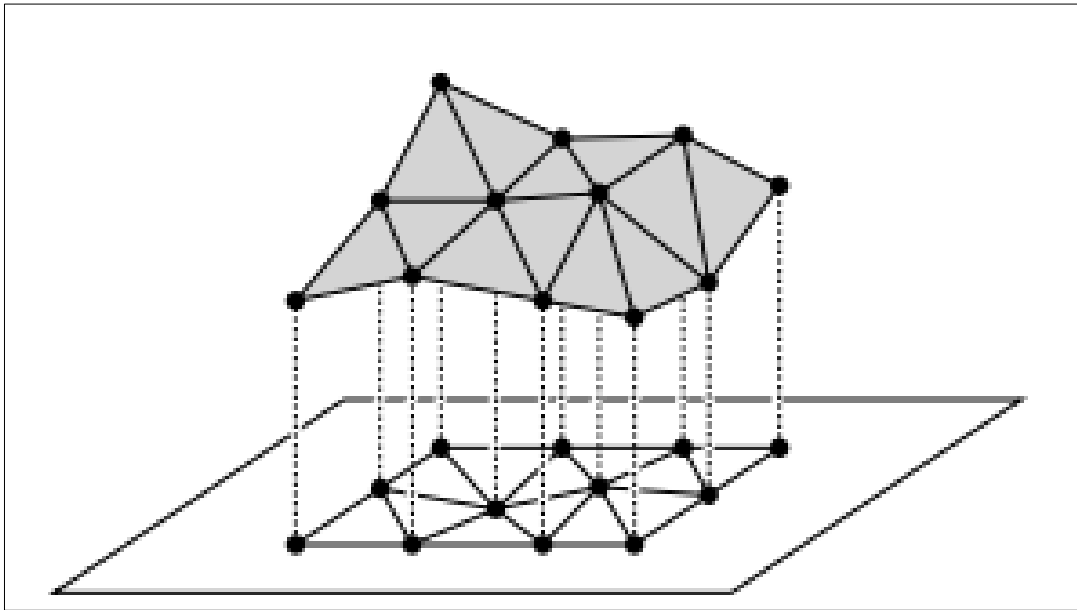
Κατά τον τριγωνισμό *Delaunay* ενός συνόλου σημείων, τρία δεδομένα σημεία ορίζουν τρίγωνο, αν ο περιγεγραμμένος κύκλος του δεν περιέχει άλλα δεδομένα σημεία στο εσωτερικό του. Επιπλέον, δύο σημεία ορίζουν πλευρά τριγώνου αν υπάρχει κύκλος με τα δύο σημεία αυτά στην περιφέρειά του και κανένα άλλο στο εσωτερικό του, δηλαδή υπάρχει κυκλικός δίσκος με χορδή που ορίζεται από τα δύο σημεία και δεν περιέχει κανένα άλλο από το σύνολο τους.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται ένα παράδειγμα λανθασμένου τριγωνισμού αφού υπάρχει και άλλο σημείο μέσα στον περιγεγραμμένο κύκλο, και ένα παράδειγμα σωστού όπως περιγράφηκε παραπάνω.



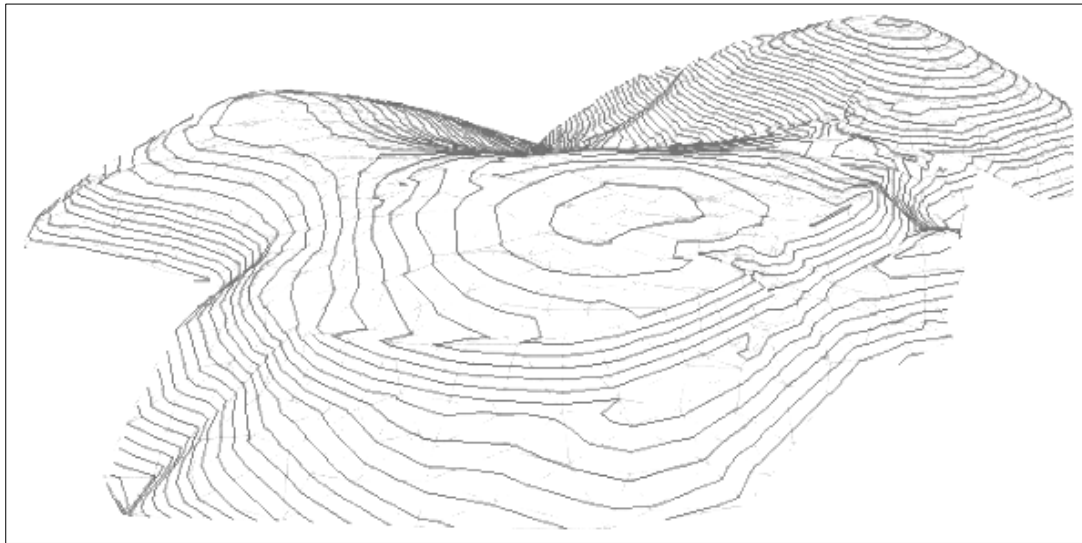
Εικόνα 5.9: Παράδειγμα λανθασμένου και σωστού τριγωνισμού





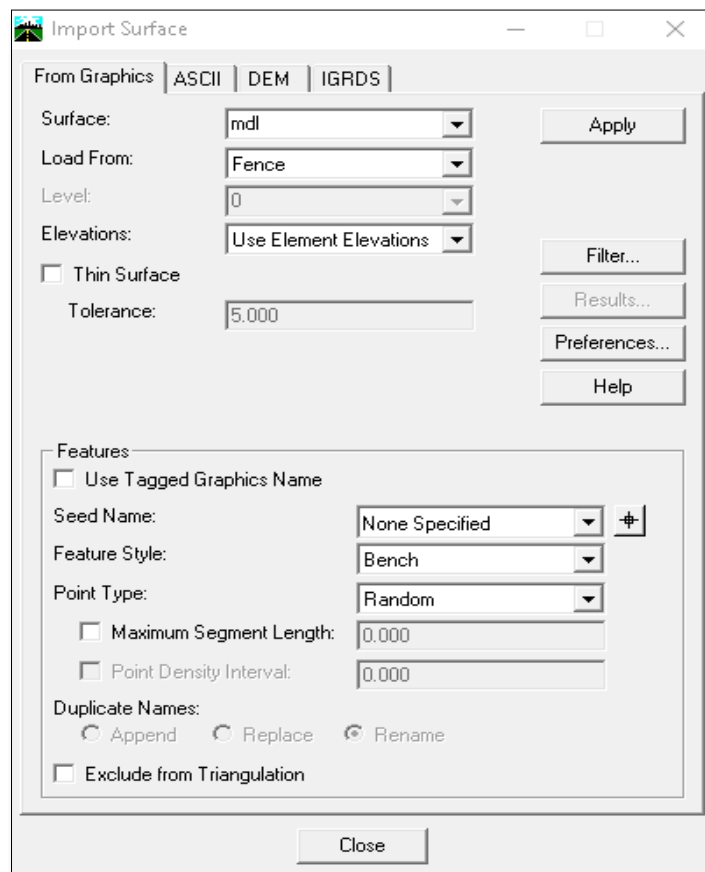
Εικόνα 5.10: Παραγωγή πολυεδρικού ανάγλυφου από σύνολο δειγματικών σημείων

Στην πράξη είναι εύκολο να βρεθεί η απεικόνιση του ανάγλυφου μιας περιοχής με ισοϋψείς καμπύλες μιας και κάτι τέτοιο διατίθεται μέσω τοπογραφικών χαρτών. Προκειμένου να καταστεί δυνατή η μοντελοποίηση του ανάγλυφου όμως, και να μπορεί να εκφραστεί με μαθηματικές σχέσεις, θα εφαρμοστεί τριγωνισμός στο δεδομένο σύνολο των σημείων, που ορίζουν τις ισοϋψείς μιας περιοχής. Ένα σχέδιο που απεικονίζει τις ισοϋψείς μιας περιοχής στον τρισδιάστατο χώρο μπορεί να μετατραπεί σε σχέδιο με τρίγωνα που απεικονίζουν το ανάγλυφο του εδάφους με τη βοήθεια της εφαρμογής *Bentley InRoads* η οποία διατίθεται από το λογισμικό *MicroStation*. Η εφαρμογή *InRoads* δημιουργεί μια επιφάνεια αποτελούμενη από τρίγωνα, οι κορυφές των οποίων κείτονται πάνω στις ισοϋψείς που του έχουν δοθεί, ως σύνολο σημείων με γνωστές συντεταγμένες (X,Y,Z). Στο εξής η διαμορφωμένη με τρίγωνα επιφάνεια θα ονομάζεται Μοντέλο Εδάφους.

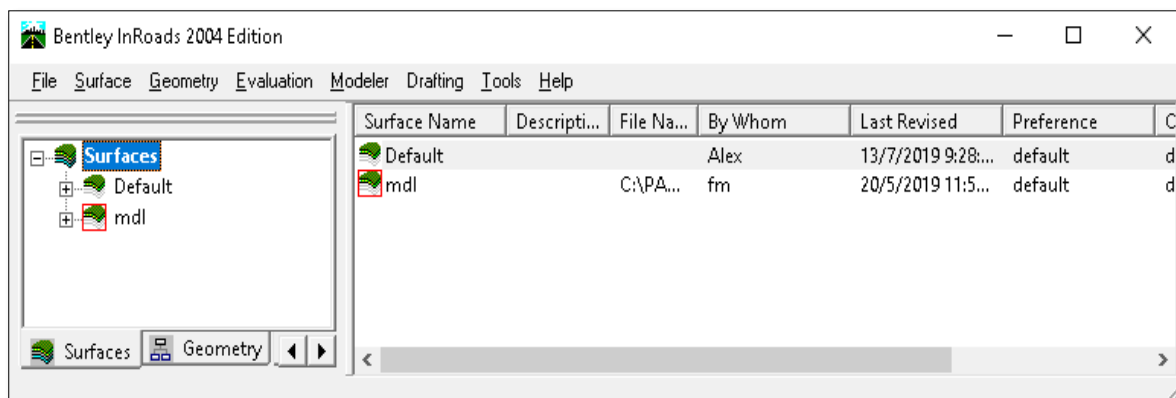


Εικόνα 5.11: Απεικόνιση ανάγλυφου με τρισδιάστατο σχέδιο ισοϋψών καμπύλων

Έστω ότι ισχύει το ανάγλυφο της παραπάνω εικόνας. Αφού εισαχθεί στο *InRoads* ως αρχείο *.dwg* μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία μιας επιφάνειας από τα γραφικά στοιχεία που το αποτελούν. Αυτό γίνεται μέσω της εντολής ***Import*** ως εξής: ***File>Import>Surface>FromGraphics***.



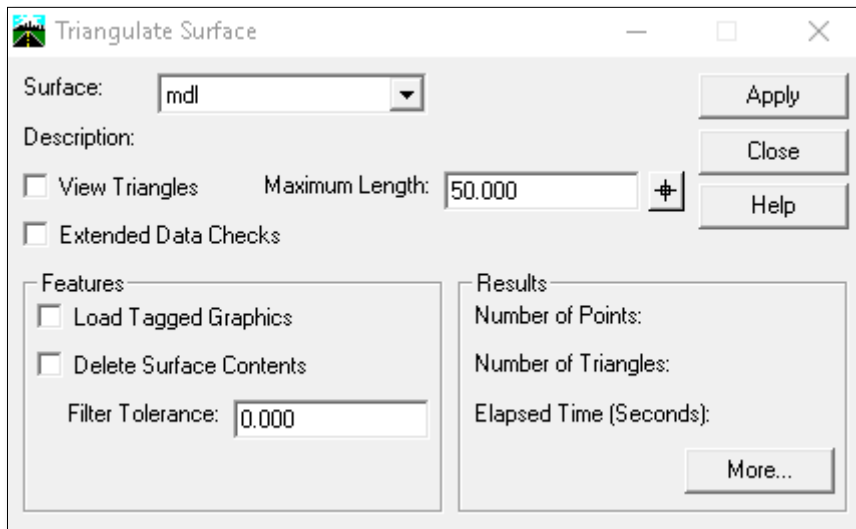
Εικόνα 5.12: Παράθυρο εντολής *Import* της εφαρμογής *InRoads*



Εικόνα 5.13: Περιβάλλον επεξεργασίας επιφανειών του *InRoads*

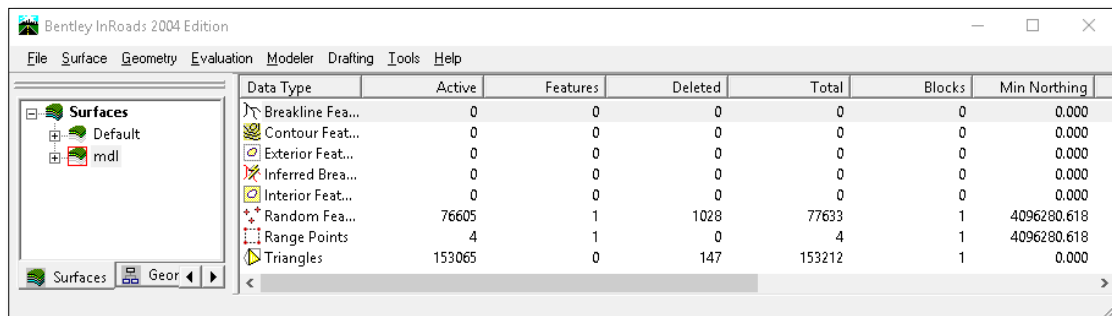
Με αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκε μια επιφάνεια από τις ισοϋψείς που εισήχθησαν στο λογισμικό, όπως ορίστηκε στο παράθυρο που εμφανίστηκε στην οθόνη (**Point Type>Random**). Για να δημιουργηθούν τρίγωνα από τις ισοϋψείς επιβάλλεται να γίνει τριγωνισμός της επιφάνειας. Αυτό διεκπεραιώνεται μέσω της εντολής **Triangulate** ως

εξής: **Surface>Triangulate Surface**. Στο παράθυρο που ανοίγει αφού επιλεγεί η επιθυμητή επιφάνεια δίνεται η δυνατότητα καθορισμού του μέγιστου μήκους πλευράς των τριγώνων (**Maximum Length**). Αυτή η επιλογή αποτρέπει το σχεδιασμό τριγώνων με μεγάλες πλευρές.

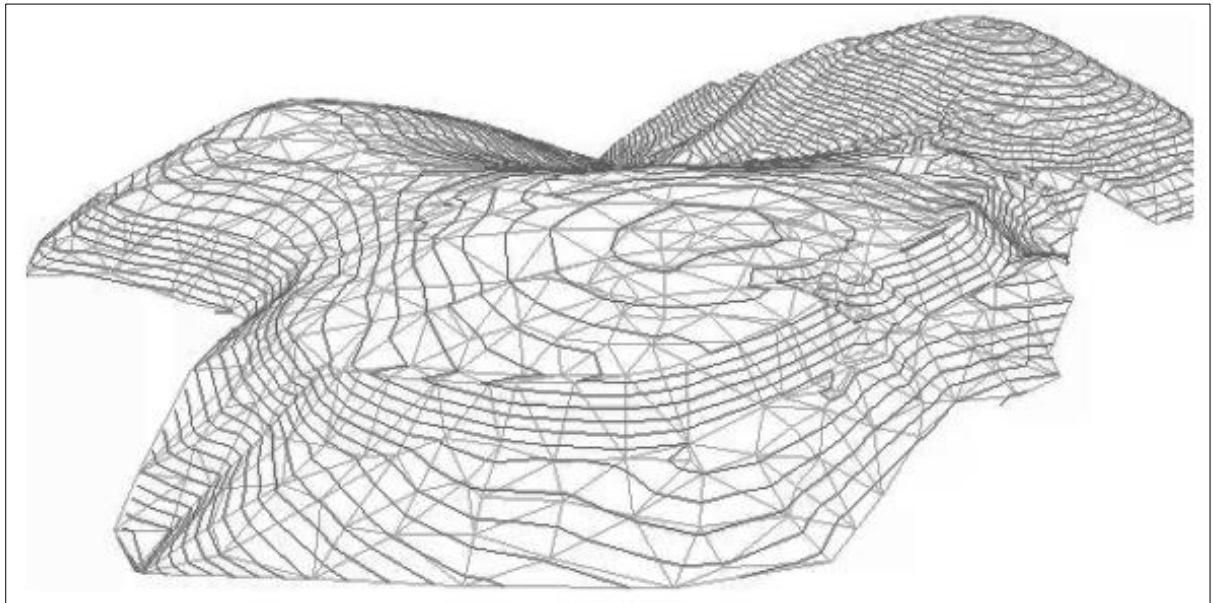


Εικόνα 5.14: Παράθυρο εντολής *Triangulate* της εφαρμογής *InRoads*

Κατά αυτόν τον τρόπο έγινε τριγωνισμός της επιφάνειας. Στο παράθυρο της εφαρμογής φαίνεται ο αριθμός των στοιχείων που αναγνωρίστηκαν ως ισοϋψείς και ο αριθμός των δημιουργούμενων τριγώνων που τους αντιστοιχούν.

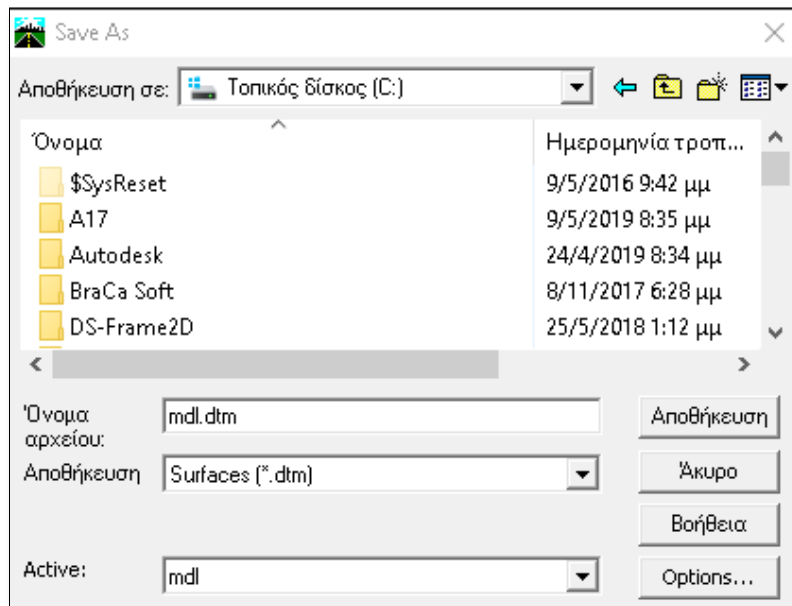


Εικόνα 5.15: Περιβάλλον επεξεργασίας επιφάνειας με ενδεικτικά δεδομένα τριγώνων και ισοϋψών  
καμπύλων



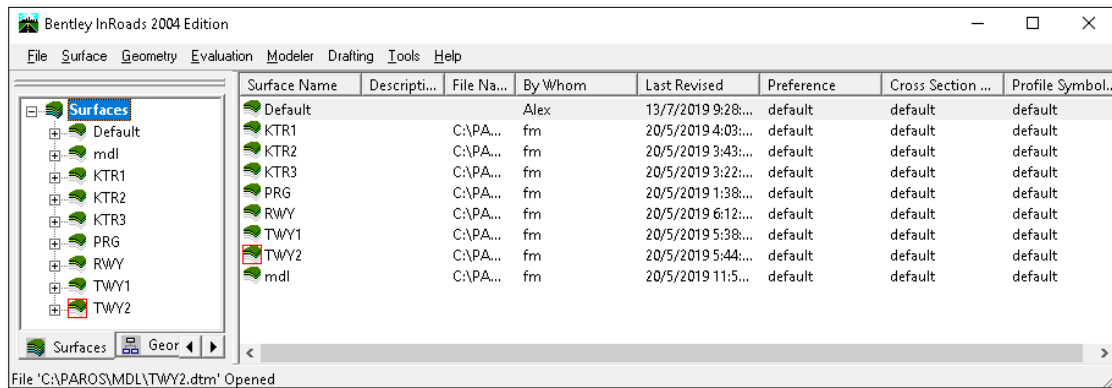
Εικόνα 5.16: Μοντέλο εδάφους ανεπτυγμένο με τη μέθοδο του τριγωνισμού

Το παραπάνω σχέδιο μπορεί να αποθηκευτεί σε μορφή *.dwg* ώστε να είναι αναγνώσιμο από το σχεδιαστικό πρόγραμμα *AutoCAD*. Παρόλα αυτά είναι χρήσιμο για την πορεία της διαδικασίας να αποθηκευτεί σε μορφή *.dtm*. Αυτό γίνεται μέσω της εφαρμογής *InRoads* με την εντολή **File>Saveas> (.dtm)**.



Εικόνα 5.17: Δημιουργία *.dtm* αρχείου μέσω της εφαρμογής *InRoads*

Τέλος, αυτή η διαδικασία θα πρέπει να επαναληφθεί για κάθε τρισδιάστατο μοντέλο που δημιουργήθηκε στο βήμα που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 4.2.2, χρησιμοποιώντας τα .dwg αρχεία τους. Για κάθε ένα από αυτά δημιουργείται και ένα διαφορετικό αρχείο μορφής .dtm.

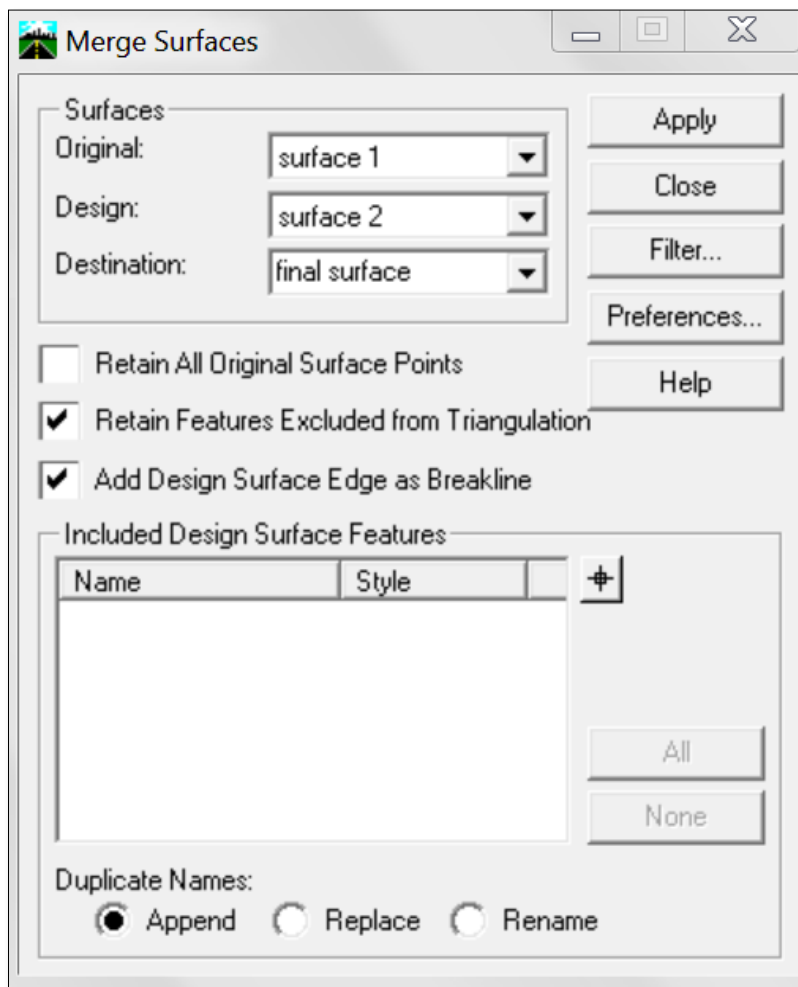


Εικόνα 5.18: Σύνολο δημιουργημένων αρχείων .dtm στο inRoads

### 5.1.3 Συγχώνευση μοντέλου εδάφους με τροχοδρομικό σύστημα και κτίρια

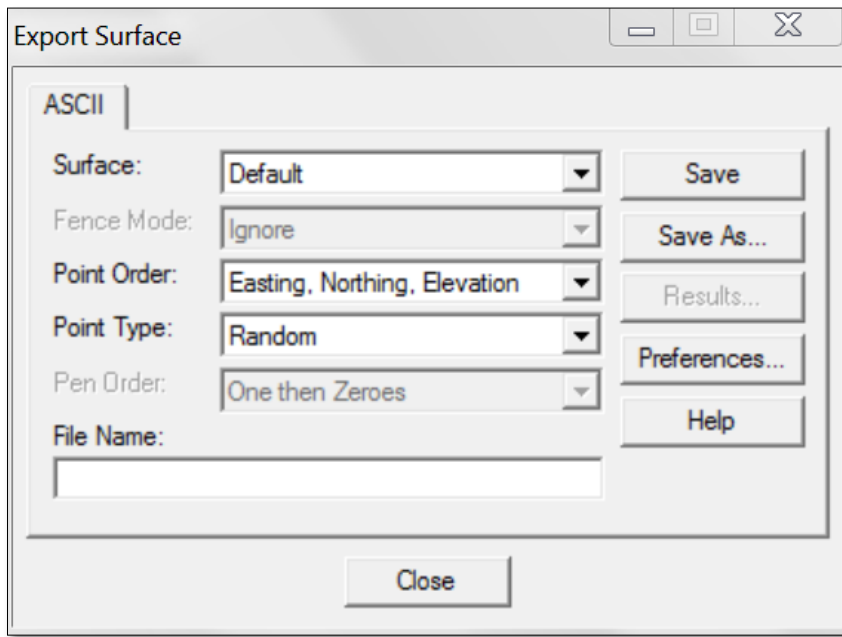
Μετά τον τριγωνισμό όλων των επιφανειών απαραίτητη είναι η συγχώνευσή τους σε μία ενιαία επιφάνεια. Η εντολή στο *inRoads* που μπορεί να διεκπεραιώσει αυτή την ενέργεια είναι το **Merge**. Έτσι λοιπόν δύο σχέδια αναφερόμενα στο ίδιο ανάγλυφο, τα οποία όμως περιέχουν διαφορετικές πληροφορίες, με την εντολή **Merge** επιτρέπεται η ενοποίηση τους, όπου διατηρείται το πρώτο αρχείο και παρεμβαίνει σε αυτό στα σημεία όπου υπάρχουν τρίγωνα του δεύτερου, εισάγοντας αυτά στο πρώτο αρχείο. Πιο συγκεκριμένα, αυτή η εντολή χρησιμοποιείται για τη συγχώνευση της επιφάνειας του εδάφους με τις επιφάνειες των κτιρίων και των ασφαλτοστρωμένων επιφανειών.

Το αρχείο που διατηρείται και μετατρέπεται ονομάζεται *Original*, το αρχείο που παρεμβαίνει σε αυτό ονομάζεται *Design* και το νέο αρχείο που δημιουργείται ονομάζεται *Destination*. Η διαδικασία πραγματοποιείται πατώντας **Surface > Edit Surface > Merge Surfaces..**

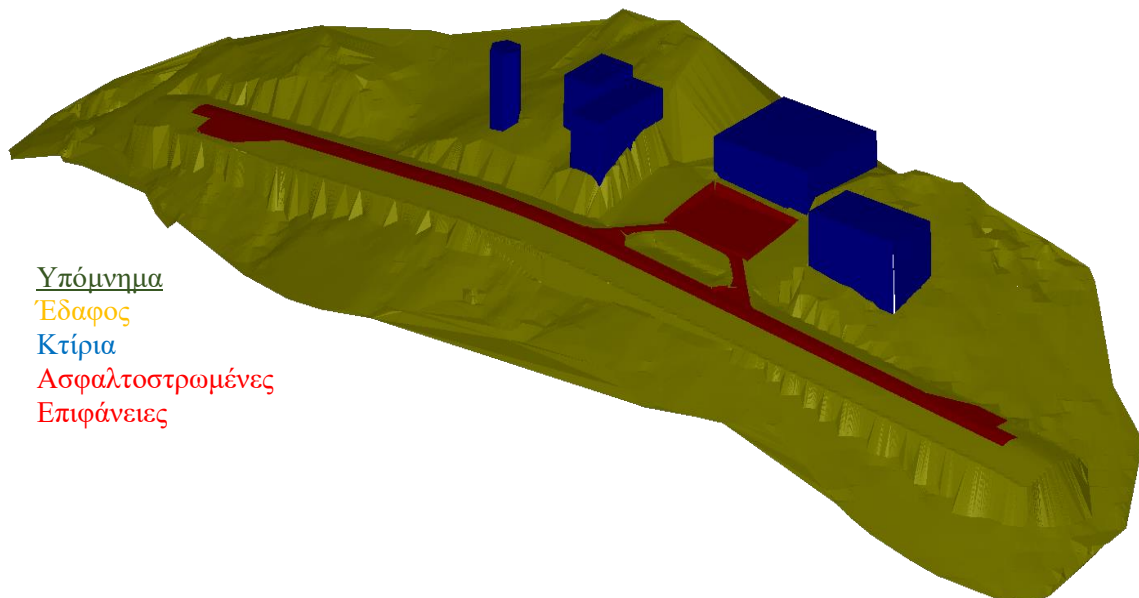


Εικόνα 5.19: Παράθυρο εντολής Merge της εφαρμογής InRoads

Για τη μετατροπή του αρχείου *.dtm* σε αρχείο *.tri*, για τη χρήση του στο τελικό πρόγραμμα ακολουθείται η εξής διαδικασία: Χρησιμοποιώντας την εφαρμογή *InRoads*, και αφού εισαχθεί προς επεξεργασία το σχέδιο *.dtm* (**File>Open**), πατώντας **File>Import>From Graphics (PointStyle> Breaklines)** δημιουργείται μια επιφάνεια από ευθύγραμμα τμήματα. Προκειμένου να αποθηκευτεί αυτή η επιφάνεια ως αρχείο *.tri*, αφού γίνει τριγωνισμός (**Surface>Triangulate Surface**), χρησιμοποιείται η εντολή **File>Export> Surface>Save as> .tri**.



Εικόνα 5.20: Παράθυρο εντολής Export της εφαρμογής InRoads



Εικόνα 5.21: Τελική μορφή μοντέλου εδάφους

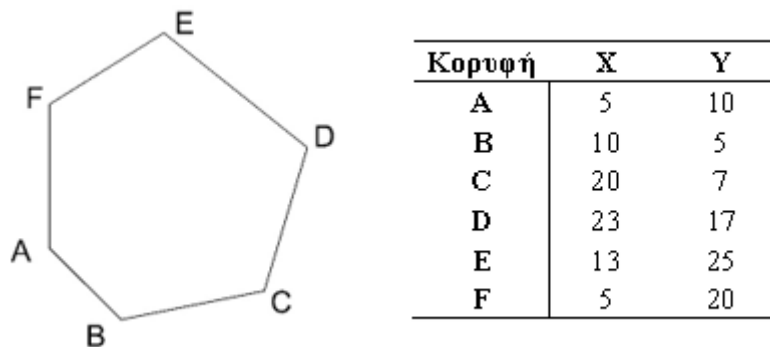


### 5.1.4 Προσδιορισμός σημείων εντός του πεδίου ελιγμών

Προκειμένου να εξεταστεί η ορατότητα από οποιοδήποτε σημείο στον άξονα του διαδρόμου προς οποιοδήποτε σημείο στο τροχοδρομικό σύστημα είναι απαραίτητο να οριστούν τα σημεία εντός του τροχοδρομικού συστήματος.

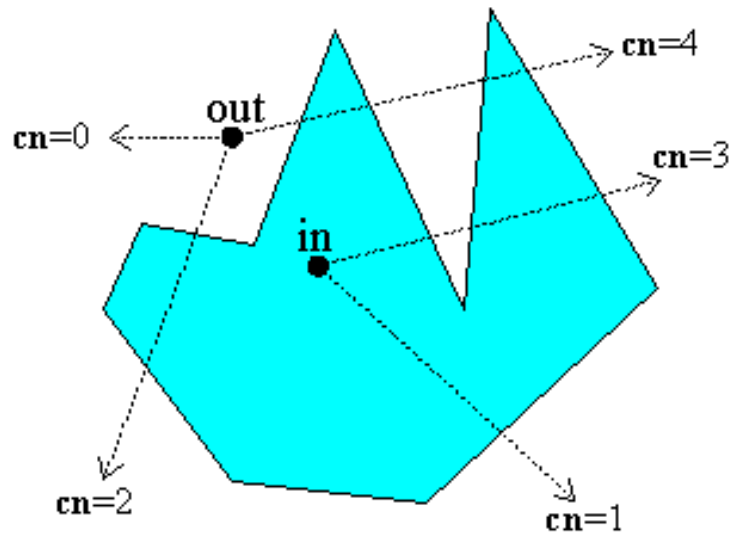
Για να επιτευχθεί αυτό, είναι αναγκαίο να μορφωθεί κατάλληλος αλγόριθμος που θα πραγματοποιεί τον εντοπισμό αυτών των σημείων. Αυτό το πρόβλημα ονομάζεται διαφορετικά «προσδιορισμός σημείων στο πολύγωνο». Στη συνέχεια καταγράφονται τα βήματα δημιουργίας του αλγορίθμου και η επεξήγηση του μέσω σχετικού παραδείγματος.

Αρχικά, χαράσσεται το περίγραμμα που περιβάλλει το τροχοδρομικό σύστημα του αεροδρομίου που εξετάζεται και καταγράφονται οι συντεταγμένες του πολυγώνου που δημιουργήθηκε.



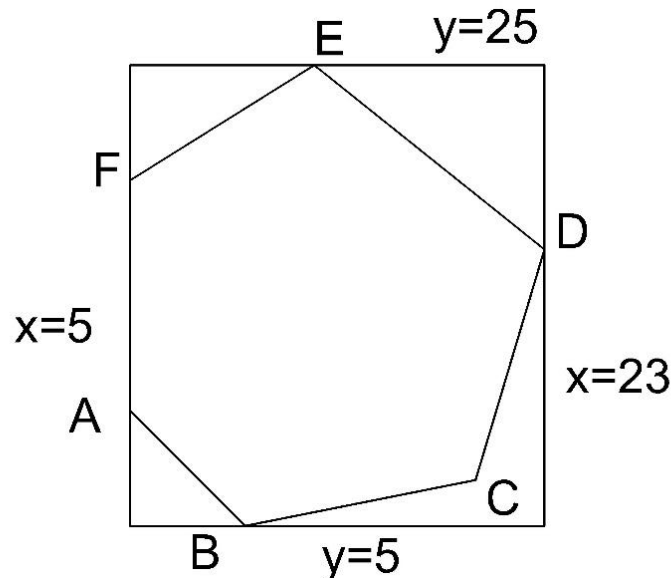
Σχήμα 5.1: Παράδειγμα πολυγώνου με τις συντεταγμένες των κορυφών του

Έπειτα ακολουθεί ο εντοπισμός των σημείων ως προς το πολύγωνο με βάση τις συντεταγμένες τους. Γενικά ένα σημείο  $q$  ανήκει σε ένα πολύγωνο  $P$  εάν και μόνο μία ημιευθεία  $r$  με κορυφή το  $q$  διασχίζει το σύνορο του πολυγώνου περιττό πλήθος φορές. Ωστόσο, η παραπάνω πρόταση δεν ισχύει για σημεία που βρίσκονται πάνω στο σύνορο του πολυγώνου.



Σχήμα 5.2: Προσδιορισμός θέσης σημείου βάσει αριθμού τομών ημιευθείας με σύνορο πολύγωνου  
(Crossing Number)

**Βήμα 1:** Σε πρώτη φάση χρησιμοποιείται ένα ορθογώνιο στο οποίο θα περιλαμβάνονται όλα τα σημεία του πολύγωνου, σύμφωνα με τις συντεταγμένες των κορυφών του. Πιο συγκεκριμένα, για να οριστεί το ορθογώνιο αυτό χρειάζεται να είναι γνωστά τα μέγιστα και ελάχιστα  $X$  και  $Y$  των συντεταγμένων των κορυφών. Χρησιμοποιείται το παράδειγμα του σχήματος 5.3, και συνεπώς έχουμε  $X_{max}=23$ ,  $X_{min}=5$ ,  $Y_{max}=25$ ,  $Y_{min}=5$ .



Σχήμα 5.3: Ορθογώνιο εξωτερικά του πολύγωνου

Για να εξετασθεί αν ένα σημείο βρίσκεται εντός του ορθογωνίου, εφαρμόζεται ο παρακάτω αλγόριθμος:

```
// test είναι το σημείο που εξετάζω, testx είναι η συντεταγμένη X, testy είναι η
// συντεταγμένη Y
if (testx < Xmin or testx > Xmax or testy < Ymin or testy > Ymax)
    // Σίγουρα εκτός πολυγώνου!
```

Οποιοδήποτε σημείο εκτός του ορθογωνίου αποκλείεται να βρίσκεται εντός του πολυγώνου. Με αυτόν τον τρόπο περιορίζεται ο έλεγχος μόνο σε σημεία εντός του ορθογωνίου, με αποτέλεσμα να μειώνεται ο υπολογιστικός φόρτος στα επόμενα βήματα. Αν από τον παραπάνω έλεγχο προκύψει ότι το σημείο βρίσκεται εντός του ορθογωνίου τότε ακολουθείται το επόμενο βήμα.

**Βήμα 2:** Σε αυτό το βήμα γίνεται ο ορισμός των μεταβλητών που θα χρειαστούν για την επίλυση του προβλήματος. Οι μεταβλητές αυτές είναι ουσιαστικά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του πολυγώνου και οι συντεταγμένες του σημείου που θα εξεταστεί αν είναι εντός ή εκτός του πολυγώνου.

- nkor: Αριθμός κορυφών του πολυγώνου.
- korx, kory: Πίνακες που περιλαμβάνουν τις συντεταγμένες X και Y των κορυφών του πολυγώνου.
- testx, testy: X και Y συντεταγμένες του υπό εξέταση σημείου

Με βάση το παραπάνω παράδειγμα οι μεταβλητές που αφορούν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά παίρνουν τις παρακάτω τιμές:

- nkor=6
- korx=[5,10,20,23,13,5]
- kory=[10,5,7,17,25,20]

**Βήμα 3:** Στο τελευταίο βήμα διαμορφώνεται ο αλγόριθμος που θα καθορίζει αν το σημείο βρίσκεται εντός του πολυγώνου.

Η λογική του αλγορίθμου θα είναι η εξής:

Σχεδιάζεται μία ημιευθεία, η οποία «κινείται» οριζόντια (αυξανόμενο x, σταθερό y) με κορυφή το σημείο ελέγχου και μετράται πόσες πλευρές του πολυγώνου τέμνει. Κάθε φορά που τέμνει κάποια πλευρά η ημιευθεία κινείται από το εσωτερικό στο εξωτερικό του πολυγώνου και αντίστροφα.

Ορίζεται επιπλέον η σταθερά c με αρχική τιμή «0» η οποία αλλάζει από «0» σε «1» και από «1» σε «0» κάθε φορά που τέμνεται μία πλευρά. Με αυτόν τον τρόπο καταγράφεται αν ο αριθμός των τομών είναι μονός ή ζυγός. Η τιμή «1» σημαίνει ζυγός

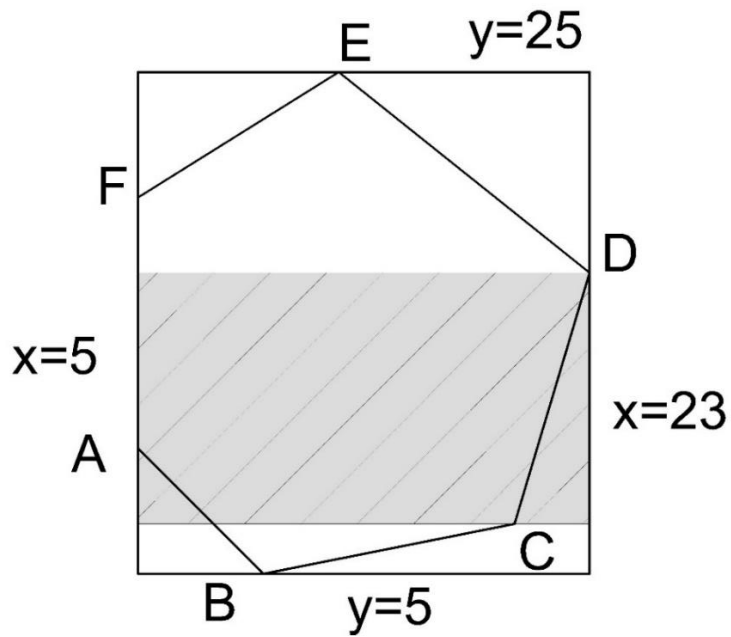
και η τιμή «0» σημαίνει μονός, δηλαδή αν προκύψει  $c=1$  το σημείο βρίσκεται εντός του πολυγώνου, ενώ για  $c=0$  βρίσκεται εκτός.

Ο αλγόριθμος έχει την παρακάτω μορφή:

```
int pnpoly(int nkor, float *korx, float *kory, float testx, float testy)
{
    int i, j, c = 0;
    (i) for (i = 0, j = nkor-1; i < nkor; j = i++) {
    (ii)  if ( ((kory[i]>testy) != (kory[j]>testy)) &&
    (iii)  (testx < (korx[j]-korx[i]) * (testy-kory[i]) / (kory[j]-kory[i]) + korx[i]) )
    (iv)   c = !c;
    }
    return c;
}
```

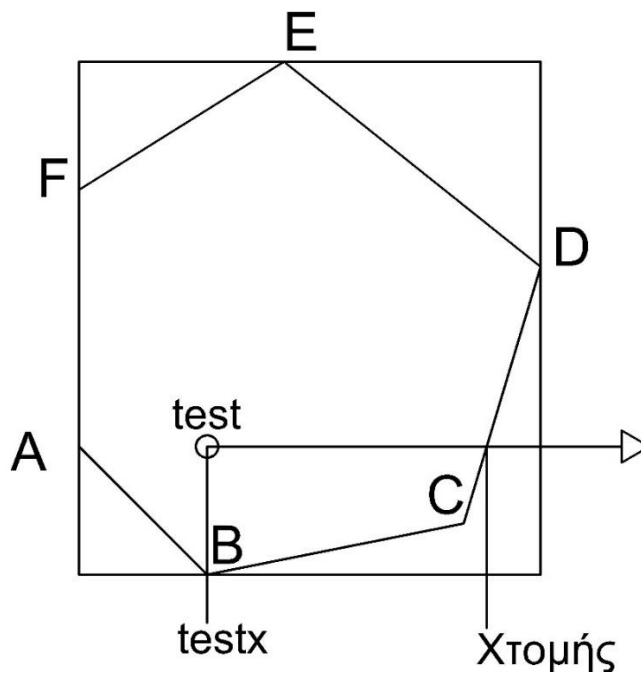
Επεξήγηση κώδικα:

- i. Ορίζονται οι μεταβλητές  $i, j$  οι οποίες είναι οι δείκτες των πινάκων που περιέχουν τα  $X, Y$  των κορυφών. Στην πρώτη επανάληψη το  $i$  παίρνει την τιμή 0 και το  $j = nkor-1$ , όπου ο δείκτης 0 αντιστοιχεί στην πρώτη κορυφή και το  $nkor-1$  στην τελευταία του πολυγώνου. Στο παράδειγμα που περιγράφεται στο κεφάλαιο αυτές οι κορυφές είναι οι A και F. Στην επόμενη επανάληψη οι δείκτες παίρνουν τις εξής τιμές  $j=i(0), i=i+1(1)$ , που αντιστοιχούν στις κορυφές A,B αντίστοιχα. Σε κάθε επανάληψη γίνεται έλεγχος αν η ημιευθεία που περιγράφηκε παραπάνω τέμνει την πλευρά η οποία ενώνει τις κορυφές που αντιστοιχούν στους δείκτες  $i, j$ . Άρα εδώ θα εξεταστεί πρώτα αν τέμνει την πλευρά FA, ύστερα την AB και θα συνεχιστούν οι επαναλήψεις μέχρι να εξεταστεί και η τελευταία πλευρά.
- ii. Η πρώτη συνθήκη εξετάζει αν το Y του σημείου ελέγχου βρίσκεται ανάμεσα στα Y των κορυφών της πλευράς που ελέγχεται στην συγκεκριμένη επανάληψη. Για παράδειγμα, αν ο έλεγχος γίνεται στην πλευρά CD, για να ικανοποιείται η συνθήκη θα πρέπει το testy να είναι ανάμεσα στα  $C_y$  και  $D_y$ , αλλιώς αποκλείεται να τέμνεται αυτή η πλευρά. Αν ικανοποιείται η συνθήκη, αυτό σημαίνει ότι το σημείο βρίσκεται στη γραμμοσκιασμένη περιοχή.



Σχήμα 5.4: Συνθήκη με βάση το  $Y$  του σημείου ελέγχου

- iii. Η δεύτερη συνθήκη υποδεικνύει αν το σημείο τέμνει την εν λόγω πλευρά. Για την ακρίβεια, σε αυτή τη συνθήκη υπολογίζεται η συντεταγμένη  $X$  του σημείου τομής της πλευράς με την ευθεία  $y=testy$ . Αν  $testx < X_{τομής}$ , τότε η ημιευθεία τέμνει την πλευρά. Αν για παράδειγμα ήταν  $testx=10$  και  $testy=10$  τότε θα τεμνόταν η πλευρά  $CD$  όπως φαίνεται και στο σχήμα.



Σχήμα 5.5: Συνθήκη με βάση το  $X$  του σημείου ελέγχου

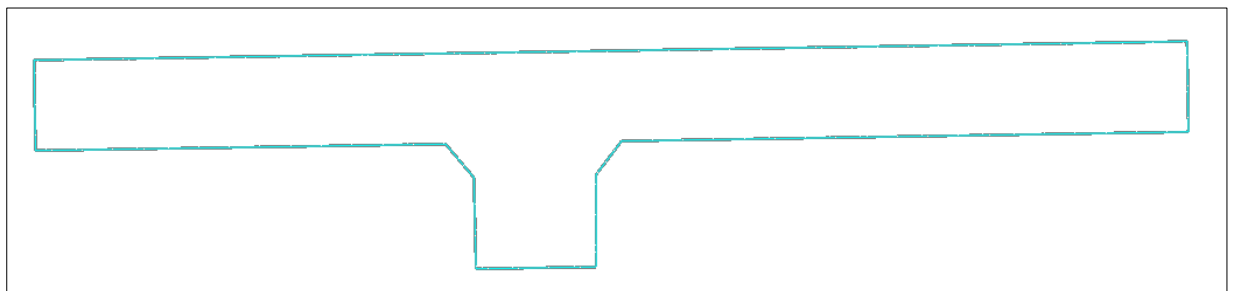
- iv. Αν η πλευρά τέμνεται το  $c$  αλλάζει από 0 σε 1. Αν τμήσει και άλλη πλευρά θα γίνει 0 και ούτω καθεξής. Στο παράδειγμα που δόθηκε παραπάνω για σημείο με  $testX=10$  και  $testY=10$ , η ημιευθεία που ξεκινάει από αυτό τέμνει μόνο την πλευρά CD, αρά η τελική τιμή της μεταβλητής  $c$  θα είναι 1 και συνεπώς εξάγεται το συμπέρασμα ότι το σημείο αυτό είναι εντός του πολυγώνου.

Τα σημεία τα οποία θα επιστρέφουν  $c=1$  εν τέλει θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια για την αξιολόγηση της ορατότητας στο τροχοδρομικό σύστημα.

Το αποτέλεσμα του παραπάνω αλγορίθμου είναι ένα αρχείο μορφής .txt στο οποίο περιέχονται οι κορυφές του πολυγώνου. Το αρχείο αυτό ονομάζεται fm.pol.

Αρχείο	Επεξεργασία	Μορφή	Προβολή	Βοήθεια
598597.0827,4098415.6234,35.3500				1
598978.6909,4096533.9284,30.3500				0
599125.6983,4096563.7416,30.3500				0
598990.2553,4097233.1469,46.0555				0
599036.3316,4097289.6383,46.5540				0
599184.4083,4097320.7636,45.0660				0
599144.6576,4097516.7725,48.6420				0
598994.2971,4097488.6486,50.1920				0
598931.7388,4097520.1483,51.0150				0
598744.0901,4098445.4366,35.3500				0
598597.0827,4098415.6234,35.3500				0

Εικόνα 5.22: Στοιχεία κορυφών πολυγώνου (X,Y,Z)



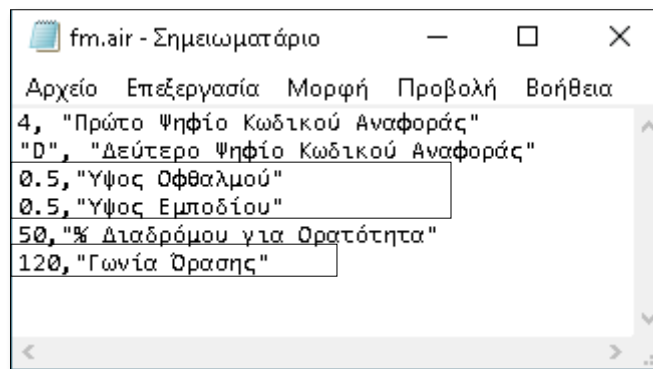
Εικόνα 5.23: Τελική μορφή πολυγώνου πεδίου ελιγμών

### 5.1.5 Περιγραφή λειτουργίας προγράμματος

Για να λειτουργήσει σωστά το πρόγραμμα χρειάζεται να δοθούν ως “είσοδος” κάποια αρχεία τα οποία περιέχουν τα δεδομένα που χρειάζονται, το *fm.air*, το *fm.tri*, *fm.pol*.

- i. *fm.air*: Περιέχει τις παραμέτρους του προγράμματος σε μορφή αναγνώσιμη από το πρόγραμμα τις οποίες καθορίζει ο χρήστης πριν την εκτέλεση του προγράμματος.
- ii. *fm.tri*: Περιέχει τις συντεταγμένες των κορυφών όλων των τριγώνων που απεικονίζονται στο μοντέλο εδάφους όπως αυτό έχει διαμορφωθεί με τη βοήθεια του προγράμματος *inRoads*.
- iii. *fm.pol*: Περιλαμβάνει τις συντεταγμένες του πολυγώνου που ορίζει το περίγραμμα της εξεταζόμενης περιοχής

Πριν την εκτέλεση του προγράμματος, ο χρήστης καλείται να δώσει κάποια δεδομένα ως “είσοδο”. Αυτά τα δεδομένα είναι το ύψος οφθαλμού του πιλότου, το ύψος εμποδίου και το εύρος του οπτικού πεδίου του πιλότου σε μοίρες.

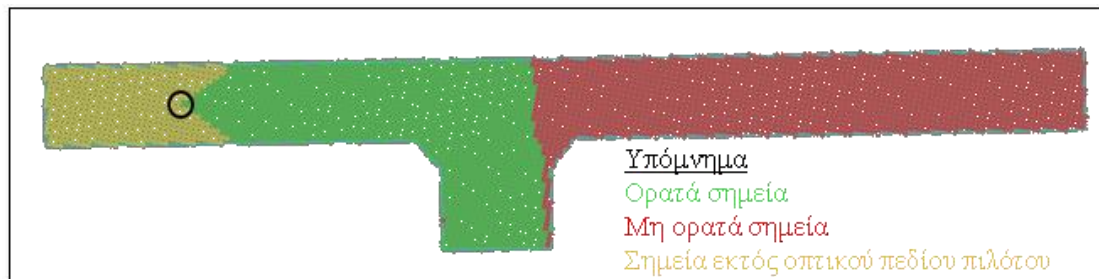


Εικόνα 5.24: Περιεχόμενα αρχείου *fm.air*

X	Y	Z	Τύπος	Χρώμα
599052.1950	4096548.8350	32.0000	1	2
599030.1440	4096544.3630	31.6630	0	2
599020.3590	4096592.6120	32.7940	0	2
599052.1950	4096548.8350	32.0000	0	2
599052.1950	4096548.8350	32.0000	1	2
599042.4100	4096597.0840	33.1320	0	2
599020.3590	4096592.6120	32.7940	0	2
599052.1950	4096548.8350	32.0000	0	2
599052.1950	4096548.8350	32.0000	1	2
599074.2460	4096553.3070	31.6630	0	2
599064.4610	4096601.5560	32.7940	0	2
599052.1950	4096548.8350	32.0000	0	2
599052.1950	4096548.8350	32.0000	1	2
599042.4100	4096597.0840	33.1320	0	2
599064.4610	4096601.5560	32.7940	0	2
599052.1950	4096548.8350	32.0000	0	2
598978.6910	4096533.9280	30.3500	1	2
599030.1440	4096544.3630	31.6630	0	2
599020.3590	4096592.6120	32.7940	0	2
598978.6910	4096533.9280	30.3500	0	2
598978.6910	4096533.9280	30.3500	1	2
598968.9060	4096582.1770	31.4820	0	2
599020.3590	4096592.6120	32.7940	0	2
598978.6910	4096533.9280	30.3500	0	2
599125.6980	4096563.7420	30.3500	1	2
599074.2460	4096553.3070	31.6630	0	2
599064.4610	4096601.5560	32.7940	0	2
599125.6980	4096563.7420	30.3500	0	2
599125.6980	4096563.7420	30.3500	1	2
599115.9130	4096611.9900	31.4820	0	2
599064.4610	4096601.5560	32.7940	0	2

Εικόνα 5.25: Περιεχόμενα αρχείου fm.tri

Αφού εκτελεστεί το πρόγραμμα επιτυχώς δημιουργείται ένα αρχείο “εξόδου”, το οποίο ονομάζεται *alx.dxf*. Αυτό το αρχείο είναι το ζητούμενο σχέδιο, στο οποίο απεικονίζεται η πορεία του αεροσκάφους σε διαφορετικές θέσεις του στο τροχοδρομικό σύστημα ανα σταθερές αποστάσεις και τα σημεία του κανάβου εντός του πολυγώνου, τα οποία χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες και αναλόγως εμφανίζονται με διαφορετικό χρώμα. Αν ένα σημείο είναι ορατό από τον πιλότο τότε έχει πράσινο χρώμα. Σε περίπτωση που δεν είναι ορατό λόγω κάποιου εμποδίου εμφανίζεται με κόκκινο χρώμα. Στην τελευταία κατηγορία ανήκουν τα σημεία, τα οποία δεν είναι ορατά από τον πιλότο επειδή δε βρίσκονται στο οπτικό του πεδίο ανεξαρτήτως εμποδίων και χρωματίζονται με κίτρινο.



Εικόνα 5.26: Παράδειγμα σχεδίου *alx.dxf*



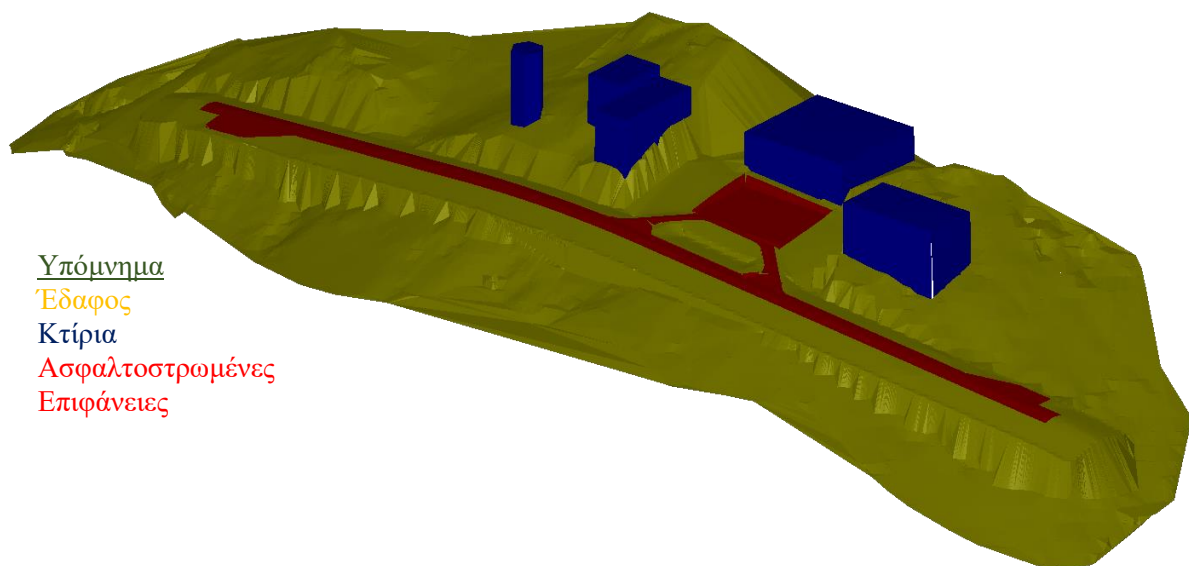
## 5.2 ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ALX

Στα παραδείγματα που θα πραγματοποιηθούν για να εξεταστεί η ορατότητα στο αεροδρόμιο με τη χρήση του προγράμματος *ALX.FOR*, θα χρησιμοποιηθεί μοντέλο εδάφους που δημιουργήθηκε όπως περιγράφηκε στο κεφ. 5.1.2.

Παρόλο που το μοντέλο εδάφους θα είναι το ίδιο σε κάθε παράδειγμα, θα μεταβάλλονται τα ύψη οφθαλμού, εμποδίου και η γωνία που δημιουργεί το οπτικό πεδίο του πιλότου.

Αφού εκτελεστεί το πρόγραμμα για κάθε περίπτωση δημιουργείται το σχέδιο *alx.dxf*, στο οποίο παρουσιάζεται με κατάλληλα σχήματα και χρώματα η ορατότητα του πιλότου όταν αυτός κινείται στον άξονα του διαδρόμου. Ενδεικτικά, παρατίθεται η ορατότητα του μόνο σε 4 θέσεις, παρόλο που το πρόγραμμα δημιουργεί αντίστοιχο σχέδιο για κάθε θέση του αεροσκάφους στο διάδρομο. Οι θέσεις που επιλέγονται είναι στις χλιομετρικές θέσεις 0+000, 0+500, 1+000 και 1+500.

Το μοντέλο εδάφους του αεροδρομίου και οι σημαίες της μηκοτομής του διαδρόμου φαίνονται παρακάτω:

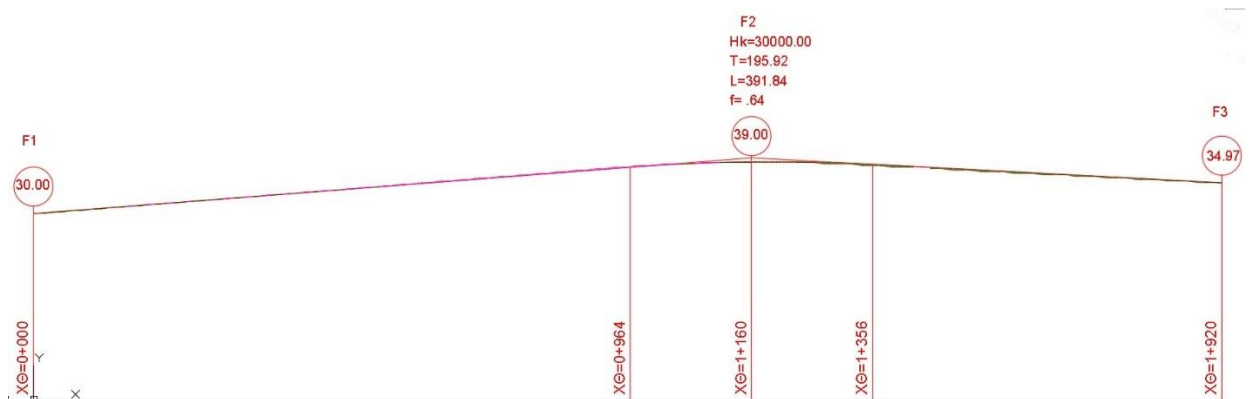


Εικόνα 5.27: Μοντέλο εδάφους αεροδρομίου Πάρου

Η ύπαρξη των κτιρίων τα οποία φαίνονται στο σχέδιο με μπλε χρώμα, πιθανότατα δε θα επιτρέπουν στον πιλότο, καθώς κινείται στον άξονα του διαδρόμου, να έχει οπτική επαφή με κάποια σημεία στο δάπεδο στάθμευσης των αεροσκαφών.

Σημαία	ΧΘ	Υψόμετρο	Ακτίνα	Κλίση
F1	0,000	30,000	0,000	
F2	1160,000	39,000	30000,000	0,776%
F3	1920	35	0,000	-0,530%

Εικόνα 5.28: Στοιχεία μηκοτομής διαδρόμου της Πάρου



Εικόνα 5.29: Μηκοτομή άξονα διαδρόμου

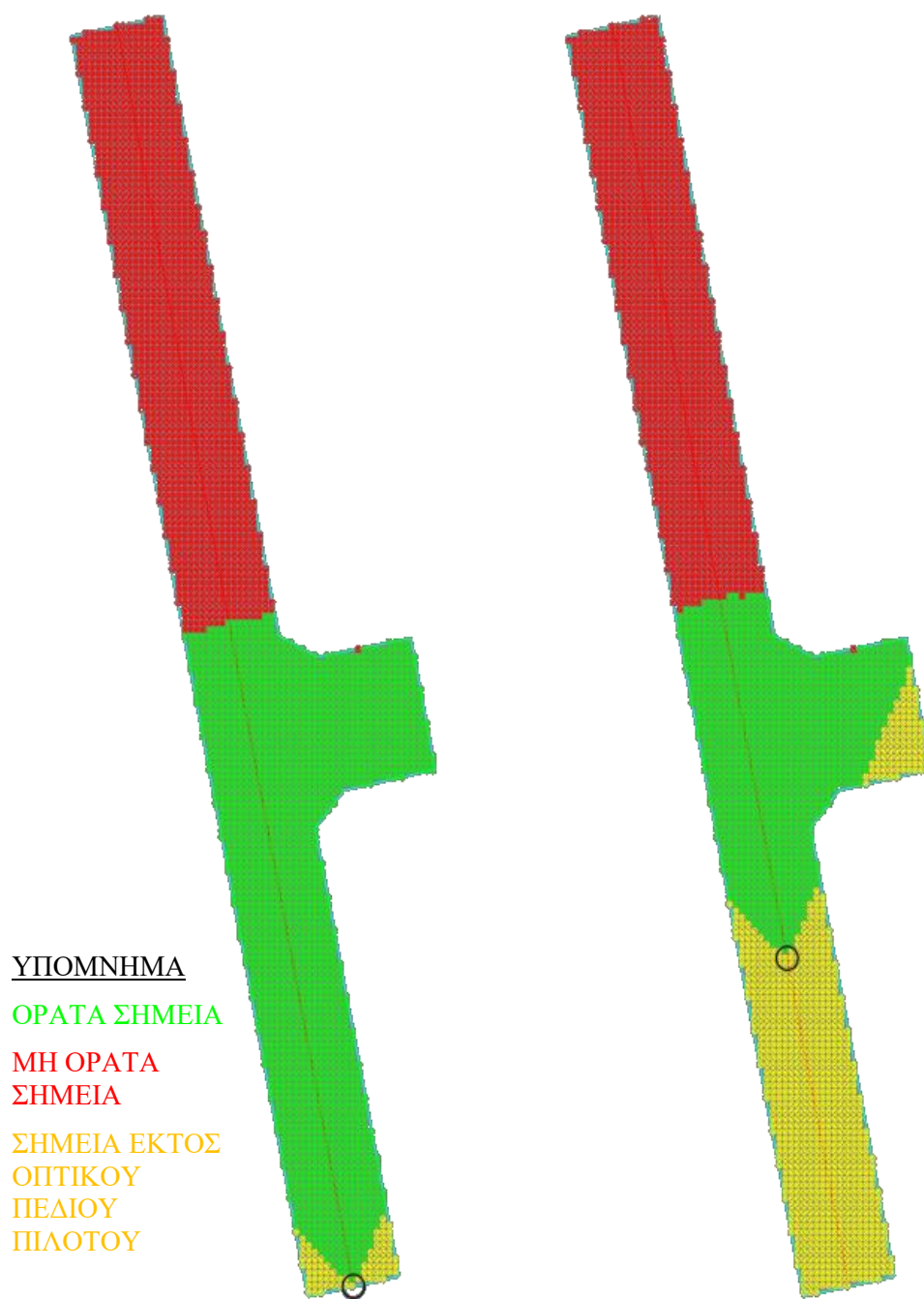
Από τα στοιχεία της μηκοτομής γίνεται αντιληπτό πως υπάρχει αλλαγή κλίσης στη θέση 1+160 και δημιουργία κυρτής καμπύλης με τα κοίλα να στρέφονται προς τα κάτω. Η καμπύλη αυτή αυξάνει κατά πολύ την πιθανότητα ύπαρξης σημείων μη ορατών σε όλο το μήκος του διαδρόμου, το οποίο αναμένεται να φανεί μετά την εκτέλεση του προγράμματος.

### ➤ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ Ι

Στο πρώτο παράδειγμα δίνονται τα εξής δεδομένα εισόδου:

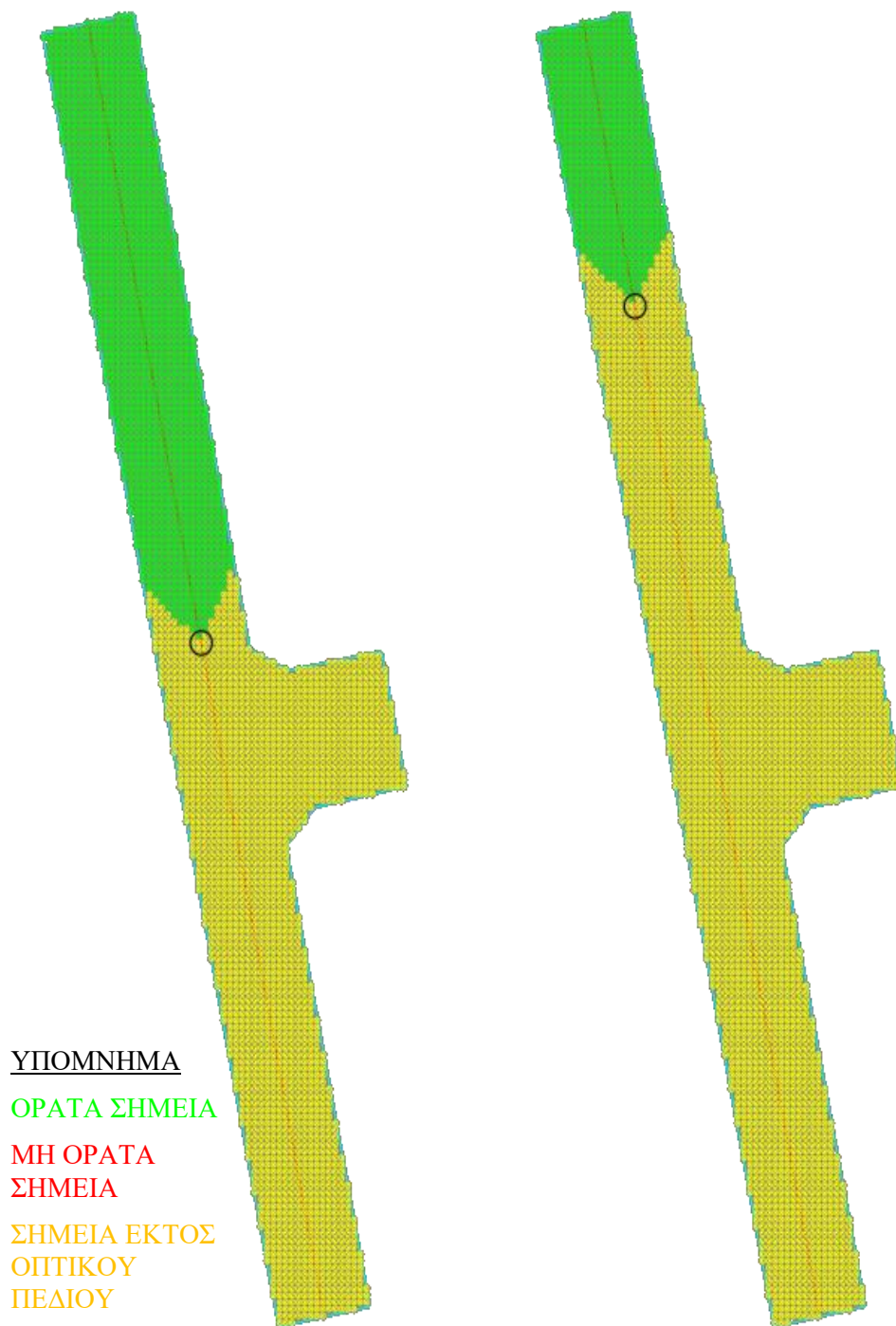
- ✓ Ύψος οφθαλμού: 2 μ.,
- ✓ Ύψος εμποδίου: 2 μ.,
- ✓ Γωνία όρασης: 70°

Επιλέγονται ύψος οφθαλμού και εμποδίου 2μ., τα οποία θα μπορούσαν να αντιπροσωπεύουν μικρά αεροσκάφη. Επιλέγεται επίσης γωνία 70°, που είναι ιδιαίτερα δυσμενής για το οπτικό πεδίο του πιλότου.



Εικόνα 5.30: Ορατότητα πιλότου στις Χ.Θ. 0+000 και 0+500 (σχέδιο alx.dxf)

Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχέδιο ο διάδρομος είναι ορατός μέχρι και λίγα μέτρα μετά το σημείο που γίνεται η αλλαγή κλίσης στα 1+160 μ., ενώ είναι εμφανές ότι η ύπαρξη κτιρίων δίπλα στο δάπεδο στάθμευσης δεν προκαλεί πρόβλημα



Εικόνα 5.31: Ορατότητα πιλότου στις Χ.Θ. 1+000 και 1+500 (σχέδιο alx.dxf)

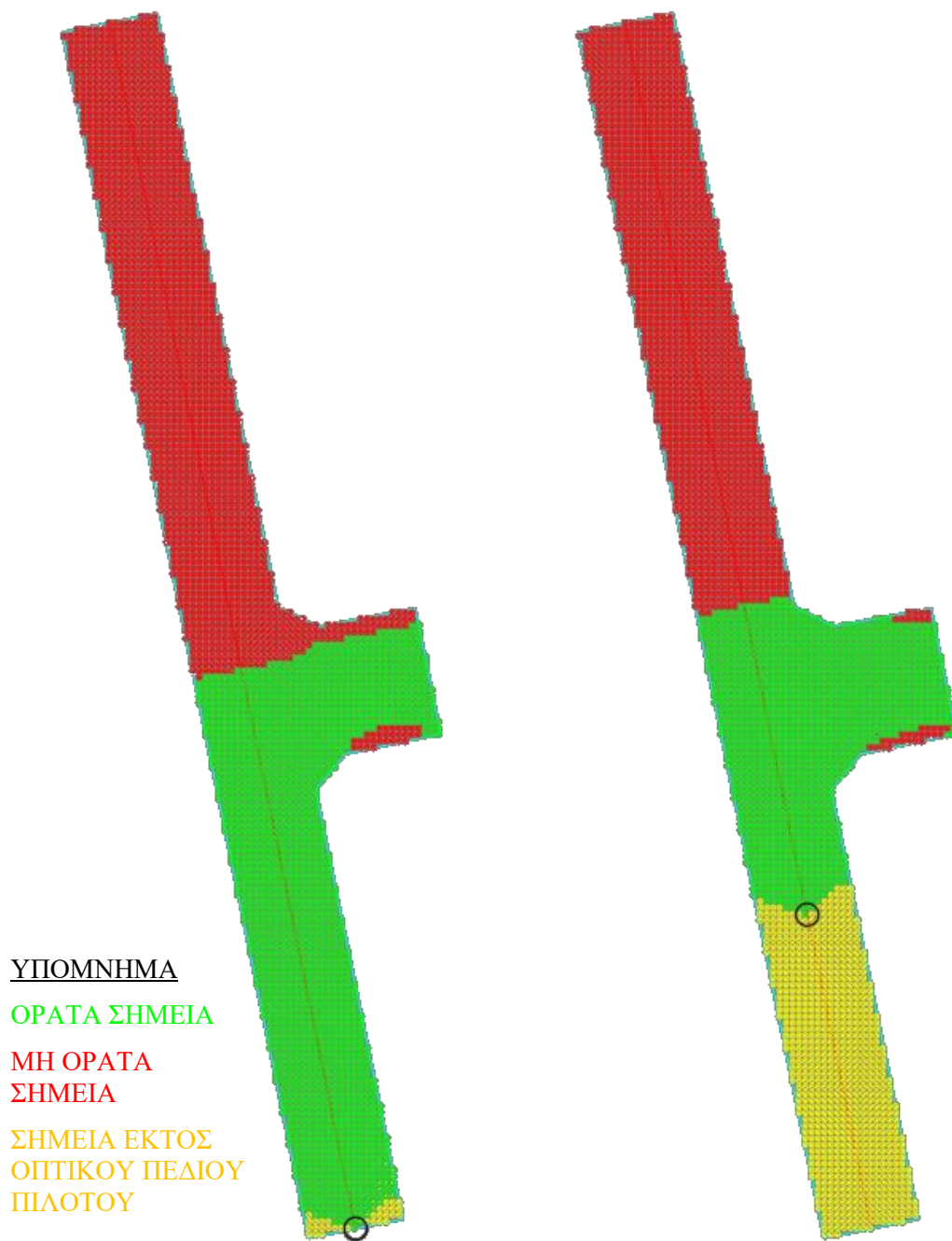
Αφού ο πιλότος περάσει το σημείο αλλαγής κλίσης, ο διάδρομος είναι πλέον ορατός σε όλο το μήκος που του απομένει.

➤ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΙΙ

Στο δεύτερο παράδειγμα δίνονται τα εξής δεδομένα εισόδου:

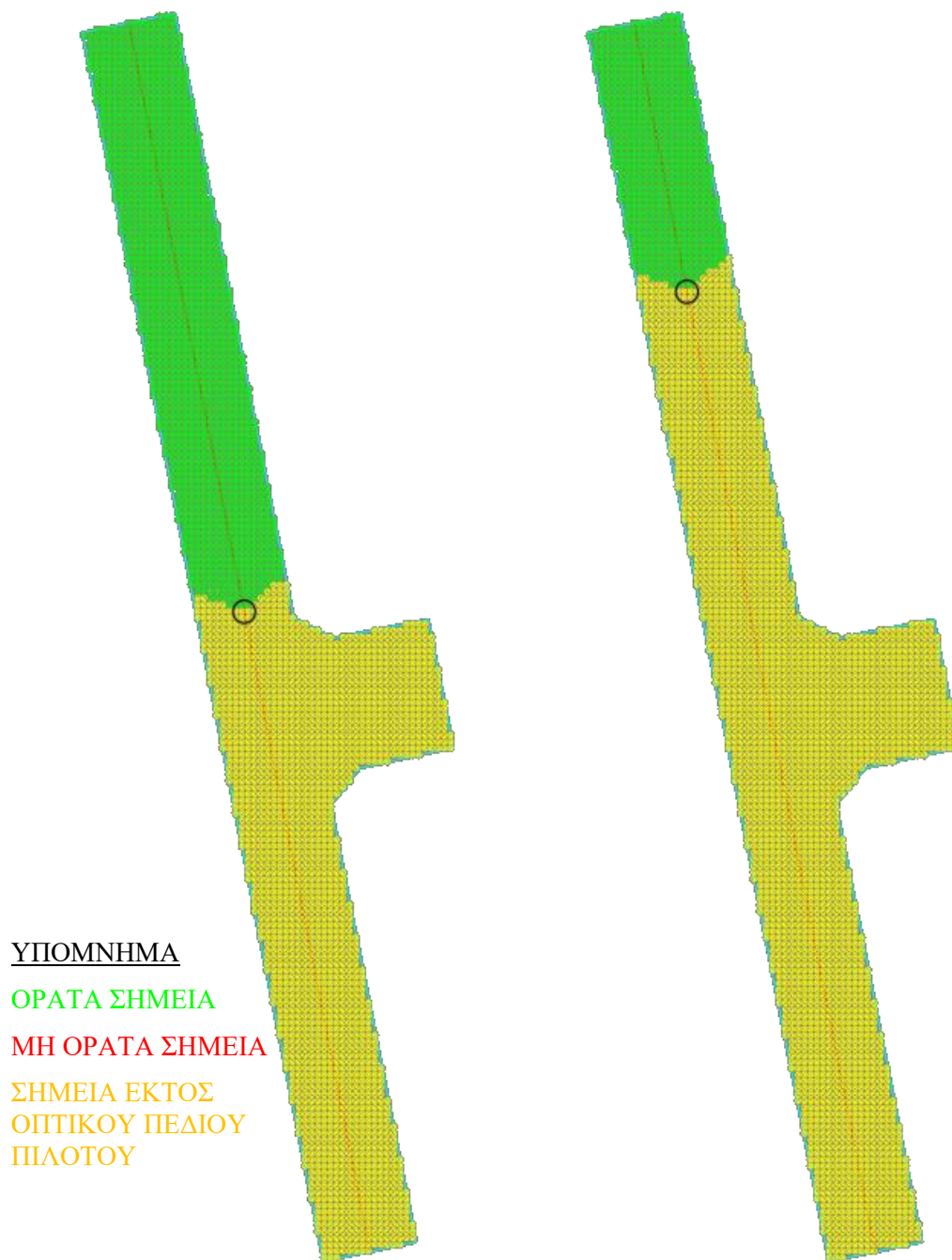
- ✓ Ύψος οφθαλμού: 1.5 m,
- ✓ Ύψος εμποδίου: 0.4 m,
- ✓ Γωνία όρασης:  $120^\circ$

Εδώ επιλέγεται ύψος οφθαλμού 1.5μ., δηλαδή ακόμα μικρότερο αεροσκάφος από το προηγούμενο παράδειγμα, ενώ ύψος εμποδίου 0.4 m το οποίο θα μπορούσε να είναι ένα ζώο στο χώρο του αεροδρομίου. Επιλέγεται γωνία  $120^\circ$ , που αποτελεί μια ρεαλιστική τιμή για το οπτικό πεδίο του πιλότου.



Εικόνα 5.32: Ορατότητα πιλότου στις Χ.Θ. 0+000 και 0+500 (σχέδιο alx.dxf)

Σε αντίθεση με το προηγούμενο παράδειγμα, εδώ η ύπαρξη των κτιρίων επηρεάζει την ορατότητα του πιλότου, καθώς δεν είναι όλο το δάπεδο στάθμευσης ορατό.



Εικόνα 5.33: Ορατότητα πιλότου στις Χ.Θ. 1+000 και 1+500 (σχέδιο alx.dxf)

Όπως και στο προηγούμενο παράδειγμα, μετά την αλλαγή κλίσης ο πιλότος έχει ορατότητα με όλα τα σημεία που απομένουν.



Τέλος, θα εκτελεστεί και το πρόγραμμα AVZ.FOR με στοιχεία εισόδου τη μηκοτομή του διαδρόμου της Πάρου, τον κωδικό αναφοράς του διαδρόμου 3C και τέλος τα απαιτούμενα στοιχεία για τα διαγράμματα ορατότητας όπως συστήνονται από την EASA:

- ✓ Ύψος οφθαλμού: 3 m,
- ✓ Ύψος εμποδίου: 3 m,
- ✓ Απαιτούμενη απόσταση: 50% του διαδρόμου

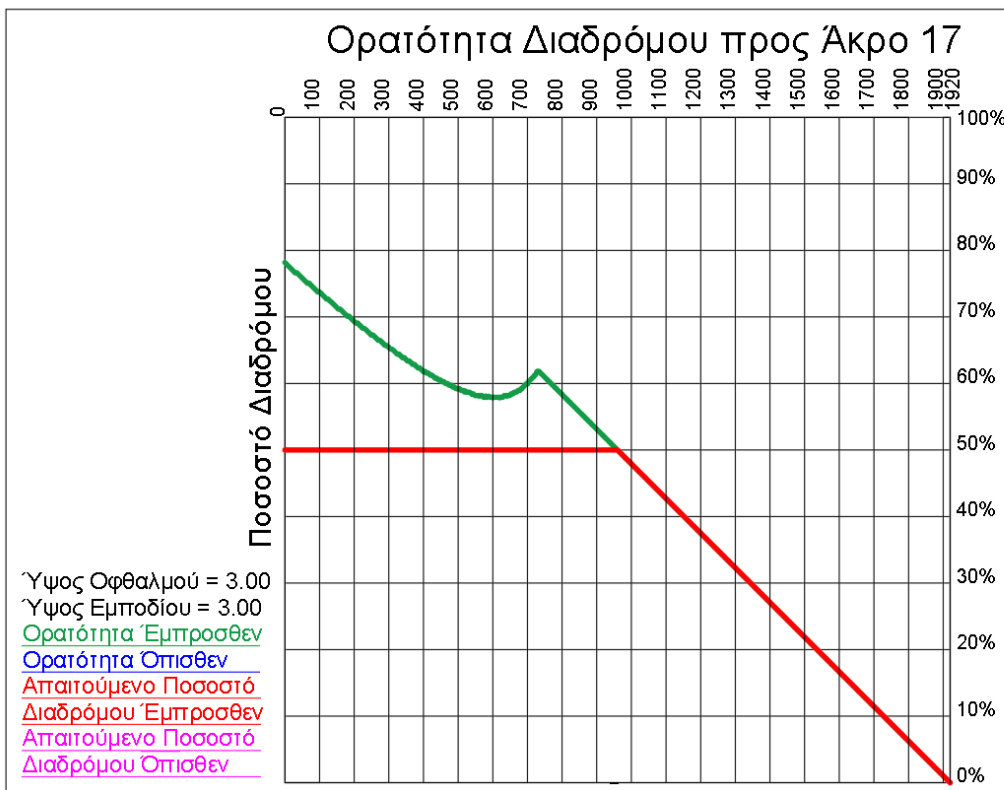
Τα αποτελέσματα που προκύπτουν όσον αφορά τους ελέγχους χάραξης μηκοτομής του διαδρόμου είναι τα εξής:

Κριτήριο (a.1) - Κλίση Υψηλότερου-Χαμηλότερου	Κριτήριο (a.3) - Μέγιστη Κλίση 4ου Τετάρτου
XΘ Υψηλότερου = 1196.840	XΘ = 1441.247
Υψόμετρο = 38.383	Μέγιστη Κλίση 4ου Τετάρτου % = .530 OK
XΘ Χαμηλότερου = .000	Επιτρεπτή Κλίση ICAO/EASA % = .800
Υψόμετρο = 30.000	Κριτήριο (b) - Αλλαγές Κλίσεων
Κλίση Υψηλότερου-Χαμηλότερου % = .700 OK	g(i)_% g(i+1)_% Διαφορά_% Επιτρεπτή_%
Επιτρεπτή ICAO/EASA % = 1.000	.000 .776 .776 1.500 OK
Κριτήριο (a.2) - Μέγιστη Κλίση	.776 -.530 1.306 1.500 OK
XΘ = 4.987	Κριτήριο (c) - Ακτίνες
Μέγιστη Κλίση % = .776 OK	Υπάρχουσα Απαιτούμενη
Επιτρεπτή ICAO/EASA % = 1.500	30000.000 15000.000 OK
Κριτήριο (a.3) - Μέγιστη Κλίση 1ου Τετάρτου	Κριτήριο (d) - Απόσταση Διαδοχικών Κορυφών
XΘ = .000	Υπάρχουσα Απαιτούμενη
Μέγιστη Κλίση 1ου Τετάρτου % = .776 OK	760.000 312.298 OK
Επιτρεπτή Κλίση ICAO/EASA % = .800	

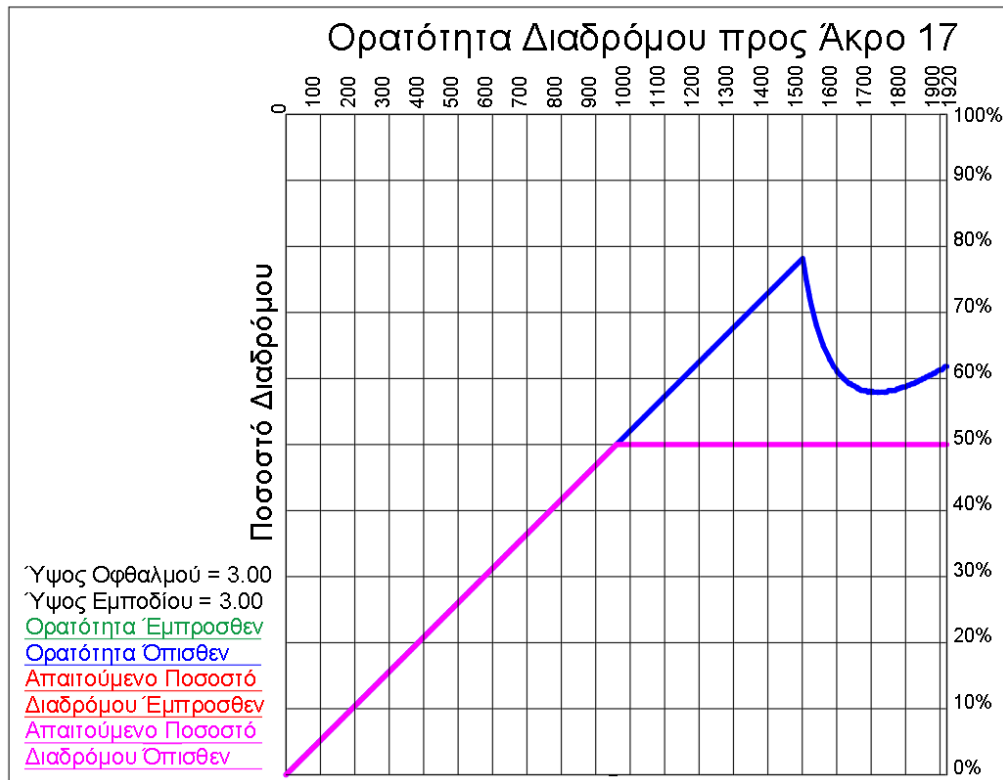
Ύστερα, με την εκτέλεση του AVZ δημιουργούνται και τα διαγράμματα ορατότητας όπως παρουσιάζονται στις εικόνες 5.33 και 5.34.

Προκύπτει ότι ικανοποιούνται όλα τα κριτήρια χάραξης μηκοτομής και εξασφάλισης ορατότητας του διαδρόμου της Πάρου μετά την επέκτασή του.





Εικόνα 5.34: Διαγράμματα Ορατότητας Διαδρόμου 35-17 προς το άκρο 17



Εικόνα 5.35: Διαγράμματα Ορατότητας Διαδρόμου 35-17 προς το άκρο 3



## **6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

---

<b>6.1</b>	<b>ΓΕΝΙΚΑ.....</b>	<b>101</b>
<b>6.2</b>	<b>ΒΑΣΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ .....</b>	<b>101</b>
<b>6.3</b>	<b>ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ.....</b>	<b>102</b>



## 6.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ο βασικός σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας ήταν να προσδιοριστούν οι κατάλληλοι έλεγχοι, που είναι απαραίτητοι ώστε να αξιολογηθεί η ορατότητα σε ένα αεροδρόμιο. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού απαιτούνται τα κατάλληλα εργαλεία και για αυτό το λόγο ήταν αναγκαία η δημιουργία κατάλληλου λογισμικού σε περιβάλλον ηλεκτρονικού υπολογιστή, το οποίο θα είναι σε θέση να εξάγει τα αποτελέσματα εύκολα, γρήγορα και αξιόπιστα. Κατά τη δημιουργία της μεθοδολογίας συλλέχθηκαν τα απαραίτητα στοιχεία που επηρεάζουν την ορατότητα σε ένα αεροδρόμιο και έγινε προσπάθεια συσχέτισης αυτών. Ωστόσο, η αξιολόγηση της ορατότητας παραμένει δουλειά του μελετητή και απλά μέσω του λογισμικού του παρέχονται τα εργαλεία για να πετύχει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

## 6.2 ΒΑΣΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Έγινε έρευνα στον Κρατικό Αερολιμένα Πάρου και τα βασικά συμπεράσματα είναι τα εξής:

- i. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του διαδρόμου δεν επιτρέπουν στον πιλότο να έχει οπτική επαφή με όλο το διάδρομο παρά μόνο μετά το σημείο αλλαγής κλίσης.
- ii. Ικανοποιείται η απαίτηση της EASA να διασφαλίζεται η ορατότητα μεταξύ δύο οποιωνδήποτε σημείων του διαδρόμου σε ύψος 3m που απέχουν μεταξύ τους μέχρι και μισό μήκος διαδρόμου.
- iii. Αν και ικανοποιείται η απαίτηση της EASA, αλλάζοντας το ύψος οφθαλμού και εμποδίου από 3m σε 2m δεν εξασφαλίζεται οπτική επαφή με το 50% του διαδρόμου.
- iv. Η FAA και ο ICAO απαιτούν να διασφαλίζεται η ορατότητα μεταξύ δύο οποιωνδήποτε σημείων του διαδρόμου σε ύψος 3m σε όλο το μήκος του διαδρόμου και όχι στο μισό όταν δεν υπάρχει παράλληλος τροχόδρομος. Με βάση τα αποτελέσματα ο διάδρομος του αερολιμένα Πάρου δεν πληροί αυτές τις προϋποθέσεις. Τα περισσότερα ελληνικά αεροδρόμια δεν έχουν παράλληλο τροχόδρομο
- v. Μικρότερα αεροσκάφη έχουν πιο περιορισμένη ορατότητα λόγω της θέσης του πιλότου. Στο παράδειγμα της Πάρου φαίνεται πως υπάρχουν σημεία στο δάπεδο, τα οποία δεν είναι ορατά στον πιλότο λόγω ύπαρξης κτιρίων κατά την κίνησή του στο διάδρομο και είναι αναγκαίο να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή σε αυτές τις περιπτώσεις.

### 6.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Η παρούσα εργασία αποτελεί την αφετηρία σε μία προσπάθεια με στόχο την αξιολόγηση ενός αεροδρομίου σχετικά με την διαθέσιμη ορατότητα σε αυτό. Στο πλαίσιο αυτό, τα στοιχεία που μπορούν να αποτελέσουν σημεία για περαιτέρω έρευνα είναι τα ακόλουθα:

- i. Προσθήκη επιπλέον παραμέτρων που επηρεάζουν την ορατότητα όπως οι καιρικές συνθήκες (ομίχλη, βροχή, χιόνι κλπ.) ή αν είναι μέρα ή νύχτα. Άλλα στοιχεία που μπορούν να συμπεριληφθούν και ίσως επηρεάσουν το βαθμό επικινδυνότητας ενός σημείου είναι το απαιτούμενο μήκος πέδησης σε συνδυασμό με το βάρος του αεροσκάφους και την κατάσταση του οδοστρώματος και τέλος, η φάση στην οποία βρίσκεται το αεροσκάφος, δηλαδή εάν απογειώνεται, προσγειώνεται ή απλά τροχοδρομεί.
- ii. Δημιουργία βάσης δεδομένων μικρών και μεγάλων ατυχημάτων στο χώρο των αεροδρομίων ώστε να υπάρξει ένα επιπλέον εργαλείο διαθέσιμο για το μελετητή στην προσπάθεια του να εντοπίσει τις επικίνδυνες θέσεις.
- iii. Συλλογή και επεξεργασία τοπογραφικής αποτύπωσης περισσότερων αεροδρομίων και των κτιρίων τους με στόχο τη διερεύνηση της ορατότητας.
- iv. Θα ήταν σημαντικό να αξιολογηθεί η τοπογραφική πληροφορία και από άλλες χώρες προκειμένου να συγκριθούν τα αποτελέσματα με αυτά που φαίνεται να παρουσιάζει η Ελλάδα.
- v. Δημιουργία βάσης δεδομένων για το φωτισμό αεροδρομίων και προσθήκη της στις παραμέτρους για την αξιολόγηση της ορατότητας τη νύχτα.
- vi. Λεπτομερής έλεγχος ορατότητας του πιλότου από την προσγείωση μέχρι την άφιξη του στο δάπεδο στάθμευσης και από την αναχώρηση από το δάπεδο στάθμευσης στην απογείωση.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Αμπακούμκιν Κ.Γ., Αεροδρόμια, Συμμετρία, 1990
2. Richard de Neufville and Amadeo Odoni, Airport Systems: Planning, Design and Management, McGraw-Hill, 2003
3. Glushkov G., Babkov V., Goretsky L., Smirnov A., Airport Engineering – Third Edition, Mir Publishers Moscow, 1988
4. Ashford N. and Wright P.H., Airport Engineering
5. Horonjeff R., Planning and Design of Airports-Second Edition, Mc Graw-Hill, 1975
6. ICAO, Aerodrome Design Manual (Doc 9157)-Part 1: Runways-Third Edition, 2006
7. ICAO, Aerodrome Design Manual (Doc 9157)-Part 2: Taxiways, Aprons and Holding Bays-Fourth Edition, 2005
8. FAA, Airport Design Advisory Circular 150/5300-13A, 2014
9. EASA, Certification Specifications and Guidance Material for Aerodromes Design CS-ADR-DSN, Issue 4, 2017
10. AIRBUS A318/A319/A320/A321 Flight deck and systems briefing for pilots, Ref . STL 945.7136/97 – Issue 4, 2007
11. AIRBUS A330 Flight deck and systems briefing for pilots, Ref . STL 472.755/92 – Issue 4, 1999
12. <https://armyaviation.wordpress.com/2008/06/22/ασφάλεια-πτήσεων-vo-9>
13. <https://www.epixeiro.gr/article/118713>
14. [https://en.wikipedia.org/wiki/Singapore\\_Airlines\\_Flight\\_006](https://en.wikipedia.org/wiki/Singapore_Airlines_Flight_006)
15. [https://en.wikipedia.org/wiki/2014\\_Vnukovo\\_Airport\\_Falcon\\_50\\_crash](https://en.wikipedia.org/wiki/2014_Vnukovo_Airport_Falcon_50_crash)
16. <https://www.baumhedlundlaw.com/aviation-accident/airport-runway-accidents/>
17. <https://aviation.stackexchange.com/questions/23138/what-do-pilots-actually-see-through-the-windows/23141#23141>
18. <https://aviation.stackexchange.com/questions/36260/are-there-regulations-for-the-field-of-view-from-cockpits>
19. <http://www.ihst.org/Portals/54/insights/Visibility.pdf>
20. <http://legacy.cup.gr/Files/files/chapters/YPOLOGISTIKH%20GEOMETRIA-ch9.pdf>
21. <https://stackoverflow.com/questions/217578/how-can-i-determine-whether-a-2d-point-is-within-a-polygon>
22. [https://en.wikipedia.org/wiki/Point\\_in\\_polygon](https://en.wikipedia.org/wiki/Point_in_polygon)
23. [http://www.aaib.gov.cy/mcw/dca/aaib/aaib.nsf/page31\\_gr/page31\\_gr?OpenDocument](http://www.aaib.gov.cy/mcw/dca/aaib/aaib.nsf/page31_gr/page31_gr?OpenDocument)





## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

---

### Κώδικες Προγραμματισμού



## **ΜΕΡΟΣ Α**

---

Κώδικας Προγραμματισμού Εφαρμογής AVZ (Fortran 77)

```

C*****
C
C   AVZ.FOR
C
C   Ορατότητα Διαδρόμου
C
C*****
C-----
C   SUBROUTINE AVZ
C-----
C-----
C   COMMON
C-----
C   common /prm_prj/prl,prg
C   common /prm_hmek/hmek
C   common /prm_vmek/vmek
C
C   common /air1/cdn,cdl,arf
C   common /air8/ehg,ohg,rpr,van
C
C   common /fmshm/iv,nv,nvg,kv,hv,rv,gv,tv,dv,wv,jv
C
C   common /fm39/i39,n39,k39,x39,y39,z39,g39,v39,a39,h39
C
C   common /dwg/ibl,lvl,clr,smb,wgh,thg
C-----
C   VARIABLES
C-----
C   real*8      p                ! 3.14159265
C   real*8      x,y,z            ! XYZ
C
C   real*8      len              ! Length
C   real*8      dst              ! Distance
C   real*8      rad              ! Radius
C   real*8      klm              ! Kilometrage
C   real*8      elv              ! Elevation
C   real*8      grd,gie          ! Gradient
C
C   real*8      kh,zh            ! High Point
C   real*8      kl,zl            ! Low Point
C-----
C   FILES
C-----
C   character*1 path(70)         ! Path
C
C   character*70 avzdx          ! avz.dxf
C
C   character*70 fmprm           ! fm.prm
C   character*70 fmair          ! fm.air

```

```

character*70  fmshm                ! fm.shm

character*70  fm15                 ! fm15.dat
character*70  fm39                 ! fm39.dat

C-----
C      FM.PRM - GENERAL
C-----
character*30  prl,prg              ! Project Name
real*8        hmek                 ! MEK Horizontal Scale
real*8        vmek                 ! MEK Vertical Scale

C-----
C      FM.AIR
C-----
C-----General
integer*4     cdn                  ! Code Number
character*10  cdl                  ! Code Letter
integer*4     arf                  ! Aircraft Code

C-----
C      FM.AIR - VISIBILITY
C-----
C-----Vizibility
real*8        ehg                  ! Eye Height
real*8        ohg                  ! Object Height
real*8        rpr                  ! Runway Percentage
real*8        van                  ! Visibility Angle

C-----
C      FM.SHM
C-----
integer*4     iv                   ! No
character*10  nv(500),nvg(500)    ! Name
real*8        kv(500)              ! Kilometrage
real*8        hv(500)              ! Height
real*8        rv(500)              ! Radius
real*8        gv(500)              ! Gradient
real*8        tv(500)              ! Tangent
real*8        dv(500)              ! Drop
integer*4     wv(500)              ! Write to fm22.dat
integer*4     jv                   ! Status

C-----
C      FM39.DAT
C-----
integer*4     i39                  ! No
integer*4     n39(50000)           ! Name
real*8        k39(50000)           ! Kilometrage
real*8        x39(50000)           ! X
real*8        y39(50000)           ! Y
real*8        z39(50000)           ! Z
real*8        g39(50000)           ! Grade
real*8        v39(50000)           ! Vertical Curvature

```

```

real*8      a39(50000)      ! Azimuth
real*8      h39(50000)      ! Horizontal Curvature
real*8      df39(50000)     ! Visibility Forward
real*8      db39(50000)     ! Visibility Backward

C-----
C      GRAPHICS
C-----
integer*4    ibl            ! Block No
character*30 lvl           ! Level
integer*4    clr            ! Color
integer*4    smb            ! Symbology
integer*4    wgh            ! Weight
real*8       thg            ! Text Height

real*8       xpl(50000)     ! X Polyline
real*8       ypl(50000)     ! Y Polyline
real*8       zpl(50000)     ! Z Polyline

C-----
C      START PROGRAM
C-----
call g('Ορατότητα Διαδρόμου Αεροδρομίου - AVZ - FM19',44,1)

C-----
C      FILES
C-----
call g('Αρχεία',6,1)

call pathfile(path)

call flnm(path,'avz.dxf'    ',avzdx')

call flnm(path,'fm.air'    ',fmair')
call flnm(path,'fm.prm'    ',fmprm')
call flnm(path,'fm.shm'    ',fmshm')

call flnm(path,'fm15.dat'   ',fm15')
call flnm(path,'fm39.dat'   ',fm39')

C-----
C      IS AVZ.DXF FREE
C-----
call g('Είναι ελεύθερο το avz.dxf ;',27,1)

open(0,file=avzdx, status='unknown',err=999)

write(0,('AVZ'),err=998)

close (0)

```

```
C-----  
C      OPEN AVZ.DXF  
C-----  
      call g('Ανοίγω το avz.dxf',17,1)  
  
      open(0,file=avzdx, status='unknown')  
  
      call opendxf  
  
C-----  
C      READ FM.PRM  
C-----  
      call prm(fmprm,1)  
  
C-----  
C      READ FM.AIR  
C-----  
      call air(fmair)  
  
C-----  
C      INITIAL VALUES  
C-----  
      call g('Αρχικές Τιμές ',14,1)  
  
      p=3.14159265  
  
      ibl=1000  
  
      thg=.25*hmek/100  
  
C-----  
C      RSHM.FOR  
C-----  
      call rshm(fmshm,1, fm15)  
  
C-----  
C      READ FM39.DAT  
C-----  
      call r39(fm39)  
  
C-----  
C      DRAW FM39.DAT  
C-----  
      call g('Αξονας',6,1)  
  
      lvl='Αξονας_____'  
  
      clr=1  
  
      do i=1,i39  
      xpl(i)=k39(i)  
      ypl(i)=z39(i)*hmek/vmek  
      end do
```

```

call poly(i39,xpl,ypl,zpl)

C-----
C   FRAME
C-----

call g('Πλαίσιο',7,1)

lvl='Πλαίσιο_____ '

clr=0

len=(k39(i39)-k39(1))

xpl(1)=k39(1)
ypl(1)=z
xpl(2)=k39(i39)
ypl(2)=z
xpl(3)=k39(i39)
ypl(3)=len
xpl(4)=k39(1)
ypl(4)=len
xpl(5)=k39(1)
ypl(5)=z

call poly(5,xpl,ypl,zpl)

do i=1,11
x=k39(i39)
y=(i-1)*len/10
call line2(k39(1),y,k39(i39),y)
call tnt(x+thg,y,z,z,' ',0,z+(i-1)*10.,0,'% ')
end do

do i=1,(k39(i39)-k39(1))/(hmek/10)+1
x=k39(1)+(i-1)*hmek/10
call line2(x,z,x,z+len)
call number(x,z+len,z,z+100.,k39(1)+(i-1)*hmek/100.,0)
end do

call number(k39(i39),z+len,z,z+100,k39(i39),3)

thg=3*Thg
x=(k39(1)+k39(i39))/2-10*thg
y=len+3*thg
call text(x,y,z,z,'Ορατότητα Διαδρόμου Αεροδρομίου',31)
thg=thg/3

thg=1.5*thg
x=k39(i39/2)-5*thg
y=-2*thg
call text(x,y,z,z,'Χιλιομέτρηση',12)
x=k39(1)-2*thg

```



```

y=z+len/2-5*thg
call text(x,y,z,z+100,'Ορατότητα',9)
thg=thg/1.5

x=k39(1)-35*thg

y=15*thg
call tenu(x,y,z,z,'Υψος Οφθαλμού = ',16,ehg,3)

y=y-3*thg
call tenu(x,y,z,z,'Υψος Εμποδίου = ',16,ohg,3)

y=y-3*thg
clr=4
call text(x,y,z,z,'Ορατότητα Έμπροσθεν',19)
call line2(x,y-0.5*thg,x+20*thg,y-0.5*thg)

y=y-3*thg
clr=5
call text(x,y,z,z,'Ορατότητα Όπισθεν',17)
call line2(x,y-0.5*thg,x+20*thg,y-0.5*thg)

y=y-3*thg
clr=1
call text(x,y,z,z,'Απαιτούμενο Ποσοστό Διαδρόμου Έμπροσθεν',39)
call line2(x,y-0.5*thg,x+20*thg,y-0.5*thg)

y=y-3*thg
clr=3
call text(x,y,z,z,'Απαιτούμενο Ποσοστό Διαδρόμου Όπισθεν',37)
call line2(x,y-0.5*thg,x+20*thg,y-0.5*thg)

c-----
c   HIGHEST - LOWEST
c-----
call g('Υψηλό - Χαμηλό',14,1)

zh=-999999
zl= 999999

do i=1,i39

if(zh.lt.z39(i)) then
kh=k39(i)
zh=z39(i)
end if

if(zl.gt.z39(i)) then
kl=k39(i)
zl=z39(i)
end if

end do

```

```

clr=0

call line(kh,zh*hmek/vmek,z,kl,zl*hmek/vmek,z)

call g3('XΘ    Υψηλότερου                =',32,kh,1)
call g3('Υψόμετρο                =',32,zh,1)
call g3('XΘ    Χαμηλότερου            =',32,kl,1)
call g3('Υψόμετρο                =',32,zl,1)

grd=(zh-zl)/abs(kh-kl)*100

call g3('Κλίση Υψηλότερου-Χαμηλότερου % =',32,grd,1)

c-----
c    MAXIMUM GRADIENT
c-----

call g('Μέγιστη Κλίση',13,1)

if(cdn.eq.1) gie=2
if(cdn.eq.2) gie=2
if(cdn.eq.3) gie=1.5
if(cdn.eq.4) gie=1.25

grd=0

do i=2,i39

if(grd.lt.abs(g39(i))) then

grd=abs(g39(i))

klm=k39(i)

end if

end do

call g3('XΘ                =',32,klm,1)

call g3('Μέγιστη Κλίση %    =',32,grd,1)

call g3('Επιτρεπτή ICAO/EASA % =',32,gie,1)

c-----
c    FIRST QUARTER
c-----

if(cdn.eq.3.or.cdn.eq.4) then

call g('Μέγιστη Κλίση 1ου Τετάρτου',26,1)

gie=0.8

```

```

grd=0
do i=1,i39
  if(k39(i).lt.len/4.) then
    if(grd.lt.abs(g39(i))) then
      grd=abs(g39(i))
      klm=k39(i)
    end if
  end if
end do

call g3('XΘ                                =',32,klm,1)
call g3('Μέγιστη Κλίση 1ου Τετάρτου %      =',32,grd,1)
call g3('Επιτρεπτή Κλίση ICAO/EASA %       =',32,gie,1)
end if

C-----
C   LAST QUARTER
C-----
  if(cdn.eq.3.or.cdn.eq.4) then

    call g('Μέγιστη Κλίση 4ου Τετάρτου',26,1)

    gie=0.8

    grd=0

    len=(k39(i39)-k39(1))

    do i=1,i39

      if(k39(i).gt.3.*len/4.) then

        if(grd.lt.abs(g39(i))) then

          grd=abs(g39(i))

          klm=k39(i)

        end if

      end if

    end if
  end if

```

```

end do

call g3('XΘ                                =',32,klm,1)
call g3('Μέγιστη Κλίση 4ου Τετάρτου %    =',32,grd,1)
call g3('Επιτρεπτή Κλίση ICAO/EASA %     =',32,gie,1)
end if

c-----
c  GRADIENTS CHANGE
c-----

call g('Αλλαγές Κλίσεων',15,1)

if(cdn.eq.1) gie=2
if(cdn.eq.2) gie=2
if(cdn.eq.3) gie=1.5
if(cdn.eq.4) gie=1.5

call g('    g(i)_%    g(i+1)_%    Διαφορά_% Επιτρεπτή_%',48,2)

do i=2,iv

write(*,'(4f12.3)') gv(i-1)*100,gv(i)*100,abs(gv(i)-gv(i-1))*100
1,gie
end do

c-----
c  R
c-----

call g('Ακτίνες',7,1)

call g('Υπάρχουσα Απαιτούμενη',24,2)

if(cdn.eq.1) rad=7500
if(cdn.eq.2) rad=7500
if(cdn.eq.3) rad=15000
if(cdn.eq.4) rad=30000

do i=2,iv-1

if(rv(i).ge.rad) then
write(*,'(2f12.3,' ' OK''')') kv(i),rad
else
write(*,'(2f12.3,' ' Problem''')') kv(i),rad
end if

end do

```

```

c-----
c      D
c-----
      call g('Απόσταση Διαδοχικών Κορυφών',27,1)

      call g(' Υπάρχουσα Απαιτούμενη',24,2)

      if(cdn.eq.1) rad=5000
      if(cdn.eq.2) rad=5000
      if(cdn.eq.3) rad=15000
      if(cdn.eq.4) rad=30000

      do i=2,iv-1

      dst=(abs(gv(i)-gv(i-1))+abs(gv(i)-gv(i+1)))*rad

      if(dst.lt.45) dst=45

      write(*,'(2f12.3)') kv(i+1)-kv(i),dst

      end do

c-----
c      VISIBILITY FORWARD
c-----
      call g('Ορατότητα Έμπροσθεν',19,2)

      lvl='Ορατότητα Έμπροσθεν_____ '

      clr=3

      do i=1,i39-1

c      write(*,'(f12.3)') k39(i)

      its=0

      do j=i+1,i39

      do k=i+1,j-1

      if(its.eq.0) then

      call i2l(k39(i),z39(i)+ehg,k39(j),z39(j)+ohg
1,k39(k),z39(k),k39(k+1),z39(k+1),klm,elv)

      if((klm-k39(k))*(klm-k39(k+1)).lt.0) then

      write(*,'(4f12.3)') k39(i),k39(j),k39(j)-k39(i)
1,(k39(j)-k39(i))/(k39(i39)-k39(1))*100

      df39(i)=(k39(j-1)-k39(i))

```

```

write(lvl, '(i7, '-----')') 1000000+int(k39(i))

call line(k39(i), (z39(i)+ehg)*hmek/vmek, z
1, k39(j), (z39(j)+ohg)*hmek/vmek, z)

its=1

end if

end if

end do

end do

if(its.eq.0) then
write(*, '(4f12.3)') k39(i), k39(i39), k39(i39)-k39(i)
1, (k39(i39)-k39(i))/(k39(i39)-k39(1))*100
df39(i)=(k39(i39)-k39(i))
end if

end do

c-----
c VISIBILITY BACKWARD
c-----

call g('Ορατότητα Όπισθεν', 17, 2)

lvl='Ορατότητα Όπισθεν _____'

clr=2

do i=i39, 2, -1

c write(*, '(f12.3)') k39(i)

its=0

do j=i-1, 1, -1

do k=i-1, j+1, -1

if(its.eq.0) then

call i2l(k39(i), z39(i)+ohg, k39(j), z39(j)+ehg
1, k39(k), z39(k), k39(k-1), z39(k-1), klm, elv)

if((klm-k39(k))*(klm-k39(k-1)).lt.0) then

write(*, '(4f12.3)') k39(i), k39(j), k39(i)-k39(j)

```

```

1, (k39(i)-k39(j)) / (k39(i39)-k39(1)) *100

db39(i)=k39(i)-k39(j+1)

write(lvl, ' (i7, '-----') ' ) 2000000+int(k39(i))

call line(k39(i), (z39(i)+ehg) *hmk/vmk, z
1, k39(j), (z39(j)+ohg) *hmk/vmk, z)

its=1

end if

end if

end do

end do

if(its.eq.0) then
write(*, '(4f12.3)') k39(i), k39(1), k39(i)-k39(1)
1, (k39(i)-k39(1)) / (k39(i39)-k39(1)) *100
db39(i)=(k39(i)-k39(1))
end if

end do

C-----
C VISIBILITY DIAGRAM FORWARD
C-----

lvl='Ορατότητα_Εμπροσθεν_____'

clr=4

do i=1, i39

xpl(i)=k39(i)

ypl(i)=df39(i)

c if(i.ge.2) call line(k39(i-1), df39(i-1), z, k39(i), df39(i), z)

end do

call poly(i39, xpl, ypl, zpl)

C-----
C VISIBILITY DIAGRAM BACKWARD
C-----

lvl='Ορατότητα_Οπισθεν_____'

clr=5

```

```

do i=1,i39
xpl(i)=k39(i)
ypl(i)=db39(i)
c   if(i.ge.2) call line(k39(i-1),db39(i-1),z,k39(i),db39(i),z)
end do

call poly(i39,xpl,ypl,zpl)

c-----
c   FORWARD HORIZONTAL PERCENTAGE LINE
c-----
lvl='Ορια_Εμπροσθεν_ _____ '
clr=1

xpl(1)=k39(1)
ypl(1)=(k39(i39)-k39(1))*rpr/100

xpl(2)=k39(i39)-(k39(i39)-k39(1))*rpr/100
ypl(2)=(k39(i39)-k39(1))*rpr/100

xpl(3)=k39(i39)
ypl(3)=0

call poly(3,xpl,ypl,zpl)

c-----
c   BACKWARD HORIZONTAL PERCENTAGE LINE
c-----
lvl='Ορια_Όπισθεν_ _____ '
clr=3

xpl(1)=k39(1)
ypl(1)=0

xpl(2)=k39(1)+(k39(i39)-k39(1))*rpr/100
ypl(2)=(k39(i39)-k39(1))*rpr/100

xpl(3)=k39(i39)
ypl(3)=(k39(i39)-k39(1))*rpr/100

call poly(3,xpl,ypl,zpl)

c-----
c   CLOSE AVZ.DXF
c-----
1000 call g('Κλείνω το avz.dxf',17,1)

```



```
call closedxf
close (0)
c-----
c  FINISH PROGRAM
c-----
call gc30('Έργο : ',7,prg,1)
call g('Ορατότητα Διαδρόμου Αεροδρομίου - AVZ - FM19',44,1)
call g('Αντιε Γειά',9,1)
call interval(2)
c-----
c  RETURN
c-----
c-----
c  ERRORS
c-----
998 call g('Κλείστε το avz.dxf από το AUTOCAD - Πατήστε Enter ',51,1)
    read(*,*)
    stop ''
999 call g('Ο Κατάλογος του αρχείου avz.dxf δεν είναι έγκυρος ',51,1)
    call gc70('Αρχείο = ',9,avzdx,1)
    call g('Πατήστε Enter ',51,1)
    read(*,*)
    stop ''
c-----
c  END
c-----
```



## **ΜΕΡΟΣ Β**

---

Κώδικας Προγραμματισμού Εφαρμογής ALX (Fortran 77)



```

C*****
C
C   ALX.FOR
C
C   Airport Visibility
C
C*****
C-----
C          SUBROUTINE ALX
C-----
C-----
C          COMMON
C-----
C          common /prm_prj/prl,prg
C          common /prm_hmdl/hmdl
C          common /prm_zdt/zdt
C
C          common /prm_mdl_1/xll,yll,zll,xur,yur,zur
C
C          common /prm_mdl_4/gin
C
C          common /fmtri/itri,xtri,ytri,ztri,ctri
C          common /fmpol/ipol,jpol,xpol,ypol,zpol,cpol
C
C          common /fm8/i8,x8a,y8a,z8a,x8b,y8b,z8b,x8c,y8c,z8c,cl8,km8
C          common /fm39/i39,n39,k39,x39,y39,z39,g39,v39,a39,h39
C
C          common /air8/ehg,ohg,rpr,van
C
C          common /dwg/ibl,lvl,clr,smb,wgh,thg
C-----
C          VARIABLES
C-----
C          real*8      xg,yg,zg          ! XYZ Grid Node
C          real*8      azm,azc          ! Azimuths
C-----
C          FILES
C-----
C          character*1  path(70)        ! Path
C
C          character*70 alxdxf          ! alx.dxf
C
C          character*70 fmprm           ! fm.prm
C          character*70 fmair           ! fm.air
C          character*70 fmtri           ! fm.tri
C          character*70 fmpol           ! fm.pol
C
C          character*70 fm8             ! fm8.dat
C          character*70 fm39            ! fm39.dat

```

```

C-----
C   FM.PRM - GENERAL
C-----
character*30  prl,prg                ! Project
real*8        hmdl                   ! MDL Horizontal Scale
real*8        zdt                     ! Z Distortion

C-----
C   FM.PRM - MDL
C-----
real*8        xll,yll,zll            ! Lower Left
real*8        xur,yur,zur            ! Upper Right
real*8        gin                     ! Grid Interval

C-----
C   FM.TRI
C-----
integer*4     itri                    ! No
real*8        xtri(900000)            ! X
real*8        ytri(900000)            ! Y
real*8        ztri(900000)            ! Z
integer*4     ctri(900000)            ! Code

C-----
C   FM.POL
C-----
integer*4     ipol                     ! No
integer*4     jpol(100)                ! Vertices per Polygon
real*8        xpol(100,1000)           ! X
real*8        ypol(100,1000)           ! Y
real*8        zpol(100,1000)           ! Z
integer*4     cpol(100,1000)           ! Code

C-----
C   FM8.DAT
C-----
integer*4     i8                       ! No
real*8        x8a(900000)              ! X_a
real*8        y8a(900000)              ! Y_a
real*8        z8a(900000)              ! Z_a
real*8        x8b(900000)              ! X_b
real*8        y8b(900000)              ! Y_b
real*8        z8b(900000)              ! Z_b
real*8        x8c(900000)              ! X_c
real*8        y8c(900000)              ! Y_c
real*8        z8c(900000)              ! Z_c
integer*4     c18(900000)              ! Color
real*8        km8(900000)              ! Kilometrage

```

```

C-----
C      FM39.DAT
C-----
      integer*4      i39                ! No
      integer*4      n39(50000)        ! Nane
      real*8         k39(50000)        ! Kilometrage
      real*8         x39(50000)        ! X
      real*8         y39(50000)        ! Y
      real*8         z39(50000)        ! Z
      real*8         g39(50000)        ! Grade
      real*8         v39(50000)        ! Vertical Curvature
      real*8         a39(50000)        ! Azimuth
      real*8         h39(50000)        ! Horizontal Curvature

C-----
C      AIR8
C-----
      real*8         ehg                ! Eye Height
      real*8         ohg                ! Object Height
      real*8         rpr                ! Runway Percentage
      real*8         van                ! Visibility Angle

C-----
C      CHECK POINTS
C-----
      real*8         kc(10000)         ! Kilometrage
      real*8         xc(10000)         ! X
      real*8         yc(10000)         ! Y
      real*8         zc(10000)         ! Z

C-----
C      GRAPHICS
C-----
      integer*4      ibl                ! Block No
      character*30   lvl                ! Level
      integer*4      clr                ! Color
      integer*4      smb                ! Symbology
      integer*4      wgh                ! Weight
      real*8         thg                ! Text Height

      real*8         xpl(50000)        ! X Polyline
      real*8         ypl(50000)        ! Y Polyline
      real*8         zpl(50000)        ! Z Polyline

C-----
C      START PROGRAM
C-----
      call g('Ορατότητα Αεροδρομίου - ALX - FM19',34,1)

C-----
C      FILES
C-----
      call g('Αρχεία',6,1)

```

```

call pathfile(path)

call flnm(path,'alx.dxf  ','alxdxf)

call flnm(path,'fm.prm   ','fmprm)
call flnm(path,'fm.air   ','fmair)
call flnm(path,'fm.tri   ','fmtri)
call flnm(path,'fm.pol   ','fmpol)

call flnm(path,'fm8.dat  ','fm8)
call flnm(path,'fm39.dat ','fm39)

c-----
c  IS ALX.DXF FREE ?
c-----

call g('Είναι ελεύθερο το alx.dxf ;',27,1)

open(0,file=alxdxf,status='unknown',err=999)
write(0,(''ALX''),'err=998)
close (0)

c-----
c  OPEN ALX.DXF
c-----

call g('Ανοίγω το alx.dxf',17,1)

open(0,file=alxdxf,status='unknown')

call opendxf

c-----
c  READ FM.PRM
c-----

call prm(fmprm,1)

c-----
c  GIN
c-----

if(int(gin*1000).eq.0) then
call g('Το πλέγμα είναι 0',17,1)
call pzs
end if

c-----
c  INITIAL VALUES
c-----

call g('Αρχικές Τιμές',14,1)

p  = 3.14159265

ib1 = 1000

```



```

thg = 0.175*hmdl/100

C-----
C   READ FM.AIR
C-----
      call air(fmair)

C-----
C   READ FM.POL
C-----
      call rpol(fmpol)

C-----
C   DRAW FM.POL
C-----
      lvl='Πολύγωνα _____'

      clr=4

      do i=1,ipol
      do j=1,jpol(i)
C   write(*,'(3f12.3,2i8)') xpol(i,j),ypol(i,j),zpol(i,j),cpol(i,j),j
      xpl(j)=xpol(i,j)
      ypl(j)=ypol(i,j)
      zpl(j)=0
      end do
      call poly(jpol(i),xpl,ypl,zpl)
      end do

C-----
C   READ FM39.DAT
C-----
      call r39(fm39)

C-----
C   CHECK I39
C-----
      if(i39.le.1) then
      call g('Τρέξιτε MEK',10,1)
      call pzs
      end if

C-----
C   DRAW FM39.DAT
C-----
      call g('Σχεδιασμός XYZ_Αξονα',20,1)

      lvl='XYZ_Αξονα _____'

      clr=1

      do i=1,i39
C   write(*,'(3f12.3)') x39(i),y39(i),z39(i)

```

```

xpl(i)=x39(i)
ypl(i)=y39(i)
zpl(i)=z39(i)*zdt
end do
call poly(i39,xpl,ypl,zpl)

C-----
C   FM8.DAT
C-----

call r8(fm8)

call interval(0)

C-----
C   SORTING FM8.DAT
C-----

call sr8(fm8)

if(i8.eq.0) call pzs

call interval(0)

C-----
C   FM8.DAT ---> C:\FM19\FM.WRK
C-----

call g('fm8.dat ---> fm.tri',19,1)

open(1,file='c:\fm19\fm.wrk',status='unknown')

do i=1,i8

write(1,'(3f12.3,i6)') x8a(i),y8a(i),z8a(i),1
write(1,'(3f12.3,i6)') x8b(i),y8b(i),z8b(i),0
write(1,'(3f12.3,i6)') x8c(i),y8c(i),z8c(i),0
write(1,'(3f12.3,i6)') x8a(i),y8a(i),z8a(i),0

end do

close (1)

C-----
C   READ C:\FM19\FM.WRK
C-----

call g('fm.tri',6,1)

call rintri('c:\fm19\fm.wrk',fmtri)

call rtri(fmtri)

C   call dtri

```

```

c-----
c   GRID
c-----
      call g('Σημεία Ελέγχου',14,2)

      lvl='Σημεία_Ελέγχου_____ '

      clr=0

      zg=0

      write(*,'(2x)')

      nx=(xur-xll)/gin+1

      ny=(yur-yll)/gin+1

      do ix=1,nx

      xg=xll+(ix-1)*gin

      do iy=1,ny

      yg=yll+(iy-1)*gin

      call inside(xg,yg,jg)

      if(jg.eq.1) then
c   call point(xg,yg,zg*zdt)
      ic=ic+1
      kc(ic)=999999
      xc(ic)=xg
      yc(ic)=yg
      zc(ic)=zg
      call htri(xc(ic),yc(ic),zc(ic),jg)
      call point(xc(ic),yc(ic),zc(ic)*zdt)
      write(*,'(''+  ',3f12.3,3i8)')
1 xc(ic),yc(ic),zc(ic),ic,(ix-1)*ny+iy,nx*ny
      else
      write(*,'(''+  ',36x,3i8)') ic,(ix-1)*ny+iy,nx*ny
      end if

      end do

      end do

c-----
c   EYE LOOP
c-----
      call g('Θέση Οφθαλμού',13,2)

      lvl='Αζιμούθια_____ '

```

```

do i=1,i39
write(lvl,'(i7,''-----'')') 1000000+int(k39(i))
call azimuth(x39(i),y39(i),x39(i+1),y39(i+1),azm)
write(*,'(5f12.3)') k39(i),x39(i),y39(i),z39(i),azm
clr=0
call circle(x39(i),y39(i),z39(i),10*thg)
do j=1,ic
clr=0
call azimuth(x39(i),y39(i),xc(j),yc(j),azc)
if(azm.gt.360.and.azm.lt.400) then
if(azc.gt. 0.and.azc.lt.40) then
azc=azc+400
end if
end if
if(azm.gt.0 .and.azm.lt.40) then
if(azc.gt.360.and.azc.lt.400) then
azm=azm+400
end if
end if
clr=2
if(abs(azm-azc).lt.40) then
call tlt(k39(i),x39(i),y39(i),z39(i)+ehg,kc(j)
1,xc(j),yc(j),zc(j)+ohg,ifnd,xg,yg,zg)
if(ifnd.eq.0) clr=3
if(ifnd.ne.0) clr=1
else
clr=2
end if
call point(xc(j),yc(j),zc(j))
call circle(xc(j),yc(j),zc(j),2*thg)
end do
end do

```

```
C-----  
C      CLOSE ALX.DXF  
C-----  
1000  call g('Κλείνω το alx.dxf',17,1)  
  
      call closedxf  
  
      close (0)  
  
C-----  
C      FINISH PROGRAM  
C-----  
      call gc30('Έργο : ',7,prg,1)  
  
      call g('Ορατότητα Αεροδρομίου - ALX - FM19',34,1)  
  
      call g('Αντε Γειά',9,1)  
  
      call interval(2)  
  
C-----  
C      RETURN  
C-----  
  
C-----  
C      ERRORS  
C-----  
998   call g('Κλείστε το alx.dxf από το AUTOCAD - Πατήστε Enter ',51,1)  
      read(*,*)  
      stop ''  
  
999   call g('Ο Κατάλογος του Αρχείου alx.dxf δεν είναι έγκυρος ',51,1)  
      call gc70('Αρχείο=',7,alxdxf,1)  
      call g('Πατήστε Enter ',51,1)  
      read(*,*)  
      stop ''  
  
C-----  
C      END  
C-----
```

