

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Πολυτεχνική Σχολή,
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών,
Τομέας Τηλεπικοινωνιών

ΑΣΥΡΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ II

ΘΕΜΑ:

ΨΗΦΙΑΚΗ ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΗ ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗ ΝΟΜΟΥ ΕΒΡΟΥ



Επιβλέπων Καθηγητής: Θωμάς Ξένος

Ονοματεπώνυμο Φοιτητή: Ηλίας Χρυσοβέργης

Α.Ε.Μ. Φοιτητή: 8009

E-mail Φοιτητή: iliachry@ece.auth.gr

Περιεχόμενα

1) Εισαγωγή.....	3
2) Γενικά.....	4
i. Πληθυσμιακά Στοιχεία.....	4
ii. Γεωφυσικά Στοιχεία – Χάρτες.....	5
iii. Πρότυπα	6
iv. Νομοθεσία – Νομικό Πλαίσιο	7
v. Χαρακτηριστικά Εκπομπής (Συχνότητα, Πομποί, Αναμεταδότες Ραδιοζεύξη).....	8
3) Ραδιοκάλυψη.....	10
i. Κύριος Πομπός.....	10
a) Μηκοτομές/Απώλειες	
b) Ποιότητα Σήματος	
c) Εξοπλισμός	
ii. Αναμεταδότες.....	17
a) Μηκοτομές/Απώλειες	
b) Ποιότητα Σήματος	
c) Εξοπλισμός	
4) Ραδιοζεύξη.....	21
i. Μηκοτομές/Απώλειες	
ii. Ποιότητα Σήματος	
iii. Εξοπλισμός	
5) Στοιχεία Αντικεραινικής Προστασίας	24
6) Συμπεράσματα/Παρατηρήσεις/Προτάσεις.....	32
7) Βιβλιογραφία.....	33

1. Εισαγωγή

Η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση (Digital terrestrial television - DTT ή DTTV) αποτελεί την εξέλιξη της εκπεμπόμενης, αναλογικής τηλεόρασης. Είναι μια καινοτομική υπηρεσία που αναδεικνύει την τεχνολογική πρόοδο της «μικρής οθόνης» έπειτα από την έγχρωμη εικόνα τη δεκαετία του πενήντα. Τα πλεονεκτήματα που φέρει αυτή η τεχνολογία στην τηλεόραση είναι άμεσα, πολλαπλά και απευθύνονται σε όλους, χωρίς μάλιστα να απαιτούνται περίπλοκες ενέργειες από την πλευρά του τηλεθεατή.

Κάποια από αυτά είναι η καλύτερη ποιότητα σήματος, τόσο σε επίπεδο εικόνας όσο και σε επίπεδο ήχου, η μηδενική επίδραση του θορύβου και των παρεμβολών, η εξοικονόμηση του φάσματος, η δυνατότητα ενσωμάτωσης πρόσθετων υπηρεσιών, η δυνατότητα τηλεόρασης υψηλής ευκρίνειας (High Definition) καθώς και το γεγονός ότι δεν χρειάζεται κάποια σημαντική αλλαγή στην κεντρική εγκατάσταση του σπιτιού.

Η μετάβαση από την αναλογική στην ψηφιακή τηλεόραση φέρει πολλά και σημαντικά πλεονεκτήματα γι' αυτό και είναι ένα παγκόσμιο εγχείρημα το οποίο αφορά όλες τις χώρες σε όλες τις Ηπείρους. Όπως αναφέρεται στην ανακοίνωση της Παγκόσμιας Ένωσης Τηλεπικοινωνιών η μετάβαση από την αναλογική στην ψηφιακή ευρυεκπομπή αποτελεί ορόσημο στη θέσπιση μιας πιο δίκαιης και ανθρωποκεντρικής κοινωνίας. Δημιουργεί καινούρια δίκτυα διανομής και δίνει νέα δυναμική σε ασύρματες καινοτομίες και υπηρεσίες. Λόγω αποτελεσματικότερης χρήσης του φάσματος, επιτρέπει σε περισσότερα κανάλια να μεταφέρονται χρησιμοποιώντας λιγότερα ραδιοκύματα, στοιχείο το οποίο οδηγεί σε διεύρυνση των υπηρεσιών και σύγκλιση των τεχνολογιών.

Η έμφυτη ευελιξία που προσφέρει η επίγεια ψηφιακή ευρυεκπομπή υποστηρίζει τη λήψη βίντεο, internet και πολυμεσιών δεδομένων σε κινητά τηλέφωνα, κάνοντας έτσι τις εφαρμογές, τις υπηρεσίες και τις πληροφορίες προσβάσιμες και εύχρηστες από οπουδήποτε, οποιαδήποτε στιγμή.

Η μετάβαση άνοιξε τις πόρτες σε νέες καινοτομίες όπως την ψηφιακή ευρυεκπομπή χειρός (DVB-H) μαζί με την τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας (HDTV), τη στιγμή που παρέχει περισσότερο εύρος ζώνης (bandwidth) σε υπάρχουσες κινητές, σταθερές και ραδιοπλοηγητικές υπηρεσίες.

Για αυτό το λόγο, είναι χρέος των Ελλήνων τηλεπικοινωνιακών μηχανικών να εγκαταστήσουν ένα αξιόπιστο και ευσταθές σύστημα ψηφιακής τηλεοπτικής ραδιοκάλυψης σε ολόκληρη την Ελλάδα έτσι ώστε ο κάθε πολίτης, από την μεγαλύτερη πόλη μέχρι το μικρότερο χωριό, να έχει την δυνατότητα να χρησιμοποιήσει αυτό το αγαθό της ψηφιακής τηλεόρασης.

Σκοπός της συγκεκριμένης μελέτης είναι ο σχεδιασμός της ψηφιακής τηλεοπτικής ραδιοκάλυψης του Νομού Έβρου στην Θράκη, ο σχεδιασμός της ραδιοξεύξης μεταξύ της πρωτεύουσας του Νομού, Αλεξανδρούπολης, όπου βρίσκονται τα studio με το κέντρο/τα κέντρα εκπομπής, η επιλογή του κατάλληλου εξοπλισμού (κεραίες, πομποί κλπ), η επιλογή και ο σχεδιασμός των πιθανών αναμεταδοτών καθώς και ο σχεδιασμός του αλεξιέραυνου/-ων και των γειώσεων που θα χρειαστούν.

Για την ολοκλήρωση της συγκεκριμένης μελέτης, λήφθηκαν υπ' όψιν τα πληθυσμιακά καθώς και τα γεωφυσικά στοιχεία του νομού, τα πρότυπα τα οποία υιοθετούνται καθώς και το υπάρχον νομικό πλαίσιο.

2. Γενικά

ι. Πληθυσμιακά Στοιχεία

Σύμφωνα με τα στοιχεία του αρχείου της Ελληνικής Στατιστικής Υπηρεσίας για την απογραφή του πληθυσμού της Ελλάδας του 2011, ο Νομός Έβρου έχει πληθυσμό 149.354 κατοίκους.

Σκοπός της συγκεκριμένης μελέτης είναι ο κατά το δυνατόν καλύτερος σχεδιασμός έτσι ώστε οι κάτοικοι ακόμη και τον μικρότερων χωριών, όσο μακριά και αν βρίσκονται από κάποια μεγάλη πόλη, χωριό ή κωμόπολη να μπορούν να λαμβάνουν σήμα.

Ο Νομός Έβρου αποτελείται από 13 Δήμους οι οποίοι δίνονται στην συνέχεια (Πίνακας 1):

Δήμος	Πληθυσμός
Αλεξανδρούπολης (1)	52.270
Βύσσας (2)	8.184
Διδυμοτείχου (3)	18.998
Κυπρίνου (4)	2.915
Μεταξάδων (5)	4.486
Ορεστιάδας (6)	21.730
Ορφέα (7)	6.146
Σαμοθράκης (8)	2.723
Σουφλιού (9)	7.519
Τραιανούπολης (10)	3.335
Τριγώνου (11)	6.656
Τυχερού (12)	4.103
Φερών (13)	9.839



Εικόνα 1: Ο Νομός Έβρου

ii. Γεωφυσικά στοιχεία

Ο Νομός Έβρου βρίσκεται στο βορειοανατολικό άκρο της Ελλάδας, στο φυσικό σύνορο της χώρας με την Βουλγαρία στα βόρεια και την Τουρκία στα ανατολικά. Δυτικά συνορεύει με τον νομό Ροδόπης, η πρόσβαση στον οποίον γίνεται μέσω της Εγνατίας Οδού και στα νότια βρέχεται από το Θρακικό πέλαγος. Ο Έβρος είναι ένας νομός πεδινός αφού μόνο το 10,3% είναι ορεινοί όγκοι, έναντι των εκτεταμένων πεδιάδων που καταλαμβάνουν το 62,4% της έκτασης του, ένα μεγάλο μέρος των οποίων καλλιεργείται.



Εικόνα 2: Ο Νομός Έβρου συνορεύει με τον Νομό Ροδόπης δυτικά, με το κράτος της Βουλγαρίας βορειοδυτικά και με το κράτος της Τουρκίας ανατολικά.



Εικόνα 3: Γεωφυσικά στοιχεία του Νομού Έβρου

iii. Πρότυπα

Ως αποτέλεσμα συναπόφασης όλων των εμπλεκόμενων φορέων προκειμένου η χώρα μας να διαθέτει μία σύγχρονη ψηφιακή πλατφόρμα, η τεχνολογία που επιλέχθηκε είναι το DVB-T MPEG-4 ή H.264 και αφορά τόσο στο πρότυπο όσο και στο το πρωτόκολλο κωδικοποίησης.

Το DVB-T είναι ένα πρότυπο για τη λήψη επίγειου ψηφιακού σήματος τηλεόρασης. Χρησιμοποιεί τα γνωστά από τις αναλογικές εκπομπές κανάλια UHF και η λήψη ψηφιακών εκπομπών γίνεται επίγεια μέσω κεραίων.

Σε αντίθεση με την αναλογική μετάδοση, μέσω ψηφιακής αναμετάδοσης τα κανάλια UHF, οι συχνότητες δηλαδή, μπορούν να χρησιμοποιηθούν πιο αποτελεσματικά, καθώς ψηφιακά μπορούν να αναμεταδίδονται περισσότερα προγράμματα ανά συχνότητα. Η μέθοδος διαμόρφωσης στο συγκεκριμένο πρότυπο είναι η COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex).

Η ψηφιακή τηλεόραση (DVB-T) μπορεί να είναι Standard Definition (SD) ή High Definition (HD), εφόσον υποστηρίζεται. Οι ψηφιακοί πάροχοι έχουν την υποδομή για να μεταφέρουν σήμα υψηλής ευκρίνειας, όμως πρέπει το περιεχόμενο που λαμβάνουν να είναι σε HD. Δηλαδή, ο ελάχιστος πάροχος περιεχομένου (τηλεοπτικός σταθμός) θα πρέπει να στέλνει το πρόγραμμά του στον πάροχο σε High Definition.

Το MPEG-4, από την άλλη, είναι η μέθοδος συμπίεσης ψηφιακών οπτικοακουστικών δεδομένων. Η συγκεκριμένη τεχνολογία αποτελεί τη βάση για την εξέλιξη στην ψηφιακή τηλεόραση και είναι η επικρατέστερη ανάμεσα στις χώρες της Ευρώπης, ενώ έχει προτιμηθεί στην Αυστραλία, τη Νέα Ζηλανδία, την Κολομβία και ορισμένες χώρες της Αφρικής.

Το συγκεκριμένο πρωτόκολλο κωδικοποίησης έχει επιλεγεί διότι:

- Προσφέρει 40% καλύτερη ποιότητα από το προγενέστερο σύστημα κωδικοποίησης MPEG-2 (ποιότητα DVD).
- Εξασφαλίζει τη δυνατότητα για μελλοντική εκπομπή σε Υψηλή Ανάλυση (High Definition). Στην Ευρώπη είναι ήδη μια τρέχουσα εξέλιξη.

iv. Νομοθεσία – Νομικό πλαίσιο

Στις 16 Ιουνίου 2006, στο πλαίσιο της περιοχικής διάσκεψης της Παγκόσμιας Ένωσης Τηλεπικοινωνιών (I.T.U. – International Telecommunication Union), στη Γενεύη συμφωνήθηκε η ψηφιοποίηση του τηλεοπτικού σήματος των χωρών που ανήκουν στην Περιοχή 1. Δηλαδή, στην Ευρώπη, την Αφρική, τη Μέση Ανατολή και την Ισλαμική δημοκρατία του Ιράν. Βάσει της συμφωνίας, η μετάβαση στην επίγεια ψηφιακή τηλεόραση στις περιοχές αυτές θα έπρεπε να έχει ολοκληρωθεί μέχρι τον Ιούνιο 2015, με μόνη εξαίρεση τις Αφρικανικές χώρες στις οποίες έχει δοθεί παράταση.

Για την εφαρμογή της απόφασης της Παγκόσμιας Ένωσης Τηλεπικοινωνιών στη χώρα μας, το Υπουργείο Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων, σε συνεργασία με το Υπουργείο Επικρατείας, εξέδωσε την Κ.Υ.Α. 21161/12-8-2008, Φ.Ε.Κ. 1680/Β'/20-8-2008 σε συνδυασμό με το άρθρο 14 του Νόμου 3592/18-7-2007, Φ.Ε.Κ. 161/Α'/19-7-2007, στην οποία καθορίζονται οι προδιαγραφές για την υλοποίηση του έργου. Καθορίζονται δηλαδή, οι συχνότητες, οι ελάχιστες τεχνικές προδιαγραφές εκπομπής (συντεταγμένες των κέντρων εκπομπής, υψομετρική τοποθεσία, κ.λπ.), οι περιορισμοί εκπομπής (π.χ. ισχύ εκπομπής), καθώς επίσης και η διαδικασία περιοδικού ελέγχου. Η συγκεκριμένη Κ.Υ.Α. ορίζει 21 προσωρινά κέντρα εκπομπής και προσωρινές συχνότητες για την εκπομπή του ψηφιακού σήματος, καθότι στην Ελλάδα δεν υπάρχουν ελεύθερες συχνότητες που μπορεί η Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων (Ε.Ε.Τ.Τ.) να παραχωρήσει για χρήση. Για το λόγο αυτό, σε αντίθεση με τις άλλες χώρες όπου υπάρχει ταυτόχρονη εκπομπή του αναλογικού και του ψηφιακού σήματος, στη χώρα μας χρειάστηκε να γίνει παύση του αναλογικού σήματος για την ενεργοποίηση του ψηφιακού.

Οι τελικές συχνότητες, ο τελικός Χάρτης Συχνοτήτων Επίγεια Ψηφιακής Ευρυεκπομπής Τηλεοπτικού Σήματος, ο οποίος οριστικοποιήθηκε τον Οκτώβριο του 2012, καθορίστηκαν στην Κοινή Υπουργική Απόφαση 42800/5-10-2012, Φ.Ε.Κ. 2704/Β'/5-10-2012. Επίσης, έπειτα από την ολοκλήρωση της μελέτης, σε αυτή την Κ.Υ.Α., ορίστηκαν συνολικά 156 επιτρεπτά κέντρα ψηφιακής εκπομπής ανά την Ελλάδα [συμπεριλαμβανομένων των 21 προαναφερθέντων], τα οποία χρειάστηκαν για την επιτυχή ολοκλήρωση της μετάβασης της χώρας από την επίγεια αναλογική στην επίγεια ψηφιακή ευρυεκπομπή. Καθορίστηκαν οι συχνότητες που πρέπει να χρησιμοποιούνται σε καθένα από τα 156 κέντρα καθώς επίσης και επιμέρους θέματα όπως οι γεωγραφικές περιοχές κάλυψης.

Η σειρά των περιοχών που απέκτησαν ψηφιακό σήμα και οι ημερομηνίες έναρξης λειτουργίας των κέντρων εκπομπής ανά περιοχή απονομής (allotment), το χρονοδιάγραμμα δηλαδή, επίσης καθορίστηκαν από το Υπουργείο Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων σε συνεργασία με το Υπουργείο Επικρατείας και ανακοινώθηκαν με σχετικές Κοινές Υπουργικές Αποφάσεις.

Βάσει της Κ.Υ.Α. 41167/1375/Φ.111Α/22-8-2013, Φ.Ε.Κ. 2064/Β'/23-8-2013, η οποία τροποποιήθηκε από την Κ.Υ.Α. 46157/1815/Φ.150/16-9-2013, Φ.Ε.Κ. 2421/Β'/27-9-2013, στη συνέχεια από την Κ.Υ.Α. 23953/724/Φ.110Α/15-4-2014, Φ.Ε.Κ. 1045/Β'/28-4-2014 και έπειτα από τις Κ.Υ.Α. 30150/901/Φ.111Α/16-5-2014, Φ.Ε.Κ. 1338/Β'/27-5-2014, Οικ.40518/1168/Φ.111Α/4-7-2014, Φ.Ε.Κ. 1879/Β'/10-7-2014, 55304/1630/24-9-2014, Φ.Ε.Κ. 2555/Β'/25-9-2014 και τέλος από την Κ.Υ.Α. ΟΙΚ. 62941/1831/Φ.111Α/29-10-2014, Φ.Ε.Κ. 2931/Β'/30-10-2014, η μετάβαση έπρεπε να ολοκληρωθεί 325 ημέρες από το Τ0 (ημερομηνία έναρξης βάσει της άδειας που μας δόθηκε στις 7-2-2014), δηλαδή στις 29 Δεκεμβρίου 2014.

ΨΗΦΙΑΚΗ ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΗ ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗ ΝΟΜΟΥ ΕΒΡΟΥ

Υ. Χαρακτηριστικά εκπομπής (Συχνότητα, Πομποί)

Με την υπ' αριθμόν 42800/05-10-2012 κοινή υπουργική απόφαση, που δημοσιεύτηκε στο φύλλο της Εφημερίδας της Ελληνικής Κυβέρνησης, καθορίστηκε ο χάρτης συχνοτήτων επίγειας ψηφιακής ευρυεκπομπής τηλεοπτικού σήματος. Για την υπηρεσία αυτή διατίθενται συνολικά 40 δίαυλοι εύρους 8 MHz, οι οποίοι καλύπτουν το φάσμα των 470-790 MHz. Επίσης, η χώρα διαιρείται σε 34 περιοχές (allotments), με συγκεκριμένους διαύλους να παρέχονται σε κάθε νομό.

Δίαυλοι	Ζώνη Συχνοτή- των	dB
21-27	470-526 MHz	0
28-34	526-582 MHz	1
35-41	582-638 MHz	2
42-48	638-694 MHz	3
49-56	694-750 MHz	4
57-60	750-790 MHz	5

Εικόνα 4: Οι διαθέσιμοι δίαυλοι και οι αντίστοιχες ζώνες συχνοτήτων

Η περιοχή του νομού Έβρου ανήκει στην περιοχή με αριθμό 1 (allotment 1), όπου αποδίδονται οι δίαυλοι με αριθμό 25,32,35,46,47,50,51,54 και 56. Η μελέτη της ραδιοκάλυψης επιλέχθηκε να γίνει με χρήση του διαύλου 35, με κεντρική συχνότητα τα 586 MHz. Σε αυτή τη συχνότητα αντιστοιχεί μήκος κύματος $\lambda \approx 0.5$ m.

Στις εικόνες 4, 5 και 6 παρουσιάζονται οι επιτρεπόμενοι δίαυλοι με την ζώνη συχνοτήτων στην οποία αντιστοιχίζονται, τα σημεία που οριοθετούν την περιοχή απονομής του Νομού Έβρου σύμφωνα με τις Τελικές Πράξεις της Γενεύης 2006 καθώς και τα επιτρεπτά κέντρα εκπομπής για το μονοσυχνικό δίκτυο του Νομού Έβρου αντίστοιχα, όπως αυτά προσδιορίζονται στην υπ' αριθμόν 42800/05-10-2012 κοινή υπουργική απόφαση.

Σημεία που οριοθετούν τις περιοχές απονομής (allotment) σύμφωνα με τις Τελικές Πράξεις της Γενεύης 2006.

Γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ87

Αριθμός Allotment	Όνομα	Σημείο Αναφοράς	Γεωγραφικό Μήκος	Γεωγραφικό Πλάτος
1	EVROS	0	26E0411,33	41N4246,88
1	EVROS	1	26E2238,29	41N4212,90
1	EVROS	2	26E3529,28	41N3539,91
1	EVROS	3	26E3555,30	41N2122,90
1	EVROS	4	26E0605,42	40N4520,85
1	EVROS	5	25E5753,40	41N0608,85
1	EVROS	6	26E0345,37	41N2011,87

Εικόνα 5: Σημεία που οριοθετούν τις περιοχές απονομής για τον Νομό Έβρου

Μονοσυχνικά δίκτυα (SFN) όπως αυτά διαρθρώνονται ανά την επικράτεια και καθορισμός των επιτρεπτών κέντρων εκπομπής ανά μονοσυχνικό δίκτυο.

Allotment/SFN		Κέντρα Εκπομπής
1	EVROS	ΠΥΘΙΟ
		ΚΗΠΟΙ
		ΠΕΝΤΑΛΟΦΟΣ
		ΔΙΑΥΜΟΤΕΙΧΟ
		ΣΟΥΦΛΙ

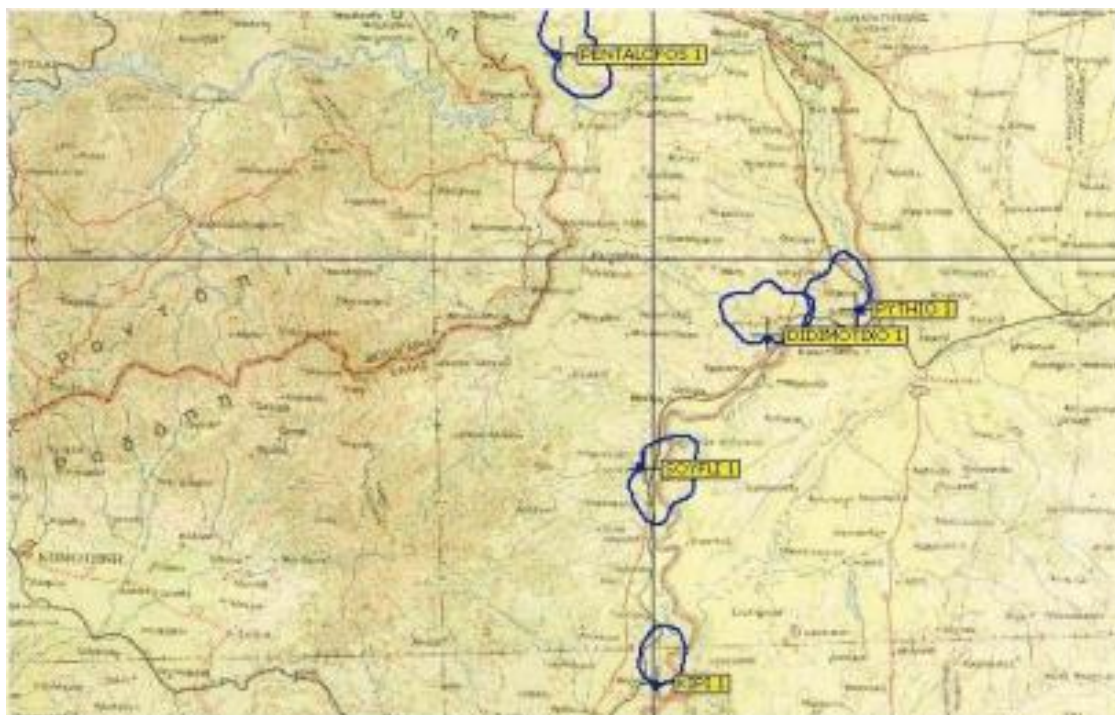
Εικόνα 6: Επιτρεπτά κέντρα εκπομπής για τον Νομό Έβρου

ΨΗΦΙΑΚΗ ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΗ ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗ ΝΟΜΟΥ ΕΒΡΟΥ

Όσον αφορά τις επιτρεπτές περιοχές για την τοποθέτηση κέντρων εκπομπής βλέπουμε ότι αυτά είναι μόνο 6, σύμφωνα με τον νόμο. Αυτές βρίσκονται στην Πλάκα, στο Πύθιο, τους Κήπους, τον Πεντάλοφο, το Διδυμότειχο και το Σουφλί.

Για ελαχιστοποίηση του κόστους θα προσπαθήσουμε να χρησιμοποιήσουμε όσα λιγότερα κέντρα εκπομπής τα οποία ταυτόχρονα θα πρέπει να βρίσκονται σε επιτρεπτές περιοχές. Τον κύριο πομπό θα τον τοποθετήσουμε στην Πλάκα, διότι είναι η κοντινότερη επιτρεπτή περιοχή για κέντρο εκπομπής στην Αλεξανδρούπολη όπου βρίσκεται πάνω από το ένα τρίτο του πληθυσμού του Έβρου. Σχεδιάζοντας τις μηκοτομές και υπολογίζοντας τις απώλειες και την ποιότητα σήματος στην συνέχεια θα εξετάσουμε αν χρειάζεται να τοποθετήσουμε αναμεταδότες σε κάποιες από τις περιοχές Πύθιο, Πεντάλοφο, Διδυμότειχο και Σουφλί ή όχι.

Όσον αφορά την ραδιοζεύξη θα γίνει ειδική μελέτη ώστε να εξετασθεί αν εξασφαλίζεται αξιόπιστη επικοινωνία μεταξύ των studio στην πρωτεύουσα του νομού Αλεξανδρούπολη και του κύριου Πομπού στην Πλάκα.



Εικόνα 7: Επιτρεπτά κέντρα εκπομπής για τον Νομό Έβρου

3. Ραδιοκάλυψη

Το βασικότερο κριτήριο για την επιλογή της θέσης του κύριου πομπού στην Πλάκα είναι η όσο το δυνατόν καλύτερη οπτική επαφή της περιοχής που μας ενδιαφέρει, της πρωτεύουσας του Νομού Έβρου, δηλαδή της Αλεξανδρούπολης και γύρω περιοχές της, για την μεγαλύτερη δυνατή πληθυσμιακή κάλυψη. Επίσης βασικό ρόλο παίζει η δυνατότητα πρόσβασης με τουλάχιστον έναν χωματόδρομο καθώς και η πρόσβαση της κεραίας στο δίκτυο της ΔΕΗ.

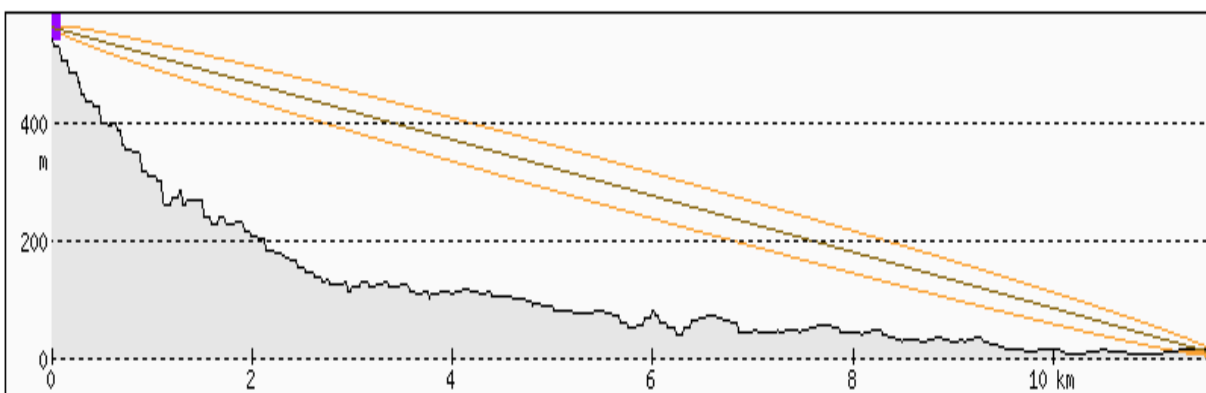
Η θέση του κύριου πομπού δίνεται με τις παρακάτω συντεταγμένες:

40°53'26.50"B 25°44'58.15"A (40.890694 25.749486)

α. Κύριος Πομπός

ι. Μηκοτομές/Απώλειες

Από τον κύριο πομπό στην Πλάκα έχουμε οπτική επαφή με την **Αλεξανδρούπολη**, καθώς το ελλειψοειδές Fresnel δεν επηρεάζεται από κάποιο εμπόδιο, όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε και στην μηκοτομή που δίνεται παρακάτω:

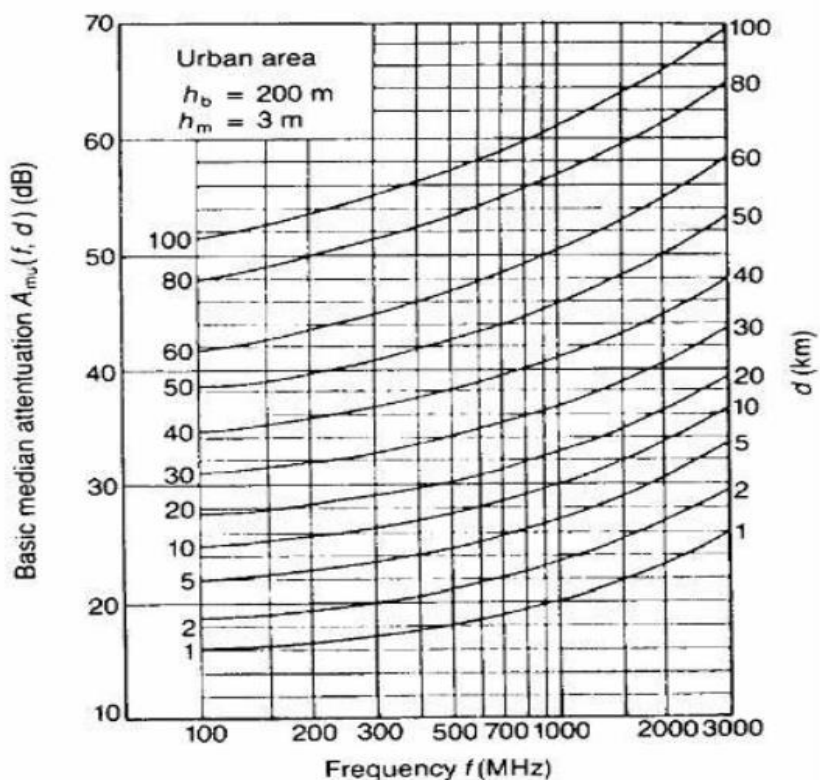


Οι απώλειες ελευθέρου χώρου υπολογίζονται με το εξής μοντέλο ελευθέρου χώρου:

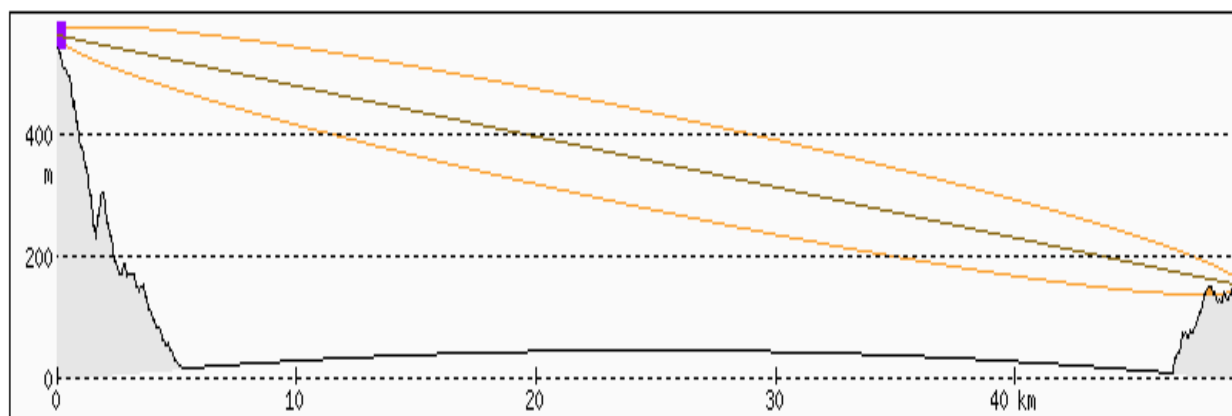
$$L = 122 + 20 \log(d) - 20 \log(\lambda)$$

οπού d εκφράζει την απόσταση μεταξύ των κεραιών εκπομπής και λήψης σε χιλιόμετρα και το λ το μήκος κύματος σε εκατοστά.

Οπότε, προκύπτει ότι $L=109.6$ dB. Όμως, λόγω απωλειών από διάδοση σε αστικό περιβάλλον, που προκύπτουν περίπου 25dB σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα και λόγω απωλειών λόγω καλωδιώσεων περίπου 5 dB έχουμε τελικά συνολικές απώλειες **$L = 140$ dB**.



Όσον αφορά την πόλη της **Σαμοθράκης** βλέπουμε στην παρακάτω μηχανομύ ότι και εδώ υπάρχει οπτική επαφή με τον κύριο πομπό στην Πλάκα. Οπότε συμπεραίνουμε ότι και η πόλη της Σαμοθράκης μπορεί να λάβει το ψηφιακό σήμα. Ενδεχομένως να χρειαστεί να τοποθετηθεί κάποιος αναμεταδότης στο νησί της Σαμοθράκης ώστε να καλύπτει όλα τα χωριά του νησιού. Η μηχανομύ δίνεται στην συνέχεια:



Όσον αφορά τις απώλειες ελευθέρου χώρου αυτές προκύπτουν ίσες με $L=122$ αλλά λόγω του εμποδίου το οποίο υπερβαίνει ελάχιστα το κάτω όριο του ελλειψοειδούς έχουμε συνολικές απώλειες **$L = 125 \text{ dB}$** . Τέλος, θα πρέπει να γίνει και μελέτη για το

πώς επηρεάζει το εξ ανακλάσεως κύμα λόγω της θάλασσας το σήμα στην πόλη της Σαμοθράκης.

Έχοντας καλύψει περισσότερο από το ένα τρίτο του πληθυσμό του Νομού Έβρου και μετά από εκτενή και χρονοβόρα μελέτη προκύπτει ότι θα πρέπει να τοποθετηθούν αναμεταδότες για τους υπόλοιπους δήμους το νομού οι οποίοι συγκεντρώνουν τους πληθυσμούς τους βόρεια, ανατολικά και βορειοανατολικά του νομού. Οπότε, οι υπόλοιποι δήμοι θα μελετηθούν στην ενότητα των αναμεταδοτών.

ii. Ποιότητα Σήματος

Προκειμένου να υπολογιστεί η ισχύς εκπομπής, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται ικανοποιητική παροχή της υπηρεσίας σε όλους τους οικισμούς ενδιαφέροντος, θα ληφθεί υπόψη η ραδιοζεύξη με τις μεγαλύτερες απώλειες, δηλαδή η ζεύξη με την πόλη της Αλεξανδρούπολης, όπου οι απώλειες διάδοσης είναι της τάξης των 140dB.

Για εύρος ζώνης καναλιού $BW=8\text{MHz}$, θερμοκρασία $T=300\text{K}$ και $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ σταθερά Boltzmann, υπολογίζουμε την ισχύ του θερμικού θορύβου ο οποίος θέτει το κατώφλι στην ισχύ λήψης.

$$N = k \cdot T \cdot BW \cong 3.31 \cdot 10^{-14} \text{ W}$$

Η

$$N(\text{dBm}) = 10 \cdot \log(3.31 \cdot 10^{-14} \text{ W} / 1 \text{ mW}) \approx -105 \text{ dBm}$$

Στο τεύχος 2704 της Εφημερίδας της Κυβερνήσεως και συγκεκριμένα στο άρθρο με αριθμό 4, αναφέρεται πως θα χρησιμοποιηθεί διαμόρφωση 64-QAM με κωδικοποίηση $3/4$. Επιλέγουμε να κρατήσουμε το ίδιο σύστημα και θεωρούμε ικανοποιητικό ρυθμό $\text{BER} \approx 10^{-6}$. Από διαγράμματα καμπύλης BER σε πρότυπο DVB, διαπιστώνουμε πως η επιθυμητή σηματοθορυβική σχέση στο δέκτη είναι $\approx 27\text{dB}$.

Από τον τύπο υπολογισμού του SNR μπορούμε να υπολογίσουμε την απαιτούμενη ισχύ στο δέκτη δεδομένου του θορύβου.

Πιο συγκεκριμένα, ισχύει:

$$SNR(\text{dB}) = S(\text{dBm}) - N(\text{dBm})$$

Άρα,

$$S(\text{dBm}) = SNR(\text{dB}) + N(\text{dBm}) = 27 - 105 = -78 \text{ dBm}$$

Οι μέγιστες απώλειες λαμβάνοντας υπόψη και τις απώλειες λόγω καλωδιώσεων είναι **$L=140\text{dB}$** (ζεύξη με την πόλη της Αλεξανδρούπολης).

Επομένως, για κέρδος κεραίας εκπομπής $G_T \approx 15\text{dBi}$, κεραίας λήψης $G_R \approx 15\text{dBi}$, απαραίτητη ισχύ λήψης στο δέκτη $P_R = -78\text{dBm}$, προκύπτει από την εξίσωση του Friis η ισχύς εκπομπής της κεραίας σε dB:

$$PT=PR-GR-GT+L= -78-15-15+140=32 \text{ dBm}$$

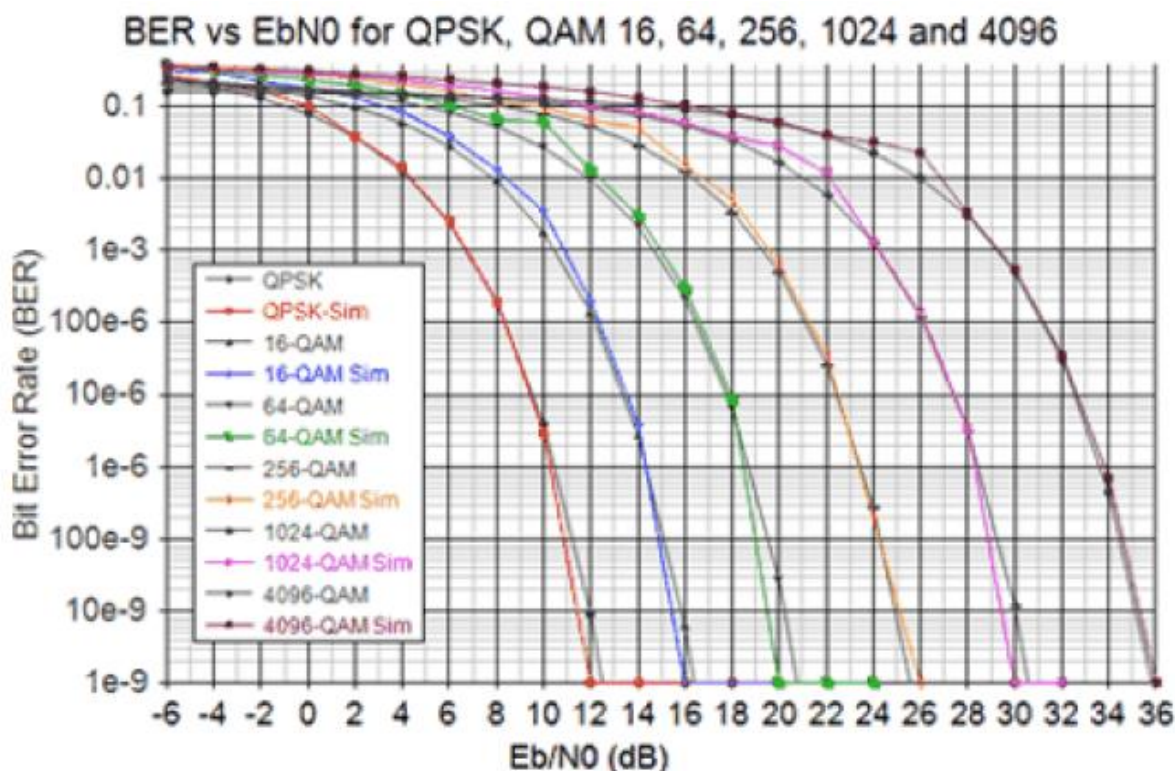
ή

$$PT=1584,9 \text{ mW}$$

ή

$$PT=1,6 \text{ W}$$

Το άνω επιτρεπτό όριο εκπομπής είναι 63dBm. Κατά συνέπεια, η ισχύς που προέκυψε είναι αποδεκτή.



iii. Εξοπλισμός

Η επιλογή της διάταξης εκπομπής οφείλει να πληροί τις προϋποθέσεις που εγγυώνται τη συνεχή, επαρκούς ποιότητας και φυσικά νόμιμη παροχή υπηρεσίας.

Πιο συγκεκριμένα, οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή και το υψόμετρο που επιλέξαμε να τοποθετήσουμε τον πομπό, θέτει σημαντικές απαιτήσεις στις αντοχές της κεραίας ενάντια στον άνεμο και τον παγετό.

Επίσης, λόγω της γεινιάσης του νομού Έβρου με το νομό Ροδόπης καθώς και με τα κράτη της Βουλγαρίας και της Τουρκίας, η ισχύς εκπομπής και η κατευθυντικότητα του πομπού πρέπει να συνάδουν με τους αντίστοιχους κανόνες για αποφυγή παρεμβολών.

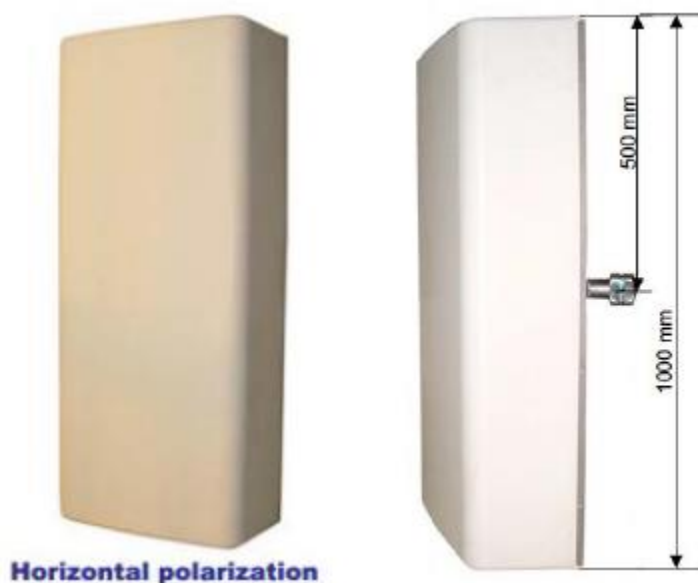
ΨΗΦΙΑΚΗ ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΗ ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗ ΝΟΜΟΥ ΕΒΡΟΥ

Παρατηρούμε πως οι οικισμοί μεγίστου ενδιαφέροντος βρίσκονται σε εύρος δέσμης μισής ισχύος γύρω στις 80° .

Αρχικά μελετήθηκε η συμβατότητα του μοντέλου 4DR-4S2 της εταιρίας Kathrein Scala Division, το οποίο παρέχει πολύ καλή απόδοση στο εύρος συχνοτήτων που επιθυμούμε και παράλληλα μεγάλη αντοχή σε μεγάλες ταχύτητες ανέμου και παγοποίηση. Ωστόσο, τελικά απορρίφθηκε, διότι το HPBW που παρέχει είναι 75° , ενώ ο δυνατός συνδυασμός των panels στο ίδιο ύψος για διεύρυνση του εύρους δέσμης μισής ισχύος, αυξάνει το εύρος σε τιμή αρκετά μεγαλύτερη της επιθυμητής (πχ. Μοντέλο 2HW με HPBW= 180°).

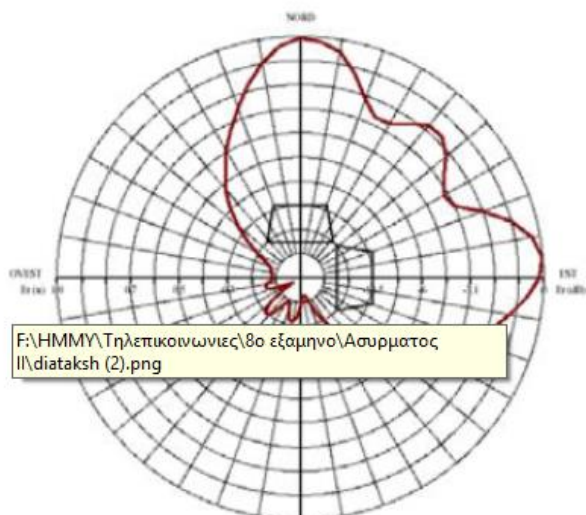
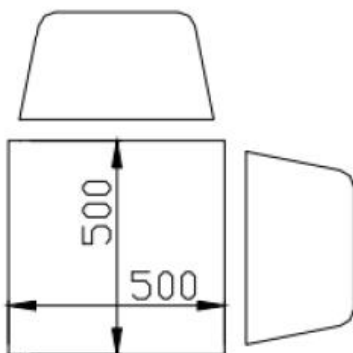
Κατόπιν περαιτέρω αναζήτησης και μελέτης, η διάταξη που τελικά επιλέχθηκε είναι το κατευθυντικό μοντέλο PUHF1 της εταιρίας R.V.R. με εύρος ζώνης συχνοτήτων 470-860MHz.

Η διάταξη του ενός panel απεικονίζεται στην συνέχεια, ενώ τα χαρακτηριστικά του παρουσιάζονται παρακάτω.



Η χρήση δύο panels στο ίδιο ύψος του ιστού, σύμφωνα με τη διάταξη που παρουσιάζεται παρακάτω, αυξάνει το εύρος δέσμης μισής ισχύος του E-Plane, καλύπτοντας το επιθυμητό εύρος των 80° , χωρίς ωστόσο να επιτρέπει την εκπομπή σε κατευθύνσεις που το σήμα πληροφορίας θα δημιουργούσε παρεμβολές σε άλλες εκπομπές.

ΨΗΦΙΑΚΗ ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΗ ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗ ΝΟΜΟΥ ΕΒΡΟΥ



Επιλέγουμε να χρησιμοποιήσουμε δύο όμοιες τέτοιες διατάξεις κάθετα, για να αυξήσουμε το κέρδος πομπού. Συνεπώς, θα έχουμε δύο bays των δύο panels στο καθένα.

Από τους πίνακες του καταλόγου 3 παρατηρούμε πως το συνολικό ύψος θα είναι 2,15m. , θα ζυγίζει 65kg. , ενώ το κέρδος στην κεντρική συχνότητα του διαύλου που επιλέξαμε είναι $\approx 10.5\text{dBd}$.

Δηλαδή, $GT \approx 10,5 + 2,15 \approx 12,6\text{dBi}$ στα 586MHz.

ELECTRICAL DATA

Frequency range	470 ÷ 860 MHz
Impedance	50 Ohm
Connectors	7/16" female input connector (N female or 7/8" EIA on request)
Max Power	1000W - 7/16" 2500W with 7/8" flange
VSWR	$\leq 1.13:1$
Polarization	Horizontal
Gain	9.55 dBd (11.7 dBi) - (470 MHz) 11.0 dBd (13.2 dBi) - (630 MHz) 12.0 dBd (14.1 dBi) - (860 MHz)
Half power beam width	E plane $\pm 60^\circ$ at -3dB H plane $\pm 25^\circ$ at -3dB
Lightning protection	DC grounded dipoles

MECHANICAL DATA

Dimensions	1000x450x270 mm (HxLxW) 1070x530x360 mm (Packing size)
Weight	14 Kg (17 Kg including packing)
Wind surface	0.45 m ² (front) 0.25 m ² (side)
Wind load	89 Kg (wind speed at 160 km/h)*
Max wind velocity	200 km/h*
Materials	Panel reflector and bolts: stainless steel Lines and Dipole: silver-plated copper and brass Silicone – O-rings – Teflon insulator Radome: fiberglass
Icing protection	Fiberglass radome
Radome color	White
Mounting	4 holes threaded M8 at 980x85 mm spacing, or through tiltable or fix mounting brackets for poles (optionals)

* Antenna wind load is calculated for 100 Mph
(160 Km/h) per EIA-222-F standard

ΨΗΦΙΑΚΗ ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΗ ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗ ΝΟΜΟΥ ΕΒΡΟΥ

Ο πομπός που θα χρησιμοποιηθεί είναι ο ψηφιακός πομπός τηλεόρασης της PCS Electronics HQ ο οποίο μπορεί να βρεθεί στον παρακάτω σύνδεσμο:

<http://www.pcs-electronics.com/digital-transmitter-package-with-antenna-p-2533.html>

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του διαμορφωτή και του ενισχυτή του πομπού δίνονται στην συνέχεια, και όπως μπορούμε να δούμε καλύπτουν όλες τις απαιτήσεις που υπάρχουν:

Technical specifications for modulator:

- Digital Terrestrial TV
- Number of TV channels transmitted: 1 single channel
- Frequency range: 460-862 MHz (UHF)
- Selectable Video/Audio PID
- Editable Channel name
- Video encoding: H.264 MP@L 3.0/3.1/4.0 (from 480p@30FPS to 1080p@30FPS)
- Audio encoding: MPEG1 layer 2, MPEG-2 AAC
- Input: HDMI x1
- DVB-T COFDM modulator
- QPSK, 16QAM, 64QAM
- Friendly programming via LCD

Technical specifications for amplifier:

- Mains power: 110-240V (50/60Hz) universal input, mains cable not included (same as used for PC)
- Frequency band: 470-850 MHz
- 66dB gain max (please specify your desired exciter power level at desired frequency when ordering)
- BLF881 50volt LDMOS Technology.
- Input/Output 50 ohms, N female connectors
- Pout: 50W max
- Weight: 4Kg

Ακόμη, όσον αφορά τα καλώδια που θα χρησιμοποιηθούν, αυτά θα είναι τα **H-2000 Flex® Coaxial Cable** για την σύνδεση του πομπού με την κεραία. Τα χαρακτηριστικά των καλωδίων δίνονται στον παρακάτω σύνδεσμο καθώς και κάποια βασικά δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

http://rfsolutions.com.au/ham-radio-products/manufacture/messi-paolini/h-2000-flex-coaxial-cable/#tab_2

Centre conductor	Bare copper, Ø 2.62 mm
Insulation	Physical foam, water resistant Ø = 7.15 mm
Outer conductor 1	Copper foil, plastic coated
Outer conductor 2	Copper braid
Sheath	PVC UV-resistant
Bending radius	50 mm minimum
Weight	14 kg / 100 m
Temperature range	-40°C to +80°C
for installation	more than -5°C
Strength	1300 N

b. Αναμεταδότες

Λόγω του γεγονότος ότι ο κύριος πομπός στην πλάκα δεν μπορεί να καλύψει το βόρειο και ανατολικό τμήμα του νομού λόγω των εμποδίων, θα χρειαστεί να τοποθετηθούν αναμεταδότες ώστε να επιτευχθεί η ραδιοκάλυψη των δήμων που βρίσκονται στην συγκεκριμένη περιοχή.

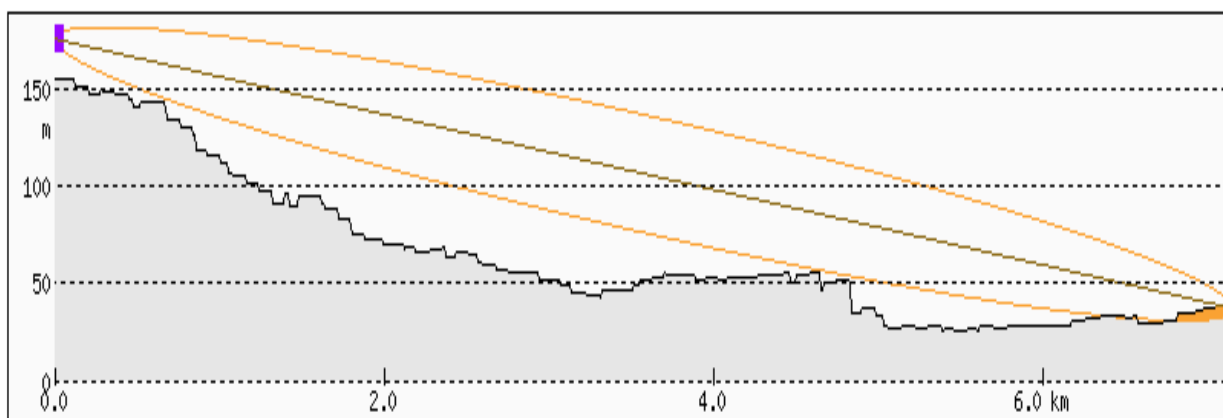
Ένας αναμεταδότης θα τοποθετηθεί σίγουρα κοντά στην Ορεστιάδα και ιδανικά ανάμεσα στην Ορεστιάδα και το Διδυμότειχο ώστε να καλύπτει ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού, περίπου 40.000 κατοίκων.

Μετά από μελέτη προέκυψε η βέλτιστη θέση του αναμεταδότη ώστε να βρίσκεται σε υψηλό υψόμετρο, αλλά ταυτόχρονα να είναι προσβάσιμη εύκολα οδικώς καθώς και να μπορεί να ηλεκτροδοτηθεί. Οι συντεταγμένες δίνονται στην συνέχεια:

41.462985 N 26.465101 E

i. Μηκοτομές/Απώλειες

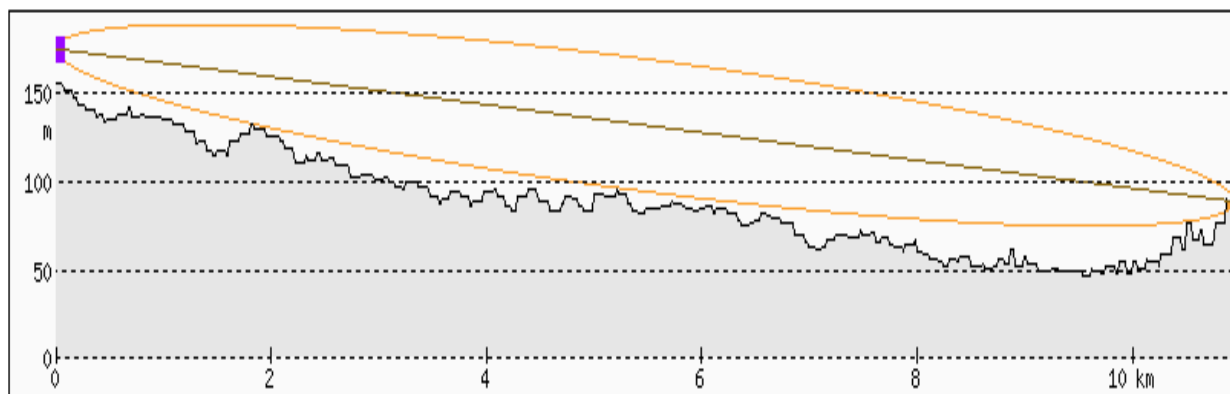
Όσον αφορά την κάλυψη της **Ορεστιάδας** προκύπτει ότι υπάρχει οπτική επαφή με τις ελάχιστες δυνατές απώλειες λόγω εμποδίων που εισάγονται στο ελλειψοειδές Fresnel όπως φαίνεται στην παρακάτω μηκοτομή:



Οι απώλειες ελευθέρου χώρου προκύπτουν ίσες με 105 dB περίπου και προσθέτοντας τις απώλειες λόγω εμποδίων 3dB και ακόμη 2dB για λόγους αξιοπιστίας προκύπτουν οι συνολικές απώλειες **L = 110 dB**.

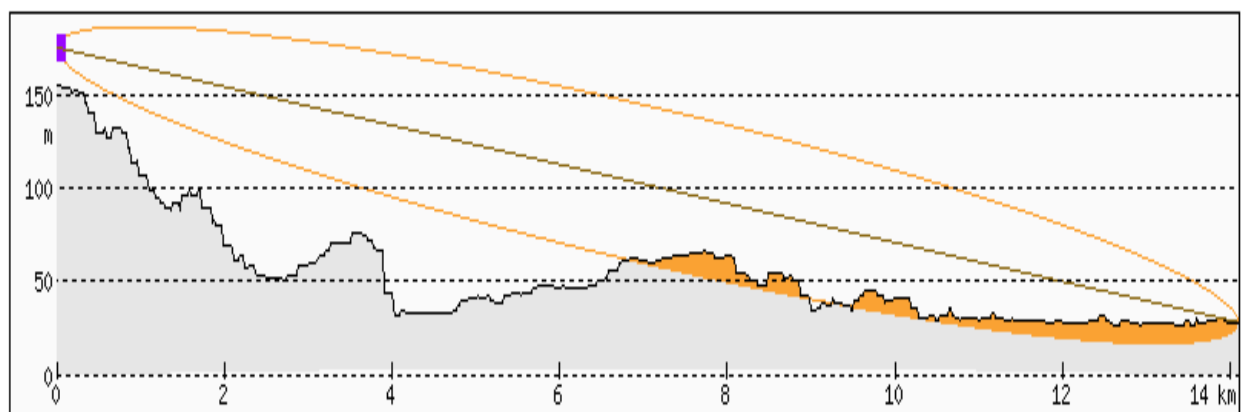
Όσον αφορά το **Διδυμότειχο**, προκύπτουν μηδενικές απώλειες λόγω εμποδίων καθώς υπάρχει τέλεια οπτική επαφή και κανένα εμπόδιο δεν εισέρχεται στο ελλειψοειδές Fresnel. Η μηκοτομή δίνεται στην συνέχεια:

ΨΗΦΙΑΚΗ ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΗ ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗ ΝΟΜΟΥ ΕΒΡΟΥ



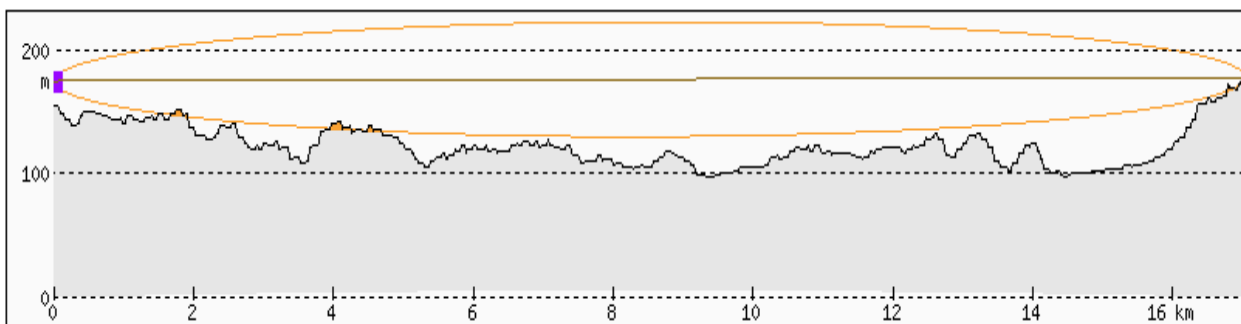
Οι απώλειες προκύπτουν ίσες με $L = 110 \text{ dB}$ περίπου.

Όσον αφορά την **Νέα Βύσσα** προκύπτουν αρκετές απώλειες λόγω του γεγονότος ότι σε ένα μεγάλο μέρος (περίπου το μισό) του ελλειψοειδούς Fresnel εισάγονται εμπόδια. Επομένως, θα προσθέσουμε απώλειες 15 dB λόγω των εμποδίων αυτών. Η μηκοτομή δίνεται στην συνέχεια:



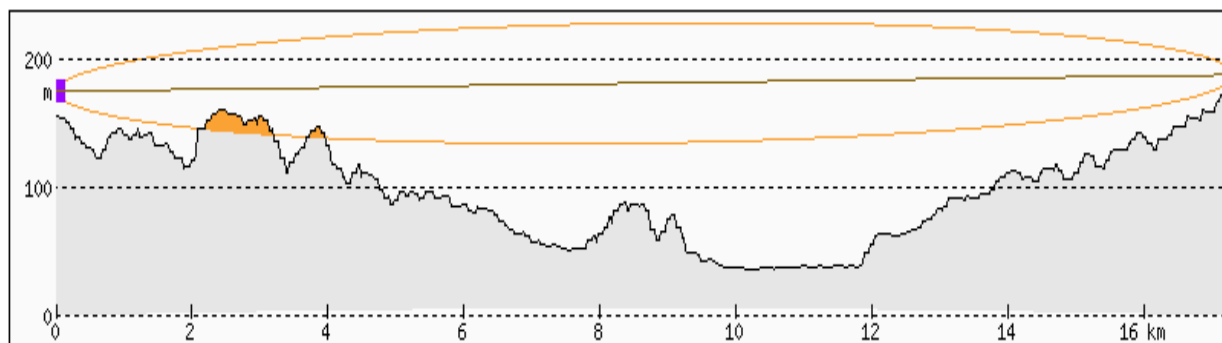
Οι συνολικές απώλειες προκύπτουν: $L = 126 \text{ dB}$.

Όσον αφορά τον δήμο **Κυπρίνου** παρατηρούμε στην μηκοτομή παρακάτω ότι έχουμε τέλεια οπτική επαφή με σχεδόν μηδαμινές απώλειες εμποδίων οι οποίες δεν λαμβάνονται υπόψη. Οι συνολικές απώλειες προκύπτουν : $L = 112 \text{ dB}$.

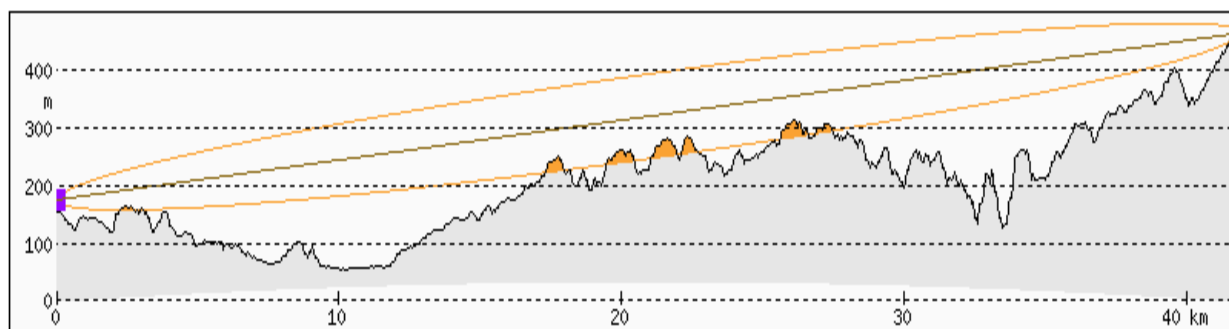


ΨΗΦΙΑΚΗ ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΗ ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗ ΝΟΜΟΥ ΕΒΡΟΥ

Ο Δήμος **Μεταξάδων** καλύπτεται κι αυτός αξιόπιστα καθώς έχουμε οπτική επαφή αν και εισάγονται ορισμένα εμπόδια στο ελλειψοειδές Fresnel τα οποία προσθέτουν 5 dB απωλειών. Οι συνολικές απώλειες προκύπτουν: **L = 118 dB**.



Ο Δήμος **Ορφέα** καλύπτεται κι αυτός από τον αναμεταδότη στην Ορεστιάδα παρόλη την μεγάλη απόσταση μεταξύ τους. Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε στην μνηστομή παρακάτω υπάρχει οπτική επαφή ενώ εισάγονται και κάποια εμπόδια στο ελλειψοειδές Fresnel που προκαλούν κι άλλες απώλειες λόγω περίθλασης του ηλεκτρομαγνητικού κύματος. Οι συνολικές απώλειες προκύπτουν: **L = 126 dB**.



Θα πρέπει να τοποθετηθεί ακόμη ένας αναμεταδότης στα ανατολικά του νομού και σχετικά ανάμεσα στο δήμο **Φερών** και **Σουφλίου** ώστε να καλύπτει τις ανάγκες εκπομπής για τους δήμους **Σουφλίου**, **Τραιανούπολης**, **Τριγώνου**, **Τυχερού** και **Φερών** καθώς ούτε ο κύριος πομπός αλλά ούτε και ο αναμεταδότης στην Ορεστιάδα μπορούν να εκπέμψουν ικανοποιητικά και αξιόπιστα στους παραπάνω δήμους. Δεν θα μας απασχολήσει στην συγκεκριμένη εργασία η κάλυψη των συγκεκριμένων δήμων καθώς η μελέτη έχει γίνει και η ανάλυση είναι η ίδια με αυτή που προηγήθηκε για τους προηγούμενους δήμους. Εξάλλου έχει εξασφαλισθεί κάλυψη για πάνω από το 85% του πληθυσμού, γεγονός που δείχνει ότι η κάλυψη των υπόλοιπων νομών είναι πλέον μία διαδικασία ρουτίνας.

ii. Ποιότητα Σήματος

Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία που ακολουθήθηκε για την ποιότητα του σήματος του κύριου πομπού, για την ισχύ εκπομπής του αναμεταδότη προκύπτει:

$$PT=PR-GR-GT+L= -78-15-15+126=18 \text{ dBm}$$

Δηλαδή

$$PT = 63\text{mW} ,$$

η οποία είναι μία αρκετά μικρή τιμή σε σχέση με την τιμή που προέκυψε στον κύριο πομπό.

iii. Εξοπλισμός

Η κεραία λήψης στον αναμεταδότη μπορεί να είναι οποιαδήποτε παραβολική κεραία. Το επιθυμητό κέρδος της είναι περίπου ίσο με 15dB, ενώ από τον τύπο υπολογισμού του κέρδους παραβολικής κεραίας προκύπτει ότι για το συγκεκριμένο μήκος κύματος και για αποδοτικότητα ανοίγματος περίπου 0.7 (τυπική τιμή) προκύπτει ότι η διάμετρος της κεραίας θα είναι περίπου 1.1m .

Μια επιλογή κεραίας λήψης δίνεται στην συνέχεια, η οποία δουλεύει στην συχνότητα που θέλουμε με κέρδος 14.5 dB:

<http://www.kenbotong.com/wireless-antenna/VHF-UHF-Antennas/UHF-500MHz-600MHz-700MHz-Parabolic-Antennas/TDJ-500SPL15.html>

Ο επαναλήπτης που θα χρησιμοποιηθεί μπορεί να είναι οποιοσδήποτε από το εμπόριο που είναι συμβατός με εκπομπή DVB-T σήματος, όπως για παράδειγμα το μοντέλο XLx8000 για UHF συχνότητες της εταιρίας Rohde & Schwarz.

Ως κεραία εκπομπής μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ίδια που χρησιμοποιήθηκε και για τον κύριο πομπό.

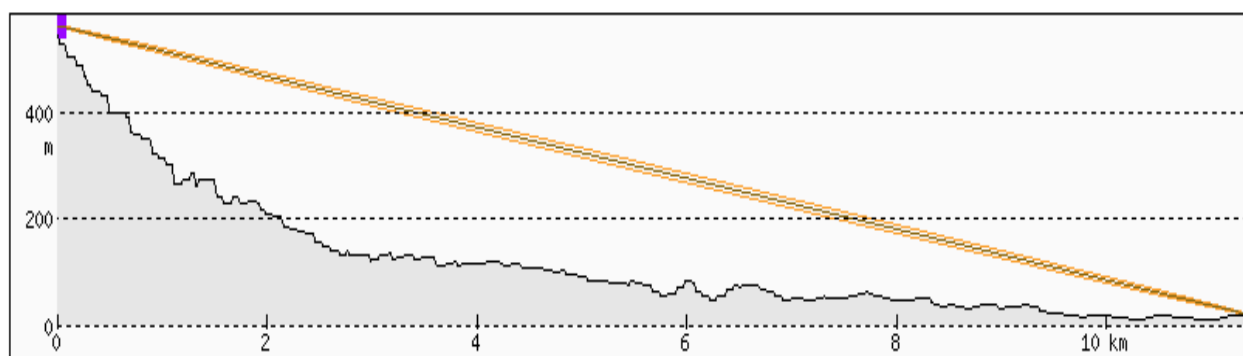
Οι συχνότητες λήψης και εκπομπής του αναμεταδότης είναι στα 586 MHz.

4. Ραδιοζεύξη

Για την πραγματοποίηση σημείο προς σημείο ραδιοζεύξης παραχωρούνται οι συχνότητες στο εύρος **10.7-11.7GHz** των μικροκυματικών συχνοτήτων. Για τη ραδιοζεύξη κύριου πομπού – studio πρωτεύουσας επιλέχθηκε η συχνότητα των **11GHz** η οποία εκφρασμένη σε μήκη κύματος ισούται με $\lambda \approx 2,7 \text{ cm}$.

α. Μηκοτομές/Απώλειες

Θεωρούμε ότι το studio βρίσκεται και πάλι στο κέντρο της πόλης οπότε η μηχανοτομή προκύπτει όπως και στο προηγούμενο κεφάλαιο όπου μελετήθηκε η ραδιοκάλυψη της πόλης της **Αλεξανδρούπολης**. Η μηχανοτομή δίνεται παρακάτω:



Λόγω του γεγονότος ότι δεν εισάγονται απώλειες λόγω περίθλασης αλλά προνοώντας για απώλειες καλωδιώσεων, και άλλες απώλειες, θα χρησιμοποιήσουμε το μοντέλο ελεύθερου χώρου για τον υπολογισμό των απωλειών και στην συνέχεια θα προσθέσουμε 10 dB.

Τελικά, προκύπτει **L = 145 dB**.

Η στενότερη ζώνη Fresnel διασφαλίζει πως ούτε σε αυτήν τη ζεύξη θα έχουμε απώλειες λόγω περίθλασης, ωστόσο, πρέπει να λάβουμε υπόψη τις απώλειες λόγω απορρόφησης που προκαλούνται από διάφορα καιρικά φαινόμενα στα οποία οι υψηλότερες συχνότητες είναι περισσότερο επιρρεπείς, πχ σιέδαση και απορρόφηση ενέργειας λόγω βροχόπτωσης, ομίχλης, ατμοσφαιρικού οξυγόνου.

Για τον υπολογισμό των παραπάνω απωλειών μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα παρακάτω σχήματα από το βιβλίο «**Στοιχεία θεωρίας κεραιών και διαδόσεως ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων**» του κ. Σταμάτη Κουρή.

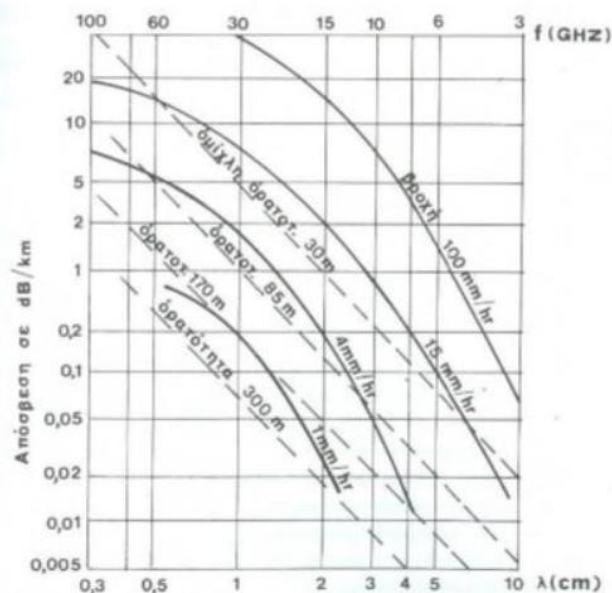
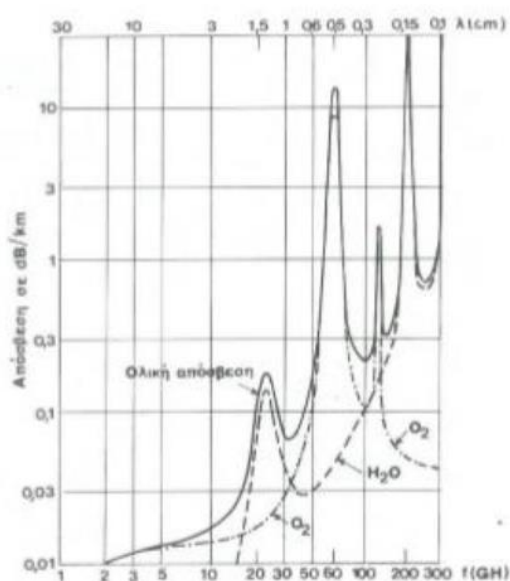
Οι απώλειες υδρατμών (αριστερά) προκύπτουν ίσες με 0.02 dB/km για την συχνότητα των 11GHz πράγμα που σημαίνει ότι για 11.5km οι συνολικές απώλειες υδρατμών είναι $L = 0.23 \text{ dB}$.

ΨΗΦΙΑΚΗ ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΗ ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗ ΝΟΜΟΥ ΕΒΡΟΥ

Οι απώλειες βροχόπτωσης και ομίχλης (δεξιά) προκύπτουν ίσες με 0.06 dB/km για το μήκος κύματος των 2.7 cm. Αυτό σημαίνει ότι οι συνολικές απώλειες είναι ίσες με $L=0.69$ dB.

Οπότε οι συνολικές απώλειες υδρατμών, βροχόπτωσης και ομίχλης είναι ίσες με 0.92.

Μετά από ανάλυση και χρήση των παραπάνω στοιχείων προκύπτει ότι οι συνολικές απώλειες που εισάγονται είναι το πολύ 1 dB, μία αρκετά μικρή τιμή δεδομένου ότι οι προσεγγίσεις που γίνονται μπορεί να δίνουν μεγαλύτερες απώλειες, πράγμα που οδηγεί σε συνολικές απώλειες **$L = 146$ dB**.



b. Ποιότητα Σήματος

Επιλέγουμε και σε αυτή την περίπτωση ως τιμή της σηματοθορυβικής σχέσης τα 27dB. Λόγω του ότι η κεραία λήψης και εκπομπής θα είναι το ίδιο μοντέλο, θα παρουσιάζουν και το ίδιο κέρδος. Επομένως, $G_T=G_R=33.6$ dBi. Ακολουθώντας λοιπόν την ίδια ανάλυση όπως και προηγουμένως, υπολογίζουμε την ισχύ εκπομπής με τις αντίστοιχες απώλειες που προέκυψαν για τη δισημειακή ζεύξη:

$$P_T = P_R - G_R - G_T + L = -78 - 33.6 - 33.6 + 133.7 = -11.5 \text{ dBm}$$

ή

$$P_T = 10^{(-1.15)} = 0.07 \text{ mW}$$

Συμπεραίνουμε πως η ισχύς εκπομπής που προκύπτει είναι αρκετά μικρή, όπως αναμενόταν για τέτοιου είδους ζεύξεις. Για να διασφαλίσουμε τη ζεύξη επιλέγουμε ισχύ εκπομπής το **0.2 mW**.

γ. Εξοπλισμός

Το μοντέλο που επιλέγεται για την ραδιοζεύξη με την πρωτεύουσα είναι η παραβολική SPD2-11 από την εταιρία RadioWaves. Το κέρδος που παρέχει το συγκεκριμένο μοντέλο στη συχνότητα $f=11\text{GHz}$ είναι $G=33.6\text{dBi}$.

Για την επικοινωνία των δύο σημείων θα εγκατασταθεί η ίδια διάταξη τόσο στο studio όσο και στο σταθμό εκπομπής σε πυλώνα ύψους 20m. Είναι κρίσιμο να επιτευχθεί και να επαληθευτεί συνεχώς η ακριβής στόχευση μεταξύ των δύο κεραιών.



Frequency Range	11 GHz
Gain	33.6 dBi
VSWR	$\leq 1.4:1$
Nominal Impedance	50Ω
Polarization	Plane
Cross Polarization	30 dB
Dimension / Diameter	60 cm / 2 ft
F/B Ratio	43 dB
3dB Beamwidth	3.4

Ο πομπός που θα χρησιμοποιηθεί για την μικροκυματική ζεύξη του studio στην πρωτεύουσα και του σταθμού βάσης δίνεται στην συνέχεια:

https://www.alibaba.com/product-detail/8Ghz-11Ghz-KU-Transmitter_716768730.html

Μπορείτε να βρείτε τα χαρακτηριστικά του πομπού στον παρακάτω σύνδεσμο:

https://www.alibaba.com/product-detail/8-11ghz-ku-transmitter-up-converter_60007928706.html

Ο πομπός που βρέθηκε δίνεται μαζί με τα απαραίτητα καλώδια οπότε δεν χρειάζεται να γίνει κάποια μελέτη πάνω σε αυτά.

5. Στοιχεία Αντικεραυνικής Προστασίας

α. Γενικά

Η αντικεραυνική προστασία είναι ένα σύνθετο αντικείμενο που συνδυάζει το φυσικό φαινόμενο του κεραυνού και τα μέσα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως προστασία έναντι των πληγμάτων του. Αν και το μεγαλύτερο μέρος του κεραυνού διοχετεύεται στη γη υπάρχουν περιπτώσεις που ένας κεραυνός έχει επικίνδυνες επιπτώσεις σε διάφορες κατασκευές ή ακόμα και στον άνθρωπο. Σκοπός ενός συστήματος αντικεραυνικής προστασίας είναι εάν το σύστημα πληγεί από κεραυνό άμεσα ή έμμεσα, να διοχετεύσει το ρεύμα της εκκένωσης ελεγχόμενα στη γη και να περιορίσει όσο το δυνατόν περισσότερο τις ζημιές στην εγκατάσταση. Γενικά ο ρόλος του αλεξιέραυνου είναι να οδηγεί το ρεύμα που προκαλείται από κεραυνό στην Γη σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα (π.χ. <350ms). Κατά την επιλογή του κατάλληλου αντικεραυνικού δυο είναι οι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Το μέγιστο ρεύμα εκφόρτισης του αντικεραυνικού και την ικανότητα διακοπής βραχυκυκλώματος της εγκατάστασης.

Ένα σύστημα αντικεραυνικής προστασίας αποτελείται από το εσωτερικό και το εξωτερικό σύστημα αντικεραυνικής προστασίας. Τα δύο αυτά συστήματα (εσωτερικό και εξωτερικό) χρησιμοποιούνται ή ξεχωριστά ή σε συνδυασμό ανάλογα με τη προστασία που χρειάζεται. Η εξωτερική εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας σκοπό έχει να συλλάβει το κεραυνό πριν πλήξει την υπό προστασία περιοχή και να διοχετεύσει το ρεύμα με ασφάλεια στο έδαφος περιορίζοντας στο ελάχιστο τις θερμικές και μηχανικές επιδράσεις του. Η εσωτερική εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας σκοπό έχει να προστατέψει το εσωτερικό της εγκατάστασης και να μειώσει στο ελάχιστο τις ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις του ρεύματος του κεραυνού.

Τα δομικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας όπως είναι αγωγοί, σύνδεσμοι, ηλεκτρόδια γείωσης πρέπει να αντέχουν στις θερμικές, μηχανικές και ηλεκτρομαγνητικές επιπτώσεις του ρεύματος του κεραυνού καθώς και σε άλλες τυχαίες μηχανικές καταπονήσεις φυσικής αιτίας. Επιπλέον για την επιλογή τους πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η πιθανότητα διάβρωσης τόσο της προστατευμένης κατασκευής όσο και των ίδιων των στοιχείων ανάλογα με την εφαρμογή τους στην εξωτερική εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας. Η εσωτερική εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας περιλαμβάνει όλα τα μέσα προστασίας που πρέπει να ληφθούν ώστε να περιοριστούν σε αποδεκτό βαθμό οι ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις του κεραυνικού ρεύματος στο εσωτερικό αλλά και περιμετρικά της κατασκευής που χρειάζεται προστασία ανεξάρτητα αν χρειάζεται εξωτερική εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας.

Για την δεδομένη μελέτη το σύστημα αντικεραυνικής προστασίας θα αποτελείται από 3 μέρη:

- το συλλεκτήριο σύστημα, που προορίζεται να δέχεται τους κεραυνούς
- το σύστημα αγωγών καθόδου, το οποίο εξασφαλίζει την όδευση του ρεύματος του κεραυνού από το συλλεκτήριο σύστημα προς τη γη
- το σύστημα γείωσης, που άγει και διαχέει το ρεύμα του κεραυνού στο έδαφος.

β. Έλεγχος Αναγκαιότητας

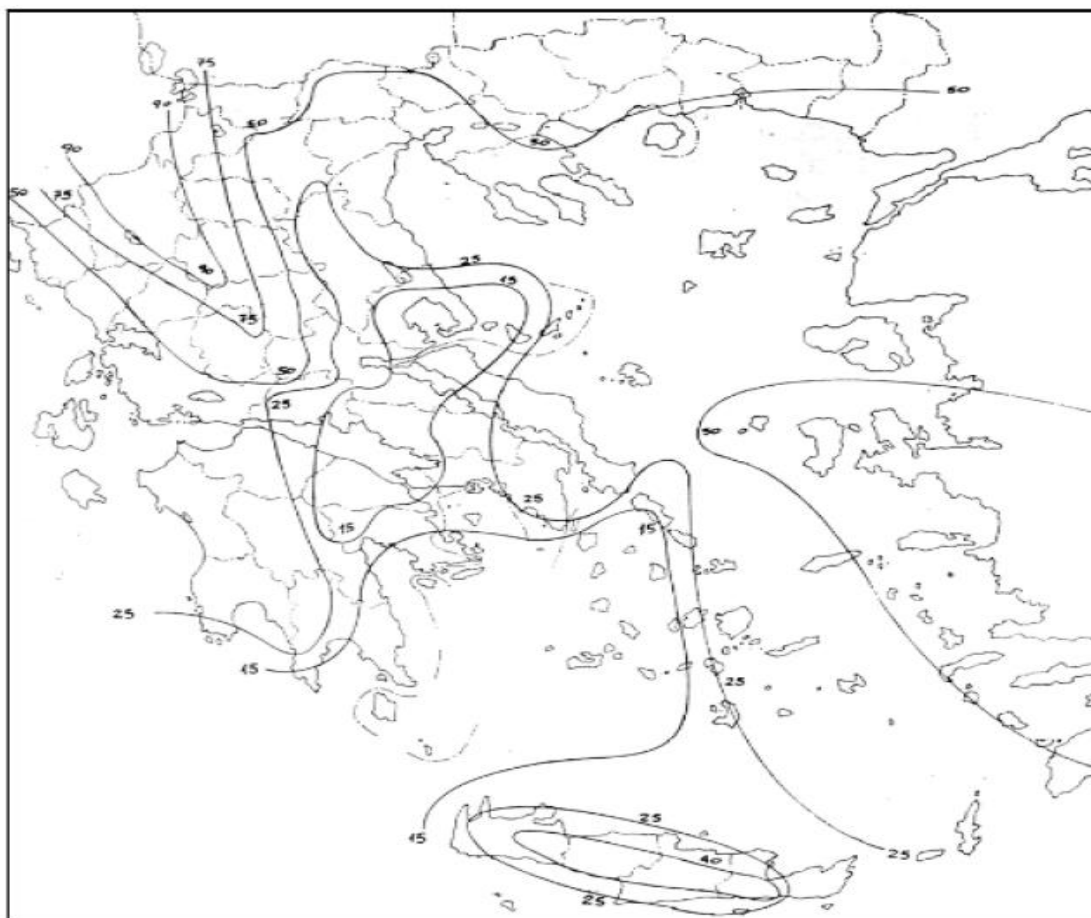
Για τον έλεγχο της αναγκαιότητας ή όχι ενός Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας, όπως και για την επιλογή της στάθμης προστασίας του, απαιτείται η σύγκριση της συχνότητας άμεσων κεραυνικών πλήγμάτων της κατασκευής **Nd** και της αποδεκτής συχνότητας κεραυνικών πλήγμάτων της κατασκευής από κεραυνούς **Nc**. Η παράμετρος **Nc** είναι σταθερή και για τις πρακτικές περιπτώσεις συνήθων κατασκευών που μας ενδιαφέρουν εδώ έχει μια τιμή ίση με $5 \cdot 10^{-5}$ πλήγματα κεραυνών ανά έτος. Η παράμετρος **Nd** δίνεται από την σχέση :

$$Nd = Ng \cdot Ae \cdot 10^{-6} \text{ πλήγματα κεραυνών ανά έτος,}$$

Όπου:

- **Ae** η ισοδύναμη συλλεκτήρια επίπεδη επιφάνεια της εγκατάστασης (σε m^2)
- **Td** ο αριθμός ημερών καταιγίδας ανά έτος
- **Ng** η μέση ετήσια πυκνότητα πλήγμάτων κεραυνού στο έδαφος (ανά km^2) στην περιοχή της εγκατάστασης, το οποίο υπολογίζεται από τον τύπο $Ng = 0.04 \cdot Td^{(1.25)}$

Ο παρακάτω χάρτης δείχνει τις ισοκεραυνικές καμπύλες, δηλαδή τις καμπύλες με την ίδια τιμή Td, για ολόκληρη την Ελλάδα:



ΨΗΦΙΑΚΗ ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΗ ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗ ΝΟΜΟΥ ΕΒΡΟΥ

Προκύπτει $Td = 50$ ημέρες καταιγίδας ανά έτος. Οπότε $N_g = 5.3$ πλήγματα κεραυνού ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο ανά έτος.

Η ισοδύναμη συλλεκτήρια επιφάνεια A_e για την κατασκευή απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα, όπου L το μήκος, W το πλάτος και H το ύψος της κατασκευής. Η επιφάνεια υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$A_e = L \cdot W + 6 \cdot H \cdot (L + W) + 9\pi H^2$$

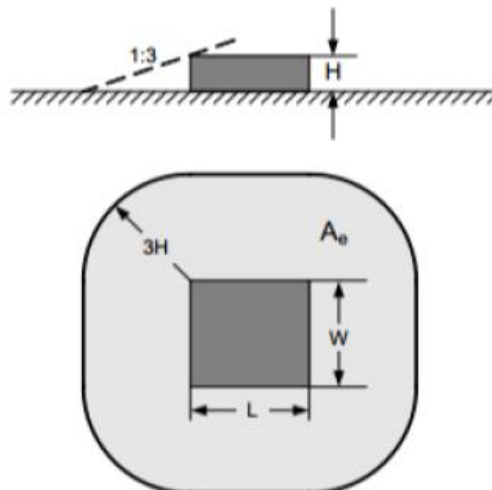
Στην προκειμένη περίπτωση θεωρούμε πως το studio έχει διαστάσεις 5m x 4m x 3m και πως σε απόσταση 3m από το κτίριο βρίσκεται ο πυλώνας της κεραίας προσανατολισμένης κατάλληλα για να επικοινωνεί με την κεραία εκπομπής στην περιοχή που επιλέξαμε. Το συνολικό ύψος κατασκευής εκτιμάται $H=20m$.

Από τον παραπάνω τύπο προσδιορίζουμε την ισοδύναμη συλλεκτήρια επιφάνεια:

$$A_e = 12410 \text{ τετραγωνικά μέτρα}$$

Σύμφωνα με τους Βρετανικούς Κανονισμούς (BS 6651:1992) η συχνότητα άμεσων κεραυνικών πλήγμάτων στην περιοχή πολλαπλασιάζεται με έναν συντελεστή M . Ο συντελεστής αυτός προκύπτει από άλλους πέντε συντελεστές βαρύτητας (A, B, C, D, E) σύμφωνα με τους πίνακες που ακολουθούν. Δηλαδή η τελική συχνότητα υπολογίζεται από τη σχέση:

$$N_d' = M \cdot N_d = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot N_d$$



Συντελεστής A: χρήση του κτιρίου	
κατοικίες και άλλες κατασκευές συγκρίσιμου μεγέθους	0.3
κατοικίες και άλλες κατασκευές συγκρίσιμου μεγέθους με κεραίες	0.7
εργοστάσια, συνεργεία, εργαστήρια	1.0
κτίρια γραφείων, ξενοδοχεία, πολυκατοικίες	1.2
κτίρια με κόσμος όπως εκκλησίες, θέατρα, μουσεία, εκθεσιακοί χώροι, πολυκαταστήματα, σταθμοί, αεροδρόμια και στάδια	1.3
σχολεία, νοσοκομεία, φυλακές, οικότροφεία	1.7

ΨΗΦΙΑΚΗ ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΗ ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗ ΝΟΜΟΥ ΕΒΡΟΥ

Συντελεστής Β: υλικά κατασκευής του κτιρίου	
κτίρια χαλύβδινου σκελετού ή οπλισμένου σκυροδέματος ενδοσυνδεδεμένου χαλύβδινου οπλισμού και με μεταλλική σκεπή	0.1
κτίρια χαλύβδινου σκελετού χωρίς μεταλλική σκεπή	0.2
κτίρια οπλισμένου σκυροδέματος ενδοσυνδεδεμένου χαλύβδινου οπλισμού χωρίς μεταλλική σκεπή	0.4
κτίρια από τούβλα, απλό τσιμέντο, πέτρα χωρίς μεταλλική ή ξύλινη σκεπή	1.0
κτίρια ξύλινου σκελετού χωρίς μεταλλική σκεπή	1.4
κτίρια από τούβλα, τσιμέντο, πέτρα, ξύλινου σκελετού με μεταλλική σκεπή	1.7
κτίρια με ξύλινη σκεπή	2.0

Συντελεστής C: περιεχόμενο του κτιρίου	
κοινές κατοικίες ή κτίρια γραφείων, εργοστάσια και συνεργεία με περιεχόμενο μικρής αξίας ή μη επιρρεπές και ευαίσθητο	0.3
Βιομηχανικά και αγροτικά κτίρια με επιρρεπές, ευαίσθητο περιεχόμενο	0.8
σταθμοί παραγωγής ενέργειας, εγκαταστάσεις φυσικού αερίου, τηλεπικοινωνιακά κέντρα, ραδιοφωνικοί σταθμοί	1.0
βιομηχανικές εγκαταστάσεις ιδιαίτερης σημασίας, αρχαία μνημεία και ιστορικά κτίρια, μουσεία, εκθεσιακοί χώροι τέχνης ή άλλα κτίρια με επιρρεπές, ευαίσθητο περιεχόμενο	1.3
σχολεία, νοσοκομεία, φυλακές, οικότροφεία, κτίρια με κόσμο	1.7

Συντελεστής D: βαθμός απομόνωσης του κτιρίου	
κατασκευή σε περιοχή πυκνής δόμησης ή με πολλά δέντρα παρόμοιου ή μεγαλύτερου ύψους όπως σε μεγάλη πόλη ή σε δάσος.	0.4
κατασκευή σε περιοχή αραιής δόμησης ή με λίγα δέντρα παρόμοιου ύψους	1.0
κατασκευή πλήρως απομονωμένη ή ύψους τουλάχιστον διπλάσιου των γειτονικών κατασκευών ή δέντρων	2.0

Συντελεστής E: μορφολογία του εδάφους	
πεδινή περιοχή ανεξάρτητα του υψομέτρου	0.3
λοφώδης περιοχή	1.0
ορεινή περιοχή μεταξύ 300 m και 900 m	1.3
ορεινή περιοχή μεταξύ 900 m και 1500 m	1.7
ορεινή περιοχή 1500 m και άνω	2.0

ΨΗΦΙΑΚΗ ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΗ ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗ ΝΟΜΟΥ ΕΒΡΟΥ

Στην περίπτωση της συγκεκριμένης μελέτης οι παραπάνω συντελεστές προκύπτουν:

$$\mathbf{A} = 0.7, \mathbf{B} = 0.1, \mathbf{C} = 1, \mathbf{D} = 0.4, \mathbf{E} = 1.$$

Ακόμη, $\mathbf{Nd} = 0.066$ πλήγματα κεραυνού ανά έτος.

Οπότε η αναμενόμενη συχνότητα άμεσων κεραυνικών πληγμάτων στο studio προκύπτει:

$$\mathbf{Nd}' = 0.0018 \text{ πλήγματα κεραυνού ανά έτος.}$$

Εφόσον $\mathbf{Nd}' > \mathbf{Nc}$ θα πρέπει να εγκατασταθεί ΣΑΠ (Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας) με αποτελεσματικότητα E ίση με $1 - \mathbf{Nc}/\mathbf{Nd} = 0.97$. Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα είναι απαραίτητη η στάθμη προστασίας ΣΑΠ I.

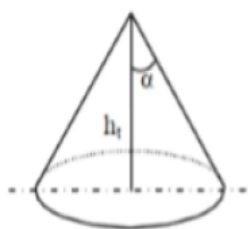
Αποτελεσματικότητα ΣΑΠ	Στάθμη Προστασίας ΣΑΠ
$E > 0.98$	I + επιπλέον μέσα προστασίας
$0.95 < E \leq 0.98$	I
$0.90 < E \leq 0.95$	II
$0.80 < E \leq 0.90$	III
$0 < E \leq 0.80$	IV

γ. Συλλεκτήριο Σύστημα

Σαν συλλεκτήριο σύστημα θα χρησιμοποιηθεί μια μεταλλική ακίδα που θα προεξέχει κατά 1 m του πυλώνα, μιας και ο πυλώνας είναι μεταλλικός και πρέπει το συλλεκτήριο σύστημα να είναι πιο ψηλά από αυτόν.

Η ζώνη προστασίας της ράβδου έχει την μορφή ενός ορθού κυκλικού κώνου με κορυφή την απόληξη της ράβδου. Η περιοχή αυτή είναι ένας κυκλικός δίσκος με ακτίνα $r = h \cdot \tan(\alpha)$. Πρόκειται για τη μέθοδο γωνίας προστασίας η οποία επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί στην προκειμένη μελέτη εφόσον το studio είναι απλής σχετικής γεωμετρίας. Αρκεί λοιπόν να συγκρίνουμε τη μεγαλύτερη οριζόντια απόσταση από την ακίδα στην εγκατάστασή μας με την απόσταση του ορίου της ζώνης προστασίας.

Συμβουλευόμαστε τον ακόλουθο πίνακα και διαπιστώνουμε πως για το ύψος των 21m, και για την I στάθμη προστασίας, η ημιγωνία κορυφής α είναι 25° .



Πίνακας : Γωνία προστασίας $\alpha^{(o)}$, ακτίνα κυλιόμενης σφαίρας $R(m)$ και διαστάσεις πλέγματος αγωγών ανάλογα με τη στάθμη προστασίας. Πηγή: IEC 61024-1:1990, (p.37, Table 1)

Στάθμη Προστασίας	$h(m)$ $R(m)$	20	30	45	60	Διάσταση πλέγματος (m)
		$\alpha^{(o)}$	$\alpha^{(o)}$	$\alpha^{(o)}$	$\alpha^{(o)}$	
I	20	25	*	*	*	5
II	30	35	25	*	*	10
III	45	45	35	25	*	10
IV	60	55	45	35	25	20
* Σ' αυτές τις περιπτώσεις εφαρμόζονται οι μέθοδοι της κυλιόμενης σφαίρας και πλέγματος αγωγών.						

Γνωρίζοντας ότι η κορυφή της ακίδας βρίσκεται σε ύψος 21 μέτρων από το έδαφος και ότι η γωνία α είναι 25° μπορούμε να βρούμε την περιοχή προστασίας στο επίπεδο της γης:

$$r = h \cdot \tan(\alpha) = 21 \cdot \tan 25^\circ \approx 9.8m$$

Μεταφέρουμε αυτήν την ακτίνα στο επίπεδο της στέγης του studio, δεδομένου ότι το ύψος του κτιρίου είναι 3m.:

$$r' = (h-3) \cdot \tan(\alpha) = 19 \cdot \tan 25^\circ \approx 8.4m$$

Είχαμε κάνει την παραδοχή πως οι διαστάσεις του κτιρίου είναι 5m x 4m x 3m και πως η κεραία θα τοποθετούνταν σε απόσταση 3m από το κτίριο, στο κέντρο της πλευράς του κτιρίου. Συνειδητοποιούμε επομένως πως ολόκληρο το κτίριο βρίσκεται εντός της ζώνης προστασίας, με μικρό ωστόσο περιθώριο για τις μακρινότερες ακμές του κτιρίου. Για να παρέχουμε καλύτερη προστασία μπορούμε να τοποθετήσουμε ακίδα μεγαλύτερου μήκους, αυξάνοντας έτσι και την ακτίνα της ζώνης προστασίας. Σε αυτή την περίπτωση ωστόσο, το συνολικό ύψος ξεπερνά και την ακτίνα της κυλιόμενης σφαίρας όπως αυτή προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα ($R=20$) και επομένως η συγκεκριμένη μέθοδος κρίνεται ανεπαρκής. Τότε θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος του τεταμένου σύρματος.

Επιπλέον, σε αντίστοιχες περιπτώσεις που τα αντικείμενα του χώρου βρίσκονται πολύ κοντά στα όρια της ζώνης προστασίας, κατασκευάζονται πρόσθετες προστασίες με ράβδους ή πυκνούς κλωβούς (πχ. 20x20 cm²) ή πλήρες μεταλλικό τοίχωμα για τις συγκεκριμένες συσκευές.

d. Γείωση

Το studio προβλέπεται να είναι ένα μικρό κτίσμα, για αυτό και θα χρησιμοποιηθεί το σύστημα γείωσης τύπου Α, το οποίο προσφέρει αντίσταση γείωσης μικρότερη των 10Ω που είναι και το Ελληνικό όριο. Το μήκος των ηλεκτροδίων γείωσης που προτείνεται είναι συνάρτηση της στάθμης προστασίας I και της ειδικής αγωγιμότητας του εδάφους. Η τιμή του προτεινόμενου μήκους παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί:

Στάθμη Προστασίας	Ελάχιστο μήκος ηλεκτροδίου γείωσης, l_1
I	5 m για $\rho < 500 \Omega \cdot m$ $l_1 (m) = 0.03\rho - 10$ για $500 < \rho (\Omega \cdot m) < 3000$
II ÷ IV	5 m

Τα ηλεκτρόδια που επιλέγονται είναι δύο ακτινικά, χάλκινα, μήκους 8m και διατομής 50mm^2 , διότι εκτιμάται πως η ειδική αντίσταση του εδάφους στην πόλη της Αλεξανδρούπολης λόγω του έντονου υδάτινου στοιχείου θα προσεγγίζει τα $600\Omega \cdot m$.

Η σύνδεση των ηλεκτροδίων μεταξύ τους θα πρέπει να είναι ισοδυναμική. Επίσης, πρέπει να ενταφιάζονται (τουλάχιστον 0.5m) εξωτερικά της κατασκευής που χρήζει προστασίας, κατά το δυνατόν ομοιόμορφα κατανεμημένα για να ελαχιστοποιούνται φαινόμενα ηλεκτρικής σύζευξης μέσα στο έδαφος.

Υπολογισμός Αντίστασης Γείωσης:

Τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται κατακόρυφα σε βάθος 0.5m και έχουν μήκος 8m. Η αντίσταση γείωσης υπολογίζεται (σύμφωνα με το βιβλίο «Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών» του κυρίου Ντοκόπουλου) από τον εξής προσεγγιστικό τύπο:

$$R = \rho / l_{eff} \text{ όπου } l_{eff} = l - 0.5.$$

$$\text{Οπότε προκύπτει ότι } R = 85.7 \Omega.$$

Εφόσον θέλουμε η αντίσταση γείωσης να είναι μικρότερη από 10Ω χρησιμοποιούμε ένα πολύγωνο πασάλων με $n = 12$ πασάλους και $k = 1.25$.

$$\text{Προκύπτει ότι } R_{\text{τελ}} = R \cdot k / n = 85.7 \cdot 1.25 / 12 = 8.92 \Omega.$$

Οπότε όντως επιτεύχθηκε αντίσταση γειώσεως μικρότερη από 10Ω .

ε. Σύστημα Αγωγής Καθόδου

Εφόσον σα συλλεκτήριο σύστημα χρησιμοποιείται μόνο μια ακίδα, για την όδευση του ρεύματος του κεραυνού προς τη γη θα χρησιμοποιηθεί ένας χαλύβδινος θερμά επιψευδαργυρωμένος αγωγός Φ10mm, ο οποίος θα ξεκινά από το κάτω άκρο της ακίδας και θα φτάνει μέχρι την γείωση. Ανά πέντε μέτρα θα στερεώνεται πάνω στον πυλώνα για εξασφάλιση της μηχανικής αντοχής.

φ. Εσωτερική Εγκατάσταση Αντικεραυνικής Προστασίας

Όσον αφορά στις ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις του κτιρίου, θα χρησιμοποιηθεί εκτροπέας υπέρτασης (surge arrester), για προστασία σε περίπτωση που πέσει κεραυνός σε τμήμα της τροφοδοσίας που είναι κοντά στο κτίριο και αναπτυχθεί υπέρταση και στο ίδιο το κτίριο.

Επίσης, πρέπει να υπάρχει ένας ζυγός εξίσωσης δυναμικών στον οποίο θα συνδέονται ο αγωγός προστασίας του δικτύου τροφοδοσίας, το σύστημα γείωσης της κατασκευής, ο αγωγός καθόδου που διαπερνά τον πυλώνα, ο μεταλλικός πυλώνας και η γείωση του κτιρίου. Αυτός ο ζυγός θα τοποθετηθεί προκειμένου να αποτρέψουμε το να κλείσει κύκλωμα μέσω των αγωγών γείωσης, καθώς τότε οι εγκαταστάσεις του studio θα βρεθούν υπό την τάση του κεραυνού.

Με τον ίδιο τρόπο γίνεται η ανάλυση και για τα κέντρα εκπομπής, αρκεί να ληφθούν υπόψη οι διαφορές στις συνθήκες εδάφους (ειδική αγωγιμότητα) και οι κατάλληλοι συντελεστές βαρύτητας. Το έδαφος θα παρουσιάζει μεγαλύτερη ειδική αντίσταση από ότι στην πόλη της Αλεξανδρούπολης όπου επικρατεί περισσότερη υγρασία λόγω του υδάτινου στοιχείου. Επομένως θα πρέπει να τοποθετήσουμε μεγαλύτερου μήκους ηλεκτρόδια γείωσης, τουλάχιστον 20m με βάση την εκτίμηση της ειδικής αντίστασης του εδάφους στα 1000Ωm.

6. Συμπεράσματα/Παρατηρήσεις/Προτάσεις

Με την υλοποίηση που προτείνεται στην παρούσα μελέτη, είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί ραδιοκάλυψη σχεδόν ολόκληρου του νομού Έβρου. Το ιδιαίτερο σχήμα του νομού, ιδιαίτερα στα βόρεια και ανατολικά, με περιοχές της Ροδόπης ή των γειτονικών χωρών Τουρκίας και Βουλγαρίας να παρεισφρέουν στο έδαφος του, δημιουργεί συνθήκες ισχυρών σκεδάσεων και περιθλάσεων καθώς και παρεμβολών, οι τελευταίες από τις οποίες όμως περιορίστηκαν λόγω της σωστής επιλογής κεραιών και διαγραμμάτων ακτινοβολίας.

Μελετήθηκαν πολλά σημεία ως πιθανές θέσεις εκπομπών αλλά η μορφολογία του εδάφους, το νομικό πλαίσιο, η ανάγκη για το καλύτερο δυνατό σήμα στην πρωτεύουσα του νομού οδήγησαν στην επιλογή της Πλάκας. Αξίζει ακόμη να σημειωθεί, ότι είναι πάρα πολύ δύσκολο -σχεδόν ανέφικτο-, να επιτευχθεί αξιόπιστη ραδιοκάλυψη σε όλο τον νομό Έβρου με έναν κύριο πομπό λόγω της μορφολογίας του εδάφους. Το γεγονός αυτό κάνει πολύ δύσκολη την μελέτη καθώς και βάζει τον τηλεπικοινωνιακό μηχανισμό σε διάφορα αντικρουόμενα διλήμματα καθώς και στο να πάρει αρκετά δύσκολες αποφάσεις. Μία παρατήρηση που έχει να γίνει πάνω στην ραδιοκάλυψη του Νομού Έβρου είναι το κατά πόσο αξίζει να υπάρχει αναμεταδότης στην Ορεστιάδα και όχι ένας κύριος πομπός. Αξίζει να μελετηθεί, και προτείνεται για το μέλλον, η λεπτομερέστερη ανάλυση αυτού του ερωτήματος.

Ως βελτιώσεις της παρούσας μελέτη, αρχικά προτείνεται η ανάλυση των ανακλώμενων κυμάτων στην θάλασσα κατά την ραδιοκάλυψη της Σαμοθράκης και η επίδραση τους στο τελικό σήμα στην πόλη της Σαμοθράκης. Ακόμη, προτείνεται η περαιτέρω μελέτη ώστε να έχουμε αξιόπιστη ραδιοκάλυψη στο 100% του νομού Έβρου, δηλαδή σε όλους τους δήμους, πόλεις, κωμοπόλεις, κοινότητες και χωριά κάτι που δεν ολοκληρώθηκε στα πλαίσια της συγκεκριμένης μελέτης. Επίσης, ιδιαίτερα χρήσιμη θα ήταν η ανάλυση κόστους για την τοποθέτηση του εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων που προτείνονται, ώστε να διαπιστωθεί κατά πόσο είναι ρεαλιστική η συγκεκριμένη υλοποίηση.

Τέλος, προτείνεται η ανάπτυξη λογισμικού όπου θα υπολογίζει την βέλτιστη θέση των κύριων πομπών και των αναμεταδοτών για μία γεωγραφική περιοχή. Αυτό δεν φαίνεται αρκετά δύσκολο δεδομένου ότι το www.heywhatsthat.com δίνει μεγάλο από το ποσοστό των πληροφοριών που χρειαζόμαστε για την αλγοριθμική επίλυση του συγκεκριμένου ζητήματος. Ένα μεγαλύτερο βαθμό δυσκολίας θα είχε η εύρεση της βέλτιστης θέσης δεδομένων των παρεμβολών, του κόστους, των πληθυσμιακών στοιχείων, των γεωγραφικών στοιχείων, του προτύπων καθώς και της νομοθεσίας που θα πρέπει να ακολουθηθεί.

7. Βιβλιογραφία

- i. «Διάδοση Ηλεκτρομαγνητικών Κυμάτων σε Γήινο Περιβάλλον», Ι.Δ. Κανελλόπουλος, Εκδόσεις Τζιόλας
- ii. «Διάδοση ραδιοκυμάτων στα συστήματα ασύρματης επικοινωνίας», H.L. Bertoni, Εκδόσεις Κλειδάριθμος
- iii. «Στοιχεία θεωρίας κεραιών και διαδόσεως ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, Σταμάτης Κουρής, Εκδόσεις Ζήτη
- iv. «Κεραίες για όλες τις Εφαρμογές», J.D. Kraus, Εκδόσεις Τζιόλας
- v. «Κεραίες: Ανάλυση & Σχεδίαση», C.A. Balanis, Εκδόσεις Ίων
- vi. Σημειώσεις «Απώλειες διάδοσης λόγω περίθλασης», Θωμάς Ξένος
- vii. Σημειώσεις «Εξασθένηση οφειλόμενη σε νέφωση και ομίχλη», Θωμάς Ξένος
- viii. «Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών», Πέτρος Ντοκόπουλος, Εκδόσεις Ζήτη
- ix. Σημειώσεις «Συστήματα Αντικεραιικής Προστασίας», Παντελής Μικρόπουλος
- x. Ιστοσελίδα Υπολογισμού Μηκοτομών: <http://www.heywhatsthat.com/>
- xi. Ιστοσελίδα πάροδου ψηφιακού σήματος: www.digea.gr
- xii. Ιστοσελίδα Νομού Έβρου: <http://www.e-evros.gr/>
- xiii. <http://greektv.pbworks.com>
- xiv. Υπουργείο Υποδομών & Δικτύων: <http://www.yme.gov.gr/index.php?tid=836>
- xv. <http://www.yme.gr/?getwhat=1&oid=768&id=&tid=776>
- xvi. <https://maps.google.com>