







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

Διπλωματική Εργασία

**Χωροθέτηση ραδιοβηθημάτων στον ευρύτερο χώρο  
αεροδρομίων**

**Αλεξάκη Ζωή**

Επιβλέπων: Α. Λοΐζος, Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Φεβρουάριος 2019







**NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS**  
**SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING**  
DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, PLANNING AND  
ENGINEERING

Diploma Thesis

**Site evaluation of CNS facilities inside and outside the airport**

**Alexaki Zoi**

Supervisor: A.Loizos, Professor, NTUA

Athens, February 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, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Α.Λοϊζο, Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του ΕΜΠ, για την ανάθεση της διπλωματικής μου εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην κα Β. Ψαράκη-Καλουπτσίδη, Καθηγήτρια της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π. για την ένταξη μου στο χώρο των αεροδρομίων, καθώς και στην Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας και συγκεκριμένα στους κυρίους Ν. Γούσιο και Γ. Κουρτέσα για την βοήθεια που μου πρόσφεραν στη σύλληψη του θέματος της παρούσας εργασίας.

Στη συνέχεια, ένα πολύτιμο ευχαριστώ οφείλω στον κ. Φώτη Μερτζάνη, Επιστημονικό Συνεργάτη του Ε.Μ.Π., πρώτον για την υποστήριξη του στην εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας, η οποία χωρίς την συνεισφορά του δε θα ήταν εφικτό να ολοκληρωθεί, δεύτερον για την αλληλεπίδραση μας κατά τη διάρκεια της πρακτικής μου εργασίας στην Υ.Π.Α., καθώς βέβαια και για τις σημαντικές συμβουλές που μου έδωσε καθόλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας, οι οποίες θα με ακολουθούν σε όλη μου τη ζωή. Είναι ένας πολύ καλός άνθρωπος και σίγουρα, ένας ξεχωριστός καθηγητής.

Φτάνοντας στο τέλος αυτού του ταξιδιού δε θα μπορούσα να ξεχάσω τα άτομα εκείνα που με συντρόφευσαν όλα αυτά τα χρόνια της φοιτητικής μου ζωής. Αρχικά, ένα ευχαριστώ χρωστάω στην παιδική μου φίλη Νάσια Α., που βρίσκεται πάντα στο πλευρό μου, για όλες τις στιγμές που περνάμε μαζί. Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους και-πλέον-συναδέλφους Γιώργο Π. και Γεωργία Ν. για την ομαλή και διασκεδαστική προσαρμογή που μου χάρισαν τα πρώτα χρόνια της φοίτησης μου στο πανεπιστήμιο και της διαμονής μου στην Αθήνα. Ακόμα, θα ήθελα να εκφράσω ένα ευχαριστώ στον αγαπημένο Αλέξανδρο Β. για τη γνήσια και αληθινή του φιλία. Τελειώνοντας, ένα μεγάλο ευχαριστώ ανήκει στο Φίλιππο Τ., για τη στηριξη και την πίστη του σε εμένα.

Κλείνοντας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, Δημήτρη και Φαίνη, οι οποίοι κατέστησαν δυνατή την επιμόρφωση μου και με υποστηρίζουν στις αποφάσεις μου. Τέλος, ευχαριστώ τον μεγάλο μου αδερφό Βαγγέλη, που άνοιγε το δρόμο πάντα για να πορευόμαι και στον μικρό μου αδερφό Λάμπρο, για την δύναμη που μου δίνει και τα κίνητρα που μου προσφέρει ώστε, καθημερινά να προσπαθώ, με στόχο να γίνω πρότυπο του κάποια μέρα.

Αλεξιάκη Ζωή  
Φεβρουάριος 2019



## **Σύνοψη**

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παρουσίαση των διαφορετικών συστημάτων ραδιοναυτιλίας και της συμβολής τους στον Έλεγχο Εναέριας Κυκλοφορίας, καθώς και η μελέτη του περιβάλλοντος χώρου της θέσης εγκατάστασης τους. Στο πλαίσιο της παραπάνω διερεύνησης γίνεται μελέτη εφαρμογής για την αξιολόγηση και βελτίωση, βάσει των κανονισμών, της θέσης εγκατάστασης των συστημάτων αεροναυτιλίας συγκεκριμένων αεροδρομίων του ελλαδικού χώρου. Αρχικά, αναλύεται το απαραίτητο θεωρητικό υπόβαθρο για την κατανόηση του αντικειμένου και παρουσιάζονται τα είδη, οι αρχές λειτουργίας και οι επιχειρησιακές απαιτήσεις των συστημάτων αεροναυτιλίας που αναγνωρίζονται από τον Διεθνή Οργανισμό Πολιτικής Αεροπορίας (International Civil Aviation Organization - ICAO). Στη συνέχεια, ακολουθεί η παράθεση των κανονισμών που διέπουν τη διαδικασία επιλογής και αξιολόγησης της θέσης εγκατάστασης τους. Τέλος, γίνεται μελέτη εφαρμογής για τον Κρατικό Αερολιμένα Χίου "Όμηρος" (ΚΑΧΙΟ) και τον Κρατικό Αερολιμένα Νάξου "Απόλλων" (ΚΑΝΞ). Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η εν λόγω μελέτη, σχεδιάζεται και χρησιμοποιείται λογισμικό σε περιβάλλον Ηλεκτρονικού Υπολογιστή τόσο για την διευκόλυνση της διαδικασίας όσο και για την αποτελεσματικότερη απεικόνιση των αποτελεσμάτων. Βάσει των αποτελεσμάτων της μελέτης αυτής, χαρακτηρίζονται οι τρέχουσες θέσεις και προτείνονται νέες, όπου αυτό καθίσταται αναγκαίο.

### **Λέξεις-Κλειδιά:**

Αεροναυτιλία, Ραδιοβοηθήματα, Επιλογή θέσης, Συστήματα Επικοινωνιών-Πλοήγησης-Επιτήρησης



## **Abstract**

The main objective of this diploma thesis is the presentation of the CNS facilities (Communication, Navigation and Surveillance facilities) and their contribution to the Air Traffic Control, as well as the study of their installation site topology characteristics. In the context of this thesis, an implementation study, based on the regulations, is carried out to evaluate and improve the installation site of CNS facilities of specific airports of Greece. The required theoretical background related to the subject are initially presented, followed by references to the types, functional principles and operational requirements of the facilities that are recognized by ICAO. Subsequently, the regulation, governing the procedure for the selection and assessment of the site where CNS facilities are necessarily located, is mentioned. Finally, an implementation study for Chios and Naxos Airports is presented. In order to carry out this study with success and effectively display the results, a suitable software application has been created and used. Based on the results of this study, evaluation of the current installation sites and recommendation of new ones where needed, are proposed in the thesis.

## **Keywords**

Air navigation, Sitting criteria, CNS facilities, Navigation facilities, Communication facilities, Surveillance facilities





## Περιεχόμενα

<i>EYXAPISΤIEΣ</i> .....	7
Σύνοψη.....	i
Abstract .....	iii
Περιεχόμενα.....	v
Ευρετήριο Εικόνων .....	vii
Ευρετήριο Πινάκων .....	xii
1. Εισαγωγή.....	1
1.1 Γενική Ανασκόπηση .....	1
1.2 Αντικειμενικός Σκοπός και Στόχοι .....	2
1.3 Δομή της Εργασίας.....	3
2. Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	5
2.1 Είδη Πτήσεων .....	6
2.1.1 Κανόνες οπτικής πτήσεως.....	6
2.1.2 Κανόνες ενόργανης πτήσεως.....	7
2.2 Βοηθήματα .....	8
2.2.1 Οπτικά βοηθήματα .....	9
2.2.2 Ραδιοβοηθήματα.....	11
2.3 Περιορισμένες περιοχές (BRA) .....	38
2.3.1 Μη κατευθυντικά ραδιοβοηθήματα (Omni-directional facilities) .....	41
2.3.2 Κατευθυντικά ραδιοβοηθήματα (Directional facilities).....	47
2.4 Πιστοποίηση Συστημάτων CNS .....	51
2.4.1 Έλεγχος επιχειρησιακών παραμέτρων στο έδαφος.....	52
2.4.2 Έλεγχος επιχειρησιακών παραμέτρων από αέρα .....	52
2.5 Βοηθήματα στον Ελλαδικό χώρο.....	52
3. Μεθοδολογία και Ανάπτυξη Προγράμματος.....	56

3.1 Στόχοι και βήματα προγράμματος .....	56
3.2 Ψηφιοποίηση εδάφους .....	57
3.3 Μοντελοποίηση των επιφανειών BRA .....	64
3.4 Προσομοίωση γεωμετρικού προβλήματος .....	74
3.5 Συνδυασμός Μοντέλου Εδάφους και Επιφανειών BRA .....	76
4. Μελέτη Εφαρμογής.....	79
4.1 Μελέτη εφαρμογής κρατικού αερολιμένα Χίου "Όμηρος" .....	79
4.1.1 Μοντέλο εδάφους για το νησί της Χίου .....	85
4.1.2 Επιλογή θέσης εγκατάστασης του συστήματος DVOR/DME.....	88
4.2 Μελέτη εφαρμογής κρατικού αερολιμένα Νάξου .....	90
4.2.1 Μοντέλο εδάφους για το νησί της Νάξου .....	95
4.2.2 Επιλογή θέσης εγκατάστασης του συστήματος DVOR/DME.....	97
5. Συμπεράσματα - Προτάσεις.....	99
Βιβλιογραφία .....	101
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	102
Κώδικας προγραμματισμού VOR.FOR .....	103
Κώδικας προγραμματισμού ILS.FOR.....	119
Κώδικας προγραμματισμού TLT.FOR .....	153
Κώδικας προγραμματισμού BRA.FOR .....	157

## Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 2.1: Δείκτης κλίσης οπτικής προσέγγισης-VASI .....	9
Εικόνα 2.2: Δείκτης διαδρομής προσέγγισης ακριβείας-PAPI .....	10
Εικόνα 2.3: Απλή λειτουργία συστήματος τηλεπικοινωνιών .....	12
Εικόνα 2.4: Όργανο επιλογής συχνότητας πομπού εντός πιλοτηρίου .....	12
Εικόνα 2.5: Κεραία εκπομπής σημάτων στο αεροσκάφος .....	12
Εικόνα 2.6: Δέκτης σημάτων εντός αεροσκάφους .....	13
Εικόνα 2.7: Αναμεταδότης DME εδάφους στο αεροδρόμιο της Στουτγκάρδης (αριστερά) και ανακριτής DME εντός αεροσκάφους (δεξιά) .....	14
Εικόνα 2.8: Ένδειξη οργάνου DME εντός πιλοτηρίου .....	15
Εικόνα 2.9: Αποστάσεις κατά την κίνηση αεροσκάφους πλησίον του επίγειου σταθμού .....	16
Εικόνα 2.10: Επίγειος σταθμός NDB (αριστερά) και κεραία NDB επί του αεροσκάφους (δεξιά) .....	17
Εικόνα 2.11: Ένδειξη πιλοτηρίου για το NDB .....	18
Εικόνα 2.12: Χάρτης NDB/DME προσέγγισης για το αεροδρόμιο του Μπρίστολ .....	20
Εικόνα 2.13: Επίγειος σταθμός DVOR/DME στο αεροδρόμιο του Πεκίνου .....	21
Εικόνα 2.14: Κεραία VOR επί του αεροσκάφους .....	21
Εικόνα 2.15: Όργανο πιλοτηρίου VOR .....	23
Εικόνα 2.16: Χάρτης VOR προσέγγισης για το αεροδρόμιο των Κυθήρων .....	24
Εικόνα 2.17: Εντοπιστής συστήματος ενόργανης προσγείωσης (Localizer) στο αεροδρόμιο της Μελβούρνης .....	25
Εικόνα 2.18: Σχηματική απεικόνιση εκπομπής σημάτων του Localizer .....	26
Εικόνα 2.19: Καθοδηγητής τροχιάς κατολίσθησης (GlideSlope) στο αεροδρόμιο του Αννόβερου στη Γερμανία (διάδρομος 09R) .....	26
Εικόνα 2.20: Σχηματική απεικόνιση εκπομπής σημάτων του GlideSlope .....	27
Εικόνα 2.21: Ένδειξη οργάνου ILS του πιλοτηρίου .....	27

Εικόνα 2.22: Ένδειξη οργάνου πιλοτηρίου για τους ραδιοσημαντήρες.....	28
Εικόνα 2.23: Χάρτης προσέγγισης ILS για το αεροδρόμιο της Βοστώνης.....	29
Εικόνα 2.24: Καθοδηγητής ανύψωσης (αριστερά) και καθοδηγητής αζιμούθιου (δεξιά) MLS στο αεροδρόμιο της Μελβούρνης .....	30
Εικόνα 2.25: Έμπροσθεν εμβέλεια καθοδηγητή αζιμούθιου .....	31
Εικόνα 2.26: Σχηματική απεικόνιση προσέγγισης MLS .....	32
Εικόνα 2.27: Σταθμός μετάδοσης δεδομένων πολύ υψηλής συχνότητας στο αεροδρόμιο του Σύννεϋ .....	33
Εικόνα 2.28: Σχηματική απεικόνιση λειτουργίας GBAS για ταυτόχρονη εξυπηρέτηση δύο διαδρόμων .....	34
Εικόνα 2.29: Κεραία πρωτεύοντος ραντάρ PSR .....	35
Εικόνα 2.30: Κεραία δευτερεύοντος ραντάρ SSR στο Νοϊμπράντενμπουργκ.....	36
Εικόνα 2.31: Όργανο πιλοτηρίου SSR .....	37
Εικόνα 2.32: Σχηματική απεικόνιση λειτουργίας ραντάρ SSR.....	37
Εικόνα 2.33: Συνδυασμένο πρωτεύον και δευτερεύον ραντάρ .....	38
Εικόνα 2.34: Διάγραμμα διαδικασίας αξιολόγησης δραστηριοτήτων εντός BRA .....	40
Εικόνα 2.35: Τρισδιάστατη απεικόνιση περιορισμένης περιοχής για τα μη κατευθυντικά ραδιοβοηθήματα .....	41
Εικόνα 2.36: Τομή επιφάνειας περιορισμένης περιοχής για τα μη κατευθυντικά ραδιοβοηθήματα .....	41
Εικόνα 2.37: Κάτοψη επιφάνειας περιορισμένης περιοχής για τα μη κατευθυντικά ραδιοβοηθήματα .....	42
Εικόνα 2.38: Σχηματική απεικόνιση των απαιτήσεων του ICAO για τα ραδιοβοηθήματα πλοήγησης DVOR.....	45
Εικόνα 2.39: Σχηματική απεικόνιση των απαιτήσεων του ICAO για τα ραδιοβοηθήματα πλοήγησης CVOR .....	46
Εικόνα 2.40: Τρισδιάστατη απεικόνιση περιορισμένης περιοχής για τα κατευθυντικά ραδιοβοηθήματα .....	47

Εικόνα 2.41: Τομή επιφάνειας περιορισμένης περιοχής για τα κατευθυντικά ραδιοβοηθήματα .....	47
Εικόνα 2.42: Κάτοψη επιφάνειας περιορισμένης περιοχής για τα κατευθυντικά ραδιοβοηθήματα .....	48
Εικόνα 2.43: Σχηματική απεικόνιση των κρίσιμων/ευαίσθητων περιοχών του Localizer όπως υποδεικνύεται από τον ICAO.....	50
Εικόνα 2.44:Σχηματική απεικόνιση των κρίσιμων/ευαίσθητων περιοχών του Glide Path όπως υποδεικνύεται από τον ICAO.....	51
Εικόνα 3.1: Απεικόνιση ανάγλυφου με προοπτικό σχέδιο (αριστερά) και με ισοϋψείς (δεξιά) .....	58
Εικόνα 3.2: Σχηματική απεικόνιση τριγωνισμού Delaunay.....	59
Εικόνα 3.3: Απεικόνιση ανάγλυφου με τρισδιάστατο σχέδιο ισοϋψών καμπύλων .....	60
Εικόνα 3.4: Παράθυρο εντολής Import της εφαρμογής InRoads.....	60
Εικόνα 3.5: Περιβάλλον επεξεργασίας επιφανειών του InRoads.....	61
Εικόνα 3.6: Παράθυρο εντολής Triangulate της εφαρμογής InRoads .....	61
Εικόνα 3.7: Περιβάλλον επεξεργασίας επιφάνειας με ενδεικτικά δεδομένα τριγώνων και ισοϋψών καμπύλων.....	62
Εικόνα 3.8: Μοντέλο εδάφους ανεπτυγμένο με τη μέθοδο του τριγωνισμού .....	62
Εικόνα 3.9: Δημιουργία .dtm αρχείου μέσω της εφαρμογής InRoads .....	62
Εικόνα 3.10: Παράθυρο εντολής Merge της εφαρμογής InRoads .....	63
Εικόνα 3.11: Παράθυρο εντολής Export της εφαρμογής InRoads.....	64
Εικόνα 3.12: Παράθυρο εντολών για την επιλογή του είδους του μη κατευθυντικού ραδιοβοηθήματος από το χρήστη .....	65
Εικόνα 3.13: Ενδεικτικό σχέδιο vor.dxf ως έξοδος του προγράμματος VOR.FOR ....	66
Εικόνα 3.14: Ενδεικτικό αρχείο fm.chc ως έξοδος του προγράμματος VOR.FOR .....	66
Εικόνα 3.15: Απεικόνιση vor.dxf για το ραδιοβοήθημα DVOR σε τρισδιάστατο σχέδιο (πάνω), τομή και κάτοψη (κάτω).....	67

Εικόνα 3.16: Απεικόνιση vor.dxf για το ραδιοβοήθημα CVOR σε τρισδιάστατο σχέδιο (πάνω), τομή και κάτοψη (κάτω).....	67
Εικόνα 3.17: Απεικόνιση vor.dxf για το ραδιοβοήθημα DF σε τρισδιάστατο σχέδιο (πάνω), τομή και κάτοψη (κάτω).....	68
Εικόνα 3.18: Απεικόνιση vor.dxf για το ραδιοβοήθημα DME N σε τρισδιάστατο σχέδιο, τομή και κάτοψη.....	68
Εικόνα 3.19: Απεικόνιση vor.dxf για τους ραδιοσημαντήρες Markers σε τρισδιάστατο σχέδιο, τομή και κάτοψη(κλίμακα υψών 10:1) .....	69
Εικόνα 3.20: Απεικόνιση vor.dxf για το ραδιοβοήθημα NDB σε τρισδιάστατο σχέδιο, τομή και κάτοψη .....	69
Εικόνα 3.21: Απεικόνιση vor.dxf για το ραδιοβοήθημα PSR/SSR σε τρισδιάστατο σχέδιο, τομή και κάτοψη.....	69
Εικόνα 3.22: Απεικόνιση vor.dxf για το ραδιοβοήθημα VHF Tx/Rx σε τρισδιάστατο σχέδιο, τομή και κάτοψη.....	70
Εικόνα 3.23: Παράθυρο εντολών για την επιλογή του είδους του κατευθυντικού ραδιοβοηθήματος από το χρήστη .....	71
Εικόνα 3.24: Ενδεικτικό σχέδιο ils.dxf ως έξοδος του προγράμματος ILS.FOR .....	71
Εικόνα 3.25: Ενδεικτικό αρχείο fm.che ως έξοδος του προγράμματος ILS.FOR.....	72
Εικόνα 3.26: Απεικόνιση ils.dxf για το ραδιοβοήθημα ILSG/S σε τρισδιάστατο σχέδιο (αριστερά), κάτοψη και τομές (δεξιά) .....	72
Εικόνα 3.27:Απεικόνιση ils.dxf για το ραδιοβοήθημα ILS LLZ-Single frequency σε τρισδιάστατο σχέδιο (αριστερά), κάτοψη και τομές (δεξιά) .....	72
Εικόνα 3.28:Απεικόνιση ils.dxf για το ραδιοβοήθημα ILS LLZ-Dual frequency σε τρισδιάστατο σχέδιο (αριστερά), κάτοψη και τομές (δεξιά) .....	73
Εικόνα 3.29: Απεικόνιση ils.dxf για το ραδιοβοήθημα MLS AZ σε τρισδιάστατο σχέδιο (αριστερά), κάτοψη και τομές (δεξιά).....	73
Εικόνα 3.30:Απεικόνιση ils.dxf για το ραδιοβοήθημα MLS EL σε τρισδιάστατο σχέδιο (αριστερά), κάτοψη και τομές (δεξιά) .....	74
Εικόνα 3.31:Απεικόνιση ils.dxf για το ραδιοβοήθημα DME/D σε τρισδιάστατο σχέδιο (αριστερά), κάτοψη και τομές (δεξιά) .....	74

Εικόνα 3.32: Ενδεικτική απεικόνιση του σχεδίου bra.dxf ως έξοδος του προγράμματος BRA.FOR.....	77
Εικόνα 3.33: Γραμμή εντολών κατά την εκτέλεση του προγράμματος BRA.FOR .....	78
Εικόνα 4.1: Δορυφορικός χάρτης νήσου Χίου .....	79
Εικόνα 4.2: Αεροσταθμός κρατικού αερολιμένα Χίου .....	80
Εικόνα 4.3: Θέση κρατικού αερολιμένα Χίου.....	81
Εικόνα 4.4: Θέση ραδιοβοηθημάτων στο νησί της Χίου .....	82
Εικόνα 4.5: Ραδιοβοήθημα VOR/DME εντός του αερολιμένα Χίου.....	83
Εικόνα 4.6: Φωτογραφία-όψη του ραδιοβοηθήματος από ψηλά .....	84
Εικόνα 4.7: Ανάγλυφο νήσου Χίου με ισοΰψεις σε υπόβαθρο .....	85
Εικόνα 4.8: Ανάγλυφο νήσου Χίου με ισοΰψεις σε τρισδιάστατο σχέδιο .....	86
Εικόνα 4.9: Μοντέλο εδάφους του ανάγλυφου της Χίου.....	86
Εικόνα 4.10: Απεικόνιση μοντέλου εδάφους των κατασκευών πλησίον του αεροδρομίου.....	87
Εικόνα 4.111: Έξοδος από την εκτέλεση του προγράμματος BRA.FOR .....	89
Εικόνα 4.12:Θέση ραδιοβοηθήματος στο νησί της Νάξου .....	93
Εικόνα 4.13: Νέα μελέτη επέκτασης και βελτίωσης του πεδίου ελιγμών του αεροδρομίου Νάξου.....	94
Εικόνα 4.147: Ανάγλυφο νήσου Νάξου με ισοΰψεις σε υπόβαθρο .....	95
Εικόνα 4.15:Ανάγλυφο Νάξου πλησίον αεροδρομίου με ισοΰψεις(αριστερά) και με τρίγωνα(δεξιά) .....	96

## Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 2.1: Παράμετροι μη κατευθυντικών συστημάτων επικοινωνιών.....	43
Πίνακας 2.2: Παράμετροι μη κατευθυντικών συστημάτων επιτήρησης.....	43
Πίνακας 2.3: Παράμετροι μη κατευθυντικών συστημάτων πλοήγησης.....	44
Πίνακας 2.4: Παράμετροι κατευθυντικών συστημάτων πλοήγησης.....	49
Πίνακας 2.5: Συστήματα Conventional VOR (C-VOR) στον ελλαδικό χώρο.....	53
Πίνακας 2.6: Συστήματα Doppler VOR (D-VOR) στον ελλαδικό χώρο.....	53
Πίνακας 2.7: Συστήματα NDB στον ελλαδικό χώρο.....	54
Πίνακας 2.8: Συστήματα ILS στον ελλαδικό χώρο.....	55
Πίνακας 2.9: Συστήματα επιτήρησης στον ελλαδικό χώρο.....	55
Πίνακας 4.1: Οπτικά βοηθήματα διαδρόμου στον αερολιμένα Χίου.....	82
Πίνακας 4.2: Ραδιοβοηθήματα πλοήγησης στον αερολιμένα Χίου.....	82



## 1. Εισαγωγή

### 1.1 Γενική Ανασκόπηση

Τα τελευταία χρόνια η εξέλιξη της αεροπορικής βιομηχανίας έχει οδηγήσει στην αύξηση της αεροπορικής κίνησης τόσο σε επίπεδο επιβατών όσο και σε επίπεδο εμπορευμάτων. Η υπεροχή του αεροπλάνου ως μέσο μεταφοράς, ως αποτέλεσμα της ταχύτητας αλλά και της ασφάλειας στη μετακίνηση που παρέχει, αύξησε τις απαιτήσεις σε παγκόσμιο και πανευρωπαϊκό επίπεδο για τις υποδομές και τις υπηρεσίες αεροναυτιλίας.

Τα αεροδρόμια είναι μεγάλης κλίμακας έργα των οποίων η μελέτη, ο σχεδιασμός αλλά και η κατασκευή αποτελούν ένα σύνθετο ζήτημα με περίπλοκη διαδικασία ανάλυσης. Μια τέτοια υποδομή επηρεάζει την περιοχή πλησίον των δραστηριοτήτων της, αλλά και μέσω της λειτουργίας της αποτελεί κρίκο μιας αλυσίδας η οποία συγκροτεί το ευρύτερο σύστημα αερομεταφορών. Το σύστημα αυτό αναπτύσσεται λιγότερο επί του εδάφους και περισσότερο στον εναέριο χώρο συνθέτοντας ένα παγκόσμιο δίκτυο αερομεταφορών.

Η παγκόσμια αυτή διάσταση των αερομεταφορών επιτάσσει την ύπαρξη κοινών και οικουμενικών αρχών και προτύπων γύρω από τον κλάδο της αεροπορίας η οποία εκφράζεται και υλοποιείται με διεθνή πρότυπα και κανονισμούς που διέπουν οποιοδήποτε ενέργεια συναφή με τις εναέριες μεταφορές. Υπεύθυνες για την ανάπτυξη αυτών των προτύπων είναι διεθνείς οργανώσεις και αρχές που προωθούν την ασφαλή και τακτική ανάπτυξη της πολιτικής αεροπορίας. Οι αρχές με τη μεγαλύτερη επιρροή από αυτές είναι η Διεθνής Οργάνωση Πολιτικής Αεροπορίας (International Civil Aviation Authority - ICAO) και η Ομοσπονδιακή Διοίκηση Αεροπορίας (Federal Aviation Administration - FAA).

Σημαντικό μέρος των κανονισμών αυτών αποτελεί η τήρηση αποστάσεων και η δημιουργία επιφανειών γύρω από τις επίγειες υποδομές που αφορούν τόσο στο πεδίο ελιγμών όσο και στα συστήματα εξυπηρέτησης των υπηρεσιών αεροναυτιλίας εντός και εκτός των αεροδρομίων. Η τήρηση των προδιαγραφών, των σχετικών με την ύπαρξη εμποδίων εντός κρίσιμων για τη λειτουργία των αεροσκαφών περιοχών, αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την ασφάλεια των αερομεταφορών. Οι επιφάνειες περιορισμού εμποδίων γύρω από το πεδίο ελιγμών εξασφαλίζουν την ασφάλεια στην κίνηση των αεροσκαφών κατά τη διάρκεια της προσγείωσης και της απογείωσης ενώ

οι περιορισμένες περιοχές πλησίον των συστημάτων αεροναυτιλίας προφυλάσσουν από παρεμβολές που εμφανίζονται στη συχνότητα εκπομπής των σημάτων τους.

Η εύρυθμη λειτουργία του συστήματος μεταφορών αλλά και η ορθή αξιοποίηση των υποδομών του, βασίζονται και εξαρτώνται από τα συστήματα αεροναυτιλίας καθώς αυτά παρέχουν την ασφάλεια που απαιτείται αλλά και καθιστούν ικανή την επικοινωνία και σύνδεση όλων των συντελεστών που το αποτελούν. Η αναπόσπαστη και χωρίς παρεμβολές λειτουργία τους είναι σαφέστατα ζωτικής σημασίας ζήτημα. Συνεπώς, η τήρηση των κανονισμών για τις αποστάσεις ασφαλείας και τις ζώνες προστασίας τους και στα ελληνικά αεροδρόμια είναι απαραίτητη όχι μόνο για την εναρμόνιση με το παγκόσμιο δίκτυο αλλά και για την προστασία του ελληνικού συστήματος αερομεταφορών.

Η Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας όσον αφορά στην Ελλάδα, αλλά και οι αντίστοιχες αρχές των εκάστοτε κρατών, είναι υπεύθυνη για την τήρηση των κανονισμών τόσο κατά την κατασκευή ενός νέου αεροδρομίου ή την επιλογή θέσης για εγκατάσταση ενός νέου συστήματος αεροναυτιλίας αλλά και κατά τη διάρκεια λειτουργίας έχοντας λόγο για κάθε νέα προσωρινή ή μόνιμη ανέγερση που θα μπορούσε να αποτελεί εμπόδιο σύμφωνα με τα πρότυπα του ICAO με τα οποία συμμορφώνεται το ελληνικό κράτος.

Για κάθε ενέργεια που αφορά στα παραπάνω διενεργείται διεξοδική μελέτη και έρευνα για την αποφυγή προβλημάτων και ατυχημάτων που θα οφείλονται στον περιβάλλοντα χώρο και ιδιαίτερα εκείνων που προκύπτουν λόγω της μορφής του ανάγλυφου της περιοχής.

## **1.2 Αντικειμενικός Σκοπός και Στόχοι**

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παρουσίαση των κανονισμών και των προτύπων του ICAO που αφορούν στις απαιτούμενες ελεύθερες εμποδίων επιφάνειες για τα συστήματα αεροναυτιλίας. Η μελέτη παρουσιάζει, επίσης, τα είδη πραγματοποίησης των πτήσεων καθώς και τα είδη των ραδιοβοηθημάτων που συμμετέχουν στις υπηρεσίες Επικοινωνίας, Πλοήγησης και Επιτήρησης (Communication, Navigation, Surveillance - CNS) του Ελέγχου Εναέριων Κυκλοφορίας (Air Traffic Control - ATC) και περιγράφει πως αυτά επηρεάζουν τη διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου μέσα από συγκεκριμένα παραδείγματα. Στα πλαίσια της εργασίας αυτής δημιουργήθηκε υπολογιστικό πρόγραμμα βασιζόμενο στο

ήδη υπάρχον FM17 του επιστημονικού συνεργάτη του ΕΜΠ κ. Φώτη Μερτζάνη το οποίο διευκόλυνε την διερεύνηση της χωροθέτησης των συστημάτων αεροναυτιλίας με την απεικόνιση των ζητούμενων επιφανειών γύρω από αυτά καθώς και με την πραγματοποίηση των υπολογισμών που απαιτούνται. Με τη βοήθεια του προγράμματος αυτού πραγματοποιείται μελέτη εφαρμογής για τους κρατικούς αερολιμένες Χίου "Όμηρος" (ΚΑΧΙΟ) και Νάξου "Απόλλων" (ΚΑΝΞ) βασισμένη σε πραγματικά δεδομένα και τρέχουσες ανάγκες αυτών.

Πιο αναλυτικά, στα πλαίσια της πρακτικής άσκησης που προσφέρει το πρόγραμμα σπουδών της σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και συγκεκριμένα, μέσα από τη συνεργασία της Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας (Υ.Π.Α.) και του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του Ε.Μ.Π., πραγματοποιήθηκε το τελευταίο στάδιο της μελέτης οδοποιίας και η υλοποίηση των τελικών σχεδίων των οριστικών μελετών για τα έργα επέκτασης και βελτίωσης του πεδίου ελιγμών του αερολιμένα Χίου και του αερολιμένα Νάξου τα οποία προβλέπεται να εγκριθούν προσεχώς. Μέσα από τη μελέτη αυτή προέκυψε η ανάγκη διερεύνησης νέας θέσης εγκατάστασης για τα ραδιοβοηθήματα των οποίων η θέση επιβαλλόταν να αλλάξει λόγω των νέων σχεδίων της μελέτης. Το παραπάνω ζήτημα καλείται να εξετάσει η παρούσα εργασία κάτω από παρότρυνση των αρμόδιων διευθύνσεων της Υ.Π.Α.

Συμπερασματικά, στόχος της εργασίας είναι να εντοπιστούν και να προταθούν νέες θέσεις για τα συστήματα αεροναυτιλίας που απαιτείται να αλλάξουν και οι οποίες θα συμμορφώνονται με τους κανονισμούς στα εν λόγω αεροδρόμια. Επιπλέον, ένας συμπληρωματικός στόχος είναι η δημιουργία ενός λογισμικού σε αρχικό στάδιο που θα επιτρέπει την ενσωμάτωση των κανονισμών, τους υπολογισμούς σε πραγματικά δεδομένα και τέλος, θα συμβάλλει μέσω των αποτελεσμάτων του στην υλοποίηση των απαραίτητων σχεδίων της προτεινόμενης διαμόρφωσης του περιβάλλοντος χώρου για τις ανάγκες κατασκευής ενός νέου αεροδρομίου ή ελέγχου τήρησης των κανονισμών σε ένα ήδη υπάρχον ή ακόμα και γύρω από μια εγκατάσταση ραδιοβοηθημάτων εκτός ή εντός αερολιμένα.

### **1.3 Δομή της Εργασίας**

Η δομή της εργασίας επιτρέπει στον αναγνώστη, αφού πρώτα έρθει σε επαφή και έχοντας κατανοήσει τη γενική θεωρία και τις βασικές έννοιες του εξειδικευμένου

αντικειμένου που πραγματεύεται, να εμβαθύνει στην ανάλυση του ζητήματος και στην αξιολόγηση των συμπερασμάτων.

Η εργασία αποτελείται συνολικά από πέντε κεφάλαια, συμπεριλαμβανομένης και της εισαγωγής. Η δόμηση των κεφαλαίων έγινε με βάση το περιεχόμενο και με σκοπό τη βέλτιστη κατανόηση του θέματος από τον αναγνώστη.

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

Το δεύτερο κεφάλαιο περιλαμβάνει εισαγωγικές έννοιες και ορισμούς απαραίτητους στην κατανόηση του αντικειμένου που θα αναλυθεί στις επόμενες ενότητες. Το κεφάλαιο περιέχει πληροφορίες σχετικές με τα είδη των πτήσεων, τα συστήματα Επικοινωνίας, Πλοήγησης και Επιτήρησης αλλά και τα οπτικά βοηθήματα και τις προδιαγραφές των κανονισμών που αφορούν στις ελεύθερες εμποδίων επιφάνειες όπου αυτές είναι απαραίτητες. Επιπλέον, παρουσιάζονται στοιχεία για την επιλογή θέσης και την πιστοποίηση των συστημάτων αεροναυτιλίας καθώς και πληροφορίες για τα ραδιοβοηθήματα εντός του ελλαδικού χώρου

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο τρόπος ανάπτυξης και λειτουργίας του λογισμικού που χρησιμοποιείται στην ανάλυση. Επιπλέον, περιγράφεται η μεθοδολογία που εφαρμόζεται για την διερεύνηση των ζητημάτων της μελέτης περίπτωσης που θα ακολουθήσει.

Το τέταρτο κεφάλαιο περιλαμβάνει την περιγραφή των προβλημάτων που παρουσιάστηκαν στους κρατικούς αερολιμένες Χίου και Νάξου καθώς και τα βήματα διερεύνησης, ανάλυσης και επίλυσης τους.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρέχεται στον αναγνώστη συνοπτική εικόνα των συμπερασμάτων της παρούσας εργασίας, καθώς και των προτάσεων που αποτελούν λύση των πρακτικών ζητημάτων που διερευνήθηκαν από την εργασία. Τέλος, παρέχεται εικόνα των αντικειμένων που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για μελλοντική εφαρμοσμένη έρευνα.

## 2. Θεωρητικό Υπόβαθρο

Ως αεροδρόμιο ορίζεται μια καθορισμένη χερσαία ή υδάτινη περιοχή που προορίζεται να χρησιμοποιηθεί εν συνόλω ή εν μέρει για την άφιξη, αναχώρηση και κίνηση αεροσκαφών. Ένα αεροδρόμιο αποτελείται από την Περιοχή Κίνησης Αεροσκαφών (Movement Area), η οποία περιλαμβάνει το Πεδίο Ελιγμών (Maneuvering Area), το Χώρο Στάθμευσης Αεροσκαφών, καθώς και τον Αεροσταθμό (Terminal) και τα Υπηρεσιακά κτίρια του αεροδρομίου, το κυριότερο από τα οποία είναι ο Πύργος Ελέγχου (Tower Control).

Υπάρχει όμως και άλλη μία συνιστώσα που συμμετέχει έμμεσα στην ευρύτερη λειτουργία ενός αεροδρομίου και επιδρά στην ορθή αξιοποίηση των υποδομών του. Συγκεκριμένα, η διαχείριση της εναέριας κίνησης αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την εύρυθμη ροή της εναέριας κυκλοφορίας και την ουσιαστική λειτουργία των αεροδρομίων. Ο Έλεγχος Εναέριας Κυκλοφορίας-EEK (Air Traffic Control-ATC) προσφέρει ένα σύνολο υπηρεσιών που μπορούν να διασφαλίσουν την αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια της εναέριας κίνησης. Όλες οι φάσεις μιας σχεδιασμένης πτήσης, από την τροχοδρόμηση από την πύλη αναχώρησης και την απογείωση μέχρι την προσγείωση και την τροχοδρόμηση στην πύλη άφιξης, απαιτούν την έγκριση του ATC. Κύρια εργαλεία του ATC αποτελούν τα συστήματα επικοινωνιών (Communication facilities), παρακολούθησης (Surveillance facilities) και πλοήγησης (Navigational facilities), γνωστά και ως ραδιοβοηθήματα. Η χρήση των εργαλείων αυτών, ανάλογα με το είδος της πτήσης που πραγματοποιείται, είναι είτε απλώς βοηθητική είτε απαραίτητη για την ασφαλή ολοκλήρωση μιας πτήσης.

Η ανεμπόδιστη λειτουργία ενός αεροδρομίου, συμπεριλαμβανομένων κι όλων των συνιστωσών του, είναι ένα σύνθετο έργο που απαιτεί τον έλεγχο μιας ευρύτερης περιοχής γύρω από την βασική του υποδομή προκειμένου να εξασφαλίζεται η ασφάλεια των πτήσεων.

Ο ICAO, όπως και η FAA, έχουν αναπτύξει προδιαγραφές και πρότυπα για ένα σύνολο προστατευόμενων περιοχών, ώστε να εξασφαλίζεται η προστασία του εναέριου χώρου από φυσικά και ανθρώπινα εμπόδια, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν κίνδυνο στην ασφαλή λειτουργία του διαδρόμου και των πτήσεων γενικά. Η προστασία του εναέριου χώρου εξασφαλίζεται τόσο με τις επιφάνειες περιορισμού εμποδίων γύρω από το πεδίο ελιγμών όσο και με τις περιορισμένες περιοχές γύρω από τις εγκαταστάσεις των ραδιοβοηθημάτων.

Η τήρηση των κανονισμών που αφορούν στις προστατευόμενες περιοχές γύρω από τα ραδιοβοηθήματα αποτρέπουν τη δημιουργία παρεμβολών και εξασφαλίζουν την ομαλή λειτουργία τους και την ακρίβεια των ενδείξεων τους.

## **2.1 Είδη Πτήσεων**

Οι πτήσεις στον εναέριο χώρο γίνονται είτε με κανόνες οπτικής πτήσεως (Visual Flight Rules - VFR) είτε με κανόνες ενόργανης πτήσεως (Instrument Flight Rules - IFR).

### **2.1.1 Κανόνες οπτικής πτήσεως**

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

Στις πτήσεις VFR, οι πιλότοι προσπαθούν να παραμένουν εκτός νέφωσης και είναι υπεύθυνοι να διατηρούν ασφαλείς αποστάσεις από όλα τα άλλα αεροσκάφη με οπτικό έλεγχο της γύρω περιοχής. Γενικά, η πτήση VFR πραγματοποιείται χωρίς οδηγίες για την πορεία και τα ύψη από τους ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας. Παρόλα αυτά, σε περίπτωση που η περιοχή καλύπτεται από ραντάρ και ο φόρτος εργασίας το επιτρέπει, ένας πιλότος μπορεί να ζητήσει οδηγίες, χωρίς όμως να μπορεί να τον βοηθήσει στο διαχωρισμό με άλλα αεροσκάφη. Ενδέχεται να απαιτείται από τα αεροσκάφη που εκτελούν μια VFR πτήση, ανάλογα με τον τύπο του εναέριου χώρου που βρίσκονται, να διαθέτουν αναμεταδότη ώστε να γίνονται αντιληπτά από τα ραντάρ του ΕΕΚ και να είναι εφικτός ο διαχωρισμός από τις πτήσεις IFR.

Οι συνθήκες στις οποίες μπορεί να πραγματοποιηθεί μια πτήση VFR ονομάζονται Μετεωρολογικές συνθήκες όψης (Visual Meteorological Conditions - VMC). Ανάλογα με το ύψος πτήσης και το εάν ο εναέριος χώρος είναι ελεγχόμενος ή μη, τα μετεωρολογικά ελάχιστα ώστε να επιτραπεί μια πτήση VFR μπορεί να είναι διαφορετικά. Σε μερικές χώρες επιτρέπονται οι πτήσεις VFR και κατά τη νυχτερινή

ώρα, διατηρώντας αυστηρότερα ελάχιστα, διαδικασία η οποία απαιτεί πρόσθετη εκπαίδευση από τον πιλότο.

Τροχοπέδη μπορεί να αποτελέσει όμως για τους πιλότους, που ενώ πετούν με VFR δεν έχουν λάβει εκπαίδευση για πτήση δια οργάνων, μια αναπάντεχη αλλαγή στις καιρικές συνθήκες ή εντοπισμένα, δύσκολα στη διαχείριση, καιρικά φαινόμενα πλησίον των αερολιμένων. Σε μια τέτοια περίπτωση και κάτω από ειδικές συνθήκες, είναι εφικτό να ζητηθεί έγκριση για Ειδική VFR πτήση (Special VFR-SVFR) κατά την οποία ο χειριστής υποχρεούται να διατηρεί τις αποστάσεις διαχωρισμού, που απαιτούνται κατά VFR, από τα άλλα αεροσκάφη και ισχυρίζεται ότι μπορεί να το πράξει παρά τις οριακές συνθήκες. Επιπλέον, υπάρχουν χώρες, όπως ο Καναδάς και το Ισραήλ, στις οποίες εφαρμόζονται Ελεγχόμενες VFR πτήσεις (Controlled VFR - CVFR) οι οποίες αποτελούν ουσιαστικά πτήσεις εξ' όψεως που όμως απαιτούν διαχωρισμό και μια ελάχιστη καθοδήγηση από τον ΕΕΚ. Οι CVR πτήσεις είναι παρόμοιες με τις IFR πτήσεις αλλά δεν προϋποθέτουν ειδική εκπαίδευση από τους χειριστές για πτήση δια οργάνων, πράγμα που αποτελεί πλεονέκτημα για αυτούς.

Οι πιλότοι των πτήσεων VFR, ακολουθούν και συμβουλεύονται χάρτες οι οποίοι περιέχουν πλήθος οπτικών αναφορών, όπως αυτοκινητόδρομους, γραμμές υψηλής τάσης κ.α., απαραίτητα στοιχεία για τον καθορισμό του ύψους πτήσης. Στην Ελλάδα, επίσημη πηγή χαρτών και στοιχείων απαραίτητων για το σχεδιασμό και την πραγματοποίηση μια πτήσης VFR, και όχι μόνο, αποτελεί η Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας.

### **2.1.2 Κανόνες ενόργανης πτήσεως**

Οι κανόνες ενόργανης πτήσης είναι το σύνολο των κανονισμών που επιτρέπουν την διεξαγωγή μιας πτήσης κάτω από συνθήκες στις οποίες ο πιλότος δεν μπορεί να βασιστεί στην οπτική παρατήρηση. Οι καιρικές συνθήκες οι οποίες δεν επιτρέπουν την πραγματοποίηση μιας VFR πτήσης, ονομάζονται Ενόργανες Μετεωρολογικές συνθήκες (Instrument Meteorological Conditions - IMC). Λόγω των δύσκολων καιρικών συνθηκών, στις IFR πτήσεις ο πιλότος βασίζεται στις αναφορές που έχει από τα όργανα πλοήγησης του θαλάμου διακυβέρνησης και παίρνει πληροφορίες από ραδιοβοηθήματα, από το σύστημα GPS και από άλλα συστήματα ναυσιπλοΐας και επικοινωνιών.

Στις IFR πτήσεις, αν και τεχνικά οι πιλότοι είναι υπεύθυνοι για το διαχωρισμό μεταξύ των αεροσκαφών τους, στην πράξη έχουν μεγάλη βοήθεια από τους ελεγκτές. Οι ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας αναλαμβάνουν μερίδιο στην ευθύνη για το διαχωρισμό των αεροσκαφών δίνοντας οδηγίες για την αποφυγή συγκρούσεων αλλά και για την πορεία και τα ύψη των αεροσκαφών. Αν και αρχικά, οι πτήσεις IFR ήταν συνδεδεμένες με τις δυσκολότερες μετεωρολογικές συνθήκες, σήμερα ουσιαστικά όλες οι πτήσεις των αεροπορικών εταιρειών, καθώς και πολλές άλλες εμπορικές και γενικής αεροπορίας πτήσεις λειτουργούν ως IFR ακόμα και με καλές καιρικές συνθήκες. Αυτό εξασφαλίζει τη διαθεσιμότητα βοήθειας από τους ελεγκτές στην παρακολούθηση της πορείας του αεροσκάφους κατά τη διάρκεια όλων των φάσεων της πτήσης.

Οι κανόνες ορατότητας που ισχύουν στις πτήσεις VFR, δεν υπάρχουν στις πτήσεις IFR. Οι πτήσεις δια οργάνων έχουν τη δυνατότητα να πραγματοποιούνται σε συνθήκες μηδενικής ορατότητας. Ωστόσο, κάτι τέτοιο δεν ισχύει για την προσγείωση και την απογείωση του αεροσκάφους, όπου οι περιορισμοί για τα μετεωρολογικά ελάχιστα εξακολουθούν να υπάρχουν. Οι περιορισμοί αυτοί εξαρτώνται από το αεροδρόμιο, το είδος των διαθέσιμων ραδιοβοηθημάτων, τον εξοπλισμό του αεροσκάφους, τις ικανότητες των χειριστών κ.α.

Οι πιλότοι που πραγματοποιούν πτήσεις IFR πρέπει να έχουν λάβει ειδική εκπαίδευση την οποία οφείλουν να ανανεώνουν ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Οι πτήσεις IFR πραγματοποιούνται εφόσον οι χειριστές υποβάλλουν σχέδιο πτήσης στην υπεύθυνη υπηρεσία και λάβουν άδεια για αυτό. Το σχέδιο πτήσης υλοποιείται με τη βοήθεια των ειδικών χαρτών IFR που παρέχει η αρμόδια υπηρεσία. Τα αεροσκάφη ακολουθούν πορείες και καθοδηγούνται από τους ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας και από τα τερματικά ή εν πτήσει βοηθήματα ναυσιπλοΐας.

## **2.2 Βοηθήματα**

Γίνεται κατανοητό από τα παραπάνω, γνωρίζοντας την περιπλοκότητα της αεροναυτιλίας και των κανονισμών και συνθηκών που τη διέπουν, ότι η εμπλοκή μεταξύ των συντελεστών της, είτε με την έννοια της επικοινωνίας είτε με την έννοια της παροχής και ανταλλαγής πληροφοριών, είναι ζωτικής σημασίας στοιχείο για τις πτήσεις IFR αλλά και για τις πτήσεις VFR. Η εμπλοκή αυτή επιτυγχάνεται είτε έμμεσα με τα οπτικά βοηθήματα τα οποία με τις ενδείξεις τους παρέχουν ένα σύνολο



πληροφοριών στους πιλότους, είτε άμεσα με τα πιο ανεπτυγμένα βοηθήματα αεροναυτιλίας, γνωστά ως ραδιοβοηθήματα.

### 2.2.1 Οπτικά βοηθήματα

Τα Οπτικά βοηθήματα είναι εγκατεστημένα κατά μήκος των διαδρόμων των αεροδρομίων και δίνουν πληροφορίες και οδηγίες στα αεροσκάφη για την ακολουθούμενη γωνία καθόδου και κατ' επέκταση την ασφαλή προσγείωσή τους.

#### α) Δείκτης κλίσης οπτικής προσέγγισης

Ο δείκτης κλίσης οπτικής προσέγγισης (Visual Approach Slope Indicator - VASI) είναι ένα σύστημα φωτισμού το οποίο παρέχει πληροφορίες καθοδήγησης για την προσγείωση ενός αεροσκάφους. Τοποθετείται 15 μ. πριν από την αρχή του διαδρόμου και αποτελείται από δύο ζεύγη προβολέων, τοποθετημένα το ένα πίσω από το άλλο που εκπέμπουν κόκκινες και λευκές δέσμες φωτός. Όταν ο πιλότος προσεγγίζει το διάδρομο με την κατάλληλη γωνία καθόδου, η πρώτη σειρά εμφανίζεται λευκή, ενώ η δεύτερη εμφανίζεται κόκκινη. Όταν και τα δύο ζεύγη εμφανίζονται λευκά τότε ο πιλότος γνωρίζει ότι πετάει ψηλότερα από ότι πρέπει ενώ όταν εμφανίζονται κόκκινα πετάει χαμηλότερα από το επιτρεπόμενο όριο.



**Εικόνα 2.1:** Δείκτης κλίσης οπτικής προσέγγισης-VASI

Το σύστημα VASI είναι ορατό από απόσταση 8 χλμ. κατά τη διάρκεια της ημέρας και 32 χλμ. κατά τη διάρκεια της νύχτας. Αυτός ο τρόπος οπτικής καθοδήγησης ήταν ο πιο συνηθισμένος τύπος συστήματος ένδειξης της γωνίας καθόδου, ωστόσο καταργείται σταδιακά από τους δείκτες διαδρομής προσέγγισης ακριβείας (PAPI), οι οποίοι είναι πιο εύκολο να τοποθετηθούν και να συντηρηθούν.

## β) Δείκτης διαδρομής προσέγγισης ακριβείας

Ο δείκτης διαδρομής προσέγγισης ακριβείας (Precision Approach Path Indicator - PAPI) είναι ένα οπτικό βοήθημα που παρέχει πληροφορίες καθοδήγησης και βοηθάει τον πιλότο να αποκτήσει και να διατηρήσει την απαραίτητη γωνία καθόδου κατά την προσέγγιση του σε ένα αεροδρόμιο. Πρακτικά, το βοήθημα PAPI είναι μια διάταξη από προβολείς τοποθετημένη δίπλα στο διάδρομο. Συνήθως αποτελείται από τέσσερις μονάδες με έγχρωμη κωδικοποίηση που εκπέμπουν λευκές και κόκκινες δέσμες φωτός.



*Εικόνα 2.2: Δείκτης διαδρομής προσέγγισης ακριβείας-PAPI*

Ο αριθμός των κόκκινων και λευκών ενδείξεων αποτελεί μήνυμα για τον πιλότο κατά την προσγείωση του. Όταν ο πιλότος βλέπει όλους τους προβολείς να εκπέμπουν λευκές δέσμες τότε γνωρίζει ότι βρίσκεται σε μεγαλύτερο υψόμετρο από το επιθυμητό. Όταν βλέπει όλους τους προβολείς με κόκκινο χρώμα τότε βρίσκεται σε κατάσταση κινδύνου γιατί πετάει πολύ χαμηλά. Τέλος, όταν οι προβολείς είναι κόκκινοι και λευκοί τότε το αεροσκάφος βρίσκεται στο κατάλληλο υψόμετρο και στην απαραίτητη γωνία καθόδου.

Το PAPI τοποθετείται συνήθως στην αριστερή πλευρά του διαδρόμου, κάθετα στον άξονα του και σε απόσταση περίπου 300 μέτρων από το κατώφλι. Σε καλές καιρικές συνθήκες, οι πληροφορίες καθοδήγησης από τις ενδείξεις του PAPI μπορεί να είναι ορατές από απόσταση 8 χλμ. Ειδικότερα, τη νύχτα οι δέσμες φωτός μπορεί να είναι ορατές από τουλάχιστον 32 χλμ. Σημειώνεται ότι η καθοδήγηση παύει να είναι ορατή κατά την προσγείωση του αεροσκάφους όταν η απόσταση του από το PAPI φτάνει τα 15 μ.

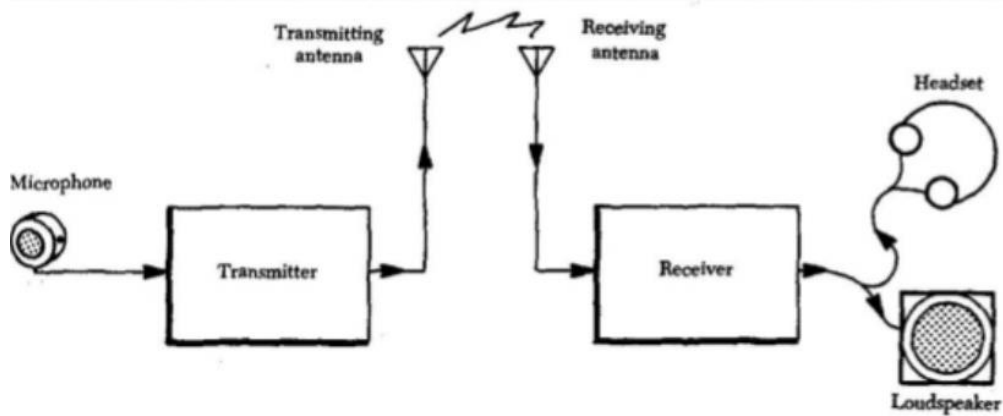
Τα οπτικά συστήματα PAPI λειτουργούν από τους ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας. Αν για οποιοδήποτε λόγο, οι υπηρεσίες του ΕΕΚ δεν λειτουργήσουν κανονικά σε ένα αεροδρόμιο, το PAPI μπορεί να ενεργοποιηθεί από τον χειριστή του αεροσκάφους από το πιλοτήριο κατά την προσέγγιση του στο διάδρομο.

### **2.2.2 Ραδιοβοηθήματα**

Τα ραδιοβοηθήματα είναι συστήματα μετάδοσης πληροφοριών που λειτουργούν συνήθως με μετάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Το είδος των πληροφοριών που μεταδίδουν ποικίλει ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετούν. Ως σύνολο τα ραδιοβοηθήματα στην αεροναυτιλία ονομάζονται Συστήματα Επικοινωνιών, Πλοήγησης και Επιτήρησης (Communication, Navigation and Surveillance facilities - CNS facilities). Τα συστήματα επικοινωνιών επιτρέπουν την επικοινωνία φωνής αέρα-εδάφους, εδάφους-εδάφους και αέρα-αέρα και την ανταλλαγή και την από κοινού χρήση στοιχείων. Τα συστήματα επιτήρησης δίνουν, σε πραγματικό χρόνο, πληροφορίες θέσης στους ελεγκτές, και πιθανόν στο θάλαμο διακυβέρνησης, για τον εντοπισμό του αεροσκάφους ή για επικίνδυνα καιρικά φαινόμενα και τέλος, τα συστήματα πλοήγησης δίνουν πληροφορία στο αεροσκάφος για τη θέση του, ώστε να πλοηγηθεί στον εναέριο χώρο και στο έδαφος. Η λειτουργία των συστημάτων αυτών βασίζεται στην αλληλεπίδραση μεταξύ μιας κεραίας εδάφους και μιας κεραίας η οποία βρίσκεται πάνω στο κινούμενο αεροσκάφος. Τα ραδιοβοηθήματα που αναγνωρίζονται από τον ICAO παρατίθενται στη συνέχεια.

#### **α) Συστήματα Επικοινωνιών (Communication facilities)**

Η ασφαλής λειτουργία των αεροσκαφών κατά την πτήση είναι πλήρως εξαρτημένη από την ύπαρξη ενός οργανωμένου συστήματος επικοινωνιών. Το σύστημα αυτό επιτρέπει την επικοινωνία είτε μεταξύ εδάφους και αεροσκάφους, είτε μεταξύ αεροσκαφών. Είναι προφανές ότι, οι πιλότοι δεν είναι δυνατό να επικοινωνήσουν με απευθείας μεταφορά ηχητικού μηνύματος κατά τη διάρκεια μιας πτήσης. Για αυτό το λόγο, χρησιμοποιείται ευρέως ένα ειδικό σύστημα το οποίο μεταφέρει αποτελεσματικά σημαντικά δεδομένα (πχ. φωνητικά μηνύματα, σήματα κτλ.) και ταυτόχρονα διατηρεί ένα υψηλό επίπεδο ποιότητας στην εκπομπή και λήψη αυτών των δεδομένων. Ένα απλό σύστημα τηλεπικοινωνιών αποτελείται από ένα σύστημα για την εκπομπή (Trasmitter- Tx) και ένα σύστημα για τη λήψη (Receiver- Rx) των ηλεκτρομαγνητικών σημάτων.



*Εικόνα 2.3: Απλή λειτουργία συστήματος τηλεπικοινωνιών*

- Πομπός ( VHF Transmitter -Tx)

Ο πομπός χρησιμοποιείται για τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε ραδιοκύματα. Ουσιαστικά, παράγει σήματα, μέσω της αντίστοιχης κεραίας, σε πολύ υψηλές συχνότητες (VHF) (30MHz έως 300MHz), ενισχύει την ισχύ της μετάδοσης τους και παρέχει ένα μέσο για την μετατροπή των δεδομένων και των πληροφοριών σε ηλεκτρομαγνητικό σήμα.



*Εικόνα 2.4: Όργανο επιλογής συχνότητας πομπού εντός πιλοτηρίου*



*Εικόνα 2.5: Κεραία εκπομπής σημάτων στο αεροσκάφος*

- Δέκτης (VHF Receiver- Rx)

Μέσω του δέκτη επιλέγεται το επιθυμητό κανάλι και αφού ληφθεί το μεταδιδόμενο σήμα μετατρέπεται σε μια χρήσιμη μορφή μέσω του ανιχνευτή.



*Εικόνα 2.6: Δέκτης σημάτων εντός αεροσκάφους*

Αντίστοιχη διαδικασία πραγματοποιεί ο πομπός και ο δέκτης μέσω της κεραίας εδάφους εντός του αεροδρομίου.

### **β) Συστήματα Πλοήγησης (Navigation facilities)**

Τα συστήματα πλοήγησης δίνουν πληροφορίες στους πιλότους για την σχετική θέση τους στον ορίζοντα (αζιμούθιο και απόσταση) από κάποιο συγκεκριμένο βοήθημα, οδηγίες για ασφαλή προσγείωση με όργανα και γενικώς πληροφορίες για ασφαλή ραδιοπλοήγηση των αεροσκαφών.

- Όργανο Μέτρησης Απόστασης (DME)

Το όργανο μέτρησης απόστασης (Distance Measuring Equipment - DME) είναι μια τεχνολογία ραδιοπλοήγησης βασισμένη στη μέτρηση απόστασης από την καθυστέρηση διάδοσης των κυμάτων VHF (30MHz-300MHz) και UHF (300MHz-3GHz). Το DME αποτελείται από έναν σταθμό εδάφους ο οποίος μπορεί να λαμβάνει και να εκπέμπει σήματα και ονομάζεται αναμεταδότης (Transponder) και μια συσκευή που είναι εγκατεστημένη στο αεροσκάφος και ονομάζεται ανακριτής (Interrogator). Είναι ένα από τα πολυτιμότερα εργαλεία πλοήγησης για τα αεροσκάφη και μειώνει το φόρτο εργασίας του πιλότου με την συνεχή ένδειξη της απόστασης του από έναν επίγειο σταθμό. Η απόσταση αυτή είναι επικλινής και εξαρτάται τριγωνομετρικά από τη θέση και το ύψος του αεροσκάφους και του επίγειου σταθμού DME. Ένα DME μπορεί να αποτελεί είτε τερματικό σύστημα (terminal) είτε σύστημα διαδρομής

(enroute). Ένα τερματικό σύστημα, που αναφέρεται και ως TDME (Terminal DME) σε αεροναυτικούς χάρτες, έχει την δυνατότητα να παρέχει πληροφορίες απόστασης με σημείο αναφοράς το κατώφλι του διαδρόμου, ανεξάρτητα από τη φυσική θέση του σταθμού.



**Εικόνα 2.7:** Αναμεταδότης DME εδάφους στο αεροδρόμιο της Στουτγκάρδης (αριστερά) και ανακριτής DME εντός αεροσκάφους (δεξιά)

Το DME λειτουργεί στη ζώνη συχνοτήτων 962MHz έως 1.213MHz. Το διάστημα μεταξύ των καναλιών είναι 1MHz και κάθε κανάλι έχει τον αριθμό του. Συνεπώς, εντός του φάσματος αυτού υπάρχουν 126 συχνότητες στις οποίες εκπέμπουν οι αναμεταδότες και 126 στις οποίες εκπέμπουν οι ανακριτές. Οι συχνότητες εκπομπής του ενός είναι συχνότητες λήψης του άλλου ενώ οι συχνότητες ανάκρισης και ανταπόκρισης διαφέρουν πάντα κατά 63MHz. Η εκπομπή των σημάτων μπορεί να είναι μη κατευθυντική ή κατευθυντική, ανάλογα με τον τύπο της κεραίας του επίγειου σταθμού.

Ο τρόπος λειτουργίας του οργάνου αυτού παρομοιάζεται με το ακουστικό φαινόμενο της ηχούς. Συγκεκριμένα, κάθε αεροσκάφος που είναι εξοπλισμένο με συσκευή DME στέλνει μια παλμοσειρά στη συχνότητα του σταθμού DME. Όλοι οι παλμοί εμφανίζονται υπό μορφή ζευγών παλμών ραδιοσυχνοτήτων με σταθερή διάρκεια και σταθερό διαχωρισμό μεταξύ των παλμών. Αυτοί οι παλμοί ανιχνεύονται από τον



επίγειο σταθμό και ενεργοποιούν τον αναμεταδότη DME. Ο αναμεταδότης λαμβάνει την παλμοσειρά και στέλνει έπειτα, με μια ακριβή καθυστέρηση χρόνου, ένα ζεύγος παλμών απάντησης πίσω στο αεροσκάφος. Οι κωδικοποιημένοι παλμοί απάντησης στέλνονται σε μια συχνότητα αποστολής που διαφέρει κατά 63MHz από τη δεδομένη συχνότητα ερώτησης. Οι επίγειοι σταθμοί διαβιβάζουν επίσης κώδικα Μορς τριών ψηφίων στη διαμορφωμένη συχνότητα των 1.350 Hz ο οποίος σε ένα αεροσκάφος ακούγεται ως τελεία και παύλα και αποτελεί ταυτοποίηση του συγκεκριμένου σταθμού. Η συσκευή DME του αεροσκάφους λαμβάνει την απάντηση και αφού την αναγνωρίσει μετράει το χρονικό διάστημα από τη στιγμή της εκπομπής μέχρι τη στιγμή της λήψης του σήματος. Από αυτόν το διάστημα αυτό αφαιρεί την καθυστέρηση των 50μsec που είναι ο χρόνος που χρειάζεται ο αναμεταδότης για να λάβει, επεξεργαστεί και επανεκπέμψει την παλμοσειρά πίσω στον ανακριτή. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η ταχύτητα των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων είναι ίση με την ταχύτητα του φωτός (300.000km/s) υπολογίζεται η απόσταση που έχει διανυθεί στο χρονικό διάστημα που πέρασε. Η απόσταση αυτή διανύθηκε τόσο στην διαδρομή εκπομπής όσο και στη διαδρομή λήψης του σήματος από τον ανακριτή επομένως, διαιρείται με το δύο και δίνει την απόσταση του αεροσκάφους από τον επίγειο σταθμό. Στη συνέχεια, η τιμή αυτή μετρημένη σε ναυτικά μίλια εμφανίζεται στην οθόνη DME του πιλοτηρίου. Εκτός από την απόσταση από τον επίγειο σταθμό, στην οθόνη εμφανίζεται η ταχύτητα του αεροσκάφους μετρημένη σε κόμβους (knots) όπως επίσης και το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μέχρι το σταθμό σε λεπτά (min).

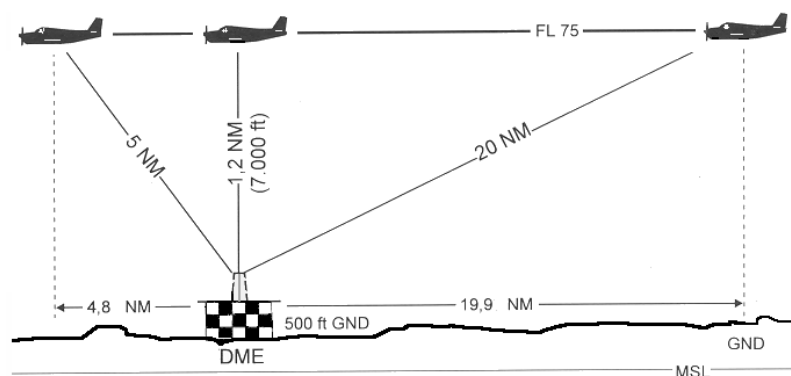


*Εικόνα 2.8: Ένδειξη οργάνου DME εντός πιλοτηρίου*

Ένας τυπικός αναμεταδότης DME μπορεί να εξυπηρετήσει και να παρέχει πληροφορίες απόστασης μόνο σε 100 αεροσκάφη ταυτόχρονα. Συγκεκριμένα, υπάρχει μηχανισμός που μειώνει την ευαισθησία λήψης του DME όταν τα ερωτήματα ξεπεράσουν τα 100. Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται και ο αριθμός των αναμεταδόσεων που έχει να πραγματοποιήσει και αυτοπροστατεύεται. Τα αεροσκάφη που δεν λαμβάνουν πίσω την παλμοσειρά που τους αντιστοιχεί, βρίσκονται εκτός εμβέλειας,

δεν λαμβάνουν ενδείξεις απόστασης και είτε επαναλαμβάνουν το ερώτημα είτε συντονίζουν το δέκτη τους σε κάποιον άλλο σταθμό DME. Εφόσον, ο αναμεταδότης στέλνει σήματα σε περισσότερα από ένα αεροσκάφη την ίδια στιγμή, πρέπει αυτά να μπορούν να ταυτοποιηθούν από την συσκευή του εκάστοτε αεροσκάφους στο οποίο απευθύνονται κάθε φορά. Αυτό είναι δυνατό να συμβεί διότι το DME δημιουργεί τυχαία κενά στο διάστημα των ανακρίσεων του για να δημιουργήσει μια μοναδική "υπογραφή". Την "υπογραφή" αυτή αναζητά όταν λαμβάνει τις διάφορες παλμοσειρές του αναμεταδότη προκειμένου να αναγνωρίσει εκείνη που απευθύνεται στο δικό του ερώτημα και έτσι να συζευχθεί μαζί του. Σε πολλές περιπτώσεις, οι εγκαταστάσεις DME συνδυάζονται με εγκαταστάσεις VOR ή ILS όπως για παράδειγμα σε πτήσεις FL240 (πάνω από 24.000') όπου απαιτείται η ύπαρξη DME εφόσον χρησιμοποιείται πλοήγηση με VOR. Σε μια τέτοια περίπτωση, πραγματοποιείται ταυτόχρονα ο συντονισμός στην συχνότητα DME όταν έχει επιλεγεί η αντίστοιχη συχνότητα VOR ή ILS.

Κατά την ανάγνωση της απόστασης από τη συσκευή DME του αεροσκάφους πρέπει να δίνεται προσοχή στο γεγονός ότι μετράται η κεκλιμένη απόσταση από τον επίγειο σταθμό η οποία είναι ελαφρώς μεγαλύτερη από την οριζόντια απόσταση λόγω της υψομετρικής διαφοράς της κεραίας του σταθμού και της συσκευής του αεροσκάφους. Η πλέον ακραία περίπτωση εμφανίζεται όταν το αεροσκάφος περνά ακριβώς πάνω από το σταθμό DME. Σε μια τέτοια περίπτωση, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.9 , όταν το αεροσκάφος φτάσει πάνω ακριβώς από το σταθμό, η συσκευή DME του αεροσκάφους θα δείχνει 1,2NM, μήκος ίσο με την υψομετρική διαφορά μεταξύ της επίγειας κεραίας και του ανακριτή. Η απόσταση αυτή τεχνικά είναι ορθή όμως στην πραγματικότητα η οριζόντια απόσταση μεταξύ τους είναι μηδενική. Το σφάλμα αυτό σε μεγαλύτερες αποστάσεις από το σταθμό θεωρείται αμελητέο.



Εικόνα 2.9: Αποστάσεις κατά την κίνηση αεροσκάφους πλησίον του επίγειου σταθμού



Το DME, όπως όλα τα ραδιοβοηθήματα πλοήγησης, πρέπει να διατηρεί έναν ορισμένο βαθμό ακρίβειας δεδομένου των διεθνών προτύπων ICAO, FAA, EASA κ.λπ. Για να διασφαλιστεί αυτό, ελέγχονται περιοδικά διάφορες κρίσιμες παράμετροι με κατάλληλα εξοπλισμένα αεροσκάφη τα οποία πραγματοποιούν βαθμονόμηση στα συστήματα DME. Ο ICAO συνιστά ακρίβεια με σφάλμα που δεν ξεπερνά το άθροισμα των 0,25NM συν 1,25% της μετρηθείσας απόστασης. Σημειώνεται ότι η εμβέλεια του DME περιορίζεται από την οπτική επαφή μεταξύ της συσκευής του αεροσκάφους και της κεραίας του επίγειου σταθμού ενώ σε αντίθεση με τα περισσότερα ραδιοβοηθήματα δεν επηρεάζεται από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες και τον στατικό ηλεκτρισμό.

- Μη κατευθυντικός ραδιοφάρος (NDB)

Ο μη κατευθυντικός ραδιοφάρος (Non Directional Beacon - NDB) είναι ένα όργανο αποστολής σημάτων εγκατεστημένο σε γνωστή θέση, το οποίο χρησιμοποιείται ως βοήθημα της πλοήγησης. Το NDB αποτελεί βασικό εξοπλισμό της αεροναυτιλίας και εξαιρετικά αξιόπιστο μέσο για τον προσδιορισμό της θέσης και της κατεύθυνσης ενός αεροσκάφους. Το σύστημα του NDB αποτελείται από τον εξοπλισμό αυτόματης εύρεσης κατεύθυνσης ADF (Automatic Directional Finder - ADF), ο οποίος βρίσκεται εγκατεστημένος επί του αεροσκάφους, και τον επίγειο σταθμό. Ένας σταθμός NDB μπορεί να βρίσκεται εντός αεροδρομίου ή στην ευρύτερη περιοχή γύρω από αυτό.



**Εικόνα 2.10:** Επίγειος σταθμός NDB (αριστερά) και κεραία NDB επί του αεροσκάφους (δεξιά)

Τα NDB που χρησιμοποιούνται στην αεροναυτιλία είναι τυποποιημένα σύμφωνα με το Παράρτημα 10 του ICAO, το οποίο ορίζει τη λειτουργία τους στη ζώνη συχνοτήτων μεταξύ 190kHz και 1750kHz. Το σήμα του NDB ακολουθεί την καμπυλότητα της γης, γεγονός που αποτελεί πλεονέκτημα του συγκεκριμένου ραδιοβοηθήματος διότι μπορεί να εντοπιστεί σε πολύ μεγαλύτερες αποστάσεις και χαμηλότερα υψόμετρα. Εκτός από το συνεχές και μη κατευθυντικό σήμα το οποίο εκπέμπει, κάθε NDB διαβιβάζει επιπλέον ένα κώδικα Μορς ενός, δύο ή τριών ψηφίων που αποτελεί την ταυτότητα του.

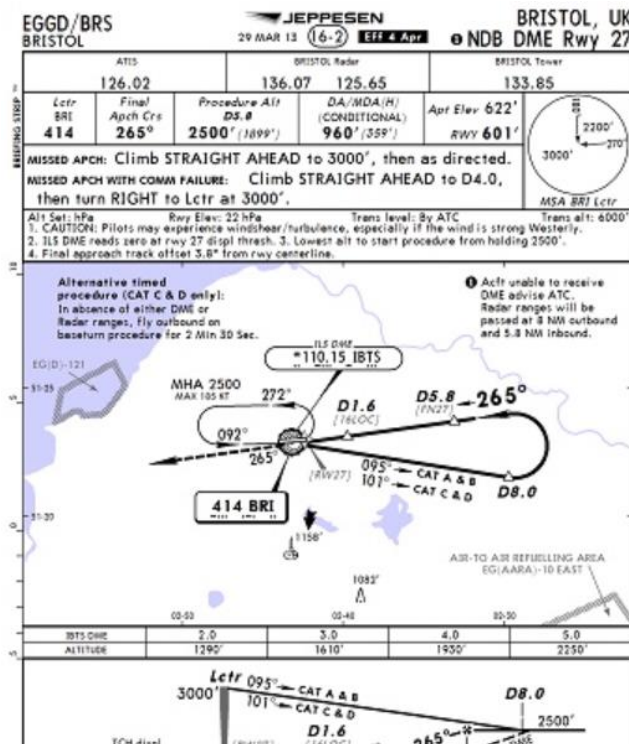
Το σύστημα πλοήγησης ADF/NDB είναι απλό στη λειτουργία του. Ο πομπός του επίγειου σταθμού NDB στέλνει σήματα με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων προς όλες τις κατευθύνσεις. Τα σήματα αυτά λαμβάνονται από τον εξοπλισμό ADF και αναγνωρίζοντας την προέλευση τους επιτρέπουν στον πιλότο να γνωρίζει τη διόπτευση του αεροσκάφους σε κάθε χρονική στιγμή. Ο εξοπλισμός αυτόματης εύρεσης κατεύθυνσης ADF χρησιμοποιεί μια κεραία βρόχου η οποία προσδιορίζει την ένταση του σήματος που λαμβάνει και καθορίζει έτσι την κατεύθυνση του σταθμού και μια κεραία αίσθησης που προσδιορίζει εάν το αεροσκάφος κινείται προς το σταθμό η απομακρύνεται από αυτόν. Οι πληροφορίες που προκύπτουν από το σύστημα ADF/NDB απεικονίζονται σε ειδικούς δείκτες του πιλοτηρίου που έχουν την μορφή πυξίδας. Τα είδη των δεικτών είναι δύο: ο δείκτης σχετικού αζιμουθίου (Relative Bearing Indicator - RBI) και ο ραδιομαγνητικός δείκτης (Radio Magnetic Indicator - RMI). Ο πρώτος δίνει την κατεύθυνση του σταθμού NDB θεωρώντας ότι η θέση 0° αντιστοιχεί στο ρύγχος του αεροσκάφους και ο δεύτερος προσθέτει στο παραπάνω και το μαγνητικό αζιμούθιο του αεροσκάφους και το σχετικό αζιμούθιο του σταθμού. Σε αυτά τα όργανα μπορεί να προστεθεί επιπλέον δείκτης ο οποίος να δίνει πληροφορίες κατεύθυνσης προς έναν δεύτερο σταθμό, συνήθως προς ένα σταθμό VOR.



*Εικόνα 2.11: Ένδειξη πιλοτηρίου για το NDB*

Μέσω της λειτουργίας του το NDB δίνει την δυνατότητα στα αεροσκάφη να διατηρούν την πορεία τους προς μια επιθυμητή κατεύθυνση. Με αυτόν το τρόπο, παρέχεται η δυνατότητα να καθοριστούν αεροδιάδρομοι για την πραγματοποίηση συγκεκριμένων δρομολογίων και για την ολοκλήρωση σχεδίων πτήσεως. Μια επιπλέον εφαρμογή του NDB είναι ότι επιτρέπει στον πιλότο να γνωρίζει κατά προσέγγιση την οριζόντια θέση του πράγμα χρήσιμο σε καταστάσεις όπου τα άλλα συστήματα πλοήγησης, όπως το VOR ή το DME, έχουν βλάβη. Τέλος, τα NDB χρησιμοποιούνται ως εργαλεία για την προσέγγιση στο αεροδρόμιο. Μια τέτοια διαδικασία ονομάζεται NDB προσέγγιση ή NDB/DME προσέγγιση, στην περίπτωση που υπάρχει και εξοπλισμός DME και είναι δυνατό να υπολογιστεί και η απόσταση από το σταθμό. Η NDB προσέγγιση ξεκινά από το σταθερό σημείο αρχικής προσέγγισης (Initial Approach Fix - IAF) και συνεχίζεται μέχρι το σημείο αποτυχημένης προσέγγισης (Missed Approach Point - MAPt) από το οποίο και μετά η προσγείωση γίνεται πια οπτικά μιας και η NDB προσέγγιση αποτελεί μια μη ακρίβειας προσέγγιση. Για κάθε NDB προσέγγιση υπάρχει ένας δημοσιευμένος χάρτης ο οποίος περιγράφει όλη τη διαδικασία και η ονοματολογία του προέρχεται από τον διάδρομο στον οποίο καταλήγει.

Η αξιοπιστία του οργάνου επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες. Κατά τη διάρκεια του ηλιοβασιλέματος ή της ανατολής του ηλίου, η ιονόσφαιρα ενδέχεται να αντανακλά τα σήματα NDB πίσω στο έδαφος προκαλώντας έτσι διακυμάνσεις στο δείκτη ADF. Επιπλέον, ηλεκτροστατικά φαινόμενα μπορεί αναγκάσουν το δείκτη ADF να εκτραπεί προς την ηλεκτρική πηγή η οποία τα προκαλεί ή ακόμα ορεινοί όγκοι ενδέχεται να αντανακλάσουν τα ραδιοκύματα και ακτές να τα διαθλάσουν με αποτέλεσμα να δοθούν λάθος ενδείξεις. Ο βαθμός ακρίβειας του NDB καθορίζεται από τα διεθνή πρότυπα και επιτυγχάνεται με περιοδικό έλεγχο από κατάλληλα εξοπλισμένα αεροσκάφη για τη βαθμονόμηση και πιστοποίηση της ακρίβειας του NDB. Ο ICAO επιτρέπει απόκλιση  $\pm 5^\circ$ .



Εικόνα 2.12: Χάρτης NDB/DME προσέγγισης για το αεροδρόμιο του Μπρίστολ

- Μη κατευθυντικός ραδιοφάρος πολύ υψηλής συχνότητας (VOR)

Ο μη κατευθυντικός ραδιοφάρος πολύ υψηλής συχνότητας (Very high frequency Omnidirectional Range - VOR) είναι ένα ραδιοβοήθημα το οποίο δίνει τη δυνατότητα στα αεροσκάφη να ακολουθούν την πορεία τους από το αεροδρόμιο αναχώρησης στο αεροδρόμιο προορισμού παρέχοντας πληροφορίες διόπτευσης. Το σύστημα του VOR συνίσταται από έναν επίγειο σταθμό και τον εξοπλισμό που βρίσκεται εγκατεστημένος στο αεροσκάφος, ο οποίος αποτελείται από την κεραία VOR, έναν επιλογέα συχνοτήτων για τον συντονισμό με τον εκάστοτε σταθμό και το όργανο του πιλοτηρίου που απεικονίζει τις πληροφορίες από τους σταθμούς εδάφους. Ένα VOR μπορεί να εγκατασταθεί εντός αεροδρομίου όπου εξυπηρετεί την προσέγγιση αεροσκαφών οπότε και ονομάζεται τερματικό VOR (Terminal VOR - T/VOR) ή σε διάφορα επιλεγμένα σημεία κατά τη διαδρομή των αεροσκαφών οπότε ονομάζεται VOR διαδρομής (Route VOR - RVOR). Η διαφορά τους έγκειται στην ισχύ που εκπέμπουν αλλά και στην εμβέλεια τους, συνήθως 50W και 100NM αντίστοιχα για τα τερματικά και 200W και 200NM για τα διαδρομής. Στην περίπτωση που το VOR συνοδεύεται από μια εγκατάσταση DME το σύστημα που δημιουργείται ονομάζεται VOR/DME ή διαφορετικά, όταν συναντάται μαζί με ένα στρατιωτικό εξοπλισμό

πλοήγησης TACAN το σύστημα ονομάζεται VORTAC και σε αυτό είναι πάντα ενσωματωμένο και σύστημα DME.



*Εικόνα 2.13: Επίγειος σταθμός DVOR/DME στο αεροδρόμιο του Πεκίνου*

Οι σταθμοί VOR εκπέμπουν σε μια ζώνη πολύ υψηλών συχνοτήτων (Very High Frequency - VHF) από 108.00MHz έως 117.95MHz. Όταν πρόκειται για VOR/DME ή VORTAC υπάρχει συνδυασμός των συχνοτήτων των ραδιοβοηθημάτων. Συγκεκριμένα, έχει σχεδιαστεί ένας μηχανισμός ο οποίος συντονίζει αυτόματα την αντίστοιχη συχνότητα DME ή TACAN όταν επιλέγεται η σχετική συχνότητα VOR. Ο σταθμός διαβιβάζει επιπλέον κώδικα Μορς τριών γραμμάτων ο οποίος αποτελεί τρόπο ταυτοποίησης του εκάστοτε VOR και ενδέχεται να έχει και ακουστική μορφή. Τα VOR χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ως προς τον τρόπο εκπομπής των σημάτων τους, τα συμβατικά VOR (Conventional VOR-CVOR) και τα doppler VOR (DVOR).



*Εικόνα 2.14: Κεραία VOR επί του αεροσκάφους*



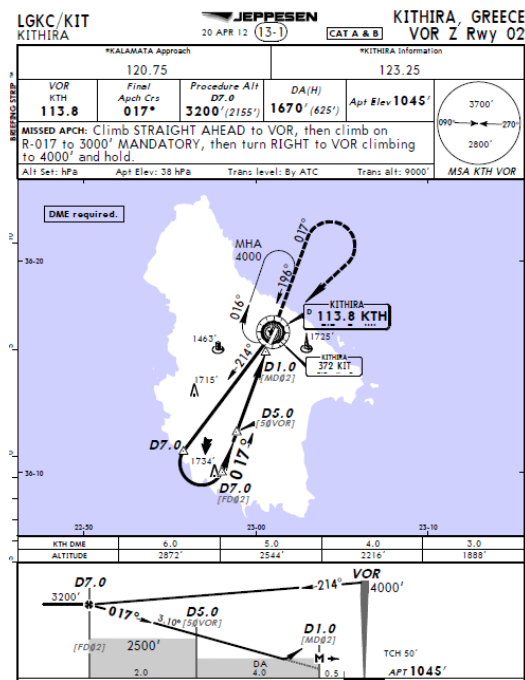
Η αρχή λειτουργίας του VOR στηρίζεται στη διαφορά φάσης μεταξύ δύο σημάτων, ενός κύριου μη κατευθυντικού το οποίο ονομάζεται σήμα αναφοράς (Reference signal - R) και ενός δευτερεύοντος μεταβαλλόμενης φάσης που περιστρέφεται δεξιόστροφα και το οποίο ονομάζεται μεταβλητό σήμα (Variable signal - V). Τα δύο σήματα αυτά είναι ρυθμισμένα έτσι ώστε στη διεύθυνση του μαγνητικού βορρά να βρίσκονται σε φάση. Καθώς, όμως, το δευτερεύον σήμα περιστρέφεται η φάση του μεταβάλλεται και το θετικό μέγιστο του μεταβλητού σήματος εμφανίζεται αργότερα από το μέγιστο του σήματος αναφοράς. Έτσι, η διαφορά φάσης που προκύπτει από τη σύγκριση των δύο σημάτων δίνει τη γωνιακή κατεύθυνση του σήματος περιστροφής, και με αυτόν τον τρόπο ο εξοπλισμός του αεροσκάφους υπολογίζει τη γωνία αζιμούθιου σε σχέση με τον μαγνητικό βορρά με σημείο αναφοράς τον επίγειο σταθμό VOR. Η απεικόνιση των πληροφοριών στο πιλοτήριο γίνεται σε όργανο που μοιάζει με πυξίδα. Η πρώτη ένδειξη έχει σκοπό να πληροφορήσει τον πιλότο σε ποια ακτίνα βρίσκεται το αεροσκάφος. Με τον όρο ακτίνα (radial) μιας συγκεκριμένης διεύθυνσης εννοείται η προσανατολισμένη γωνία που έχει κορυφή τη θέση του VOR και σχηματίζεται από τη διεύθυνση του μαγνητικού βορρά και την υπόψη διεύθυνση. Μέσω της ένδειξης αυτής ο πιλότος γνωρίζει ανά πάσα στιγμή το μαγνητικό αζιμούθιο του και ειδικότερα μπορεί να καθορίσει την κατεύθυνση του επιλέγοντας μέσω του εξοπλισμού VOR με ποια ακτίνα επιθυμεί να ευθυγραμμιστεί το αεροσκάφος του. Στο δείκτη VOR του αεροσκάφους υπάρχει επιπλέον μια χορδή η οποία κινείται από τα αριστερά ως τα δεξιά του οργάνου. Όταν το αεροσκάφος βρίσκεται δεξιότερα από την επιλεγμένη ακτίνα η χορδή αυτή βρίσκεται αριστερά του κέντρου του οργάνου και αντίστροφα, οπότε με αυτόν τον τρόπο καθίσταται εύκολη η ευθυγράμμιση από τον πιλότο. Η δεύτερη ένδειξη είναι σε μορφή γραμμάτων ή βέλους και πληροφορεί για το αν το αεροσκάφος κινείται προς ή από το σταθμό. Αν η ένδειξη απεικονίζει FM (from) ή βέλος που δείχνει προς το ρύγχος τότε το αεροσκάφος κινείται προς το σταθμό VOR με τον οποίο έχει συντονιστεί και τότε λέγεται ότι το αεροσκάφος πετά inbound ως προς το VOR. Αντίθετα, αν η ένδειξη απεικονίζει TO ή βέλος προς την ουρά τότε το αεροσκάφος απομακρύνεται από τον σταθμό VOR και λέγεται ότι πετά outbound ως προς το VOR.



*Εικόνα 2.15: Όργανο πιλοτηρίου VOR*

Η χρήση του VOR διευκολύνει την πλοήγηση των αεροσκαφών και την εκτέλεση μιας διαδρομής αφού μέσω του συντονισμού στους διάφορους σταθμούς που συναντώνται στη διαδρομή οι πιλότοι μπορούν να διατηρήσουν μια σταθερή πορεία. Είναι σύνηθες, οι πιλότοι να συντονίζονται με ένα νέο VOR όταν έχουν καλύψει τη μισή απόσταση μεταξύ αυτού και του προηγούμενου διότι με αυτόν τον τρόπο μειώνεται το σφάλμα που γίνεται μεγαλύτερο καθώς το αεροσκάφος απομακρύνεται από το πρώτο VOR. Επιπλέον, ένα VOR διευκολύνει την προσέγγιση του αεροσκάφους σε ένα αεροδρόμιο. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται VOR προσέγγιση ή VOR/DME στην περίπτωση που υπάρχει και DME ώστε να υπάρχει και η δυνατότητα υπολογισμού της απόστασης από το σταθμό. Μια VOR προσέγγιση ξεκινάει από το σταθερό σημείο αρχικής προσέγγισης (IAF) και καταλήγει στο τελικό στάδιο της καθόδου όπου ο πιλότος οφείλει να προσγειώσει το αεροσκάφος χωρίς όργανα. Η πορεία που θα πρέπει να ακολουθήσει ένα αεροσκάφος που επιλέγει μια τέτοια προσέγγιση είναι καταγεγραμμένη σε ειδικούς χάρτες οι οποίοι φέρουν την ένδειξη VOR και μετά το όνομα του εκάστοτε διαδρόμου. Σημειώνεται ότι τα αεροσκάφη που εξοπλίζονται για μια ενόργανη πτήση έχουν τουλάχιστον δύο δέκτες VOR τόσο για ασφάλεια σε περίπτωση βλάβης όσο και για την ταυτόχρονη πλοήγηση με έναν αρχικό σταθμό και την παρακολούθηση ενός δεύτερου με τον οποίο πρόκειται να γίνει συντονισμός.

Η ακρίβεια του συστήματος καθορίζεται από τα διεθνή πρότυπα και ελέγχεται περιοδικά με κατάλληλα εξοπλισμένα αεροσκάφη. Ο ICAO στο παράρτημα 10 ορίζει ότι το σφάλμα του οργάνου στην περίπτωση ενός συμβατικού VOR δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από  $\pm 4^\circ$  και στην περίπτωση ενός doppler VOR όχι μεγαλύτερο από  $\pm 1^\circ$ .



Εικόνα 2.16: Χάρτης VOR προσέγγισης για το αεροδρόμιο των Κυθήρων

- Σύστημα ενόργανης προσγείωσης (ILS)

Το σύστημα ενόργανης προσγείωσης (Instrument Landing System - ILS) είναι ένα τερματικό ραδιοβοήθημα που παρέχει πληροφορίες στον πιλότο για την ασφαλή προσέγγιση και προσγείωση του αεροσκάφους και ειδικότερα κάτω από δύσκολες καιρικές συνθήκες. Ένα σύστημα ILS εγκαθίσταται κυρίως σε αεροδρόμια με αυξημένη κίνηση και αντίξοες καιρικές συνθήκες και αποτελείται από τα επίγεια υποσυστήματα και από τα όργανα που συνθέτουν τον εξοπλισμό του αεροσκάφους. Επί του εδάφους βρίσκεται ο εντοπιστής συστήματος ενόργανης προσγείωσης (Localizer - LLZ ή LOC), ο καθοδηγητής τροχιάς κατολίσθησης (GlideSlope - G/S) και οι ραδιοσημαντήρες (Marker Beacons) ενώ επί του αεροσκάφους είναι εγκατεστημένες στο ρύγχος του οι κεραίες LLZ και GS και ο δείκτης ILS του πιλοτηρίου. Η προσγείωση με τη βοήθεια του συστήματος ILS αποτελεί μια προσέγγιση ακριβείας διότι παρέχεται στο αεροσκάφος και οριζόντια καθοδήγηση μέσω του localizer αλλά και κατακόρυφη μέσω του glidepath. Πολλά αεροσκάφη έχουν την δυνατότητα να ακολουθήσουν τα σήματα αυτόματα χωρίς την παρέμβαση του πιλότου. Σημειώνεται ότι υπάρχουν τρεις κατηγορίες συστημάτων ILS σύμφωνα με τον ICAO, οι CATI, CATII, CATIII. Για τις κατηγορίες προσγείωσης CATII/III συγκεκριμένα, ο ICAO ορίζει κρίσιμες ή ευαίσθητες περιοχές για την αποφυγή παρεμβολών στα σήματα εκπομπής του συστήματος.



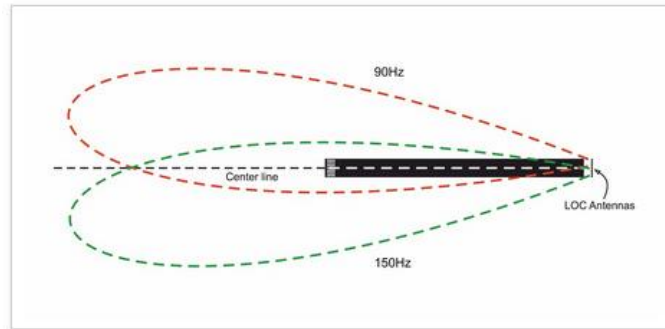
Η λειτουργία του ILS βασίζεται στην εκπομπή σημάτων με την μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων και στην λήψη αυτών από τους δέκτες του αεροσκάφους οι οποίοι αποκωδικοποιούν τα σήματα και παρέχουν στον πιλότο την πληροφορία για την καθοδήγηση του. Οι μονάδες που το αποτελούν το ILS έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

Το localizer είναι μια μεγάλης κλίμακας κατασκευή η οποία αποτελείται από μια σειρά από κατευθυντικές κεραίες και εγκαθίσταται περίπου 1000 πόδια πέρα από το τέλος του διαδρόμου στην κατεύθυνση της προσγείωσης. Ο πομπός του LLZ εκπέμπει στην περιοχή πολύ υψηλών συχνοτήτων, δηλαδή 108,10MHz έως 111,95MHz και δίνει ουσιαστικά πληροφορίες αζιμούθιου ως προς τον άξονα του διαδρόμου προσγείωσης. Επιπλέον, διαβιβάζεται κώδικας Μορς για την ταυτοποίηση του σταθμού.



***Εικόνα 2.17:** Εντοπιστής συστήματος ενόργανης προσγείωσης (Localizer) στο αεροδρόμιο της Μελβούρνης*

Οι κεραίες εκπέμπουν δύο κατευθυντικά σήματα σε μορφή λοβού, εκ των οποίων το ένα είναι διαμορφωμένο στα 90Hz και το άλλο στα 150Hz και τα οποία αλληλοσυνδέονται και δημιουργούν ένας οριζόντιο άξονα πορείας που ουσιαστικά αποτελεί μια επιμήκυνση του άξονα του διαδρόμου. Ανάλογα με την κατηγορία του ILS υπάρχουν αυστηρές απαιτήσεις ισχύος σημάτων και άλλες προδιαγραφές ποιότητας σημάτων μέσα στην κάλυψη του LLZ. Για να εξασφαλιστεί η ποιότητα σημάτων σε ορεινή ή ανώμαλη έκταση είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν ειδικά συστήματα διπλής συχνότητας (dual frequency).

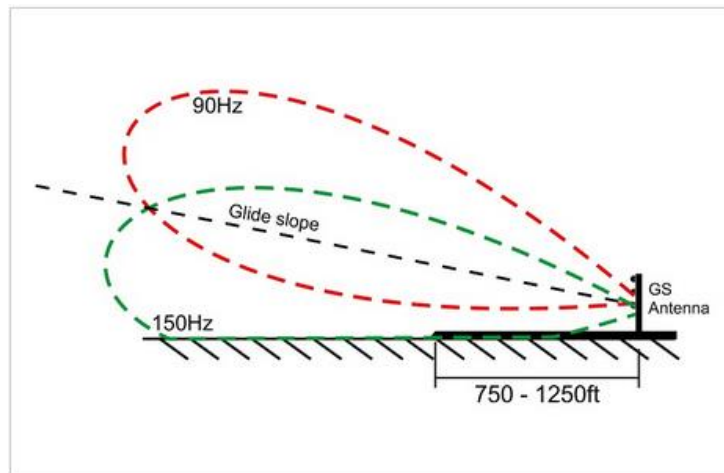


**Εικόνα 2.18:** Σχηματική απεικόνιση εκπομπής σημάτων του Localizer

Η κεραία glideslope είναι μια κατευθυντική κεραία η οποία βρίσκεται στη μία πλευρά του διαδρόμου σε απόσταση 250ft έως 650ft από τον άξονα του και σε απόσταση 750ft έως 1250ft από το κατώφλι του. Ο πομπός G/S εκπέμπει σε μία περιοχή συχνοτήτων από 329,30MHz έως 335,00MHz και δίνει πληροφορίες για την ορθή κλίση της ευθείας κατολίσθησης του αεροσκάφους. Όμοια με το LLZ, η κεραία G/S εκπέμπει δύο κατευθυντικά σήματα, κατά μήκος της διαδρομής προσέγγισης, διαμορφωμένα στα 90Hz και 150Hz τα οποία όμως είναι διατεταγμένα το ένα πάνω στο άλλο με μια διαφορά  $1,4^\circ$ . Στο κέντρο της διαφοράς αυτής βρίσκεται η τροχιά κατολίσθησης, δηλαδή η νοητή γραμμή που πρέπει να ακολουθεί το αεροσκάφος για να προσεγγίσει τη ζώνη προσεδάφισης (touchdown zone).



**Εικόνα 2.19:** Καθοδηγητής τροχιάς κατολίσθησης (GlideSlope) στο αεροδρόμιο του Αννόβερου στη Γερμανία (διάδρομος 09R)



**Εικόνα 2.20:** Σχηματική απεικόνιση εκπομπής σημάτων του *GlideSlope*

Το όργανο του πιλοτηρίου που ενεργοποιείται όταν οι κεραίες LLZ και G/S λαμβάνουν τα σήματα από τα επίγεια συστήματα έχει τη μορφή πυξίδας με έναν κατακόρυφο και έναν οριζόντιο άξονα. Ο κατακόρυφος άξονας διευκολύνει τον πιλότο να ευθυγραμμίσει το αεροσκάφος του με τον άξονα του διαδρόμου δείχνοντας αν πρέπει να κινηθεί δεξιά ή αριστερά και ο οριζόντιος άξονας διευκολύνει στην επίτευξη της ορθής κλίσης δείχνοντας στον πιλότο αν πρέπει να στέψει το αεροσκάφος προς τα κάτω ή προς τα επάνω. Για να θεωρείται αξιόπιστη η ένδειξη του οργάνου του πιλοτηρίου το αεροσκάφος οφείλει να βρίσκεται εντός της εμβέλειας των σημάτων που εκπέμπουν οι επίγειες κεραίες. Αν κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει, ενεργοποιείται μια φωτεινή ένδειξη η οποία αναγράφει NAV ή G/S όταν πρόκειται για το σήμα του LLZ ή του G/S αντίστοιχα και προειδοποιεί ότι το λαμβανόμενο σήμα είναι αδύναμο ή ότι υπάρχει εμπόδιο στην πορεία του αεροσκάφους.



**Εικόνα 2.21:** Ένδειξη οργάνου ILS του πιλοτηρίου

Τέλος, στο σύστημα ILS συναντώνται τα marker beacons τα οποία εγκαθίστανται σε καθορισμένες θέσεις στην πορεία της προσέγγισης και δίνουν στον πιλότο τη δυνατότητα να ελέγχει τη σωστή κάθοδο του. Ένα marker beacon είναι ουσιαστικά ένα διαμορφωμένο σήμα που εκπέμπεται κάθετα προς τα πάνω από έναν ραδιοφάρο και μεταβιβάζει έναν κώδικα αναγνώρισης Μορς. Τα τρία διαφορετικά σήματα που συνθέτουν το σύστημα αυτό είναι ο εξωτερικός σημαντήρας (outer marker), ο ενδιάμεσος σημαντήρας (middle marker), και ο εσωτερικός σημαντήρας (inner marker). Ο εξωτερικός σημαντήρας, ο οποίος προσδιορίζει το σταθερό σημείο τελικής προσέγγισης (Final Approach Fix - FAF), εντοπίζεται 3,5NM έως 6NM από το κατώφλι του διαδρόμου. Τη στιγμή που ένα αεροσκάφος περνά πάνω από τον πομπό, το σήμα από τον σημαντήρα μεταβιβάζεται στο δέκτη τόσο σε ηχητική μορφή των 400Hz όσο και σε οπτική με μια ένδειξη σε μπλε χρώμα στο αντίστοιχο όργανο του πιλοτηρίου. Σε περιπτώσεις όπου δεν είναι εύκολη η εγκατάσταση ενός εξωτερικού σημαντήρα λόγω διαμόρφωσης του εδάφους μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια μονάδα DME ως μέρος του ILS. Ο ενδιάμεσος σημαντήρας βρίσκεται σε απόσταση 0,5NM έως 0,8NM από το κατώφλι. Αντίστοιχα με τον εξωτερικό σημαντήρα, όταν το αεροσκάφος διέρχεται πάνω από τον πομπό του εσωτερικού σημαντήρα, ακούγεται ήχος 1400Hz και παράλληλα πάλλεται μια φωτεινή ένδειξη με κίτρινο χρώμα. Τέλος, ο εσωτερικός σημαντήρας βρίσκεται ακριβώς μπροστά από το κατώφλι του διαδρόμου και όταν το αεροσκάφος περνάει πάνω από τον πομπό του ακούγεται ηχητικό σήμα 3000Hz και ενεργοποιείται η αντίστοιχη ένδειξη λευκού χρώματος. Ο εσωτερικός σημαντήρας χρησιμοποιείται μόνο σε αεροδρόμια που επιτρέπουν ILS κατηγορίας II και III.

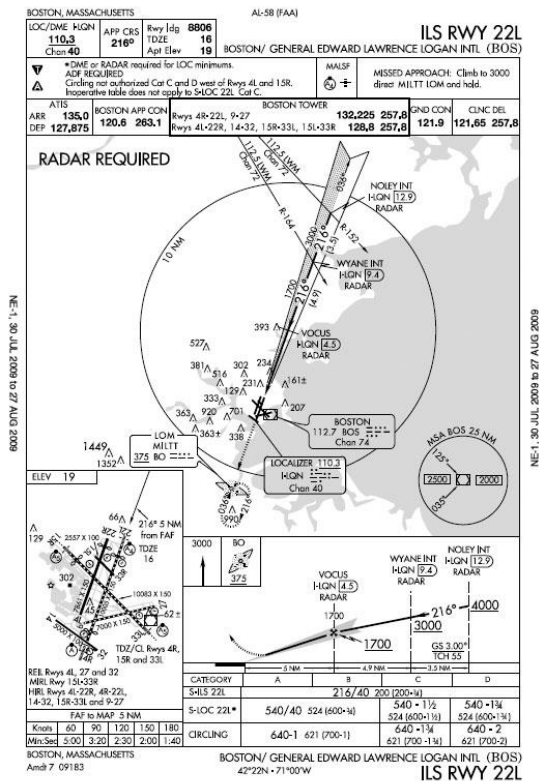


**Εικόνα 2.22:** Ένδειξη οργάνου πιλοτηρίου για τους ραδιοσημαντήρες

Σημειώνεται ότι η πορεία που θα πρέπει να ακολουθήσει ένα αεροσκάφος που επιλέγει μια προσέγγιση με τη καθοδήγηση του συστήματος ILS είναι

## Κεφάλαιο 2 - Θεωρητικό Υπόβαθρο

καταγεγραμμένη σε ειδικούς χάρτες οι οποίοι φέρουν την ένδειξη ILS και μετά το όνομα του εκάστοτε διαδρόμου.



Εικόνα 2.23: Χάρτης προσέγγισης ILS για το αεροδρόμιο της Βοστώνης

- Μικροκυματικό σύστημα προσγείωσης (MLS)

Το μικροκυματικό σύστημα προσγείωσης (Microwave Landing System - MLS) είναι ένα σύστημα καθοδήγησης προσγείωσης και εξυπηρετεί προσεγγίσεις ακριβείας όπως ακριβώς και το ILS. Ο σκοπός της δημιουργίας του ήταν να ξεπεράσει τα μειονεκτήματα του ILS και να παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία στους χρήστες. Το σύστημα του MLS παρέχει πληροφορίες θέσης του αεροσκάφους σε σχέση με το διάδρομο αλλά και πληροφορίες απόστασης από χαρακτηριστικά σημεία της διαδικασίας προσέγγισης. Αποτελείται από τον καθοδηγητή αζιμούθιου (Azimuth Transmitter - AZ), τον καθοδηγητή ανύψωσης (Elevation Transmitter - EL) και τον καθοδηγητή εμβέλειας (DME range finder - DME/P) επί του εδάφους ενώ επί του αεροσκάφους βρίσκονται εγκατεστημένα η κεραία MLS, ο επεξεργαστής σημάτων και το όργανο ενδείξεων του πιλοτηρίου.



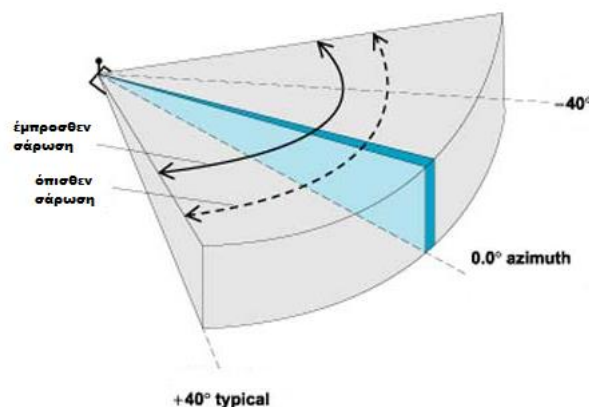


**Εικόνα 2.24:** Καθοδηγητής ανύψωσης (αριστερά) και καθοδηγητής αζιμούθιου (δεξιά) MLS στο αεροδρόμιο της Μελβούρνης

Ο καθοδηγητής αζιμούθιου και ο καθοδηγητής ανύψωσης παρέχουν 200 κανάλια παγκοσμίως, πλήθος που διευκολύνει την αποφυγή παρεμβολών από κοντινά αεροδρόμια και καθιστά δυνατή την εγκατάσταση του σε ανεπτυγμένες περιοχές με μεγάλους φόρτους όπου δεν θα συνίστατο η χρήση του ILS. Επιπλέον, οι κεραίες AZ και EL εκπέμπουν στις ίδιες συχνότητες, συγκεκριμένα στη ζώνη εξαιρετικά υψηλών συχνοτήτων (Super High Frequency - SHF) από 5031MHz έως 5090,7MHz, γεγονός που επιτρέπει την εγκατάσταση τους σε ανώμαλο έδαφος που δεν απαιτείται η εξομάλυνση του. Ο καθοδηγητής εμβέλειας ουσιαστικά συντονίζεται αυτόματα όταν επιλεγεί η αντίστοιχη συχνότητα των καθοδηγητών αζιμούθιου και ύψους και αποτελείται από ένα σταθμό DME/P ο οποίος εκπέμπει στην ίδια ζώνη συχνοτήτων με το DME πλοήγησης όμως η ακρίβεια του είναι μεγαλύτερη ώστε να συμβαδίζει με την ακρίβεια που παρέχει το σύστημα του MLS. Σημειώνεται ότι εκτός από τις πληροφορίες θέσης, μεταβιβάζονται μέσω του συστήματος πληροφορίες για την κατάσταση του διαδρόμου και του καιρού αλλά και κώδικας ταυτοποίησης Μορς.

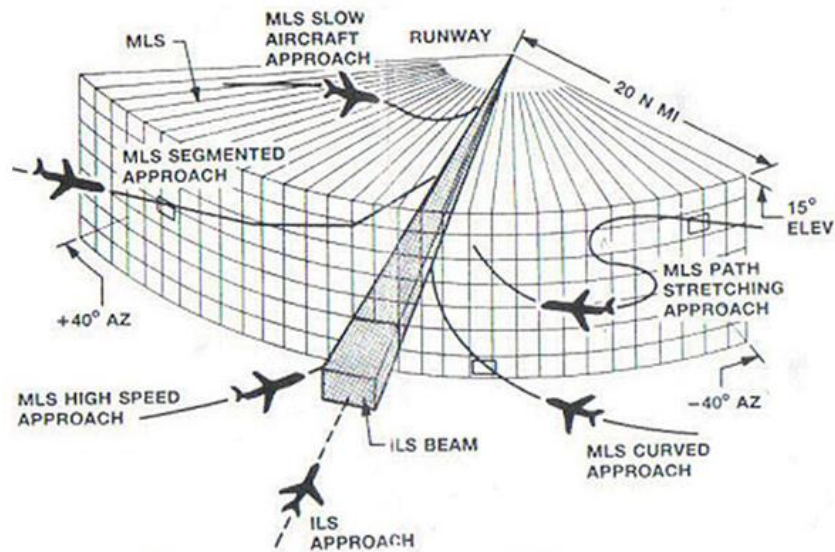
Η λειτουργία του MLS βασίζεται στη μέτρηση του χρονικού διαστήματος που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών παλμών. Οι κεραίες AZ και EL χρησιμοποιούν ακτίνες που σαρώνουν την αντίστοιχη περιοχή εμβέλειας οι οποίες ξεκινούν την σάρωση από το ένα άκρο και ταξιδεύουν με ομοιόμορφη ταχύτητα προς το άλλο. Στη συνέχεια, ξεκινάει η σάρωση προς τα πίσω, στη θέση από που ξεκίνησε. Το χρονικό διάστημα μεταξύ των παλμών που θα λάβει το αεροσκάφος σε κάθε μια από τις

παραπάνω σαρώσεις είναι ανάλογο της θέσης του αεροσκάφους σε σχέση με τον άξονα του διαδρόμου σε οριζόντιο επίπεδο αν πρόκειται για τη σάρωση AZ και ανάλογο με τη γωνιακή του θέση σε κατακόρυφο επίπεδο αν πρόκειται για τη σάρωση EL. Η εμβέλεια του αζιμούθιου είναι τουλάχιστον  $\pm 40^\circ$  από τον άξονα του διαδρόμου, η εμβέλεια της ανύψωσης κυμαίνεται από  $9^\circ$  έως  $20^\circ$  πάνω από το οριζόντιο επίπεδο του εδάφους και το σήμα διατηρεί την ισχύ του σε απόσταση 20NM έως 30NM από τη θέση της κεραίας. Η κεραία AZ εγκαθίσταται περίπου 1000ft από το τέλος του διαδρόμου και η κεραία EL τοποθετείται σε απόσταση 400ft από τον άξονα στη μια πλευρά, σε κυμαινόμενο σημείο μεταξύ του κατωφλιού και του σημείου προσεδάφισης. Σημειώνεται ότι το MLS προσφέρει και οπίσθια καθοδήγηση με εμβέλεια  $\pm 20^\circ$  από τον άξονα του διαδρόμου και έως  $15^\circ$  πάνω από το οριζόντιο επίπεδο, με την ισχύ του σήματος να διατηρείται μέχρι και τα 10NM. Αυτή η λειτουργία χρησιμοποιείται στην απογείωση, στην αποτυχημένη προσγείωση ή ακόμα σε περιπτώσεις υπέρβασης του τέλους του διαδρόμου κατά τη διαδικασία προσέγγισης (Overrun/Overshoot).



**Εικόνα 2.25:** Έμπροσθεν εμβέλεια καθοδηγητή αζιμούθιου

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα του MLS είναι ότι έχει τη δυνατότητα να καθοδηγήσει το αεροσκάφος για μια διαδικασία ακριβούς προσγείωσης όπου η διαδρομή της τελικής προσέγγισης δεν ταυτίζεται με τον ευθεία του άξονα του διαδρόμου. Με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται ο αριθμός των πιθανών προσεγγίσεων που μπορούν να πραγματοποιηθούν και έτσι τα αεροσκάφη μπορούν να επιλέξουν την προσέγγιση που τα διευκολύνει περισσότερο. Αποτέλεσμα αυτού είναι η καλύτερη αξιοποίηση του διαδρόμου και η μεγιστοποίηση της χρησιμότητας του.



Εικόνα 2.26: Σχηματική απεικόνιση προσέγγισης MLS

- Εδαφικό σύστημα φασματικής επαύξησης (GBAS)

Το Εδαφικό σύστημα φασματικής επαύξησης (Ground-Based Augmentation System - GBAS) είναι ένα σύστημα που αποσκοπεί στη βελτίωση της ακρίβειας, της ακεραιότητας, της συνοχής και της διαθεσιμότητας πληροφοριών του Παγκόσμιου Δορυφορικού Συστήματος Πλοήγησης (Global Navigation Satellite System). Το GBAS αποτελεί βοήθημα για την προσέγγιση και προσγείωση ακριβείας των αεροσκαφών στο αεροδρόμιο υποδοχής και αποτελεί βελτιωμένη εκδοχή του ILS. Η χρήση του GBAS είναι δυνατή κάτω από οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες.

Οι συντελεστές που συνθέτουν τη λειτουργία του GBAS είναι ένα υποσύστημα εδάφους, ένα υποσύστημα αεροσκάφους και το Παγκόσμιο Δορυφορικό Σύστημα. Το κύριο μέρος του υποσυστήματος αεροσκάφους είναι οι δέκτες (GBAS Receivers) οι οποίοι λαμβάνουν την επεξεργασμένη πληροφορία που εκπέμπεται από το έδαφος. Το υποσύστημα του εδάφους αποτελείται από τον Σταθμό αναφοράς εμβέλειας (Range Reference Station - RRS), τον Σταθμό μετάδοσης δεδομένων πολύ υψηλής συχνότητας (VHF Data Broadcast Station - VDB), τον Σταθμό παρακολούθησης ακεραιότητας (Integrity Monitoring Station - IMS) και τον Σταθμό επεξεργασίας (Processing Base Station - PBS).

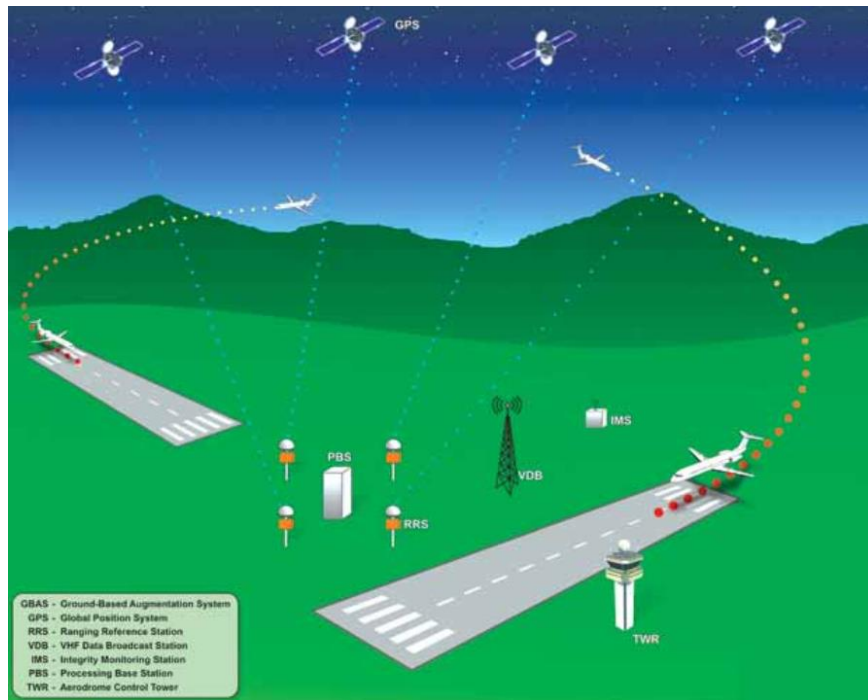




*Εικόνα 2.27: Σταθμός μετάδοσης δεδομένων πολύ υψηλής συχνότητας στο αεροδρόμιο του Σύνδεϋ*

Η λειτουργία του συστήματος οφείλεται στην ομαλή αλληλεπίδραση των συντελεστών του υποσυστήματος του εδάφους. Ο σταθμός RRS λαμβάνει τα σήματα από τους δορυφόρους και τις μεταφέρει στο σταθμό PBS. Ο σταθμός επεξεργασίας PBS επεξεργάζεται τα δεδομένα, υπολογίζει τα σφάλματα, ενσωματώνει στοιχεία από τη βάση δεδομένων του σχετικά με τις αποστάσεις για την τελική προσέγγιση και τις ατμοσφαιρικές επιπτώσεις στα σφάλματα και δημιουργεί το ψηφιακό μήνυμα που θα σταλεί στο αεροσκάφος μέσω του σταθμού VDB. Ο σταθμός VDB μεταδίδει την πληροφορία σε όλα τα αεροσκάφη που κινούνται εντός της εμβέλειας του. Τέλος, ο σταθμός IMS παρακολουθεί την κατάσταση λειτουργίας του συστήματος GBAS, καθώς και το περιεχόμενο των μηνυμάτων, τα σήματα του VDB και την ποιότητα του λαμβανόμενου σφάλματος. Επιπλέον, ο σταθμός IMS αποτρέπει την αποστολή μηνυμάτων που περιέχουν παραπλανητικές πληροφορίες στο αεροσκάφος.

Το σύστημα GBAS προορίζεται να υποστηρίξει όλους τους τύπους προσέγγισης, προσγείωσης, απογείωσης και επιφανειακών τερματικών λειτουργιών ή λειτουργιών διαδρομής και παρουσιάζει πολλαπλά οφέλη σε σύγκριση με τα άλλα συστήματα προσέγγισης ακριβείας. Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει έγκεινται στη μείωση των κρίσιμων και ευαίσθητων περιοχών, στην δυνατότητα καμπύλης πορείας προσέγγισης, στην εξυπηρέτηση πολλαπλών διαδρόμων στον ίδιο αερολιμένα, στην παροχή εναλλακτικών γωνιών καθόδου και τέλος στην καθοδήγηση αποτυχημένων προσεγγίσεων.



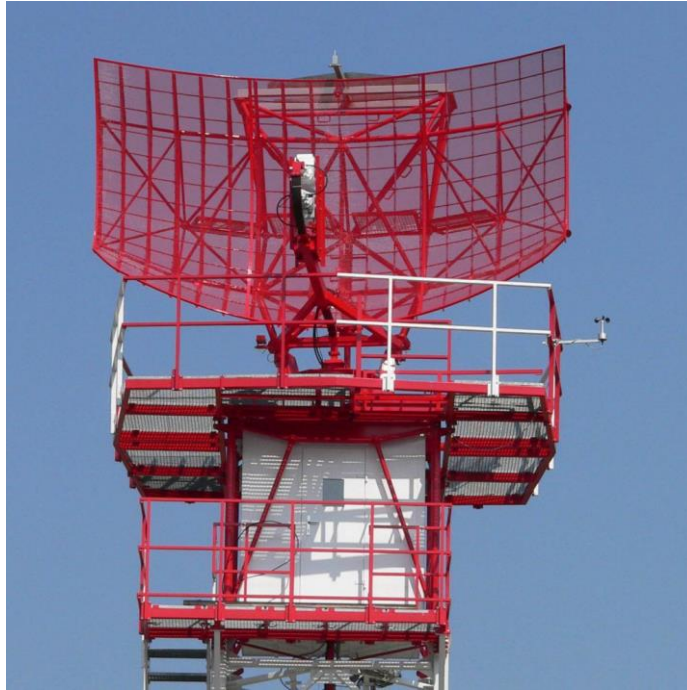
*Εικόνα 2.28: Σχηματική απεικόνιση λειτουργίας GBAS για ταυτόχρονη εξυπηρέτηση δύο διαδρόμων*

### γ) Συστήματα Επιτήρησης (Surveillance facilities)

Η επιτήρηση είναι η λειτουργία που δίνει την τρέχουσα θέση του αεροσκάφους, καθώς και πρόσθετες πληροφορίες, στον ελεγκτή εναέριας κυκλοφορίας και μπορεί να επιτευχθεί με δύο είδη αεροναυτιλιακών βοηθημάτων, το πρωτεύουν και το δευτερεύον ραντάρ επιτήρησης.

- Πρωτεύον ραντάρ επιτήρησης (PSR)

Το πρωτεύον ραντάρ επιτήρησης (Primary Surveillance Radar) είναι ένα συμβατικό σύστημα ραντάρ που χρησιμοποιείται στον έλεγχο εναέριας κυκλοφορίας και το οποίο μπορεί να εντοπίσει και να αναφέρει τη θέση οποιουδήποτε αντικειμένου κινείται εντός της εμβέλειας του και μπορεί να αντανακλάσει τα σήματα που μεταδίδει. Το πρωτεύον ραντάρ αποτελείται από μια περιστρεφόμενη κατευθυντική κεραία επί του εδάφους η οποία σαρώνει την περιοχή εμβέλειας της.



**Εικόνα 2.29:** Κεραία πρωτεύοντος ραντάρ PSR

Η κεραία PSR εκπέμπει παλμούς, οι οποίοι ανακλώνται από τα αντικείμενα που βρίσκονται εντός του χώρου εμβέλειας του και επιστρέφουν στην κεραία. Η διαδικασία αυτή παράγει την πληροφορία που απαιτείται για τον καθορισμό των πολικών συντεταγμένων σε σχέση με το σταθμό, δηλαδή της απόστασης και του αζιμούθιου. Η απόσταση από την κεραία υπολογίζεται μετρώντας το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ της εκπομπής και της λήψης του σήματος από την κεραία PSR, ενώ το αζιμούθιο προκύπτει από την αντίστοιχη γωνιακή θέση της κεραίας. Σε πολλές περιπτώσεις είναι δυνατός και ο υπολογισμός της ακτινικής ταχύτητας, αλλά απαιτείται η ύπαρξη ενός ή περισσότερων ραντάρ επιπλέον για να ληφθεί με ακρίβεια η πραγματική ταχύτητα του στόχου. Το ύψος του στόχου δεν είναι δυνατό να προσδιοριστεί από το PSR κι έτσι καθορίζεται είτε μέσω αναφοράς του πιλότου είτε, όπως πλέον επικρατεί μέσω του δευτερεύοντος ραντάρ SSR.

Ο τύπος εντοπισμού μέσω του PSR ονομάζεται ανεξάρτητος γιατί δεν απαιτεί τη συνεργασία του στόχου και ειδικότερα την ύπαρξη αεροναυτιλιακού εξοπλισμού στο αεροσκάφος. Εξαιτίας αυτού το PSR είναι σε θέση να εντοπίζει οποιοδήποτε στόχο αντανακλά τα σήματα του και να υπολογίσει τη θέση του αλλά δεν μπορεί να τον προσδιορίσει. Για αυτό το λόγο η χρήση του καθίσταται συμπληρωματική του συστήματος SSR το οποίο λαμβάνει πρόσθετες πληροφορίες από τον αναμεταδότη του αεροσκάφους.

Το πρωτεύον ραντάρ που χρησιμοποιείται για την επιτήρηση της κυκλοφορίας στον εναέριο χώρο της τερματικής περιοχής είναι γνωστό ως Airport Surveillance Radar (ASR) και εκείνο που χρησιμοποιείται για τον εν πτήσει εναέριο χώρο αναφέρεται ως Air Route Surveillance Radar (ARSR). Επιπλέον, ένας άλλος τύπος πρωτεύοντος ραντάρ, γνωστός ως Airport Surface Detection Equipment (ASDE) ή αλλιώς ραντάρ επιφάνειας (surface radar), χρησιμοποιείται για να επιτηρεί αεροσκάφη και άλλα οχήματα στην επιφάνεια του αεροδρομίου. Η χρήση του συγκεκριμένου βοηθήματος κατέχει σημαντικό ρόλο σε περιόδους χαμηλής ορατότητας, όπως στις νυχτερινές ώρες αλλά λόγω του κόστους του έχει εγκατασταθεί μόνο στα υπερφορτωμένα αεροδρόμια.

- Δευτερεύον ραντάρ επιτήρησης (SSR)

Το δευτερεύον ραντάρ επιτήρησης (Secondary Surveillance Radar - SSR) είναι ένα σύστημα ραντάρ που χρησιμοποιείται στον έλεγχο εναέριας κυκλοφορίας (ATC), το οποίο όχι μόνο εντοπίζει και μετρά τη θέση του αεροσκάφους, αλλά ζητά επιπλέον πληροφορίες από το ίδιο το αεροσκάφος, όπως η ταυτότητα και το υψόμετρο. Σε αντίθεση με τα πρωταρχικά συστήματα ραντάρ που μετρούν την θέση χρησιμοποιώντας τις αντανακλάσεις των ραδιοσημάτων, το SSR βασίζεται σε στόχους εξοπλισμένους με αναμεταδότη ραντάρ, ο οποίος απαντά σε κάθε σήμα ανάκρισης μεταδίδοντας μια απάντηση που περιέχει κωδικοποιημένα δεδομένα. Το SSR αποτελείται από έναν επίγειο ανακριτή/δέκτη και έναν αναμεταδότη που είναι εγκατεστημένος στο αεροσκάφος.



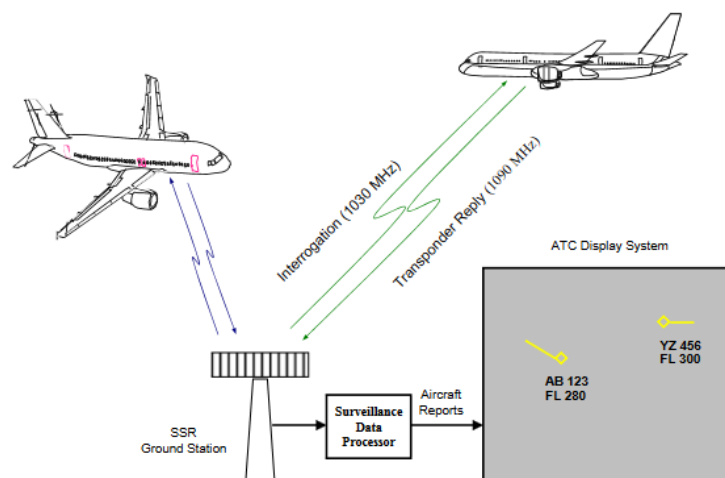
**Εικόνα 2.30:** Κεραία δευτερεύοντος ραντάρ SSR στο Νοϊμπράντενμπουργκ





Εικόνα 2.31: Όργανο πιλοτηρίου SSR

Η κεραία SSR είναι μια κατευθυντική περιστρεφόμενη κεραία στο έδαφος, η οποία εκπέμπει μήνυμα-ερώτηση στη συχνότητα των 1030MHz και προκαλεί αυτόματη απάντηση από ένα μεταδότη στο αεροσκάφος υπό μορφή ψηφιακού μηνύματος σε μία διαφορετική συχνότητα των 1090MHz. Οι πληροφορίες που εξάγονται από την απάντηση του αεροσκάφους δίνουν την απόσταση του από τον πομπό, το αζιμούθιο του σε σχέση με αυτόν και το υψόμετρο του. Το αεροσκάφος, έπειτα, εμφανίζεται τοποθετημένο στη θέση που έχει υπολογιστεί, ως εικονίδιο με ετικέτα στην οθόνη ραντάρ του ελεγκτή. Ένα αεροσκάφος χωρίς αναμεταδότη εξακολουθεί να επιτηρείται από το PSR, αλλά εμφανίζεται στον ελεγκτή χωρίς τα πλεονεκτήματα των δεδομένων που προέρχονται από το SSR. Σημειώνεται ότι είναι αναγκαίο να υπάρχει ένας αναμεταδότης προκειμένου ένα αεροσκάφος να πετάει σε ελεγχόμενο χώρο αέρα και πολλά αεροσκάφη έχουν έναν εφεδρικό αναμεταδότη για να εξασφαλίσουν ότι πληρείται αυτή η απαίτηση.



Εικόνα 2.32: Σχηματική απεικόνιση λειτουργίας ραντάρ SSR

Οι συχνότητες του SSR είναι καθορισμένες από τον ICAO και δίνουν την δυνατότητα εκπομπής και λήψης σημάτων με χρήση της ίδιας κεραίας, χωρίς μάλιστα εμπλοκή με το σύστημα PSR. Η επιτήρηση που βασίζεται σε SSR ονομάζεται συνεργατική (cooperative) γιατί απαιτεί το αεροσκάφος να διαθέτει ένα μεταδότη και έτσι, να έχει ενεργό ρόλο στην επικοινωνία με το έδαφος, σε αντίθεση με το PSR. Οι μεταδότες διακρίνονται σε τύπους (modes) ανάλογα με τη μορφή των μηνυμάτων απάντησης. Στην πράξη, χρησιμοποιούνται δύο τύποι, οι ModeC και ModeS.

Συνήθως η κεραία PSR και SSR είναι τοποθετημένες στον ίδιο μηχανισμό περιστροφής και η σχετική επεξεργασία πραγματοποιεί συνδυασμό του SSR με τα πρωταρχικά δεδομένα, δηλαδή το PSR παρέχει την ανίχνευση του αεροσκάφους και το SSR τις πληροφορίες σχετικά με το υψόμετρο και την ταυτότητα του. Το σύστημα αυτό ονομάζεται συνδυασμένο πρωτεύον και δευτερεύον ραντάρ (Combined Primary plus Secondary Radar) και με η επιλογή του σαν σύστημα έχει σημαντικά οφέλη αφού η κεραία SSR μπορεί να επιλύσει τις ασάφειες εντοπισμού που θα υπήρχαν με τη χρήση μόνο του PSR και αντίστροφα.



*Εικόνα 2.33: Συνδυασμένο πρωτεύον και δευτερεύον ραντάρ*

### **2.3 Περιορισμένες περιοχές (BRA)**

Για την ανεμπόδιστη λειτουργία των αεροναυτιλιακών βοηθημάτων που αναφέρθηκαν είναι απαραίτητη η τήρηση κάποιων ζωνών προστασίας έτσι ώστε να αποτρέπεται κάθε είδους παρεμβολή στα συστήματα CNS. Για αρκετό καιρό, τα διάφορα κράτη χρησιμοποιούσαν διαφορετικές ζώνες προστασίας για τις ίδιες εγκαταστάσεις CNS γεγονός που δημιουργούσε σύγχυση τόσο στους διαχειριστές των αεροδρομίων και στους σχεδιαστές και προγραμματιστές των ραδιοβοηθημάτων όσο και σε

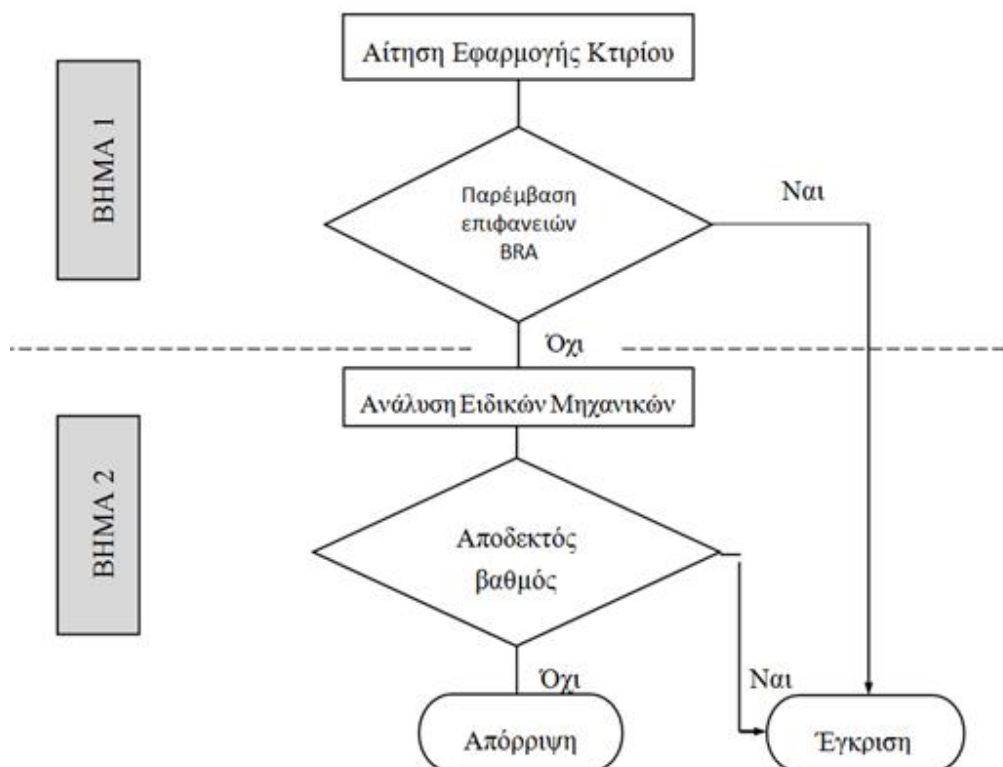
οποιονδήποτε ενδιαφερόταν για την ανάπτυξη και εκμετάλλευση των περιοχών πλησίον των εγκαταστάσεων αυτών. Για αυτό το λόγο ο ICAO εξέδωσε έναν οδηγό (*European guidance material on managing Building Restricted Areas - ICAO EUR DOC 015*) στον οποίο προτείνονται εναρμονισμένες ζώνες προστασίας για τις συνήθεις εγκαταστάσεις CNS. Ο οδηγός αυτός αποτελεί υλικό καθοδήγησης στη διαδικασία λήψης αποφάσεων για την ανέγερση νέων κτιρίων πλησίον της περιοχής εγκατάστασης αλλά και για την αξιολόγηση των ήδη υπαρχόντων έτσι ώστε να διαπιστωθεί αν επηρεάζεται η εμβέλεια ή η ποιότητα των σημάτων.

Οι ζώνες που αναπτύχθηκαν ονομάστηκαν Περιορισμένες Περιοχές Κατασκευών (Building Restricted Areas-BRA). Μια περιοχή BRA ορίζεται ως ένας όγκος γύρω από μια εγκατάσταση CNS εντός του οποίου η ύπαρξη κτιρίων μπορεί να προκαλέσει δυσμενείς επιπτώσεις στη λειτουργία και παρεμβολές στο σήμα που η εκάστοτε εγκατάσταση εκπέμπει. Για όλες τις εγκαταστάσεις CNS που έχουν ήδη αναφερθεί και αναγνωρίζονται από τον ICAO έχουν καθοριστεί BRA, οι οποίες δεν περιορίζονται στα πραγματικά όρια των εγκαταστάσεων αλλά εκτείνονται σε σημαντικές αποστάσεις από αυτές. Όπως φαίνεται από το όνομα που δόθηκε στις περιοχές αυτές, η ανάπτυξη του υλικού καθοδήγησης που τις συνοδεύει έγινε με γνώμονα τις κτιριακές υποδομές. Ωστόσο, οι κατευθυντήριες γραμμές που δίνονται ισχύουν εξίσου και για άλλα αντικείμενα, κινούμενα ή στάσιμα, προσωρινά ή μόνιμα που μπορούν να δημιουργήσουν παρεμβολές, όπως μηχανές, κατασκευές που χρησιμοποιούνται για ανέγερση κτιρίων, καθώς και ανασκαφές και χαλάσματα ή ακόμα και βλάστηση. Σημειώνεται επίσης ότι, κτίρια όπως ουρανοξύστες, μεγάλα έργα εκσκαφής, πολύ ψηλά κτίρια, συστοιχίες κτιρίων και πυλώνων μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας συνίσταται να αξιολογούνται με ιδιαίτερη προσοχή ακόμη και αν βρίσκονται εκτός της ζώνης BRA.

#### Διαδικασία αξιολόγησης των δραστηριοτήτων εντός BRA

Εντός του οδηγού αυτού προτείνεται μια προσέγγιση δύο σταδίων που διευκολύνει την διαδικασία λήψης αποφάσεων για το αν ένα κτίριο αποτελεί κίνδυνο για τη δημιουργία παρεμβολών ή όχι. Το πρώτο βήμα αποτελεί μια αρχική χρήσιμη αξιολόγηση η οποία εφαρμόζεται από τις κατάλληλες αρχές και το δεύτερο βήμα περιλαμβάνει μια διεξοδική ανάλυση πάνω σε οποιαδήποτε νέα πρόταση ανέγερσης ενός κτιρίου. Το πρώτο βήμα ξεκινάει με κάθε νέα αίτηση ανέγερσης νέου ή τροποποίησης ενός ήδη υπάρχοντος κτιρίου. Στη συνέχεια, εφαρμόζοντας μια μέθοδο

διαλογής η αρμόδια αρχή διαπιστώνει αν παραβιάζονται η όχι οι περιοχές BRA. Σε περίπτωση μη παραβίασης, η διαδικασία τερματίζεται και η αίτηση καταγράφεται ως εγκεκριμένη. Σε διαφορετική περίπτωση, προχωρώντας στο δεύτερο βήμα, η αίτηση παραδίδεται στους φορείς παροχής υπηρεσιών αεροναυτιλίας (Air Navigation service provider - ANSP) οι οποίοι ακολουθούν διεξοδική ανάλυση η οποία βασίζεται στην εμπειρία και την εξειδικευμένη γνώση των μηχανικών που αναλαμβάνουν το έργο. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης, μέσω προσομοίωσης και μοντελοποίησης, προσδιορίζουν αν τα επίπεδα παρεμβολής είναι αποδεκτά ή όχι. Αν είναι αποδεκτά, παρέχεται έγκριση της αίτησης. Αν όχι, ο αιτών ενημερώνεται για την απόρριψη της αίτησης του από την αρμόδια αρχή και μάλιστα, αν είναι επιθυμητό, ο ANSP δύναται να περιγράψει τους λόγους που οδήγησαν στην απόρριψη της. Σημειώνεται ότι σε περίπτωση που δεν μπορεί να δοθεί οριστική απάντηση, συνίσταται η τεχνική αρχή να προστατεύει την εγκατάσταση CNS αρνούμενη την εφαρμογή της αίτησης. Η απόρριψη της αίτησης δεν αποκλείει την εκ νέου υποβολή από τον αιτούντα μιας τροποποιημένης πρότασης η οποία στη συνέχεια επανεκτιμάται από την αρχή. Η περιγραφή της διαδικασίας δίνεται συνοπτικά στο παρακάτω διάγραμμα:



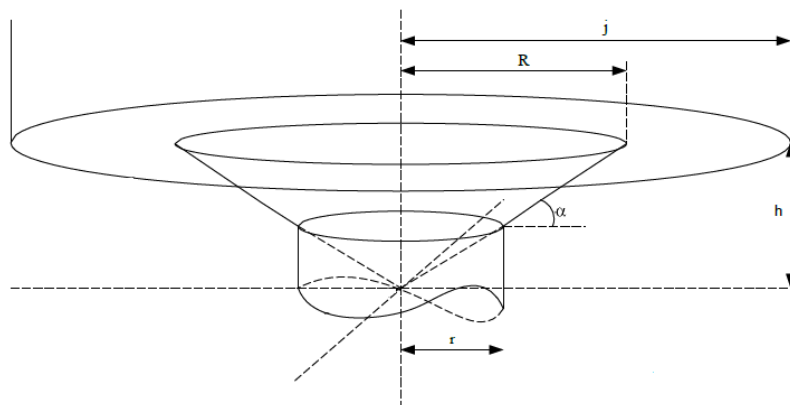
Εικόνα 2.34: Διάγραμμα διαδικασίας αξιολόγησης δραστηριοτήτων εντός BRA



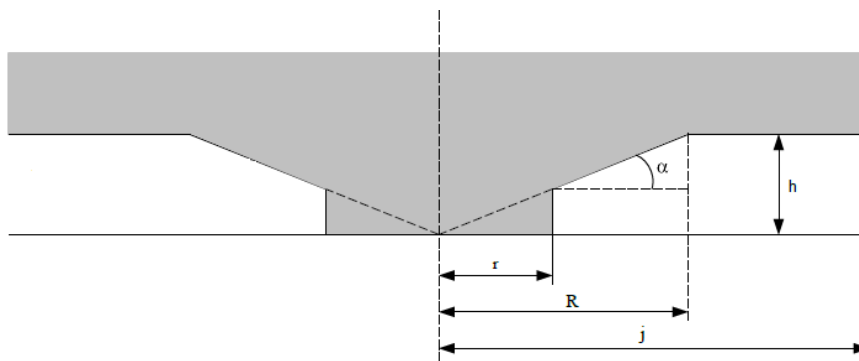
Για την σωστή λειτουργία των εγκαταστάσεων CNS, ο οδηγός του ICAO προτείνει για κάθε εγκατάσταση μια διαφορετική προστατευμένη επιφάνεια που ορίζεται από έναν όγκο συγκεκριμένης γεωμετρίας. Παρακάτω παρουσιάζονται οι περιοχές BRA για τους διάφορους τύπους ραδιοβοηθημάτων, χωρίζοντας τα σε κατευθυντικά και μη κατευθυντικά. Για τη διασφάλιση της σωστής ερμηνείας και της ορθής εφαρμογής των προτεινόμενων σχημάτων, συνίσταται να ενημερώνεται η αρμόδια τεχνική αρχή για κάθε νέο έργο που προτάσσεται.

### 2.3.1 Μη κατευθυντικά ραδιοβοηθήματα (Omni-directional facilities)

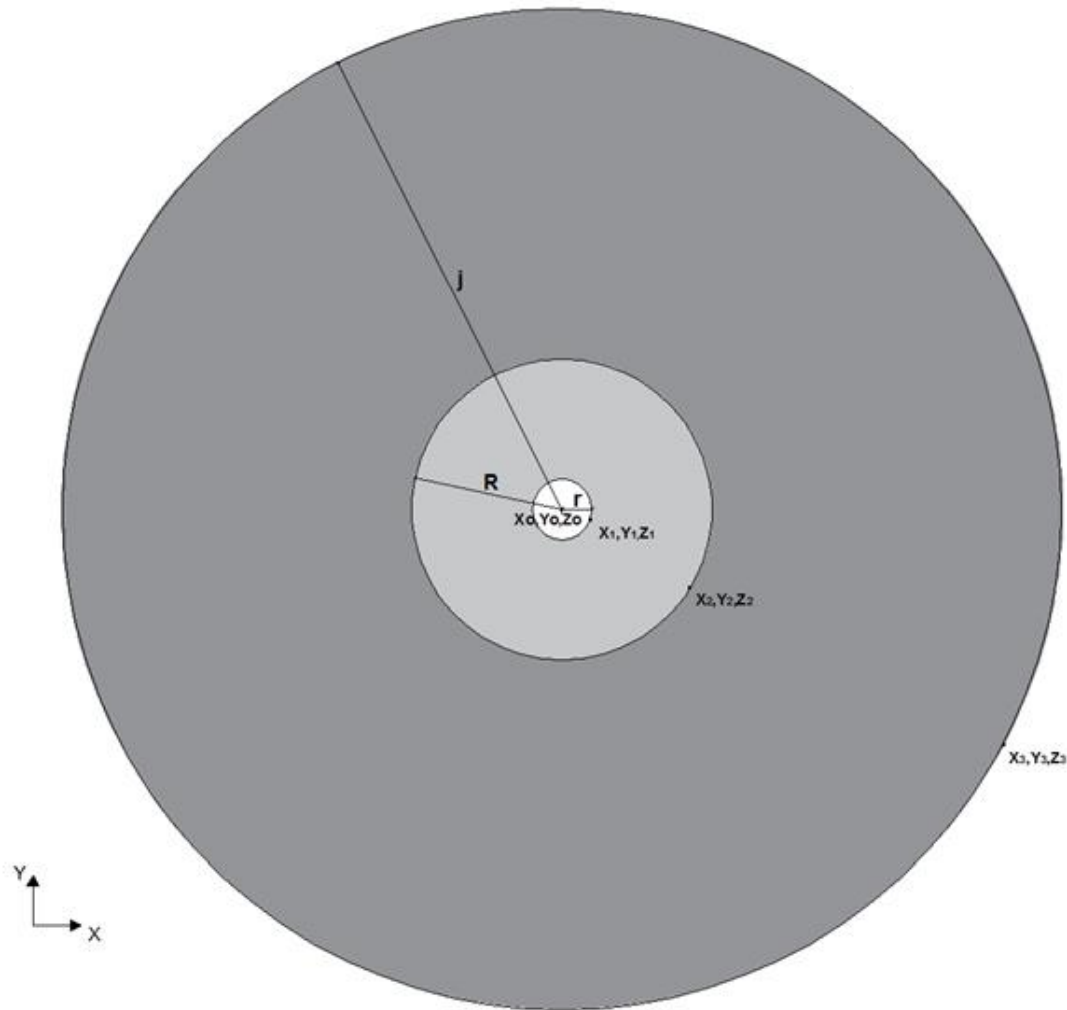
Τα ραδιοβοηθήματα αυτής της κατηγορίας αποτελούνται από μια μη κατευθυντική κεραία η οποία εκπέμπει ομοιόμορφα προς όλες τις κατευθύνσεις. Για αυτό το λόγο, το είδος της κεραίας αυτής χρησιμοποιείται ευρέως στις περιπτώσεις όπου τα σήματα δεν κατευθύνονται στην επιφάνεια της Γης. Η γενική μορφή της γεωμετρίας της περιορισμένης περιοχής στην περίπτωση των μη κατευθυντικών ραδιοβοηθημάτων φαίνεται στα παρακάτω σχήματα:



*Εικόνα 2.35: Τρισδιάστατη απεικόνιση περιορισμένης περιοχής για τα μη κατευθυντικά ραδιοβοηθήματα*



*Εικόνα 2.36: Τομή επιφάνειας περιορισμένης περιοχής για τα μη κατευθυντικά ραδιοβοηθήματα*



**Εικόνα 2.37:** Κάτοψη επιφάνειας περιορισμένης περιοχής για τα μη κατευθυντικά ραδιοβοηθήματα

Οι συντεταγμένες των χαρακτηριστικών σημείων, θεωρώντας ότι οι συντεταγμένες της βάσης της κεραίας επί του εδάφους είναι  $(X_0, Y_0, Z_0)$  φαίνονται παρακάτω:

$$(X_1, Y_1, Z_1) = (X_0 + r \cdot \cos\varphi, Y_0 + r \cdot \sin\varphi, Z_0 + r \cdot \tan\alpha)$$

$$(X_2, Y_2, Z_2) = (X_0 + R \cdot \cos\varphi, Y_0 + R \cdot \sin\varphi, Z_0 + h)$$

$$(X_3, Y_3, Z_3) = (X_0 + j \cdot \cos\varphi, Y_0 + j \cdot \sin\varphi, Z_0 + h)$$

$$\text{όπου } 0^\circ \leq \varphi \leq 360^\circ$$

Οι παρακάτω πίνακες παρουσιάζουν τις τιμές που λαμβάνουν οι παράμετροι για κάθε κατηγορία αλλά και είδος ραδιοβοηθήματος, σύμφωνα με τον ICAO.

**Πίνακας 2.1:** Παράμετροι μη κατευθυντικών συστημάτων επικοινωνιών

Τύπος	Γωνία, $\alpha$ (°)	Ακτίνα κυλίνδρου, r (m)	Ακτίνα κώνου, R (m)	Αρχή του κώνου
VHF Tx	1.00	300	2000	Βάση της κεραίας επί του εδάφους
VHF Rx	1.00	300	2000	Βάση της κεραίας επί του εδάφους

- \* Η Υπηρεσία αυτόματης εκπομπής πληροφοριών τερματικής περιοχής (Automatic Terminal Information Service - ATIS), η Υπηρεσία αυτόματης εξαρτημένης επιτήρησης (Automatic Dependent Surveillance/Broadcast - ADS/ADS-B) και οι Σταθμοί ψηφιακή ζεύξης πολύ υψηλής συχνότητας (VHF digital link ground stations - VDL ground stations) θεωρείται ότι προστατεύονται εντός των περιορισμένων περιοχών BRA των συστημάτων επικοινωνίας.
- \* Κάποια συστήματα επικοινωνίας ενδεχομένως να χρησιμοποιούν κατευθυντικές κεραίες. Παρόλα αυτά, προτείνεται η ζώνη προστασίας τους να λαμβάνεται σύμφωνα με τα παραπάνω σχήματα.

**Πίνακας 2.2:** Παράμετροι μη κατευθυντικών συστημάτων επιτήρησης

Τύπος	Γωνία, $\alpha$ (°)	Ακτίνα κυλίνδρου, r (m)	Ακτίνα κώνου, R (m)	Αρχή του κώνου
PSR	0.25	500	15000	Βάση της κεραίας επί του εδάφους
SSR	0.25	500	15000	Βάση της κεραίας επί του εδάφους

**Πίνακας 2.3:** Παράμετροι μη κατευθυντικών συστημάτων πλοήγησης

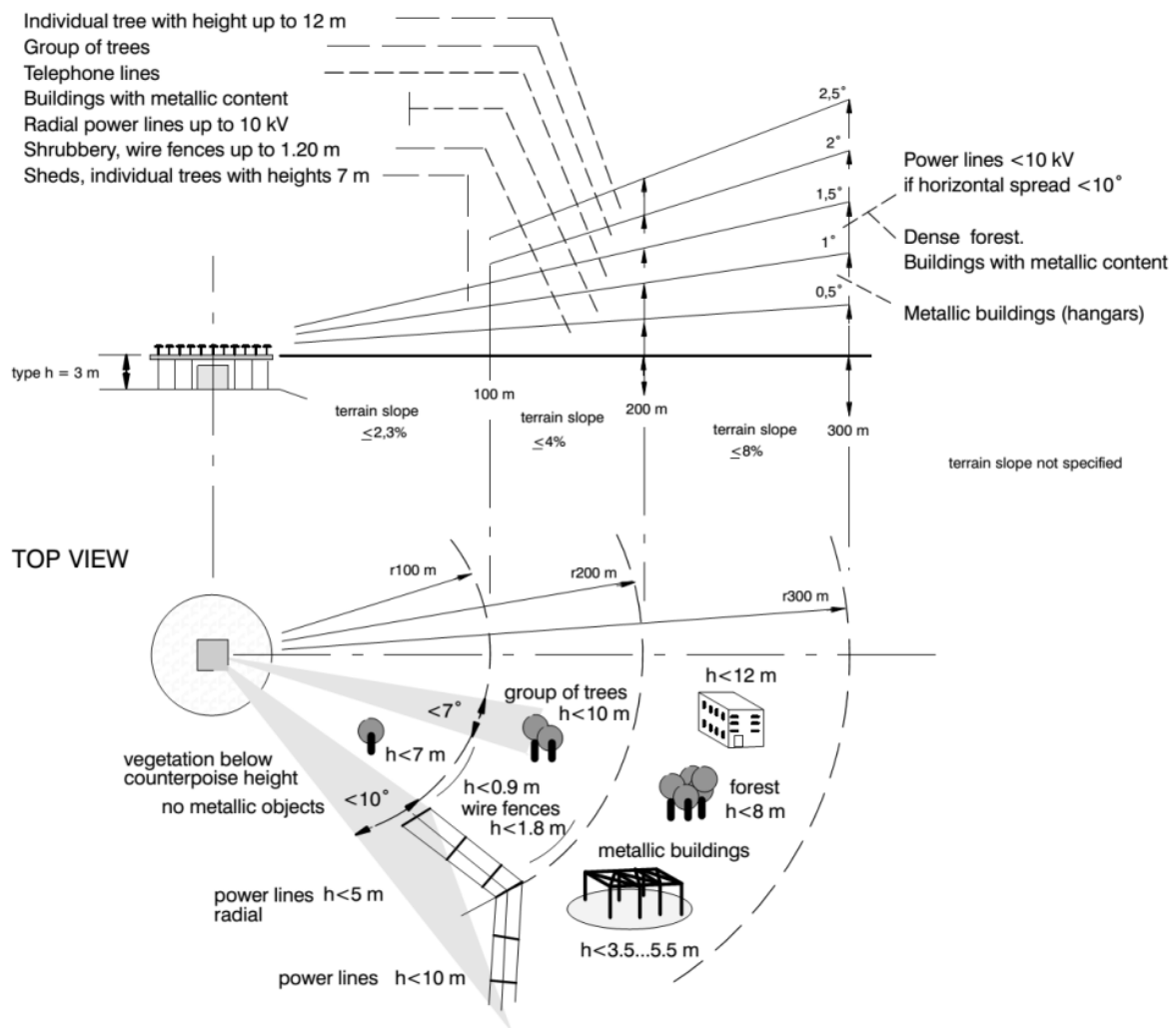
Τύπος	Ακτίνα κυλίνδρου, r (m)	Γωνία, $\alpha$ (°)	Ακτίνα κώνου, R (m)	Ακτίνα κυλίνδρου, j (Ανεμογεννήτριες) (m)	Υψος κυλίνδρου j, h (m)	Αρχή του κώνου
DME N	300	1.0	3000	N/A	N/A	Βάση της κεραίας επί του εδάφους
CVOR	600	1.0	3000	15000	52	Κέντρο της κεραίας επί του εδάφους
DVOR	600	1.0	3000	10000	52	Κέντρο της κεραίας επί του εδάφους
Directional Finder (DF)	500	1.0	3000	10000	52	Βάση της κεραίας επί του εδάφους
Markers	50	20.0	200	N/A	N/A	Βάση της κεραίας επί του εδάφους
NDB	200	5.0	1000	N/A	N/A	Βάση της κεραίας επί του εδάφους
GBAS ground Reference receiver	400	3.0	3000	N/A	N/A	Βάση της κεραίας επί του εδάφους
GBAS VDB station	300	0.9	3000	N/A	N/A	Βάση της κεραίας επί του εδάφους
VDB station Monitoring station	400	3.0	3000	N/A	N/A	Βάση της κεραίας επί του εδάφους

\* Τα ύψη και οι επιφάνειες που αφορούν τις ανεμογεννήτριες μετρώνται από την άκρη του πτερυγίου της όταν είναι κάθετη.

Παραπάνω, είναι προφανές ότι γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στην περίπτωση των αερολιμνικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (ΑΣΠΗΕ) και αυτό διότι αποτελούν τα πλέον δυναμικά εμπόδια και ειδικότερα στο περιβάλλον των συστημάτων διαδρομής (enroute). Ο αριθμός των ανεμογεννητριών που κάθε φορά είναι σε λειτουργία, η ταχύτητα περιστροφής της κάθε ανεμογεννήτριας, ο προσανατολισμός και η κλίση των πτερυγίων της είναι παράμετροι οι οποίες μεταβάλλονται συνεχώς. Στο παρελθόν οι ΑΣΠΗΕ φαίνεται να μην επηρέαζαν σε σημαντικό βαθμό τη λειτουργία των βοηθημάτων όμως σήμερα, λόγω της αύξησης του μεγέθους των ανεμογεννητριών, της αύξησης του αριθμού τους ανά ΑΣΠΗΕ και τη γενικότερη αύξηση των ΑΣΠΗΕ που βρίσκονται σε γειτονικά σημεία των θέσεων

εγκατάστασης, ειδικότερα των EN/VORs, αποδεικνύεται ο έντονος επηρεασμός στη λειτουργία τους.

Συμπληρωματικές απαιτήσεις που αφορούν τη διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου προτείνονται από τον ICAO για τα βοηθήματα VOR (CVOR/DVOR). Οι περιορισμοί που τίθενται αφορούν τον κύλινδρο ακτίνας  $r$ , δηλαδή τον περιβάλλοντα χώρο σε ακτίνα 300 μ. από την κεραία του ραδιοβοηθήματος, αναφέρονται στην περίπτωση παρεμβολών λόγω πλευρικής και κατακόρυφης πολυδιαδρομής και δίνουν πληροφορίες σχετικές με τα αντικείμενα που μπορεί να είναι ανεκτά εντός των περιορισμένων περιοχών BRA. Σημειώνεται ότι σε κάθε περίπτωση, όπως έχει ήδη αναφερθεί, γίνεται ειδική μελέτη και έρευνα.

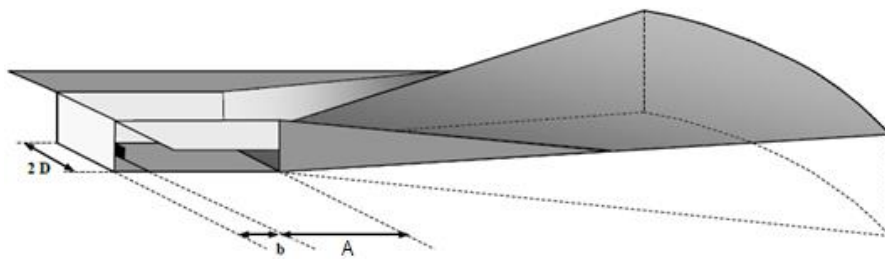


Εικόνα 2.38: Σχηματική απεικόνιση των απαιτήσεων του ICAO για τα ραδιοβοηθήματα πλοήγησης DVOR

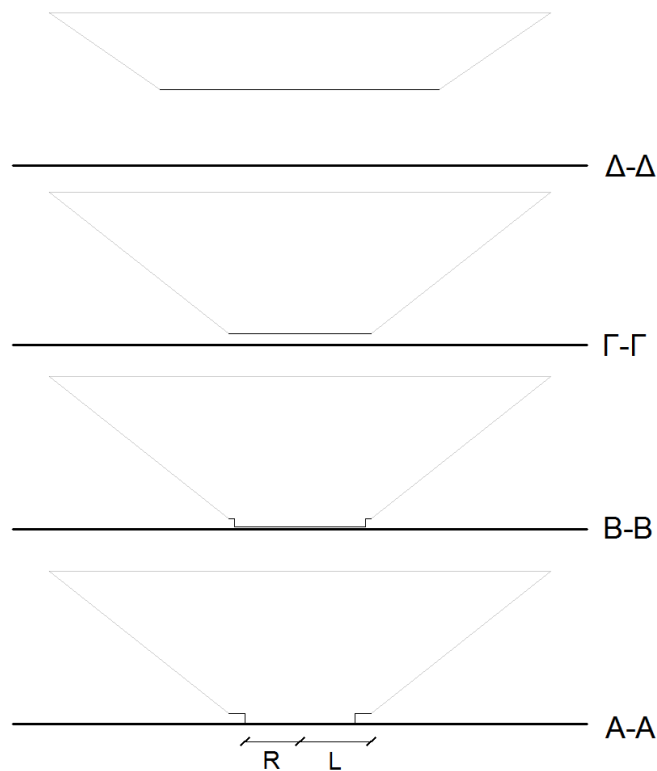


### 2.3.2 Κατευθυντικά ραδιοβοηθήματα (Directional facilities)

Τα ραδιοβοηθήματα αυτής της κατηγορίας αποτελούνται από μια κατευθυντική κεραία η οποία εκπέμπει ή λαμβάνει σήματα σε συγκεκριμένες κατευθύνσεις που διασφαλίζουν αυξημένη απόδοση και μειωμένη παρεμβολή από ανεπιθύμητες ενέργειες. Οι κατευθυντικές κεραίες παρέχουν αυξημένη απόδοση σε σχέση με τις μη κατευθυντικές κεραίες όταν είναι επιθυμητή μεγαλύτερη συγκέντρωση ακτινοβολίας σε μια ορισμένη κατεύθυνση. Η γενική μορφή της γεωμετρίας της περιορισμένης περιοχής στην περίπτωση των κατευθυντικών ραδιοβοηθημάτων φαίνεται στα παρακάτω σχήματα:



*Εικόνα 2.40: Τρισδιάστατη απεικόνιση περιορισμένης περιοχής για τα κατευθυντικά ραδιοβοηθήματα*



*Εικόνα 2.41: Τομή επιφάνειας περιορισμένης περιοχής για τα κατευθυντικά ραδιοβοηθήματα*





Οι συντεταγμένες των χαρακτηριστικών σημείων, θεωρώντας ότι οι συντεταγμένες της βάσης της κεραίας επί του εδάφους είναι  $(X_0, Y_0, Z_0)$  φαίνονται παρακάτω:

$$(X_1, Y_1, Z_1) = (X_0 - b, Y_0 + L, Z_0 + H)$$

$$(X_2, Y_2, Z_2) = (X_0 - b, Y_0 + D, Z_0 + H)$$

$$(X_3, Y_3, Z_3) = \left( X_0 + A + \frac{L-D}{\tan\varphi}, Y_0 + L, Z_0 + H \right)$$

$$(X_4, Y_4, Z_4) = (X_0 + A, Y_0 + D, Z_0 + H)$$

$$(X_5, Y_5, Z_5) = (X_0 + A + x, Y_0 + D + y, Z_0 + h), \text{ όπου}$$

$$x = \frac{-2*\tan\varphi*(D-A*\tan\varphi) + \left( -4*(1+\tan^2\varphi)*(D-A*\tan\varphi)^2 - r^2 + (2*\tan\varphi*(D-A*\tan\varphi))^2 \right)^{1/2}}{2*(1+\tan^2\varphi)}$$

$$y = x*\tan\varphi + (D - A*\tan\varphi)$$

$$(X_6, Y_6, Z_6) = (X_0 + r, Y_0, Z_0 + h)$$

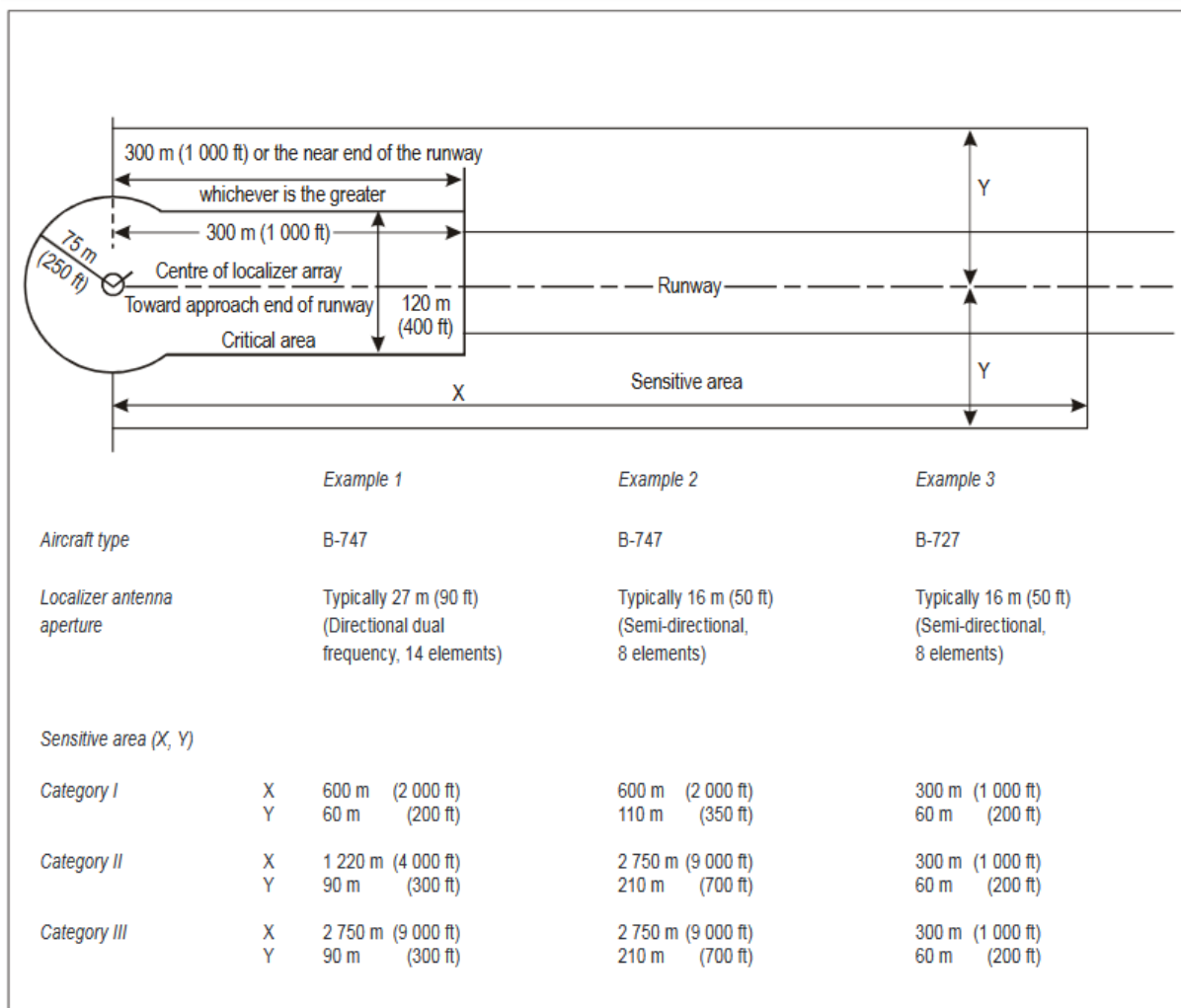
Οι παρακάτω πίνακες παρουσιάζουν τις τιμές που λαμβάνουν οι παράμετροι για κάθε είδος ραδιοβοηθήματος με κατευθυντική κεραία, σύμφωνα με τον ICAO.

**Πίνακας 2.4:** Παράμετροι κατευθυντικών συστημάτων πλοήγησης

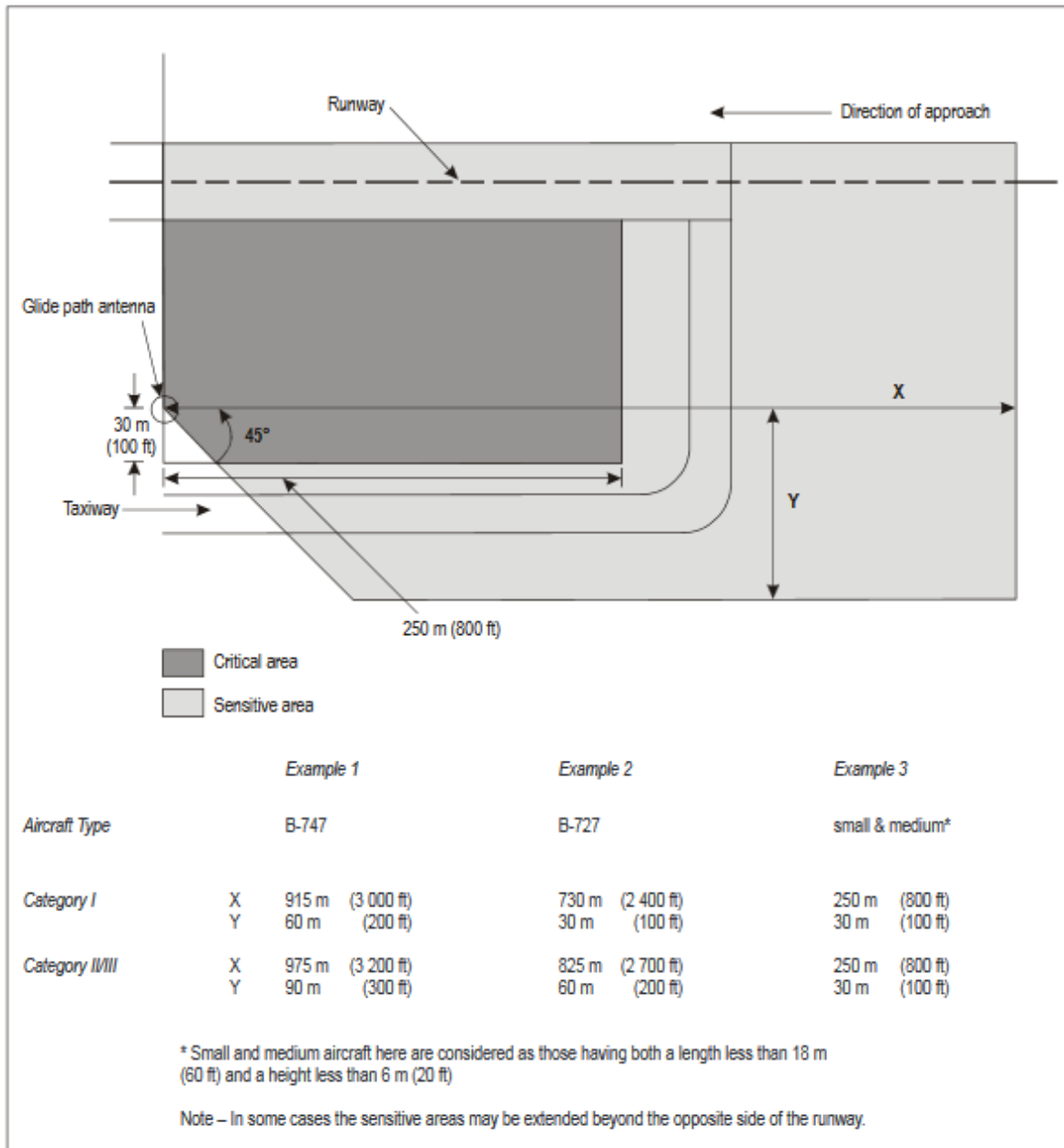
Τύπος	A (m)	b (m)	h (m)	r (m)	D (m)	H (m)	L (m)	φ (°)
ILS LLZ (μονή συχνότητα)	Κατώφλι	500.0	70	A + 6000	500	10	2300	30
ILS LLZ (διπλή συχνότητα)	Κατώφλι	500.0	70	A + 6000	500	20	1500	20
ILS GP M-Type (διπλή συχνότητα)	800	50.0	70	6000	250	5	325	10
MLS AZ	Κατώφλι	20.0	70	A + 6000	600	20	1500	40
MLS EL	300	20.0	70	6000	200	20	1500	40
DME	Κατώφλι	20.0	70	A + 6000	600	20	1500	40

- \* Οι αποστάσεις A, b μετρώνται από τη βάση της κεραίας και κινούνται παράλληλα με το έδαφος.
- \* Η ακτίνα μετράται στο οριζόντιο επίπεδο από τη βάση της κεραίας.
- \* Η γωνία φ μετράται στο οριζόντιο επίπεδο.

Συμπληρωματικές απαιτήσεις δίνονται από τον ICAO για το ILS οι οποίες ορίζουν περιοχές που ονομάζονται κρίσιμες ή ευαίσθητες. Οι κρίσιμες περιοχές είναι εκείνες όπου η παρουσία ενός οχήματος ή ενός αεροσκάφους που ταξιδεύει μπορεί να επηρεάσει τα σήματα ILS. Οι απεικονιζόμενες στο παρακάτω σχήμα περιοχές είναι θεωρητικές και πιθανόν να διαφέρουν ανάλογα με την εκάστοτε θέση εγκατάστασης. Οι πραγματικές κρίσιμες περιοχές μπορούν να οριστούν μόνο μέσω πειραμάτων και έρευνας. Ο περιορισμός που τίθεται απαγορεύει την κίνηση οποιουδήποτε οχήματος ή αεροσκάφους εντός των κρίσιμων περιοχών όταν το αεροσκάφος που προσεγγίζει το διάδρομο έχει περάσει το σημείο τελικής προσέγγισης - FAF.



Εικόνα 2.43: Σχηματική απεικόνιση των κρίσιμων/ευαίσθητων περιοχών του Localizer όπως υποδεικνύεται από τον ICAO



Εικόνα 2.44: Σχηματική απεικόνιση των κρίσιμων/ευαίσθητων περιοχών του Glide Path όπως υποδεικνύεται από τον ICAO

## 2.4 Πιστοποίηση Συστημάτων CNS

Η ακρίβεια των πληροφοριών που προσφέρει κάθε ραδιοβοήθημα, πρέπει ανά καθορισμένα χρονικά διαστήματα να πιστοποιείται, προκειμένου αυτό να διατηρείται σε επιχειρησιακή εκμετάλλευση και να τηρούνται οι απαιτήσεις ακριβείας του που έχουν αναφερθεί παραπάνω. Η εν λόγω πιστοποίηση λαμβάνεται μετά τη διεξαγωγή από εδάφους ή/και από αέρα ελέγχου των επιχειρησιακών παραμέτρων του συστήματος. Ο έλεγχος είναι περιοδικός με περιοδικότητα ανάλογη με τον τύπο του

βοηθήματος (ανά 4μηνο, 8μηνο, 12μηνο) η οποία αν δεν τηρηθεί, με βάση τους κανονισμούς, αυτά τίθενται εκτός επιχειρησιακής εκμετάλλευσης, προκαλώντας αντίστοιχες επιπτώσεις στην εναέρια κυκλοφορία.

#### **2.4.1 Έλεγχος επιχειρησιακών παραμέτρων στο έδαφος**

Ο Από Εδάφους Έλεγχος (ΑΕΕ) των λειτουργικών παραμέτρων του συστήματος, έχει ως σκοπό την πιστοποίηση της καλής λειτουργίας του στο έδαφος. Ο έλεγχος αυτός πραγματοποιείται με μετρήσεις συγκεκριμένων λειτουργικών παραμέτρων του συστήματος, οι οποίες θα πρέπει να βρίσκονται εντός συγκεκριμένων ανοχών. Οι λειτουργικές παράμετροι που ελέγχονται, καθώς και οι ανοχές τους, όπως επίσης και η περιοδικότητα ελέγχου της κάθε παραμέτρου καθορίζονται από διεθνείς οδηγίες ("Manual on Testing of Radio Navigation Aids", ICAO). Κατά τη διάρκεια των ΑΕΕ, τα δεδομένα της συμπεριφοράς του συστήματος, προκύπτουν από μετρήσεις των τιμών των λειτουργικών παραμέτρων του που λαμβάνονται μέσω διαγνωστικών εργαλείων του συστήματος και από μετρήσεις που λαμβάνονται από το εγγύς περιβάλλον του. Κατά συνέπεια, οι παραπάνω έλεγχοι δεν αποτελούν παρά σχετική ένδειξη της ποιότητας και πιστότητας των εκπεμπόμενων, προς χρήση των αεροναυτιλομένων, πληροφοριών. Σε καμία περίπτωση δεν είναι δυνατόν να υπάρχει εικόνα για τη συμπεριφορά των συστημάτων σε μεγάλες αποστάσεις, επιβάλλοντας την ανάγκη διεξαγωγής και ελέγχων από αέρα.

#### **2.4.2 Έλεγχος επιχειρησιακών παραμέτρων από αέρα**

Ο Από Αέρος Έλεγχος (ΑΑΕ) των επιχειρησιακών παραμέτρων του συστήματος γίνεται προκειμένου να μελετηθεί η συμπεριφορά του συστήματος σε μεγάλες αποστάσεις. Ο ΑΑΕ διενεργείται από πλήρωμα χειριστών και ιπτάμενων επιθεωρητών που επιβαίνουν σε κατάλληλα εξοπλισμένο αεροπλάνο, πιστοποιημένο από την Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας, σε συνεργασία με πλήρωμα εδάφους που βρίσκεται στο προς έλεγχο σύστημα. Κατά τη διάρκεια διεξαγωγής του ΑΑΕ, καταγράφονται συγκεκριμένες επιχειρησιακές παράμετροι του συστήματος, οι οποίες κατόπιν αξιολογούνται και εφόσον βρίσκονται εντός αυστηρά οριζόμενων ορίων, πιστοποιείται η επιχειρησιακή του ικανότητα του.

### **2.5 Βοηθήματα στον Ελλαδικό χώρο**

Οι πίνακες που παρατίθενται παρουσιάζουν τα βοηθήματα που εντοπίζονται στον Ελλαδικό χώρο και χρησιμοποιούνται από την πολιτική αεροπορία.

Πίνακας 2.5: Συστήματα Conventional VOR (C-VOR) στον ελλαδικό χώρο

A/A	Όνομασία	Τοποθεσία	Χαρακτηριστικό	Συντεταγμένες (WGS 84)	
1	ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗ	ΚΑΑΛΔ	ALX	40 51 14,17N	25 57 24,24E
2	ΑΡΑΞΟΣ	ΡΑΞ	ARA	38 06 35,01N	21 25 30,40E
3	ΓΡΕΒΕΝΑ	ΓΡΕΒΕΝΑ	GRV	39 54 35,40N	21 27 41,16E
4	ΔΙΔΥΜΟ	ΡΔΙ	DDM	37 28 39,61N	23 13 01,81E
5	ΖΑΚΥΝΘΟΣ	ΚΑΖΑΣ	ΖΑΚ	37 44 45,09N	20 53 05,35E
6	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	ΚΑΘΜ	MKR	40 31 07,41N	22 58 11,28E
7	ΚΑΒΑΛΑ	ΚΑΚΒΑ	KPL	40 54 45,59N	24 36 53,14E
8	ΚΑΛΑΜΑΤΑ	ΚΑΚΛ	KAM	37 03 59,16N	22 01 26,06E
9	ΚΑΣΤΟΡΙΑ	ΚΑΚΤΑ	KAS	40 27 03,68N	21 16 31,15E
10	ΚΕΡΚΥΡΑ - ΛΕΥΚΙΜΗ	ΚΕΡΚΥΡΑ	KRK	39 26 37,89N	20 04 21,99E
11	ΚΟΖΑΝΗ	ΚΑΚΖΦ	KOZ	40 17 06,48N	21 50 25,60E
12	ΚΩΣ	ΚΑΚΩΙ	KOS	36 47 26,22N	27 05 28,63E
13	ΛΕΣΒΟΣ	ΛΕΣΒΟΣ	LSV	39 13 52,68N	26 25 31,16E
14	ΛΗΜΝΟΣ	ΚΑΛΜΗ	LMO	39 55 10,34N	25 14 13,88E
15	ΜΗΛΟΣ	ΜΗΛΟΣ	MIL	36 44 51,06N	24 31 10,02E
16	ΜΥΚΟΝΟΣ	ΚΑΜΚ	MKN	37 26 24,93N	25 20 40,26E
17	ΝΕΑ ΑΓΧΙΑΛΟΣ	ΚΑΝΑ	AGH	39 12 58,40N	22 47 30,93E
18	ΠΑΛΛΙΟΧΩΡΑ	ΡΠΛ	PLH	35 13 39,49N	23 40 51,04E
19	ΠΡΕΒΕΖΑ - ΑΚΤΙΟ	ΚΑΑΚ	AKT	38 55 33,29N	20 45 43,84E
20	ΡΟΔΟΣ - ΠΑΡΑΔΕΙΣΙ	ΚΑΡΔ	PAR	36 23 58,24N	28 03 53,43E
21	ΡΟΔΟΣ	ΡΟΔΟΣ	RDS	36 20 23,48N	28 04 55,51E
22	ΣΑΜΟΣ	ΚΑΣΜΑ	SAM	37 41 11,85N	26 54 25,48E
23	ΣΗΤΕΙΑ	ΔΑΣΤ	SHT	35 13 07,00N	26 06 24,30E
24	ΤΑΝΑΓΡΑ	114ΠΜ	TGG	38 20 17,00N	23 33 29,96E
25	ΤΡΙΠΟΛΗ	ΡΤΡ	TRL	37 24 13,55N	22 20 25,01E
26	ΦΙΣΚΑ	ΚΙΑΚΙΣ	FSK	41 05 55,37N	22 59 29,36E
27	ΧΙΟΣ	ΚΑΧΙΟ	HOS	38 20 58,16N	26 08 33,75E
28	ΧΙΟΣ - ΜΕΣΤΑ	ΧΙΟΣ	MES	38 15 06,25N	25 54 20,68E

Πίνακας 2.6: Συστήματα Doppler VOR (D-VOR) στον ελλαδικό χώρο

A/A	Όνομασία	Τοποθεσία	Χαρακτηριστικό	Συντεταγμένες (WGS 84)	
1	ΑΘΗΝΑ	ΑΤΤΙΚΗ	ATV	37 53 19,24N	23 48 16,19E
2	ΑΘΗΝΑ ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΣ	ΔΑΑ	SAT	37 55 00,00N	23 54 51,00E
3	ΑΘΗΝΑ ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΣ	ΔΑΑ	SPA	37 55 04,00N	23 56 16,00E
4	ΗΡΑΚΛΕΙΟ	ΚΑΗΚ	IRA	35 20 26,68N	25 11 06,52E
5	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	TSL	40 27 24,51N	22 59 27,81E
6	ΙΩΑΝΝΙΝΑ	ΚΑΙΩΠ	YNN	39 42 00,12N	20 49 16,74E
7	ΙΩΑΝΝΙΝΑ ΜΙΤΣΙΚΕΛΙ	ΙΩΑΝΝΙΝΑ	IWA	39 42 57,55N	20 53 50,89E
8	ΚΑΡΠΑΘΟΣ	ΚΑΚΠ	KPC	35 25 18,55N	27 08 48,86E
9	ΚΑΡΥΣΤΟΣ	ΕΥΒΟΙΑ	KRO	37 59 38,90N	24 29 41,67E
10	ΚΕΑ	ΚΕΑ	KEA	37 33 25,91N	24 17 52,20E
11	ΚΕΡΚΥΡΑ	ΚΑΚΚ	GAR	39 36 23,08N	19 54 33,90E
12	ΚΕΦΑΛΟΝΙΑ	ΚΑΚΦ	KFN	38 06 46,63N	20 30 16,86E
13	ΚΥΘΗΡΑ	ΚΑΚΘ	KTH	36 16 36,74N	23 01 00,64E
14	ΜΥΤΙΛΗΝΗ	ΚΑΜΤΕ	MLN	39 03 26,67N	26 36 01,96E
15	ΣΑΝΤΟΡΙΝΗ	ΚΑΣΡ	SNI	36 23 41,57N	25 28 57,36E
16	ΣΗΤΕΙΑ	ΛΑΣΗΘΙ	SIT	35 04 06,32N	26 11 20,63E
17	ΣΚΟΠΕΛΟΣ	ΡΕΚ	SKP	39 10 50,31N	23 36 57,35E
18	ΣΚΥΡΟΣ	ΚΑΣΥ	SKS	38 58 38,56N	24 29 24,43E
19	ΧΑΝΙΑ	ΚΑΧΝΔ	SUD	35 31 22,90N	24 10 29,83E

Πίνακας 2.7: Συστήματα NDB στον ελληνικό χώρο

A/A	Όνομασία	Τοποθεσία	Χαρακτηριστικό	Συντεταγμένες (WGS 84)
1	ΑΙΓΙΝΑ	ΑΤΤΙΚΗ	EGN	37 45 55,00N 23 25 28,00E (ED 50)
2	ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗ	ΚΑΛΑΔ	ALP	40 51 21,00N 25 56 27,13E
3	ΑΣΤΥΠΙΑΛΛΙΑ	ΚΑΠΛ	ATL	36 34 47,00N 26 22 33,00E (ED 50)
4	ΖΑΚΥΝΘΟΣ	ΚΑΖΑΣ	ZAT	37 45 09,65N 20 53 11,15E
5	ΗΡΑΚΛΕΙΟ	ΚΑΗΚ	HER	35 20 11,02N 25 10 48,42E
6	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	THS	40 35 36,96N 22 56 53,11E
7	ΙΚΑΡΙΑ	ΚΑΙΡΙ	IKA	37 40 57,94N 26 20 44,67E
8	ΙΩΑΝΝΙΝΑ	ΚΑΙΩΠ	IOA	39 41 35,06N 20 49 15,41E
9	ΚΑΒΑΛΑ	ΚΑΚΒΑ	KHR	40 55 36,77N 24 37 57,35E
10	ΚΑΡΠΑΘΟΣ	ΚΑΚΠ	KRC	35 25 10,77N 27 09 00,91E
11	ΚΑΡΥΣΤΟΣ	ΕΥΒΟΙΑ	KRS	37 59 41,95N 24 29 42,15E
12	ΚΑΣΟΣ	ΔΑΚΑ	ΚΑΟ	35 25 12,44N 26 54 49,40E
13	ΚΑΣΤΕΛΟΡΙΖΟ	ΔΑΖΟ	KZO	36 08 32,90N 29 34 34,83E
14	ΚΑΣΤΟΡΙΑ	ΚΑΚΤΑ	KSO	40 26 41,16N 21 16 45,61E
15	ΚΕΡΚΥΡΑ	ΚΑΚΚ	ΚΕΚ	39 35 16,49N 19 54 41,66E
16	ΚΕΦΑΛΟΝΙΑ	ΚΑΚΦ	ΚΕΦ	38 06 50,83N 20 30 14,43E
17	ΚΟΖΑΝΗ	ΚΑΚΖΦ	KZN	40 17 20,51N 21 50 31,23E
18	ΚΟΡΙΝΘΟΣ	ΚΟΡΙΝΘΟΣ	KOR	37 55 49,48N 22 56 09,24E
19	ΚΥΘΗΡΑ	ΚΑΚΘ	KIT	36 16 36,27N 23 00 53,36E
20	ΚΩΣ	ΚΑΚΩΙ	KOS	36 47 43,59N 27 05 10,80E
21	ΛΕΡΟΣ	ΔΑΛΕ	LRO	37 11 02,66N 26 48 08,54E
22	ΛΗΜΝΟΣ	ΚΑΛΜΗ	LIO	39 55 18,18N 25 13 58,85E
23	ΜΗΛΟΣ	ΚΑΜΛ	MLO	36 41 50,45N 24 28 20,25E
24	ΜΥΚΟΝΟΣ	ΚΑΜΚ	MKO	37 26 08,70N 25 20 44,91E
25	ΜΥΤΙΛΗΝΗ	ΚΑΜΤΕ	LVO	39 02 58,92N 26 36 24,53E
26	ΝΑΞΟΣ	ΚΑΝΞ	NXO	37 04 51,49N 25 22 10,79E
27	ΠΑΡΟΣ	ΚΑΠΑ	PAO	37 00 41,57N 25 07 44,68E
28	ΠΙΡΕΒΕΖΑ - ΑΚΤΙΟ	ΚΑΑΚ	PAK	38 54 59,70N 20 45 26,20E
29	ΡΟΔΟΣ	ΚΑΡΔ	ROS	36 25 06,00N 28 07 05,00E
30	ΣΑΜΟΣ	ΚΑΣΜΑ	SMO	37 41 07,77N 26 54 59,78E
31	ΣΑΝΤΟΡΙΝΗ	ΚΑΣΡ	THR	36 24 00,45N 25 28 49,92E
32	ΣΚΙΑΘΟΣ	ΚΑΣΚΠ	SKC	39 10 27,09N 23 30 03,17E
33	ΣΥΡΟΣ	ΚΑΣΟ	SYR	37 25 16,76N 24 56 52,26E
34	ΦΙΣΚΑ	ΚΙΑΚΙΣ	FIS	41 05 53,33N 22 59 30,34E
35	ΧΑΝΙΑ	ΚΑΧΝΔ	SUD	35 31 21,86N 24 09 30,98E
36	ΧΙΟΣ	ΚΑΧΙΟ	HIO	38 20 23,44N 26 08 31,94E



**Πίνακας 2.8:** Συστήματα ILS στον ελλαδικό χώρο

A/A	Όνομασία	Τοποθεσία	Χαρακτηριστικό	Συντεταγμένες (WGS 84)	
1	ΑΘΗΝΑ ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΣ 03L LLZ	ΔΑΑ	I-ATL	37 57 03,60N	23 56 48,84E
	ΑΘΗΝΑ ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΣ 03L GP	ΔΑΑ	I-ATL	37 55 36,48N	23 55 19,29E
2	ΑΘΗΝΑ ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΣ 03R LLZ	ΔΑΑ	I-ATR	37 57 16,56N	23 58 22,08E
	ΑΘΗΝΑ ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΣ 03R GP	ΔΑΑ	I-ATR	37 55 40,08N	23 56 56,40E
3	ΑΘΗΝΑ ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΣ 21L LLZ	ΔΑΑ	I-EVL	37 55 18,12N	23 56 29,40E
	ΑΘΗΝΑ ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΣ 21L GP	ΔΑΑ	I-EVL	37 56 50,28N	23 58 03,36E
4	ΑΘΗΝΑ ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΣ 21R LLZ	ΔΑΑ	I-EVR	37 55 09,84N	23 55 00,84E
	ΑΘΗΝΑ ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΣ 21R GP	ΔΑΑ	I-EVR	37 56 42,72N	23 56 22,56E
5	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 16 LLZ	ΚΑΘΜ	I-TSL	40 30 23,85N	22 58 30,37E
	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 16 GP	ΚΑΘΜ	I-TSL	40 31 36,57N	22 58 02,10E
6	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 10 LLZ	ΚΑΘΜ	I-ΜΑΚ	40 30 57,51N	22 59 26,57E
	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 10 GP	ΚΑΘΜ	I-ΜΑΚ	40 31 20,40N	22 57 46,98E
7	ΡΟΔΟΣ 25 LLZ	ΚΑΡΔ	I-RDS	36 23 57,78N	28 03 56,90E
	ΡΟΔΟΣ 25 GP	ΚΑΡΔ	I-RDS	36 24 36,32N	28 05 57,58E

**Πίνακας 2.9:** Συστήματα επιτήρησης στον ελλαδικό χώρο

A/A	Όνομασία	Τοποθεσία	Συντεταγμένες (WGS 84)	
1	ΑΘΗΝΑΙ TAR (PSR/MSSR)	ΕΛΛΗΝΙΚΟ	375330N	234419E
2	ΑΘΗΝΑΙ TAR (PSR/MSSR)	ΚΑΜΑΡΑ	375659N	235911E
3	ΑΘΗΝΑΙ TAR (MSSR)	ΜΕΡΕΝΤΑ	375058N	235748E
4	ΑΘΗΝΑΙ SMR	ΠΥΡΓΟΣ ΔΑΑ	375716N	235945E
5	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ TAR (PSR/MSSR)	ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ (ΠΕΡΑΙΑ)	402807N	225548E
6	ΡΟΔΟΣ TAR (PSR/MSSR)	ΠΑΡΑΔΕΣΙ	362333N	280533E
7	ΚΕΡΚΥΡΑ TAR (PSR/MSSR)	ΑΓΙΟΙ ΔΕΚΑ	393259,26N	195251,28E
8	ΗΡΑΚΛΕΙΟ TAR (PSR/MSSR)	ΔΥΟ ΑΟΡΑΚΙΑ	351940,23N	251020,93E
9	ΥΜΗΤΤΟΣ LRR (PSR/MSSR)	ΕΥΖΩΝΑΣ	375648,05N	234850,75E
10	ΠΗΛΙΟ LRR (MSSR)	ΠΛΙΑΣΙΔΙ	392614,41N	230246,15E
11	ΚΥΘΗΡΑ LRR (MSSR)	ΜΕΡΜΗΓΚΑΡΗΣ	361340,04N	225625,91E
12	ΛΕΥΚΑΔΑ LRR (MSSR)	ΕΓΚΛΟΥΒΗ	384228,27N	203856,79E
13	ΚΑΡΠΑΘΟΣ LRR (MSSR)	ΜΕΝΕΤΕΣ	352904,49N	271002,66E
14	ΡΟΔΟΣ LRR (MSSR)	ΑΤΤΑΒΥΡΟΣ	361233,84N	275149,50E
15	ΛΗΜΝΟΣ LRR (MSSR)	ΒΙΓΛΑ-ΕΙΚΟΝΙΚΑ	395854N	250515E

\* TAR: "Terminal Area Radar", δηλ. Ραντάρ Τερματικής Περιοχής

\*LRR: "Long Range Radar", δηλ. Ραντάρ Διαδρομής (Μακράς Εμβέλειας)

\*PSR: "Primary Surveillance Radar", δηλ. Πρωτεύον Ραντάρ Επιτήρησης

\*MSSR: "Monopulse Secondary Surveillance Radar", δηλ. Μονοπαλμικό Δευτερεύον Ραντάρ Επιτήρησης

Οι παραπάνω εγκαταστάσεις αεροδρομίων που εξυπηρετούν την Πολιτική Αεροπορία, τελούν υπό τον έλεγχο και την προστασία της Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας και απαιτείται γνωμάτευση αυτής για κατασκευές, εγκαταστάσεις ή δραστηριότητες γειτονικές στις εγκαταστάσεις αυτές ορις διασφάλιση της αεροναυτιλίας.

### 3. Μεθοδολογία και Ανάπτυξη Προγράμματος

Από τα προηγούμενα κεφάλαια, έγινε κατανοητή η σημασία προστασίας των θέσεων εγκατάστασης των ραδιοβοηθημάτων. Οι αρμόδιες αρχές οφείλουν να κάνουν έλεγχο για κάθε νέα εγκατάσταση που είναι απαραίτητο να δημιουργηθεί αλλά και για τις ήδη υπάρχουσες, όταν εντοπίζεται πιθανότητα προβλήματος, καθώς αρκετές από αυτές υλοποιήθηκαν σε χρονικές περιόδους όπου δεν είχαν θεσπιστεί σχετικοί κανονισμοί και η γνώση επί του θέματος ήταν περιορισμένη.

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται η προσπάθεια δημιουργίας προγράμματος, σε γλώσσα προγραμματισμού FORTRAN 77, για την εύρεση τυχόν εμποδίων γύρω από μια θέση εγκατάστασης ραδιοβοηθήματος. Οι περιορισμένες περιοχές για κάθε είδος βοηθήματος που εξετάζεται είναι εκείνες που ορίζουν οι κανονισμοί όπως παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 2 της παρούσας εργασίας. Ο συνδυασμός του νέου προγράμματος με το σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD επιτρέπει την απεικόνιση των αποτελεσμάτων και η χρήση των υπολογιστικών φύλλων του excel δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας ενός περιβάλλοντος φιλικό προς το χρήστη.

#### 3.1 Στόχοι και βήματα προγράμματος

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

- Προσδιορισμός δεδομένων

Για την κατασκευή 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 επιθυμητή η εύρεση των εμποδίων γύρω από μια συγκεκριμένη θέση, θα πρέπει να είναι γνωστές οι συντεταγμένες της θέσης αυτής, δηλαδή της ακριβούς θέσης της κεραίας και το είδος του εν λόγω ραδιοβοηθήματος προκειμένου να ελεγχθεί η περιορισμένη περιοχή που αντιστοιχεί σε αυτό. Επιπλέον, 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 στη λειτουργία του εκάστοτε βοηθήματος.



◦ Καθορισμός ζητούμενων αποτελεσμάτων

Είναι απαραίτητο για να δημιουργηθεί το πρόγραμμα να οριστούν οι στόχοι του και τα επιθυμητά αποτελέσματα τα οποία θα παρέχει. Κύριος στόχος του προγράμματος, όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι η ενημέρωση για την ύπαρξη ή όχι ενός αντικειμένου ή γενικότερα μιας επιφάνειας, εντός των περιορισμένων περιοχών BRA, η οποία ενδεχομένως να δημιουργεί παρεμβολές και συνεπώς να αποτελεί εμπόδιο στη λειτουργία του βοηθήματος. Για αυτό το λόγο, επιθυμητό αποτέλεσμα αποτελεί ο καθορισμός της επιφάνειας η οποία βρίσκεται εντός της ζώνης των BRA. Η αναγνώριση του εμποδίου αυτού θα καθορίσει αν η επιλογή της συγκεκριμένης θέσης πληροί τις προϋποθέσεις εγκατάστασης του ICAO που έχουν αναφερθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο. Η εύρεση της θέσης της επιφάνειας που αποτελεί εμπόδιο, θα καθορίσει τη φύση της, δηλαδή θα βρεθεί αν αυτή αποτελεί εμπόδιο το οποίο μπορεί να απομακρυνθεί όπως για παράδειγμα προσωρινές κατασκευές, κινούμενα αντικείμενα κ.α. Διαφορετικά, αν αυτή η επιφάνεια αντιπροσωπεύει μια μόνιμη κατασκευή ή μια διαμόρφωση του εδάφους θα πρέπει να επιλεγεί μια εναλλακτική και καταλληλότερη θέση.

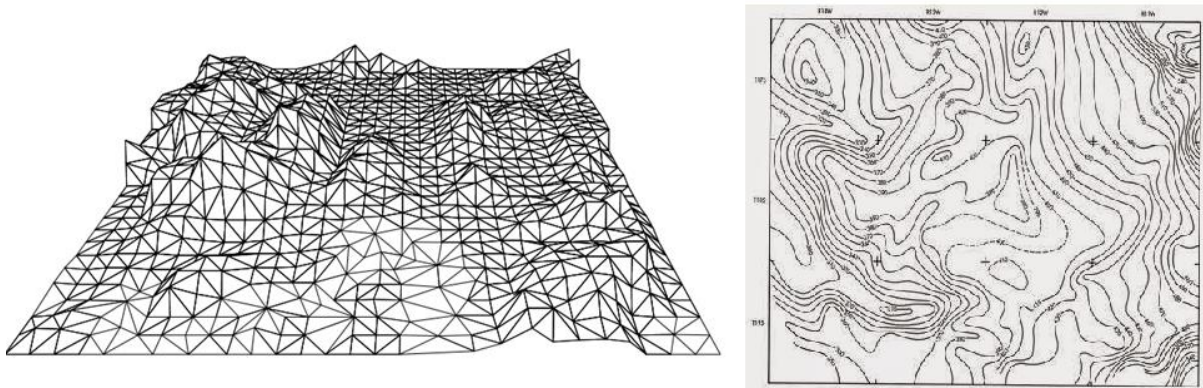
◦ Καταμερισμός των εργασιών

Αφού έγινε καθορισμός των δεδομένων και των ζητούμενων του προβλήματος διερευνώνται οι επιμέρους εργασίες που πρέπει να γίνουν για να καταστεί εφικτή η λύση του. Αρχικά, πρέπει να γίνει προσομοίωση και ψηφιακή αναπαράσταση του εδάφους και των διαμορφωμένων επιφανειών που βρίσκονται στον περιβάλλοντα χώρο του ραδιοβοηθήματος. Στη συνέχεια, θα γίνει ψηφιοποίηση των περιορισμένων περιοχών BRA για κάθε είδος ραδιοβοηθήματος. Τέλος, θα γίνει συνδυασμός των παραπάνω, με όποιον τρόπο απαιτείται, προκειμένου να δημιουργηθεί πρόγραμμα που να εντοπίζει τις επιφάνειες που εισχωρούν εντός της περιορισμένης ζώνης BRA. Παρακάτω θα παρουσιαστεί αναλυτικά το πλαίσιο των εργασιών που ακολουθήθηκε και τα βήματα δημιουργίας των προγραμμάτων που ήταν απαραίτητα για την επίτευξη του στόχου της παρούσας εργασίας.

### 3.2 Ψηφιοποίηση εδάφους

Πρωταρχική ανάγκη αποτελεί η ψηφιακή απεικόνιση του εδάφους αλλά και όλων των επιφανειών που βρίσκονται στον περιβάλλοντα χώρο της θέσης εγκατάστασης του

εκάστοτε βοηθήματος. Ζητούμενο, επομένως, είναι η αναπαράσταση μιας επιφάνειας με τη μορφή ενός ανάγλυφου, δηλαδή μιας δισδιάστατης επιφάνειας που αναπαριστά τον τρισδιάστατο χώρο όπου κάθε κατακόρυφη ευθεία την τέμνει σε ένα το πολύ σημείο της. Ένα ανάγλυφο μπορεί να απεικονιστεί, όπως φαίνεται παρακάτω, μέσω ενός προοπτικού σχεδίου ή μέσω ισοϋψών καμπύλων, όπως στην περίπτωση ενός τοπογραφικού χάρτη.

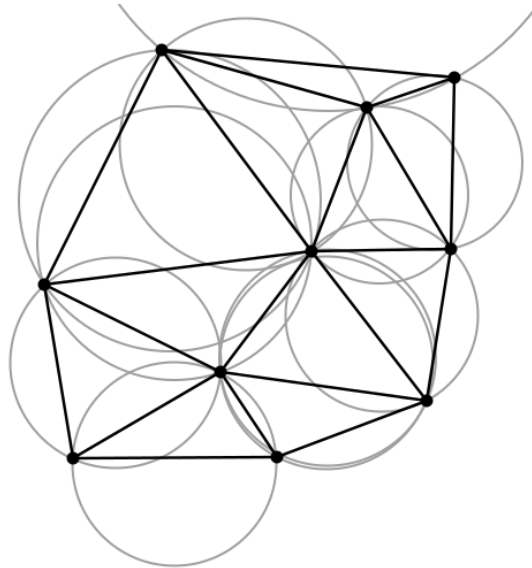


**Εικόνα 3.1:** Απεικόνιση ανάγλυφου με προοπτικό σχέδιο (αριστερά) και με ισοϋψείς (δεξιά)

Προκειμένου να καταστεί πιο εύκολη η χρήση μαθηματικών σχέσεων για την μοντελοποίηση του ζητήματος, αποφασίστηκε η απεικόνιση των επιφανειών μέσω προοπτικού σχεδίου. Για να πραγματοποιηθεί αυτό, εφαρμόστηκε η διαδικασία του τριγωνισμού και συγκεκριμένα η μοντελοποίηση βασίστηκε στη μέθοδο του τριγωνισμού Delaunay. Ο τριγωνισμός ενός συνόλου σημείων είναι μια επίπεδη υποδιαίρεση στην οποία οι φραγμένες έδρες είναι τρίγωνα του τρισδιάστατου χώρου και οι κορυφές είναι τα δεδομένα σημεία του συνόλου, τα οποία τονίζεται ότι έχουν συγκεκριμένο υψόμετρο. Η τομή δύο τριγώνων, αν αυτή υπάρχει, αντιστοιχεί είτε σε μία κοινή τους πλευρά είτε σε μια κοινή κορυφή τους. Σημειώνεται ότι, η εκτίμηση του υψομέτρου οποιουδήποτε σημείου των διαμορφωμένων τριγώνων υπολογίζεται με γραμμική παρεμβολή. Για αυτό το λόγο, όσο πιο απομακρυσμένα είναι τα σημεία των οποίων τα υψόμετρα είναι γνωστά, δηλαδή όσο πιο απομακρυσμένες είναι οι κορυφές των τριγώνων τόσο πιο κακός θεωρείται ο τριγωνισμός. Έτσι, ο ζητούμενος τριγωνισμός είναι εκείνος που αποτρέπει το σχηματισμό μακρόστενων και οξύληκτων τριγώνων και συνεπώς εκείνος που μεγιστοποιεί την ελάχιστη γωνία του. Αυτός είναι ο τριγωνισμός Delaunay.

### Τριγωνισμός Delaunay

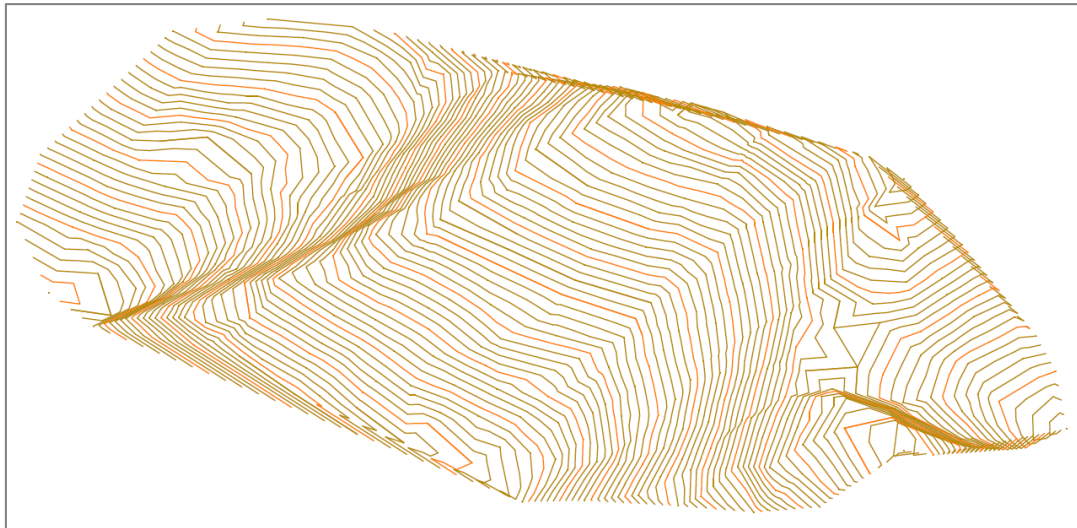
Κατά τον τριγωνισμό Delaunay ενός συνόλου σημείων, τρία δεδομένα σημεία ορίζουν τρίγωνο, αν ο περιγεγραμμένος κύκλος του τριγώνου είναι κενός, δηλαδή δεν περιέχει άλλα δεδομένα σημεία στο εσωτερικό του. Επιπλέον, δύο σημεία ορίζουν πλευρά τριγώνου αν υπάρχει κενός κύκλος με τα δύο σημεία αυτά στην περιφέρεια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



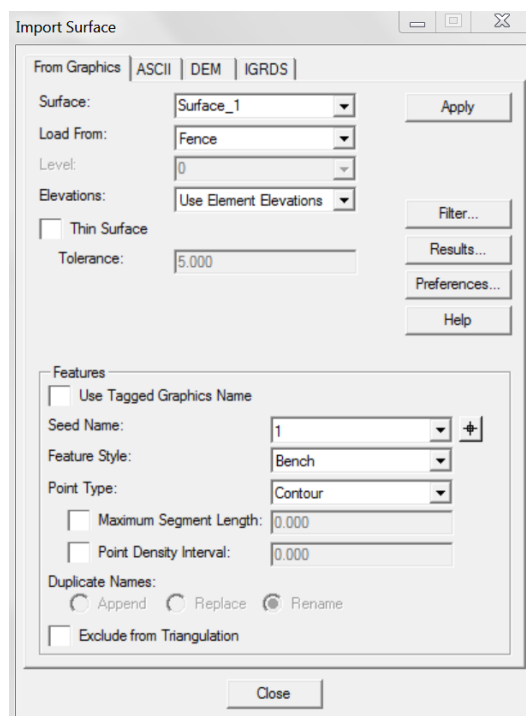
*Εικόνα 3.2: Σχηματική απεικόνιση τριγωνισμού Delaunay*

### Εφαρμογή τριγωνισμού Delaunay

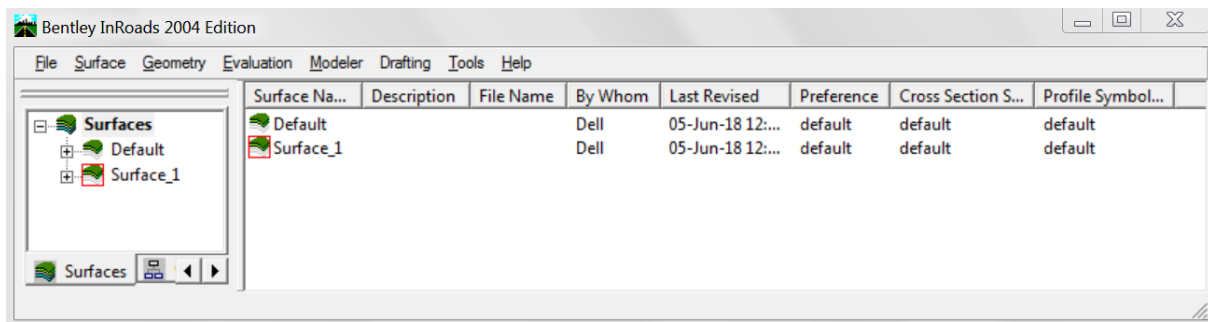
Στην πράξη είναι εύκολο να βρεθεί η απεικόνιση του ανάγλυφου μιας περιοχής με ισοϋψείς καμπύλες μιας και κάτι τέτοιο διατίθεται μέσω τοπογραφικών χαρτών. Προκειμένου να καταστεί δυνατή η μοντελοποίηση του ανάγλυφου όμως, για να μπορεί να εκφραστεί με μαθηματικές σχέσεις, θα εφαρμοστεί τριγωνισμός στο 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 χρήση της εφαρμογής BentleyInRoads που διατίθεται από το λογισμικό MicroStation. Η εφαρμογή InRoads δημιουργεί μια επιφάνεια αποτελούμενη από τρίγωνα οι κορυφές των οποίων κείται 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 3.3:** Απεικόνιση ανάγλυφου με τρισδιάστατο σχέδιο ισοϋψών καμπύλων  
Έστω το ανάγλυφο της παραπάνω εικόνας. Αφού εισαχθεί στο InRoads ως αρχείο .dwg μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία μιας επιφάνειας από τα γραφικά στοιχεία που το αποτελούν. Αυτό γίνεται μέσω της εντολής **Import** ως εξής: **File>Import>Surface>FromGraphics**.

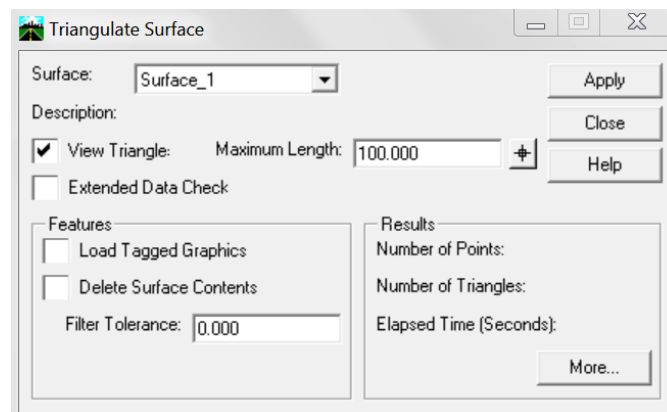


**Εικόνα 3.4:** Παράθυρο εντολής **Import** της εφαρμογής **InRoads**



**Εικόνα 3.5:** 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 (**PointType>Contours**). Για να δημιουργηθούν τρίγωνα από τις ισοϋψείς πρέπει να γίνει τριγωνισμός της επιφάνειας. Αυτό γίνεται 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**), επιλογή που αποτρέπει το σχεδιασμό μακρόστενων τριγώνων.



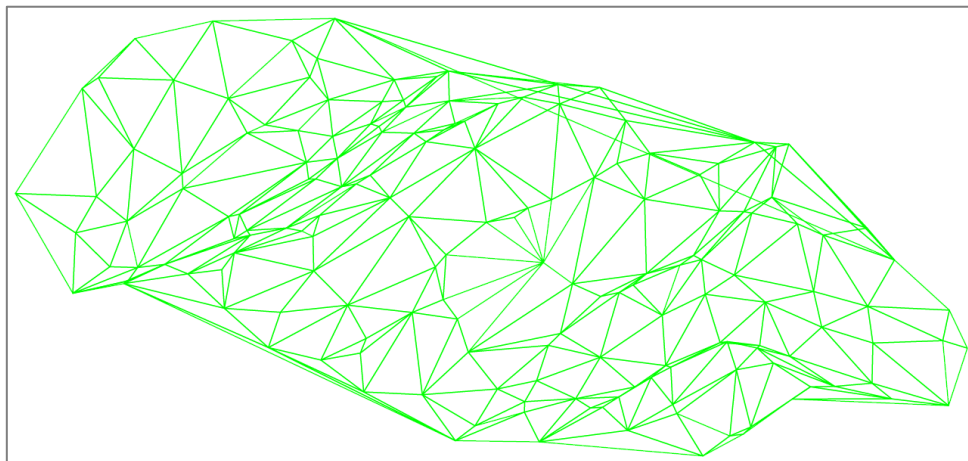
**Εικόνα 3.6:** Παράθυρο εντολής Triangulate της εφαρμογής InRoads

Με 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.

Data Type	Active	Features	Deleted	Total	Blocks	Min Nort
Contour Feat...	14952	80	0	14952	80	(
Exterior Feat...	0	0	0	0	0	(
Inferred Brea...	0	0	0	0	0	(
Interior Feat...	0	0	0	0	0	(
Random Fea...	0	0	0	0	0	(
Range Points	4	80	0	4	1	200
Triangles	29552	0	352	29904	1	(

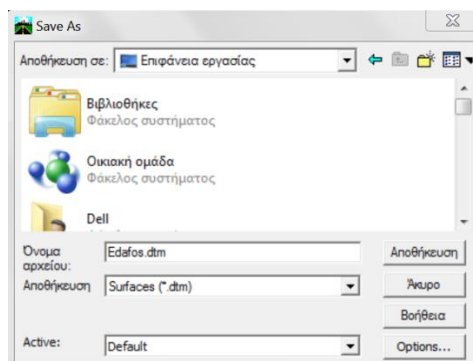
**Εικόνα 3.7:** Περιβάλλον επεξεργασίας επιφάνειας με ενδεικτικά δεδομένα τριγώνων και ισοϋψών καμπύλων

Πατώντας **Surface>View Surface>Triangles** εμφανίζονται στην οθόνη τα τρίγωνα που κατασκευάστηκαν. Για το παραπάνω ανάγλυφο το μοντέλο εδάφους που δημιουργήθηκε φαίνεται στην εικόνα 3.8.



**Εικόνα 3.8:** Μοντέλο εδάφους ανεπτυγμένο με τη μέθοδο του τριγωνισμού

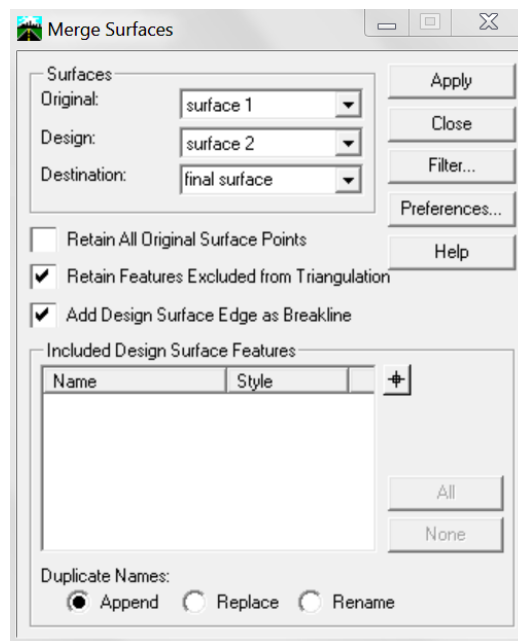
Το παραπάνω σχέδιο μπορεί να αποθηκευτεί σε μορφή .dwg ώστε να είναι αναγνώσιμο από το σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD αλλά είναι χρήσιμο για την πορεία της διαδικασίας να αποθηκευτεί σε μορφή .dtm. Αυτό γίνεται μέσω της εφαρμογής InRoads με την εντολή **File>Save as> (.dtm)**.



**Εικόνα 3.9:** Δημιουργία .dtm αρχείου μέσω της εφαρμογής InRoads



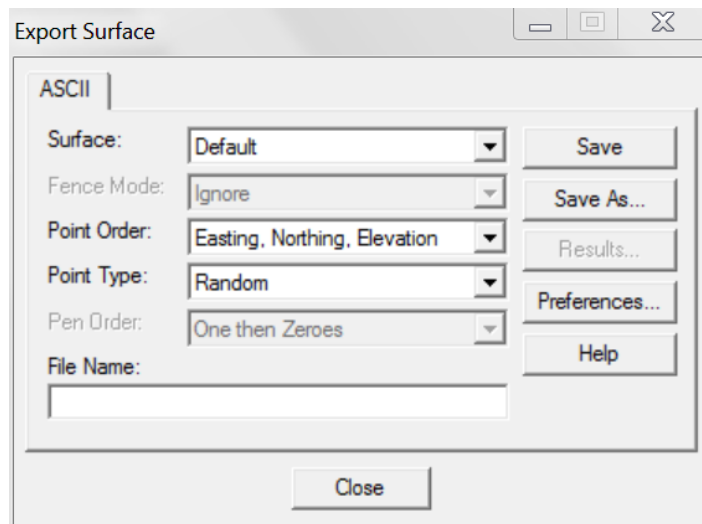
Επιπλέον, μια χρήσιμη εντολή είναι το **Merge** το οποίο επιτρέπει τη συγχώνευση και την ενοποίηση δύο αρχείων. Έχοντας δυο σχέδια τα οποία αναφέρονται στο ίδιο ανάγλυφο αλλά περιέχουν διαφορετικές πληροφορίες, η εντολή **Merge** επιτρέπει το συνδυασμό τους, διατηρώντας το πρώτο αρχείο και παρεμβαίνοντας σε αυτό στα σημεία όπου υπάρχουν τρίγωνα του δεύτερου, εισάγοντας αυτά στο πρώτο αρχείο. 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 3.10:** 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 (Point Style>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 3.11: Παράθυρο εντολής Export της εφαρμογής InRoads

### 3.3 Μοντελοποίηση των επιφανειών BRA

Για τη μοντελοποίηση των επιφανειών BRA που αντιστοιχούν σε κάθε ραδιοβοήθημα δημιουργήθηκαν προγράμματα σε γλώσσα προγραμματισμού FORTRAN και με τη βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD έγινε εφικτή η απεικόνισή τους. Στην ουσία, τα ραδιοβοηθήματα ομαδοποιήθηκαν σε κατευθυντικά και μη κατευθυντικά, εφόσον οι επιφάνειες τους παρουσιάζουν διαφορετική μορφή, και για κάθε μια από αυτές τις δύο κατηγορίες δημιουργήθηκε διαφορετικό πρόγραμμα.

#### Μη κατευθυντικά ραδιοβοηθήματα - Πρόγραμμα **VOR.FOR**

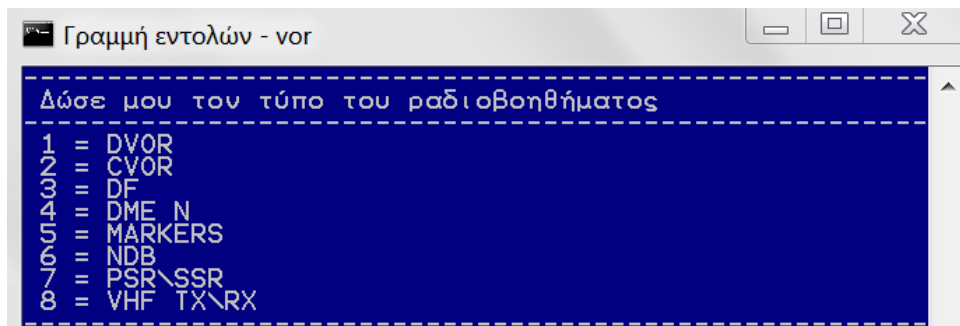
Το πρόγραμμα που απευθύνεται στα μη κατευθυντικά βοηθήματα ονομάστηκε **VOR.FOR** λόγω του συνηθέστερου στη χρήση βοηθήματος, αλλά περιέχει και όλα τα υπόλοιπα του ίδιου τύπου βοηθήματα, επικοινωνιών, πλοήγησης ή επιτήρησης. Για τη λειτουργία του προγράμματος απαιτούνται δύο αρχεία τα οποία περιέχουν τα δεδομένα που χρειάζονται και αποτελούν "είσοδο" για το πρόγραμμα, το **fm.prm** και το **fm.vor**.

- **fm.prm** : Περιέχει τις παραμέτρους του προγράμματος και πληροφορίες για αυτές σε μορφή αναγνώσιμη από το πρόγραμμα οι οποίες εμφανίζονται στην οθόνη κατά την εκτέλεση του προγράμματος.
- **fm.xyz** : Περιέχει τις αρχικές τιμές για τα δεδομένα του προγράμματος. Σε αυτό το αρχείο εισάγεται το όνομα του ραδιοβοηθήματος, οι συντεταγμένες (X,Y,Z) της κεραίας του, όπου Z το υψόμετρο του, και τέλος ένας αριθμός που ισούται με το



βήμα του κανάβου που απαιτείται και θα δημιουργηθεί για υπολογιστικούς λόγους, όπως θα εξηγηθεί παρακάτω.

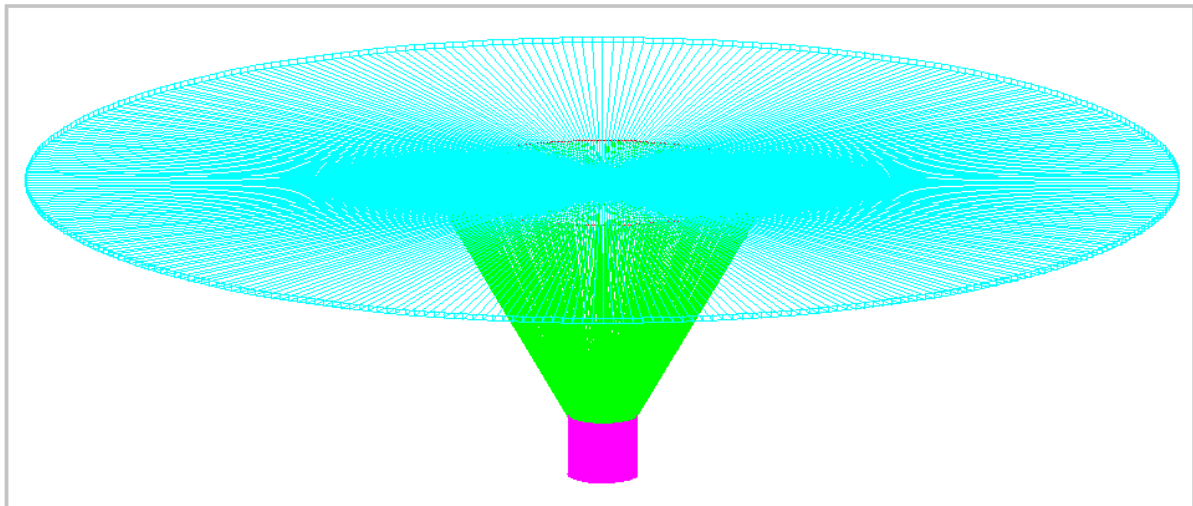
Κατά την εκτέλεση του προγράμματος, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα επιλογής του ραδιοβοηθήματος που επιθυμεί από τη λίστα που έχει δημιουργηθεί για αυτό τον σκοπό. Πληκτρολογώντας τον αριθμό που αντιστοιχεί στο εκάστοτε ραδιοβοήθημα, το πρόγραμμα εκτελεί τη διαδικασία και τις εντολές που έχουν εισαχθεί για τον συγκεκριμένο τύπο ραδιοβοηθήματος. Οι επιλογές του χρήστη εμφανίζονται ως εξής :



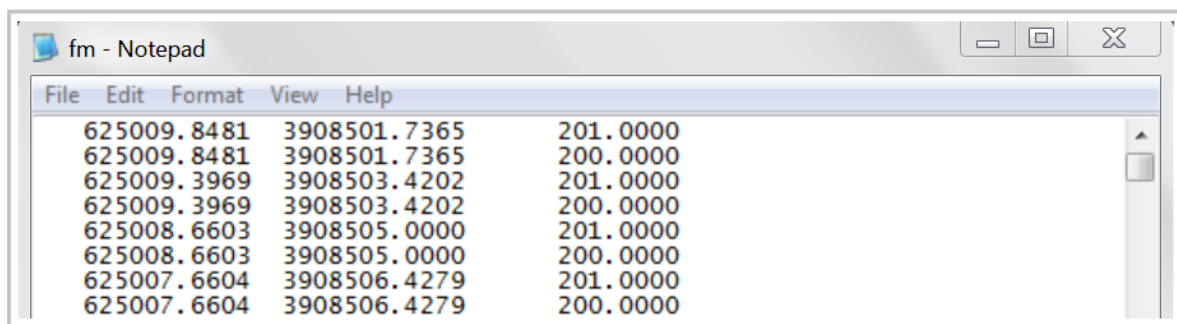
**Εικόνα 3.12:** Παράθυρο εντολών για την επιλογή του είδους του μη κατευθυντικού ραδιοβοηθήματος από το χρήστη

Κατά την εκτέλεση του προγράμματος δημιουργούνται δύο νέα αρχεία τα οποία αποτελούν "έξοδο" για το πρόγραμμα, το **vor.dxf** και το **fm.che** τα οποία μπορούν να εμφανιστούν στο χρήστη μετά το τέλος του προγράμματος.

- **vor.dxf** : Αποτελεί αρχείο σχεδίου σε μορφή αναγνώσιμη από το σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD. Το αρχείο, ουσιαστικά, περιέχει τρισδιάστατο σχέδιο που απεικονίζει τις επιφάνειες περιορισμού BRA για το ραδιοβοήθημα που επιλέχθηκε από το χρήστη κατά την εκκίνηση του προγράμματος. Σημειώνεται ότι, χάριν ευκρίνειας και κατανόησης του σχεδίου, η κλίμακα είναι παραμορφωμένη (κλίμακα υψών: 100:1, κλίμακα μηκών: 1:1). Εκτός από τις επιφάνειες περιορισμού BRA, στο σχέδιο απεικονίζονται διάφορα σημεία που διαμορφώνουν κανάβο ο οποίος είναι χρήσιμος για την προσομοίωση και την επίλυση του προβλήματος, όπως θα φανεί παρακάτω.
- **fm.che** : Αποτελεί αρχείο σε μορφή αναγνώσιμη από την εφαρμογή Σημειωματάριο ή Notepad και περιέχει πληροφορίες για τα σημεία του κανάβου που αναφέρθηκαν παραπάνω. Συγκεκριμένα, στο αρχείο αυτό περιέχονται οι συντεταγμένες (X,Y,Z) κάθε σημείου του κανάβου.

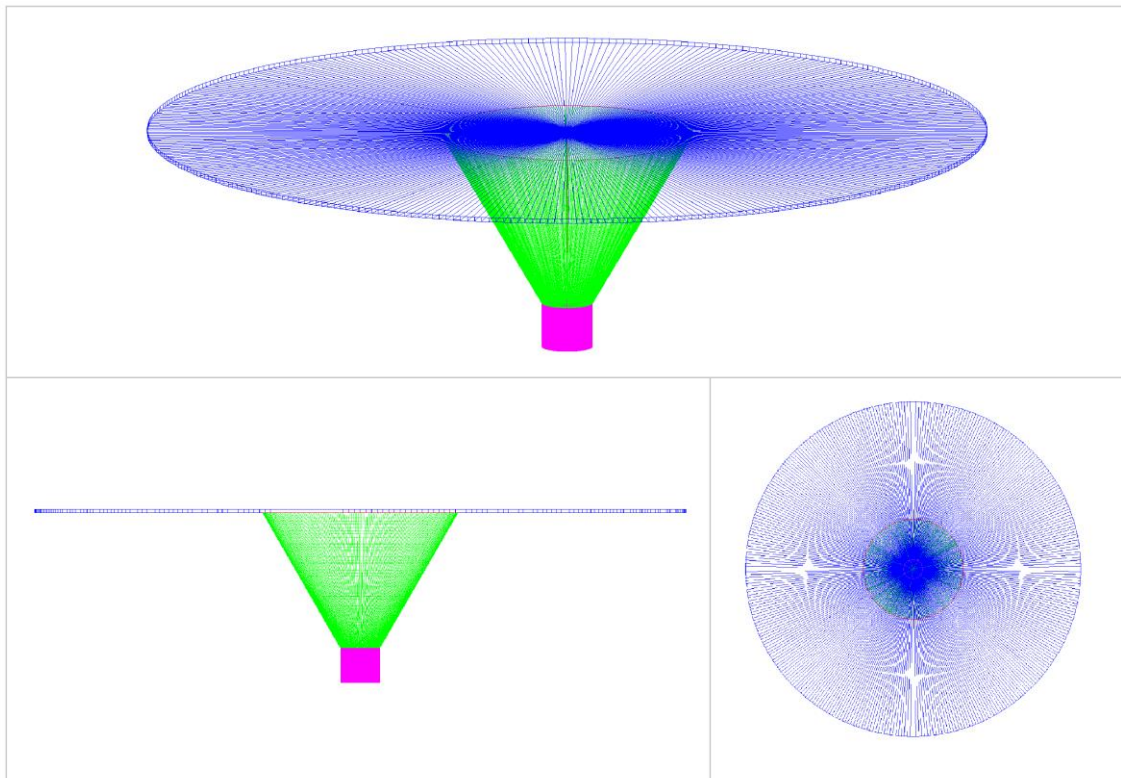


**Εικόνα 3.13:** Ενδεικτικό σχέδιο *vor.dxf* ως έξοδος του προγράμματος *VOR.FOR*

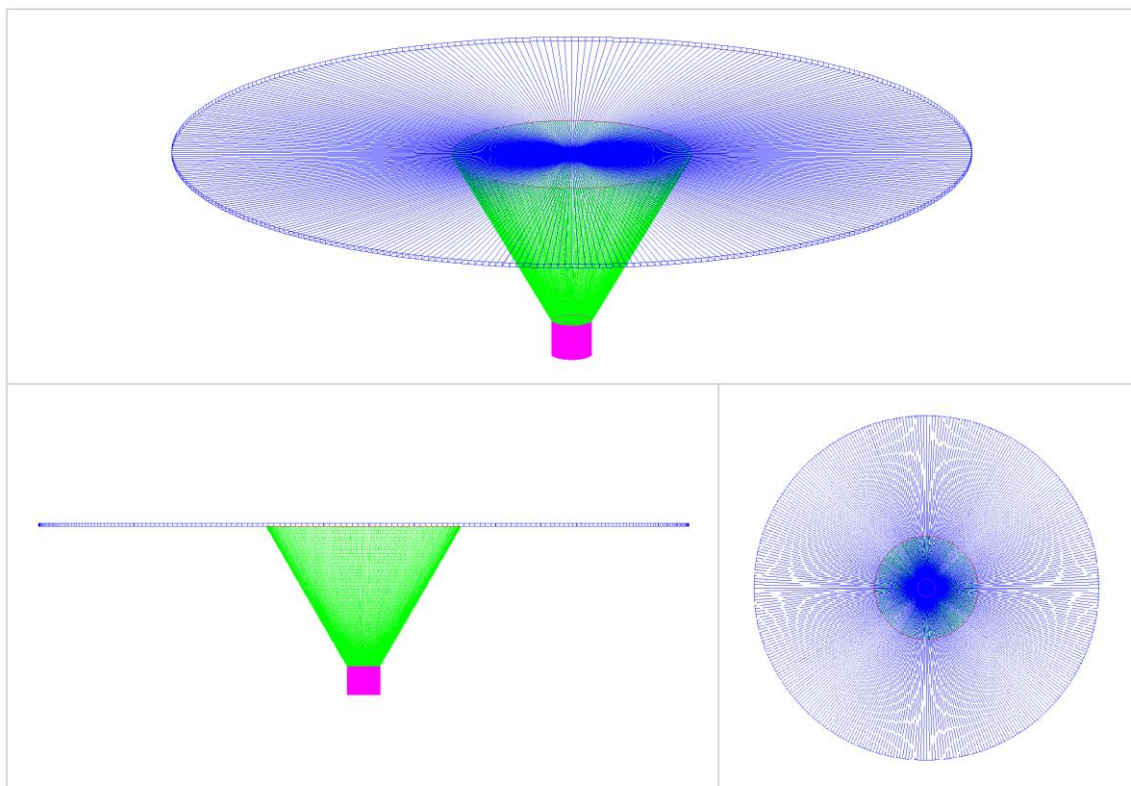


**Εικόνα 3.14:** Ενδεικτικό αρχείο *fm.chc* ως έξοδος του προγράμματος *VOR.FOR*

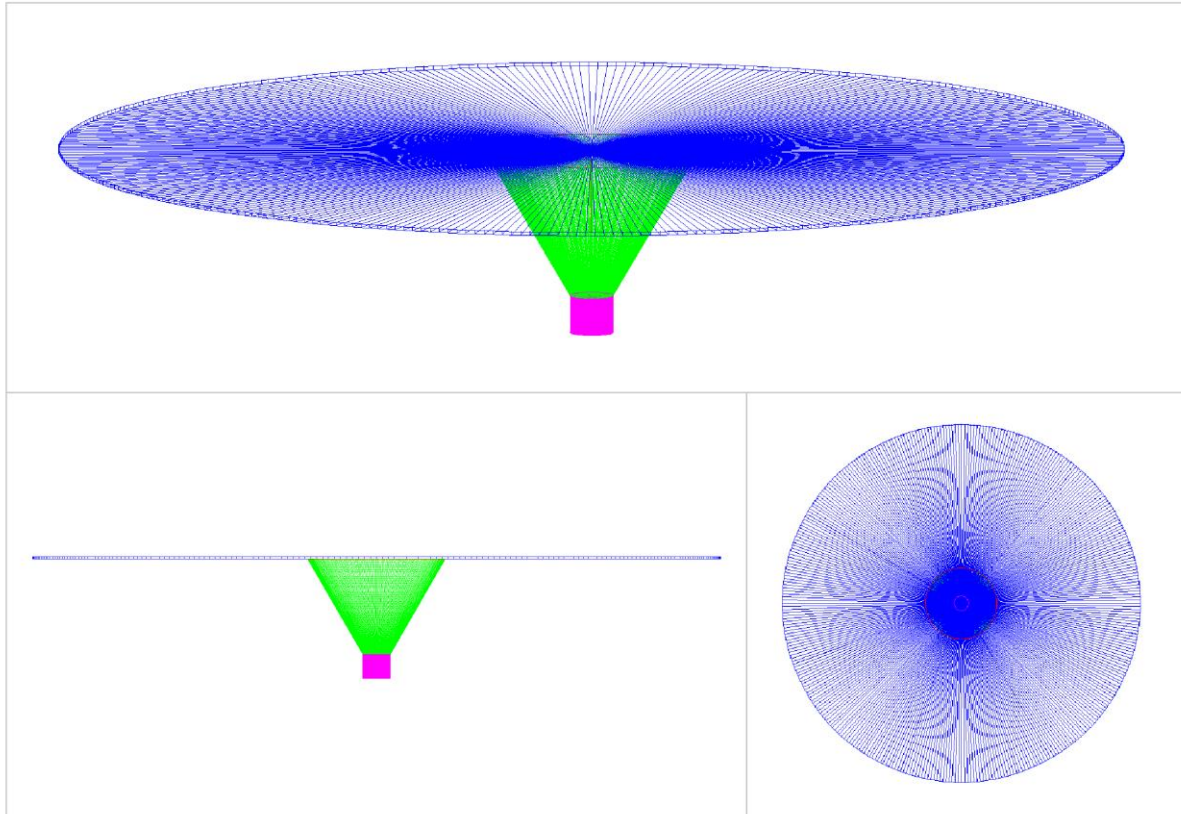
Οι εντολές καθώς και όλο το πρόγραμμα, όπως αυτό συντάχθηκε, παρατίθενται στο Παράρτημα της διπλωματικής εργασίας. Παρακάτω, φαίνονται τα σχέδια που προκύπτουν για κάθε είδος μη κατευθυντικού ραδιοβοηθήματος σύμφωνα με τις παραμέτρους που προτείνει ο ICAO και αντιστοιχούν σε αυτό.



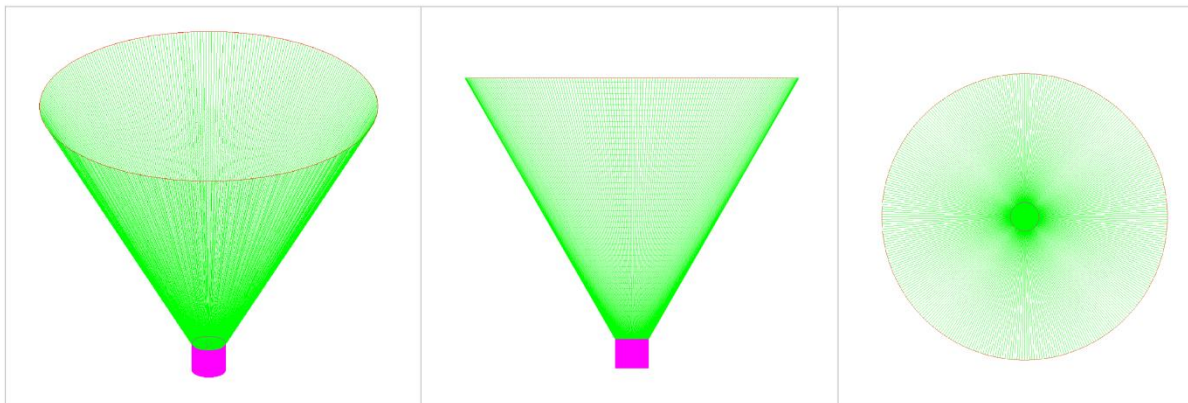
**Εικόνα 3.15:** Απεικόνιση vor.dxf για το ραδιοβοήθημα DVOR σε τρισδιάστατο σχέδιο (πάνω), τομή και κάτοψη (κάτω)



**Εικόνα 3.16:** Απεικόνιση vor.dxf για το ραδιοβοήθημα CVOR σε τρισδιάστατο σχέδιο (πάνω), τομή και κάτοψη (κάτω)

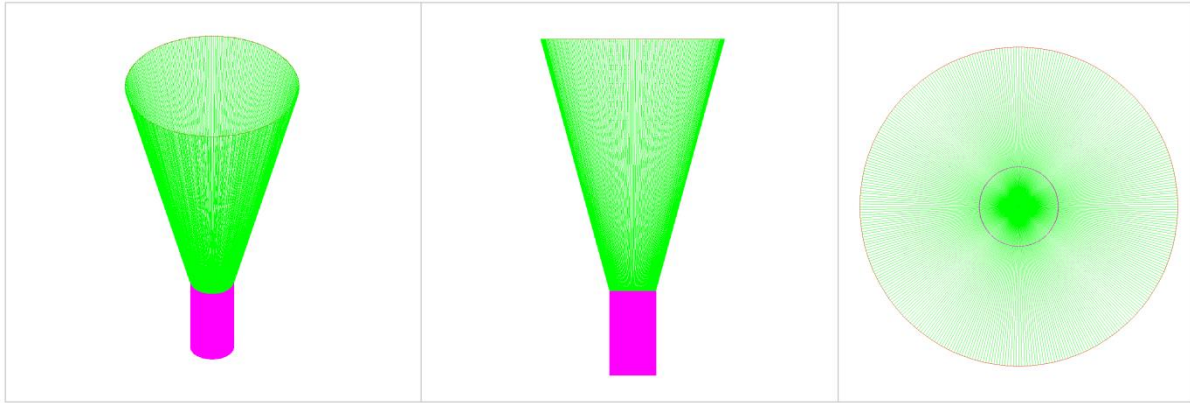


**Εικόνα 3.17:** Απεικόνιση vor.dxf για το ραδιοβόηθημα DF σε τρισδιάστατο σχέδιο (πάνω), τομή και κάτοψη (κάτω)

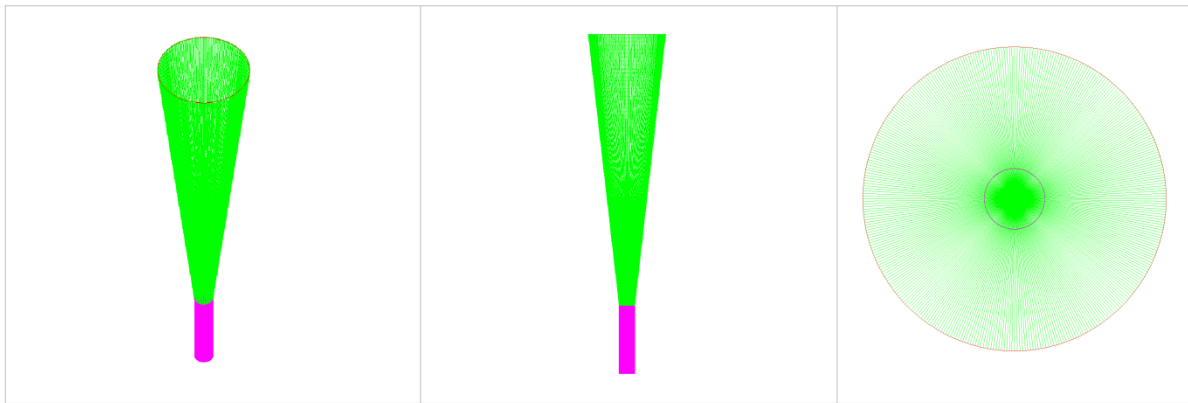


**Εικόνα 3.18:** Απεικόνιση vor.dxf για το ραδιοβόηθημα DME N σε τρισδιάστατο σχέδιο, τομή και κάτοψη

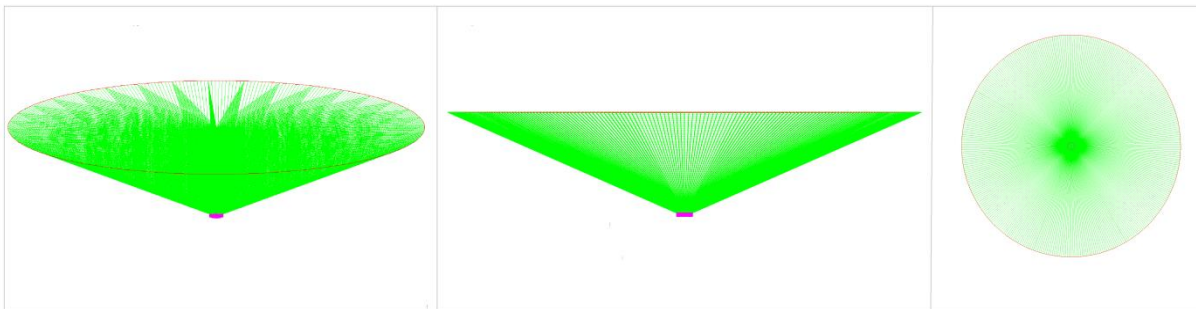




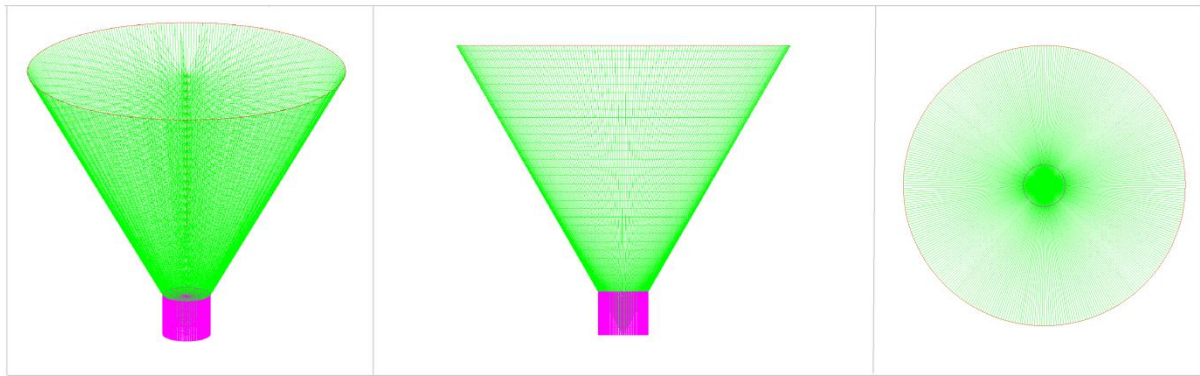
**Εικόνα 3.19:** Απεικόνιση vor.dxf για τους ραδιοσημαντήρες Markers σε τρισδιάστατο σχέδιο, τομή και κάτοψη (κλίμακα υψών 10:1)



**Εικόνα 3.20:** Απεικόνιση vor.dxf για το ραδιοβοήθημα NDB σε τρισδιάστατο σχέδιο, τομή και κάτοψη



**Εικόνα 3.21:** Απεικόνιση vor.dxf για το ραδιοβοήθημα PSR/SSR σε τρισδιάστατο σχέδιο, τομή και κάτοψη



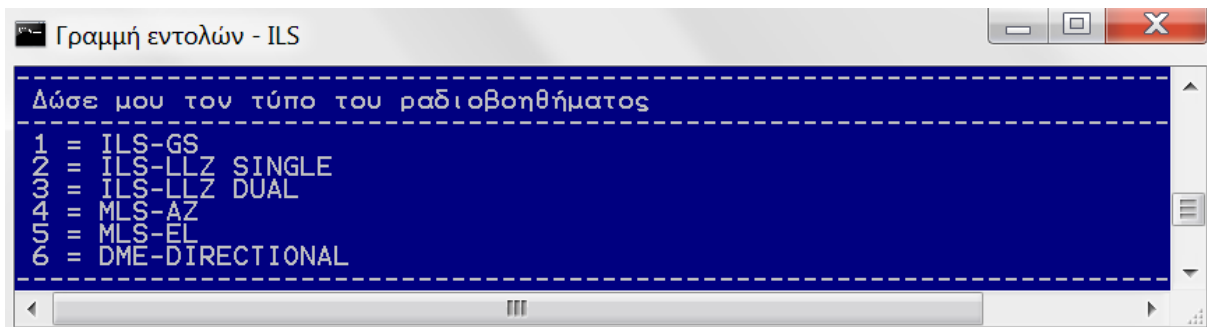
**Εικόνα 3.22:** Απεικόνιση *vor.dxf* για το ραδιοβοήθημα VHF Tx/Rx σε τρισδιάστατο σχέδιο, τομή και κάτοψη

### Κατευθυντικά ραδιοβοηθήματα - Πρόγραμμα **ILS.FOR**

Το πρόγραμμα που απευθύνεται στα κατευθυντικά ραδιοβοηθήματα ονομάστηκε **ILS.FOR** λόγω του επικρατέστερου στη χρήση βοηθήματος, όμως, όπως και προηγουμένως, περιέχει και όλα τα υπόλοιπα του ίδιου τύπου ραδιοβοηθήματα πλοήγησης. Για τη λειτουργία του προγράμματος απαιτούνται ως "είσοδος" τα αρχεία **fm.prm** και **to fm.ils**. Διαφοροποίηση από το **VOR.FOR**, ως προς το περιεχόμενο, παρουσιάζει μόνο το **fm.ils**.

- **fm.xyz** : Περιέχει τις αρχικές τιμές για τα δεδομένα του προγράμματος. Σε αυτό το αρχείο εισάγεται το όνομα του ραδιοβοηθήματος καθώς και οι συντεταγμένες (X,Y,Z) της κεραίας του, όπου Z το υψόμετρο της θέσης του. Επιπλέον, εισάγεται το αζιμούθιο της κεραίας όπου δείχνει τον προσανατολισμό της και συνήθως ταυτίζεται με τη γωνία του διαδρόμου όπως επίσης και η απόσταση του ραδιοβοηθήματος από το κατώφλι, παράμετρος που ζητείται από τους κανονισμούς του ICAO ως A. Τέλος, εισάγεται ένας αριθμός που ισούται με το βήμα του κανάβου που απαιτείται όπως και στην περίπτωση του **VOR.FOR**.

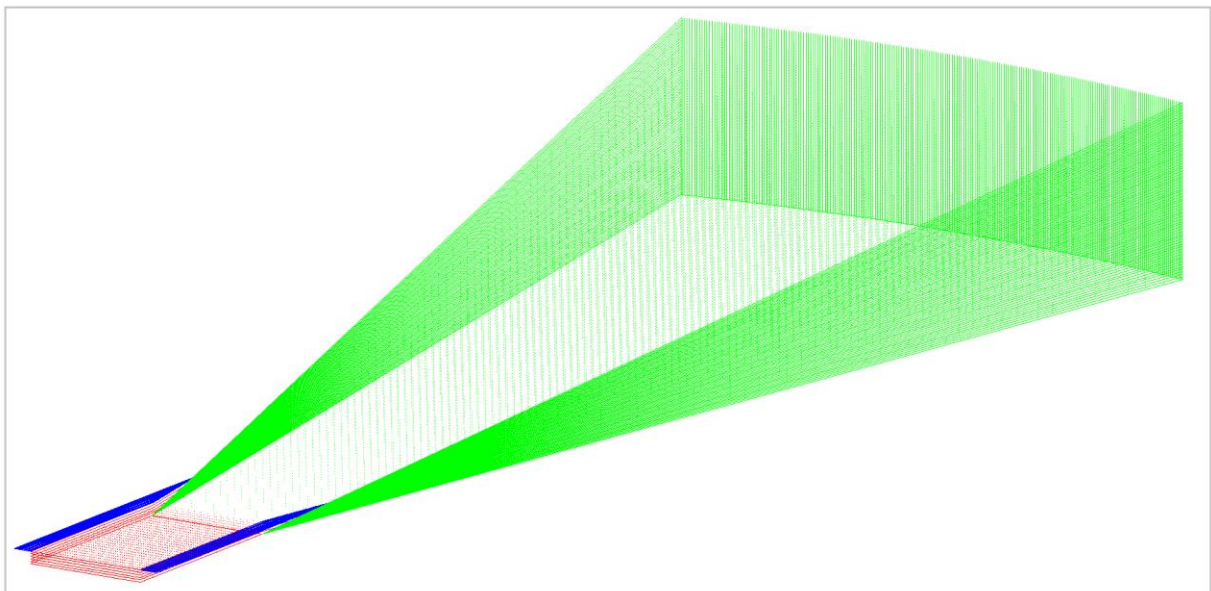
Κατά την εκτέλεση του προγράμματος, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα επιλογής του ραδιοβοηθήματος που επιθυμεί από τη λίστα που έχει δημιουργηθεί για αυτό τον σκοπό. Πληκτρολογώντας τον αριθμό που αντιστοιχεί στο εκάστοτε ραδιοβοήθημα, το πρόγραμμα εκτελεί τη διαδικασία και τις εντολές που έχουν εισαχθεί για τον συγκεκριμένο τύπο ραδιοβοηθήματος. Οι επιλογές του χρήστη εμφανίζονται ως εξής :



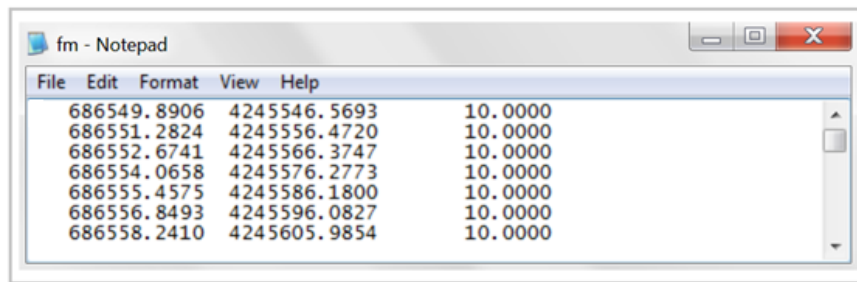
**Εικόνα 3.23:** Παράθυρο εντολών για την επιλογή του είδους του κατευθυντικού ραδιοβοηθήματος από το χρήστη

Κατά την εκτέλεση του προγράμματος δημιουργούνται δύο νέα αρχεία τα οποία αποτελούν "έξοδο" για το πρόγραμμα, το *ils.dxf* και το *fm.che*, όπως και προηγουμένως, τα οποία μπορούν να εμφανιστούν στο χρήστη μετά το τέλος του προγράμματος.

- *ils.dxf* : Αποτελεί αρχείο σχεδίου σε μορφή αναγνώσιμη από το σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD. Περιέχει τρισδιάστατο σχέδιο που απεικονίζει τις επιφάνειες περιορισμού BRA, σε κλίμακα 1:1, για το ραδιοβοήθημα που επιλέχθηκε από το χρήστη κατά την εκκίνηση του προγράμματος. Στο σχέδιο απεικονίζονται επιπλέον και τα σημεία που διαμορφώνουν τον κানাβο.



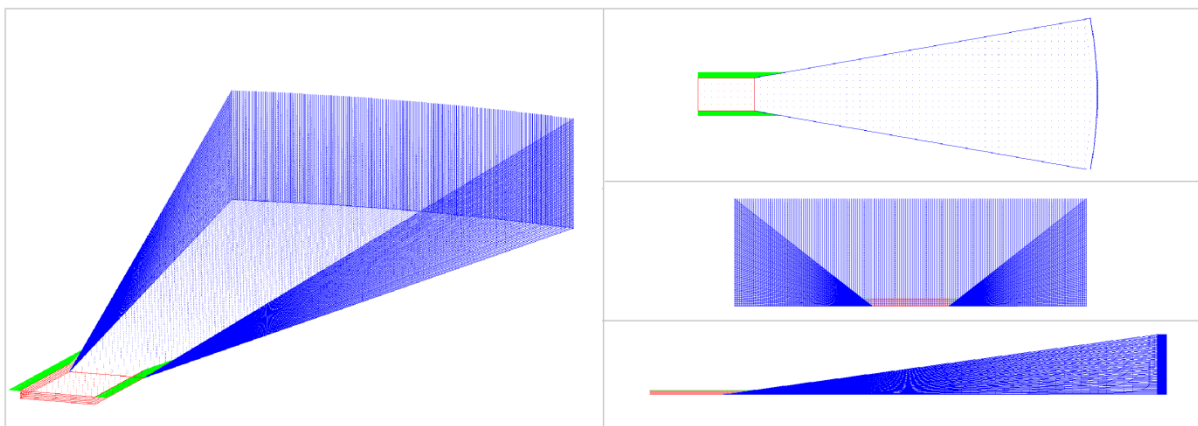
**Εικόνα 3.24:** Ενδεικτικό σχέδιο *ils.dxf* ως έξοδος του προγράμματος *ILS.FOR*



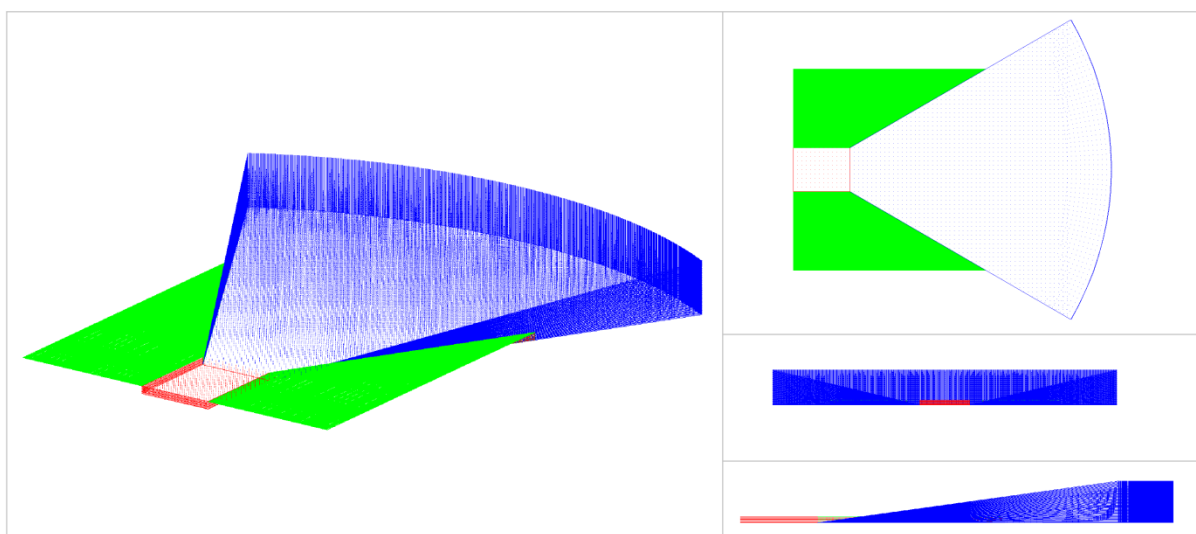
File	Edit	Format	View	Help
686549.8906	4245546.5693	10.0000		
686551.2824	4245556.4720	10.0000		
686552.6741	4245566.3747	10.0000		
686554.0658	4245576.2773	10.0000		
686555.4575	4245586.1800	10.0000		
686556.8493	4245596.0827	10.0000		
686558.2410	4245605.9854	10.0000		

**Εικόνα 3.25:** Ενδεικτικό αρχείο *fm.che* ως έξοδος του προγράμματος *ILS.FOR*

Οι εντολές καθώς και όλο το πρόγραμμα, όπως αυτό συντάχθηκε, παρατίθενται στο Παράρτημα της διπλωματικής εργασίας. Παρακάτω, φαίνονται τα σχέδια που προκύπτουν για κάθε είδος κατευθυντικού ραδιοβοηθήματος σύμφωνα με τις παραμέτρους που προτείνει ο ICAO και αντιστοιχούν σε αυτό.

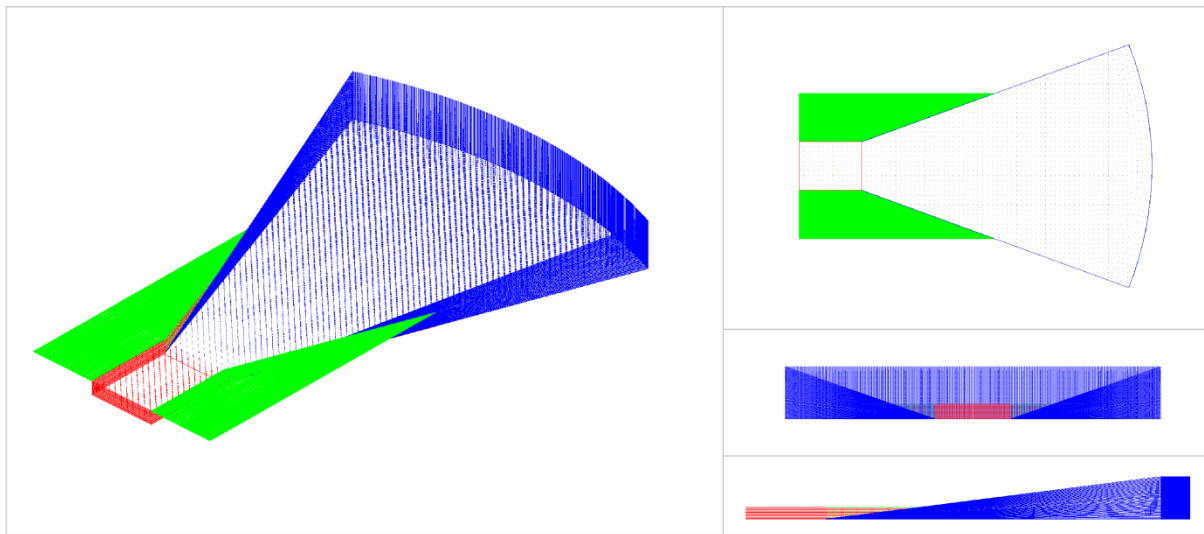


**Εικόνα 3.26:** Απεικόνιση *ils.dxf* για το ραδιοβοήθημα *ILSG/S* σε τρισδιάστατο σχέδιο (αριστερά), κάτοψη και τομές (δεξιά)

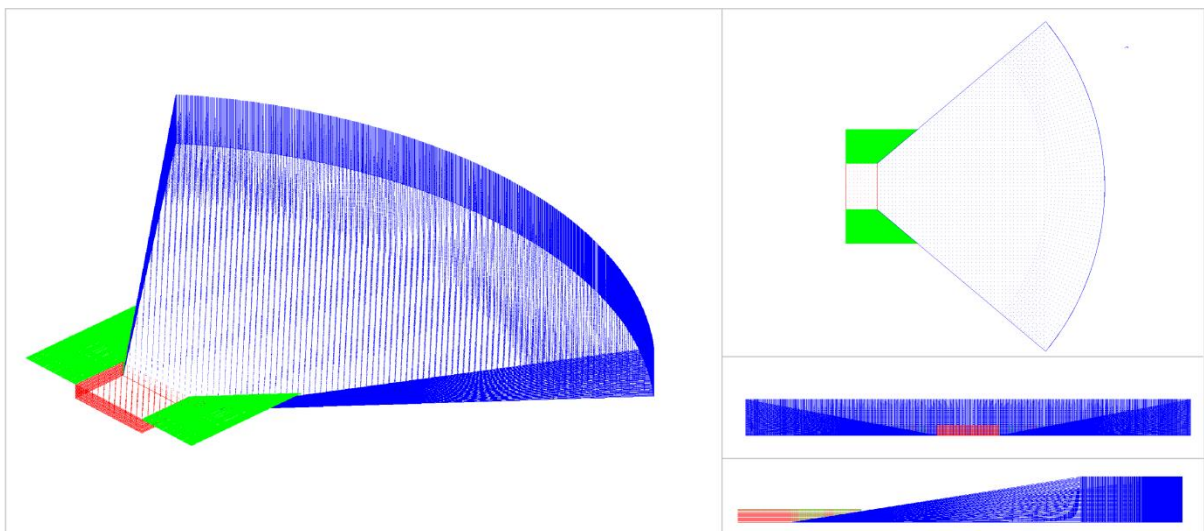


**Εικόνα 3.27:** Απεικόνιση *ils.dxf* για το ραδιοβοήθημα *ILS LLZ-Single frequency* σε τρισδιάστατο σχέδιο (αριστερά), κάτοψη και τομές (δεξιά)

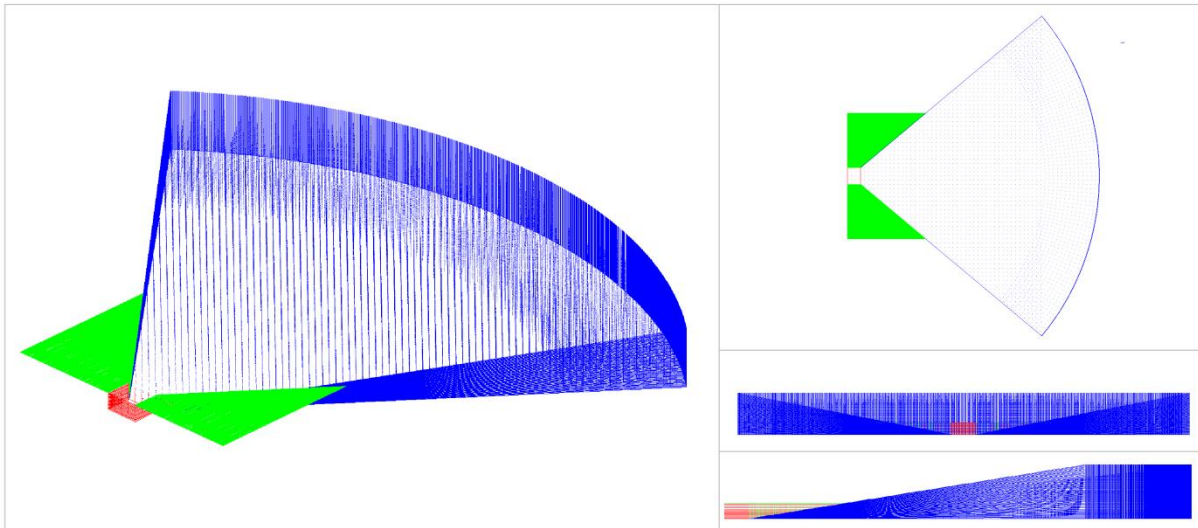




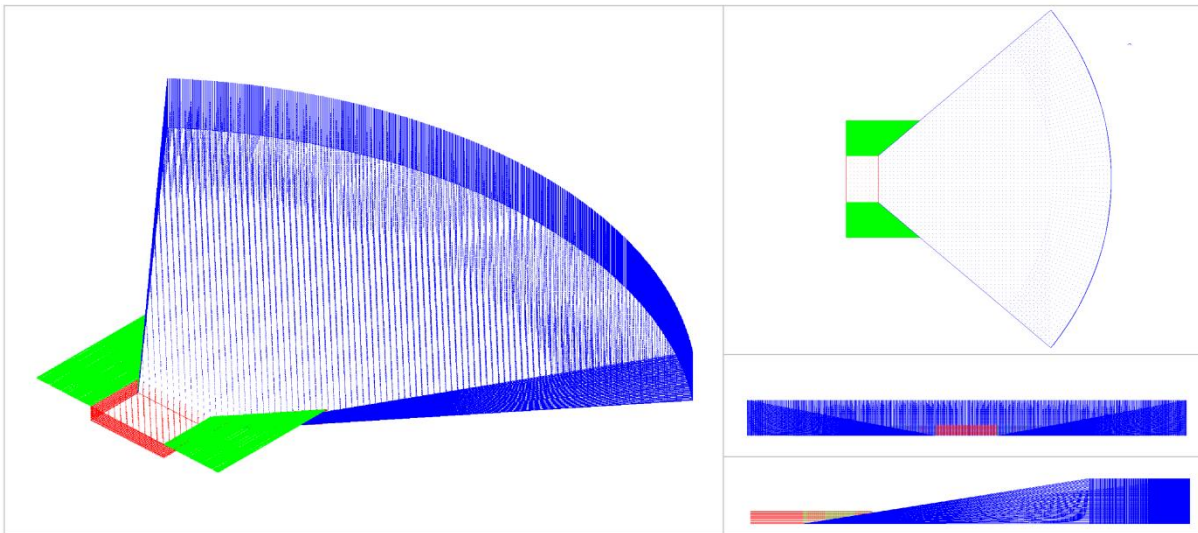
**Εικόνα 3.28:** Απεικόνιση *ils.dxf* για το ραδιοβοήθημα ILS LLZ-Dual frequency σε τρισδιάστατο σχέδιο (αριστερά), κάτοψη και τομές (δεξιά)



**Εικόνα 3.29:** Απεικόνιση *ils.dxf* για το ραδιοβοήθημα MLS AZ σε τρισδιάστατο σχέδιο (αριστερά), κάτοψη και τομές (δεξιά)



**Εικόνα 3.30:** Απεικόνιση *ils.dxf* για το ραδιοβόηθημα *MLS EL* σε τρισδιάστατο σχέδιο (αριστερά), κάτοψη και τομές (δεξιά)



**Εικόνα 3.31:** Απεικόνιση *ils.dxf* για το ραδιοβόηθημα *DME/D* σε τρισδιάστατο σχέδιο (αριστερά), κάτοψη και τομές (δεξιά)

### 3.4 Προσομοίωση γεωμετρικού προβλήματος

Αφού προηγηθούν οι παραπάνω διαδικασίες, πρέπει να γίνει σύνθεση του μαθηματικού προβλήματος που προκύπτει και να δοθεί τρόπος επίλυσης του με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή. Τα στοιχεία που έχουν συλλεχθεί από τις παραπάνω διαδικασίες είναι το μοντέλο εδάφους αποτελούμενο από τρίγωνα και το αρχείο *fm.che* που περιέχει τις συντεταγμένες των σημείων του κανάβου που έχει δημιουργηθεί. Τοποθετώντας την κεραία στο επιθυμητό σημείο επί του εδάφους είναι αντιληπτό ότι οτιδήποτε μπορεί να αποτελέσει εμπόδιο και έχει συμπεριληφθεί στη δημιουργία του μοντέλου, έχει προσομοιωθεί με τρίγωνα. Το ερώτημα που γεννάται

κατά την αναζήτηση μιας θέσης εγκατάστασης για την οποία δεν υπάρχουν εμπόδια, είναι πως θα εντοπιστεί αν κάποιο από τα τρίγωνα του μοντέλου εδάφους εντοπίζεται εντός της περιορισμένης επιφάνειας BRA που εξάγεται από τα προγράμματα **VOR.FOR** και **ILS.FOR**.

Προς απάντηση του ερωτήματος, πραγματοποιήθηκε η σύνθεση ενός γεωμετρικού προβλήματος. Εφόσον υπάρχουν σημεία διάσπαρτα, τα σημεία του κανάβου, εντός της περιορισμένης επιφάνειας BRA αποφασίστηκε η δημιουργία ευθύγραμμων τμημάτων τα οποία να εκτείνονται εντός αυτής. Γνωρίζοντας τις συντεταγμένες της κεραίας του βοηθήματος αλλά και τις συντεταγμένες κάθε σημείου του κανάβου δημιουργούνται ευθύγραμμα τμήματα με αρχή και τέλος τα παραπάνω αντίστοιχα. Εφόσον τα πιθανά εμπόδια είναι διαμορφωμένα ως τρίγωνα γίνεται αντιληπτό ότι αν από ένα οποιοδήποτε τρίγωνο διέρχεται ένα οποιοδήποτε ευθύγραμμο τμήμα από αυτά που έχουν δημιουργηθεί τότε το τρίγωνο αυτό και κατ' επέκταση το αντικείμενο που αντιπροσωπεύει αποτελεί εμπόδιο για το βοήθημα που έχει επιλεγεί.

Το γεωμετρικό πρόβλημα που πρέπει να επιλυθεί αφορά τη σχετική θέση του εκάστοτε τριγώνου και μιας ευθείας όπως γίνεται αντιληπτό από τα παραπάνω. Για να επιλυθεί μαθηματικά δημιουργήθηκε υποπρόγραμμα το οποίο εντοπίζει τη σχετική θέση ενός τυχαίου τριγώνου με μια ευθεία στο χώρο, και συγκεκριμένα την ύπαρξη τομής μεταξύ τριγώνου και ευθείας.

#### Υποπρόγραμμα **TLT.FOR**

Είναι γνωστό από την Ευκλείδεια Γεωμετρία ότι από τρία μη συνευθειακά σημεία διέρχεται μοναδικό επίπεδο. Επιπλέον, από δύο οποιαδήποτε σημεία του χώρου διέρχεται μία και μόνο μία ευθεία. Επομένως έχοντας τις συντεταγμένες των τριών κορυφών ενός τριγώνου είναι δυνατό να βρεθεί η σχετική θέση του επιπέδου που διέρχεται από αυτές, και κατά συνέπεια περιέχει το τρίγωνο, και μιας τυχαίας ευθείας στο χώρο. Μια ευθεία ενδέχεται να τέμνει ένα επίπεδο, να ανήκει ή να είναι παράλληλη σε αυτό. Στην περίπτωση που ευθεία και επίπεδο είναι παράλληλα δεν υπάρχει κανένα κοινό σημείο μεταξύ τους. Αντίθετα, σε κάθε άλλη περίπτωση υπάρχει τουλάχιστον ένα σημείο τομής.

Το υποπρόγραμμα που δημιουργήθηκε εντοπίζει αν υπάρχει σημείο τομής μεταξύ μιας ευθείας και ενός επιπέδου και εφόσον υπάρχει υποδεικνύει τις συντεταγμένες του σημείου αυτού. Ως είσοδος στο πρόγραμμα δίνονται τα εξής:

- Συντεταγμένες (X,Y,Z) για τα δύο σημεία τα οποία θα ορίσουν την ευθεία
- Αρχείο *fm8.dat* το οποίο περιέχει τις συντεταγμένες των τριών σημείων τα οποία θα ορίσουν το επίπεδο.

Έχοντας το επίπεδο και την ευθεία, το υποπρόγραμμα λύνει το γεωμετρικό πρόβλημα και δίνει ως "έξοδο" αποτελέσματα για την ύπαρξη τομής μεταξύ τους. Συγκεκριμένα:

- Σχέδιο μορφής AutoCAD (.dwg) που απεικονίζει το τρίγωνο που ορίζει το επίπεδο και το ευθύγραμμο τμήμα που ορίζει την ευθεία.
- Συντεταγμένες (X,Y,Z) του σημείου τομής εφόσον αυτό υπάρχει.

Οι εντολές και ολόκληρο το υποπρόγραμμα, όπως αυτό συντάχθηκε, περιέχονται στο παράρτημα που παρατίθεται στο τέλος της εργασίας.

### 3.5 Συνδυασμός Μοντέλου Εδάφους και Επιφανειών BRA

Αφού πραγματοποιηθούν τα παραπάνω, γίνεται εφικτή η επίλυση του αρχικού προβλήματος περί ύπαρξης εμποδίων εντός μια συγκεκριμένης επιφάνειας BRA. Είναι προφανές, ότι συνδυάζοντας το μοντέλο εδάφους και το υποπρόγραμμα επίλυσης του γεωμετρικού προβλήματος που κατασκευάστηκε θα μπορεί, μέσω εφαρμογής, να δοθεί το ζητούμενο συμπέρασμα της παρούσας διπλωματικής. Για αυτό το σκοπό δημιουργήθηκε πρόγραμμα το οποίο με τη χρήση του υποπρογράμματος *TLT.FOR*, μέσω εφαρμογής, μπορεί να οδηγήσει στα ζητούμενα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας.

Το πρόγραμμα που δημιουργήθηκε ονομάστηκε *BRA.FOR*. Για τη λειτουργία του προγράμματος χρειάζονται τέσσερα αρχεία τα οποία είναι απαραίτητα για την εκτέλεση του, το *fm.prm*, το *fm.che*, το *in.tri* και ένα εκ των *fm.xyz*, είτε εκείνο που περιέχει τα δεδομένα για την εκτέλεση του προγράμματος VOR.FOR είτε εκείνο με τα δεδομένα για το ILS.FOR, ανάλογα με το είδος του ραδιοβοηθήματος που έχει επιλεγεί.

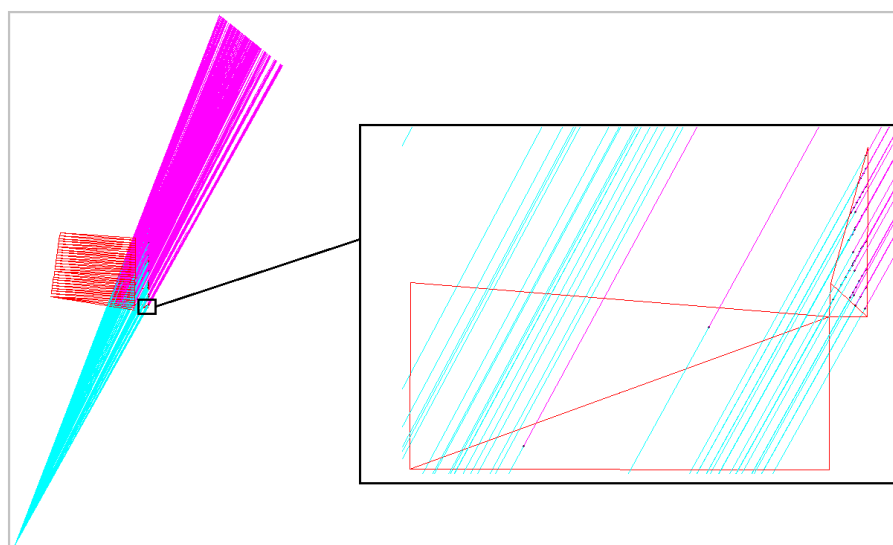
- *fm.prm* : Περιέχει τις παραμέτρους του προγράμματος *BRA.FOR* και πληροφορίες για αυτές σε μορφή αναγνώσιμη από το πρόγραμμα οι οποίες εμφανίζονται στην οθόνη κατά την εκτέλεση του προγράμματος.
- *fm.che* : Περιέχει τις συντεταγμένες (X,Y,Z) του κανάβου που έχει προκύψει από την εκτέλεση είτε του *ILS.FOR* είτε του *VOR.FOR*, ανάλογα με το είδος του ραδιοβοηθήματος που έχει επιλεγεί.

- **in.tri** : Περιέχει τις συντεταγμένες των κορυφών όλων των τριγώνων που απεικονίζονται στο μοντέλο εδάφους όπως αυτό έχει διαμορφωθεί.
- **fm.xyz**: Συντεταγμένες (X,Y,Z), και αζιμούθιο στην περίπτωση των κατευθυντικών ραδιοβοηθημάτων, της θέσης εγκατάστασης της κεραίας τους.

Επομένως, είναι κατανοητό ότι το πρόγραμμα ουσιαστικά πραγματοποιεί τον έλεγχο τομής για τον οποίο δημιουργήθηκε το υποπρόγραμμα **TLT.FOR** για όλα τα τρίγωνα που βρίσκονται στο αρχείο **in.tri**. Ακολουθεί δηλαδή μια επαναληπτική διαδικασία επίλυσης του γεωμετρικού προβλήματος της τομής επιπέδου και ευθείας με μια διαφορά. Η τομή επιπέδου-ευθείας μπορεί να είναι ένα σημείο εντός του τριγώνου που ορίζει το επίπεδο ή εκτός αυτού. Αυτό που αποδεικνύει όμως, ότι το τρίγωνο αντιπροσωπεύει εμπόδιο είναι η ύπαρξη τομής εντός αυτού. Για αυτό το λόγο το πρόγραμμα παρουσιάζει ύπαρξη τομής μόνο στην περίπτωση που η τομή είναι εντός του τριγώνου που έχει δοθεί από το αρχείο **in.tri**.

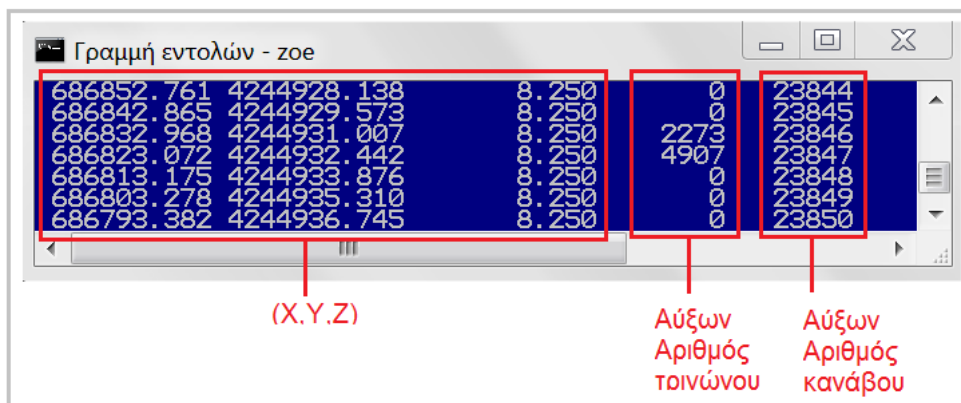
Κατά την εκτέλεση του προγράμματος δημιουργείται το αρχείο **bra.dxf** το οποίο μπορεί να εμφανιστεί στο χρήστη μετά το τέλος του προγράμματος μαζί με μια σειρά από δεδομένα τα οποία αποτελούν έξοδο για το πρόγραμμα.

- **bra.dxf** : Περιέχει σχέδιο σε μορφή αναγνώσιμη από το σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD που απεικονίζει τα ευθύγραμμα τμήματα που δημιουργήθηκαν από τα σημεία του **fm.che** το οποίο δημιουργήθηκε από το πρόγραμμα **ILS.FOR** ή **VOR.FOR**. Σημειώνεται ότι στο σχέδιο απεικονίζονται σε περίπτωση τομής τα τρίγωνα που τέμνονται και επιπλέον, τα ευθύγραμμα τμήματα με διαφορετικούς χρωματισμούς πριν και μετά την τομή τους.



**Εικόνα 3.32:** Ενδεικτική απεικόνιση του σχεδίου **bra.dxf** ως έξοδος του προγράμματος **BRA.FOR**

Κατά την εκτέλεση του προγράμματος στην οθόνη αναγράφονται συντεταγμένες (X,Y,Z) κάθε σημείου του *fm.che* που ελέγχεται και για κάθε σημείο ένας αριθμός που συμβολίζει τον αριθμό του τριγώνου που κόβεται από την ευθεία που ορίζεται από το εκάστοτε σημείο και το σημείο εγκατάστασης της κεραίας. Αν ο αριθμός αυτός είναι μηδέν τότε δεν υπάρχει σημείο τομής εντός τριγώνου. Τέλος, υπάρχει και για κάθε σημείο και ο αύξων αριθμός του. Συμπεραίνεται ότι με την εκτέλεση του προγράμματος είναι πλέον εφικτή η εύρεση τυχόν εμποδίων αλλά και η αναγνώριση τους για την πιθανή απομάκρυνση τους.



**Εικόνα 3.33:** Γραμμή εντολών κατά την εκτέλεση του προγράμματος *BRA.FOR*

Οι εντολές και το πρόγραμμα όπως διαμορφώθηκε υπάρχουν στο παράρτημα της διπλωματικής εργασίας.

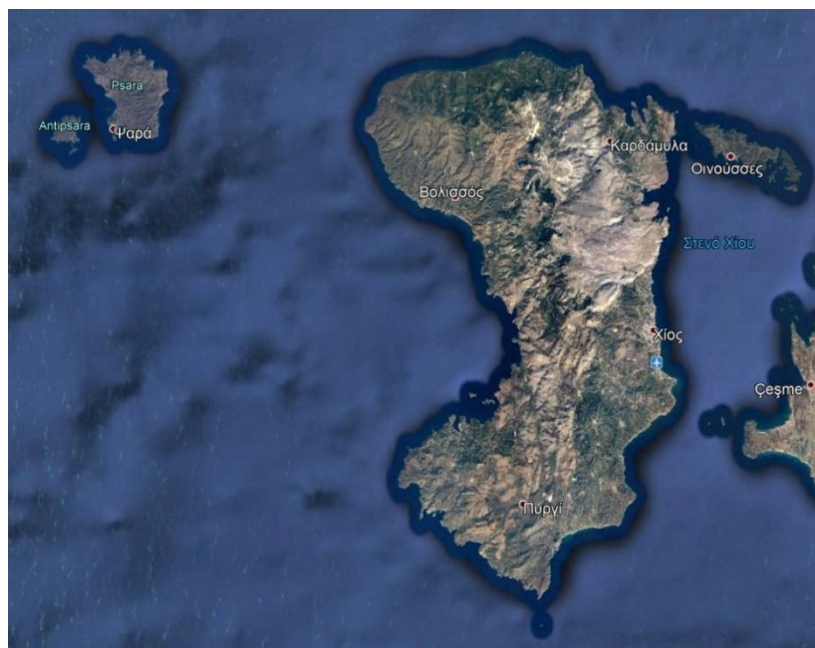


## 4. Μελέτη Εφαρμογής

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας, όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι η διερεύνηση της βέλτιστης θέσης εγκατάστασης επιλεγμένων ραδιοβοηθημάτων στους κρατικούς αερολιμένες Χίου "Όμηρος" και Νάξου "Απόλλων". Στα αεροδρόμια αυτά αναμένονται παρεμβάσεις οι οποίες έχουν ήδη φτάσει στο στάδιο της οριστικής μελέτης από την Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας. Οι μελέτες περιλαμβάνουν βελτιστοποίηση και επέκταση του πεδίου ελιγμών και στην περίπτωση του αερολιμένα της Χίου περιλαμβάνουν και επέκταση του αεροσταθμού. Και στους δύο αερολιμένες τέθηκε το ζήτημα για εύρεση νέας θέσης εγκατάστασης ραδιοβοηθημάτων, ανάγκη που προέκυψε λόγω των αλλαγών στα πεδία ελιγμών και των εργασιών που προβλέπει η νέα μελέτη του εκάστοτε αερολιμένα. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την επίτευξη των παραπάνω περιγράφεται στο παρακάτω κεφάλαιο πραγματοποιώντας για κάθε αερολιμένα μια μελέτη εφαρμογής, σύμφωνη με τη μεθοδολογία που περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

### 4.1 Μελέτη εφαρμογής κρατικού αερολιμένα Χίου "Όμηρος"

Η Χίος είναι νησί του Ανατολικού Αιγαίου και το πέμπτο μεγαλύτερο της Ελλάδας με έκταση 842 τ.χλμ. και μήκος ακτών 213 χλμ. Διοικητικά αποτελεί την Περιφερειακή Ενότητα Χίου που ανήκει στην Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου μαζί με τα νησιά Ψαρά, Αντίψαρα και Οινούσσες.



*Εικόνα 4.1: Δορυφορικός χάρτης νήσου Χίου*

Ο κρατικός αερολιμένας Χίου "Όμηρος" βρίσκεται 3 χιλιόμετρα από το κέντρο της πόλης της Χίου και νότια αυτής. Η λειτουργία του ξεκίνησε τον Αύγουστο του 1969 και η πρώτη πτήση που υποδέχτηκε ήταν η πτήση 560 της Ολυμπιακής Αεροπορίας από την Αθήνα. Ο κωδικός αναγνώρισης του αεροδρομίου για τη Διεθνή Ένωση Αερομεταφορών (International Air Transport Association - IATA) είναι JKH, για τον ICAO είναι LGHI και για την ΥΠΑ είναι KAXIO. Το γεωγραφικό του πλάτος είναι 38° 20' 36" Βόρειο και το γεωγραφικό του μήκος είναι 26° 08' 26" Ανατολικό (συντεταγμένες του κέντρου το διαδρόμου) ενώ το επίσημο υψόμετρο του εντοπίζεται στα 4,42μ. Εντός του αεροδρομίου βρίσκεται τη δεδομένη στιγμή αεροσταθμός 800 τ.μ. του οποίου προβλέπεται η επέκταση για την εξυπηρέτηση της επιβατικής κίνησης, καθώς και πυροσβεστικός σταθμός ο οποίος εξασφαλίζει κατηγορία πυρασφάλειας 6(VI) για το αεροδρόμιο.



*Εικόνα 4.2: Αεροσταθμός κρατικού αερολιμένα Χίου*

Ο διάδρομος του αεροδρομίου έχει μήκος 1511 μ., πλάτος 30 μ. και προσανατολισμό 01/19. Η νέα μελέτη αναβάθμισης του αερολιμένα, εκτός από την επέκταση του αεροσταθμού, περιλαμβάνει επέκταση του διαδρόμου στα 1850 μ., βελτίωση του πεδίου ελιγμών με την εκ νέου κατασκευή των περιμετρικών οδών εντός αεροδρομίου και τη διαμόρφωση των ζωνών ασφαλείας.





**Εικόνα 4.3:** Θέση κρατικού αερολιμένα Χίου

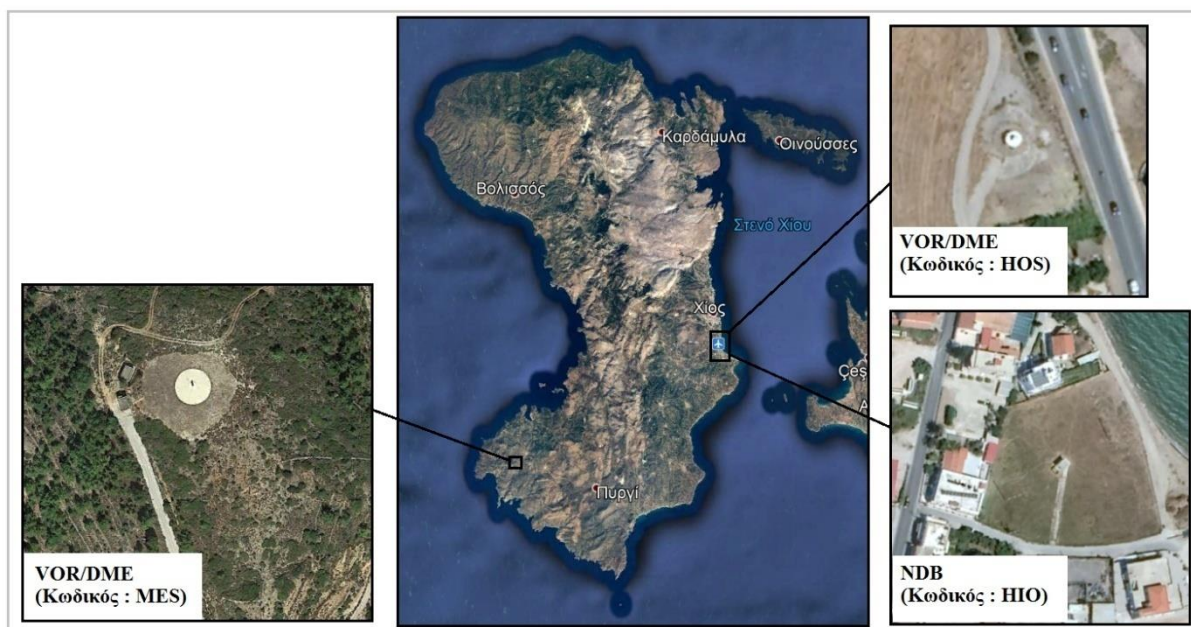
Στο αεροδρόμιο της Χίου επιτρέπονται τόσο πτήσεις IFR όσο και πτήσεις VFR. Για την εξυπηρέτηση των πτήσεων από και προς το νησί της Χίου λειτουργούν επί του παρόντος στο νησί τρία ραδιοβοηθήματα, δύο εντός του αεροδρομίου και ένα εκτός. Εντός του αεροδρομίου είναι εγκατεστημένο ένα NDB (κωδικός: HIO) και ένα VOR/DME (κωδικός: HOS) και εκτός του χώρου του αεροδρομίου εντοπίζεται στην περιοχή των Μεστών ένας δεύτερος σταθμός διαδρομής VOR/DME (κωδικός: MES). Τα επίπεδα πτήσης (Flight Level - FL), δηλαδή το εύρος υψομέτρου εντός του οποίου πραγματοποιούνται πτήσεις αεροσκαφών που δύνανται να συνδεθούν με το εκάστοτε ραδιοβοήθημα και η εμβέλεια τους είναι FL500/100NM, FL250/40NM και 80NM αντίστοιχα. Για κάθε ραδιοβοήθημα, δημοσιεύεται ειδικός εγκεκριμένος χάρτης πορείας για την προσγείωση και απογείωση των αεροσκαφών του οποίου η ονοματολογία φέρει το όνομα του νησιού, τον κωδικό και το είδος του βοηθήματος καθώς και το άκρο του διαδρόμου στο οποίο αναφέρεται η διαδικασία που περιγράφει. Επιπλέον, όσον αφορά στα οπτικά βοηθήματα το αεροδρόμιο της Χίου διαθέτει δείκτες PAPI και στα δύο άκρα του διαδρόμου του. Η εμβέλεια των συστημάτων PAPI σημειώνεται ότι δεν ξεπερνάει τις 10° εκατέρωθεν του άξονα του διαδρόμου.

**Πίνακας 4.1:** Οπτικά βοηθήματα διαδρόμου στον αερολιμένα Χίου

Είδος Βοηθήματος	Άκρο Διαδρόμου	Γωνία στροφής	Αποσταση από το διάδρομο (m)
PAPI	01	3.02°	13
PAPI	19	2.98°	13

**Πίνακας 4.2:** Ραδιοβοηθήματα πλοήγησης στον αερολιμένα Χίου

Είδος Βοηθήματος	Κωδικός	Συχνότητα	Ωρες λειτουργίας	Συντεταγμένες κεραίας	Υψόμετρο κεραίας (m)	Κάλυψη
CHIOS VOR/DME	HOS	110.80 MHz CH 45X	24	382058.16 N 0260833.75 E	8.06	FL 500 / 100NM
CHIOS NDB	HIO	299 kHz	24	382023.44 N 0260831.94 E	-	FL 250 / 40 NM
MESTA VOR/DME	MES	117.60 MHz CH 123X	24	381506.25 N 0255420.68 E	354.59	80 NM



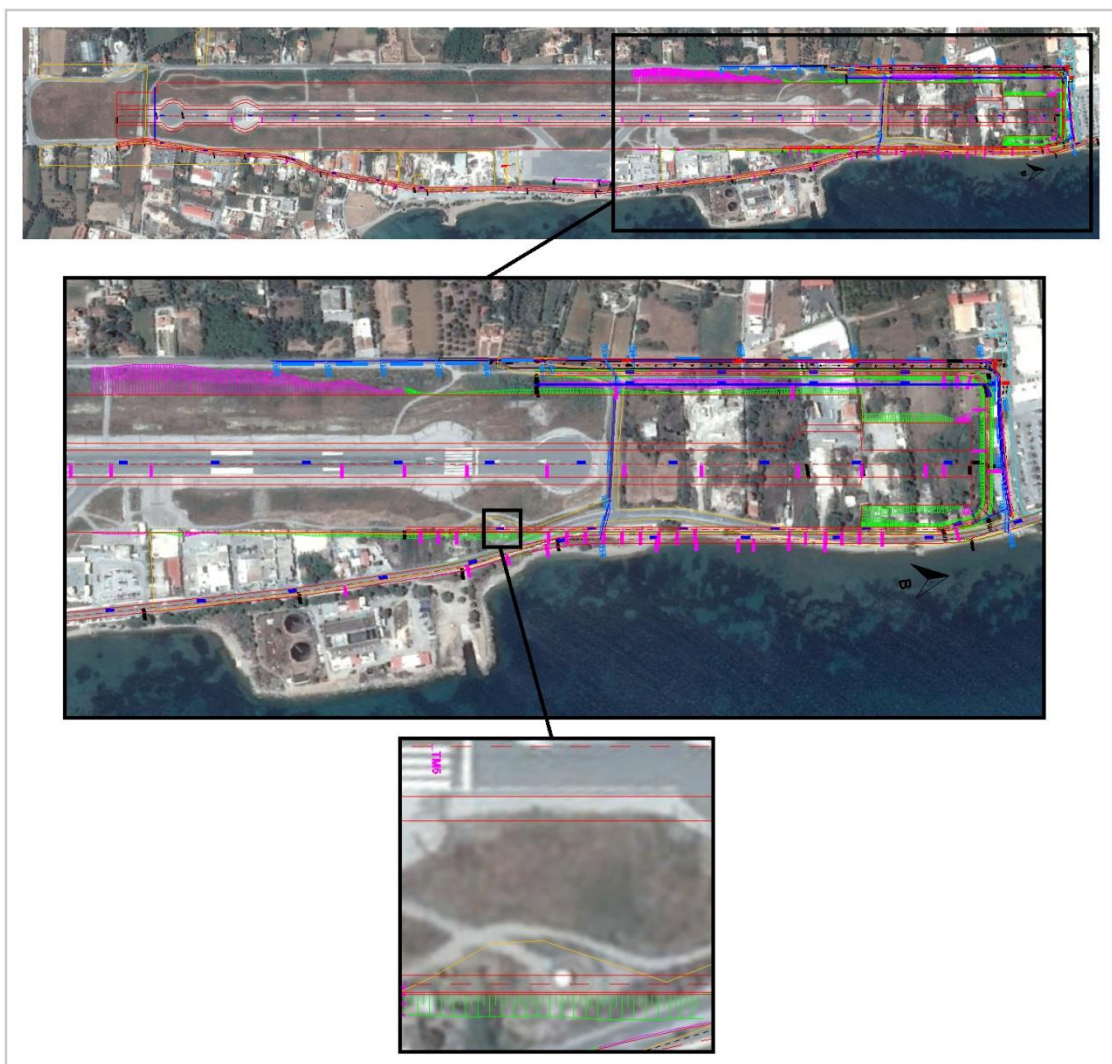
**Εικόνα 4.4:** Θέση ραδιοβοηθημάτων στο νησί της Χίου

#### Μελέτη επέκτασης και βελτίωσης του πεδίου ελιγμών

Η αναγκαιότητα επαρκούς υποδομής για τις αεροπορικές μεταφορές από και προς το νησί της Χίου, ως ένα από τα μεγαλύτερα νησιά της Ελλάδας, οδήγησε στην απόφαση αναβάθμισης του κρατικού αερολιμένα του νησιού. Σημαντικό παράγοντα αποτέλεσε η απαίτηση για προσγείωση μεγαλύτερων αεροσκαφών στο αεροδρόμιο και η ανάγκη για υποδοχή απευθείας πτήσεων (charter) από απομακρυσμένους προορισμούς. Η νέα μελέτη περιλαμβάνει την επέκταση, προς το Βορρά, του υφιστάμενου διαδρόμου στα 1850 μ. Για το σκοπό αυτό το 2012 απαλλοτριώθηκε έκταση περίπου 74000 τ.μ. βόρεια του διαδρόμου, με σκοπό καταρχήν, τη δημιουργία ζώνης ασφαλείας και στη



συνέχεια την επέκτασή του. Τα σχέδια επέκτασης του διαδρόμου υποδεικνύουν την ανύψωση της μηκοτομής του, προκειμένου να τηρούνται οι περιορισμοί εμποδίων που απαιτούνται από τον ICAO, εφόσον κατασκευάζεται παραλιακή οδός που κινείται παράλληλα με το διάδρομο, καθώς και τη διαμόρφωση της ζώνης ασφαλείας σε όλο το μήκος του νέου διαδρόμου. Επιπλέον, προβλέπεται η κατασκευή περιμετρικών οδών για την εξυπηρέτηση των υπηρεσιακών οχημάτων σε όλη την έκταση του πεδίου ελιγμών. Σημειώνεται ότι δημιουργήθηκε η απαραίτητη Περιοχή Ασφαλείας Τέλους Διαδρόμου (Runway End Safety Area - RESA) τόσο στο άκρο του νέου διαδρόμου, η οποία έχει μήκος 120μ., όσο και στο νότιο άκρο, η οποία έχει μήκος 90 μ.



**Εικόνα 4.5:** Ραδιοβοήθημα VOR/DME εντός του αερολιμένα Χίου

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, κατά την υλοποίηση των παρεμβάσεων που υποδεικνύει η μελέτη, θα επηρεαστεί η ευρύτερη περιοχή της θέσης εγκατάστασης του ραδιοβοηθήματος VOR/DME (κωδικός:HOS) εντός του χώρου του αεροδρομίου

καθώς και το σύστημα των ΡΑΡΙ στο βόρειο άκρο του διαδρόμου. Για αυτό το λόγο, γεννήθηκε πρώτον, η ανάγκη αντικατάστασης του VOR/DME και αλλαγής της θέσης εγκατάστασης αυτού και δεύτερον η απαίτηση μετατόπισης του ΡΑΡΙ σε απόσταση τέτοια ώστε να βρίσκεται τουλάχιστον 300μ. από το νέο κατώφλι του διαδρόμου.

Σημειώνεται ότι, το υπάρχον ραδιοβοήθημα VOR/DME που πρόκειται να αντικατασταθεί, είναι επί του παρόντος εγκατεστημένο σε θέση με άμεση γειτνίαση με τη θάλασσα και την κεντρική-υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου-παραλιακή οδό. Το γεγονός αυτό αποτελεί παράμετρο ελέγχου της ορθής λειτουργίας του η οποία αντιμετωπίζει προβλήματα αλλά παρόλα αυτά δε βρίσκεται σε συνθήκες κατ' ανάγκην ακραίες. Στο παρελθόν, υπαρκτό και μεγάλης σημασίας πρόβλημα είχε δημιουργηθεί στο αεροδρόμιο της Χίου λόγω αυθαίρετης κατασκευής, χωρίς την άδεια ανέγερσης από την ΥΠΑ, της Δημοτικής Επιχείρησης Ύδρευσης και Αποχέτευσης Χίου (ΔΕΥΑΧ) στον χώρο των Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ), απέναντι από το αεροδρόμιο, σε απόσταση 130 μ. περίπου από το VOR/DME. Το πρόβλημα εντοπιζόταν στο γεγονός ότι, λόγω της μεταλλικής κατασκευής του, προκαλούσε παρεμβολές στο ραδιοβοήθημα, το οδηγούσε σε οριακή λειτουργία και δημιουργούσε κινδύνους στην ασφάλεια των πτήσεων.



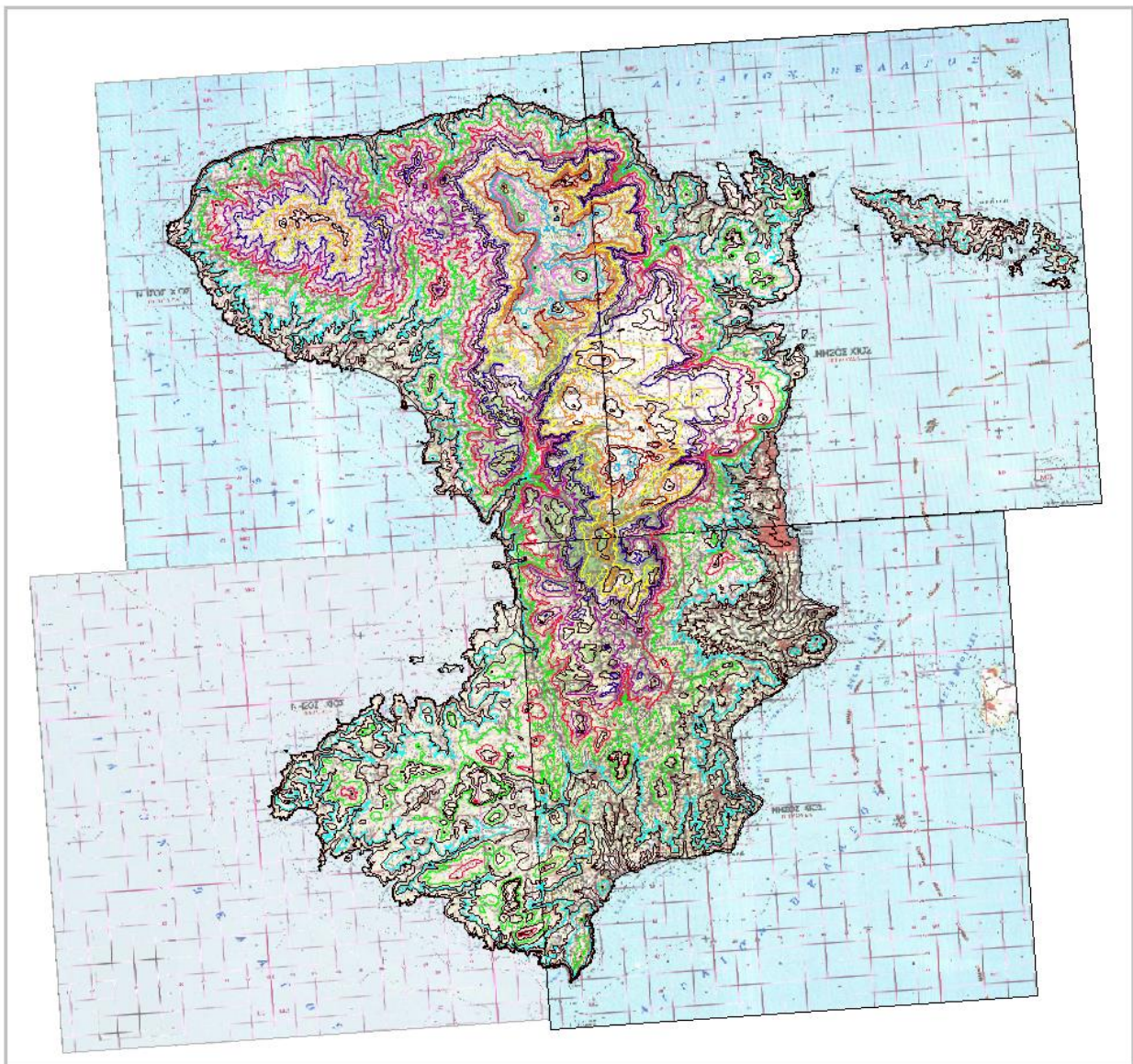
**Εικόνα 4.6:** Φωτογραφία-όψη του ραδιοβοηθήματος από ψηλά



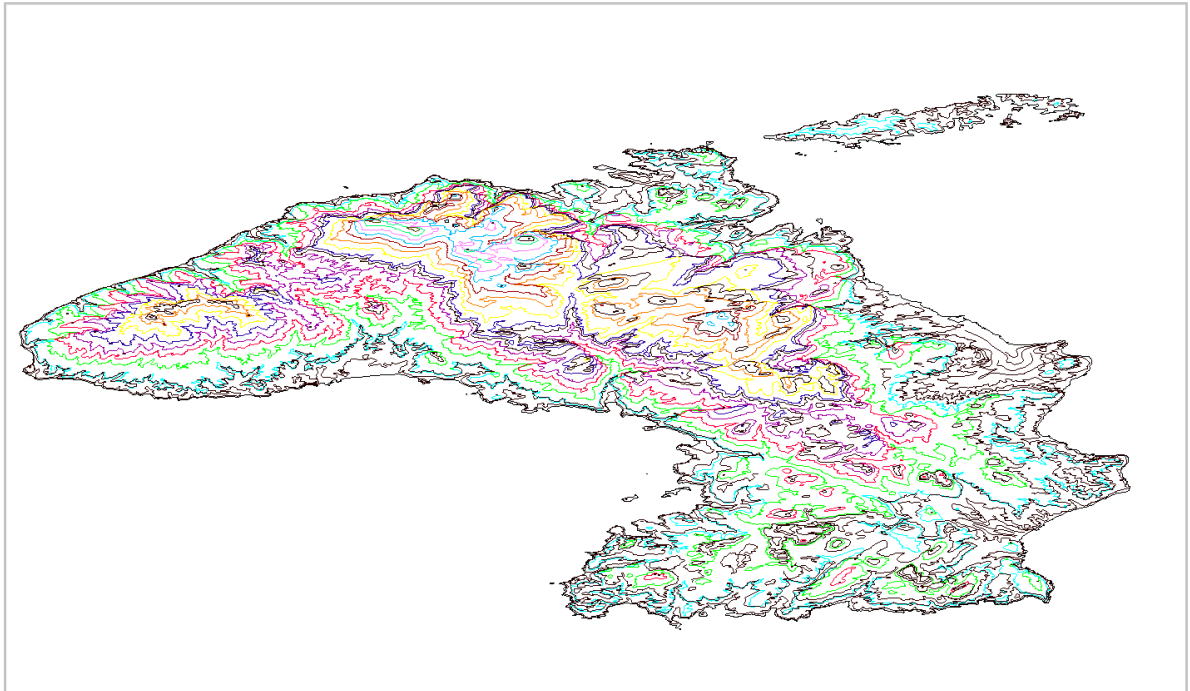
Για τον παρόν κτίριο, υπήρξε κατεπείγουσα παρέμβαση της ΥΠΑ, στις 14 Σεπτεμβρίου του 2014, για την αναστολή των εργασιών ανέγερσης, οι οποίες τότε δεν είχαν ακόμα ολοκληρωθεί.

#### 4.1.1 Μοντέλο εδάφους για το νησί της Χίου

Για την κατασκευή του μοντέλου εδάφους της Χίου εφαρμόστηκε η μέθοδος του τριγωνισμού μέσω ισοψών καμπύλων, όπως έχει ήδη αναφερθεί στο κεφάλαιο 3. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκε τοπογραφικός χάρτης του νησιού από την Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (ΓΥΣ) και μέσω αυτού δημιουργήθηκε τρισδιάστατο σχέδιο ισοψών καμπύλων.

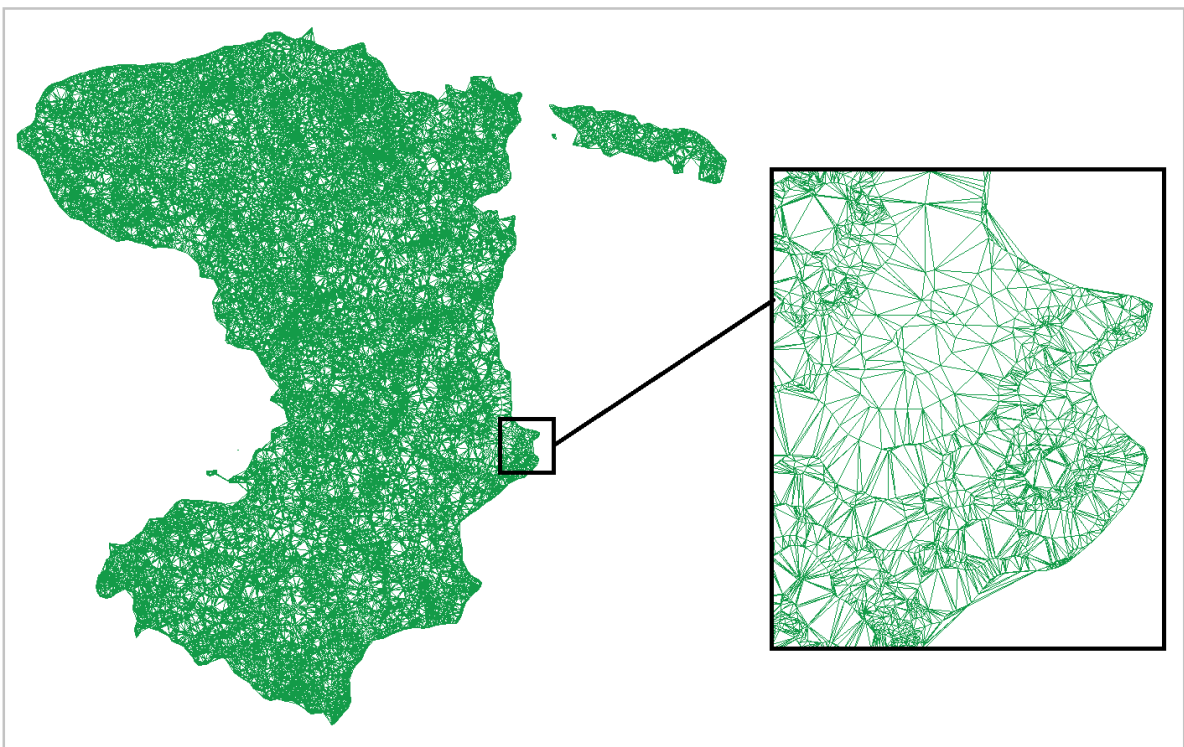


*Εικόνα 4.7: Ανάγλυφο νήσου Χίου με ισοψείς σε υπόβαθρο*



**Εικόνα 4.8:** *Ανάγλυφο νήσου Χίου με ισοϋψείς σε τρισδιάστατο σχέδιο*

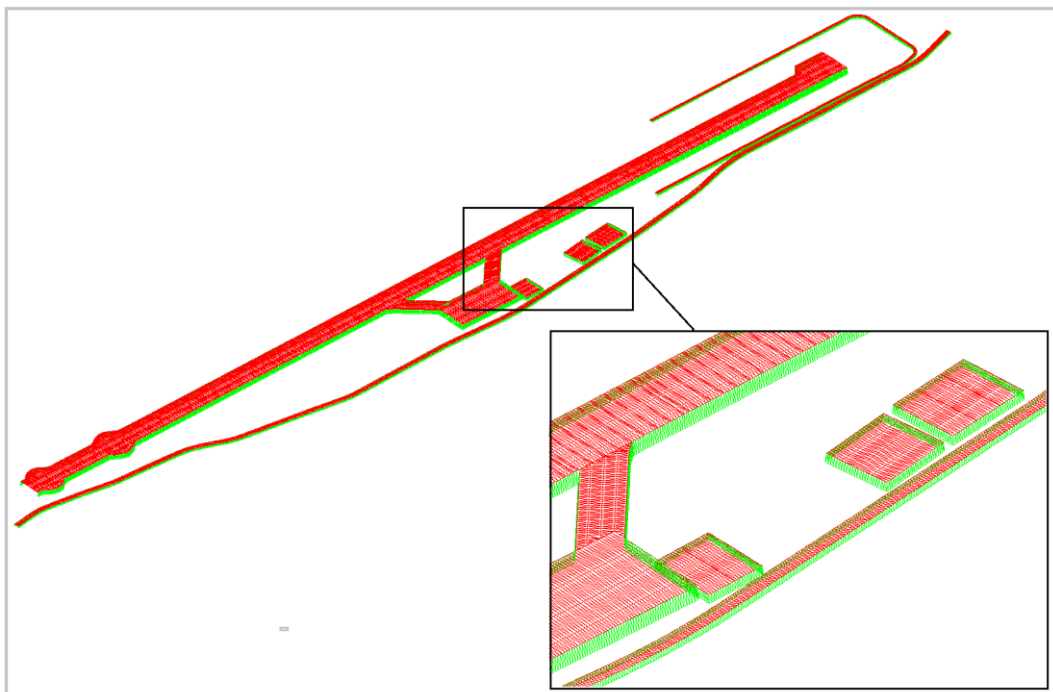
Εισάγοντας το σχέδιο των ισοϋψών στην εφαρμογή InRoads του MicroStation κατασκευάστηκε το μοντέλο εδάφους του νησιού που απεικονίζει ουσιαστικά το φυσικό έδαφος και το ανάγλυφο του νησιού.



**Εικόνα 4.9:** *Μοντέλο εδάφους του ανάγλυφου της Χίου*



Εκτός από το ανάγλυφο της περιοχής, στο μοντέλο εδάφους που θα χρησιμοποιηθεί κατά την εκτέλεση του προγράμματος BRA.FOR, είναι απαραίτητο να συμπεριληφθούν όπως έχει αναφερθεί παραπάνω κτίρια και κατασκευές, μόνιμα ή κινητά αντικείμενα τα οποία είναι πιθανόν να αποτελέσουν εμπόδια στη λειτουργία του ραδιοβοηθήματος. Για αυτό το λόγο, δημιουργήθηκε ένα δεύτερο μοντέλο εδάφους που απεικονίζει διαμορφωμένες επιφάνειες πλησίον και εντός του αεροδρομίου, όπως ο αεροσταθμός, με την νέα μελέτη επέκτασης του, και τα διάφορα κτίρια, σε κοντινή απόσταση από το διάδρομο, των οποίων το υψόμετρο είναι γνωστό από τοπογραφικές μετρήσεις που διαθέτει η Υ.Π.Α. Επιπλέον, στο μοντέλο αυτό συμπεριλήφθηκαν αντικείμενα που έχουν χαρακτηριστεί ως εμπόδια από την Υ.Π.Α. και έχουν εκδοθεί στο Εγχειρίδιο αεροναυτικών πληροφοριών (Aeronautical Information Publication - AIP) καθώς και η νέα μελέτη επέκτασης και βελτίωσης του πεδίου ελιγμών του αερολιμένα Χίου. Προκειμένου να γίνει έλεγχος αν τα αεροσκάφη που κινούνται στο πεδίο ελιγμών, καθώς και τα οχήματα εντός και εκτός αεροδρομίου, επί της παραλιακής οδού, μπορεί να προκαλέσουν παρεμβολές στα ραδιοβοηθήματα, εντάχθηκαν και αυτά στο δεύτερο μοντέλο εδάφους. Για την εισαγωγή τους στο μοντέλο εδάφους θεωρήθηκε κίνηση αεροσκάφος ύψους 8.50 μ. στο πεδίο ελιγμών και συγκεκριμένα στο δάπεδο στάθμευσης και κίνηση φορτηγού ύψους 4.00 μ. στην παραλιακή οδό στην ανατολική πλευρά του αερολιμένα.



**Εικόνα 4.10:** Απεικόνιση μοντέλου εδάφους των κατασκευών πλησίον του αεροδρομίου



Σημειώνεται ότι η κίνηση οχημάτων επί των περιμετρικών οδών εντός του αεροδρομίου καθώς και η κίνηση επί του διαδρόμου θεωρήθηκε όπως συμβαίνει στην πράξη, ότι ελέγχεται από τον Πύργο Ελέγχου. Έχοντας μοντελοποιήσει τόσο το φυσικό έδαφος όσο και τις διαμορφωμένες επιφάνειες πλησίον και εντός του αεροδρομίου κατασκευάστηκε ένα τελικό μοντέλο εδάφους που συνδύαζε τα δύο παραπάνω. Αυτό υλοποιήθηκε μέσω της εφαρμογής InRoads του MicroStation και συγκεκριμένα μέσω της εντολής *Merge* η οποία επιτρέπει την συγχώνευση και την ενοποίηση δυο αρχείων και έχει παρουσιαστεί στο κεφάλαιο 3. Με αυτόν τον τρόπο, κατασκευάστηκε το Μοντέλο εδάφους της Χίου το οποίο ως αρχείο *in.tri* χρησιμοποιήθηκε στην εκτέλεση του προγράμματος BRA.FOR.

#### **4.1.2 Επιλογή θέσης εγκατάστασης του συστήματος DVOR/DME**

Η θέση του αεροδρομίου της Χίου περιορίζει τις πιθανές θέσεις εγκατάστασης των ραδιοβοηθημάτων που είναι απαραίτητα για την αεροναυτιλία. Σημαντικός παράγοντας για την επιλογή της θέσης τους αποτελεί η ευρύτερη δόμηση της περιοχής, που ήδη έχει περιορίσει τις δυνατότητες του αεροδρομίου για επέκταση, αλλά και η ύπαρξη του περιφερειακού παραλιακού δρόμου, του οποίου η κίνηση, οι μεταλλικοί πυλώνες φωτισμού κ.α. θα μπορούσαν να αποτελέσουν κίνδυνο παρεμβολών για το εκάστοτε ραδιοβοήθημα. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, κρίσιμη περιοχή, ειδικότερα για τη λειτουργία του DVOR όπως προκύπτει από τις πρόσθετες απαιτήσεις του ICAO, είναι ένας κύλινδρος ακτίνας 300μ. Επιπλέον, για ύψη πάνω των 52μ., όπως προκύπτει από τον πίνακα του ICAO για τις περιοχές BRA, υπάρχει κίνδυνος παρεμβολών λόγω ύπαρξης ανεμογεννητριών, ειδικότερα στην περίπτωση των αιολικών πάρκων όπου οι ανεμογεννήτριες βρίσκονται σε συστοιχία. Στην περίπτωση της Χίου, αιολικοί σταθμοί εντοπίζονται στο Μελανείο, στην Ποταμιά και στα Ψαρά οι οποίοι βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη των 10000μ. από το αεροδρόμιο και επομένως δεν επηρεάζουν τη μελέτη που πραγματοποιείται.

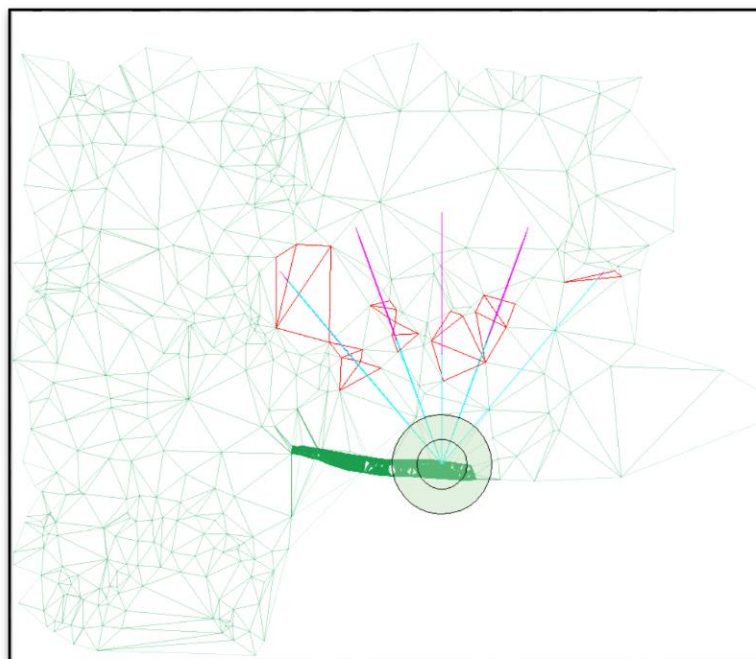
Σημαντικό προσόν του αεροδρομίου της Χίου, το οποίο εξυπηρετεί την εύρεση νέας θέσης για το ραδιοβοήθημα, αποτελεί η ανύψωση της μηκοτομής του διαδρόμου. Με αυτόν τον τρόπο η υψομετρική διαφορά που απέκτησε το επίπεδο του διαδρόμου σε σχέση με το επίπεδο της παραλιακής οδού αποτρέπει την δημιουργία παρεμβολών τόσο από την κίνηση των οχημάτων όσο και από τα συστήματα οδοφωτισμού που ενδεχομένως να εγκατασταθούν κτλ. Το ίδιο αποτέλεσμα προκύπτει και σε σχέση με τα κτίρια του μοντέλου εδάφους.

Για τους παραπάνω λόγους, προτιμήθηκε η νέα θέση εγκατάστασης του ραδιοβοηθήματος να βρίσκεται στην περιοχή ανύψωσης του διαδρόμου. Σημειώνεται ότι, λόγω της διαμόρφωσης του επίγειου σταθμού η οποία έχει παρουσιαστεί παραπάνω, το σύστημα το κεραιών βρίσκεται 3μ. πάνω από το έδαφος. Συνεπώς, αφού εντοπιστούν οι συντεταγμένες της πιθανής νέας θέσης του DVOR/DME, θεωρώντας υψόμετρο στη βάση της κεραιάς το υψόμετρο του εδάφους αυξημένο κατά 3μ., αυτές εισάγονται στο πρόγραμμα BRA.FOR. Για να καταστεί δυνατή η εκτέλεση του προγράμματος συμπληρώνεται το αρχείο *fm.xyz* με τις συντεταγμένες και το βήμα του κανάβου. Οι συντεταγμένες της προτεινόμενης θέσης του DVOR/DME που επιλέχθηκε όπως προέκυψε από δοκιμές διαφόρων θέσεων φαίνονται στον πίνακα 4.3.

**Πίνακας 4.3:** Στοιχεία νέου ραδιοβοηθήματος DVOR/DME

Είδος Βοηθήματος	Κωδικός	Ωρες λειτουργίας	Συντεταγμένες κεραιάς	Υψόμετρο κεραιάς (m)
CHIOS DVOR/DME	HOS	24	686984.9066 4246673.0640	9.3

Κατά την εκτέλεση του προγράμματος BRA.FOR εξήχθηκε το σχέδιο της εικόνας 4.10 που αποδεικνύει ότι η ύπαρξη εμποδίων δεν είναι μεγάλη, ειδικότερα στην ευαίσθητη περιοχή των 300μ. και 600μ. γύρω από την κεραιά. Τα εμπόδια που προκύπτουν φαίνεται να είναι λόγω του ανάγλυφου της περιοχής και προτείνεται να εξετασθεί η παρεμβολή τους στα σήματα από ειδικό αεροναυτιλιακό έλεγχο.



**Εικόνα 4.111:** Έξοδος από την εκτέλεση του προγράμματος BRA.FOR

Τέλος, παρακάτω παρουσιάζονται τα στοιχεία του συστήματος ΡΑΡΙ που αντικαταστάθηκε στο βόρειο άκρο του διαδρόμου.

*Πίνακας 4.4: Στοιχεία συστήματος ΡΑΡΙ*

Είδος Βοηθήματος	Άκρο Διαδρόμου	Γωνία στροφής	Αποσταση από το διάδρομο (m)
ΡΑΡΙ	19	3.00°	13

#### 4.2 Μελέτη εφαρμογής κρατικού αερολιμένα Νάξου

Η Νάξος είναι το μεγαλύτερο και πιο εύφορο νησί των Κυκλάδων. Βρίσκεται στο κέντρο περίπου των Κυκλάδων, νότια της Μυκόνου και ανατολικά της Πάρου. Έχει έκταση 430 τ.χλμ. και το μήκος των ακτών της ανέρχεται στα 148 χλμ. Ολόκληρο το νησί της Νάξου υπάγεται στο δήμο Νάξου και Μικρών Κυκλάδων, με έδρα τη Νάξο, και χωρίζεται στις Δημοτικές Ενότητες Νάξου (πρώην δήμος Νάξου) και Δρυμαλίας (πρώην δήμος Δρυμαλίας).



*Εικόνα 4.12: Δορυφορικός χάρτης νήσου Νάξου*

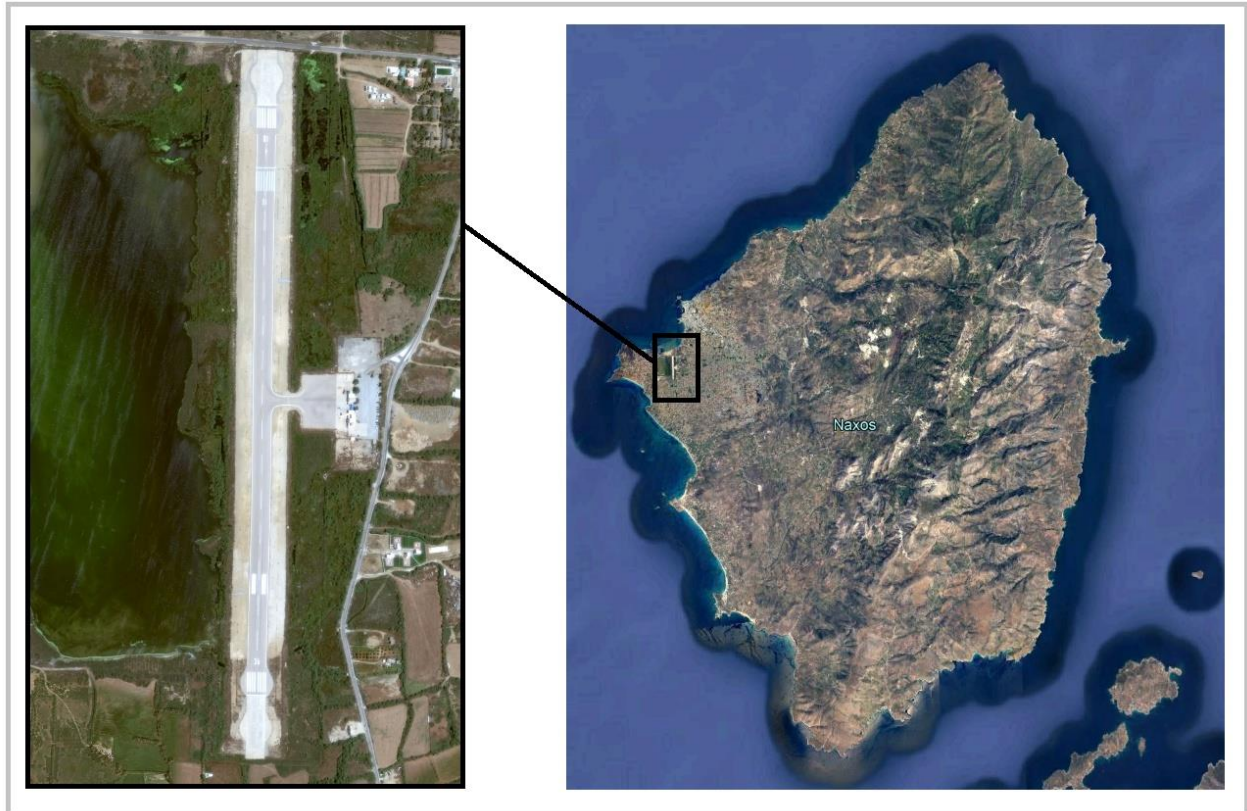
Ο κρατικός αερολιμένας Νάξου "Απόλλων" βρίσκεται σε απόσταση 3 χλμ. από την πρωτεύουσα του νησιού, νότια από το λιμάνι της Νάξου και 4 χλμ. από τον Άγιο Προκόπιο, στη θέση Αλυκές Νάξου (ανατολική πλευρά αερολιμένα). Η λειτουργία του ξεκίνησε την 3<sup>η</sup> Ιουλίου του 1992. Ο κωδικός αναγνώρισης του αεροδρομίου για την IATA είναι JNX, για τον ICAO είναι LGNX και για την ΥΠΑ είναι ΚΑΝΞ. Το γεωγραφικό του πλάτος είναι 37° 04' 56" Βόρειο και το γεωγραφικό του μήκος είναι 25° 22' 07" Ανατολικό (συντεταγμένες του κέντρου το διαδρόμου) ενώ το επίσημο υψόμετρο του εντοπίζεται στα 3,29μ. Εντός του αερολιμένα, τη δεδομένη στιγμή, εντοπίζεται επιβατικός αεροσταθμός αλλά και πυροσβεστικός σταθμός ο οποίος παρέχει κατηγορία πυρασφάλειας 5(V) για το αεροδρόμιο. Οι συνολικές κτιριακές εγκαταστάσεις του αεροδρομίου καλύπτουν εμβαδόν 300τ.μ. και υπάρχει σχέδιο επέκτασης και αναδιάταξης των εσωτερικών χώρων του αεροσταθμού και γενικά διαμόρφωσης του περιβάλλοντος χώρου του νέου κτιρίου.



***Εικόνα 4.13:** Αεροσταθμός κρατικού αερολιμένα Νάξου*

Ο διάδρομος του αεροδρομίου έχει μήκος 900 μ., πλάτος 30 μ. και προσανατολισμό 18/36. Η νέα μελέτη αναβάθμισης του αερολιμένα περιλαμβάνει επέκταση του διαδρόμου προς το νότο ώστε να αποκτήσει συνολικό μήκος 1350 μ., βελτίωση του πεδίου ελιγμών με κατασκευή περιμετρικών οδών εντός αεροδρομίου, διαμόρφωση των ζωνών ασφαλείας, επέκταση του δαπέδου στάθμευσης και κατασκευή νέων τροχοδρόμων.





*Εικόνα 4.14: Θέση κρατικού αερολιμένα Νάξου*

Στο αεροδρόμιο της Νάξου επιτρέπονται μόνο πτήσεις VFR. Για την εξυπηρέτηση των πτήσεων έχουν εγκατασταθεί και στα δύο άκρα του διάδρομου δείκτες PAPI. Επιπλέον, εντός του αερολιμένα υπάρχει σταθμός NDB (κωδικός: NXO) με εμβέλεια 25NM.

*Πίνακας 4.5: Οπτικά βοηθήματα διαδρόμου στον αερολιμένα Νάξου*

Είδος Βοηθήματος	Άκρο Διαδρόμου	Γωνία στροφής	Απόσταση από το διάδρομο (m)
PAPI	18	2.98°	8.30
PAPI	36	3.30°	8.30

*Πίνακας 4.6: Ραδιοβοηθήματα πλοήγησης στον αερολιμένα Νάξου*

Είδος Βοηθήματος	Κωδικός	Συχνότητα	Ωρες λειτουργίας	Συντεταγμένες κεραίας	Υψόμετρο κεραίας (m)	Κάλυψη
NAXOS NDB (Locator)	NXO	326kHz	24	370451.49 N 0252210.79 E	-	25NM

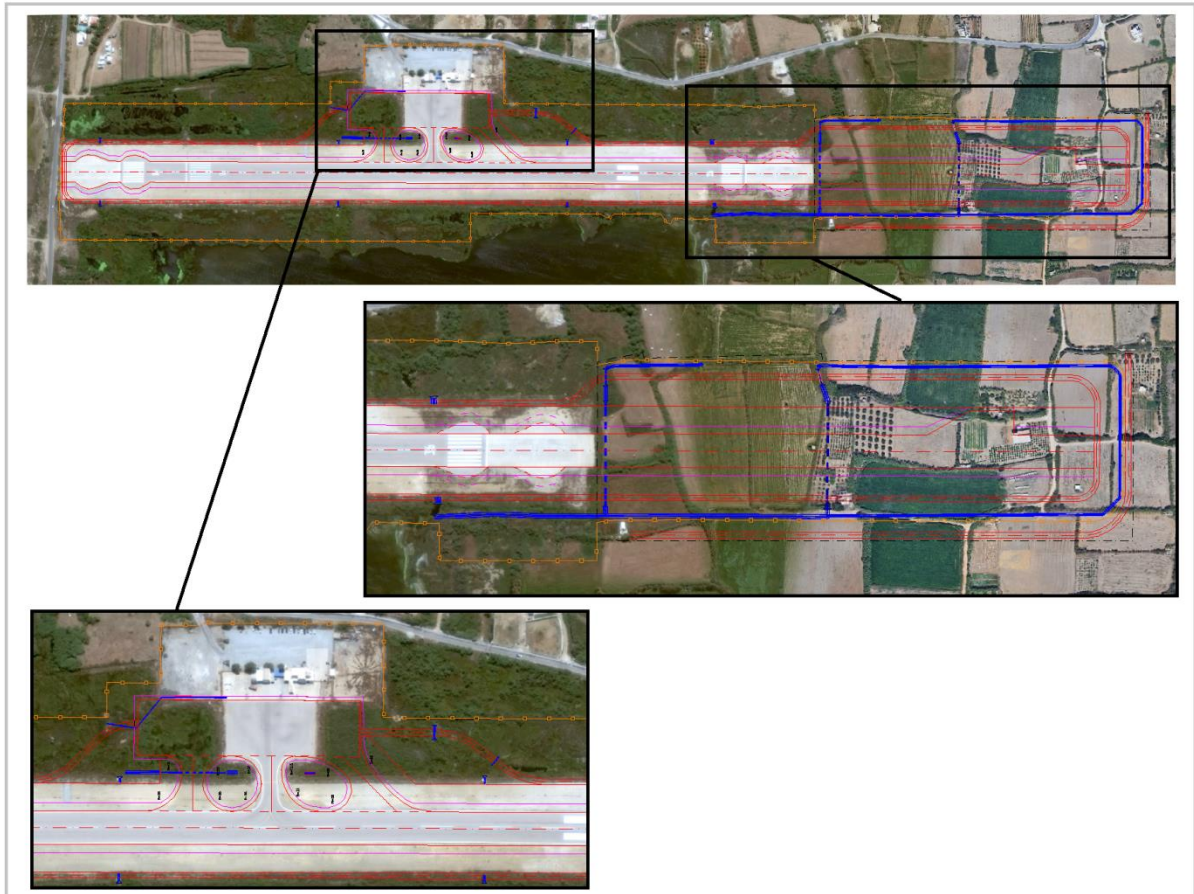


*Εικόνα 4.12: Θέση ραδιοβοηθήματος στο νησί της Νάξου*

Μελέτη επέκτασης και βελτίωσης του πεδίου ελιγμών

Τη δεδομένη στιγμή ο αερολιμένας της Νάξου έχει τη δυνατότητα να υποδεχθεί όλους τους τύπους ελαφρών αεροσκαφών, μέχρι και αεροσκάφη ATR42, DHC7, DHC8. Επιπλέον, οι διαστάσεις του δαπέδου στάθμευσης επιτρέπουν την ταυτόχρονη στάθμευση μόνο δύο αεροσκαφών ATR42. Παρόλα αυτά, ο αερολιμένας Νάξου αποτελεί τουριστικό προορισμό και όπως προκύπτει από τα δημοσιευμένα στοιχεία της ΥΠΑ, ακόμα και αν οι υποδομές του και οι υπηρεσίες που παρέχει δεν είναι ιδανικές, η κίνηση του έχει συνεχώς αυξητικές τάσεις. Εξαιτίας αυτού δημιουργήθηκε η ανάγκη επέκτασης του αερολιμένα προκειμένου να δέχεται μεγαλύτερα αεροσκάφη αλλά και πτήσεις charter από το εξωτερικό. Η νέα μελέτη βελτίωσης του πεδίου ελιγμών που υλοποιήθηκε από την ΥΠΑ, σε συνεργασία με το ΕΜΠ, περιλαμβάνει την επέκταση του διαδρόμου και την ανύψωση της μηκοτομής του, την κατασκευή

δύο συνδετήριων τροχοδρόμων πλάτους 18μ., την διαπλάτυνση του υφιστάμενου τροχοδρόμου από 15μ σε 18μ., την επέκταση του δαπέδου στάθμευσης αεροσκαφών και την κατασκευή εσωτερικής περιμετρικής οδού καθώς και την αποκατάσταση του οδικού δικτύου στο νότο που προσβάλλεται από την απαλλοτρίωση και την επέκταση των ορίων του αεροδρομίου.



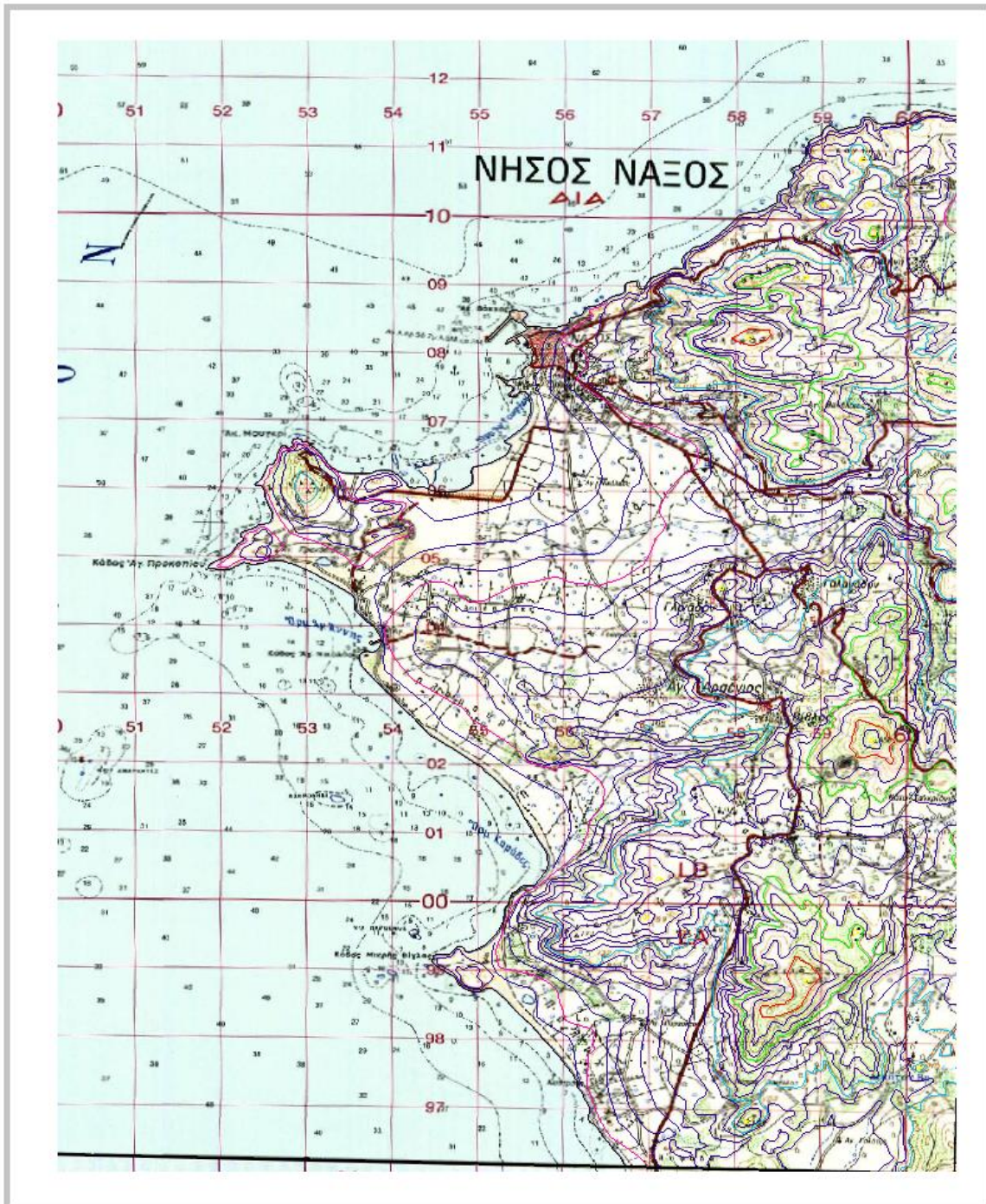
**Εικόνα 4.13:** Νέα μελέτη επέκτασης και βελτίωσης του πεδίου ελιγμών του αεροδρομίου Νάξου

Στο αεροδρόμιο της Νάξου, όπως έχει αναφερθεί, υπάρχει εγκατεστημένο ραδιοβοήθημα NDB για το οποίο ακόμα δεν έχει δημοσιευτεί διαδικασία ενόργανης προσέγγισης και αναχώρησης. Επιπλέον, η επέκταση του δαπέδου στάθμευσης καθώς και η νέα εσωτερική περιμετρική οδός ενδέχεται να δημιουργήσουν παρεμβολές στη λειτουργία του. Τη δεδομένη στιγμή, στο αεροδρόμιο της Νάξου δεν επιτρέπονται πτήσεις κατά τις νυχτερινές ώρες και συγκεκριμένα το αεροδρόμιο είναι δυνατό να δεχτεί πτήσεις από την ανατολή έως και τη δύση του ηλίου γεγονός που επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την αεροπορική κίνηση του.

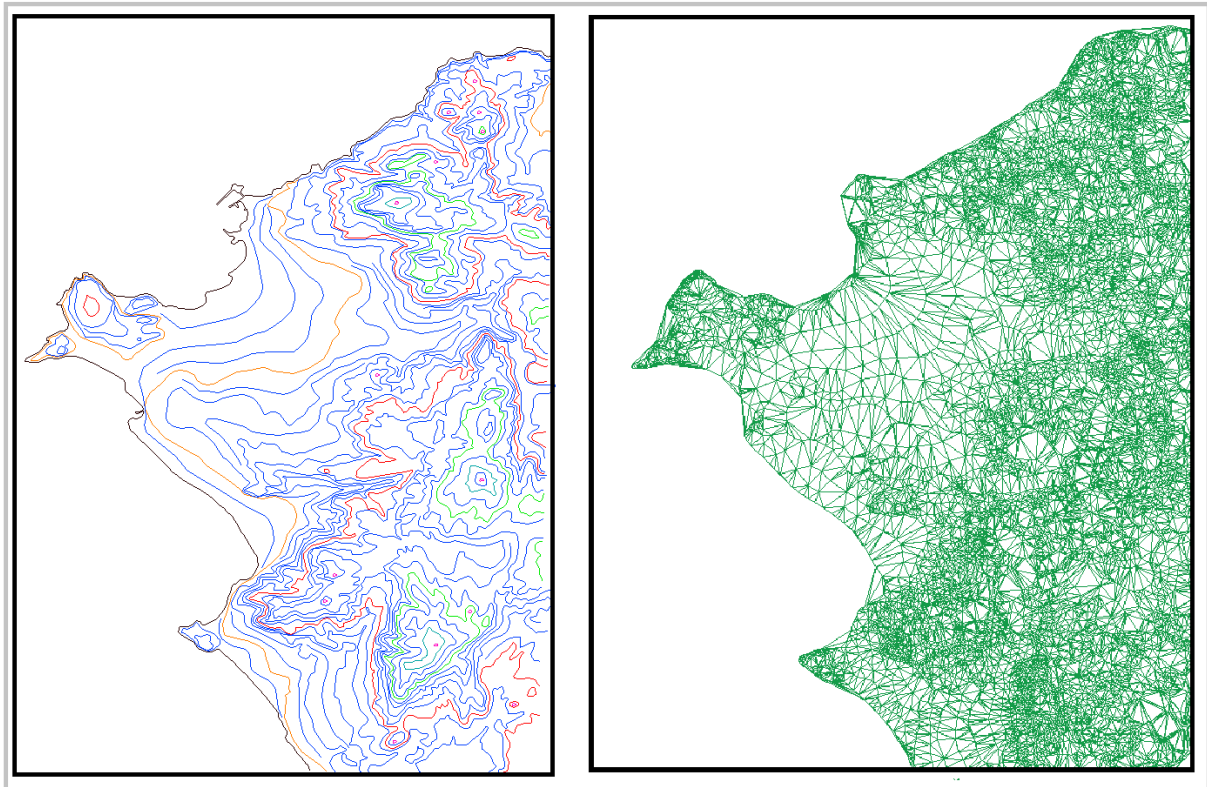


#### 4.2.1 Μοντέλο εδάφους για το νησί της Νάξου

Για την κατασκευή του μοντέλου εδάφους της Νάξου, εφαρμόστηκε η μέθοδος του τριγωνισμού, όπως και για το νησί της Χίου. Δημιουργήθηκε τρισδιάστατο σχέδιο με ισοϋψείς καμπύλες το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την αναπαράσταση του ανάγλυφου του νησιού με τρίγωνα μέσω της εφαρμογής InRoads.



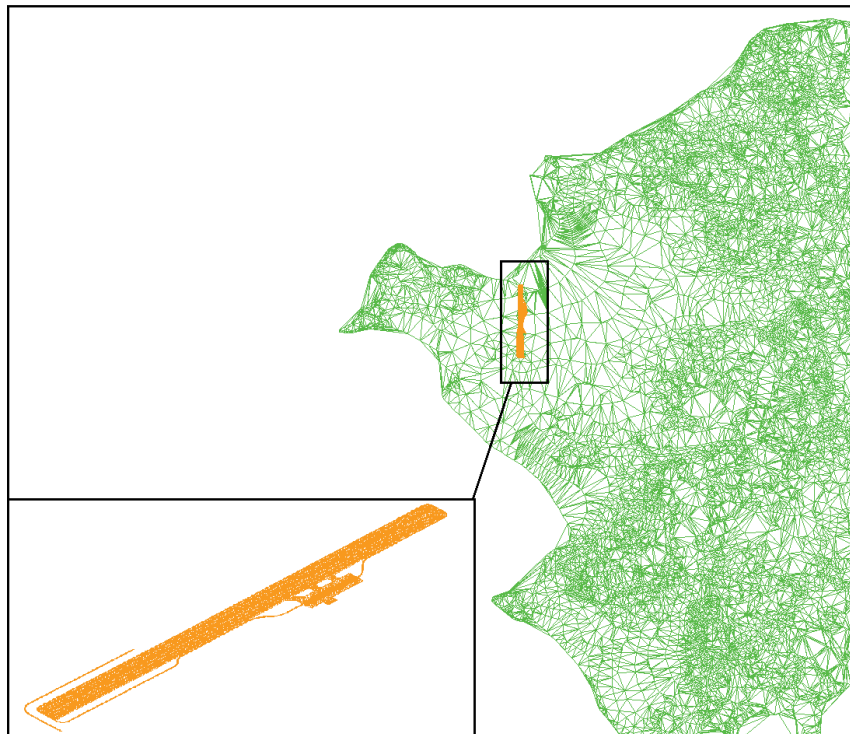
Εικόνα 4.147: Ανάγλυφο νήσου Νάξου με ισοϋψείς σε υπόβαθρο



**Εικόνα 4.15:** Ανάγλυφο Νάξου πλησίον αεροδρομίου με ισοϋψείς(αριστερά) και με τρίγωνα(δεξιά)

Επιπλέον, δημιουργήθηκε ένα δεύτερο μοντέλο που περιείχε τη νέα μελέτη του αεροδρομίου, για την κατασκευή του οποίου θεωρήθηκε κίνηση αεροσκαφών επί των τροχοδρόμων και επί του δαπέδου στάθμευσης, εφόσον εντός της υπόλοιπης έκτασης η κίνηση είναι ελεγχόμενη από τον πύργο ελέγχου, καθώς και κίνηση οχημάτων επί του εξωτερικού οδικού δικτύου, όπως και στην περίπτωση της Χίου. Τέλος, συμπεριλήφθηκαν οι κτιριακές εγκαταστάσεις του αεροσταθμού και αντικείμενα που έχουν χαρακτηριστεί ως εμπόδια από την Υ.Π.Α. και έχουν εκδοθεί στο Εγχειρίδιο αεροναυτικών πληροφοριών (Aeronautical Information Publication - AIP). Με αυτόν τον τρόπο, κατασκευάστηκε το τελικό Μοντέλο εδάφους της Νάξου το οποίο ως αρχείο *in.tri* χρησιμοποιήθηκε στην εκτέλεση του προγράμματος BRA.FOR.





*Εικόνα 4.19: Ενοποιημένο Μοντέλο εδάφους για το νησί της Νάξου*

#### **4.2.2 Επιλογή θέσης εγκατάστασης του συστήματος DVOR/DME**

Προκειμένου να καταστεί δυνατή η ανάπτυξη του αερολιμένα της Νάξου, δεν επαρκεί μόνο η υλοποίηση της νέας μελέτης επέκτασης αλλά και η εγκατάσταση ραδιοβοηθημάτων που θα επιτρέπουν την ενόργανη προσέγγιση τόσο κατά τις νυχτερινές ώρες όσο και σε συνθήκες νέφωσης και κακών καιρικών συνθηκών. Επιλέχθηκε και για το αεροδρόμιο της Νάξου να γίνει εφαρμογή για εγκατάσταση συστήματος DVOR/DME. Στο νησί της Νάξου δεν εντοπίζονται αιολικοί σταθμοί, πράγμα που διευκολύνει την επίλυση του γεωμετρικού προβλήματος της χωροθέτησης. Για την εγκατάσταση του εν λόγω ραδιοβοηθήματος, κίνδυνο παρεμβολών αποτελούν οι οδοί που εκτείνονται περιμετρικά του αεροσταθμού καθώς τα διερχόμενα αυτοκίνητα και οι πυλώνες οδο φωτισμού κ.α. μπορεί να αποτελέσουν εμπόδιο στην μετάδοση των σημάτων.

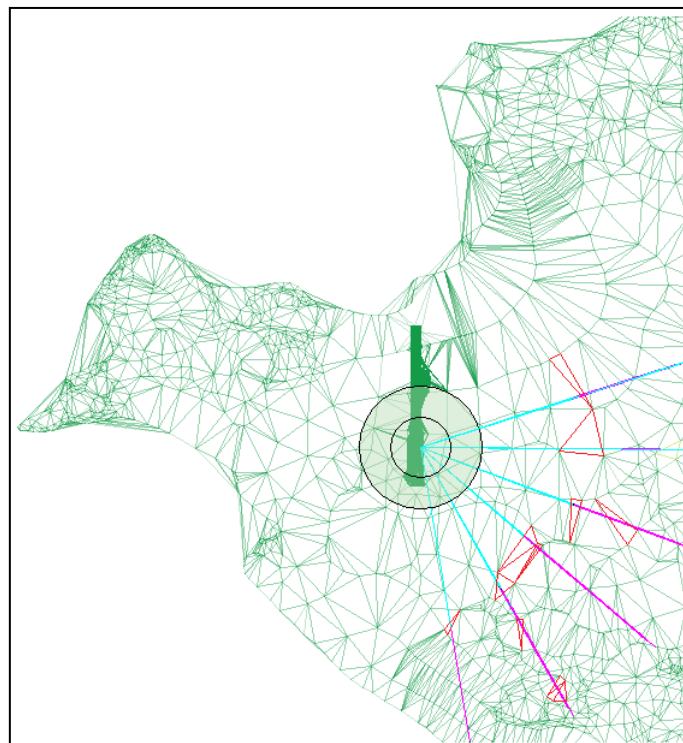
Ευνοϊκό παράγοντα για την εγκατάσταση του DVOR/DME είναι ότι η μηκοτομή του διαδρόμου ανυψώθηκε και έτσι με την εγκατάσταση του, στην περιοχή της νέας μηκοτομής, περιορίζονται οι επαφές με τυχόν εμπόδια εφόσον το οδικό δίκτυο γύρω από το αεροδρόμιο βρίσκεται σε χαμηλότερα υψόμετρα. Οι συντεταγμένες της

προτεινόμενης θέσης που επιλέχθηκε, όπως προέκυψε από δοκιμές διαφόρων θέσεων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 4.7:** Στοιχεία νέου ραδιοβοηθήματος DVOR/DME

Είδος Βοηθήματος	Κωδικός	Ώρες λειτουργίας	Συντεταγμένες κεραίας	Υψόμετρο κεραίας (m)
NAXOS DVOR/DME	NXO	24	621504.7583 4013782.5820	8.50

Κατά την εκτέλεση του προγράμματος BRA.FOR εξήχθηκε το σχέδιο της εικόνας 4.19 που αποδεικνύει ότι και πάλι η ύπαρξη εμποδίων δεν είναι μεγάλη, ειδικότερα στην ευαίσθητη περιοχή των 300μ. και 600μ. γύρω από την κεραία. Τα εμπόδια που προκύπτουν φαίνεται να είναι λόγω του ανάγλυφου της περιοχής και προτείνεται να εξετασθεί η παρεμβολή τους στα σήματα από ειδικό αεροναυτιλιακό έλεγχο.



**Εικόνα 4.20:** Έξοδος από την εκτέλεση του προγράμματος BRA.FOR

Τέλος, παρακάτω παρουσιάζονται τα στοιχεία του συστήματος PAPI που αντικαταστάθηκε στο νότιο άκρο του διαδρόμου.

**Πίνακας 4.4:** Στοιχεία συστήματος PAPI

Είδος Βοηθήματος	Άκρο Διαδρόμου	Γωνία στροφής	Απόσταση από το διάδρομο (m)
PAPI	36	3.00°	8.30

## 5. Συμπεράσματα - Προτάσεις

Για την επίτευξη του στόχου που εκπληρώνει η ύπαρξη ή η κατασκευή ενός αεροδρομίου, σημαντικό παράγοντα αποτελεί η εύρυθμη λειτουργία του, ο συντονισμός των ενεργειών και των δραστηριοτήτων που την αφορούν καθώς και η παροχή ασφάλειας στις αεροπορικές μεταφορές που πραγματοποιούνται μέσω αυτής. Είναι κατανοητό ότι η κατασκευή μιας καλής υποδομής παύει να είναι χρήσιμη χωρίς την αξιοποίηση της και την εξασφάλιση της επικοινωνίας των συντελεστών του συστήματος μεταφορών που αυτή εξυπηρετεί. Η επικοινωνία αυτή εξασφαλίζεται μέσω των αεροναυτιλιακών συστημάτων που λειτουργούν εντός η εκτός αεροδρομίων.

Σκόπος της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η υπόδειξη της σημασίας των κανονισμών που διέπουν τη χωροθέτηση των συστημάτων αεροναυτιλίας, προκειμένου αυτά να λειτουργούν ανεμπόδιστα και χωρίς παρεμβολές. Από την περιγραφή και την ανάλυση που προηγήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε φανερό το γεγονός ότι ένα σύστημα αερομεταφορών λειτουργεί αποτελεσματικά και ασφαλώς μόνο εφόσον συνοδεύεται από ένα οργανωμένο σύστημα αεροναυτιλίας.

Στην Ελλάδα υπάρχουν αερολιμένες που δεν έχουν εξοπλιστεί με σύγχρονα συστήματα αεροναυτιλίας, γεγονός που δημιουργεί προβλήματα στη λειτουργία τους ιδιαίτερα κατά τις περιόδους έντονου τουρισμού. Κατά τη μελέτη εφαρμογής που πραγματοποιήθηκε στους αερολιμένες Χίου και Νάξου, διαπιστώθηκε ότι δεν εφαρμόζονται πάντα οι κανονισμοί όσον αφορά στην εγκατάσταση των ραδιοβοηθημάτων.

Η εγκατάσταση των συστημάτων αεροναυτιλίας προϋποθέτει συνέχιση επίβλεψη των διαδικασιών που την συνοδεύουν. Η κατασκευή ενός αεροδρομίου και κατ'επέκταση των συνιστωσών του οφείλει να λαμβάνει υπόψη τις μεταβολές στο περιβάλλον του σε βάθος χρόνου. Στην κατεύθυνση αυτή, κάθε μεταβολή στο άμεσο περιβάλλον, και συγκεκριμένα στον ευρύτερο χώρο των αεροδρομίων και των θέσεων εγκατάστασης των ραδιοβοηθημάτων, πρέπει να αξιολογείται με τον κατάλληλο τρόπο. Οι αρμόδιοι φορείς οφείλουν να είναι ενήμεροι και να εφαρμόζουν τους κανονισμούς στη διαδικασία λήψης αποφάσεων για την ανέγερση νέων κτιρίων και κατασκευών πλησίον των θέσεων των συστημάτων αεροναυτιλίας. Παράλληλα, θα πρέπει να γίνει έλεγχος και αξιολόγηση των υφιστάμενων θέσεων σε σχέση με την διαμόρφωση που έχει υποστεί το περιβάλλον τους από την στιγμή εγκατάστασης τους και εξής. Σε

συνδυασμό με τα παραπάνω, θεωρείται αναγκαίο οι αρμόδιοι φορείς να θέσουν σε ορθή λειτουργία βοηθήματα που έχουν τεθεί εκτος επιχειρησιακής εκμετάλλευσης καθώς και να πραγματοποιούν ελέγχους πιστοποίησης ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

Σημαντικό επίσης παράγοντα πρόληψης του προβλήματος αποτελεί η μελέτη σχεδιασμού των αερολιμένων. Κατά τη μελέτη σχεδιασμού ενός αεροδρομίου, οι μελετητές είναι σημαντικό να λαμβάνουν υπόψη την αεροναυτιλία και να προνοούν για την εγκατάσταση των ραδιοβοηθημάτων. Η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στους αερολιμένες Χίου και Νάξου υπέδειξε ότι ο χώρος και η έκταση του αεροδρομίου είναι περιορισμένη ειδικότερα μετά την απόφαση επέκτασής τους, η οποία περιόριζε ακόμη περισσότερο τις πιθανές θέσεις λόγω των νέων σχεδίων επέκτασης.

Συνεπώς, λαμβάνοντας υπόψη την ανάλυση που προηγήθηκε αλλά και τη δύσκολη διαδικασία εύρεσης νέων θέσεων στα συστήματα αεροναυτιλίας, προτείνεται η μελέτη σχεδιασμού (Masterplan) νέων αερολιμένων αλλά και οποιαδήποτε μελέτη επέκτασης και κατασκευής νέων έργων να συνοδεύεται από την αντιστοιχη μελέτη του ελέγχου αεροναυτιλίας πριν την τελική έγκριση της. Ο σχεδιασμός των κτιριακών υποδομών ή του πεδίου ελιγμών οφείλει να παρέχει τις απαραίτητες προϋποθέσεις για την εγκατάσταση των συστημάτων αεροναυτιλίας που θα απαιτήσει το περιβάλλον αλλά και οι συνθήκες σε βάθος χρόνου.

Τέλος, η παρούσα διπλωματική ασχολήθηκε με το πρόβλημα της εγκατάστασης των ραδιοβοηθημάτων σε σχέση με τον περιβάλλοντα χώρο και τα εμπόδια φυσικά ή τεχνητά της ευρύτερης περιοχής της θέσης εγκατάστασης. Ωστόσο, επιβάλλεται να γίνει περαιτέρω έλεγχος αεροναυτιλίας ο οποίος θα υποδείξει την επίδραση οποιουδήποτε αντικειμένου εντός της περιορισμένης περιοχής της θέσης εγκατάστασης στο σήμα εκπομπής και θα αξιολογήσει το μέγεθος του προβλήματος.

Στο πλαίσιο αυτό, προτείνεται για περαιτέρω έρευνα η δημιουργία λογισμικού, που να επιλύει όχι μόνο το γεωμετρικό πρόβλημα με το οποίο ασχολήθηκε η παρούσα εργασία αλλά να ελέγχει και τις επιχειρησιακές παραμέτρους ενός βοηθήματος και να αξιολογεί το βαθμό επιρροής στα σήματα εκπομπής του. Ένα τέτοιο λογισμικό, θα είναι χρήσιμο και για την αξιολόγηση της επίδρασης στη λειτουργία ενός ραδιοβοηθήματος, μιας νέας κατασκευής στον ευρύτερο χώρο της θέσης εγκατάστασης του.

## Βιβλιογραφία

1. A. D. Yellu, A Uniform Geometrical Theory of Diffraction Model of Very-High-Frequency Omni-directional Range Systems for Improved Accuracy, 2013.
2. C. Morlaas, M. Fares and B. Souny, "Wind Turbine Effects on VOR System Performance," IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, pp. 1464 - 1476, 2008.
3. EUROCAE, ED-52. Minimum Performance Specification for Ground Conventional and Doppler Very High Frequency OMNIRange (CVOR and DVOR) Equipment, EUROCAE, 1984.
4. FAA, "Order 6820.10 VOR, VOR/DME and VORTAC siting criteria," Department of Transportation Federal Aviation Administration, 1986.
5. FAA, "U.S. National Aviation Standard for the VOR/DME/TACAN systems [Order 9840.1]", 1984.
6. ICAO, "Doc 8071 - Manual on Testing of Radio Navigation Aids," 4th edition, 2000.
7. ICAO, "Doc015 European Guidance Material on Managing Building Restricted Areas," 3rd edition, 2015.
8. ICAO, Annex 10 - Aeronautical Telecommunications, 6th ed., vol. I, ICAO, 2006.
9. ICAO, Annex 14, Volume 1 - Aerodrome Design and Operations, 5th edition, 2009.
10. ITU, "Reflection from the surface of the earth," ITU, 1986-1990.
11. M. Nolan, "Fundamentals of Air Traffic Control, 3rd ed., Brooks/Cole Wadsworth, Pacific Grove, CA, 1999.
12. R. de Neufville, A. Odoni, "Airport Systems, Planning, Design and Management", McGraw-Hill, 2012.
13. S. A. Odunaiya, "Wind Farms and Their Effect on Radio Navigation Aids," in International Flight Inspection Symposium, Toulouse - France, 2006.
14. Thales, "DVOR Thales 432 - Equipment Description" 2002.
15. Α. Κανάτας, Φ. Κωνσταντίνου and Γ. Πάντος, Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών, Παπασωτηρίου, 2008.
16. Τ. Αλεξόπουλος, Ραδιοβοήθημα Doppler VOR, ΥΠΑ, 2008.
17. ΥΠΑ, ΜΟΔ102 - Καθορισμός επιτρεπόμενων υψών φυσικών και τεχνητών εμποδίων κοντά στη θέση εγκατάστασης VOR, 1993.



# **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

## Κώδικας προγραμματισμού VOR.FOR

```

C*****
C
C   VOR.FOR
C
C   Very high Frequency Omnidirectional Range
C
C*****
C-----
C      subroutine vor
C-----
C
C      COMMON
C-----
C      common /prm_prj/prj,prjg
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      real*8      a,b,c,d          ! a,b,c,d
C      real*8      z1              ! z1
C      real*8      t,r              ! t,r
C      real*8      k,j,i            ! k,j,i
C-----
C      FILES
C-----
C      character*1  path(70)        ! Path
C
C      character*70 vordxf          ! vor.dxf
C
C      character*70 fmprm           ! fm.prm
C      character*70 fmxyz          ! fm.xyz
C      character*70 fmche          ! fm.che
C-----
C      FM.PRM - GENERAL
C-----
C      character*30 prj,prjg        ! Project Name
C-----
C      FM.XYZ
C-----
C      character*10 nxyz            ! Antenna Name
C      real*8      xxyz,yxyz,zxyz,rxyz ! Antenna XYZ
C      real*8      v                ! Vima kanavou
C-----
C      GRAPHICS
C-----
C      integer*4   ibl              ! Block No
C      character*30 lvl             ! Level
C      integer*4   clr              ! Color

```

## Παράρτημα

---

```
integer*4    smb          ! Symbology
integer*4    wgh          ! Weight
real*8       thg          ! Text Height

real*8       xpl(20)     ! X Polyline
real*8       ypl(20)     ! Y Polyline
real*8       zpl(20)     ! Z Polyline

c-----
c    START PROGRAM
c-----
    call g('Ραδιοφάρος - VOR - FM17',24,1)

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

    call pathfile(path)

    call flnm(path,'vor.dxf  ','vordxf)

    call flnm(path,'fm.prm   ','fmprm)
    call flnm(path,'fm.xyz   ','fmxyz)

    call flnm(path,'fm.che   ','fmche)

c-----
c    CHECK VOR.DXF
c-----
    callg('Είναι ελεύθερο το vor.dxf ;',27,1)

open(0,file=vordxf,status='unknown',err=999)
write(0,(''VOR''),'err=998)
close (0)

c-----
c    START VOR.DXF
c-----
callg('Ανοίγω το vor.dxf',17,1)

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

    call start

c-----
c    READ FM.PRM
c-----
    call prm(fmprm,1)

c-----
c    INITIAL VALUES
c-----
    call g('Αρχικές Τιμές ',14,1)

    p    = 3.14159265

    ibl  = 1000

    thg  = 10
```

```
c-----  
c      KEYBOARD INPUT  
c-----  
1      callg('Δώσε μου τον τύπο του ραδιοβοηθήματος',37,2)  
  
write(*,'('' 1 = DVOR''')')  
      write(*,'('' 2 = CVOR''')')  
      write(*,'('' 3 = DF''')')  
      write(*,'('' 4 = DME N''')')  
      write(*,'('' 5 = MARKERS''')')  
      write(*,'('' 6 = NDB''')')  
      write(*,'('' 7 = PSR\SSR''')')  
      write(*,'('' 8 = VHF TX\RX''')')  
      write(*,'('' 11 = DVOR_W''')')  
      write(*,'('' 12 = CVOR_W''')')  
      write(*,'('' 13 = DF_W''')')  
  
      call g('',0,1)  
  
      read(*,*) irad  
  
      if(irad.lt.1.or.irad.gt.13) goto 1  
  
c-----  
c      DVOR  
c-----  
      if(irad.eq.1.or.irad.eq.11) then  
        open(1,file=fmxyz,status='unknown')  
  
        read(1,*) nxyz,xyz,yxyz,zxyz,v  
  
        close (1)  
  
        open(2,file=fmche,status='unknown')  
  
        lvl='ΡαδιοφάροςDoppler_____'  
  
        t=0  
        rxyz=3000  
  
        clr=1  
        call line(xxyz,yxyz,zxyz,xxyz,yxyz,zxyz+5200)  
        call circle(xxyz,yxyz,zxyz+5200,rxyz)  
  
        rxyz=600  
        clr=6  
        call circle(xxyz,yxyz,zxyz,rxyz)  
        Z=zxyz+100*rxyz*tan(p/180)  
        z1=zxyz+rxyz*tan(p/180)  
        call circle(xxyz,yxyz,z,rxyz)  
        do i=1,360  
          x=xxyz+rxyz*cos(dfloat(i)*p/180.)  
          y=yxyz+rxyz*sin(dfloat(i)*p/180.)  
          call line(x,y,zxyz,x,y,z)  
        end do  
  
        rxyz=3000  
        clr=3  
        do i=1,360  
          x=xxyz+rxyz*cos(dfloat(i)*p/180.)
```

```
y=yxyz+rxyz*sin(dfloat(i)*p/180.)
call line(xxyz,yxyz,zxyz,x,y,zxyz+5200)
end do

if(irad.eq.11) then
rxyz=10000
clr=5
call circle(xxyz,yxyz,zxyz+5200,rxyz)
call circle(xxyz,yxyz,zxyz+5300,rxyz)
do i=1,360
x=xxyz+rxyz*cos(dfloat(i)*p/180.)
y=yxyz+rxyz*sin(dfloat(i)*p/180.)
call line(xxyz,yxyz,zxyz+5200,x,y,zxyz+5200)
call line(x,y,zxyz+5200,x,y,zxyz+5300)
end do
end if

clr=6
call circle(xxyz,yxyz,zxyz,t+0.5)
a=600/v
b=360/v
c=(z-zxyz)/100
do k=1,c
do i=1,a
do j=1,b
x=xxyz+v*i*cos(dfloat((v*j)*p/180.))
y=yxyz+v*i*sin(dfloat((v*j)*p/180.))
call circle(x,y,zxyz+100*k,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,zxyz+k
if (k.eq.1) then
call circle(x,y,zxyz,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,zxyz
end if
if (k.eq.c) then
call circle(x,y,z,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,z1
end if
end do
end do
end do

if (irad.eq.11) then
clr=5
a=10000/v
do i=1,a
do j=1,b
x=xxyz+v*i*cos(dfloat((v*j)*p/180.))
y=yxyz+v*i*sin(dfloat((v*j)*p/180.))
call circle(x,y,zxyz+5200,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,zxyz+52
end do
end do
end if

clr=3
a=52-c
do k=1,a
r=(600+(k/tan(p/180)))/v
do i=1,r
do j=1,b
x=xxyz+i*v*cos(dfloat((v*j)*p/180.))
```

```

y=yxyz+i*v*sin(dfloat((v*j)*p/180.))
call circle(x,y,z+100*k,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,z1+k
end do
end do
end do
do j=1,b
x=xxyz+3000*cos(dfloat((v*j)*p/180.))
y=yxyz+3000*sin(dfloat((v*j)*p/180.))
call circle(x,y,zxyz+5200,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,zxyz+52
end do

close (2)

end if

c-----
c      CVOR
c-----

if(irad.eq.2.or.irad.eq.12) then
open(1,file=fmxyz,status='unknown')

read(1,*) nxyz,xyz,yxyz,zxyz,v

close (1)

open(2,file=fmche,status='unknown')

lvl='ΡαδιοφάροςConventional_____ '

t=0
rxyz=3000

clr=1
call line(xxyz,yxyz,zxyz,xyz,yxyz,zxyz+5200)
call circle(xxyz,yxyz,zxyz+5200,rxyz)

rxyz=600
clr=6
call circle(xxyz,yxyz,zxyz,rxyz)
Z=zxyz+100*rxyz*tan(p/180)
z1=zxyz+rxyz*tan(p/180)
call circle(xxyz,yxyz,z,rxyz)
do i=1,360
x=xyz+rxyz*cos(dfloat(i)*p/180.)
y=yxyz+rxyz*sin(dfloat(i)*p/180.)
call line(x,y,zxyz,x,y,z)
end do

rxyz=3000
clr=3
do i=1,360
x=xyz+rxyz*cos(dfloat(i)*p/180.)
y=yxyz+rxyz*sin(dfloat(i)*p/180.)
call line(x,y,zxyz,x,y,zxyz+5200)
end do

if (irad.eq.12) then
rxyz=15000
clr=5

```

```
call circle(xxyz,yxyz,zxyz+5200,rxyz)
call circle(xxyz,yxyz,zxyz+5300,rxyz)
do i=1,360
x=xxyz+rxyz*cos(dfloat(i)*p/180.)
y=yxyz+rxyz*sin(dfloat(i)*p/180.)
call line(xxyz,yxyz,zxyz+5200,x,y,zxyz+5200)
call line(x,y,zxyz+5200,x,y,zxyz+5300)
end do
end if
```

```
clr=6
call circle(xxyz,yxyz,zxyz,t+0.5)
a=600/v
b=360/v
c=(z-zxyz)/100
do k=1,c
do i=1,a
do j=1,b
x=xxyz+v*i*cos(dfloat((v*j)*p/180.))
y=yxyz+v*i*sin(dfloat((v*j)*p/180.))
call circle(x,y,zxyz+100*k,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,zxyz+k
if (k.eq.1) then
call circle(x,y,zxyz,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,zxyz
end if
if (k.eq.c) then
call circle(x,y,z,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,z1
end if
end do
end do
end do
```

```
if (irad.eq.12) then
clr=5
a=15000/v
do i=1,a
do j=1,b
x=xxyz+v*i*cos(dfloat((v*j)*p/180.))
y=yxyz+v*i*sin(dfloat((v*j)*p/180.))
call circle(x,y,zxyz+5200,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,zxyz+52
end do
end do
end if
```

```
clr=3
a=52-c
do k=1,a
r=(600+(k/tan(p/180)))/v
do i=1,r
do j=1,b
x=xxyz+i*v*cos(dfloat((v*j)*p/180.))
y=yxyz+i*v*sin(dfloat((v*j)*p/180.))
call circle(x,y,z+100*k,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,z1+k
end do
end do
end do
do j=1,b
```



```
x=xxyz+3000*cos(dfloat((v*j)*p/180.))
y=yxyz+3000*sin(dfloat((v*j)*p/180.))
call circle(x,y,zxyz+5200,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,zxyz+52
end do
```

```
close (2)
```

```
end if
```

```
c-----
c   DIRECTION FINDER
c-----
```

```
if(irad.eq.3.or.irad.eq.13) then
open(1,file=fmxyz,status='unknown')
```

```
read(1,*) nxyz,xxyz,yxyz,zxyz,v
```

```
close (1)
```

```
open(2,file=fmche,status='unknown')
```

```
lvl='Ραδιογωνιόμετρο _____'
```

```
t=0
```

```
rxyz=3000
```

```
clr=1
```

```
call line(xxyz,yxyz,zxyz,xxxyz,yxyz,zxyz+5200)
```

```
call circle(xxyz,yxyz,zxyz+5200,rxyz)
```

```
rxyz=500
```

```
clr=6
```

```
call circle(xxyz,yxyz,zxyz,rxyz)
```

```
Z=zxyz+100*rxyz*tan(p/180)
```

```
z1=zxyz+rxyz*tan(p/180)
```

```
call circle(xxyz,yxyz,z,rxyz)
```

```
do i=1,360
```

```
x=xxxyz+rxyz*cos(dfloat(i)*p/180.)
```

```
y=yxyz+rxyz*sin(dfloat(i)*p/180.)
```

```
call line(x,y,zxyz,x,y,z)
```

```
end do
```

```
rxyz=3000
```

```
clr=3
```

```
do i=1,360
```

```
x=xxxyz+rxyz*cos(dfloat(i)*p/180.)
```

```
y=yxyz+rxyz*sin(dfloat(i)*p/180.)
```

```
call line(xxyz,yxyz,zxyz,x,y,zxyz+5200)
```

```
end do
```

```
if (irad.eq.13) then
```

```
rxyz=10000
```

```
clr=5
```

```
call circle(xxyz,yxyz,zxyz+5200,rxyz)
```

```
call circle(xxyz,yxyz,zxyz+5300,rxyz)
```

```
do i=1,360
```

```
x=xxxyz+rxyz*cos(dfloat(i)*p/180.)
```

```
y=yxyz+rxyz*sin(dfloat(i)*p/180.)
```

```
call line(xxyz,yxyz,zxyz+5200,x,y,zxyz+5200)
```

```
call line(x,y,zxyz+5200,x,y,zxyz+5300)
```

```
end do
end if

clr=6
call circle(xxyz,yxyz,zxyz,t+0.5)
a=500/v
b=360/v
c=(z-zxyz)/100
do k=1,c
do i=1,a
do j=1,b
x=xxyz+v*i*cos(dfloating((v*j)*p/180.))
y=yxyz+v*i*sin(dfloating((v*j)*p/180.))
call circle(x,y,zxyz+100*k,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,zxyz+k
if (k.eq.1) then
call circle(x,y,zxyz,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,zxyz
end if
if (k.eq.c) then
call circle(x,y,z,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,z1
end if
end do
end do
end do

if (irad.eq.13) then
clr=5
a=10000/v
do i=1,a
do j=1,b
x=xxyz+v*i*cos(dfloating((v*j)*p/180.))
y=yxyz+v*i*sin(dfloating((v*j)*p/180.))
call circle(x,y,zxyz+5200,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,zxyz+52
end do
end do
end if

clr=3
a=52-c
do k=1,a
r=(500+(k/tan(p/180)))/v
do i=1,r
do j=1,b
x=xxyz+i*v*cos(dfloating((v*j)*p/180.))
y=yxyz+i*v*sin(dfloating((v*j)*p/180.))
call circle(x,y,z+100*k,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,z1+k
end do
end do
end do
do j=1,b
x=xxyz+3000*cos(dfloating((v*j)*p/180.))
y=yxyz+3000*sin(dfloating((v*j)*p/180.))
call circle(x,y,zxyz+5200,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,zxyz+52
end do

close (2)
```

```

end if

c-----
c      DME N
c-----

if(irad.eq.4) then
open(1,file=fmxyz,status='unknown')

read(1,*) nxyz,xyz,xyz,zxyz,v

close (1)

open(2,file=fmche,status='unknown')

lvl='ΌργανοΑπόστασης_____ '

t=0
rxyz=3000

clr=1
callline(xxyz,xyz,zxyz,xyz,xyz,zxyz+5200)
callcircle(xxyz,xyz,zxyz+5200,rxyz)

rxyz=300
clr=6
callcircle(xxyz,xyz,zxyz,rxyz)
Z=zxyz+100*rxyz*tan(p/180)
z1=zxyz+rxyz*tan(p/180)
call circle(xxyz,xyz,z,rxyz)
do i=1,360
x=xxyz+rxyz*cos(dfloat(i)*p/180.)
y=xyz+rxyz*sin(dfloat(i)*p/180.)
call line(x,y,zxyz,x,y,z)
end do

rxyz=3000
clr=3
do i=1,360
x=xxyz+rxyz*cos(dfloat(i)*p/180.)
y=xyz+rxyz*sin(dfloat(i)*p/180.)
call line(xxyz,xyz,zxyz,x,y,zxyz+5200)
end do

clr=6
call circle(xxyz,xyz,zxyz,t+0.5)
a=300/v
b=360/v
c=(z-zxyz)/100
do k=1,c
do i=1,a
do j=1,b
x=xxyz+v*i*cos(dfloat((v*j)*p/180.))
y=xyz+v*i*sin(dfloat((v*j)*p/180.))
call circle(x,y,zxyz+100*k,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,zxyz+k
if (k.eq.1) then
call circle(x,y,zxyz,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,zxyz
end if
if (k.eq.c) then

```

```
call circle(x,y,z,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,z1
end if
end do
end do
end do

clr=3
a=52-c
do k=1,a
r=(300+(k/tan(p/180)))/v
do i=1,r
do j=1,b
x=xyz+i*v*cos(dfloat((v*j)*p/180.))
y=xyz+i*v*sin(dfloat((v*j)*p/180.))
call circle(x,y,z+100*k,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,z1+k
end do
end do
end do
do j=1,b
x=xyz+3000*cos(dfloat((v*j)*p/180.))
y=xyz+3000*sin(dfloat((v*j)*p/180.))
call circle(x,y,zxyz+5200,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,zxyz+52
end do

close (2)

end if
```

```
c-----
c MARKERS
c-----

if(irad.eq.5) then
open(1,file=fmxyz,status='unknown')

read(1,*) nxyz,xyz,yxyz,zxyz,v

close (1)

open(2,file=fmche,status='unknown')

lvl='Ραδιοσήμα_____ '

t=0
rxyz=200

clr=1
call line(xxyz,yxyz,zxyz,xyz,yxyz,zxyz+727.9)
call circle(xxyz,yxyz,zxyz+727.9,rxyz)

rxyz=50
clr=6
call circle(xxyz,yxyz,zxyz,rxyz)
Z=zxyz+10*rxyz*tan(p*20/180)
z1=zxyz+rxyz*tan(p*20/180)
call circle(xxyz,yxyz,z,rxyz)
do i=1,360
x=xyz+rxyz*cos(dfloat(i)*p/180.)
y=xyz+rxyz*sin(dfloat(i)*p/180.)
```

```
call line(x,y,zxyz,x,y,z)
end do

rxyz=200
clr=3
do i=1,360
x=xxyz+rxyz*cos(dfloat(i)*p/180.)
y=yxyz+rxyz*sin(dfloat(i)*p/180.)
call line(xxyz,yxyz,zxyz,x,y,zxyz+727.9)
end do

clr=6
call circle(xxyz,yxyz,zxyz,t+0.5)
a=50/v
b=360/v
c=(z-zxyz)/10
do k=1,c
do i=1,a
do j=1,b
x=xxyz+v*i*cos(dfloat((v*j)*p/180.))
y=yxyz+v*i*sin(dfloat((v*j)*p/180.))
call circle(x,y,zxyz+10*k,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,zxyz+k
if (k.eq.1) then
call circle(x,y,zxyz,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,zxyz
end if
if (k.eq.c) then
call circle(x,y,z,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,z1
end if
end do
end do
end do

clr=3
a=72.79-c
do k=1,a
r=(50+(k/tan(20*p/180)))/v
do i=1,r
do j=1,b
x=xxyz+i*v*cos(dfloat((v*j)*p/180.))
y=yxyz+i*v*sin(dfloat((v*j)*p/180.))
call circle(x,y,z+10*k,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,z1+k
end do
end do
end do
do j=1,b
x=xxyz+200*cos(dfloat((v*j)*p/180.))
y=yxyz+200*sin(dfloat((v*j)*p/180.))
call circle(x,y,zxyz+727.9,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,zxyz+72.79
end do

close (2)

end if
```

```
c-----  
c      NDB  
c-----  
      if(irad.eq.6) then  
        open(1,file=fmxyz,status='unknown')  
  
        read(1,*) nxyz,xyz,yxyz,zxyz,v  
  
        close (1)  
  
        open(2,file=fmche,status='unknown')  
  
        lvl='Ραδιοφάρος_____'  
  
        t=0  
        rxyz=1000  
  
        clr=1  
        call line(xxyz,yxyz,zxyz,xyz,yxyz,zxyz+8748)  
        call circle(xxyz,yxyz,zxyz+8748,rxyz)  
  
        rxyz=200  
        clr=6  
        call circle(xxyz,yxyz,zxyz,rxyz)  
        Z=zxyz+100*rxyz*tan(p*5/180)  
        z1=zxyz+rxyz*tan(p*5/180)  
        call circle(xxyz,yxyz,z,rxyz)  
        do i=1,360  
          x=xyz+rxyz*cos(dfloat(i)*p/180.)  
          y=yxyz+rxyz*sin(dfloat(i)*p/180.)  
          call line(x,y,zxyz,x,y,z)  
        end do  
  
        rxyz=1000  
        clr=3  
        do i=1,360  
          x=xyz+rxyz*cos(dfloat(i)*p/180.)  
          y=yxyz+rxyz*sin(dfloat(i)*p/180.)  
          call line(xxyz,yxyz,zxyz,x,y,zxyz+8748)  
        end do  
  
        clr=6  
        call circle(xxyz,yxyz,zxyz,t+0.5)  
        a=200/v  
        b=360/v  
        c=(z-zxyz)/100  
        do k=1,c  
          do i=1,a  
            do j=1,b  
              x=xyz+v*i*cos(dfloat((v*j)*p/180.))  
              y=yxyz+v*i*sin(dfloat((v*j)*p/180.))  
              call circle(x,y,zxyz+100*k,t+0.5)  
              write(2,'(3f14.4)') x,y,zxyz+k  
              if (k.eq.1) then  
                call circle(x,y,zxyz,t+0.5)  
                write(2,'(3f14.4)') x,y,zxyz  
              end if  
              if (k.eq.c) then  
                call circle(x,y,z,t+0.5)  
                write(2,'(3f14.4)') x,y,z1  
              end if  
            end do  
          end do  
        end do  
      end if  
    end if
```

```

end do
end do
end do

clr=3
a=87.48-c
do k=1,a
r=(200+(k/tan(5*p/180)))/v
do i=1,r
do j=1,b
x=xxyz+i*v*cos(dfloat((v*j)*p/180.))
y=yxyz+i*v*sin(dfloat((v*j)*p/180.))
call circle(x,y,z+100*k,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,z1+k
end do
end do
end do
do j=1,b
x=xxyz+1000*cos(dfloat((v*j)*p/180.))
y=yxyz+1000*sin(dfloat((v*j)*p/180.))
call circle(x,y,zxyz+8748,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,zxyz+87.48
end do

close (2)

end if

```

```

c-----
c   PSR\SSR
c-----

if(irad.eq.7) then
open(1,file=fmxyz,status='unknown')

read(1,*) nxyz,xxyz,yxyz,zxyz,v

close (1)

open(2,file=fmche,status='unknown')

lvl='Παντάρ _____'

t=0
rxyz=15000

clr=1
call line(xxyz,yxyz,zxyz,xxxyz,yxyz,zxyz+6545)
call circle(xxyz,yxyz,zxyz+6545,rxyz)

rxyz=500
clr=6
call circle(xxyz,yxyz,zxyz,rxyz)
Z=zxyz+100*rxyz*tan(p*0.25/180)
z1=zxyz+rxyz*tan(0.25*p/180)
call circle(xxyz,yxyz,z,rxyz)
do i=1,360
x=xxxyz+rxyz*cos(dfloat(i)*p/180.)
y=yxyz+rxyz*sin(dfloat(i)*p/180.)
call line(x,y,zxyz,x,y,z)
end do

```



```

rxyz=15000
clr=3
do i=1,360
x=xyz+rxyz*cos(dfloat(i)*p/180.)
y=yxyz+rxyz*sin(dfloat(i)*p/180.)
call line(xxyz,yxyz,zxyz,x,y,zxyz+6545)
end do

```

```

clr=6
call circle(xxyz,yxyz,zxyz,t+0.5)
a=500/v
b=360/v
c=(z-zxyz)/100
do k=1,c
do i=1,a
do j=1,b
x=xyz+v*i*cos(dfloat((v*j)*p/180.))
y=yxyz+v*i*sin(dfloat((v*j)*p/180.))
call circle(x,y,zxyz+100*k,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,zxyz+k
if (k.eq.1) then
call circle(x,y,zxyz,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,zxyz
end if
if (k.eq.c) then
call circle(x,y,z,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,z1
end if
end do
end do
end do

```

```

clr=3
a=65.45-c
do k=1,a
r=(500+(k/tan(0.25*p/180)))/v
do i=1,r
do j=1,b
x=xyz+i*v*cos(dfloat((v*j)*p/180.))
y=yxyz+i*v*sin(dfloat((v*j)*p/180.))
call circle(x,y,z+100*k,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,z1+k
end do
end do
end do
do j=1,b
x=xyz+15000*cos(dfloat((v*j)*p/180.))
y=yxyz+15000*sin(dfloat((v*j)*p/180.))
call circle(x,y,zxyz+6545,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,zxyz+65.45
end do

```

```
close (2)
```

```
end if
```

```

c-----
c      VHF TX\RX
c-----

```

```

if(irad.eq.8) then
open(1,file=fmxyz,status='unknown')

```

```
read(1,*) nxyz,xyz,yxyz,zxyz,v

close (1)

open(2,file=fmche,status='unknown')

lvl='Επικοινωνίες_____ '

t=0
rxyz=2000

clr=1
callline(xxyz,yxyz,zxyz,xyz,yxyz,zxyz+3491)
callcircle(xxyz,yxyz,zxyz+3491,rxyz)

rxyz=300
clr=6
callcircle(xxyz,yxyz,zxyz,rxyz)
Z=zxyz+100*rxyz*tan(p/180)
z1=zxyz+rxyz*tan(p/180)
call circle(xxyz,yxyz,z,rxyz)
do i=1,360
x=xyz+rxyz*cos(dfloat(i)*p/180.)
y=yxyz+rxyz*sin(dfloat(i)*p/180.)
call line(x,y,zxyz,x,y,z)
end do

rxyz=2000
clr=3
do i=1,360
x=xyz+rxyz*cos(dfloat(i)*p/180.)
y=yxyz+rxyz*sin(dfloat(i)*p/180.)
call line(xxyz,yxyz,zxyz,x,y,zxyz+3491)
end do

clr=6
call circle(xxyz,yxyz,zxyz,t+0.5)
a=300/v
b=360/v
c=(z-zxyz)/100
do k=1,c
do i=1,a
do j=1,b
x=xyz+v*i*cos(dfloat((v*j)*p/180.))
y=yxyz+v*i*sin(dfloat((v*j)*p/180.))
call circle(x,y,zxyz+100*k,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,zxyz+k
if (k.eq.1) then
call circle(x,y,zxyz,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,zxyz
end if
if (k.eq.c) then
call circle(x,y,z,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,z1
end if
end do
end do
end do

clr=3
```

## Παράρτημα

---

```
a=34.91-c
do k=1,a
r=(300+(k/tan(p/180)))/v
do i=1,r
do j=1,b
x=xxyz+i*v*cos(dfloat((v*j)*p/180.))
y=yxyz+i*v*sin(dfloat((v*j)*p/180.))
call circle(x,y,z+100*k,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,z1+k
end do
end do
end do
do j=1,b
x=xxyz+2000*cos(dfloat((v*j)*p/180.))
y=yxyz+2000*sin(dfloat((v*j)*p/180.))
call circle(x,y,zxyz+3491,t+0.5)
write(2,'(3f14.4)') x,y,zxyz+34.91
end do

close (2)

end if

c-----
c      FINISH VOR.DXF
c-----
1000 callg('Κλείνω το vor.dxf',17,1)

call finish

      close (0)

c-----
c      FINISH PROGRAM
c-----
      call gc30('Έργο : ',7,prjg,1)
      call g('Ραδιοφάρος - VOR - FM17',23,1)
      call g('Αντε Γειά',9,1)
      call interval(2)

c-----
      return
c-----

c-----
c      ERRORS
c-----

998 callg('Κλείστε το vor.dxf από το AUTOCAD - Πατήστε Enter ',51,1)
read(*,*)
stop ''

999 callg('Ο Κατάλογος του αρχείου vor.dxf δεν είναι έγκυρος ',51,1)
call gc70('Αρχείο=',7,vordxf,1)
      call g('Πατήστε Enter ',51,1)
      read(*,*)
      stop ''

c-----
      end
c-----
```

**Κώδικας προγραμματισμού ILS.FOR**

```

C*****
C
C      ILS.FOR
C
C      Instrument Landing System
C
C*****
C-----
C      subroutine ils
C-----
C-----
C      COMMON
C-----
C      common /prm_prj/prj,prjg
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      real*8      x1,y1,x2,y2,x3,y3 ! X1Y1X2Y2X3Y3
C      real*8      x4,y4,x5,y5,x6,y6,x7,y7 ! X1Y1X2Y2X3Y3
C      real*8      a,b,c,D,t,r,f,w,k,j ! a,b,c,D,t,r,f,w
C      real*8      rp,bp,Dp,h2p,h,L,zp ! parameters
C      real*8      m,n,q,u          ! metrites
C-----
C      FILES
C-----
C      character*1  path(70)        ! Path
C
C      character*70  ilsdxfl        ! ils.dxf
C
C      character*70  fmprml         ! fm.prm
C
C      character*70  fmxyzl         ! fm.xyz
C
C      character*70  fmche          ! fm.che
C-----
C      FM.PRM - GENERAL
C-----
C      character*30  prj,prjgl      ! Project Name
C-----
C      FM.XYZ
C-----
C      character*10  nxyz           ! Antenna Name
C      real*8        xxyz,yxyz,zxyz ! Antenna XYZ
C      real*8        axyz           ! Antenna azimuth
C      real*8        ap             ! Distance from Antenna
C      real*8        v              ! Vima kanavou
C-----
C      GRAPHICS
C-----
C      integer*4     ibl            ! Block No

```

## Παράρτημα

---

```
character*30  lvl          ! Level
integer*4    clr          ! Color
integer*4    smb          ! Symbology
integer*4    wgh          ! Weight
real*8       thg          ! Text Height

real*8       xpl(20)      ! X Polyline
real*8       ypl(20)      ! Y Polyline
real*8       zpl(20)      ! Z Polyline

c-----
c   START PROGRAM
c-----
callg('Σύστημα Ενόργωνης Προσγείωσης - ILS - FM17',42,1)

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

call  pathfile(path)

call  flnm(path,'ils.dxf  ',ilsdxf)
call  flnm(path,'fm.prm   ',fmprm)
call  flnm(path,'fm.xyz   ',fmxyz)
call  flnm(path,'fm.che   ',fmche)

c-----
c   CHECK ILS.DXF
c-----
callg('Είναι ελεύθερο το ils.dxf ;',27,1)

open(0,file=ilsdxf,status='unknown',err=999)
write(0,(''ILS''),'err=998)
close (0)

c-----
c   START ILS.DXF
c-----
callg('Ανοίγω το ils.dxf',17,1)

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

call  start

c-----
c   READ FM.PRM
c-----
call  prm(fmprm,1)

c-----
c   INITIAL VALUES
c-----
call  g('Αρχικές Τιμές ',14,1)

p    = 3.14159265

ib1  = 1000
```

```
thg = 10

c-----
c      KEYBOARD INPUT
c-----
1      callg('Δώσε μου τον τύπο του ραδιοβοηθήματος',37,2)

write(*,('' 1 = ILS-GS''))
      write(*,('' 2 = ILS-LLZ SINGLE''))
      write(*,('' 3 = ILS-LLZ DUAL''))
      write(*,('' 4 = MLS-AZ''))
      write(*,('' 5 = MLS-EL''))
      write(*,('' 6 = DME-DIRECTIONAL''))

      call g('',0,1)

      read(*,*) irad

      if(irad.lt.1.or.irad.gt.6) goto 1

c-----
c      ILS-GS
c-----

      if(irad.eq.1) then

      open(1,file=fmxyz,status='unknown')

      read(1,*) nxyz,xxyz,yxyz,zxyz,axyz,ap,v

      close (1)

      open(2,file=fmche,status='unknown')

      lvl='Ενόργανη_____ '

      ap=800
      w=90-axyz
      rp=6000
      L=325
      Dp=250
      bp=50
      zp=10
      h2p=5
      hp=70

      r=0.1
      clr=6
      call circle(xxyz,yxyz,zxyz,r)

      clr=1
      x1=-bp*cos(w*p/180)+Dp*sin(w*p/180)
      y1=-bp*sin(w*p/180)-Dp*cos(w*p/180)
      x2=-bp*cos(w*p/180)-Dp*sin(w*p/180)
      y2=-bp*sin(w*p/180)+Dp*cos(w*p/180)
      call line(x1+xxyz,y1+yxyz,zxyz,x2+xxyz,y2+yxyz,zxyz)
      X3=ap*cos(w*p/180)-Dp*sin(w*p/180)
      y3=ap*sin(w*p/180)+Dp*cos(w*p/180)
      call line(x2+xxyz,y2+yxyz,zxyz,x3+xxyz,y3+yxyz,zxyz)
      x=ap*cos(w*p/180)+Dp*sin(w*p/180)
      y=ap*sin(w*p/180)-Dp*cos(w*p/180)
```

```

call line (x3+xxyz, y3+yxyz, zxyz, x+xxyz, y+yxyz, zxyz)
call line (x+xxyz, y+yxyz, zxyz, x1+xxyz, y1+yxyz, zxyz)

do i=1, h2p
call line (x1+xxyz, y1+yxyz, zxyz+i*10, x2+xxyz, y2+yxyz, zxyz+i*10)
call line (x2+xxyz, y2+yxyz, zxyz+i*10, x3+xxyz, y3+yxyz, zxyz+i*10)
call line (x1+xxyz, y1+yxyz, zxyz+i*10, x+xxyz, y+yxyz, zxyz+i*10)
end do

clr=3
f=(L-Dp)/tan(zp*p/180)
x4=(ap+f)*cos(w*p/180)-L*sin(w*p/180)
y4=(ap+f)*sin(w*p/180)+L*cos(w*p/180)
x5=-bp*cos(w*p/180)-L*sin(w*p/180)
y5=-bp*sin(w*p/180)+L*cos(w*p/180)
x6=(ap+f)*cos(w*p/180)+L*sin(w*p/180)
y6=(ap+f)*sin(w*p/180)-L*cos(w*p/180)
x7=-bp*cos(w*p/180)+L*sin(w*p/180)
y7=-bp*sin(w*p/180)-L*cos(w*p/180)
k=h2p*10
call line (xxyz+x4, yxyz+y4, zxyz+k, xxyz+x5, yxyz+y5, zxyz+k)
call line (xxyz+x6, yxyz+y6, zxyz+k, xxyz+x7, yxyz+y7, zxyz+k)

clr=1
k=h2p+1
do i=1, k
j=10*(i-1)
call line (xxyz+x, yxyz+y, zxyz+j, xxyz+x6, yxyz+y6, zxyz+j)
end do

do i=1, k
j=10*(i-1)
call line (xxyz+x3, yxyz+y3, zxyz+j, xxyz+x4, yxyz+y4, zxyz+j)
end do

k=h2p*10
j=L-Dp
clr=3
do i=1, j
call line (xxyz+x1+i*sin(w*p/180), yxyz+y1-i*cos(w*p/180), zxyz+k,
1xxyz+x+i*sin(w*p/180), yxyz+y-i*cos(w*p/180), zxyz+k)
call line (xxyz+x2-i*sin(w*p/180), yxyz+y2+i*cos(w*p/180), zxyz+k,
1xxyz+x3-i*sin(w*p/180), yxyz+y3+i*cos(w*p/180), zxyz+k)
end do

j=L-Dp-1
do i=1, j
x=(j+1-i)*tan(dfloat((90-zp)*p/180))
y=L-i
x1=ap*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=ap*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
x2=(ap+x)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y2=(ap+x)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call line (xxyz+x1, yxyz+y1, zxyz+k, xxyz+x2, yxyz+y2, zxyz+k)
end do

clr=3
m=(L-Dp)/v
m=int(m)
do i=0, m

```



```

y=L-i*v
x=(L-Dp-i*v)*tan(dfloat((90-zp)*p/180))
n=x/v
n=int(n)
do k=0,n
x1=(ap+k*10)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=(ap+k*10)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+h2p*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+h2p
end do
do q=0,h2p
x1=(ap+x)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=(ap+x)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+q*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+q
end do
end do

do i=0,m
y=-L+i*v
x=(L-Dp-i*v)*tan(dfloat((90-zp)*p/180))
n=x/v
n=int(n)
do k=0,n
x1=(ap+k*10)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=(ap+k*10)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+h2p*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+h2p
end do
do q=0,h2p
x1=(ap+x)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=(ap+x)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+q*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+q
end do
end do

clr=3
do i=1,j
x=(j+1-i)*tan(dfloat((90-zp)*p/180))
y=-L+i
x1=ap*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=ap*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
x2=(ap+x)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y2=(ap+x)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call line(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+h2p*10,xxyz+x2,yxyz+y2,zxyz+h2p*10)
end do

clr=5
t=tan(dfloat(zp*p/180))
a=1+t**2
b=2*t*(Dp-ap*t)
c=(Dp-ap*t)**2-rp**2
D=-4*a*c+b**2
x=(-b+D**(0.5))/(2*a)
y=x*t+(Dp-ap*t)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call line(xxyz+x3,yxyz+y3,zxyz,xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz)

do i=1,hp

```

```

call line(xxyz+x3,yxyz+y3,zxyz,xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+i*10)
end do

f=atan(y/x)*180/p
call arc(xxyz,yxyz,zxyz,rp,w-f,w+f)

f=dfloat(f)
do i=1,f*10
x=rp*cos(i*p/1800)
y=rp*sin(i*p/1800)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
k=hp*10
call line(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz,xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k)
x=rp*cos(i*p/1800)
y=-rp*sin(i*p/1800)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call line(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz,xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k)
end do

t=tan(dfloat(zp*p/180))
a=1+t**2
b=2*t*(Dp-ap*t)
c=(Dp-ap*t)**2-rp**2
D=-4*a*c+b**2
x=(-b+D**(0.5))/(2*a)
y=-x*t-(Dp-ap*t)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
x4=ap*cos(w*p/180)+Dp*sin(w*p/180)
y4=ap*sin(w*p/180)-Dp*cos(w*p/180)
call line(xxyz+x4,yxyz+y4,zxyz,xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz)

do i=1,hp
call line(xxyz+x4,yxyz+y4,zxyz,xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+i*10)
end do

clr=1
m=(bp+ap)/(10*v)
m=int(m)
n=2*Dp/(10*v)
n=int(n)
do k=0,h2p
do i=0,m
do j=0,n
x1=-bp+i*v*10
y1=-Dp+j*v*10
x=x1*cos(w*p/180)-y1*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y1*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+10*k,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x,yxyz+y,zxyz+k
end do
end do
end do

clr=3
n=(L-Dp)/v
n=int(n)
do i=0,m
x1=-bp+i*v

```

```

do j=0,n
y1=-L+j*v
y2=L-j*v
x=x1*cos(w*p/180)-y1*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y1*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+h2p*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x,yxyz+y,zxyz+h2p
x=x1*cos(w*p/180)-y2*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y2*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+h2p*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x,yxyz+y,zxyz+h2p
end do
end do

clr=5
v=10*v
t=rp*cos(dfloat(f*p/180))
m=(t-ap)/v
m=int(m)
do i=0,m
x1=ap+i*v
y1=Dp+i*v*tan(zp*p/180)
q=(hp*100*i*v)/(rp-ap)
q=q/v
q=int(q)
n=y1/v
n=int(n)
do j=0,n
y1=j*v
y2=-j*v
x=x1*cos(w*p/180)-y1*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y1*cos(w*p/180)
do k=0,q
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+k*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x,yxyz+y,zxyz+k
end do
x=x1*cos(w*p/180)-y2*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y2*cos(w*p/180)
do k=0,q
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+k*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x,yxyz+y,zxyz+k
end do
end do
end do

u=rp-t
u=u/v
u=int(u)
do i=1,u
x=x1+i*v
q=(hp*100*(x-ap))/(rp-ap)
q=q/v
q=int(q)
y=0
x2=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y2=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
do k=0,q
call circle(xxyz+x2,yxyz+y2,zxyz+k*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x2,yxyz+y2,zxyz+k
end do
end do

```

```

f=dfloat(f)
n=(rp-ap-m)/v
n=int(n)
do i=1,f
do j=0,1
x=(rp-j*v)*cos(i*p/180)
y=(rp-j*v)*sin(i*p/180)
q=(hp*100*((x-ap)/v)*v)/(rp-ap)
q=q/v
q=int(q)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
do k=0,q
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k
end do
y=- (rp-j*v)*sin(i*p/180)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
do k=0,q
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k
end do
end do
end do

close (2)

end if

```

```

c-----
c   ILS LLZ SINGLE
c-----
if(irad.eq.2) then
open(1,file=fmxyz,status='unknown')

read(1,*) nxyz,xyz,yxyz,zxyz,axyz,ap,v

close (1)

open(2,file=fmche,status='unknown')

lvl='Ενόργανη_____ '

w=90-axyz
rp=6000+ap
L=2300
Dp=500
bp=500
zp=30
h2p=10
hp=70

r=0.1
clr=6
call circle(xxyz,yxyz,zxyz,r)

clr=1
x1=-bp*cos(w*p/180)+Dp*sin(w*p/180)
y1=-bp*sin(w*p/180)-Dp*cos(w*p/180)

```

```

x2=-bp*cos(w*p/180)-Dp*sin(w*p/180)
y2=-bp*sin(w*p/180)+Dp*cos(w*p/180)
call line(x1+xyz,y1+xyz,zxyz,x2+xyz,y2+xyz,zxyz)
X3=ap*cos(w*p/180)-Dp*sin(w*p/180)
y3=ap*sin(w*p/180)+Dp*cos(w*p/180)
call line(x2+xyz,y2+xyz,zxyz,x3+xyz,y3+xyz,zxyz)
x=ap*cos(w*p/180)+Dp*sin(w*p/180)
y=ap*sin(w*p/180)-Dp*cos(w*p/180)
call line(x3+xyz,y3+xyz,zxyz,x+xyz,y+xyz,zxyz)
call line(x+xyz,y+xyz,zxyz,x1+xyz,y1+xyz,zxyz)

do i=1,h2p
call line(x1+xyz,y1+xyz,zxyz+i*10,x2+xyz,y2+xyz,zxyz+i*10)
call line(x2+xyz,y2+xyz,zxyz+i*10,x3+xyz,y3+xyz,zxyz+i*10)
call line(x1+xyz,y1+xyz,zxyz+i*10,x+xyz,y+xyz,zxyz+i*10)
end do

clr=3
f=(L-Dp)/tan(zp*p/180)
x4=(ap+f)*cos(w*p/180)-L*sin(w*p/180)
y4=(ap+f)*sin(w*p/180)+L*cos(w*p/180)
x5=-bp*cos(w*p/180)-L*sin(w*p/180)
y5=-bp*sin(w*p/180)+L*cos(w*p/180)
x6=(ap+f)*cos(w*p/180)+L*sin(w*p/180)
y6=(ap+f)*sin(w*p/180)-L*cos(w*p/180)
x7=-bp*cos(w*p/180)+L*sin(w*p/180)
y7=-bp*sin(w*p/180)-L*cos(w*p/180)
k=h2p*10
call line(xxyz+x4,yxyz+y4,zxyz+k,xxyz+x5,yxyz+y5,zxyz+k)
call line(xxyz+x6,yxyz+y6,zxyz+k,xxyz+x7,yxyz+y7,zxyz+k)

clr=1
k=h2p+1
do i=1,k
j=10*(i-1)
call line(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+j,xxyz+x6,yxyz+y6,zxyz+j)
end do

do i=1,k
j=10*(i-1)
call line(xxyz+x3,yxyz+y3,zxyz+j,xxyz+x4,yxyz+y4,zxyz+j)
end do

k=h2p*10
j=L-Dp
clr=3
do i=1,j
call line(xxyz+x1+i*sin(w*p/180),yxyz+y1-i*cos(w*p/180),zxyz+k,
1xxyz+x+i*sin(w*p/180),yxyz+y-i*cos(w*p/180),zxyz+k)
call line(xxyz+x2-i*sin(w*p/180),yxyz+y2+i*cos(w*p/180),zxyz+k,
1xxyz+x3-i*sin(w*p/180),yxyz+y3+i*cos(w*p/180),zxyz+k)
end do

j=L-Dp-1
do i=1,j
x=(j+1-i)*tan(dfloat((90-zp)*p/180))
y=L-i
x1=ap*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=ap*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
x2=(ap+x)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)

```

```

y2=(ap+x)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call line(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k,xxyz+x2,yxyz+y2,zxyz+k)
end do

clr=3
m=(L-Dp)/v
m=int(m)
do i=0,m
y=L-i*v
x=(L-Dp-i*v)*tan(dfloat((90-zp)*p/180))
n=x/v
n=int(n)
do k=0,n
x1=(ap+k*10)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=(ap+k*10)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+h2p*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+h2p
end do
do q=0,h2p
x1=(ap+x)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=(ap+x)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+q*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+q
end do
end do

do i=0,m
y=-L+i*v
x=(L-Dp-i*v)*tan(dfloat((90-zp)*p/180))
n=x/v
n=int(n)
do k=0,n
x1=(ap+k*10)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=(ap+k*10)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+h2p*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+h2p
end do
do q=0,h2p
x1=(ap+x)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=(ap+x)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+q*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+q
end do
end do

clr=3
do i=1,j
x=(j+1-i)*tan(dfloat((90-zp)*p/180))
y=-L+i
x1=ap*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=ap*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
x2=(ap+x)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y2=(ap+x)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call line(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+h2p*10,xxyz+x2,yxyz+y2,zxyz+h2p*10)
end do

clr=5
t=tan(dfloat(zp*p/180))
a=1+t**2
b=2*t*(Dp-ap*t)
c=(Dp-ap*t)**2-rp**2

```

```

D=-4*a*c+b**2
x=(-b+D**(0.5))/(2*a)
y=x*t+(Dp-ap*t)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call line(xxyz+x3,yxyz+y3,zxyz,xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz)

do i=1,hp
call line(xxyz+x3,yxyz+y3,zxyz,xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+i*10)
end do

f=atan(y/x)*180/p
call arc(xxyz,yxyz,zxyz,rp,w-f,w+f)

f=dfloat(f)
do i=1,f*10
x=rp*cos(i*p/1800)
y=rp*sin(i*p/1800)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
k=hp*10
call line(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz,xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k)
x=rp*cos(i*p/1800)
y=-rp*sin(i*p/1800)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call line(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz,xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k)
end do

t=tan(dfloat(zp*p/180))
a=1+t**2
b=2*t*(Dp-ap*t)
c=(Dp-ap*t)**2-rp**2
D=-4*a*c+b**2
x=(-b+D**(0.5))/(2*a)
y=-x*t-(Dp-ap*t)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
x4=ap*cos(w*p/180)+Dp*sin(w*p/180)
y4=ap*sin(w*p/180)-Dp*cos(w*p/180)
call line(xxyz+x4,yxyz+y4,zxyz,xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz)

do i=1,hp
call line(xxyz+x4,yxyz+y4,zxyz,xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+i*10)
end do

clr=1
m=(bp+ap)/(10*v)
m=int(m)
n=2*Dp/(10*v)
n=int(n)
do k=0,h2p
do i=0,m
do j=0,n
x1=-bp+i*v*10
y1=-Dp+j*v*10
x=x1*cos(w*p/180)-y1*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y1*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+10*k,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x,yxyz+y,zxyz+k
end do

```



```

end do
end do

clr=3
n=(L-Dp)/v
n=int(n)
do i=0,m
x1=-bp+i*v
do j=0,n
y1=-L+j*v
y2=L-j*v
x=x1*cos(w*p/180)-y1*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y1*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+h2p*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x,yxyz+y,zxyz+h2p
x=x1*cos(w*p/180)-y2*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y2*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+h2p*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x,yxyz+y,zxyz+h2p
end do
end do

clr=5
v=10*v
t=rp*cos(dfloat(f*p/180))
m=(t-ap)/v
m=int(m)
do i=0,m
x1=ap+i*v
y1=Dp+i*v*tan(zp*p/180)
q=(hp*100*i*v)/(rp-ap)
q=q/v
q=int(q)
n=y1/v
n=int(n)
do j=0,n
y1=j*v
y2=-j*v
x=x1*cos(w*p/180)-y1*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y1*cos(w*p/180)
do k=0,q
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+k*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x,yxyz+y,zxyz+k
end do
x=x1*cos(w*p/180)-y2*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y2*cos(w*p/180)
do k=0,q
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+k*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x,yxyz+y,zxyz+k
end do
end do
end do

u=rp-t
u=u/v
u=int(u)
do i=1,u
x=x1+i*v
q=(hp*100*(x-ap))/(rp-ap)
q=q/v
q=int(q)

```

```

y=0
x2=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y2=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
do k=0,q
call circle(xxyz+x2,yxyz+y2,zxyz+k*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x2,yxyz+y2,zxyz+k
end do
end do

f=dfloat(f)
n=(rp-ap-m)/v
n=int(n)
do i=1,f
do j=0,10
x=(rp-j*v)*cos(i*p/180)
y=(rp-j*v)*sin(i*p/180)
q=(hp*100*((x-ap)/v)*v)/(rp-ap)
q=q/v
q=int(q)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
do k=0,q
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k
end do
y=- (rp-j*v)*sin(i*p/180)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
do k=0,q
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k
end do
end do
end do

close (2)

end if

```

```

c-----
c      ILS LLZ DUAL
c-----

if(irad.eq.3) then
open(1,file=fmxyz,status='unknown')

read(1,*) nxyz,xyz,yxyz,zxyz,axyz,ap,v

close (1)

open(2,file=fmche,status='unknown')

lvl='Ενόργανη_____ '

w=90-axyz
rp=6000+ap
L=1500
Dp=500
bp=500
zp=20
h2p=20
hp=70

```

```

r=0.1
clr=6
call circle(xxyz,yxyz,zxyz,r)

clr=1
x1=-bp*cos(w*p/180)+Dp*sin(w*p/180)
y1=-bp*sin(w*p/180)-Dp*cos(w*p/180)
x2=-bp*cos(w*p/180)-Dp*sin(w*p/180)
y2=-bp*sin(w*p/180)+Dp*cos(w*p/180)
call line(x1+xxyz,y1+yxyz,zxyz,x2+xxyz,y2+yxyz,zxyz)
X3=ap*cos(w*p/180)-Dp*sin(w*p/180)
y3=ap*sin(w*p/180)+Dp*cos(w*p/180)
call line(x2+xxyz,y2+yxyz,zxyz,x3+xxyz,y3+yxyz,zxyz)
x=ap*cos(w*p/180)+Dp*sin(w*p/180)
y=ap*sin(w*p/180)-Dp*cos(w*p/180)
call line(x3+xxyz,y3+yxyz,zxyz,x+xxyz,y+yxyz,zxyz)
call line(x+xxyz,y+yxyz,zxyz,x1+xxyz,y1+yxyz,zxyz)

do i=1,h2p
call line(x1+xxyz,y1+yxyz,zxyz+i*10,x2+xxyz,y2+yxyz,zxyz+i*10)
call line(x2+xxyz,y2+yxyz,zxyz+i*10,x3+xxyz,y3+yxyz,zxyz+i*10)
call line(x1+xxyz,y1+yxyz,zxyz+i*10,x+xxyz,y+yxyz,zxyz+i*10)
end do

clr=3
f=(L-Dp)/tan(zp*p/180)
x4=(ap+f)*cos(w*p/180)-L*sin(w*p/180)
y4=(ap+f)*sin(w*p/180)+L*cos(w*p/180)
x5=-bp*cos(w*p/180)-L*sin(w*p/180)
y5=-bp*sin(w*p/180)+L*cos(w*p/180)
x6=(ap+f)*cos(w*p/180)+L*sin(w*p/180)
y6=(ap+f)*sin(w*p/180)-L*cos(w*p/180)
x7=-bp*cos(w*p/180)+L*sin(w*p/180)
y7=-bp*sin(w*p/180)-L*cos(w*p/180)
k=h2p*10
call line(xxyz+x4,yxyz+y4,zxyz+k,xxyz+x5,yxyz+y5,zxyz+k)
call line(xxyz+x6,yxyz+y6,zxyz+k,xxyz+x7,yxyz+y7,zxyz+k)

clr=1
k=h2p+1
do i=1,k
j=10*(i-1)
call line(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+j,xxyz+x6,yxyz+y6,zxyz+j)
end do

do i=1,k
j=10*(i-1)
call line(xxyz+x3,yxyz+y3,zxyz+j,xxyz+x4,yxyz+y4,zxyz+j)
end do

k=h2p*10
j=L-Dp
clr=3
do i=1,j
call line(xxyz+x1+i*sin(w*p/180),yxyz+y1-i*cos(w*p/180),zxyz+k,
1xxyz+x+i*sin(w*p/180),yxyz+y-i*cos(w*p/180),zxyz+k)
call line(xxyz+x2-i*sin(w*p/180),yxyz+y2+i*cos(w*p/180),zxyz+k,
1xxyz+x3-i*sin(w*p/180),yxyz+y3+i*cos(w*p/180),zxyz+k)
end do

```

```

j=L-Dp-1
do i=1,j
x=(j+1-i)*tan(dfloat((90-zp)*p/180))
y=L-i
x1=ap*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=ap*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
x2=(ap+x)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y2=(ap+x)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call line(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k,xxyz+x2,yxyz+y2,zxyz+k)
end do

clr=3
m=(L-Dp)/v
m=int(m)
do i=0,m
y=L-i*v
x=(L-Dp-i*v)*tan(dfloat((90-zp)*p/180))
n=x/v
n=int(n)
do k=0,n
x1=(ap+k*10)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=(ap+k*10)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+h2p*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+h2p
end do
do q=0,h2p
x1=(ap+x)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=(ap+x)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+q*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+q
end do
end do

do i=0,m
y=-L+i*v
x=(L-Dp-i*v)*tan(dfloat((90-zp)*p/180))
n=x/v
n=int(n)
do k=0,n
x1=(ap+k*10)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=(ap+k*10)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+h2p*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+h2p
end do
do q=0,h2p
x1=(ap+x)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=(ap+x)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+q*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+q
end do
end do

clr=3
do i=1,j
x=(j+1-i)*tan(dfloat((90-zp)*p/180))
y=-L+i
x1=ap*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=ap*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
x2=(ap+x)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y2=(ap+x)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)

```

```

call line (xxyz+x1, yxyz+y1, zxyz+h2p*10, xxyz+x2, yxyz+y2, zxyz+h2p*10)
end do

clr=5
t=tan(dfloat(zp*p/180))
a=1+t**2
b=2*t*(Dp-ap*t)
c=(Dp-ap*t)**2-rp**2
D=-4*a*c+b**2
x=(-b+D**(0.5))/(2*a)
y=x*t+(Dp-ap*t)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call line(xxyz+x3, yxyz+y3, zxyz, xxyz+x1, yxyz+y1, zxyz)

do i=1, hp
call line(xxyz+x3, yxyz+y3, zxyz, xxyz+x1, yxyz+y1, zxyz+i*10)
end do

f=atan(y/x)*180/p
call arc(xxyz, yxyz, zxyz, rp, w-f, w+f)

f=dfloat(f)
do i=1, f*10
x=rp*cos(i*p/1800)
y=rp*sin(i*p/1800)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
k=hp*10
call line(xxyz+x1, yxyz+y1, zxyz, xxyz+x1, yxyz+y1, zxyz+k)
x=rp*cos(i*p/1800)
y=-rp*sin(i*p/1800)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call line(xxyz+x1, yxyz+y1, zxyz, xxyz+x1, yxyz+y1, zxyz+k)
end do

t=tan(dfloat(zp*p/180))
a=1+t**2
b=2*t*(Dp-ap*t)
c=(Dp-ap*t)**2-rp**2
D=-4*a*c+b**2
x=(-b+D**(0.5))/(2*a)
y=-x*t-(Dp-ap*t)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
x4=ap*cos(w*p/180)+Dp*sin(w*p/180)
y4=ap*sin(w*p/180)-Dp*cos(w*p/180)
call line(xxyz+x4, yxyz+y4, zxyz, xxyz+x1, yxyz+y1, zxyz)

do i=1, hp
call line(xxyz+x4, yxyz+y4, zxyz, xxyz+x1, yxyz+y1, zxyz+i*10)
end do

clr=1
m=(bp+ap)/(10*v)
m=int(m)
n=2*Dp/(v*10)
n=int(n)
do k=0, h2p

```

```

do i=0,m
do j=0,n
x1=-bp+i*v*10
y1=-Dp+j*v*10
x=x1*cos(w*p/180)-y1*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y1*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+10*k,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x,yxyz+y,zxyz+k
end do
end do
end do

clr=3
n=(L-Dp)/v
n=int(n)
do i=0,m
x1=-bp+i*v
do j=0,n
y1=-L+j*v
y2=L-j*v
x=x1*cos(w*p/180)-y1*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y1*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+h2p*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x,yxyz+y,zxyz+h2p
x=x1*cos(w*p/180)-y2*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y2*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+h2p*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x,yxyz+y,zxyz+h2p
end do
end do

clr=5
v=10*v
t=rp*cos(dfloat(f*p/180))
m=(t-ap)/v
m=int(m)
do i=0,m
x1=ap+i*v
y1=Dp+i*v*tan(zp*p/180)
q=(hp*100*i*v)/(rp-ap)
q=q/v
q=int(q)
n=y1/v
n=int(n)
do j=0,n
y1=j*v
y2=-j*v
x=x1*cos(w*p/180)-y1*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y1*cos(w*p/180)
do k=0,q
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+k*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x,yxyz+y,zxyz+k
end do
x=x1*cos(w*p/180)-y2*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y2*cos(w*p/180)
do k=0,q
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+k*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x,yxyz+y,zxyz+k
end do
end do
end do

```

```

u=rp-t
u=u/v
u=int(u)
do i=1,u
x=x1+i*v
q=(hp*100*(x-ap))/(rp-ap)
q=q/v
q=int(q)
y=0
x2=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y2=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
do k=0,q
call circle(xxyz+x2,yxyz+y2,zxyz+k*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x2,yxyz+y2,zxyz+k
end do
end do

f=dfloat(f)
n=(rp-ap-m)/v
n=int(n)
do i=1,f
do j=0,4
x=(rp-j*v)*cos(i*p/180)
y=(rp-j*v)*sin(i*p/180)
q=(hp*100*((x-ap)/v)*v)/(rp-ap)
q=q/v
q=int(q)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
do k=0,q
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k
end do
y=- (rp-j*v)*sin(i*p/180)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
do k=0,q
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k
end do
end do
end do

close (2)

end if

```

```

c-----
c      MLS AZ
c-----

if(irad.eq.4) then
open(1,file=fmxyz,status='unknown')

read(1,*) nxyz,xyz,yxyz,zxyz,axyz,ap,v

close (1)

open(2,file=fmche,status='unknown')

```



```

lvl='Ενόργανη_____ '

w=90-axyz
rp=6000+ap
L=1500
Dp=600
bp=20
zp=40
h2p=20
hp=70

r=0.1
clr=6
call circle(xxyz,yxyz,zxyz,r)

clr=1
x1=-bp*cos(w*p/180)+Dp*sin(w*p/180)
y1=-bp*sin(w*p/180)-Dp*cos(w*p/180)
x2=-bp*cos(w*p/180)-Dp*sin(w*p/180)
y2=-bp*sin(w*p/180)+Dp*cos(w*p/180)
call line(x1+xxyz,y1+yxyz,zxyz,x2+xxyz,y2+yxyz,zxyz)
X3=ap*cos(w*p/180)-Dp*sin(w*p/180)
y3=ap*sin(w*p/180)+Dp*cos(w*p/180)
call line(x2+xxyz,y2+yxyz,zxyz,x3+xxyz,y3+yxyz,zxyz)
x=ap*cos(w*p/180)+Dp*sin(w*p/180)
y=ap*sin(w*p/180)-Dp*cos(w*p/180)
call line(x3+xxyz,y3+yxyz,zxyz,x+xxyz,y+yxyz,zxyz)
call line(x+xxyz,y+yxyz,zxyz,x1+xxyz,y1+yxyz,zxyz)

do i=1,h2p
call line(x1+xxyz,y1+yxyz,zxyz+i*10,x2+xxyz,y2+yxyz,zxyz+i*10)
call line(x2+xxyz,y2+yxyz,zxyz+i*10,x3+xxyz,y3+yxyz,zxyz+i*10)
call line(x1+xxyz,y1+yxyz,zxyz+i*10,x+xxyz,y+yxyz,zxyz+i*10)
end do

clr=3
f=(L-Dp)/tan(zp*p/180)
x4=(ap+f)*cos(w*p/180)-L*sin(w*p/180)
y4=(ap+f)*sin(w*p/180)+L*cos(w*p/180)
x5=-bp*cos(w*p/180)-L*sin(w*p/180)
y5=-bp*sin(w*p/180)+L*cos(w*p/180)
x6=(ap+f)*cos(w*p/180)+L*sin(w*p/180)
y6=(ap+f)*sin(w*p/180)-L*cos(w*p/180)
x7=-bp*cos(w*p/180)+L*sin(w*p/180)
y7=-bp*sin(w*p/180)-L*cos(w*p/180)
k=h2p*10
call line(xxyz+x4,yxyz+y4,zxyz+k,xxyz+x5,yxyz+y5,zxyz+k)
call line(xxyz+x6,yxyz+y6,zxyz+k,xxyz+x7,yxyz+y7,zxyz+k)

clr=1
k=h2p+1
do i=1,k
j=10*(i-1)
call line(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+j,xxyz+x6,yxyz+y6,zxyz+j)
end do

do i=1,k
j=10*(i-1)
call line(xxyz+x3,yxyz+y3,zxyz+j,xxyz+x4,yxyz+y4,zxyz+j)
end do

```

```

k=h2p*10
j=L-Dp
clr=3
do i=1,j
  call line(xxyz+x1+i*sin(w*p/180),yxyz+y1-i*cos(w*p/180),zxyz+k,
1xxyz+x+i*sin(w*p/180),yxyz+y-i*cos(w*p/180),zxyz+k)
  call line(xxyz+x2-i*sin(w*p/180),yxyz+y2+i*cos(w*p/180),zxyz+k,
1xxyz+x3-i*sin(w*p/180),yxyz+y3+i*cos(w*p/180),zxyz+k)
end do

j=L-Dp-1
do i=1,j
x=(j+1-i)*tan(dfloat((90-zp)*p/180))
y=L-i
x1=ap*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=ap*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
x2=(ap+x)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y2=(ap+x)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call line(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k,xxyz+x2,yxyz+y2,zxyz+k)
end do

clr=3
m=(L-Dp)/v
m=int(m)
do i=0,m
y=L-i*v
x=(L-Dp-i*v)*tan(dfloat((90-zp)*p/180))
n=x/v
n=int(n)
do k=0,n
x1=(ap+k*10)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=(ap+k*10)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+h2p*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+h2p
end do
do q=0,h2p
x1=(ap+x)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=(ap+x)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+q*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+q
end do
end do

do i=0,m
y=-L+i*v
x=(L-Dp-i*v)*tan(dfloat((90-zp)*p/180))
n=x/v
n=int(n)
do k=0,n
x1=(ap+k*10)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=(ap+k*10)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+h2p*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+h2p
end do
do q=0,h2p
x1=(ap+x)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=(ap+x)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+q*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+q
end do
end do

```

```

end do

clr=3
do i=1,j
x=(j+1-i)*tan(dfloat((90-zp)*p/180))
y=-L+i
x1=ap*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=ap*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
x2=(ap+x)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y2=(ap+x)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call line(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+h2p*10,xxyz+x2,yxyz+y2,zxyz+h2p*10)
end do

clr=5
t=tan(dfloat(zp*p/180))
a=1+t**2
b=2*t*(Dp-ap*t)
c=(Dp-ap*t)**2-rp**2
D=-4*a*c+b**2
x=(-b+D**(0.5))/(2*a)
y=x*t+(Dp-ap*t)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call line(xxyz+x3,yxyz+y3,zxyz,xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz)

do i=1,hp
call line(xxyz+x3,yxyz+y3,zxyz,xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+i*10)
end do

f=atan(y/x)*180/p
call arc(xxyz,yxyz,zxyz,rp,w-f,w+f)

f=dfloat(f)
do i=1,f*10
x=rp*cos(i*p/1800)
y=rp*sin(i*p/1800)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
k=hp*10
call line(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz,xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k)
x=rp*cos(i*p/1800)
y=-rp*sin(i*p/1800)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call line(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz,xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k)
end do

t=tan(dfloat(zp*p/180))
a=1+t**2
b=2*t*(Dp-ap*t)
c=(Dp-ap*t)**2-rp**2
D=-4*a*c+b**2
x=(-b+D**(0.5))/(2*a)
y=-x*t-(Dp-ap*t)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
x4=ap*cos(w*p/180)+Dp*sin(w*p/180)
y4=ap*sin(w*p/180)-Dp*cos(w*p/180)
call line(xxyz+x4,yxyz+y4,zxyz,xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz)

```

```

do i=1,hp
call line(xxyz+x4,yxyz+y4,zxyz,xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+i*10)
end do

clr=1
m=(bp+ap)/(v*10)
m=int(m)
n=2*Dp/(v*10)
n=int(n)
do k=0,h2p
do i=0,m
do j=0,n
x1=-bp+i*v*10
y1=-Dp+j*v*10
x=x1*cos(w*p/180)-y1*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y1*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+10*k,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x,yxyz+y,zxyz+k
end do
end do
end do

clr=3
n=(L-Dp)/v
n=int(n)
do i=0,m
x1=-bp+i*v
do j=0,n
y1=-L+j*v
y2=L-j*v
x=x1*cos(w*p/180)-y1*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y1*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+h2p*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+h2p
x=x1*cos(w*p/180)-y2*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y2*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+h2p*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x,yxyz+y,zxyz+h2p
end do
end do

clr=5
v=10*v
t=rp*cos(dfloat(f*p/180))
m=(t-ap)/v
m=int(m)
do i=0,m
x1=ap+i*v
y1=Dp+i*v*tan(zp*p/180)
q=(hp*100*i*v)/(rp-ap)
q=q/v
q=int(q)
n=y1/v
n=int(n)
do j=0,n
y1=j*v
y2=-j*v
x=x1*cos(w*p/180)-y1*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y1*cos(w*p/180)
do k=0,q
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+k*10,r)

```

```
write(2, '(3f14.4)') xxyz+x, yxyz+y, zxyz+k
end do
x=x1*cos(w*p/180)-y2*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y2*cos(w*p/180)
do k=0, q
call circle(xxyz+x, yxyz+y, zxyz+k*10, r)
write(2, '(3f14.4)') xxyz+x, yxyz+y, zxyz+k
end do
end do
end do

u=rp-t
u=u/v
u=int(u)
do i=1, u
x=x1+i*v
q=(hp*100*(x-ap))/(rp-ap)
q=q/v
q=int(q)
y=0
x2=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y2=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
do k=0, q
call circle(xxyz+x2, yxyz+y2, zxyz+k*10, r)
write(2, '(3f14.4)') xxyz+x2, yxyz+y2, zxyz+k
end do
end do

f=dfloat(f)
n=(rp-ap-m)/v
n=int(n)
do i=1, f
do j=0, 15
x=(rp-j*v)*cos(i*p/180)
y=(rp-j*v)*sin(i*p/180)
q=(hp*100*((x-ap)/v)*v)/(rp-ap)
q=q/v
q=int(q)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
do k=0, q
call circle(xxyz+x1, yxyz+y1, zxyz+k*10, r)
write(2, '(3f14.4)') xxyz+x1, yxyz+y1, zxyz+k
end do
y=- (rp-j*v)*sin(i*p/180)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
do k=0, q
call circle(xxyz+x1, yxyz+y1, zxyz+k*10, r)
write(2, '(3f14.4)') xxyz+x1, yxyz+y1, zxyz+k
end do
end do
end do

close (2)

end if
```

```

c-----
    if(irad.eq.5) then
    open(1,file=fmxyz,status='unknown')

    read(1,*) nxyz,xxyz,yxyz,zxyz,axyz,ap,v

    close (1)

    open(2,file=fmche,status='unknown')

    lvl='Ενόργανη_____ '

    ap=300
    w=90-axyz
    rp=6000
    L=1500
    Dp=200
    bp=20
    zp=40
    h2p=20
    hp=70

    r=0.1
    clr=6
    call circle(xxyz,yxyz,zxyz,r)

    clr=1
    x1=-bp*cos(w*p/180)+Dp*sin(w*p/180)
    y1=-bp*sin(w*p/180)-Dp*cos(w*p/180)
    x2=-bp*cos(w*p/180)-Dp*sin(w*p/180)
    y2=-bp*sin(w*p/180)+Dp*cos(w*p/180)
    call line(x1+xxyz,y1+yxyz,zxyz,x2+xxyz,y2+yxyz,zxyz)
    X3=ap*cos(w*p/180)-Dp*sin(w*p/180)
    y3=ap*sin(w*p/180)+Dp*cos(w*p/180)
    call line(x2+xxyz,y2+yxyz,zxyz,x3+xxyz,y3+yxyz,zxyz)
    x=ap*cos(w*p/180)+Dp*sin(w*p/180)
    y=ap*sin(w*p/180)-Dp*cos(w*p/180)
    call line(x3+xxyz,y3+yxyz,zxyz,x+xxyz,y+yxyz,zxyz)
    call line(x+xxyz,y+yxyz,zxyz,x1+xxyz,y1+yxyz,zxyz)

    do i=1,h2p
    call line(x1+xxyz,y1+yxyz,zxyz+i*10,x2+xxyz,y2+yxyz,zxyz+i*10)
    call line(x2+xxyz,y2+yxyz,zxyz+i*10,x3+xxyz,y3+yxyz,zxyz+i*10)
    call line(x1+xxyz,y1+yxyz,zxyz+i*10,x+xxyz,y+yxyz,zxyz+i*10)
    end do

    clr=3
    f=(L-Dp)/tan(zp*p/180)
    x4=(ap+f)*cos(w*p/180)-L*sin(w*p/180)
    y4=(ap+f)*sin(w*p/180)+L*cos(w*p/180)
    x5=-bp*cos(w*p/180)-L*sin(w*p/180)
    y5=-bp*sin(w*p/180)+L*cos(w*p/180)
    x6=(ap+f)*cos(w*p/180)+L*sin(w*p/180)
    y6=(ap+f)*sin(w*p/180)-L*cos(w*p/180)
    x7=-bp*cos(w*p/180)+L*sin(w*p/180)
    y7=-bp*sin(w*p/180)-L*cos(w*p/180)
    k=h2p*10
    call line(xxyz+x4,yxyz+y4,zxyz+k,xxyz+x5,yxyz+y5,zxyz+k)
    call line(xxyz+x6,yxyz+y6,zxyz+k,xxyz+x7,yxyz+y7,zxyz+k)

```

```

clr=1
k=h2p+1
do i=1,k
j=10*(i-1)
call line(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+j,xxyz+x6,yxyz+y6,zxyz+j)
end do

do i=1,k
j=10*(i-1)
call line(xxyz+x3,yxyz+y3,zxyz+j,xxyz+x4,yxyz+y4,zxyz+j)
end do

k=h2p*10
j=L-Dp
clr=3
do i=1,j
call line(xxyz+x1+i*sin(w*p/180),yxyz+y1-i*cos(w*p/180),zxyz+k,
1xxyz+x+i*sin(w*p/180),yxyz+y-i*cos(w*p/180),zxyz+k)
call line(xxyz+x2-i*sin(w*p/180),yxyz+y2+i*cos(w*p/180),zxyz+k,
1xxyz+x3-i*sin(w*p/180),yxyz+y3+i*cos(w*p/180),zxyz+k)
end do

j=L-Dp-1
do i=1,j
x=(j+1-i)*tan(dfloat((90-zp)*p/180))
y=L-i
x1=ap*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=ap*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
x2=(ap+x)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y2=(ap+x)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call line(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k,xxyz+x2,yxyz+y2,zxyz+k)
end do

clr=3
m=(L-Dp)/v
m=int(m)
do i=0,m
y=L-i*v
x=(L-Dp-i*v)*tan(dfloat((90-zp)*p/180))
n=x/v
n=int(n)
do k=0,n
x1=(ap+k*10)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=(ap+k*10)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+h2p*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+h2p
end do
do q=0,h2p
x1=(ap+x)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=(ap+x)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+q*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+q
end do
end do

do i=0,m
y=-L+i*v
x=(L-Dp-i*v)*tan(dfloat((90-zp)*p/180))
n=x/v
n=int(n)
do k=0,n

```



```

x1=(ap+k*10)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=(ap+k*10)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+h2p*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+h2p
end do
do q=0,h2p
x1=(ap+x)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=(ap+x)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+q*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+q
end do
end do

clr=3
do i=1,j
x=(j+1-i)*tan(dfloat((90-zp)*p/180))
y=-L+i
x1=ap*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=ap*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
x2=(ap+x)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y2=(ap+x)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call line(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+h2p*10,xxyz+x2,yxyz+y2,zxyz+h2p*10)
end do

clr=5
t=tan(dfloat(zp*p/180))
a=1+t**2
b=2*t*(Dp-ap*t)
c=(Dp-ap*t)**2-rp**2
D=-4*a*c+b**2
x=(-b+D**(0.5))/(2*a)
y=x*t+(Dp-ap*t)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call line(xxyz+x3,yxyz+y3,zxyz,xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz)

do i=1,hp
call line(xxyz+x3,yxyz+y3,zxyz,xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+i*10)
end do

f=atan(y/x)*180/p
call arc(xxyz,yxyz,zxyz,rp,w-f,w+f)

f=dfloat(f)
do i=1,f*10
x=rp*cos(i*p/180)
y=rp*sin(i*p/180)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
k=hp*10
call line(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz,xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k)
x=rp*cos(i*p/180)
y=-rp*sin(i*p/180)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call line(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz,xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k)
end do

t=tan(dfloat(zp*p/180))
a=1+t**2

```

```

b=2*t*(Dp-ap*t)
c=(Dp-ap*t)**2-rp**2
D=-4*a*c+b**2
x=(-b+D**(0.5))/(2*a)
y=-x*t-(Dp-ap*t)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
x4=ap*cos(w*p/180)+Dp*sin(w*p/180)
y4=ap*sin(w*p/180)-Dp*cos(w*p/180)
call line(xxyz+x4,yxyz+y4,zxyz,xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz)

do i=1,hp
call line(xxyz+x4,yxyz+y4,zxyz,xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+i*10)
end do

clr=1
m=(bp+ap)/(10*v)
m=int(m)
n=2*Dp/(10*v)
n=int(n)
do k=0,h2p
do i=0,m
do j=0,n
x1=-bp+i*v*10
y1=-Dp+j*v*10
x=x1*cos(w*p/180)-y1*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y1*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+10*k,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x,yxyz+y,zxyz+k
end do
end do
end do

clr=3
n=(L-Dp)/v
n=int(n)
do i=0,m
x1=-bp+i*v
do j=0,n
y1=-L+j*v
y2=L-j*v
x=x1*cos(w*p/180)-y1*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y1*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+h2p*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x,yxyz+y,zxyz+h2p
x=x1*cos(w*p/180)-y2*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y2*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+h2p*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x,yxyz+y,zxyz+h2p
end do
end do

clr=5
v=10*v
t=rp*cos(dfloat(f*p/180))
m=(t-ap)/v
m=int(m)
do i=0,m
x1=ap+i*v
y1=Dp+i*v*tan(zp*p/180)
q=(hp*100*i*v)/(rp-ap)

```

```

q=q/v
q=int(q)
n=y1/v
n=int(n)
do j=0,n
y1=j*v
y2=-j*v
x=x1*cos(w*p/180)-y1*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y1*cos(w*p/180)
do k=0,q
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+k*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x,yxyz+y,zxyz+k
end do
x=x1*cos(w*p/180)-y2*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y2*cos(w*p/180)
do k=0,q
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+k*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x,yxyz+y,zxyz+k
end do
end do
end do

u=rp-t
u=u/v
u=int(u)
do i=1,u
x=x1+i*v
q=(hp*100*(x-ap))/(rp-ap)
q=q/v
q=int(q)
y=0
x2=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y2=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
do k=0,q
call circle(xxyz+x2,yxyz+y2,zxyz+k*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x2,yxyz+y2,zxyz+k
end do
end do

f=dfloat(f)
n=(rp-ap-m)/v
n=int(n)
do i=1,f
do j=0,13
x=(rp-j*v)*cos(i*p/180)
y=(rp-j*v)*sin(i*p/180)
q=(hp*100*((x-ap)/v)*v)/(rp-ap)
q=q/v
q=int(q)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
do k=0,q
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k
end do
y=- (rp-j*v)*sin(i*p/180)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
do k=0,q
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k

```

```

end do
end do
end do

close (2)

end if

c-----
c    MLS AZ
c-----

if(irad.eq.6) then
open(1,file=fmxyz,status='unknown')

read(1,*) nxyz, xxyz, yxyz, zxyz, axyz, ap, v

close (1)

open(2,file=fmche,status='unknown')

lvl='Ενόργανη_____ '

w=90-axyz
rp=6000+ap
L=1500
Dp=600
bp=20
zp=40
h2p=20
hp=70

r=0.1
clr=6
call circle(xxyz,yxyz,zxyz,r)

clr=1
x1=-bp*cos(w*p/180)+Dp*sin(w*p/180)
y1=-bp*sin(w*p/180)-Dp*cos(w*p/180)
x2=-bp*cos(w*p/180)-Dp*sin(w*p/180)
y2=-bp*sin(w*p/180)+Dp*cos(w*p/180)
call line(x1+xxyz,y1+yxyz,zxyz,x2+xxyz,y2+yxyz,zxyz)
X3=ap*cos(w*p/180)-Dp*sin(w*p/180)
y3=ap*sin(w*p/180)+Dp*cos(w*p/180)
call line(x2+xxyz,y2+yxyz,zxyz,x3+xxyz,y3+yxyz,zxyz)
x=ap*cos(w*p/180)+Dp*sin(w*p/180)
y=ap*sin(w*p/180)-Dp*cos(w*p/180)
call line(x3+xxyz,y3+yxyz,zxyz,x+xxyz,y+yxyz,zxyz)
call line(x+xxyz,y+yxyz,zxyz,x1+xxyz,y1+yxyz,zxyz)

do i=1,h2p
call line(x1+xxyz,y1+yxyz,zxyz+i*10,x2+xxyz,y2+yxyz,zxyz+i*10)
call line(x2+xxyz,y2+yxyz,zxyz+i*10,x3+xxyz,y3+yxyz,zxyz+i*10)
call line(x1+xxyz,y1+yxyz,zxyz+i*10,x+xxyz,y+yxyz,zxyz+i*10)
end do

clr=3
f=(L-Dp)/tan(zp*p/180)
x4=(ap+f)*cos(w*p/180)-L*sin(w*p/180)
y4=(ap+f)*sin(w*p/180)+L*cos(w*p/180)

```

```

x5=-bp*cos(w*p/180)-L*sin(w*p/180)
y5=-bp*sin(w*p/180)+L*cos(w*p/180)
x6=(ap+f)*cos(w*p/180)+L*sin(w*p/180)
y6=(ap+f)*sin(w*p/180)-L*cos(w*p/180)
x7=-bp*cos(w*p/180)+L*sin(w*p/180)
y7=-bp*sin(w*p/180)-L*cos(w*p/180)
k=h2p*10
call line(xxyz+x4, yxyz+y4, zxyz+k, xxyz+x5, yxyz+y5, zxyz+k)
call line(xxyz+x6, yxyz+y6, zxyz+k, xxyz+x7, yxyz+y7, zxyz+k)

clr=1
k=h2p+1
do i=1, k
j=10*(i-1)
call line(xxyz+x, yxyz+y, zxyz+j, xxyz+x6, yxyz+y6, zxyz+j)
end do

do i=1, k
j=10*(i-1)
call line(xxyz+x3, yxyz+y3, zxyz+j, xxyz+x4, yxyz+y4, zxyz+j)
end do

k=h2p*10
j=L-Dp
clr=3
do i=1, j
call line(xxyz+x1+i*sin(w*p/180), yxyz+y1-i*cos(w*p/180), zxyz+k,
1xxyz+x+i*sin(w*p/180), yxyz+y-i*cos(w*p/180), zxyz+k)
call line(xxyz+x2-i*sin(w*p/180), yxyz+y2+i*cos(w*p/180), zxyz+k,
1xxyz+x3-i*sin(w*p/180), yxyz+y3+i*cos(w*p/180), zxyz+k)
end do

j=L-Dp-1
do i=1, j
x=(j+1-i)*tan(dfloat((90-zp)*p/180))
y=L-i
x1=ap*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=ap*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
x2=(ap+x)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y2=(ap+x)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call line(xxyz+x1, yxyz+y1, zxyz+k, xxyz+x2, yxyz+y2, zxyz+k)
end do

clr=3
m=(L-Dp)/v
m=int(m)
do i=0, m
y=L-i*v
x=(L-Dp-i*v)*tan(dfloat((90-zp)*p/180))
n=x/v
n=int(n)
do k=0, n
x1=(ap+k*10)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=(ap+k*10)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x1, yxyz+y1, zxyz+h2p*10, r)
write(2, '(3f14.4)') xxyz+x1, yxyz+y1, zxyz+h2p
end do
do q=0, h2p
x1=(ap+x)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=(ap+x)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x1, yxyz+y1, zxyz+q*10, r)

```

```

write(2, '(3f14.4)') xxyz+x1, yxyz+y1, zxyz+q
end do
end do

do i=0, m
y=-L+i*v
x=(L-Dp-i*v)*tan(dfloat((90-zp)*p/180))
n=x/v
n=int(n)
do k=0, n
x1=(ap+k*10)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=(ap+k*10)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x1, yxyz+y1, zxyz+h2p*10, r)
write(2, '(3f14.4)') xxyz+x1, yxyz+y1, zxyz+h2p
end do
do q=0, h2p
x1=(ap+x)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=(ap+x)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x1, yxyz+y1, zxyz+q*10, r)
write(2, '(3f14.4)') xxyz+x1, yxyz+y1, zxyz+q
end do
end do

clr=3
do i=1, j
x=(j+1-i)*tan(dfloat((90-zp)*p/180))
y=-L+i
x1=ap*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=ap*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
x2=(ap+x)*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y2=(ap+x)*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call line(xxyz+x1, yxyz+y1, zxyz+h2p*10, xxyz+x2, yxyz+y2, zxyz+h2p*10)
end do

clr=5
t=tan(dfloat(zp*p/180))
a=1+t**2
b=2*t*(Dp-ap*t)
c=(Dp-ap*t)**2-rp**2
D=-4*a*c+b**2
x=(-b+D**(0.5))/(2*a)
y=x*t+(Dp-ap*t)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call line(xxyz+x3, yxyz+y3, zxyz, xxyz+x1, yxyz+y1, zxyz)

do i=1, hp
call line(xxyz+x3, yxyz+y3, zxyz, xxyz+x1, yxyz+y1, zxyz+i*10)
end do

f=atan(y/x)*180/p
call arc(xxyz, yxyz, zxyz, rp, w-f, w+f)

f=dfloat(f)
do i=1, f*10
x=rp*cos(i*p/1800)
y=rp*sin(i*p/1800)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
k=hp*10
call line(xxyz+x1, yxyz+y1, zxyz, xxyz+x1, yxyz+y1, zxyz+k)

```

```

x=rp*cos(i*p/1800)
y=-rp*sin(i*p/1800)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
call line(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz,xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k)
end do

t=tan(dfloat(zp*p/180))
a=1+t**2
b=2*t*(Dp-ap*t)
c=(Dp-ap*t)**2-rp**2
D=-4*a*c+b**2
x=(-b+D**(0.5))/(2*a)
y=-x*t-(Dp-ap*t)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
x4=ap*cos(w*p/180)+Dp*sin(w*p/180)
y4=ap*sin(w*p/180)-Dp*cos(w*p/180)
call line(xxyz+x4,yxyz+y4,zxyz,xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz)

do i=1,hp
call line(xxyz+x4,yxyz+y4,zxyz,xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+i*10)
end do

clr=1
m=(bp+ap)/(10*v)
m=int(m)
n=2*Dp/(v*10)
n=int(n)
do k=0,h2p
do i=0,m
do j=0,n
x1=-bp+i*v*10
y1=-Dp+j*v*10
x=x1*cos(w*p/180)-y1*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y1*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+10*k,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x,yxyz+y,zxyz+k
end do
end do
end do

clr=3
n=(L-Dp)/v
n=int(n)
do i=0,m
x1=-bp+i*v
do j=0,n
y1=-L+j*v
y2=L-j*v
x=x1*cos(w*p/180)-y1*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y1*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+h2p*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x,yxyz+y,zxyz+h2p
x=x1*cos(w*p/180)-y2*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y2*cos(w*p/180)
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+h2p*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x,yxyz+y,zxyz+h2p
end do
end do
end do

```

```

clr=5
v=10*v
t=rp*cos(dfloating(f*p/180))
m=(t-ap)/v
m=int(m)
do i=0,m
x1=ap+i*v
y1=Dp+i*v*tan(zp*p/180)
q=(hp*100*i*v)/(rp-ap)
q=q/v
q=int(q)
n=y1/v
n=int(n)
do j=0,n
y1=j*v
y2=-j*v
x=x1*cos(w*p/180)-y1*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y1*cos(w*p/180)
do k=0,q
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+k*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x,yxyz+y,zxyz+k
end do
x=x1*cos(w*p/180)-y2*sin(w*p/180)
y=x1*sin(w*p/180)+y2*cos(w*p/180)
do k=0,q
call circle(xxyz+x,yxyz+y,zxyz+k*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x,yxyz+y,zxyz+k
end do
end do
end do

u=rp-t
u=u/v
u=int(u)
do i=1,u
x=x1+i*v
q=(hp*100*(x-ap))/(rp-ap)
q=q/v
q=int(q)
y=0
x2=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y2=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
do k=0,q
call circle(xxyz+x2,yxyz+y2,zxyz+k*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x2,yxyz+y2,zxyz+k
end do
end do

f=dfloating(f)
n=(rp-ap-m)/v
n=int(n)
do i=1,f
do j=0,15
x=(rp-j*v)*cos(i*p/180)
y=(rp-j*v)*sin(i*p/180)
q=(hp*100*((x-ap)/v)*v)/(rp-ap)
q=q/v
q=int(q)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)

```



## Παράρτημα

---

```
do k=0,q
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k
end do
y=- (rp-j*v)*sin(i*p/180)
x1=x*cos(w*p/180)-y*sin(w*p/180)
y1=x*sin(w*p/180)+y*cos(w*p/180)
do k=0,q
call circle(xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k*10,r)
write(2,'(3f14.4)') xxyz+x1,yxyz+y1,zxyz+k
end do
end do
end do

close (2)

end if

c-----
c    FINISH ILS.DXF
c-----
1000 callg('Κλείνω το ils.dxf',17,1)

call finish

close (0)

c-----
c    FINISH PROGRAM
c-----
call gc30('Έργο : ',7,prjg,1)
callg('Σύστημα Ενόργανης Προσγείωσης - ILS - FM17',42,1)
call g('Άντιε Γειά',9,1)
call interval(2)

c-----
return

c-----

c-----
c    ERRORS
c-----

998 callg('Κλείστε το ils.dxf από το AUTOCAD - Πατήστε Enter ',51,1)
read(*,*)
stop ''

999 callg('Ο Κατάλογος του αρχείου ils.dxf δεν είναι έγκυρος ',51,1)
call gc70('Αρχείο=',7,ilsdxf,1)
call g('Πατήστε Enter ',51,1)
read(*,*)
stop ''

c-----
end
c-----
```

## Κώδικας προγραμματισμού TLT.FOR

```

C*****
C
C      TLT.FOR
C
C      Intersect Triangle with Line - 17/3/2012
C
C*****
C-----
C      subroutine tlt
C      1 (keye, xeye, yeye, zeye, kobj, xobj, yobj, zobj, ifnd, xi, yi, zi)
C-----
C-----
C      COMMON
C-----
C      common /prm_zdt/zdt
C
C      common /fm8/i8, x8a, y8a, z8a, x8b, y8b, z8b, x8c, y8c, z8c, c18, km8
C
C      common /dwg/ibl, lvl, clr, smb, wgh, thg
C-----
C      CALL
C-----
C      real*8      keye          ! Eye Kilometrage
C      real*8      xeye          ! Eye X
C      real*8      yeye          ! Eye Y
C      real*8      zeye          ! Eye Z
C      real*8      kobj          ! Object Kilometrage
C      real*8      xobj          ! Object X
C      real*8      yobj          ! Object Y
C      real*8      zobj          ! Object Z
C      integer*4   ifnd          ! Found
C      integer*4   iclr          ! Color
C-----
C      FM.PRM - GENERAL
C-----
C      real*8      zdt          ! Z Distortion
C-----
C      FM8.DAT
C-----
C      integer*4   i8           ! No
C      real*8      x8a(500000)  ! X_a
C      real*8      y8a(500000)  ! Y_a
C      real*8      z8a(500000)  ! Z_a
C      real*8      x8b(500000)  ! X_b
C      real*8      y8b(500000)  ! Y_b
C      real*8      z8b(500000)  ! Z_b
C      real*8      x8c(500000)  ! X_c
C      real*8      y8c(500000)  ! Y_c
C      real*8      z8c(500000)  ! Z_c
C      integer*4   c18(500000)  ! Color
C      real*8      km8(500000)  ! Kilometrage
C-----
C      PLANE EQUATION a*x+b*y+c*z+d=0

```

```

c-----
      real*8      ap          ! a Parameter
      real*8      bp          ! b Parameter
      real*8      cp          ! c Parameter
      real*8      dp          ! d Parameter
      real*8      dnm         ! Denominator

c-----
c      INTERSECTION
c-----
      real*8      xi, yi, zi   ! XYZ Intersection
      real*8      xab, yab    ! XY Intersect Side AB
      real*8      xbc, ybc    ! XY Intersect Side BC
      real*8      xca, yca    ! XY Intersect Side CA
c      real*8      a, b, c     !
      real*8      g1, g2      !

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

c      real*8      xpl(4)     ! X Polyline
c      real*8      ypl(4)     ! Y Polyline
c      real*8      zpl(4)     ! Z Polyline

c-----
c      INTERSECTION
c-----
      do i=1, i8

      if(ifnd.eq.0) then
      if(int(km8(i)*1000).gt.int(keye*1000)) then
      if(int(km8(i)*1000).lt.int(kobj*1000)) then

c      write(*, ' (i5, 3f12.3) ' ) i, x8a(i), y8a(i), z8a(i)
c      write(*, ' (i5, 3f12.3) ' ) i, x8b(i), y8b(i), z8b(i)
c      write(*, ' (i5, 3f12.3) ' ) i, x8c(i), y8c(i), z8c(i)

      ap=y8a(i)*(z8b(i)-z8c(i))+y8b(i)*(z8c(i)-z8a(i))
      1+y8c(i)*(z8a(i)-z8b(i))
      bp=z8a(i)*(x8b(i)-x8c(i))+z8b(i)*(x8c(i)-x8a(i))
      1+z8c(i)*(x8a(i)-x8b(i))
      cp=x8a(i)*(y8b(i)-y8c(i))+x8b(i)*(y8c(i)-y8a(i))
      1+x8c(i)*(y8a(i)-y8b(i))
      dp=x8a(i)*(y8b(i)*z8c(i)-y8c(i)*z8b(i))
      dp=dp+x8b(i)*(y8c(i)*z8a(i)-y8a(i)*z8c(i))
      dp=- (dp+x8c(i)*(y8a(i)*z8b(i)-y8b(i)*z8a(i)))

c      write(*, ' (i8, 4f12.3) ' ) i, ap, bp, cp, dp

      if(int(zeye*1000000).eq.int(zobj*1000000)) zobj=zeye+0.000001

      g1=(xobj-xeye)/(zobj-zeye)

      g2=(yobj-yeye)/(zobj-zeye)

```

```

zi=ap*zeye*g1-ap*xeye+bp*zeye*g2-bp*yeye-dp

dnm=(ap*g1+bp*g2+cp)

if(int(abs(dnm*1000000)).eq.0) dnm=0.000001

zi=zi/dnm

xi=(zi-zobj)*(xeye-xobj)/(zeye-zobj)+xobj

yi=(zi-zobj)*(yeye-yobj)/(zeye-zobj)+yobj

iab=0
ibc=0
ica=0

c-----XEYE,XI,XOBJ
  if((xi-xeye)*(xi-xobj).lt.0) then

c-----AB
  if(int(x8a(i)*1000).ne.int(x8b(i)*1000)) then
  if(int(y8a(i)*1000).ne.int(y8b(i)*1000)) then

    call i2l(x8a(i),y8a(i),x8b(i),y8b(i),xi,yi,xi+1000,yi+1000
    1,xab,yab)

    if((xab-x8a(i))*(xab-x8b(i)).lt.0) iab=1

    end if
    end if

c-----BC
  if(int(x8b(i)*1000).ne.int(x8c(i)*1000)) then
  if(int(y8b(i)*1000).ne.int(y8c(i)*1000)) then

    call i2l(x8b(i),y8b(i),x8c(i),y8c(i),xi,yi,xi+1000,yi+1000
    1,xbc,ybc)

    if((xbc-x8b(i))*(xbc-x8c(i)).lt.0) ibc=1

    end if
    end if

c-----CA
  if(int(x8c(i)*1000).ne.int(x8a(i)*1000)) then
  if(int(y8c(i)*1000).ne.int(y8a(i)*1000)) then

    call i2l(x8c(i),y8c(i),x8a(i),y8a(i),xi,yi,xi+1000,yi+1000
    1,xca,yca)

    if((xca-x8c(i))*(xca-x8a(i)).lt.0) ica=1

    end if
    end if

  end if

c  write(*,'(3i5,3f25.3)') iab,ibc,ica,xi,yi,zi

  it=0

```

```
      if(iab.eq.1.and.abc.eq.1) then
      if((xab-xi)*(xbc-xi).le.0) it=1
      end if

      if(abc.eq.1.and.ica.eq.1) then
      if((xbc-xi)*(xca-xi).le.0) it=1
      end if

      if(ica.eq.1.and.iab.eq.1) then
      if((xca-xi)*(xab-xi).le.0) it=1
      end if

      if(it.eq.1) then
      ifnd=i
c      iclr=cl8(i)
c      clr=0
c      xpl(1)=x8a(i)
c      ypl(1)=y8a(i)
c      zpl(1)=z8a(i)
c      xpl(2)=x8b(i)
c      ypl(2)=y8b(i)
c      zpl(2)=z8b(i)
c      xpl(3)=x8c(i)
c      ypl(3)=y8c(i)
c      zpl(3)=z8c(i)
c      xpl(4)=x8a(i)
c      ypl(4)=y8a(i)
c      zpl(4)=z8a(i)
c      call poly(4,xpl,ypl,zpl)
c      call line2(xi,yi,xi,yi)
c      clr=2
c      call line(xeye,yeye,zeye,xobj,yobj,zobj)
      return
      end if

      end if
      end if
      end if

      end do

c-----
      end
c-----
```

## Κώδικας προγραμματισμού BRA.FOR

```

C*****
C
C   BRA.FOR
C
C   Building Restricted Area
C
C*****
C-----
C   subroutine bra
C-----
C-----
C   COMMON
C-----
C   common /prm_prj/prj,prjg
C
C   common /fm8/i8,x8a,y8a,z8a,x8b,y8b,z8b,x8c,y8c,z8c,cl8,km8
C
C   common /dwg/ibl,lvl,clr,smb,wgh,thg
C-----
C   VARIABLES
C-----
C   real*8      p                ! 3.14159265
C   real*8      z                ! Zero
C   real*8      klm              ! Kilometrage
C   real*8      xi,yi,zi         ! XYZ Intersection
C-----
C   FILES
C-----
C   character*1 path(70)         ! Path
C
C   character*70 bradxf          ! bra.dxf
C
C   character*70 fmprm           ! fm.prm
C   character*70 fmxyz          ! fm.xyz
C   character*70 fmche          ! fm.che
C
C   character*70 intri          ! in.tri
C-----
C   FM.PRM - GENERAL
C-----
C   character*30 prj,prjg       ! Project Name
C-----
C   FM.XYZ
C-----
C   character*10 txyz           ! Text
C   real*8      xxyz,yxyz,zxyz  ! fm.xyz
C-----
C   FM.CHE
C-----
C   real*8      xche,yche,zche  ! fm.che
C-----

```

## Παράρτημα

---

```
c      FM8.DAT
c-----
integer*4      i8                      ! No
real*8         x8a(500000)             ! X_a
real*8         y8a(500000)             ! Y_a
real*8         z8a(500000)             ! Z_a
real*8         x8b(500000)             ! X_b
real*8         y8b(500000)             ! Y_b
real*8         z8b(500000)             ! Z_b
real*8         x8c(500000)             ! X_c
real*8         y8c(500000)             ! Y_c
real*8         z8c(500000)             ! Z_c
integer*4      c18(500000)             ! Color
real*8         km8(500000)             ! Kilometrage

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(20)                  ! X Polyline
real*8         ypl(20)                  ! Y Polyline
real*8         zpl(20)                  ! Z Polyline

c-----
c      START PROGRAM
c-----
      call g('BUILDING RESTRICTED AREAS - BRA - FM17',38,1)

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

      call pathfile(path)

      call flnm(path,'bra.dxf      ',bradxf)

      call flnm(path,'fm.prm      ',fmprm)
      call flnm(path,'fm.xyz      ',fmxyz)
      call flnm(path,'fm.che      ',fmche)

      call flnm(path,'in.tri      ',intri)

c-----
c      CHECK BRA.DXF
c-----
      callg('Είναι ελεύθερο το bra.dxf ;',27,1)

open(0,file=bradxf,status='unknown',err=999)
write(0,('BRA'),err=998)
close (0)

c-----
c      START BRA.DXF
c-----
```

## Παράρτημα

---

```
callg('Ανοίγω το bra.dxf',17,1)

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

    call start

c-----
c    READ FM.PRM
c-----
    call prm(fmprm,1)

c-----
c    INITIAL VALUES
c-----
    call g('Αρχικές Τιμές ',14,1)

    p    = 3.14159265

    ib1 = 1000

    thg = 0.175

    klm=0

    zi=0
    z=0

c-----
c    IN.TRI
c-----
    call g('Διαβάζω Τρίγωνο - in.tri',24,1)

    open(1,file=intri,status='unknown')

    i=0

    do while(.not.eof(1))

        i=i+1

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

    end do

    i8=i

    close (1)

    call gi('Τρίγωνο = ',10,i8,1)

c-----
c    FM.XYZ
c-----
    call g('Διαβάζω XYZ Ραδιοβοηθήματος - fm.xyz',36,2)
```



```
open(1,file=fmxyz,status='unknown')

read(1,*) txyz,xyz,yxz,zxy

write(*,'(3f12.3,i6)') xyz,yxz,zxy

close (1)

c-----
c   FM.CHE
c-----
      callg('Διαβάζω Σημεία Ελέγχου - fm.che',31,2)

lvl='XYZ_____ '

open(1,file=fmche,status='unknown')

iche=0

do while(.not.eof(1))

  iche=iche+1

  read(1,*) xche,yche,zche

c   write(*,'(3f12.3,i6)') xche,yche,zche,iche

  ii=0

  call tlt(klm-1,xyz,yxz,zxy,klm+1,xche,yche,zche,ii,xi,yi,zi)

c   write(*,'(3f12.3,i6)') xi,yi,zi,ii

  if(ii.eq.0) then

    write(*,'(3f12.3,2i8)') xche,yche,zche,0,iche

  end if

  if(ii.ne.0) then

    write(*,'(3f12.3,2i8)') xche,yche,zche,ii,iche

  if(iche.lt.10) then
    write(lvl,'(i1,''-----'')') iche
  end if

  if(iche.ge.10.and.iche.lt.100) then
    write(lvl,'(i2,''-----'')') iche
  end if

  if(iche.ge.100.and.iche.lt.1000) then
    write(lvl,'(i3,''-----'')') iche
  end if

  if(iche.ge.1000.and.iche.lt.10000) then
    write(lvl,'(''-----'')')
  end if

  if(iche.ge.10000.and.iche.lt.100000) then
```

```
write(lvl, '(''-----')')
end if

clr=1

xpl(1)=x8a(ii)
ypl(1)=y8a(ii)
zpl(1)=z8a(ii)

xpl(2)=x8b(ii)
ypl(2)=y8b(ii)
zpl(2)=z8b(ii)

xpl(3)=x8c(ii)
ypl(3)=y8c(ii)
zpl(3)=z8c(ii)

xpl(4)=x8a(ii)
ypl(4)=y8a(ii)
zpl(4)=z8a(ii)

do i=1,4
c write(*, '(3f12.3)') xpl(i),ypl(i),zpl(i)
end do

call poly(4,xpl,ypl,zpl)

clr=3

c call line(xxyz,yxyz,zxyz,xche,yche,zche)

clr=4

call line(xxyz,yxyz,zxyz,xi,yi,zi)

clr=6

call line(xi,yi,zi,xche,yche,zche)

clr=0

call circle(xi,yi,zi,z+0.01)

end if

end do

iche=i

close (1)

call gi('Σημεία Ελέγχου = ',17,iche,1)

c-----
c FINISH BRA.DXF
c-----
1000 callg('Κλείνω το bra.dxf',17,1)

call finish

close (0)
```

```
c-----  
c      FINISH PROGRAM  
c-----  
      call gc30('Έργο : ',7,prjg,1)  
      call g('BUILDING RESTRICTED AREAS - BRA - FM17',38,1)  
      call g('Αντε Γειά',9,1)  
      call interval(2)  
  
c-----  
      return  
c-----  
  
c-----  
c      ERRORS  
c-----  
  
998  callg('Κλείστε το bra.dxf από το AUTOCAD - Πατήστε Enter ',51,1)  
      read(*,*)  
      stop ''  
  
999  callg('Ο Κατάλογος του αρχείου bra.dxf δεν είναι έγκυρος ',51,1)  
      call gc70('Αρχείο=',7,bradx,1)  
      call g('Πατήστε Enter ',51,1)  
      read(*,*)  
      stop ''  
  
c-----  
      end  
c-----
```