



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ SFN ΑΣΥΡΜΑΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗΣ DVB-T ΓΙΑ ΠΑΝΕΛΛΑΔΙΚΗ ΚΑΛΥΨΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΑΡΙΑ Ν. ΠΑΠΑΔΟΚΩΣΤΑΚΗ

ΕΛΕΝΗ Ρ. ΡΙΖΟΥ

Επιβλέπων : Φίλιππος Κωνσταντίνου
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Δεκέμβριος 2005



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ SFN ΑΣΥΡΜΑΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗΣ DVB-T ΓΙΑ ΠΑΝΕΛΛΑΔΙΚΗ ΚΑΛΥΨΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΑΡΙΑ Ν. ΠΑΠΑΔΟΚΩΣΤΑΚΗ
ΕΛΕΝΗ Ρ. ΡΙΖΟΥ

Επιβλέπων : Φίλιππος Κωνσταντίνου
Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 19^η Δεκεμβρίου 2005.

.....
Φ. Κωνσταντίνου
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....
Ν. Ουζούνογλου
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....
Γ. Καμπουράκης
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Δεκέμβριος 2005

.....
Μαρία Ν. Παπαδοκωστάκη
Ελένη Ρ.Ρίζου

Διπλωματούχοι Ηλεκτρολόγοι Μηχανικοί και Μηχανικοί Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Μαρία Ν. Παπαδοκωστάκη, 2005

Copyright © Ελένη Ρ.Ρίζου, 2005

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ – ABSTRACT

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο σχεδιασμός ενός SFN δικτύου ασύρματης ψηφιακής τηλεόρασης. Η ραδιοκάλυψη πραγματοποιήθηκε με βάση ένα σύνολο από χαρακτηριστικά που έχει θέσει το ETSI, που αποτελούν το DVB-T (Digital Video Broadcasting-Terrestrial). Γίνεται αναφορά στην μορφή SFN, με την οποία στήθηκε το δίκτυο καθώς και στα χαρακτηριστικά και τις ιδιαιτερότητες που παρουσιάζει αυτό. Παρουσιάζεται επίσης η εμπειρία άλλων ευρωπαϊκών χωρών κατά τη μεταβίβαση τους στο ψηφιακό σύστημα, όπως και το πλάνο που ακολούθησαν. Στη συνέχεια, η εργασία επικεντρώνεται στην περίπτωση της Ελλάδας, στα υπάρχοντα μέχρι στιγμής δεδομένα που μας παραχώρησε η EPT καθώς και στα χαρακτηριστικά του συστήματος που θα κατασκευαστεί. Ακολουθεί η προσομοίωση της ραδιοκάλυψης με βάση το πρόγραμμα EDX M-SITE.

Λέξεις – κλειδιά : DVB – T, COFDM, SFN, , Allotment, Assignment, Ποσοστά πρόστασης, Guard interval, Field strength, Ψηφιακή τηλεόραση

ABSTRACT

The purpose of this dissertation project is the planning of an SFN network for digital terrestrial television, using the DVB-T standard (as it was defined by ETSI) all over Greece.

The project begins with a theoretical approach of the technical basis needed for DVB-T and the SFN network in particular (with special merit to the channel coding being used). A list of other European countries is also exhibited, as well as the studies and transmissions they may have launched and an overview of some complete digital switchover scenarios. The projects afterwards focuses in the Greek region, the existing data for analogue television as given by National TV (EPT) and the planning of the actual network. The whole radio coverage simulation has been made with the EDX M-SITE software package.

Key Words: DVB – T, COFDM, SFN, Allotment, Assignment, Protection ratios, Guard interval, Field strength and Digital television

Ευχαριστίες

Οι συγγραφείς της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήθελαν να ευχαριστήσουν θερμά τον κ. Φίλιππο Κωνσταντίνου, Καθηγητή Ε.Μ.Π., για την εμπιστοσύνη του και την καθοδήγησή του κατά τη συγγραφή της παρούσης, τον κ. Δημήτρη Δρε και τον κ. Δημοσθένη Βουγιούκα, Ηλεκτρολόγους Μηχανικούς, για τη στενή συνεργασία και την σημαντική βοήθεια που παρείχαν κατά την εκπόνηση της εργασίας, και τον κ. Αγγελολιάννη, Ηλεκτρολόγο Μηχανικό της ΕΡΤ, για τα δεδομένα που μας παρείχε, τα οποία κρίθηκαν πολύτιμα στο σχεδιαστικό τμήμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ – ABSTRACT	1
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	6
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	8
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ	9
1 ΠΡΟΤΥΠΑ ΤΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ DVB-T	13
1.1 Γενικά.....	13
1.2 Ιστορική αναδρομή.....	13
1.3 Πλεονεκτήματα της ψηφιακής τηλεόρασης.....	14
1.4 Ζώνες συχνοτήτων.....	15
1.5 Συνθήκες λήψης.....	16
1.6 Αστερισμοί.....	17
1.7 Διαμόρφωση.....	20
1.8 Ιεραρχική και μη ιεραρχική μετάδοση.....	22
1.9 Σήμα MPEG-2.....	24
1.10 Φασματική μάσκα.....	24
1.11 Εγκατάσταση RF πομπών.....	26
1.12 Εγκατάσταση DVB-T δικτύων διανομής.....	28
1.13 Σχεδιασμός δικτύων.....	28
1.14 Μετάβαση από την αναλογική τηλεόραση στο DVB-T.....	29
2 ΤΥΠΟΙ ΔΙΚΤΥΩΝ	33
2.1 Γενικά.....	33
2.2 <i>Multi-Frequency Networks</i>	34
2.2.1 Πόροι Συχνοτήτων.....	35
2.2.2 Αυξημένη ισχύς.....	35
2.3 <i>Single-Frequency Networks</i>	35
2.3.1 Φασματική αποδοτικότητα.....	35
2.3.2 Αποδοτικότητα ισχύος.....	36
2.3.3 Κέρδος δικτύου.....	37
2.3.4 “Ανοιχτα-κλειστά” SFN.....	39
2.3.5 Πομποί.....	41
2.4 MFN με τοπικά πυκνά SFN γύρω από κάθε MFN πομπό.....	43
2.5 <i>Gap-fillers</i>	44
2.5.1 <i>Professional gap-fillers</i>	45
2.5.2 <i>Domestic gap-fillers</i>	46
2.6 Λειτουργία SFN.....	47
2.7 Συγχρονισμός στα SFN.....	48
2.8 <i>Self-interference</i>	51
2.9 Συμπέρασμα.....	53

3	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΧΩΡΕΣ.....	55
3.1	<i>Εισαγωγή.....</i>	55
3.2	<i>Ηνωμένο Βασίλειο (11-02-2005).....</i>	57
3.3	<i>Γερμανία (01-02-2005).....</i>	59
3.4	<i>Αυστρία (10-02-2005).....</i>	62
3.5	<i>Βέλγιο (30-06-04).....</i>	64
3.6	<i>Δανία (30-06-04).....</i>	65
3.7	<i>Φινλανδία (09-02-2005).....</i>	66
3.8	<i>Γαλλία (25-02-2005).....</i>	66
3.9	<i>Λουξεμβούργο (18-02-2005).....</i>	67
3.10	<i>Κάτω Χώρες (10-02-2005).....</i>	68
3.11	<i>Πολωνία (30-06-04).....</i>	68
3.12	<i>Πορτογαλία (11-02-2005).....</i>	69
3.13	<i>Ρωσία (30-06-04).....</i>	70
3.14	<i>Σλοβενία (22-02-2005).....</i>	71
3.15	<i>Σουηδία (03-02-2005).....</i>	72
3.16	<i>Ιταλία (30-06-04).....</i>	73
3.17	<i>Ελβετία (10-02-2005).....</i>	74
3.18	<i>Συμπέρασμα.....</i>	75
4	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	79
4.1	<i>Γενικά.....</i>	79
4.2	<i>Bit rate</i>	79
4.3	<i>Κωδικοποίηση.....</i>	81
4.4	<i>Minimum field strength.....</i>	83
4.5	<i>Προστασία από παρεμβολές.....</i>	91
4.5.1	<i>PR για επιθυμητό επίγειο σήμα DVB-T.....</i>	94
4.5.2	<i>PR αναλογικής τηλεόρασης από DVB-T.....</i>	99
4.5.3	<i>PR ηχητικών σημάτων αναλογικής τηλεόρασης από DVB-T.....</i>	101
4.5.4	<i>PR T-DAB από DVB-T.....</i>	102
4.6	<i>Φασματική μάσκα.....</i>	103
4.6.1	<i>Συμμετρική φασματική μάσκα DVB-T στα 8MHz.....</i>	103
4.6.2	<i>Μη συμμετρική φασματική μάσκα DVB-T στα 8MHz.....</i>	105
5	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	107
5.1	<i>Κριτήρια.....</i>	107
5.2	<i>Δίκτυο ανά περιοχή.....</i>	109
5.2.1	<i>Θράκη.....</i>	109
5.2.2	<i>Μακεδονία.....</i>	111
5.2.3	<i>Θεσσαλία.....</i>	119
5.2.4	<i>Ήπειρος.....</i>	123
5.2.5	<i>Νησιά Ιονίου.....</i>	125
5.2.6	<i>Στερεά Ελλάδα.....</i>	128
5.2.7	<i>Πελοπόννησος.....</i>	135
5.2.8	<i>Κρήτη.....</i>	140
5.2.9	<i>Κυκλάδες.....</i>	143
5.2.10	<i>Δωδεκάνησα.....</i>	145
5.2.11	<i>Βόρειο Αιγαίο.....</i>	147

6	ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	151
6.1	<i>Συγκεντρωτικά στοιχεία σταθμών.....</i>	151
6.2	<i>Παρατηρήσεις.....</i>	154

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΣΧΗΜΑ 1.1	Κατευθυντικότητα δεκτών στις ζώνες III,IV,I.....	16
ΣΧΗΜΑ 1.2	Διαγράμματα αστερισμών για τις διαμορφώσεις που ορίζει το DVB-T	18
ΣΧΗΜΑ 1.3	C/N λόγοι και ρυθμοί μετάδοσης για διάφορες περιπτώσεις.....	19
ΣΧΗΜΑ 1.4	Brick wall effect.....	22
ΣΧΗΜΑ 1.5	Απόδοση του LP και HP ρεύματος σε ιεραρχική μετάδοση.....	23
ΣΧΗΜΑ 1.6	Θεωρητική COFDM μάσκα για μη-κρίσιμες, ευαίσθητες περιπτώσεις	25
ΣΧΗΜΑ 1.7	Δομή πολυκαναλικού επαναλήπτη.....	27
ΣΧΗΜΑ 1.8	Παραδείγματα χρήσης των assignments σε δικτυωτά πλέγματα.....	30
ΣΧΗΜΑ 1.9	Allotments περιοχές στη ζώνη συχνοτήτων III.....	31
ΣΧΗΜΑ 2.1	MFN λειτουργία στο DVB-T.....	33
ΣΧΗΜΑ 2.2	SFN λειτουργία στο DVB-T.....	34
ΣΧΗΜΑ 2.3	Πιθανή διανομή τεσσάρων καναλιών στην Ευρώπη.....	36
ΣΧΗΜΑ 2.4	Παράδειγμα κέρδους δικτύου.....	38
ΣΧΗΜΑ 2.5	Κέρδος δικτύου ως συνάρτηση της απόστασης μεταξύ δύο ομοίων πομπών.....	39
ΣΧΗΜΑ 2.6	Αρχή λειτουργίας αναμεταδότη.....	44
ΣΧΗΜΑ 2.7	Gap-fillers που τροφοδοτούνται από τον κύριο πομπό.....	48
ΣΧΗΜΑ 3.1	Εφαρμογή του DVB-T στην Ευρώπη.....	55
ΣΧΗΜΑ 3.2	Ραδιοκάλυψη στη Γερμανία για σταθερή λήψη και 95% πιθανότητα κάλυψης.....	61
ΣΧΗΜΑ 3.3	Ραδιοκάλυψη στη Γερμανία για φορητή εσωτερική λήψη και 95% πιθανότητα κάλυψης.....	62
ΣΧΗΜΑ 4.1	Κατευθυντικότητα κεραίας λήψης.....	86
ΣΧΗΜΑ 4.2	Σημεία συμμετρικής φασματικής μάσκας DVB-T.....	104
ΣΧΗΜΑ 4.3	Μη συμμετρική φασματική μάσκα DVB-T.....	106
ΣΧΗΜΑ 5.1	Ραδιοκάλυψη Θράκης.....	109
ΣΧΗΜΑ 5.2	Ραδιοκάλυψη Μακεδονίας (1).....	111
ΣΧΗΜΑ 5.3	Ραδιοκάλυψη Μακεδονίας (2).....	113
ΣΧΗΜΑ 5.4	Ραδιοκάλυψη Μακεδονίας (3).....	114
ΣΧΗΜΑ 5.5	Ραδιοκάλυψη Μακεδονίας (4).....	117
ΣΧΗΜΑ 5.6	Ραδιοκάλυψη Θεσσαλίας (1).....	119
ΣΧΗΜΑ 5.7	Ραδιοκάλυψη Θεσσαλίας (2).....	120
ΣΧΗΜΑ 5.8	Ραδιοκάλυψη Θεσσαλίας (3).....	122
ΣΧΗΜΑ 5.9	Ραδιοκάλυψη Ηπείρου.....	123
ΣΧΗΜΑ 5.10	Ραδιοκάλυψη Κέρκυρας.....	125
ΣΧΗΜΑ 5.11	Ραδιοκάλυψη Λευκάδας.....	126
ΣΧΗΜΑ 5.12	Ραδιοκάλυψη Κεφαλλονιάς.....	126
ΣΧΗΜΑ 5.13	Ραδιοκάλυψη Ζακύνθου.....	127
ΣΧΗΜΑ 5.14	Ραδιοκάλυψη Στερεάς (1).....	128
ΣΧΗΜΑ 5.15	Ραδιοκάλυψη Στερεάς (2).....	131

ΣΧΗΜΑ 5.16 Ραδιοκάλυψη Στερεάς (3)	134
ΣΧΗΜΑ 5.17 Ραδιοκάλυψη Πελοποννήσου	136
ΣΧΗΜΑ 5.18 Ραδιοκάλυψη Κρήτης.....	140
ΣΧΗΜΑ 5.19 Ραδιοκάλυψη Κυκλάδων.....	143
ΣΧΗΜΑ 5.20 Ραδιοκάλυψη Δωδεκανήσου	145
ΣΧΗΜΑ 5.21 Ραδιοκάλυψη Βορείου Αιγαίου.....	147

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1 Τιμές για το Guard Interval.....	21
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2 Όρια εξωκαναλικών εκπομπών για DVB-T πομπούς.....	26
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1 Χαρακτηριστικά διαμόρφωσης COFDM	53
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1 Κατάσταση στις Ευρωπαϊκές χώρες.....	56
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2 Χαρακτηριστικά βρετανικού συστήματος.....	59
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3 Χαρακτηριστικά γερμανικού συστήματος.....	61
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4 Χαρακτηριστικά αυστριακού συστήματος	63
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5 Χαρακτηριστικά βελγικού συστήματος.....	64
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6 Χαρακτηριστικά δανέζικου συστήματος.....	65
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.7 Χαρακτηριστικά φινλανδικού συστήματος	66
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.8 Χαρακτηριστικά γαλλικού συστήματος	67
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.9 Χαρακτηριστικά ολλανδικού συστήματος	68
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.10 Χαρακτηριστικά πολωνικού συστήματος.....	69
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.11 Χαρακτηριστικά πορτογαλικού συστήματος.....	70
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.12 Χαρακτηριστικά σλοβένικου συστήματος	72
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.13 Χαρακτηριστικά σουηδικού συστήματος.....	73
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.14 Χαρακτηριστικά ιταλικού συστήματος	74
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.15 Χαρακτηριστικά ελβετικού συστήματος.....	75
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.16: Χαρακτηριστικά ψηφιακών μεταδόσεων στην Ευρώπη (1).....	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.17 Χαρακτηριστικά ψηφιακών μεταδόσεων στην Ευρώπη (2).....	77
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1 Μέγιστο Bitrate MPEG-2	80
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2 Bitrate.....	81
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3 Net Bitrate (MBIT/S) για διαφορετικά guard intervals	82
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4 Χαρακτηριστικά συστήματος	82
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5 Απαιτούμενος C/N για BER = 2×10^{-4} στην είσοδο του Viterbi αποκωδικοποιητή	83
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6 Minimum median power flux density και ισοδύναμη minimum median field strength στα 474 MHz και για 70% και 95% πιθανότητα κάλυψης, σταθερή λήψη	87
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7 Minimum median power flux density και ισοδύναμη minimum median field strength στα 474 MHz και για 70% και 95% πιθανότητα κάλυψης, φορητή εξωτερική λήψη (Class A).....	88
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.8 Minimum median power flux density και ισοδύναμη minimum median field strength στα 474 MHz και για 70% και 95% πιθανότητα κάλυψης, φορητή εσωτερική λήψη (Class B).....	89
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.9 Minimum median power flux density και ισοδύναμη minimum median field strength στα 474 MHz και για 70% , 95% και 99% πιθανότητα κάλυψης, κινητή λήψη	90

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.10 Προτεινόμενες μορφές DVB-T για πραγματοποίηση των μετρήσεων των PR.....	92
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.11 PR (dB) για ομοδιαυλική προστασία DVB-T από DVB-T	94
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.12 PR (dB) για προστασία DVB-T από γειτονικά κανάλια	94
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.13 PR (dB) για ομοδιαυλική παρεμβολή DVB-T από αναλογικό σήμα	96
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.14 PR (dB) για παρεμβολή ενός DVB-T από το κάτω γειτονικό αναλογικό κανάλι (n-1).....	97
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.15 PR (dB) για παρεμβολή ενός DVB-T 8MHz από το άνω γειτονικό αναλογικό κανάλι (n+1).....	97
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.16 PR (dB) για παρεμβολή DVB-T από αναλογικό σήμα τηλεόρασης 8MHz που συμπεριλαμβάνει ήχο.....	98
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.17 PR (dB) για παρεμβολή DVB-T από CW ή FM φέροντα	98
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.18 PR (dB) για παρεμβολή σήματος DVB-T 8MHz από σήμα T-DAB	99
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.19 PR (dB) για παρεμβολή σήματος DVB-T 8MHz από σήμα T-DAB στα άνω (N+1) και κάτω (N-1) γειτονικά κανάλια.....	99
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.20 PR (dB) για παρεμβολή ενός αναλογικού οπτικού σήματος από DVB-T σήμα 8MHz	100
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.21 PR (dB) για παρεμβολή ενός αναλογικού οπτικού σήματος από το κάτω γειτονικό κανάλι DVB-T 8MHz.....	100
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.22 PR (dB) για παρεμβολή ενός αναλογικού οπτικού σήματος από το άνω γειτονικό κανάλι DVB-T 8MHz	100
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.23 PR (dB) για παρεμβολή ενός αναλογικού οπτικού σήματος από οπτικό κανάλι DVB-T 8MHz	100
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.24 PR (dB) για παρεμβολή ενός αναλογικού οπτικού σήματος PAL G από επικαλυπτόμενο σήμα DVB-T 8MHz	101
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.25 PR (dB) για παρεμβολή ενός ηχητικού σήματος NICAM, PAL G από σήμα DVB-T 8MHz	102
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.26 PR (dB) για παρεμβολή ενός ηχητικού σήματος AM από σήμα DVB-T 8MHz για διαφορετικές αντισταθμίσεις συχνότητας στο άνω γειτονικό κανάλι (N+1).....	102
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.27 PR (dB) για παρεμβολή σήματος T-DAB από σήμα DVB-T 8MHz	102
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.28 Σημεία συμμετρικής φασματικής μάσκας DVB-T	104
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1 Κεραίες νομού Έβρου.....	109
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2 Κεραίες νομού Ροδόπης.....	110
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3 Κεραίες νομού Ξάνθης	111
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4 Κεραίες νομού Καβάλας.....	112
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5 Κεραίες νομού Σερρών	112
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6 Κεραίες νομού Θεσσαλονίκης.....	113
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7 Κεραίες νομού Χαλκιδικής.....	114
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.8 Κεραίες νομού Κιλκίς.....	115
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.9 Κεραίες νομού Πέλλης	115
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.10 Κεραίες νομού Ημαθίας.....	115
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.11 Κεραίες νομού Πιερίας.....	116
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.12 Κεραίες νομού Κοζάνης	117
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.13 Κεραίες νομού Καστοριάς.....	118
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.14 Κεραίες νομού Γρεβενών.....	118
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.15 Κεραίες νομού Λαρίσης.....	120

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.16	Κεραίες νομού Τρικάλων	121
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.17	Κεραίες νομού Καρδίτσας	121
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.18	Κεραίες νομού Μαγνησίας	122
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.19	Κεραίες νομού Ιωαννίνων	124
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.20	Κεραίες νομού Θεσπρωτίας.....	124
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.21	Κεραίες νομού Πρεβέζης.....	124
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.22	Κεραίες νομού Κέρκυρας	125
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.23	Κεραίες νομού Κεφαλλονιάς	126
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.24	Κεραίες νομού Ζακύνθου	127
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.25	Κεραίες νομού Αττικής.....	129
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.26	Κεραίες νομού Ευβοίας	130
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.27	Κεραίες νομού Βοιωτίας.....	132
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.28	Κεραίες νομού Φθιώτιδας.....	132
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.29	Κεραίες νομού Φωκίδος	133
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.30	Κεραίες νομού Ευρυτανίας.....	134
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.31	Κεραίες νομού Αιτωλοακαρνανίας.....	135
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.32	Κεραίες νομού Κορίνθου	136
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.33	Κεραίες νομού Αχαΐας	137
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.34	Κεραίες νομού Ηλείας	137
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.35	Κεραίες νομού Αργολίδας	138
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.36	Κεραίες νομού Αρκαδίας.....	138
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.37	Κεραίες νομού Λακωνίας	138
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.38	Κεραίες νομού Μεσσηνίας	139
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.39	Κεραίες νομού Χανίων	140
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.40	Κεραίες νομού Ρεθύμνου.....	141
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.41	Κεραίες νομού Ηρακλείου	141
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.42	Κεραίες νομού Λασιθίου	142
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.43	Κεραίες νομού Κυκλάδων	144
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.44	Κεραίες νομού Δωδεκανήσου.....	146
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.45	Κεραίες νομού Λέσβου.....	148
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.46	Κεραίες νομού Χίου.....	148
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.47	Κεραίες νομού Σάμου.....	149

1 ΠΡΟΤΥΠΑ ΤΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ DVB-T

1.1 Γενικά

Το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιών ETSI (European Telecommunications Standards Institute), συγκέντρωσε το 1993 ένα σύνολο γενικών χαρακτηριστικών για την δορυφορική, καλωδιακή ή επίγεια μετάδοση σήματος. Το πρότυπο για την επίγεια μετάδοση τηλεοπτικού σήματος ονομάστηκε DVB-T (Digital Video Broadcasting-Terrestrial), με τον κωδικό ETS 300 744.

Το DVB γενικότερα, είναι ιδανικό για τη μετάδοση ήχου, εικόνας και δεδομένων μέσω δορυφορικής, καλωδιακής ή επίγειας σύνδεσης. Εκτός από τη σταθερή λήψη (fixed reception), το DVB-T ικανοποιεί και φορητή (portable) και κινητή (mobile) λήψη. Τα κανάλια που συνήθως χρησιμοποιούνται είναι εύρους 7-8 MHz. Μια βασική παράμετρος στο σχεδιάσιμο του DVB-T, είναι ο περιορισμός του εύρους ζώνης, προκειμένου να είναι ικανό προς μετάδοση μέσω του καναλιού των 8MHz.

1.2 Ιστορική αναδρομή

Η βάση για το σχεδιασμό της τηλεόρασης μπήκε στην Στοκχόλμη το 1961 και είναι γνωστή ως το ST61 πλάνο. Σε γενικές γραμμές, καθιερώθηκε η μετάδοση τριών προγραμμάτων σε κάθε χώρα, αν και μερικές στόχευαν στην μετάδοση τεσσάρων. Από τότε και έπειτα, έχουν εγκατασταθεί πολλοί σταθμοί μικρής ισχύος για να καλύπτουν κενά, ενώ έχουν δημιουργηθεί και καινούργια δίκτυα, όχι για εθνική κάλυψη, αλλά με εμπορικούς στόχους. Το συνέδριο βέβαια της Στοκχόλμης καθώς και ένα που ακολούθησε το 1997 στο Chester, δεν μπορούν να καλύψουν τις απαιτήσεις για έναν ολοκληρωτικά ψηφιακό σενάριο, καθώς προοριζόταν για έναν αναλογικό κόσμο.

Έτσι, μελετώντας τα υπάρχοντα δεδομένα για έναν μεγάλο αριθμό ευρωπαϊκών χωρών, προκύπτουν οι ακόλουθες απαιτήσεις για την εφαρμογή των DVB υπηρεσιών:

- Ο αριθμός των πολυπλεκτών είναι στην αναλογία 3 με 6
- Για τα πρώτα στάδια, κρίνεται ικανοποιητική η κάλυψη 50% του πληθυσμού
- Η λήψη να είναι είτε σταθερή είτε φορητή και στο μέλλον και κινητή
- Η δυνατότητα αλληλεπίδρασης είναι σημαντική
- Υψηλής ταχύτητας μετάδοση δεδομένων στο Internet κρίνεται μελλοντικά απαραίτητη
- Η ακτίνα κάλυψης διαφέρει από υπηρεσία σε υπηρεσία

1.3 Πλεονεκτήματα της ψηφιακής τηλεόρασης

Κάπου εδώ είναι σημαντικό να αναφερθούν τα πλεονεκτήματα της ψηφιακής τηλεόρασης, προκειμένου να γίνει κατανοητή η ανάγκη εφαρμογής της.

Οι παρούσες αλλά και μελλοντικές απαιτήσεις στο τηλεοπτικό στερέωμα είναι τέτοιες που η αναλογική μετάδοση δεν μπορεί να τις καλύψει. Η εξασθένηση και η παραμόρφωση που υφίστανται τα αναλογικά σήματα κατά την μετάδοση τους καθώς και ο θόρυβος που εισάγεται, καθιστά δύσκολη και δαπανηρή την πιστή αναπαραγωγή τους στο δέκτη. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα αντιθέτως της ψηφιακής μετάδοσης είναι ότι δεν είναι απαραίτητη η πιστή αναπαραγωγή της πληροφορίας στο δέκτη, αλλά μόνο η αναγνώρισή της, η οποία είναι δυνατή, εφόσον ο σηματοθορυβικός λόγος που χαρακτηρίζει το σήμα δεν πέφτει κάτω από τα όρια ενός κατωφλίου. Επιπλέον οι κώδικες διόρθωσης λαθών που χρησιμοποιούνται, καθιστούν ακόμη πιο αξιόπιστο το ψηφιακό σύστημα. Ακόμη και το Brick Wall φαινόμενο δεν αποτελεί σοβαρό πρόβλημα, καθώς συντελεί στην πιο προσεκτική και τελικά στην καλύτερη κάλυψη του χώρου.

Όπως προειπώθηκε, το DVB-T μπορεί να εκμεταλλευτεί αποδοτικότερα το υπάρχον φάσμα συχνοτήτων καθώς με τους ρυθμούς μετάδοσης που χρησιμοποιεί, μπορεί να μεταδώσει ταυτόχρονα πολλά προγράμματα αλλά και να ενσωματώσει νέες υπηρεσίες. Η δυνατότητα αυτή μετάδοσης πολλών προγραμμάτων που θα

πραγματοποιείται με τη διαίρεση συχνοτήτων θα καθορίζεται από ένα μόνο φορέα. Έτσι τα τηλεοπτικά κανάλια δεν θα δημιουργούν δικά τους δίκτυα όπως συμβαίνει σήμερα, αλλά θα τους παρέχεται από τον φορέα διαχείρισης το απαραίτητο φάσμα στο πεδίο των συχνοτήτων. Αυτό βέβαια θα βελτιώσει την υπάρχουσα κατάσταση, όπου κάθε κανάλι, παράνομο ή μη, αυθαίρετα στήνει το δίκτυο εκπομπής του.

1.4 Ζώνες συχνοτήτων

Οι ζώνες συχνοτήτων που μπορούν να εξυπηρετήσουν την ψηφιακή τηλεόραση είναι η ζώνη IV (470-582 MHz) και η ζώνη V (582-862 MHz). Παρόλα αυτά, δεν είναι όλο το συγκεκριμένο φάσμα διαθέσιμο σε όλες τις ευρωπαϊκές χώρες, καθώς κάποιες συχνότητες χρησιμοποιούνται από άλλες υπηρεσίες.

Υπάρχει επίσης και δυνατότητα χρησιμοποίησης της ζώνης III (174-230 MHz) σε μερικές χώρες, η οποία είναι ιδιαίτερα αποδοτική σε κινητές υπηρεσίες. Ειδικότερα στην συγκεκριμένη ζώνη, κάθε χώρα χρησιμοποιεί διαφορετική διακαναλική απόσταση (πχ η Γαλλία και η Ιρλανδία χρησιμοποιούν κανάλια των 8 MHz, ενώ η Ιταλία και το Μαρόκο των 7 MHz), πράγμα που σημαίνει ότι σε μερικές συχνότητες έχουμε αλληλοεπικάλυψη καναλιών.

Ο σχεδιασμός των συχνοτήτων είναι ένα πολυσύνθετο πρόβλημα, το οποίο όμως κάθε χώρα καλείται να αντιμετωπίσει διαφορετικά αναλόγως των συνθηκών που επικρατούν σε αυτή. Σε γενική κλίμακα όμως, υπάρχουν τρεις παράμετροι σχετικά με την ένταση της ακτινοβολίας που πρέπει απαραίτητως να μελετηθούν:

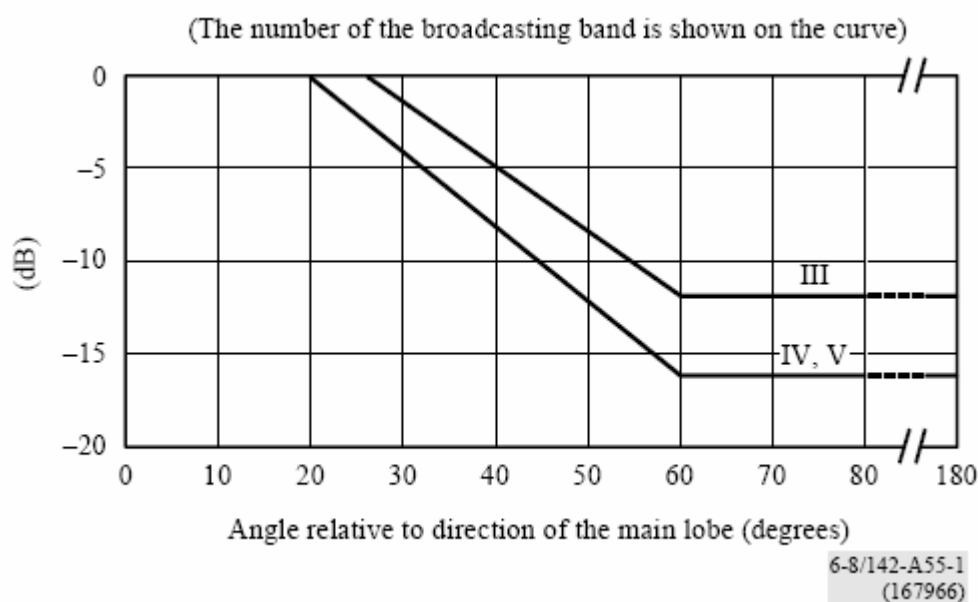
- Πρώτα πρέπει να γίνουν μετρήσεις για την ένταση ακτινοβολίας του επιθυμητού σήματος μέσα στην περιοχή κάλυψης (wanted field strength)
- Έπειτα πρέπει να υπολογιστεί η παρεμβολή που προκαλεί κάθε πομπός, έξω από την περιοχή κάλυψής του
- Τέλος πρέπει να μετρηθεί και η παρεμβολή που προκαλούν οι άλλοι πομποί στην εν λόγω περιοχή κάλυψης.

Ο σχεδιασμός των συχνοτήτων πρέπει να γίνεται με τρόπο ώστε να είναι ευέλικτος σε μελλοντικές αλλαγές, όπως πχ η μεταβολή από fixed σε portable ή mobile λήψη. Κάπου εδώ είναι χρήσιμο να γίνει ένας διαχωρισμός των συνθηκών λήψης.

1.5 Συνθήκες λήψης

Αρχικά, ως σταθερή λήψη ορίζεται εκείνη όπου χρησιμοποιείται κατευθυντική κεραία –δέκτης στην οροφή των κτιρίων, με ύψος στα 10 m agl (above ground level). Ο υπολογισμός της επιθυμητής έντασης ακτινοβολίας στις ζώνες συχνοτήτων III και IV καθορίζεται από τα διαγράμματα ακτινοβολίας, τα κέρδη των κεραιών καθώς και από τις απώλειες τροφοδότησης των κεραιών.

Τα διαγράμματα ακτινοβολίας των δεκτών στις ζώνες III, IV και V απεικονίζονται στο ακόλουθο σχήμα:



ΣΧΗΜΑ 1.1 Κατευθυντικότητα δεκτών στις ζώνες III, IV, I¹

Η φορητή λήψη χωρίζεται σε δύο υποπεριπτώσεις:

A) Class A, εξωτερική λήψη, όπου ο φορητός δέκτης πρέπει να έχει ύψος τουλάχιστον 1,5 m agl

¹ RRC04_kap3_E_chapter3

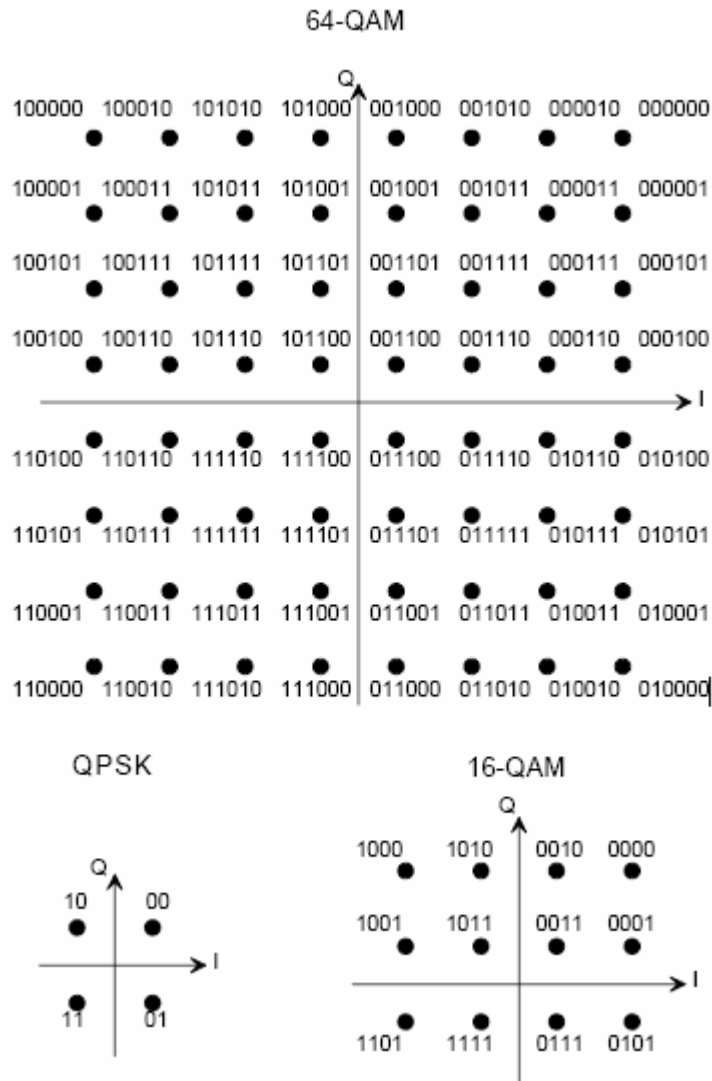
B) Class B, εσωτερική λήψη, όπου ο δέκτης βρίσκεται σε δωμάτιο, ανεξαρτήτως ορόφου, με ελάχιστο ύψος 1,5 m agl , με την προϋπόθεση, ότι υπάρχει και παράθυρο σε κάποιον εξωτερικό τοίχο.

Και στις δύο περιπτώσεις, εννοείται πως ο δέκτης παραμένει ακίνητος κατά τη διαδικασία λήψης, ενώ το κέρδος κεραίας έχει καθοριστεί στα 0 dB για UHF συχνότητες και στα -2.2 dB για VHF συχνότητες. Οι απώλειες τροφοδότησης είναι 0 dB.

Κατά τη κινητή λήψη, ο δέκτης, ο οποίος βρίσκεται διαρκώς σε κίνηση, μπορεί να είναι είτε ένα αυτοκίνητο, είτε μια συσκευή χειρός με κεραία ύψους όχι λιγότερο από 1,5m agl.

1.6 Αστερισμοί

Για τα προς μετάδοση σήματα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε είτε αστερισμούς QPSK, είτε 16-QAM, είτε 64-QAM με κώδικες 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 και 7/8, όπου εισάγονται 2, 4 και 6 bits αντίστοιχα για κάθε σύμβολο διαμόρφωσης, τα οποία απεικονίζονται σύμφωνα με την Gray-scale κωδικοποίηση στους παρακάτω αστερισμούς.



ΣΧΗΜΑ 1.2 Διαγράμματα αστερισμών για τις διαμορφώσεις που ορίζει το DVB-T²

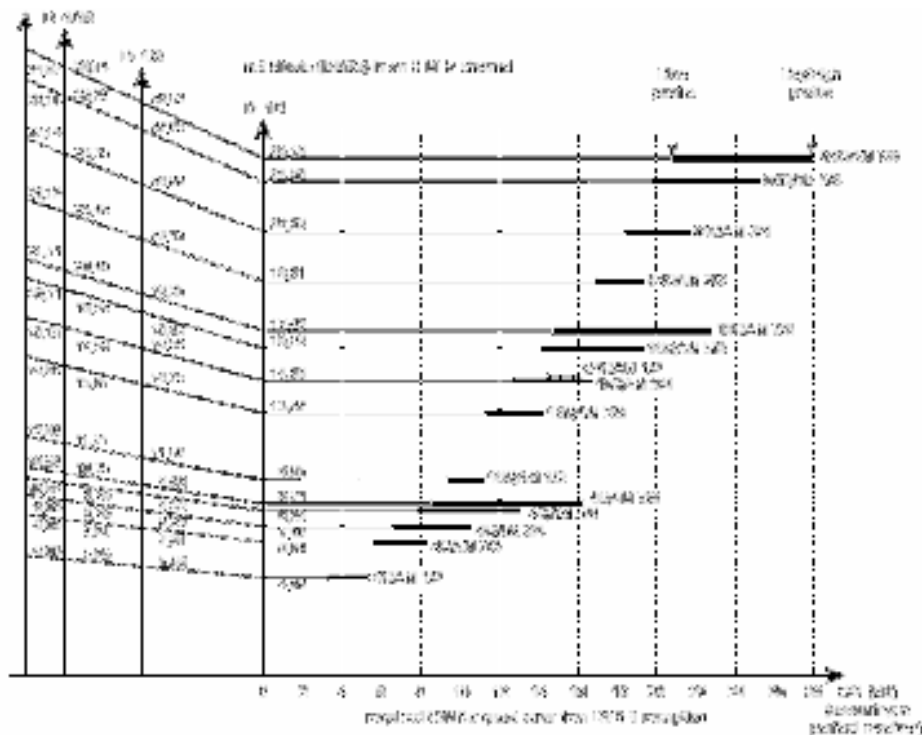
Η απόσταση μεταξύ των σημείων των αστερισμών καθορίζεται από την παράμετρο διαμόρφωσης a . Αυτή ορίζεται ως η σχέση μεταξύ της απόστασης μεταξύ δύο γειτονικών σημείων των δύο τεταρτημόριων και της απόστασης μεταξύ δύο γειτονικών σημείων σ'ένα τεταρτημόριο.

Συγκριτικά με την QPSK, η χωρητικότητα της 16-QAM είναι διπλάσια, της 64-QAM τριπλάσια, ενώ ο απαιτούμενος C/N λόγος είναι 6 και 12 dB αντίστοιχα ψηλότερος. Ο κώδικας 2/3 έχει το πλεονέκτημα ότι προσφέρει μεγάλη ασφάλεια στα προς μετάδοση δεδομένα, αλλά παρουσιάζει μεγάλο πλεονασμό, γι'αυτό και

² ETSI Technical Report 101 190 V 1.2.1 - Digital Video Broadcasting; Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects. (2004-7)

χρησιμοποιείται σε «ανθεκτικά κανάλια». Αντίθετα, ο 7/8 έχει μικρό πλεονασμό, αλλά δεν παρέχει μεγάλη ασφάλεια. Επιλέον, ο απαιτούμενος C/N λόγος αυξάνει για μεγαλύτερους ρυθμούς κωδικοποίησης. Η πλέον χρησιμοποιούμενη μορφή κωδικοποίησης είναι η 64- QAM 2/3, η οποία προσφέρει μέγιστο ρυθμό μετάδοσης της τάξης των 20-24 Mbps, αλλά δεν προσφέρει μεγάλη προστασία ιδίως από παρεμβολές σε large-area SFNs γι' αυτό και προτιμάται για σταθερή λήψη όπου η απαιτούμενη ισχύς παραμένει σε χαμηλά επίπεδα. Αντίθετα, για φορητή λήψη επιλέγεται η 16- QAM 2/3 που χαρακτηρίζεται από ρυθμό μετάδοσης της τάξης των 13-16 Mbps.

Συμπερασματικά, η επιλογή του τύπου και ρυθμού διαμόρφωσης, καθορίζεται από τις εξασθενήσεις και τις απαιτήσεις του καναλιού και τρόπου μετάδοσης. Το ακόλουθο σχήμα παρουσιάζει τους ρυθμούς μετάδοσης και τους C/N λόγους που χαρακτηρίζουν κάθε διαμόρφωση.



ΣΧΗΜΑ 1.3 C/N λόγους και ρυθμοί μετάδοσης για διάφορες περιπτώσεις³

³ ETSI Technical Report 101 190 V 1.2.1 - Digital Video Broadcasting; Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects. (2004-7)

Όπως φαίνεται και από το σχήμα, για ρυθμό κωδικοποίησης 1/2, η διαφορά στους C/N λόγους για fixed (Rice channel) και indoor portable (Rayleigh channel) λήψη, είναι μικρή, ενώ για ρυθμό 7/8 η διαφορά κυμαίνεται στα 6dB. Ο λόγος είναι ότι η κωδικοποίηση που χρησιμοποιείται στο DVB-T, είναι αρκετά ανθεκτική, στα OFDM συστήματα, στην επιλεκτικής συχνότητας παρεμβολή, ώστε δεν αλλάζει σημαντικά από ένα OFDM σύμβολο σε ένα άλλο, πχ ένα καθυστερημένο σήμα, ή την παρεμβολή από αναλογική μετάδοση.

Η επιλογή ενός C/N λόγου στον δέκτη, έχει άμεση επίδραση στην επιλογή του e.i.p. στον πομπό, εφόσον αυτή αυξάνεται ανάλογα, για δεδομένη κάλυψη. Παρόλα αυτά, η e.i.p. πρέπει να διατηρείται κάτω από ένα όριο, ώστε να μην παρατηρούνται παρεμβολές στις αναλογικές μεταδόσεις.

1.7 Διαμόρφωση

Στο DVB-T χρησιμοποιείται κυρίως κωδικοποιημένη ορθογώνια πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας COFDM με 2048 ή 8192 φέρουσες συχνότητες (2k και 8k αντίστοιχα) και κυρίως δίκτυα SFN επειδή η COFDM είναι αρκετά ανθεκτική στην παρεμβολή και τις γραμμικές διαταραχές λόγω πολλαπλών διαδρομών. Η COFDM λοιπόν χρησιμοποιεί πολλαπλά, σε ίσες αποστάσεις, φέροντα που καταλαμβάνουν το κανάλι και μεταφέρουν μικρή πληροφορία το καθένα. Κάθε φέρον έχει σταθερή φάση και πλάτος για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, στο οποίο μεταφέρεται μικρό μέρος της πληροφορίας. Αυτή η ποσότητα ονομάζεται σύμβολο και η διάρκειά του διάρκεια συμβόλου. Με το πέρας αυτής, η διαμόρφωση αλλάζει και το επόμενο σύμβολο μεταφέρει την επόμενη ποσότητα πληροφορίας. Η διαμόρφωση και η αποδιαμόρφωση πραγματοποιούνται με αντίστροφους γρήγορους μετασχηματισμούς Fourier (IFFT) και γρήγορους μετασχηματισμούς Fourier (FFT) αντίστοιχα. Η COFDM ενσωματώνει διάστημα φύλαξης συμβόλου (Guard Interval, GI) ίσο με 1/4, 1/8, 1/16 ή 1/32 της διάρκειας του προς μετάδοση συμβόλου. Το διάστημα συμβόλου δίδεται από το άθροισμα T_u (ενεργό διάστημα) και GI , ο λόγος ύπαρξης του οποίου είναι η αντιμετώπιση των επιδράσεων που προκύπτουν από τα σήματα που λαμβάνονται σε διάστημα λιγότερο του GI.

Η ύπαρξη του GI δίνει τη δυνατότητα στο δέκτη να συσχετίσει δύο ή περισσότερα όμοια σήματα που έχουν ληφθεί με κάποια χρονική καθυστέρηση, και να ενισχύσει το προς αποδιαμόρφωση σήμα. Ειδικότερα, το GI προηγείται καθενός OFDM συμβόλου και όσες αντηγήσεις προηγούμενων συμβόλων φτάσουν στο δέκτη μέσα στα όριά του, δεν προκαλούν παρεμβολές, ενώ σε αντίθετη περίπτωση αυξάνουν το BER.

Αυτή η ιδιότητα διευκολύνει τη σχεδίαση δικτύων στα οποία όλοι οι πομποί λειτουργούν στην ίδια συχνότητα (Single Frequency Network, SFN).

Υπάρχουν τέσσερα είδη SFN δικτύων, τα οποία είναι:

- Large area SFN, με πολλούς πομπούς μεγάλης ισχύος, σε μεγάλη μεταξύ τους απόσταση
- Regional SFN, με λίγους πομπούς μεγάλης ισχύος, σε μεγάλη απόσταση
- MFN, με τοπικά SFN γύρω από κάθε MFN πομπό
- SFN gap fillers, με πομπούς μικρής ισχύος, για να καλύπτουν τα κενά των MFN

Όσον αφορά τη σχεδίαση SFN δικτύων, έχει αποδειχθεί ότι η απόσταση μεταξύ δύο προσκείμενων πομπών καθορίζει άμεσα τη διάρκεια του GI. Ειδικότερα, οι προσομειώσεις έχουν δείξει ότι για large area SFN, είναι απαραίτητο ένα guard interval τουλάχιστον της τάξης των 200 μsec . Ο πίνακας δείχνει τα ακριβή GIs που πρέπει να εφαρμοστούν αναλόγως του FFT (Fast Fourier Transform) που χρησιμοποιείται:

proportion to the length of the useful interval	Length of the guard interval	
	8k-mode	2k-mode
1/4	224 μs	56 μs
1/8	112 μs	28 μs
1/16	56 μs	14 μs
1/32	28 μs	7 μs

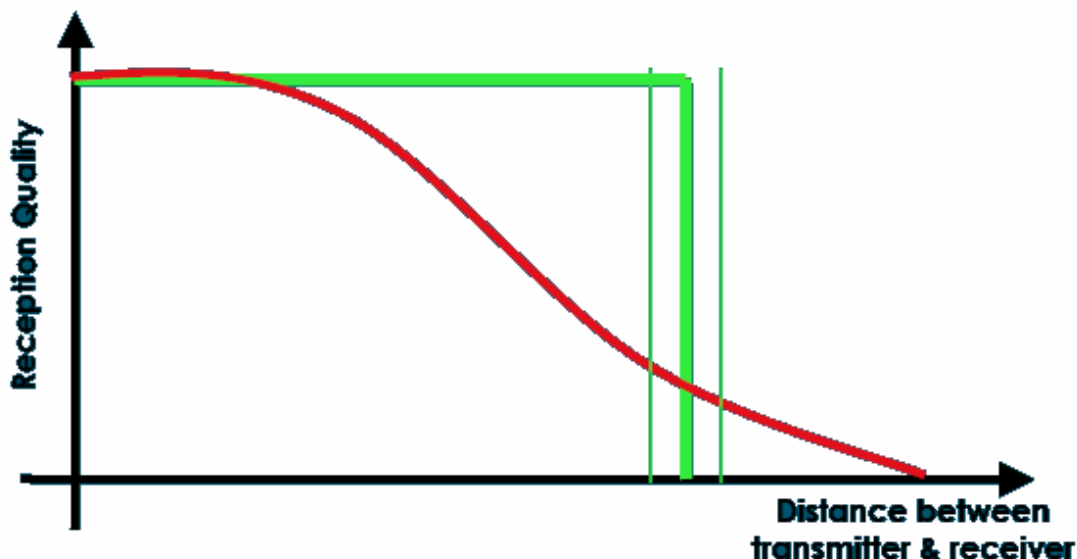
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1 Τιμές για το Guard Interval⁴

⁴ ETSI Technical Report 101 190 V 1.2.1 - Digital Video Broadcasting; Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects. (2004-7)

1.8 Ιεραρχική και μη ιεραρχική μετάδοση

Ένα ακόμα χαρακτηριστικό του DVB-T είναι η υιοθέτηση της ιεραρχικής μετάδοσης κατά την οποία η ροή δεδομένων χωρίζεται σε δύο μέρη, ένα υψηλής και ένα χαμηλής προτεραιότητας, όπου το καθένα μεταδίδεται με διαφορετική κωδικοποίηση καναλιού αλλά και διαφορετική διαμόρφωση φέροντος. Η μετάδοση δεδομένων υψηλής προτεραιότητας (High Priority stream) χαρακτηρίζεται από χαμηλό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων και μεγάλο πλεονασμό, γι'αυτο και είναι ιδανικό να μεταφέρει δεδομένα σε συνθήκες δύσκολης λήψης (όπως στην φορητή). Η μετάδοση δεδομένων χαμηλής προτεραιότητας (Low Priority stream) έχει υψηλό ρυθμό μετάδοσης και μεταφέρει τα ίδια περιεχόμενα, πιθανόν όμως διαφορετικώς κωδικοποιημένα. Το LP ρεύμα απαιτεί ιδανικές συνθήκες λήψης, για να μην προκύπτουν λάθη στην αποκωδικοποίηση. Το HP ρεύμα μεταφέρεται με QPSK σήμα, ενώ το LP με 16- ή 64-QAM.

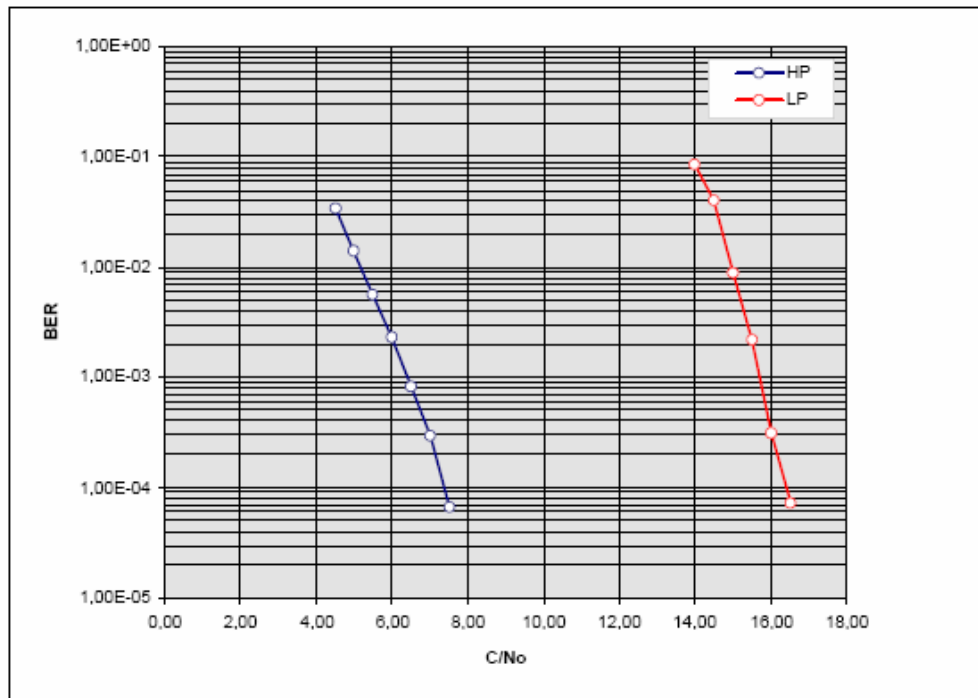
Ο λόγος που χρησιμοποιείται αυτού του τύπου η μετάδοση είναι ότι, σε αντίθεση με την αναλογική μετάδοση, η ποιότητα της ψηφιακής διατηρείται σταθερή μέχρι ενός ορισμένου ορίου, από το οποίο και μετά παρατηρείται απότομη πτώση και απώλεια της εικόνας (το λεγόμενο Brick Wall Effect).



ΣΧΗΜΑ 1.4 Brick wall effect⁵

⁵ ITU/ASBU Workshop on Frequency Planning and Digital Transmission, Damascus Migration from Analogue to Digital
Glenn Doel

Η απόδοση ενός συστήματος που χρησιμοποιεί ιεραρχική μετάδοση απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα:



ΣΧΗΜΑ 1.5 Απόδοση του LP και HP ρεύματος σε ιεραρχική μετάδοση⁶

Όπως φαίνεται, το LP χρειάζεται καλύτερο C/N για να πετύχει ίδιο BER με το HP. Η υιοθέτηση από την άλλη, της μη ιεραρχικής μετάδοσης, δεν σημαίνει, ότι μπορεί να μεταδοθεί μόνο ένα πρόγραμμα. Παραδείγματος χάριν, σε ένα RF κανάλι, αναλόγως του MPEG πολυπλέκτη που χρησιμοποιείται, είναι δυνατόν να μεταδοθούν περισσότερα του ενός προγράμματα, με την προϋπόθεση, ότι η συνολική χωρητικότητα τους δεν υπερβαίνει τον μέγιστο επιτρεπόμενο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων. Εάν σκοπός του σχεδιαστή είναι η κάλυψη μεγάλης περιοχής με υψηλή ποιότητα, τότε επιλέγεται η μετάδοση ενός προγράμματος που θα καταλαμβάνει όλο το εύρος του καναλιού. Αντίθετα, σε μια πολυκαναλική μετάδοση, όπως σε έναν πολυπλέκτη τεσσάρων προγραμμάτων, μοιράζεται η χωρητικότητα του καναλιού στα επιμέρους προγράμματα.

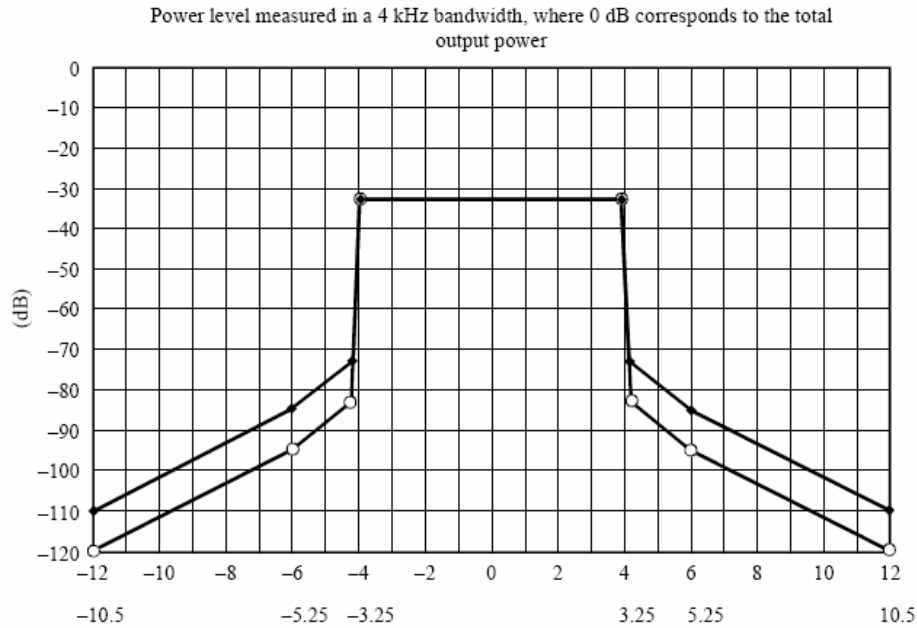
⁶ DVB Project office IMPLEMENTATION GUIDELINE FOR DVB-TTRANSMISSION ASPECTS
DVB Document A037 (March 1998)

1.9 Σήμα MPEG-2

Το σήμα εισόδου στον πομπό, στην ικανοποιητική μετάδοση του οποίου στοχεύουν όλα τα παραπάνω, είναι το MPEG2 σήμα, που μπορεί να περιέχει αρκετά προγράμματα με δεδομένα ήχου, εικόνας κτλ. Η κωδικοποίηση αυτού του σήματος ενέχει εξασθενήσεις αρκετά διαφορετικές από αυτές του αναλογικού σήματος. Με μια γενίκευση, θεωρείται ότι τα απλά προγράμματα χαμηλών απαιτήσεων χρειάζονται ρυθμό μετάδοσης της τάξης των 4-4,5 Mbps. Αντίθετα, πιο απαιτητικά προγράμματα, όπως οι αθλητικές μεταδόσεις απαιτούν ρυθμούς τουλάχιστον των 6 Mbps. Για μετάδοση ήχου MPEG οι απαιτήσεις κυμαίνονται από 400 έως 900kbps, αναλόγως του τύπου κωδικοποίησης που χρησιμοποιείται.

1.10 Φασματική μάσκα

Το ονομαστικό εύρος ζώνης ενός DVB-T σήματος δίνεται από το γινόμενο του αριθμού των φερόντων επί την μεταξύ τους απόσταση. Εκτός των ορίων του ονομαστικού εύρους, η φασματική πυκνότητα δεν μηδενίζεται, αλλά έχει κάποια τιμή, η οποία εξαρτάται από το προφιλτράρισμα μετά την παραγωγή του σήματος, την μη γραμμική αλλοίωση του σήματος από τον ενισχυτή ισχύος και από το φιλτράρισμα μετά τον ενισχυτή. Οι πλευρικοί λοβοί λοιπόν του σήματος εμφανίζονται στα γειτονικά κανάλια ως παρεμβολή. Για το λόγο αυτό, διαφορετικά συστήματα απαιτούν ένα είδος μάσκας, με καθορισμένη εξασθένηση στους πλευρικούς λοβούς. Αυτή συνήθως είναι της τάξης των 4kHz σε σύγκριση με την συνολική ισχύ συμβόλου, σε συγκεκριμένη συχνότητα, εκτός του ονομαστικού εύρους.



ΣΧΗΜΑ 1.6 Θεωρητική COFDM μάσκα για μη-κρίσιμες, ευαίσθητες περιπτώσεις⁷

Το σχήμα της μάσκας έχει βασιστεί στα εξής δεδομένα :

- Στο φάσμα 7.6 MHz ενός COFDM σήματος για κανάλι 8 MHz και στα 6,7 MHz για κανάλι 7 MHz
- Στην απόκριση πλάτους ενός IF-SAW φίλτρου
- Στο ότι ο ενισχυτής ισχύος του πομπού προκαλεί ενδοδιαμόρφωση εκτός του καναλιού, τιμή η οποία εξαρτάται από την αποδεκτή ενδοδιαμόρφωση εντός του καναλιού

Κατά το σχεδιασμό επίγειων δικτύων ή μοναδικών πομπών πρέπει να ληφθεί υπόψιν η αμοιβαία αλληλεπίδραση μεταξύ μεταδόσεων ίδιου ή διαφορετικού τύπου και για το λόγο αυτό εισάγεται ο όρος αναλογία προστασίας (protection ratio). Έτσι ορίζεται η αναλογία της ισχύος του επιθυμητού σήματος προς αυτής του παρεμβαλλόμενου, για δεδομένη υποβάθμιση του επιθυμητού σήματος, η τιμή της οποίας εξαρτάται από την συνολική διάρκειά της. Το PR μετράται ανάμεσα στην εσωτερική και εξωτερική κωδικοποίηση, πριν από την Reed Solomon αποκωδικοποίηση για $BER=2*10^{-4}$.

⁷ RRC04_kap3_E_chapter3

1.11 Εγκατάσταση RF πομπών

Οι ψηφιακοί πομποί κατά την ραδιοκάλυψη θα χρησιμοποιήσουν στην πλειοψηφία τους τους ίδιους ιστούς με τους αντίστοιχους αναλογικούς. Είναι σημαντικό να τηρηθούν κάποια όρια, τόσο από οικονομικής όσο και από τεχνικής πλευράς, σε σχέση πάντα με τα υπάρχοντα αναλογικά δίκτυα.

Οι ψηφιακοί πομποί λοιπόν, θα τοποθετηθούν, όποτε αυτό είναι δυνατό, σε γειτονικά των αναλογικών κανάλια. Επειδή όμως οι πομποί τηλεοπτικών σημάτων εκπέμπουν ισχύ και εκτός των ορίων του καναλιού που καταλαμβάνουν, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να μην υπάρχουν παρεμβολές μεταξύ γειτονικών καναλιών.

Έτσι έχουν τεθεί κάποια όρια όσον αφορά αυτές τις εξωκαναλικές εκπομπές, τα οποία παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα:

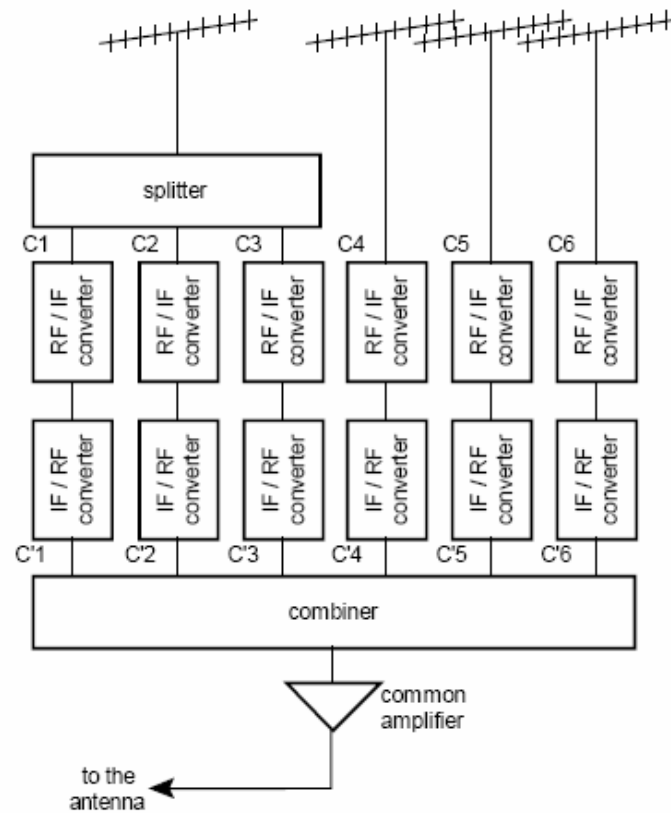
Frequency range of the spurious emission	Limits of the spurious emission	Reference bandwidth	figure
30 MHz to 174 MHz	-36 dBm (250 nW)	100 kHz	4.1
174 MHz to 400 MHz	-82 dBm for $P \leq 25$ W -126 dBc for 25 W < $P \leq 1$ 000 W -66 dBm for 1 000 W < P	4 kHz	4.2
400 MHz to 790 MHz	-36 dBm (250 nW)	100 kHz	4.1
790 MHz to 862 MHz	-76 dBm for $P \leq 25$ W -120 dBc for 25 W < $P \leq 1$ 000 W -60 dBm for 1 000 W < P	4 kHz	4.2
862 MHz to 1 000 MHz	-36 dBm (250 nW)	100 kHz	4.1
> 1 000 MHz	-30 dBm (1 μ W)	100 kHz	4.1

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2 Όρια εξωκαναλικών εκπομπών για DVB-T πομπούς⁸

Παρόλα αυτά η τοποθέτηση αναλογικών και ψηφιακών πομπών στον ίδιο ιστό και σε γειτονικά κανάλια, έχει αρκετά πλεονεκτήματα. Πρώτα απ' όλα η περιοχή κάλυψης θα είναι η ίδια, ενώ και οι δέκτες θα μπορούν να χρησιμοποιούν την ίδια κεραία λήψης. Ένας τρόπος αντιμετώπισης του προβλήματος είναι η εφαρμογή μιας τεχνικής, της πολυκαναλικής ενίσχυσης (multi-channel amplification). Η βασική ιδέα της έγκειται στον συνδιασμό αναλογικών και ψηφιακών καναλιών πριν την ενίσχυση,

⁸ ETSI EN 302 296 V1.1.1 - Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Transmitting equipment for the digital television broadcast service, Terrestrial (DVB-T); Harmonized EN under article 3.2 of the R&TTE Directive(2004-04)

με τη χρήση μη επιλεκτικών και χαμηλού κόστους συζευκτών. Η όλη διαδικασία απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα:



ΣΧΗΜΑ 1.7 Δομή πολυκαναλικού επαναλήπτη⁹

Όπως φαίνεται τα βήματα που ακολουθούνται είναι τα εξής:

- Λήψη των καναλιών μέσω της κεραίας
- Φιλτράρισμα και μετατόπιση του καναλιού στην ενδιάμεση συχνότητα(IF)
- Μετατροπή IF/RF
- Σύζευξη καναλιών χαμηλής ισχύος
- Πολυπλέκτης ενισχυτής ισχύος

⁹ DVB Project office IMPLEMENTATION GUIDELINE FOR DVB-TTRANSMISSION ASPECTS
DVB Document A037 (March 1998)

1.12 Εγκατάσταση DVB-T δικτύων διανομής

Τα δίκτυα διανομής μεταφέρουν το ψηφιακό τηλεοπτικό σήμα από τον χώρο παραγωγής τους, στους πομπούς. Αρχικά ο COFDM διαμορφωτής πρέπει να βρίσκεται σε κάποιο κεντρικό σημείο και το σήμα να μοιράζεται στους πομπούς μέσω των υπάρχοντων αναλογικών SHF ζεύξεων. Οι ζεύξεις αυτές χρησιμοποιούνται ήδη για αναλογικά PAL ή SECAM σήματα και μπορούν να μεταφέρουν τα COFDM σήματα σε αποστάσεις της τάξης των 20 km. Για μεγαλύτερες αποστάσεις, της τάξης των 100 km, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μερικές χώρες οπτικές ίνες.

Λόγω του ότι κάθε τμήμα του DVB-T συστήματος έχει τη δυνατότητα να αλλάζει παραμέτρους, όπως το ρυθμό ή τον τύπο κωδικοποίησης, πρέπει να συνδεεται με ένα δίκτυο ελέγχου και παρακολούθησης, το οποίο καθορίζεται κάθε φορά από τον κατασκευαστή.

1.13 Σχεδιασμός δικτύων

Τα σημαντικότερα μεγέθη που πρέπει να καλυφθούν κατά το σχεδιασμό του DVB-T είναι ο λόγος C/N, τα PR, οι παράγοντες που σχετίζονται με την περιοχή και τα χρονικά ποσοστά κάλυψης.

Λόγω του Brick Wall φαινομένου, που αναφέρθηκε πιο πάνω, είναι απόλυτα σημαντικός ο καθορισμός των περιοχών κάλυψης. Έτσι έχουν οριστεί δύο χαρακτηρισμοί για fixed και portable κάλυψης ο όρος «καλή», όταν καλύπτεται το 95% μιας μικρής περιοχής και ο όρος «αποδεκτή», όταν αντίστοιχα καλύπτεται το 70%, ενώ στην mobile λήψη το ποσοστό ανέρχεται στο 99%. Προτιμώνται συνήθως μεγάλα ποσοστά χρονικής και χωρικής κάλυψης προκειμένου η επιθυμητή ένταση ακτινοβολίας και οι παρεμβολές να βρίσκονται στα αποδεκτά όρια. Πάντως σε κάθε περίπτωση, οι συνθήκες λήψης μπορούν να βελτιωθούν εάν μετατοπιστεί η κεραία, αν χρησιμοποιηθεί κατευθυντική ή με καλύτερο κέρδος, ή τέλος αν χρησιμοποιηθεί ενισχυτής χαμηλού θορύβου (στην περίπτωση σταθερής λήψης).

1.14 Μετάβαση από την αναλογική τηλεόραση στο DVB-T

Προκειμένου να εκμεταλευτούμε, όλες τις δυνατότητες που παρέχει το πρότυπο DVB και ταυτόχρονα να μεγιστοποιηθεί η εκμετάλευση του υπάρχοντος φάσματος μετάδοσης, είναι απαραίτητο, να κατοχυρωθεί ένα ενιαίο ψηφιακό πλάνο για όλη την Ευρώπη. Μέχρι σήμερα όμως δεν έχουν υπάρξει ολοκληρωμένες προτάσεις για την πραγματοποίηση αυτού του σχεδίου.

Είναι ετούτοις ξεκάθαρο ότι στις μελλοντικές απαιτήσεις από το DVB-T περιλαμβάνονται σταθερή, φορητή και κινητή λήψη, αλληλεπίδραση, πολυμέσα, εικόνα, ήχος, δεδομένα καθώς και τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας. Επομένως ο αριθμός των πολυπλεκτών, η περιοχή κάλυψης και οι απαιτήσεις για τοπικές ή εθνικές υπηρεσίες θα διαφέρουν από χώρα σε χώρα. Το τελικό συμπέρασμα είναι ότι το καθολικό ψηφιακό πλάνο θα είναι εντέλει ένα πλαίσιο μέσα στο οποίο θα κινείται κάθε χώρα, πραγματοποιώντας μικροαλλαγές.

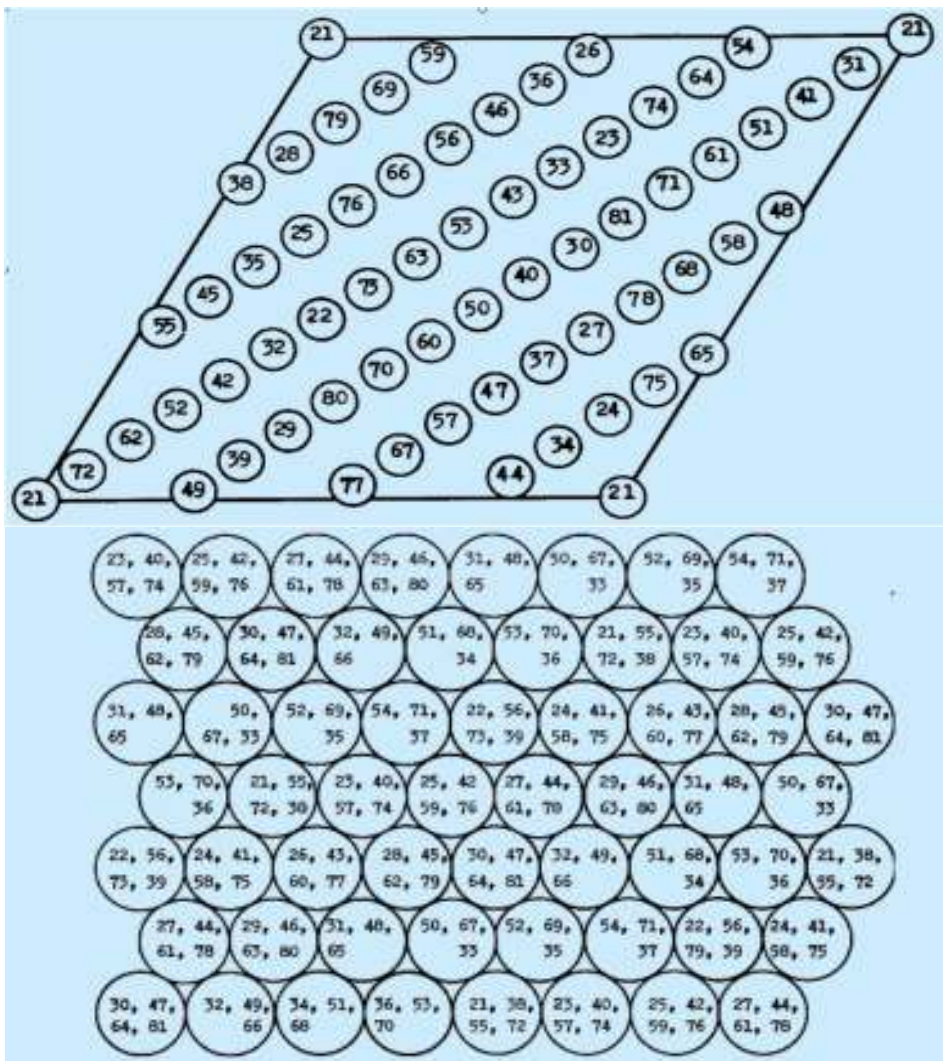
Κατα τη μεταβατική περίοδο είναι σημαντικό, η ποιότητα των υπάρχουσων αναλογικών υπηρεσιών, οι οποίες θα συνεχίζουν τη λειτουργία τους, να μην επηρεάζεται από τις ψηφιακές μεταδόσεις. Στο τέλος αυτής της περιόδου, οι αναλογικές μεταδόσεις μπορούν να συνεχίζουν την λειτουργία τους υπό την προϋπόθεση ότι θα υπάρχουν δικλείδες προστασίας σε σχέση με το ψηφιακό πρόγραμμα. Η ημερομηνία πλήρους εφαρμογής του ψηφιακού πλάνου, βασίζεται σε δύο σενάρια: το πρώτο ορίζει ότι αυτή πρέπει να είναι όσο το δυνατόν νωρίτερα, με όριο το 2015, με μεταβατικές περιόδους που θα καθορίζονται από κάθε χώρα ξεχωριστά. Το δεύτερο θέτει το χρονικό διάστημα 2028-2038, ως τη δεκαετία μέσα στην οποία πρέπει να τεθεί σε εφαρμογή το ψηφιακό πλάνο.

Σε κάθε περίπτωση, εφόσον κατά τη διάρκεια της μεταβατικής περιόδου θα συνυπάρχουν στις ίδιες ζώνες συχνοτήτων αναλογικά και ψηφιακά προγράμματα, πρέπει να ακολουθηθούν κάποιες διαδικασίες συντονισμού των δύο μεταδόσεων, προκειμένου η ποιότητα και των δύο να μην πέφτει κάτω από τα αποδεκτά όρια. Και για αυτήν την παράμετρο, υπάρχουν κάποια σενάρια τα οποία είτε περιλαμβάνουν την χρησιμοποίηση των υπάρχουσων κεραιών για αναλογική μετάδοση, είτε την

εγκατάσταση καινούριων κεραιών, κάτι που είναι δύσκολο στην εφαρμογή, είτε συνδιασμό και των δύο πλάνων.

Ένα ακόμη πρόβλημα που απασχολεί τους σχεδιαστές είναι αν το δίκτυο θα στηθεί με βάση assignments (ανάθεση) ή allotments (διανομή). Ο σχεδιασμός του δικτύου με βάση τα assignments χρησιμοποιεί ως μορφή του δικτύου το δικτυωτό πλέγμα, όπου όλοι οι σταθμοί έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά, γνωστές γεωγραφικές θέσεις και ο καθένας λειτουργεί στη δική του συχνότητα, μέσα σε κάποια καθορισμένα όρια όσον αφορά την ακτινοβολούμενη ισχύ τους.

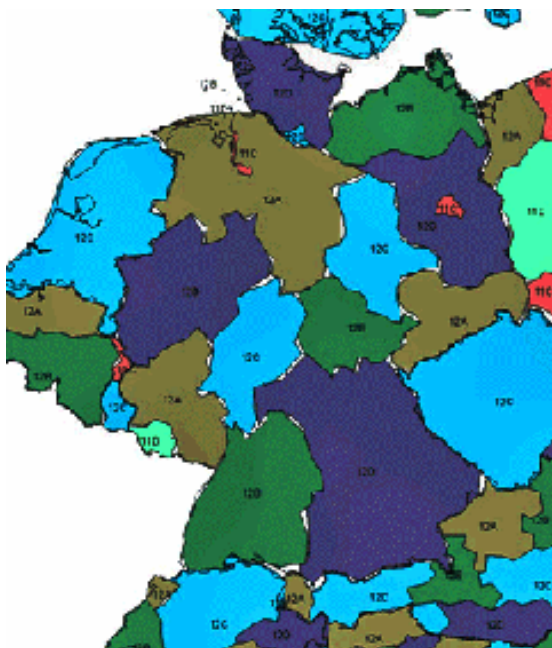
Ακολουθούν κάποια δείγματα δικτυωτού πλέγματος με βάση το ST61 πλάνο:



ΣΧΗΜΑ 1.8 Παραδείγματα χρήσης των assignments σε δικτυωτά πλέγματα¹⁰

¹⁰ ITU Information meeting on RRC-04/05 - Approaches to Frequency Planning for RRC-04/05; Nigel Laflin; (September 03)

Αντίθετα., πλάνα που βασίζονται στην διαδικασία των allotments, παραχωρούν κάποιες συχνότητες σε καθορισμένες περιοχές, χωρίς να ορίζουν ποιους συγκεκριμένους σταθμούς θα τις χρησιμοποιήσουν. Οι θέσεις και τα χαρακτηριστικά των πομπών δεν είναι εκ των προτέρων γνωστά, ενώ πρέπει να γίνουν υπολογισμοί για τις ενδεχόμενες παρεμβολές και την συμβατότητα μεταξύ των πομπών, πράγμα που σημαίνει ότι πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις αποστάσεις με ταξύ των πομπών. Το ακόλουθο είναι ένα allotment πλάνο εκχώρησης συχνοτήτων όπως σχεδιάστηκε στο Wiesbaden το 1995, όπου φαίνεται καθαρά η εκχώρηση συχνοτήτων σε σαφώς καθορισμένες περιοχές.



ΣΧΗΜΑ 1.9 Allotments περιοχές στη ζώνη συχνοτήτων III¹¹

Το assignment πλάνο προτιμάται λοιπόν όταν είναι γνωστή η υποδομή των πομπών, ή όταν χρησιμοποιείται small SFN ή MFN δίκτυο. Το allotment πλάνο προτιμάται όταν δεν είναι γνωστή η υποδομή των πομπών, όταν υπάρχουν διαθέσιμα κανάλια για DVB-T υπηρεσίες σε μια ευρύτερη περιοχή, όταν υπάρχει απαίτηση για ευελιξία του δικτύου και τέλος όταν προβλέπεται και φορητή λήψη.

¹¹ ITU Information meeting on RRC-04/05 - Approaches to Frequency Planning for RRC-04/05; Nigel Laflin; (September 03)

2 ΤΥΠΟΙ ΔΙΚΤΥΩΝ

2.1 Γενικά

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, υπάρχουν δύο τύποι δικτύων στα οποία μπορεί να λειτουργήσει το DVB-T:

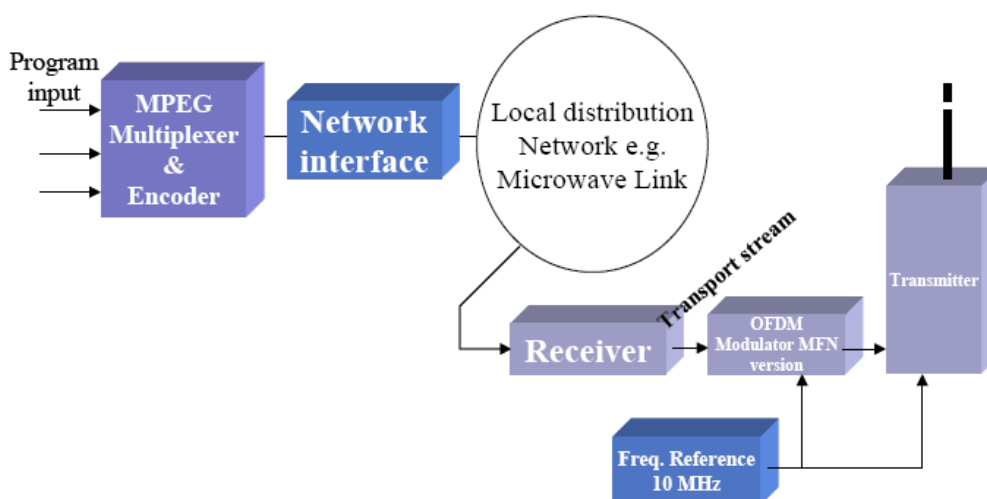
- Multi Frequency Network (MFN)
- Single Frequency Network (SFN)

καθώς επίσης και συνδυασμός των δύο αυτών που μπορούν να δώσουν τα εξής συστήματα:

- MFN με χαμηλής ισχύος SFN (gap fillers) για την κάλυψη μικρών κενών,
- MFN με τοπικά πυκνά SFN γύρω από κάθε σταθμό MFN,
- Regional SFN (λίγοι πομποί υψηλής ισχύος σε μεγάλη μεταξύ τους απόσταση),
- Large area SFN (πολλοί πομποί υψηλής ισχύος σε μεγάλη μεταξύ τους απόσταση).

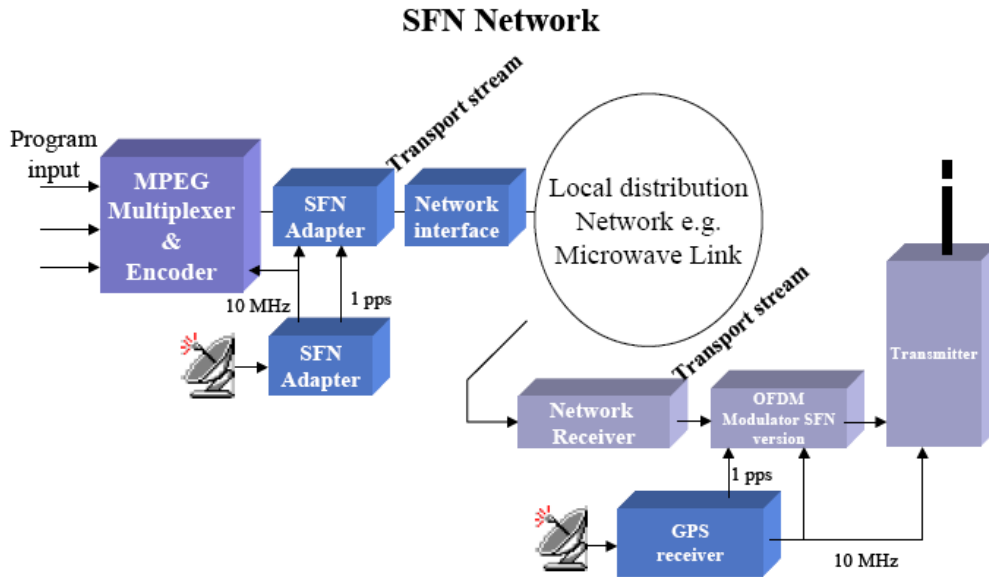
Στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζεται η λειτουργία των MFN & SFN σε ένα DVB-T δίκτυο, ενώ στη συνέχεια ακολουθεί αναλυτική περιγραφή τους.

MFN Network



ΣΧΗΜΑ 2.1 MFN λειτουργία στο DVB-T¹²

¹² SCOPUS NETWORK TECHNOLOGIES – A new approach to DVB terrestrial systems; Shimon Shanor



ΣΧΗΜΑ 2.2 SFN λειτουργία στο DVB-T¹³

2.2 Multi-Frequency Networks

Τα MFN αποτελούνται από πομπούς που εκπέμπουν ανεξάρτητα προγράμματα σε διαφορετικές συχνότητες. Για τη κάλυψη μεγάλης περιοχής με ένα DVB-T σήμα απαιτούνται πολλά κανάλια. Ο αριθμός των καναλιών που χρειάζονται εξαρτάται από την ευρωστία της μετάδοσης (τον τύπο της διαμόρφωσης και της κωδικοποίησης καθώς και το είδος του δικτύου που θέλουμε να εφαρμόσουμε).

Ένα πλεονέκτημα των MFN είναι η δυνατότητά τους να παρέχουν μεγάλες περιοχές κάλυψης στις οποίες ο κάθε πομπός εκπέμπει διαφορετικά προγράμματα, επιτρέποντας έτσι τον τοπικό προγραμματισμό. Επιπλέον τα MFN μπορούν να προσφέρουν την ίδια σχεδόν κάλυψη με τα υπάρχοντα αναλογικά δίκτυα, χαρακτηριστικό ιδιαίτερα σημαντικό, όταν η διατήρηση της κάλυψης είναι πολιτική ή εμπορική απαίτηση.

¹³ SCOPUS NETWORK TECHNOLOGIES – A new approach to DVB terrestrial systems; Shimon Shanor

2.2.1 Πόροι Συχνότητων

Με τα MFN είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίηση μέρους του ήδη υπάρχοντος αναλογικού συστήματος με αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους, ωστόσο θα χρειαστούν πολλοί επιπλέον σταθμοί για να γεμίσουν τις περιοχές που δεν καλύπτονται (filler stations), οι οποίοι απαιτούν επιπρόσθετα κανάλια που ίσως να μην διατίθενται στο φάσμα συχνοτήτων.

2.2.2 Αυξημένη ισχύς

Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό των MFN είναι η επιπλέον ισχύς που χρειάζονται σε σχέση με τα αναλογικά δίκτυα. Εξ' αιτίας των φαινομένων της διάδοσης εδάφους, η λαμβανόμενη ισχύς σε μια απόσταση από τον πομπό παρουσιάζει ιδιαίτερες διακυμάνσεις με την απόσταση και σε λιγότερο βαθμό με το χρόνο. Εφόσον η ψηφιακή μετάδοση δεν υποβαθμίζεται σταδιακά όσο μειώνεται η ισχύς, αλλά παρατηρείται απότομη πτώση στο όριο της περιοχής κάλυψης (brick wall effect), χρειάζεται αυξημένη ισχύς εκπομπής, κατά 10 με 20 dB, για να αντισταθμίσει αυτές τις διακυμάνσεις.

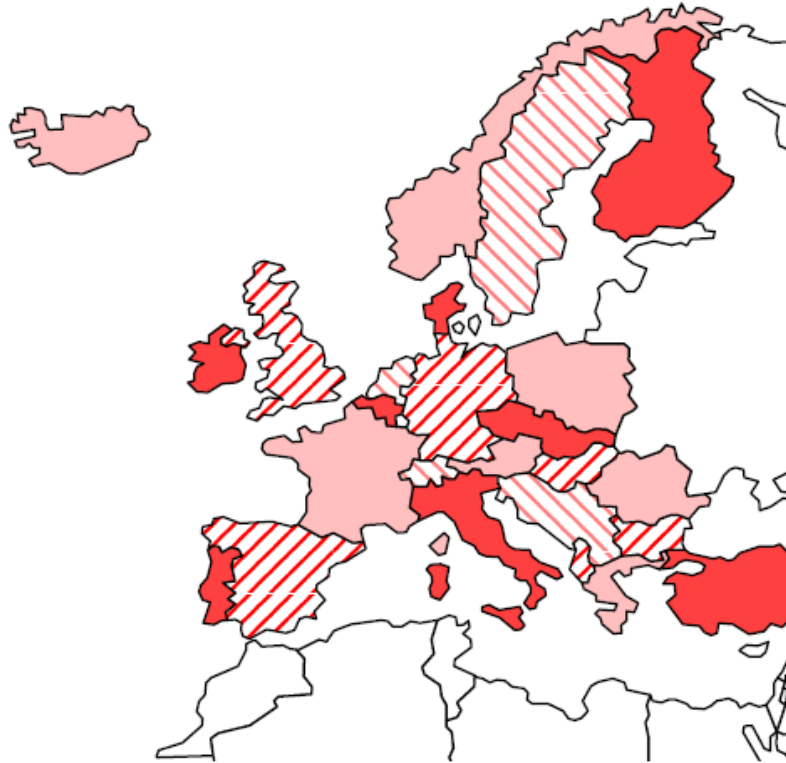
2.3 Single-Frequency Networks

Σε ένα SFN όλοι οι πομποί είναι σύγχρονα διαμορφωμένοι με το ίδιο σήμα και εκπέμπουν στην ίδια συχνότητα. Λόγω της πολυδιαδρομικής διάδοσης του, πολλαπλών φερόντων, σήματος μετάδοσης (COFDM), σήματα από διαφορετικούς πομπούς που καταφθάνουν σε μία κεραία λήψης μπορούν να συνεισφέρουν θετικά στο συνολικά επιθυμητό σήμα.

2.3.1 Φασματική αποδοτικότητα

Με τα SFN μεγάλες περιοχές μπορούν να εξυπηρετηθούν σε μία κοινή κεντρική ραδιοσυχνότητα. Επομένως η αποδοτικότητα φάσματος των SFN είναι πολύ υψηλότερη, συγκρινόμενη με αυτή των MFN. Ακόμα τα κενά σε μια περιοχή SFN μπορούν εύκολα να καλυφθούν με την προσθήκη νέων σταθμών βάσης, χωρίς την ανάγκη για νέες συχνότητες. Λαμβάνοντας όμως υπόψιν την ύπαρξη δικτύων που

παρέχουν διαφορετικά προγράμματα σε γειτονικές περιοχές, επιπλέον συχνότητες μπορεί να χρειαστούν. Ο αριθμός των καναλιών που απαιτούνται για διεθνή συντονισμό είναι το λιγότερο 4, πρακτικά 5 με 6 είναι ένας ρεαλιστικός αριθμός.



ΣΧΗΜΑ 2.3 Πιθανή διανομή τεσσάρων καναλιών στην Ευρώπη

2.3.2 Αποδοτικότητα ισχύος

Τα δίκτυα SFN δεν είναι μόνο αποδοτικά ως προς τη συχνότητα, αλλά και ως προς την ισχύ. Αυτό μπορεί να γίνει κατανοητό αν ληφθούν υπόψη οι έντονες διακυμάνσεις της ισχύος ενός οποιουδήποτε σταθμού. Όπως συμβαίνει συνήθως, προκειμένου να διατηρηθεί η κάλυψη σε ένα υψηλό ποσοστό των περιοχών, αυξάνεται η ισχύς σημαντικά. Στα SFN με ομοιοκατευθυντική λήψη δεν συμβαίνει το ίδιο, καθώς το επιθυμητό σήμα αποτελείται από επιμέρους σήματα που καταφθάνουν από διαφορετικούς πομπούς, οι διακυμάνσεις των οποίων είναι ελάχιστα συσχετισμένες, με αποτέλεσμα η εξασθένηση του σήματος του ενός πομπού να αντισταθμίζεται από έναν άλλο. Έτσι τα SFN μπορούν να χρησιμοποιούν πομπούς χαμηλής ισχύος. Αυτή η αποδοτικότητα ισχύος των SFN είναι πολύ σημαντική στα όρια κάλυψης των πομπών και καλείται “κέρδος δικτύου” (“network gain”).

2.3.3 Κέρδος δικτύου¹⁴

Κέρδος δικτύου είναι η αύξηση του επιπέδου του επιθυμητού σήματος σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία λήψης, η οποία οφείλεται σε ταυτόχρονη λήψη πολλαπλών επιθυμητών σημάτων, και αποτελεί χαρακτηριστικό των OFDM συστημάτων που λειτουργούν σε ένα SFN.

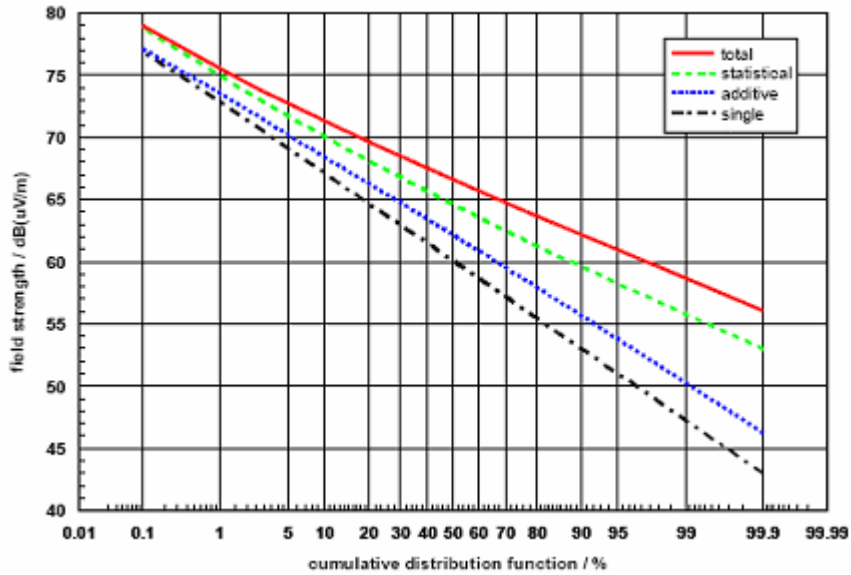
Το κέρδος δικτύου αποτελείται από δύο παραμέτρους:

- *Στατιστικό κέρδος* που οφείλεται στην υψηλότερη πιθανότητα να ληφθεί ένα σήμα. Ο κυρίαρχος παράγοντας είναι ο location variation της λαμβανόμενης ισχύος.
- *Προσθετικό κέρδος* λόγω της αύξησης της ισχύος εξ' αιτίας της πρόσπτωσης δύο ή περισσότερων σημάτων στην κεραία λήψης, των οποίων η ισχύς προστίθεται

και ποικίλει:

- Από σημείο σε σημείο ανάλογα με τη σχετική τιμή της ισχύος πεδίου και,
- Σύμφωνα με τον παράγοντα location variation για τον οποίο υπολογίζεται η κάλυψη.

¹⁴ ITU/EBU workshop on Digital Broadcasting, J.Doeven: PLANNING OF SINGLE FREQUENCY NETWORKS, Sofia 8-10 June 2004



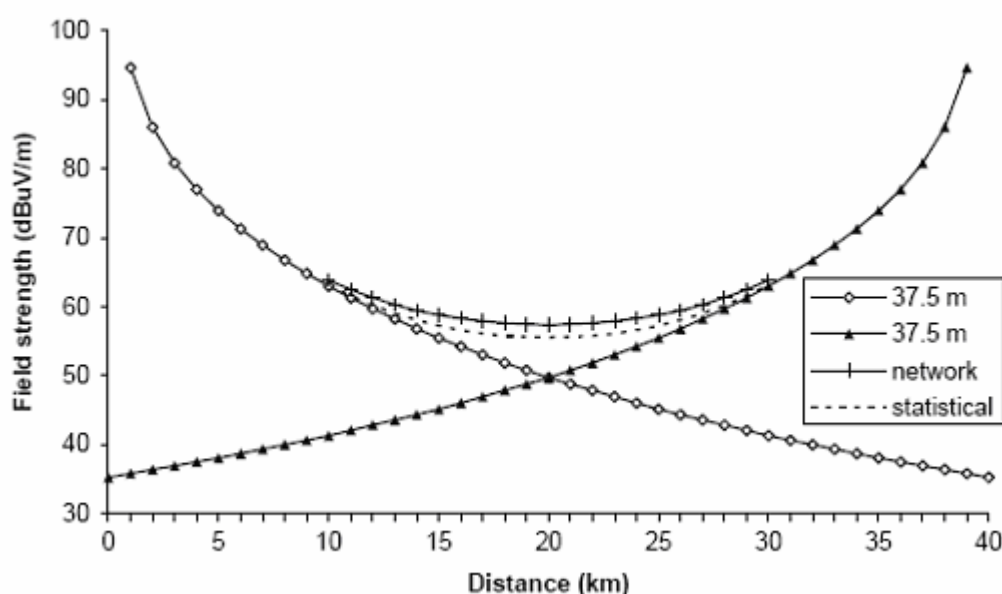
ΣΧΗΜΑ 2.4 Παράδειγμα κέρδους δικτύου

Στο παραπάνω διάγραμμα, βλέπουμε το ποσοστό κάλυψης που επιτυγχάνεται από τρεις όμοιους πομπούς που εκπέμπουν στην ίδια συχνότητα, το ίδιο COFDM σήμα. Υπάρχουν τέσσερις καμπύλες. Η μαύρη δείχνει τη συνεισφορά ενός πομπού. Η μπλε δείχνει το προσθετικό κέρδος, το οποίο έχει περίπου την ίδια τυπική απόκλιση με αυτή του ενός πομπού, και σε μεγάλα ποσοστά κάλυψης δίνει ένα ένα κέρδος περίπου 3 dB. Η πράσινη δείχνει το στατιστικό κέρδος, το οποίο σε μεγάλα ποσοστά κάλυψης μπορεί να είναι ιδιαίτερα αυξημένο. Για παράδειγμα στα 99% ο στατιστικός παράγοντας δίνει περίπου 9 dB επιπλέον, και ο προσθετικός 3 dB, με αποτέλεσμα η συνολική ισχύς από τρεις όμοιους πομπούς να είναι κατά 12 dB υψηλότερη σε σχέση με αυτή του ενός πομπού.

Αφού οι ξεχωριστές συνεισφορές των πομπών, ποικίλουν ανάλογα με την τοποθεσία λήψης, το κέρδος δικτύου εξαρτάται επίσης από την περιοχή. Έτσι δεν υπάρχει καθορισμένη τιμή του συνολικού κέρδους για ένα SFN. Μπορεί να είναι υψηλό σε μία περιοχή, που ισαπέχει από τρεις όμοιους πομπούς, και η ισχύς από έναν πομπό είναι χαμηλή, αλλά μειώνεται μόλις η ισχύς ενός πομπού αρχίζει να κυριαρχεί. Παρόλα αυτά, όσο μειώνεται το κέρδος δικτύου, η αναγκαία πιθανότητα κάλυψης είναι ήδη εξασφαλισμένη από τον ένα κυρίαρχο πομπό.

Άλλος ένας σοβαρότερος περιορισμός εντοπίζεται στα όρια της περιοχής κάλυψης. Για κάποιες περιοχές, ένας, ή ακόμα και δύο από τους πομπούς που συνεισφέρουν στην κάλυψη, μπορεί να λείπουν, οπότε το κέρδος δικτύου να είναι μηδενικό. Αυτό μπορεί να αντισταθμιστεί με fill-in πομπούς.

Στην περίπτωση της σταθερής λήψης, η κατευθυντικότητα της και η τοπολογία της περιοχής, μπορεί να οδηγήσουν σε επιπλέον περιορισμούς. Καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα ότι για τη μέτρηση του κέρδους δικτύου για ένα SFN χρειάζονται λεπτομερείς μετρήσεις, υπό πραγματικές συνθήκες (συμπεριλαμβανομένης και της ιδιαίτερης τοπολογίας κάθε περιοχής).



ΣΧΗΜΑ 2.5 Κέρδος δικτύου ως συνάρτηση της απόστασης μεταξύ δύο ομοίων πομπών

2.3.4 “Ανοιχτα-κλειστά” SFN

Τα δίκτυα SFN μπορούν να εφαρμοστούν με δύο δομικούς τύπους δικτύων. Ο ένας καλείται “ανοικτός” και ο άλλος “κλειστός”. Υποτίθεται ότι και τα δύο αυτά είδη είναι σχεδιασμένα για να παρέχουν την ελάχιστη απαιτούμενη ισχύ στα όρια της περιοχής κάλυψης.

- Σε ένα ανοικτό δίκτυο δεν λαμβάνονται μέτρα για να ελαχιστοποιηθούν τα επίπεδα ακτινοβολίας έξω από την περιοχή κάλυψης. Στην ελάχιστη περίπτωση, ένα ανοικτό δίκτυο μπορεί να περιλαμβάνει έναν μόνο πομπό.
- Σε ένα κλειστό δίκτυο το επίπεδο της ακτινοβολούμενης ισχύος έξω από την περιοχή κάλυψης μειώνεται εσκεμμένα, χωρίς μείωση της κάλυψης της περιοχής. Αυτό μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας κατευθυντικές κεραιές σε σταθμούς βάσης κοντά στην περιφέρεια της εξυπηρετούμενης περιοχής.

Σε ένα πραγματικό δίκτυο που καλύπτει μεγάλη περιοχή θα υπάρχουν σεβαστές αποστάσεις ανάμεσα στους πομπούς. Αν το δίκτυο αυτό σχεδιαστεί ως κλειστό, θα προκαλέσει μικρότερη παρεμβολή σε δεδομένη απόσταση έξω από την περιοχή κάλυψης από ότι αν ήταν ανοικτό. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι ότι το επίπεδο παρεμβολής καθορίζεται κυρίως από την ακτινοβολούμενη ισχύ των σταθμών που βρίσκονται πιο κοντά στα σύνορα της περιοχής κάλυψης, στην υπό εξέταση κατεύθυνση.

Παρόλα αυτά σε ένα κλειστό δίκτυο που καλύπτει μικρή περιοχή, η ισχύς που εκπέμπεται από σταθμούς στην πλευρά της περιοχής κάλυψης που βρίσκεται απέναντι από την υπό εξέταση κατεύθυνση, συνεισφέρει σχετικά περισσότερο στην παρεμβολή εκτός του δικτύου, από ότι σε ένα κλειστό δίκτυο που καλύπτει μικρή περιοχή. Επομένως στην περίπτωση περιορισμένων δικτύων, η χρήση κατευθυντικών κεραιών σε πομπούς κοντά στα σύνορα της περιοχής κάλυψης εισάγει λιγότερα πλεονεκτήματα, σε σχέση με την περίπτωση εκτεταμένων δικτύων.

Όπως εξάγεται από τα παραπάνω, για μεγαλύτερες περιοχές κάλυψης, η απόσταση διαχωρισμού μεταξύ ομοδιαυλικών περιοχών (απόσταση επαναχρησιμοποίησης συχνότητας) θα είναι γενικά μικρότερη για κλειστά δίκτυα από ότι για ανοικτά. Για μικρότερες περιοχές, η εν λόγω απόσταση για κλειστά δίκτυα, προσεγγίζει αυτή των ανοικτών.

2.3.5 Πομποί

Η επίγεια ψηφιακή μετάδοση, μπορεί να χρησιμοποιήσει ήδη υπάρχοντες σταθμούς βάσης, νέους σταθμούς ή εναλλακτικές δομές δικτύων. Οι παράμετροι αυτοί επηρεάζουν την επιλογή των μεταβλητών του DVB-T καθώς και τις απαιτήσεις σε συχνότητα. Ορισμένες χώρες σχεδιάζουν να χρησιμοποιήσουν τους πομπούς που ήδη υπάρχουν από την αναλογική τηλεόραση, με την πιθανότητα να εγκαταστήσουν τοπικά υψηλής πυκνότητας SFN.

Ο αριθμός των πομπών, καθώς και η απόσταση μεταξύ τους θα ποικίλουν σημαντικά από χώρα σε χώρα και θα εξαρτηθούν από την παραλλαγή του συστήματος, τη μορφή της λήψης (fixed, portable, mobile), το μέγεθος της χώρας και την κατάσταση που επικρατεί στα σύνορα. Για επίγεια ψηφιακή μετάδοση, η απόσταση μεταξύ των σταθμών μπορεί να ποικίλει από 30 και 50km στις πιο πυκνοκατοικημένες περιοχές, και μεταξύ 75 και 125km σε πιο αραιοκατοικημένες ή πιο επίπεδες περιοχές.

Στα SFN με χρήση κατάλληλων προδιαγραφών επίγειας ψηφιακής μετάδοσης, η απόσταση διαχωρισμού των πομπών επηρεάζει την επιλογή του διαστήματος φύλαξης, το οποίο με τη σειρά του περιορίζει το μέγεθος του δικτύου. Η απόσταση διαχωρισμού και το ενεργό ύψος των κεραιών επηρεάζουν την e.i.p.

Στην περίπτωση των SFN, η χρήση “πυκνών δικτύων” μπορεί να προσφέρει κάποια πλεονεκτήματα στα δίκτυα που δομούνται με πομπούς υψηλής ισχύος, διαχωρισμένους από μεγάλες αποστάσεις (60 με μερικές εκατοντάδες χιλιόμετρα).

Ιδιαίτερα στην περίπτωση των τοπικών SFN, αλλά και σε εθνικά SFN, είναι πιθανό να υπάρξουν ποικίλες μορφές πυκνών δικτύων, με όλους τους πομπούς να χρησιμοποιούν το ίδιο κανάλι, αλλά με σημαντικά χαμηλότερη e.i.p. από αυτή που θα χρειαζόταν από έναν μόνο σταθμό για να εξυπηρετηθεί η ίδια περιοχή. Για την επίγεια ψηφιακή μετάδοση, η έννοια της “διανεμημένης εκπομπής” (distributed emission), μπορεί να παρέχει την απαιτούμενη ισχύ σε ολόκληρη την περιοχή κάλυψης με έναν αριθμό, χαμηλής ισχύος, συγχρονισμένων πομπών SFN, τοποθετημένων σε ένα σχετικά συμμετρικό πλέγμα. Είναι επίσης πιθανό να

χρησιμοποιηθούν on-channel επαναληπτές που λαμβάνουν το σήμα off-air από τον κύριο πομπό, για να βελτιώσουν την κάλυψη αυτού. Στην περίπτωση του πλέγματος, οι επαναληπτές δεν είναι απαραίτητο να είναι συγχρονισμένοι και δεν χρειάζεται παράλληλη υποδομή εκπομπής για να φτάσει σε αυτούς το σήμα.

Επιπλέον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τοπικά υψηλής πυκνότητας SFN για να παρέχουν μεγάλα SFN σε περιοχές όπου η κάλυψη θα ήταν ανεπαρκής με άλλο τρόπο, εξ' αιτίας ανωμαλιών του εδάφους (λοφώδεις περιοχές). Τέλος, προσφέρουν μείωση της επίδρασης της ομοδιαυλικής παρεμβολής στα όρια της περιοχής κάλυψης, εισάγοντας απότομο roll-off ισχύος. Αυτό μπορεί να βελτιωθεί περαιτέρω με χρήση κατάλληλης κατευθυντικότητας στις κεραιές.

Είναι πιθανό, για παράδειγμα, να δούμε τοπολογίες πομπών, στις οποίες το κεντρικό μέρος της εξυπηρετούμενης περιοχής να καλύπτεται από SFN μεγάλης περιοχής (με υψηλής ισχύος πομπούς διαχωρισμένους από μεγάλες αποστάσεις), ενώ κοντά στα όρια να εγκαθίσταται ένα πυκνό δίκτυο πομπών (με χαμηλή e.i.p. και με χαμηλού ύψους κατευθυντικές κεραιές). Αυτό επιτρέπει στην e.i.p. να προσαρμοστεί ακριβώς στην περιοχή που θέλουμε να καλύψουμε, μειώνοντας την παρεμβολή σε γειτονικές περιοχές και διατηρώντας ένα υψηλό επίπεδο διαθεσιμότητας των υπηρεσιών μέσα στην περιοχή εξυπηρέτησης. Η τεχνική αυτή μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα χρήσιμη στα σύνορα εθνικών SFN.

Τύποι κεραιών και διαγράμματα ακτινοβολίας

Οι κεραιές εκομπής θα είναι ομοιοκατευθυντικές ή κατευθυντικές. Σε σταθμούς που βρίσκονται κοντά στα σύνορα, κατευθυντικές κεραιές είναι προτιμότερες, για να μειωθεί η παρεμβολή εκτός των περιοχών κάλυψης. Έτσι θα μειωθεί η απόσταση επαναχρησιμοποίησης συχνότητας, και θα προστατευθούν οι περιοχές κάλυψης των ήδη υπάρχοντων υπηρεσιών τηλεόρασης. Αν αυτό εφαρμοσθεί στους μεσαίας και υψηλής ισχύος πομπούς, θα οδηγήσει στην αποδοτικότερη αξιοποίηση του φάσματος.

Σε κεραιές υψηλής ισχύος, με ενεργό ύψος μεγαλύτερο των 100m, η κλίση του κυρίου λοβού (beam tilt) μπορεί να αποδειχθεί ένα αποδοτικό εργαλείο για την

στόχευση της ισχύος στο εσωτερικό μέρος της περιοχής κάλυψης, και την ταυτόχρονη μείωση της παρεμβολής σε μεγάλες αποστάσεις και σε άλλες υπηρεσίες.

Παράγοντες που επηρεάζουν την απόσταση μεταξύ των πομπών

Οι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την απόσταση μεταξύ των πομπών είναι πολλοί, όπως: η εκπεμπόμενη ισχύς, το ύψος της κεραίας, ο τύπος λήψης, η μεταβλητή συστήματος και ο διάυλος διάδοσης. Όλοι αυτοί οι παράγοντες μπορεί να διαφέρουν από δίκτυο σε δίκτυο. Στα SFN επιπλέον, η απόσταση μεταξύ των πομπών περιορίζεται και από την επιλογή του GI.

Παράγοντες που επηρεάζουν την απόσταση διαχωρισμού μεταξύ πομπών διαφορετικής συχνότητας

Η απόσταση διαχωρισμού μεταξύ των πομπών, έχει μεγάλη επίδραση στον αριθμό των καναλιών συχνοτήτων που απαιτούνται για την κάλυψη μιας μεγάλης περιοχής, που συμπεριλαμβάνει διάφορες χώρες ή περιοχές, κάθε μία από τις οποίες εκπέμπει το δικό της πρόγραμμα σε ξεχωριστό κανάλι.

Περιοχές που εξυπηρετούνται από πομπούς, τοποθετημένους στην περιφέρεια, και οι οποίοι χρησιμοποιούν κατευθυντικές κεραίες, με κατεύθυνση στο εσωτερικό της περιοχής (κλειστά δίκτυα), θα έχουν ως αποτέλεσμα μικρότερες αποστάσεις επαναχρησιμοποίησης, σε σύγκριση με ισοδύναμη κάλυψη με χρήση μη κατευθυντικών κεραίων (ανοικτά δίκτυα). Ακόμα, στην περίπτωση ραδιοδιάυλων διάδοσης που συμπεριλαμβάνουν σε μεγάλο ποσοστό θαλάσσιες περιοχές, οι αποστάσεις διαχωρισμού θα είναι μεγαλύτερες σε σχέση με διάδοση εδάφους.

2.4 MFN με τοπικά πυκνά SFN γύρω από κάθε MFN πομπή

Σε ένα MFN, βασισμένο σε μια υπάρχουσα δομή πομπών, μία δομή συστήματος με λειτουργία SFN μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα σημαντική, καθώς επιτρέπει την μελλοντική σταδιακή βελτίωση της κάλυψης, αλλά και την φορητή κάλυψη χωρίς να χρειάζεται νέα ανάθεση συχνοτήτων. Ένα πυκνό SFN

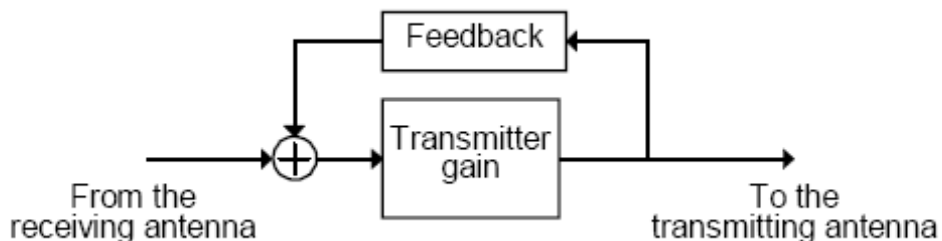
δημιουργείται με την προσθήκη μερικών μεσαίας με υψηλής ισχύος SFN πομπών γύρω από έναν κύριο πομπό. Γενικά γι' αυτού του είδους την εφαρμογή χρειάζεται λειτουργία 8k, εκτός αν η απόσταση διαχωρισμού των σταθμών είναι γύρω στα 15km, όπου λειτουργία 2k με 56 μ s GI είναι δυνατή.

2.5 *Gap-fillers*

Σε περιοχές όπου υπάρχουν κενά στην κάλυψη, όπως σε κοιλάδες, σήραγγες ή μέσα σε σπίτια, η πολυδιαρομική διάδοση του DBV-T καθιστά δυνατό να γεμίσουν τα κενά αυτά με έναν πολύ αποδοτικό τρόπο. Είναι επίσης δυνατό να επεκταθεί η περιοχή κάλυψης με πομπούς που επανεκπέμπουν το σήμα που λαμβάνουν από αέρος από τον κύριο πομπό, χωρίς επιπλέον κόστος για πρωταρχική διανομή και διαμορφωτές.

Η αρχή λειτουργίας τους έχει ως εξής: έξω από την υποπεριοχή που δεν καλύπτεται, το DVB-T σήμα λαμβάνεται από μια κατευθυντική κεραία. Μετά από φιλτράρισμα και επανενίσχυση το σήμα επανεκπέμπεται στην ακάλυπτη περιοχή.

Η πιο σημαντική συνθήκη που πρέπει να ισχύει στην περίπτωση των gap-fillers, είναι η επαρκής απομόνωση μεταξύ των κεραιών. Για να αποφευχθεί η ταλάντωση του πομπού που επανεκπέμπει, πρέπει το κέρδος του να είναι μικρότερο από το feedback.



ΣΧΗΜΑ 2.6 Αρχή λειτουργίας αναμεταδότη

2.5.1 Professional gap-fillers

Ένας επαγγελματικός gap-filler, πρέπει να έχει επαρκή ισχύ για να παρέχει κάλυψη στην κενή περιοχή. Η μέγιστη δυνατή ισχύς εξαρτάται, από την απομόνωση μεταξύ της κεραίας που λαμβάνει και αυτής που εκπέμπει, αλλά και από την απόδοση του ενισχυτή ισχύος του επαναληπτή.

Η απομόνωση των κεραιών, εξαρτάται από:

- το ύψος και τις διαστάσεις του ιστού ή του κτιρίου όπου βρίσκεται ο επαναληπτής,
- την θέση των κεραιών στον ιστό ή το κτίριο,
- τα διαγράμματα ακτινοβολίας των κεραιών,
- την τοποθεσία της περιοχής που θέλουμε να καλυφθεί, σε σχέση με την κατεύθυνση προς τον κύριο πομπό,
- το περιβάλλον γύρω από τον επαναληπτή (κτίρια ή άλλα αντικείμενα που μπορεί να προκαλέσουν πολλαπλές διαδρομές).

Πέρα από το γενικό πρόβλημα της απομόνωσης, ακόμα και αν το feedback είναι μικρότερο από το κέρδος του ενισχυτή, πρέπει να αναμένεται μια μείωση της απόδοσης του συστήματος. Ανάμεσα σε όλες τις ανακλάσεις, θα υπάρχει ένα κυρίαρχο μονοπάτι, προερχόμενο είτε από την περιορισμένη απομόνωση μεταξύ των κεραιών, είτε από το feedback, από ανακλάσεις γύρω από τον επαναληπτή. Γενικά υπάρχει μία καθυστέρηση μεταξύ της εισόδου και της εξόδου του gap-filler, η οποία οφείλεται κυρίως στο φίλτρο πριονωτής μορφής (SAW-filter) που υπάρχει μέσα στη συσκευή. Αυτό θα προκαλέσει εξασθένηση επιλεκτική ως προς τη συχνότητα του επανεκπεμπόμενου σήματος, παρόμοια με αυτή της πολυδιαδρομικής διάδοσης, και θα έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της απόδοσης του συστήματος. Μετρήσεις έχουν δείξει ότι το φαινόμενο αυτό είναι αμελητέο αν η εν λόγω εξασθένηση δεν ξεπερνάει τα 10dB.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η απομόνωση εξαρτάται από τη συνολική μορφή της περιοχής όπου εγκαθίσταται ο επαναληπτής. Πειράματα έχουν δείξει ότι μπορεί να επιτευχθεί επαρκής απομόνωση αν χρησιμοποιηθεί ως σταθμός ένας

πύργος ακτινοβολίας κατασκευασμένος από τσιμέντο. Τιμές απομόνωσης περίπου 80dB θεωρούνται ρεαλιστικές. Είναι, ακόμα, πιο αποδοτικό οι κεραίες να τοποθετούνται σε διαφορετικά επίπεδα, όπου αυτά είναι διαθέσιμα.

2.5.2 *Domestic gap-fillers*

Ο οικιακός gap-filler είναι μια συσκευή που ενισχύει το σήμα που λαμβάνεται από μια κεραία οροφής και το επανεκπέμπει μέσα στον εσωτερικό χώρο, εξαλείφοντας έτσι το building penetration loss και το height-gain loss. Έτσι καθίσταται δυνατή η φορητή λήψη μέσα σε εσωτερικούς χώρους, σε περιοχές χαμηλής στάθμης ισχύος.

Αν και η ισχύς στο εσωτερικό δεν πρέπει να είναι υψηλότερη από αυτή του εξωτερικού χώρου, είναι απαραίτητο να ληφθούν μέτρα για την διατήρηση των επιτρεπτών ορίων προστασίας του ανθρώπου από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

Υπάρχουν δύο εναλλακτικοί τρόποι εφαρμογής των εν λόγω gap-fillers, ο πρώτος είναι ένας ευρείας ζώνης ενισχυτής και ο δεύτερος είναι μια φιλτραρισμένη έκδοση. Στην πιθανότητα της μετατόπισης στην μεσαία συχνότητα (Intermediate frequency, IF), έχει εκτιμηθεί ότι το φιλτράρισμα και η άνω μετατροπή έχουν πολύ μεγάλο κόστος για ευρεία κατανάλωση και θα είχε το μειονέκτημα ότι μπορεί να εφαρμοστεί για ένα μόνο κανάλι.

Δοκιμές έχουν δείξει ότι η έννοια του domestic gap-filler είναι εφικτή. Ο κύριος παράγοντας που πρέπει να εξετασθεί είναι η απομόνωση μεταξύ των κεραιών λήψης και εκπομπής. Ένα άλλο πρόβλημα που μπορεί να προκύψει σε περιοχές όπου το αναλογικό σήμα παρεμβάλει στο ψηφιακό, είναι ότι μπορεί να ενισχυθεί και το αναλογικό σήμα και να προκληθούν προβλήματα στην φορητή αναλογική λήψη. Παρολ' αυτά είναι προφανές ότι πρέπει να γίνουν αρκετές μετρήσεις, όχι μόνο όσον αφορά τις συνθήκες λήψης, αλλά και τις διαφορετικές απώλειες διάδοσης που

παρουσιάζουν τα διάφορα υλικά (τσιμέντο, ξύλο κλπ.), από τα οποία είναι φτιαγμένα τα ευρωπαϊκά κτίρια.

2.6 Λειτουργία SFN¹⁵

Συνοψίζουμε εδώ τα **ιδιαίτερα χαρακτηριστικά** των SFN

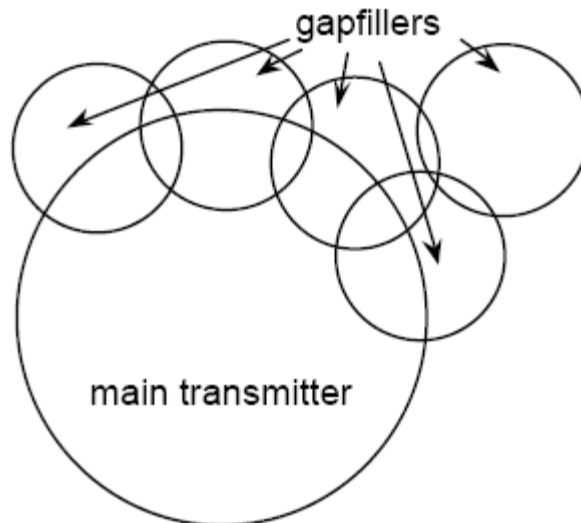
- δυνατότητα gap-filling
- μικρότερη απόσταση επαναχρησιμοποίησης συχνότητας
- αποδοτικότητα φάσματος
- αποδοτικότητα ισχύος
- ομαλότερη κάλυψη
- δυνατότητα διαμόρφωσης/αύξησης της περιοχής κάλυψης.

Διαφορές επιλογές εφαρμογής:

1. Επανείσχυση του σήματος στο επίπεδο RF

Στην περίπτωση αυτή, ένας μοναδικός κωδικοποιητής COFDM τροφοδοτεί τον ένα κύριο πομπό που ευθύνεται για τη μετατόπιση του σήματος στην κατάλληλη RF συχνότητα. Στη συνέχεια κάθε ένας από τους δευτερεύοντες σταθμούς λαμβάνει το σήμα από τον κύριο πομπό και το επανεισχύει -στην ίδια RF συχνότητα.

¹⁵ ETSI Technical Report 101 190 v1.2.1- Digital Video Broadcasting (DVB-T); Implementation guidelines for DVB-T terrestrial services; Transmission aspects; (2004-7)



ΣΧΗΜΑ 2.7 Gap-fillers που τροφοδοτούνται από τον κύριο πομπό

2. Αναλογική διανομή του COFDM σήματος

Σε αυτήν την περίπτωση, ένας μοναδικός κωδικοποιητής COFDM τροφοδοτεί όλους τους πομπούς, και έπειτα, κάθε πομπός ξεχωριστά μετατοπίζει το σήμα στην κατάλληλη RF συχνότητα.

3. Ψηφιακή διανομή της MPEG ακολουθίας

Στην περίπτωση αυτή κάθε πομπός τροφοδοτείται μέσω του δικού του κωδικοποιητή COFDM. Αυτή αποτελεί την πιο πολύπλοκη τεχνική αλλά ταυτόχρονα και την πιο ισχυρή. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με κάθε μία από τις παραπάνω, ή και με τις δύο μαζί.

2.7 Συγχρονισμός στα SFN

Το τίμημα που πληρώνουν τα SFN για την αποδοτικότητά τους σε συχνότητα και ισχύ είναι το υψηλό επίπεδο συγχρονισμού που απαιτείται για όλους τους πομπούς ενός δικτύου, με αποτέλεσμα οι σταθμοί να μην μπορούν να λειτουργήσουν ανεξάρτητα. Το γεγονός αυτό έχει μεγάλη επίδραση στη διανομή του σήματος πολυπλεγμένων προγραμμάτων στους πομπούς.

Όπως έχει προαναφερθεί, στα SFN, το σήμα που λαμβάνεται από έναν πομπό είναι απαραίτητο να φαίνεται ως ηχώ του σήματος από οποιονδήποτε άλλο πομπό. Επομένως όλα τα εκπεμπόμενα σήματα του εκάστοτε SFN πρέπει να είναι συγχρονισμένα ως προς τη συχνότητα, το χρόνο και τα 'bit'.

- **Frequency synchronization**

Το OFDM σήμα αποτελείται από χιλιάδες παράλληλα φέροντα, καθένα από τα οποία πρέπει να εκπεμφθεί στην ίδια ακριβώς ραδιοσυχνότητα όταν εκπέμπεται από διαφορετικούς πομπούς SFN. Η ακρίβεια στη συχνότητα εξαρτάται από την απόσταση που έχουν δύο γειτονικά φέροντα ("carrier spacing"), η οποία συμβολίζεται με Δf . Αν f_k είναι η ιδανική συχνότητα του k-οστού φέροντος, τότε κάθε πομπός πρέπει να εκπέμπει το φέρον αυτό στη συχνότητα $f_k \pm \Delta f/1000$ (όπου $\Delta f/1000$ είναι ένας παράγοντας ανοχής που επιβεβαιώνεται με μετρήσεις).

Για να επιτευχθεί αυτή η απαίτηση, όλοι οι εν σειρά ταλαντωτές σε έναν πομπό (από την βασικής ζώνης συχνότητα δειγματοληψίας, μέχρι την RF μετατόπιση, περνώντας από τα διάφορα IF στάδια) πρέπει να έχουν την κατάλληλη ανοχή για να διατηρήσει το σήμα την απαιτούμενη ακρίβεια. Ένας τρόπος να γίνει αυτό είναι κάθε ταλαντωτής να οδηγείται από έναν ταλαντωτή αναφοράς, στον οποίο κατά προτίμηση θα υπάρχει πρόσβαση από όλους τους διαφορετικούς πομπούς.

- **Time synchronization**

Στη θεωρία:

Τα συστήματα COFDM είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να επωφελούνται από τα σήματα που λαμβάνονται από οποιονδήποτε σταθμό, αρκεί αυτά να καταφθάνουν μέσα στο GI. Η κατάσταση αυτή απαιτεί συγχρονισμό των διαφόρων πομπών, αφού το ίδιο σύμβολο πρέπει να εκπεμφθεί την ίδια ακριβώς χρονική στιγμή από διαφορετικά σημεία, όποια και να είναι η καθυστέρηση που εισάγεται από το δίκτυο διανομής. Η απαιτούμενη για αυτό χρονική ακρίβεια δεν είναι πολύ υψηλή εξ' αιτίας της εγγενούς ανοχής που εισάγεται από το GI. Εφόσον όμως το GI χρησιμοποιείται για να αντισταθμίσει την επίγεια καθυστέρηση διάδοσης του καναλιού και όχι για να

αναπληρώσει ανακριβή συγχρονισμό του δικτύου, ακρίβεια $\pm 1\mu\text{s}$ φαίνεται μια καλή βάση.

Στην πράξη:

Όταν τα σήματα που φθάνουν ως ηχώ ξεπερνούν το GI, η απόδοση του συστήματος μειώνεται γρήγορα για δύο λόγους:

1. Παραβιάζεται η αρχή της ορθογωνιότητας εξ' αιτίας της ενδοσυμβολικής παρεμβολής ("intersymbol interference"). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του BER, και η αύξηση αυτή είναι ακόμα μεγαλύτερη όσο αυξάνει ο ρυθμός μετάδοσης. Τα αποτελέσματα του φαινομένου αυτού θα είναι πολύ χειρότερα για 64-QAM από ότι για QPSK.
2. Η εκτίμηση του καναλιού δεν μπορεί να προδιορίσει σήματα που φθάνουν αργότερα από το ένα τέταρτο της διάρκειας του επιθυμητού σήματος T_u . Παρόλο που αυτό μπορεί να εξαρτάται από το σχεδιασμό του καθε λήπτη, είναι καλό να λάβουμε υπόψη ότι η επιλογή $GI = T_u/4$ αναμένεται να παρουσιάζει λιγότερες ανωμαλίες όσον αφορά τα σήματα που υπερβαίνουν τη διάρκεια του GI.

Ως συνέπεια του διαχωρισμού των σημάτων που φθάνουν ως ηχώ σε ένα COFDM λήπτη, η πραγματική περιοχή κάλυψης που προκύπτει από μια ομάδα πομπών SFN εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το υποσύστημα συγχρονισμού. Ένα εσκεμμένο χρονικό διάστημα αντιστάθμισης σε δεδομένο κόμβο του δικτύου, μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να επιτρέψει μια καλή προσαρμογή της περιοχής κάλυψης ή μεγαλύτερη ομαλότητα στο διαθέσιμο Carrier to Noise Ratio (C/N).

▪ Bit level synchronization

Η εκπομπή του ίδιου συμβόλου, την ίδια χρονική στιγμή, απαιτεί όλα τα φέροντα να έχουν πανομοιότυπη διαμόρφωση. Κατά συνέπεια, τα ίδια bits πρέπει να διαμορφώνουν το ίδιο k-οστό φέρον. Ο κανόνας αυτός έχει μηδενική ανοχή.

- **Energy dispersal synchronization**

Για να διασφαλιστεί κατάλληλη μεταφορά ψηφίων (binary), γίνεται τυχαία προσπέλαση στα δεδομένα του MPEG-2-TS, μόλις αυτά εισέλθουν στον κωδικοποιητή καναλιού. Αυτό γίνεται με τη δυαδική προσθήκη στην εισερχόμενη ακολουθία ενός κανονικοποιημένου PRBS στο οποίο γίνεται reset κάθε οχτώ πακέτα MPEG-2. Για να είναι όλες οι τυχαίες ακολουθίες ακριβώς ίδιες σε όλους τους κωδικοποιητές, κάθε γεννήτρια PRBS πρέπει να επανατίθεται μέσω ενός ντετερμινιστικού μηχανισμού.

2.8 Self-interference

Ένα χαρακτηριστικό των SFN που χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή είναι η παρεμβολή μεταξύ των πομπών που ανήκουν στο ίδιο σύστημα (self-interference).

Αν θεωρήσουμε ένα δέκτη κοντά στα άκρα της περιοχής κάλυψης, αυτός γενικά θα λαμβάνει σήματα από πολλούς σταθμούς που εκπέμπουν το ίδιο πρόγραμμα. Παρόλο που τα σήματα αυτά είναι συγχρονισμένα στους πομπούς, φτάνουν στο δέκτη με διαφορετικές καθυστερήσεις, και δεν μπορούν να διαχωριστούν από σήματα πολλαπλών διαδρομών, δεδομένου ότι η διαμόρφωση είναι ακριβώς η ίδια. Όταν τα σήματα από απομακρυσμένους σταθμούς βάσης καθυστερούν περισσότερο από τη διάρκεια του GI, συμπεριφέρονται ως θορυβώδη παρεμβάλλοντα σήματα.

Οι παράγοντες που σχετίζονται με την ενδογενή παρεμβολή είναι:

- Η διάρκεια του GI
- Η καθυστέρηση μεταξύ των σημάτων
 - Απόσταση διαχωρισμού των σταθμών
 - Τεχνητές καθυστερήσεις
 - Καθυστερήσεις σε συνδέσμους διανομής
- Πεδίο ενόχλησης παρεμβάλοντος σήματος
 - Ραδιοδιάυλος διάδοσης
 - BER
 - C/N

Επίλυση του προβλήματος του Self-Interference

- Στις περισσότερες περιπτώσεις, κατά το σχεδιασμό συχνότητας λαμβάνονται τα εξής μέτρα:
 - Άυξηση του GI
 - Προσθήκη τεχνητής καθυστέρησης σε έναν από τους πομπούς
 - Μείωση της ακτινοβολούμενης ισχύος
 - Προσθήκη fill-in πομπού
 - Αφαίρεση πομπού από το SFN (δηλ. Χρησιμοποίηση διαφορετικής συχνότητας)
- Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατό:
 - Χρησιμοποίηση εναλλακτικού πομπού (με καθυστέρηση μέσα στο GI)
 - Χρήση εμποδίων στο μονοπάτι διάδοσης.

Εμπειρικά, για να μειωθεί επαρκώς η ενδογενής παρεμβολή, η επιλογή του GI, πρέπει να επιτρέπει στο σήμα να μεταδοθεί στην απόσταση μεταξύ δύο σταθμών βάσης του δικτύου. Έτσι, για τις επιτρεπτές τιμές του GI σε σχέση με την διάρκεια του επιθυμητού σήματος T_u , οι αποστάσεις μεταξύ των πομπών του δικτύου είναι:

Παράμετροι	Τύπος εκπομπής							
	2k (1705 φέροντα)				8k (6817 φέροντα)			
Φέροντα	2k (1705 φέροντα)				8k (6817 φέροντα)			
Δ/T_u	1/4	1/8	1/16	1/32	1/4	1/8	1/16	1/32
Ωφέλιμη διάρκεια συμβόλου T_u	224 μ s				896 μ s			
Διάρκεια διαστήματος φύλαξης Δ	56 μ s	28 μ s	14 μ s	7 μ s	224 μ s	112 μ s	56 μ s	28 μ s
Μέγιστη απόσταση μεταξύ 2 πομπών SFN	17 km	8 km	4 km	2 km	67 km	34 km	17 km	8 km
Ρυθμός μετάδοσης για 64-QAM 2/3 (Mbps)	19,91	22,12	23,42	24,13	19,91	22,12	23,42	24,13

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1 Χαρακτηριστικά διαμόρφωσης COFDM

Επιλογή ενός μεγάλου διαστήματος φύλαξης μειώνει την ενδογενή παρεμβολή, με κόστος την μείωση του επιθυμητού ρυθμού μετάδοσης. Προσομοιώσεις ωστόσο έχουν δείξει ότι για SFN μεγάλης περιοχής το διάστημα φύλαξης πρέπει να έχει διάρκεια τουλάχιστον 200 μ sec. Η διάρκεια αυτή μπορεί να υπάρξει μόνο για το 8k σύστημα, επομένως ο αριθμός των φερόντων θα είναι 6817, και η επιλογή για το διάστημα φύλαξης $GI=1/4$.

2.9 Συμπέρασμα

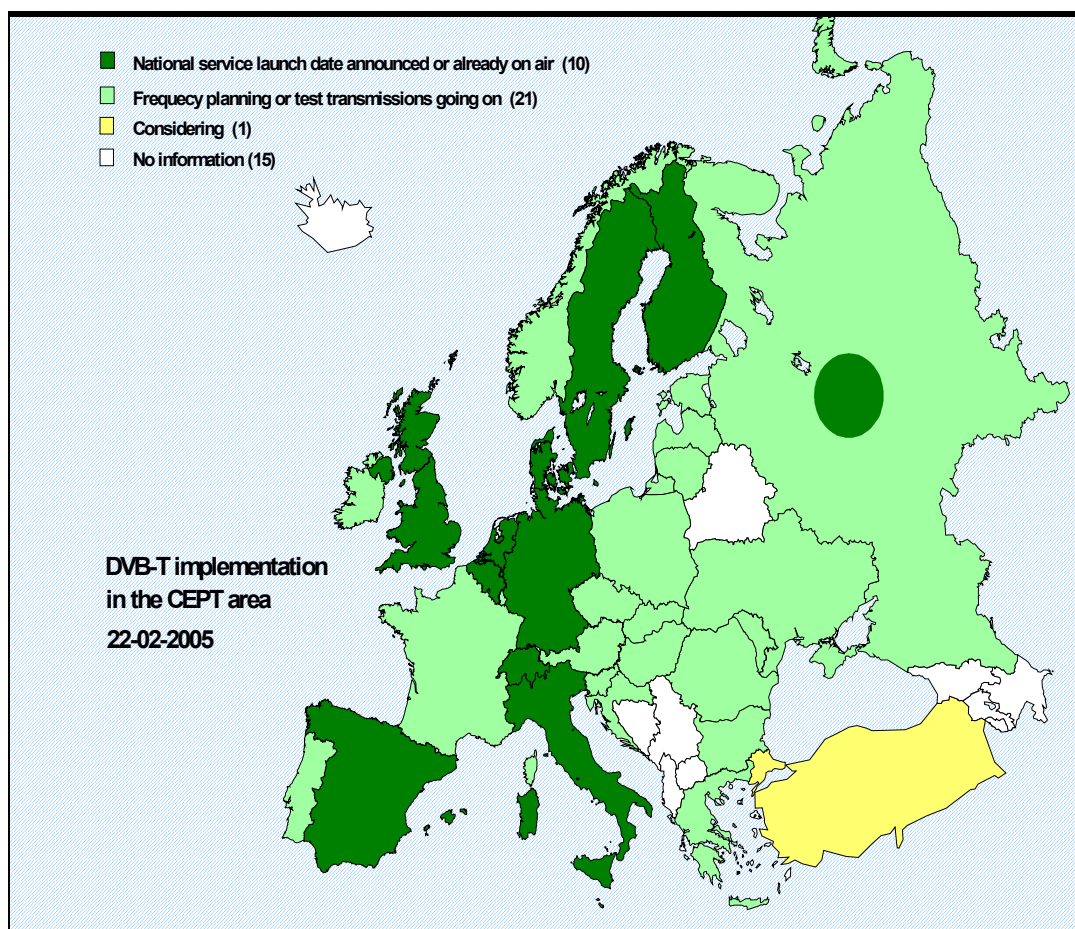
Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω καταλήγουμε σε κάποια συμπεράσματα για το δίκτυο που θα υλοποιήσουμε. Για την ιδιαίτερη μορφολογία του εδάφους της Ελλάδας κρίνονται πιο αποτελεσματικά τα SFN μεγάλης περιοχής, με σταθμούς υψηλής ισχύος σε μεγάλες αποστάσεις μεταξύ τους και πομπούς μικρότερης ισχύος (ή gap fillers) για την κάλυψη των περιοχών που δεν εξυπηρετούνται. Η επιλογή αυτή οδηγεί στη συνέχεια στην χρήση του μεγαλύτερου αριθμού φερόντων, δηλαδή του συστήματος 8k. Το σύστημα 8k με τη μεγαλύτερη διάρκεια συμβόλου που διαθέτει καθιστά δυνατή την επιλογή διαστήματος φύλαξης άνω των 200 μ sec, που είναι απαραίτητο για τη σωστή λειτουργία των SFN, επιτρέποντας μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ των σταθμών βάσης και μειώνοντας έτσι την επίδραση της ενδογενούς παρεμβολής.

3 ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΧΩΡΕΣ

3.1 Εισαγωγή

Το συνέδριο RRC - 06 της ITU σκοπό είχε τη σύναψη μιας νέας συμφωνίας και το σχεδιασμό πλάνων συχνοτήτων , συμπεριλαμβανομένου ενός νέου σχεδίου για την επίγεια ψηφιακή τηλεόραση DVB-T στις ζώνες συχνοτήτων 174 - 230 (ζώνη III) και 470 - 862 MHz (ζώνες IV/V). Ένας σημαντικός αριθμός χωρών CEPT έχει ξεκινήσει πειραματικές δοκιμές για τη μετάδοση ψηφιακής εικόνας σε εθνικό επίπεδο, ενώ κάποιες άλλες έχουν ήδη θέσει σε εφαρμογή το πλάνο DVB-T.

Ο ακόλουθος χάρτης δείχνει την παρούσα κατάσταση όσον αφορά την εφαρμογή του DVB-T στις χώρες CEPT και όχι την πραγματική κάλυψη.



ΣΧΗΜΑ 3.1 Εφαρμογή του DVB-T στην Ευρώπη¹⁶

¹⁶ www.cept.org WG RRC-06(05)21

Country	Co-ordination in progress	Number of transmitters (not number of stations)				Percentage of households that can already, or are expected in the near future to, receive the quoted						Number of DVB-T receivers in use (sold or rented)	Date of last update
		In operation		Total after one year from now		number of multiplexes							
(ITU Code)	(yes / no)	e.r.p. < 1kW	e.r.p. ≥ 1kW	e.r.p. < 1kW	e.r.p. ≥ 1kW	1 MPX	2 MPX	3 MPX	4 MPX	5 MPX	6 MPX or more		
AUT	Yes	-	2	-	-	5	-	-	-	-	-	200	10-02-05
BEL	Yes	1	8	1	10	75	30	0	0			8000	30-06-04
BIH	No	0	0	0	0							0	17-10-03
BUL	Yes	1	1	7		26	12					unknown	30-06-04
CZE	Yes		5 ⁽¹⁾			>10	>10					~2000	30-06-04
D	Yes	13	185	12	263							> 2500000	01-02-05
DNK	Yes	0 ⁽¹⁾	2 ⁽¹⁾	0 ⁽¹⁾	17 ⁽¹⁾	>90						>2000	30-06-04
EST	Yes		1		1	40							07-02-05
F	Yes	13 ⁽¹⁾	7 ⁽¹⁾										25-02-05
FIN	Yes	32	58	35	82	98	98	74				> 400 000	09-02-05
GRC	No					15							10-06-03
HNG	Yes	2 ⁽¹⁾	3 ⁽¹⁾	2 ⁽¹⁾	3 ⁽¹⁾								11-02-05
HOL	Yes	25	96		136	25	25	25	25	25			10-02-05
HRV	Yes		2 ⁽¹⁾		4	40						20	15-02-05
I	Yes	400	600	800	1200	60	50	25	10	5		>80000	30-06-04
IRL	Yes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11-02-05
LTU	Yes	-	(1)	-	≥1	25	-	-	-	-	-	>10	30-06-04
LVA	Yes	1 ⁽¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	~ 2500	10-02-05
LUX	yes		3		4	-	-	-	-	-	-	-	18-02-05
MDA	Yes	-	2 ⁽¹⁾	-	2	10	-	-	-	-	-	3	17-10-03
NOR	Yes		5 ⁽¹⁾		6	30	22						10-02-05
POL	Yes		4 ⁽¹⁾			~14						~250	30-06-04
POR	Yes	0	0	0	0								11-02-05
ROU	Yes												16-09-03
RUS	Yes	1	4	1	5								30-06-04
S	Yes	9	221	~80	~277	90 (98)	90 (98)	90 (98)	90 (98)	50		375,000	03-02-05
TUR	No												28-09-99
UK	Yes	231	267	231	267	81	80	78	79	76	74	3,900,000	11-02-05
UKR	Yes		1		1	< 1							30-06-04

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1 Κατάσταση στις Ευρωπαϊκές χώρες¹⁷

Σημείωση: Ο “αριθμός των πομπών” δείχνει τον αριθμό των πομπών που ήδη λειτουργούν είτε πρόκειται να ξεκινήσουν τη λειτουργία τους μέσα στον επόμενο χρόνο. Ακολουθούν κάποιοι ορισμοί των όρων που επίσης εμφανίζονται στον πίνακα:

1 MPX: το ποσοστό των νοικοκυριών που αναμένεται να λαμβάνουν τουλάχιστον ένα πολυπλέκτη στο εγγύς μέλλον

2 MPX: το ποσοστό των νοικοκυριών που αναμένεται να λαμβάνουν τουλάχιστον δύο πολυπλέκτες στο εγγύς μέλλον

3 MPX: το ποσοστό των νοικοκυριών που αναμένεται να λαμβάνουν τουλάχιστον τρεις πολυπλέκτες στο εγγύς μέλλον.

¹⁷ www.cept.org WG RRC-06(05)21

Στη συνέχεια παρατίθενται οι μέχρι τώρα αναφορές από ευρωπαϊκές χώρες, όσον αφορά τις εργασίες που έχουν πραγματοποιηθεί στη βάση του DVB-T.

3.2 Ηνωμένο Βασίλειο (11-02-2005)

Οι εργασίες στο Ηνωμένο Βασίλειο, για την εφαρμογή του DVB-T, ξεκίνησαν το 1995. Ο σχεδιασμός περιλάμβανε το πλάνο κάλυψης, αλλά και αποφυγή των παρεμβολών από αναλογική μετάδοση καθώς και διεθνή συντονισμό του συστήματος.

Από ένα σύνολο 81 σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν για την κάλυψη των περιοχών, οι 51 ήταν βασικοί σταθμοί και οι υπόλοιποι 30 αναμεταδότες. Χρησιμοποιήθηκαν ήδη υπάρχοντες σταθμοί που λειτουργούσαν στα UHF και σε δίκτυο MFN. Το επιτρεπόμενο e.i.p. τέθηκε στα 20dB χαμηλότερο από την αναλογική μετάδοση, με βασικό στόχο την αρμονική συνύπαρξη αναλογικής και ψηφιακής μετάδοσης.

Το σύστημα είχε τα χαρακτηριστικά 2k ,64-QAM 2/3, με GI 7μs και ρυθμό μετάδοσης 24.13 Mbps.

Ο σχεδιασμός ήταν για fixed roof-top κεραία. Κατά το σχεδιασμό λήφθηκε υπόψιν θόρυβος στο δέκτη της τάξης των 5dB αν και μετρήσεις έδειξαν ότι κυμαίνεται στα 7-8 dB. Το σύστημα σχεδιάστηκε ώστε να έχει προστασία από παρεμβολές στο 99% του χρόνου και ικανοποιητική κάλυψη στο 90% των περιοχών.

Παρόλη την προσπάθεια για προστασία από παρεμβολές από αναλογικούς σταθμούς, περίπου 35000 σπίτια παρουσίαζαν απαράδεκτη παρεμβολή. Χρειάστηκε λοιπόν να τεθούν σε λειτουργία νέοι αναλογικοί αναμεταδότες για την αποκατάσταση της αναλογικής μετάδοσης.

Η κατασκευή των σταθμών, οι οποίοι έφεραν 6 πολυπλέκτες, άρχισε τον Ιούνιο του 1998. Και οι 81 προβλεπόμενοι σταθμοί αναμένονταν να είναι στον “αέρα” μέχρι το τέλος του 1999 με κάλυψη που έφτανε το 91%. .

Ακόμη αποφασίστηκε το PR να είναι στα 35dB. Όταν η αναλογία αυτή αυξανόταν, ο δέκτης θα λειτουργούσε σε άλλα επίπεδα σήματος, κάτι όμως που δεν εγγυόταν εν τέλει τη μετάδοση. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιήθηκε το 1996-1998, με ένα πιλοτικό σχέδιο, αλλά η μετάδοση προκάλεσε απώλειες πολλαπλών διαδρομών.

Εκτός από το εν λόγω σχέδιο το, 1997 εφαρμόστηκε και δοκιμαστικά ένα σύστημα 16-QAM 3/4.

Το 2002 μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν για την αξιολόγηση των δύο συστημάτων, οι οποίες έδειξαν ότι το 16-QAM ήταν αποδοτικότερο.

Όσον αφορά την παρεμβολή μεταξύ ψηφιακής και αναλογικής μετάδοσης, πραγματοποιήθηκαν έρευνες στην περίπτωση όπου η DVB-T μετάδοση ήταν το άνω γειτονικό κανάλι σε σχέση με την PAL μετάδοση και στην περίπτωση όπου το DVB-T ήταν το κάτω γειτονικό όταν ο δέκτης είχε ιδεατό και πραγματικό filtering.

Σε όλες τις περιπτώσεις, η ψηφιακή εκπομπή γινόταν σε ισχύ ίση με τη μέγιστη που επέτρεπε η μάσκα, ενώ η διαφορά στο filtering βοηθούσε στο διαχωρισμό της απώλειας εικόνας λόγω εκπομπών και λόγω ανικανότητας του δέκτη να επιλέξει.

Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι η μάσκα του DVB-T επέβαλε κάποια όρια στις εκπομπές του κάτω και του άνω γειτονικού καναλιού. Σε κάθε περίπτωση, η χειρότερη ποιότητα εικόνας βρέθηκε ότι είναι CCIR (International Radio Consultative Committee) 4,7 που σημαίνει ότι 7 στους 10 θεατές δεν παρατήρησαν μείωση της ποιότητας εικόνας.

Προς τα τέλη Σεπτεμβρίου του 2004, η ψηφιακή τηλεόραση είχε εισβάλει στα βρετανικά σπίτια σε ποσοστό 56%, ενώ το καλοκαίρι του 2005 έφτασε το 63%. Αναλυτικότερα το είδος ψηφιακής που υπάρχει στα νοικοκυριά σε ποσοστά είναι το εξής:

Digital Satellite	– 7.4 million households
Digital Terrestrial	– 3.9 million households
Digital Cable	– 2.5 million households

Η συνολική διαδικασία “σβησίματος” της αναλογικής τηλεόρασης θα διαρκέσει μια τετραετία (2006-2010). Οι τρεις βασικοί παράμετροι που θα τηρηθούν είναι η οικονομική τιμή του εξοπλισμού, η κάλυψη που πρέπει να αγγίζει το 95% και η διείσδυση που πρέπει να φτάνει τουλάχιστον το 70% .

Multiplexes	6 (4-16QAM, 2-64QAM) (64QAM now recommended for switchover)
Operational bands	UHF only
Carrier type	2k at present. All to be 8k by 2012
Guard Interval	1/32
FEC	3/4 for 16QAM, 2/3 for 64QAM
Modulation	most 16QAM, 2 MUX 64QAM
Reception model	fixed, external antenna
MFN and SFN	MFN
Max. transmitter ERP	20kW (likely to change during switchover process)

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2 Χαρακτηριστικά βρετανικού συστήματος¹⁸

*Σημείωση: Όλοι οι αντίστοιχοι πίνακες των υπόλοιπων χωρών έχουν ληφθεί από το ίδιο site

3.3 Γερμανία (01-02-2005)

Το 2003, στο German Telecommunications Act , αποφασίστηκε η παύση των αναλογικών μεταδόσεων να πραγματοποιηθεί το αργότερο ως το 2010. Βασικός στόχος είναι η εφαρμογή του DVB-T σε φορητή εσωτερική λήψη και πιθανώς σε κινητή, με κάλυψη που θα αγγίζει το 95% σε αστικές περιοχές και το 70% σε αγροτικές.

¹⁸ www.dvb.org

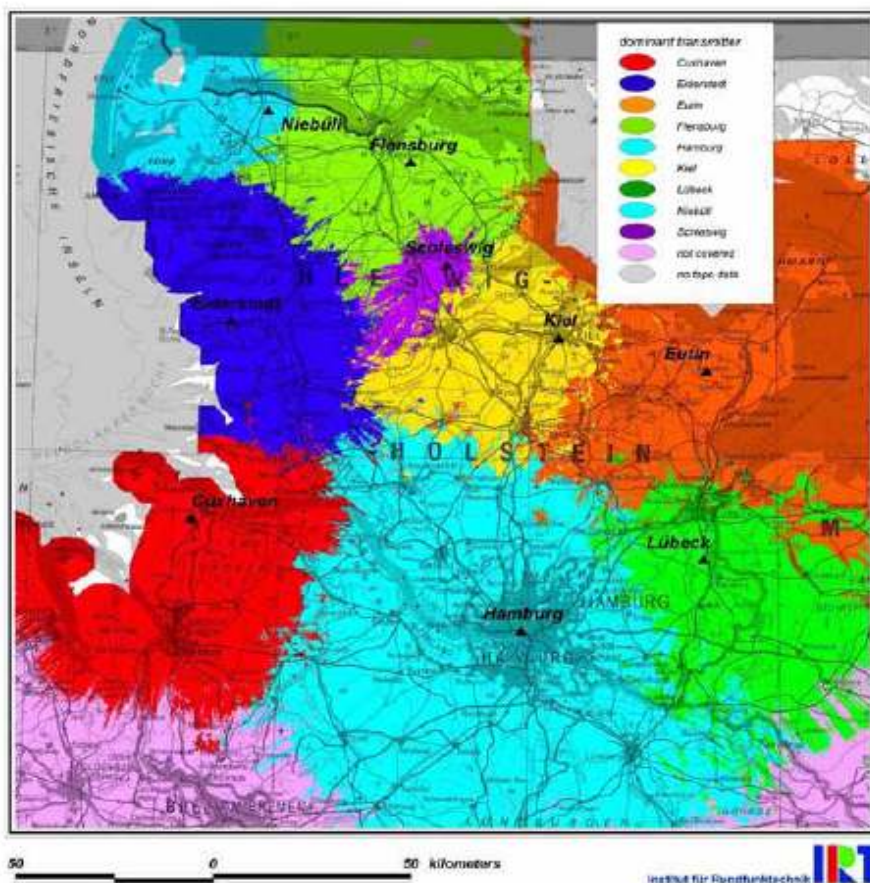
Μετά από μερικά χρόνια ερευνών και μετρήσεων, το DVB-T εφαρμόστηκε πρώτα στο Βερολίνο στις 31/10/2002 με τη χρήση δύο πολυπλεκτών. Χρησιμοποιήθηκαν δύο δίκτυα SFN, το καθένα με δύο πομπούς που λειτουργούσαν στα κανάλια 44 και 5 αντίστοιχα. Τον Αύγουστο του 2003 προστέθηκαν πέντε ακόμη πολυπλέκτες στα κανάλια 7, 25, 27, 33 και 56, καθένας εκ των οποίων μεταδίδεται μέσω δικτύου SFN των δύο ή τριών πομπών. Έτσι τον επόμενο μήνα έπαυσαν οι λειτουργίες των αναλογικών πομπών στην εν λόγω περιοχή. Σήμερα, οι 7 αυτοί πολυπλέκτες μεταδίδουν 14 κρατικά και 14 εμπορικά προγράμματα.

Το πλάνο αυτό ακολουθήθηκε και από άλλες περιοχές, με αποτέλεσμα σήμερα στη Βόννη, την Κολονία, το Ανόβερο και τη Βρέμη, να μεταδίδονται 16 με 20 προγράμματα μέσα από 13 SFN δίκτυα των 45 πομπών. Σε όλες βέβαια τις περιοχές θα εφαρμοστεί η παύση των αναλογικών μεταδόσεων με την πάροδο έξι μηνών ταυτόχρονης αναλογικής και ψηφιακής μετάδοσης. Έτσι στις 31 Αυγούστου του 2005 “έσβησε” η αναλογική τηλεόραση στην περιοχή του Μονάχου, της Νυρεμβέργης και άλλων περιοχών της νότιας Βαυαρίας, όπου οι θεατές μπορούν μέσω των MHP (Multimedia Home Platform) συσκευών τους να παρακολουθούν 20 τηλεοπτικά προγράμματα.

Περισσότερο από 39 εκατομύρια γερμανών έχουν τη δυνατότητα να απολαμβάνουν το DVB-T μέσω σταθερής λήψης (αριθμός που αγγίζει το 47% του πληθυσμού), ενώ 18 εκατομύρια έχουν τη δυνατότητα φορητής εσωτερικής λήψης (22% του πληθυσμού).

Multiplexes	4 initially
Operational Bands	UHF and VHF
Carrier type	8k
Guard Interval	1/8
FEC	2/3 & 3/4
Modulation	16QAM
Reception model	indoor, mobile & fixed
MFN and SFN	SFN & MFN
Max. transmitter ERP	10kW VHF, 120kW UHF
Middleware	MHP being adopted
Channel bandwidth	8MHz UHF & 7MHz VHF

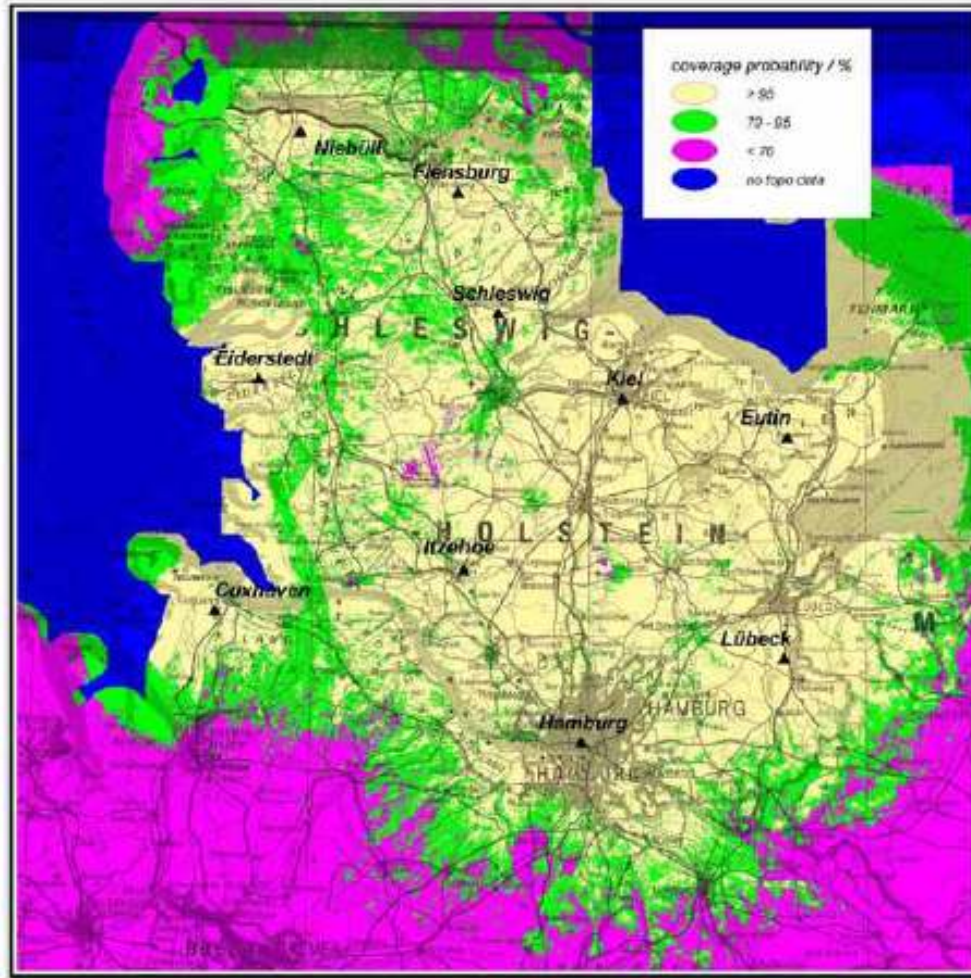
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3 Χαρακτηριστικά γερμανικού συστήματος¹⁹



ΣΧΗΜΑ 3.2 Ραδιοκάλυψη στη Γερμανία για σταθερή λήψη και 95% πιθανότητα κάλυψης²⁰

¹⁹ www.dvb.org

²⁰ Planning aspects of digital terrestrial television G. Petke (IRT)



ΣΧΗΜΑ 3.3 Ραδιοκάλυψη στη Γερμανία για φορητή εσωτερική λήψη και 95% πιθανότητα κάλυψης²¹

3.4 Αυστρία (10-02-2005)

Η αυστριακή επιτροπή μετάδοσης (Austrian Broadcasting Corporation ORF) μετά από μελέτες όσον αφορά την εφαρμογή του DVB-T, αποφάσισε την πιθανότητα χρησιμοποίησης δικτύου MFN και μικρών SFN. Ακόμη πραγματοποίησε μετρήσεις χρησιμοποιώντας τρεις πομπούς, εκ των οποίων οι δύο σχημάτιζαν ένα μικρό gap filler SFN. Προς το τέλος του Ιανουαρίου του 2002, σχηματίστηκε η Αυστριακή Ψηφιακή Πλατφόρμα (Digital Platform Austria DPA), με σκοπό να εντείνει τις προσπάθειες και μετρήσεις για την πλήρη εφαρμογή του DVB-T, ενώ το 2003 έγιναν μελέτες για την ομαλή μετάβαση από τον αναλογικό στον ψηφιακό κόσμο.

²¹ Planning aspects of digital terrestrial television G. Petke (IRT)

Όσον αφορά το παρόν, είχε προκυρηχθεί διαγωνισμός για υποψήφιους που θέλουν να λειτουργήσουν το πρώτο αυστριακό πολυπλέκτη, ο οποίος έληγε το Σεπτέμβριο του 2005. Το τελικό αυστριακό ψηφιακό πλάνο αποτελείται από πέντε στάδια:

Βήμα 1: Έναρξη της προπαρασκευαστικής φάσης στο τέλος του 2005, η οποία θα περιλαμβάνει μετρήσεις στην πόλη Graz, σχεδιασμό συχνοτήτων και multiplex advertising process.

Βήμα 2: Έναρξη μεταδόσεων το 2006, με απώτερο στόχο την κάλυψη 60% ένα χρόνο μετά

Βήμα 3: Μεταβατική περίοδος (2007-2010)

Βήμα 4: Κατάργηση της αναλογικής μετάδοσης το 2010

Οι παράμετροι που θα χαρακτηρίζουν το ψηφιακό πλάνο έχουν ήδη καθοριστεί και είναι οι εξής:

Multiplexes	1 during the trial in Graz
Operational Bands	UHF
Carrier type	8k
Guard Interval	1/8
FEC	3/4
Modulation	16QAM
Reception model	indoor, portable & fixed
MFN and SFN	SFN being used for trial
Middleware	MHP with UMTS & telephone return being used
Channel bandwidth	8MHz

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4 Χαρακτηριστικά αυστριακού συστήματος

3.5 Βέλγιο (30-06-04)

Το βασικό πρόβλημα του Βελγίου είναι η ευρεία χρήση της καλωδιακής τηλεόρασης και κατά συνέπεια τα υψηλά ποσοστά διείσδυσης που αυτή παρουσιάζει. Ακόμη, λόγω των μικρών δυνατήτων για φορητή εξωτερική λήψη, το Βέλγιο αποφάσισε να εστιάσει στην εσωτερική φορητή λήψη, χρησιμοποιώντας SFN 8k δίκτυα με το υψηλότερο GI. Στην φλαμανδική κοινότητα και συγκεκριμένα στην περιοχή του Antwerp εφαρμόστηκε το πρόγραμμα “Digital Home Platform” (DHP) και τέθηκαν σε λειτουργία interactive υπηρεσίες, μέσω τεσσάρων DVB-T πομπών. Το DHP τερματίστηκε τον Ιούνιο του 2003 και τα αποτελέσματά του, αποτέλεσαν τη βάση για ένα καινούριο πρόγραμμα στην ψηφιακή καλωδιακή τηλεόραση, το 'Flanders Interactive'.

Ήδη από τον Μάιο του 2004, ένα εκτενές δίκτυο DVB-T λειτουργεί στην ευρύτερη φλαμανδική περιοχή με έναν πολυπλέκτη για εξωτερική λήψη και μέσα στο 2005 μετρήσεις έδειξαν ότι η κάλυψη άγγιξε το 100%. Επιπλέον σε μεγαλουπόλεις είναι δυνατή και η εσωτερική φορητή λήψη. Εφόσον η ψηφιακή μετάδοση είναι γεγονός, υπάρχουν σκέψεις για πλήρη μετάβαση από την αναλογική στην ψηφιακή μετάδοση το αργότερο μέχρι το 2010. Εκτός από την φλαμανδική και στην γαλλική περιοχή, στις Βρυξέλλες λειτουργούν ήδη 2 DVB-T μεταδότες.

Multiplexes	3-6 planned
Operational bands	UHF
Carrier type	8k
Guard Interval	1/8 or 1/4
Reception model	indoor rod or roof antenna
MFN and SFN	SFN
Middleware	MHP was tested
Channel bandwidth	8MHz

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5 Χαρακτηριστικά βελγικού συστήματος

3.6 Δανία (30-06-04)

Στη Δανία αποφασίστηκε η χρήση τεσσάρων DVB-T πολυπλεκτών εκ των οποίων ο ένας θα παρέχει μια τοπική δομή, ίδια με αυτή που χρησιμοποιεί το αναλογικό κανάλι TV 2/DANMARK. Σε γενικές γραμμές οι σταθμοί θα σχηματίζουν ανά ζεύγη SFNs.

Το Νοέμβριο του 1999, ξεκίνησαν πειραματικές μεταδόσεις με δύο σταθμούς υψηλής ισχύος (με e.r.p. 50 kW), να σχηματίζουν δίκτυο SFN , ενώ το Σεπτέμβριο του 2000 προστέθηκε ένας SFN gap-filler (με e.r.p. 35 Watt) για να εξυπηρετήσει κεντρικά σημεία της Κοπενχάγης. Δύο ακόμα βάσεις υψηλής ισχύος τέθηκαν σε λειτουργία τον Οκτώβρη του 2002 στο βόρειο τμήμα της χώρας.

Τα δύο κρατικά κανάλια έχουν ήδη λάβει τη σχετική άδεια προκειμένου να μεταδίδουν από κοινού μέσω ενός δικτύου για τον πρώτο πολυπλέκτη, ο οποίος ξεκίνησε τον Ιούλιο του 2005 να καλύπτει σε εθνικό επίπεδο. Έχει αποφασιστεί ακόμη το τέλος του Οκτωβρίου του 2009, ως η περίοδος που θα παύσουν οι αναλογικές μεταδόσεις.

Multiplexes	4 planned one initially
Operational Bands	UHF
Carrier type	8k
Guard Interval	1/4
FEC	2/3
Modulation	64QAM
Reception model	SDTV
MFN and SFN	MFN with SFN
Max. transmitter ERP	50kW
Middleware	MHP
Channel bandwidth	8MHz

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6 Χαρακτηριστικά δανέζικου συστήματος

3.7 Φινλανδία (09-02-2005)

Τον Ιούνιο του 1999, το υπουργείο επικοινωνιών της Φινλανδίας ενέκρινε την άδεια για τη λειτουργία τριών πολυπλεκτών, εκ των οποίων ο ένας δόθηκε στην κρατική τηλεόραση και οι άλλοι δύο σε ιδιωτικές εταιρείες. Τότε αποφασίστηκε ότι στα τέλη του 2006, θα παύσουν οι αναλογικές μεταδόσεις, ημερομηνία που μεταφέρθηκε για τα τέλη Αυγούστου του 2007. Το Σεπτέμβριο του 2000 ξεκίνησαν οι ψηφιακές μεταδόσεις καλύπτοντας το 39% του συνολικού πληθυσμού. Η απήχηση της ψηφιακής τηλεόρασης ήταν τόσο μεγάλη, ώστε οι πωλήσεις δεκτών πραγματοποιούνταν με ασύλληπτους ρυθμούς. Σήμερα μάλιστα, οι απαιτήσεις των πολιτών είναι τέτοιες, ώστε οι εταιρείες συζητούν την επέκταση των ψηφιακών μεταδόσεων και για κινητή λήψη.

Multiplexes	3
Operational Bands	UHF
Carrier type	8k
Guard Interval	1/8
FEC	2/3
Modulation	64QAM
Reception model	Freeview SDTV
MFN and SFN	MFN
Max. transmitter ERP	50kW
Middleware	MHP
Channel bandwidth	8MHz
DVB-H	Trial started early 2005

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.7 Χαρακτηριστικά φινλανδικού συστήματος

3.8 Γαλλία (25-02-2005)

Οι δοκιμαστικές μετρήσεις πέντε DVB-T πολυπλεκτών στον πύργο του Άιφελ ξεκίνησαν στις 12 Ιανουαρίου του 2005, με σκοπό να γίνουν οι προπομποί μεταδόσεων 14 υπηρεσιών γύρω στο Μάρτιο. Οι μεταδόσεις αυτές έγιναν μέσω 17

κεραιών, καλύπτοντας περίπου το 35% του συνολικού πληθυσμού. Τελικός στόχος είναι η κάλυψη του 80 με 85% του συνολικού πληθυσμού μέσα στο 2007, με τη χρήση 115 κεραιών. Ένα πρόσθετο χαρακτηριστικό του γαλλικού πλάνου είναι και η χρησιμοποίηση MPEG-4 σημάτων για HDTV, ενώ τα MPEG-2 χρησιμοποιούνται ήδη για SDTV.

Multiplexes	5 in use, 6 planned
Operational bands	UHF
Carrier type	8k
Guard Interval	1/32**
FEC	2/3**
Modulation	64QAM
MFN and SFN	Mostly MFN
Channel bandwidth	8 MHz
Compression	MPEG-2 with MPEG-4pt.10 for Pay TV
MHP	MHP planned

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.8 Χαρακτηριστικά γαλλικού συστήματος

** Except mux R1 in Paris (GI=1/8, FEC=3/4) small SFN

3.9 Λουξεμβούργο (18-02-2005)

Από το 2002 έχουν ήδη μπει σε λειτουργία 3 πειραματικοί πομποί στο κανάλι 41, στα πλαίσια ενός SFN δικτύου για φορητή εσωτερική λήψη, οι οποίοι καλύπτουν το Λουξεμβούργο και την ευρύτερη περιοχή.

Μετά από πολλές μετρήσεις για σταθερή, φορητή και κινητή λήψη, με πολλούς πειραματισμούς όσον αφορά τον τύπο κωδικοποίησης, αποφασίστηκε η υιοθέτηση συστήματος 8k, κωδικοποίησης 64 QAM, 2/3 με GI 1/16.

Προς το τέλος του 2004 το αναλογικό κανάλι CH7 έπαυσε την λειτουργία του και μέχρι σήμερα λειτουργεί δοκιμαστικά σε ψηφιακή μορφή, μεταδίδοντας ένα πρόγραμμα.

3.10 Κάτω Χώρες (10-02-2005)

Στις Κάτω Χώρες έχει αποφασιστεί ότι το 2006 θα πραγματοποιηθεί παύση των αναλογικών μεταδόσεων. Εν τω μεταξύ τον Σεπτέμβριο του 2005 ξεκίνησαν δοκιμές για κινητή λήψη με χρήση του DVB-H.

Multiplexes	5-6 planned after switch off
Operational Bands	UHF only
Carrier type	8k
Guard Interval	1/8
FEC	2/3
Modulation	64QAM
Reception model	indoor rod ant./portable/fixed
MFN and SFN	MFN's and local SFN's
Max. transmitter ERP	10kW
Middleware	MHP planned by some services
Channel bandwidth	8MHz

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.9 Χαρακτηριστικά ολλανδικού συστήματος

3.11 Πολωνία (30-06-04)

Το πολωνικό DVB-T πλάνο ως ιδέα ξεκίνησε το Μάιο του 1997, προκειμένου να διερευνηθούν οι απαιτήσεις μετάδοσης όπως και οι τεχνικές παράμετροι και οι κανονισμοί γύρω από την ψηφιακή τηλεόραση, και άρχισε να σχεδιάζεται το 1998. Αποτελείται από δύο MFN πολυπλέκτες, οι οποίοι παρουσιάζουν κάλυψη συγκρίσιμη με αυτή του εθνικού αναλογικού δικτύου για σταθερή λήψη. Προκειμένου μάλιστα να βελτιωθεί η ποιότητα των ψηφιακών υπηρεσιών, σε πυκνοκατοικημένες περιοχές, στο εισαγωγικό στάδιο, τοποθετήθηκαν δύο ακόμη πολυπλέκτες μεσαίας ισχύος, στα κέντρα αστικών περιοχών.

Υπολογίζεται ότι μετά το RRC-06, έξι πολυπλέκτες θα είναι αρκετοί για εθνική κάλυψη, ενώ, όπως και στην πλειοψηφία των ευρωπαϊκών χωρών, το MHP κρίθηκε ως η καλύτερη συσκευή-δέκτης για interactive υπηρεσίες με το DVB-T. Όσον αφορά τη μεταβατική περίοδο από την αναλογική στην ψηφιακή τηλεόραση, υπάρχουν δύο σενάρια. Το πρώτο αναφέρει μια χρονική περίοδο 10 ετών συνύπαρξης των δύο μεταδόσεων, ενώ το δεύτερο αναφέρει μια σταδιακή, από περιοχή σε περιοχή, μετάβαση, με περίοδο συνύπαρξης διάρκειας 6 με 12 μήνες.

Η πολωνική επιτροπή για την ψηφιακή τηλεόραση (POT), ζήτησε άδεια να ξεκινήσουν δοκιμές στην Βαρσοβία και στην Λοτζ, περιοχές όπου υπάρχουν διαθέσιμες συχνότητες από τον Σεπτέμβριο του 2005 και μέχρι το τέλος του 2006.

Number of multiplexes	5
Operational bands	UHF
Carrier type	8k
Guard Interval	1/32
FEC	2/3 fixed and portable
Modulation	64QAMfixed&16QAM portable
Reception model	Freeview
MFN and SFN	MFN
Middleware	MHP
Channel bandwidth	8MHz

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.10 Χαρακτηριστικά πολωνικού συστήματος

3.12 Πορτογαλία (11-02-2005)

Οι προετοιμασίες για την εισαγωγή του DVB-T καθώς και ο συντονισμός με τη γείτονα χώρα Ισπανία, ξεκίνησαν από την άνοιξη του 1998. Το αποτέλεσμα ήταν ο σχεδιασμός ενός δίπλευρου πλάνου, το οποίο θα αποτελείτο αρχικά από τέσσερα δίκτυα σε εθνικό επίπεδο, τρία SFN και ένα SFN (MFNs) στα πορτογαλικά εδάφη, με λειτουργία στο πάνω μέρος της ζώνης συχνοτήτων IV.

Εν τω μεταξύ, στο χρονικό διάστημα 1998-2000, το πορτογαλικό κρατικό δίκτυο, έθεσε σε εφαρμογή ένα πειραματικό DVB-T δίκτυο στην περιοχή της Λισαβώνας. Το δίκτυο αυτό ήταν SFN 8k, με διαμόρφωση 64-QAM 2/3 και GI 1/4, ενώ αποτελείτο από 3 πομπούς ισχύος 2 kW, 1 kW και 500 W, οι οποίοι λειτουργούσαν στο κανάλι 64. Με την εφαρμογή αυτή λειτουργούσαν παράλληλα τέσσερα ψηφιακά ταυτόχρονα με τέσσερα αναλογικά προγράμματα. Αυτό το δίκτυο θεωρήθηκε παγκοσμίως ως το πρώτο επιτυχημένο SFN και αποτέλεσε ιδανική βάση για μετρήσεις σε σταθερή και φορητή λήψη καθώς και για πειραματισμούς σε ρυθμούς κωδικοποίησης και ισχύ.

Number of multiplexes	4
Operational bands	UHF
Carrier type	8k
Guard Interval	1/4 during trial
FEC	2/3 during trial
Modulation	64QAM
Reception model	being re-thought
MFN and SFN	National SFNs planned
Middleware	MHP planned
Channel bandwidth	8MHz

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.11 Χαρακτηριστικά πορτογαλικού συστήματος

3.13 Ρωσία (30-06-04)

Σήμερα λειτουργούν στη Ρωσία πέντε DVB-T πομποί, ενώ ένας ακόμη θα τεθεί σε λειτουργία στο άμεσο μέλλον. Πριν τεθούν σε λειτουργία όλοι οι πομποί ελέγχθησαν για την συμβατότητα τους με την αναλογική τηλεόραση, όσο και για την δυνατότητά τους να λειτουργούν σε χώρο υψηλών DVB-T υπηρεσιών. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν πειραματικές μεταδόσεις, όπως για παράδειγμα στη Μόσχα μέσω του καναλιού 32 και 34, οι οποίες βασίστηκαν στα standard του DVB-T και στους ακόλουθους τύπους διαμόρφωσης:

4 FM, Mode 8K, rate 7,81 Mbps;
16 QAM, Mode 8K, rate 15,61 Mbps;
64 QAM, mode 8K, rate 23,42 Mbps.

Από τον Φεβρουάριο του 2002 γίνονται ακόμη μελέτες και μετρήσεις όσον αφορά το ενεδεχόμενο χρήσης του DVB-T για ταχύτερη μεταφορά δεδομένων και πρόσβαση στο Internet μέσω του καναλιού 34, όπως επίσης και για interactive σχέση με κινητό δέκτη μέσω του δικτύου GSM.

Σύμφωνα με μια έκθεση που εκδόθηκε τον Ιούλιο του 2005, πιστεύεται ότι μέχρι το 2007 θα είναι έτοιμοι να βγουν στην αγορά τηλεοπτικοί δέκτες ικανοί να λαμβάνουν τόσο αναλογικό όσο και ψηφιακό σήμα και ότι μέχρι το 2016 θα είναι σε θέση να “σβήσουν” την αναλογική τηλεόραση.

3.14 Σλοβενία (22-02-2005)

Το πλάνο συχνοτήτων για το DVB-T είναι ήδη έτοιμο και προχωράει η διαδικασία συντονισμού. Η ολοκληρωμένη πρόταση που υπάρχει αναφέρει τη χρήση έξι πολυπλεκτών στη ζώνη συχνοτήτων 470 – 862 MHz και έναν ακόμη στην III ζώνη VHF. Με την παύση της αναλογικής τηλεόρασης, το καθολικό πλάνο έχει προκαθοριστεί ως εξής:

- Ένα εθνικό δίκτυο SFN που θα καλύπτει το 95% του πληθυσμού
- Τρία εθνικά δίκτυα που θα αποτελούνται από MFNs και τοπικά SFNs για κάλυψη του 80% του πληθυσμού
- Δύο MFNs ή τοπικά SFNs για τοπικά προγράμματα
- Έξι μικρά δίκτυα, διαμέτρου 25km, που θα σχηματίζονται από MFNs και SFNs στη ζώνη III VHF για κινητή λήψη στις “θερμές” περιοχές, αρχικά
- μερικούς τοπικούς πομπούς

Η προτιμώμενη διαμόρφωση και για τα MFN και για τα SFN είναι η 8k 64-QAM. Για κινητή λήψη πιθανότατα θα χρησιμοποιηθεί η QPSK. Μακροπρόθεσμος στόχος είναι η μετατροπή όσο το δυνατόν περισσότερων MFNs σε SFNs καθώς και εξασφάλιση εσωτερικής φορητής και ίσως κινητής λήψης για όλο τον πληθυσμό.

Σχετικά με την παύση των αναλογικών μεταδόσεων, δεν έχουν παρθεί ακόμη οριστικές αποφάσεις και το μόνο αποφασισμένο είναι η εισαγωγή του DVB-T πιθανώς το 2006.

Number of multiplexes	6
Operational bands	UHF and VHF
Carrier type	8k
Modulation	64QAM, QPSK for mobile
Reception model	fixed, portable, mobile
MFN and SFN	MFN with extensive SFN
Channel bandwidth	8MHz UHF, 7MHz VHF

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.12 Χαρακτηριστικά σλοβένικου συστήματος

3.15 Σουηδία (03-02-2005)

Ήδη από τον Απρίλιο του 1999 η ψηφιακή τηλεόραση είναι γεγονός για τη Σουηδία. Το δίκτυό της αποτελείται από MFNs και τοπικά SFNs προκειμένου να εκμεταλλευτούν αποδοτικότερα το διαθέσιμο φάσμα συχνοτήτων και να διευκολυνθεί ο συντονισμός. Τέσσερις πολυπλέκτες που καλύπτουν το 90% και ένας ακόμη που καλύπτει το 50% του πληθυσμού είναι σήμερα σε λειτουργία, ενώ κατασκευάζεται και ένας ακόμη που θα καλύπτει το 98%.

Όσον αφορά την οριστική εγκατάλειψη της αναλογικής τηλεόρασης, αποφασίστηκε να γίνει σταδιακά μέχρι την 01/02/2008. Αυτόν τον καιρό πραγματοποιήθηκε το πρώτο στάδιο, σύμφωνα με το οποίο η αναλογική τηλεόραση έσβησε ή θα σβήσει σε τρεις περιοχές της χώρας Gotland (26/09), Gävle and Motala, οπότε θα χρειαστεί ένας μεγάλος αριθμός από gap fillers να μετατραπούν από αναλογικοί σε ψηφιακοί για να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις για κάλυψη που θα προκύψουν.

Multiplexes	4 (90% pop) +1 (50% pop)
Operational bands	UHF
Carrier type	8k
Guard Interval	1/8
FEC	2/3
Modulation	64QAM
Reception model	SDTV pay+free, HDTV trialed 2003
MFN and SFN	MFN and SFN
Max. transmitter ERP	50kW
Middleware	Open-TV, MHP to be trialed in Gävle
Channel bandwidths	8MHz

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.13 Χαρακτηριστικά σουηδικού συστήματος

3.16 Ιταλία (30-06-04)

Ο σχεδιασμός συχνοτήτων και οι μετρήσεις για την ψηφιακή τηλεόραση ξεκίνησαν στην Ιταλία ήδη από το 1999 ενώ δόθηκαν σε κρατικούς τηλεοπτικούς σταθμούς ισχυρά οικονομικά κίνητρα για να απελευθερώσουν ζώνες συχνοτήτων. Ακόμη αποφασίστηκε και θεσμοθετήθηκε η πλήρης μετάβαση από την αναλογική στην ψηφιακή τηλεόραση να πραγματοποιηθεί για το 70% του πληθυσμού στις 31/01 ενώ για το υπόλοιπο στις 21/07.

Από την πλευρά της κρατικής RAI, αρχικά λειτούργησαν 80 DVB-T πομποί στις μεγαλύτερες ιταλικές πόλεις, εκ των οποίων οι 22 λειτουργούσαν στην ζώνη III ενώ οι 58 στην ζώνη IV και V, καλύπτοντας το 50% του πληθυσμού, ενώ το 2004 το ποσοστό κάλυψης αυξήθηκε στο 70% με την εισαγωγή νέων πομπών και mini-SFNs δικτύων. Το δίκτυο αυτό αποτελείτο από δύο πολυπλέκτες των 9-10 προγραμμάτων της RAI, έναν πολυπλέκτη των 5 προγραμμάτων της Mediaset, έναν πολυπλέκτη των δύο προγραμμάτων της Telecom/TV International και τέλος έναν πολυπλέκτη που λειτουργεί η “Holland Co-ordinator and Services“ σε συχνότητες που απελευθέρωσε το πρώην Tele+.

Πριν λίγες ημέρες μάλιστα (06/10/05) ανακοινώθηκε από την TIM (Telecom Italia Mobile) και την Mediaset μια συμφωνία σύμφωνα με την οποία από το 2006, τα κινητά τηλέφωνα θα μπορούν να λαμβάνουν ζωντανά τηλεοπτικά σήματα μέσω της DVB-H τεχνολογίας.

Number of multiplexes	5 (2004)
Operational bands	UHF and VHF
Carrier type	8k
Modulation	64QAM
Guard Interval	1/32
FEC	2/3 for UHF, 3/4 for VHF
Reception model	Free view and pay channels
MFN and SFN	MFN
Middleware	MHP
Channel bandwidth	UHF/8MHz, VHF/7MHz (8MHz planned for

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.14 Χαρακτηριστικά ιταλικού συστήματος

3.17 Ελβετία (10-02-2005)

Λόγω της υψηλής διείσδυσης της καλωδιακής τηλεόρασης καθώς και της δυνατότητας λήψης όλων των κρατικών προγραμμάτων μέσω δορυφόρου, οι συνθήκες για απελευθέρωση συχνοτήτων από την αναλογική τηλεόραση, ήταν ιδιαίτερα ευνοϊκές. Έτσι το 2002 έπαυσαν να λειτουργούν περίπου 769 πομποί. Το συνολικό πλάνο μετάβασης από την αναλογική στην ψηφιακή τηλεόραση αποτελείται από δύο στάδια: στο πρώτο στάδιο της μεταβατικής περιόδου, οι απελευθερωθείσες συχνότητες χρησιμοποιούνται από δύο ψηφιακά MFN δίκτυα, ενώ αρκετές από αυτές χρησιμοποιούνται ακόμη για την ταυτόχρονη μετάδοση αναλογικών σημάτων. Αυτή η περίοδος αναμένεται να διαρκέσει στο σύνολο 6 με 8 χρόνια. Στο δεύτερο στάδιο, τα MFN δίκτυα θα μετατραπούν σε SFN. Τα εναπομείναντα αναλογικά δίκτυα θα παύσουν τις μεταδόσεις και θα αντικατασταθούν από καινούργιες ψηφιακές. Αναμένεται να λειτουργήσουν συνολικά 5 με 6 DVB-T και αρκετές T-DAB καλύψεις, προς το παρόν λειτουργούν 107 DVB-T πομποί σε κάποιες περιοχές.

Multiplexes	6 (in some regions)
Operational bands	UHF
Carrier type	8k
Modulation	64QAM
MFN and SFN	MFN
Channel bandwidth	8MHz

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.15 Χαρακτηριστικά ελβετικού συστήματος

3.18 Συμπέρασμα

Όπως φαίνεται λοιπόν η Ευρώπη στην πλειοψηφία ζει ή ετοιμάζεται να διεισδύσει στον κόσμο της ψηφιακής τηλεόρασης. Σε συντριπτικό ποσοστό όλες οι χώρες λειτουργούν ή θα λειτουργήσουν σε σύστημα OFDM 8k, στη ζώνη συχνοτήτων UHF, χρησιμοποιώντας 6 πολυπλέκτες. Οι περισσότερες πάλι έχουν αποφασίσει να χρησιμοποιήσουν και MFN και SFN δίκτυα ενώ το σύνηθες GI είναι το 1/8. Αυτό βέβαια εξαρτάται κυρίως από τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά καθε χώρας που θα καθορίσουν και τις αποστάσεις μεταξύ των πομπών. Λόγω του ότι η ψηφιακή τηλεόραση είναι ακόμη στα πρώτα της βήματα, η λήψη θα είναι αρχικά μόνο σταθερή, με εξαίρεση τη Γερμανία, που βρίσκεται σε πιο προηγμένο στάδιο. Το λογισμικό που θα χρησιμοποιούν οι δέκτες θα είναι κυρίως το MHP, ενώ η πιο συνηθισμένη κωδικοποίηση σημάτων είναι το 64-QAM, με επόμενη την 16-QAM.

Στην συνέχεια, ακολουθούν οι συγκεντρωτικοί πίνακες από τα δεδομένα που έχουν συγκεντρωθεί από τις ευρωπαϊκές χώρες, όσον αφορά τις μελέτες τους γύρω από το πρότυπο DVB-T και γενικότερα την ψηφιακή τηλεόραση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.16: Χαρακτηριστικά ψηφιακών μεταδόσεων στην Ευρώπη (1)

	Λουξεμβούργο	Γαλλία	Φινλανδία	Δανία	Βέλγιο	Αυστρία	Γερμανία	Ηνωμένο Βασίλειο
Multiplexes		5 in use, 6 planned	3	4 planned one initially	3-6 planned	1 during the trial in Graz	4 initially	6
Operational Bands		UHF	UHF	UHF	UHF	UHF	UHF and VHF	UHF only
Carrier type	8k	8k	8k	8k	8k	8k	8k	2k now. 8k by 2012
Guard Interval	1/16	1/32**	1/8	1/4	1/8 or 1/4	1/8	1/8	1/32
FEC	2/3	2/3**	2/3	2/3		3/4	2/3 & 3/4	3/4 16QAM, 2/3 64QAM
Modulation	64-QAM	64-QAM	64-QAM	64-QAM		16-QAM	16-QAM	16-QAM, 64-QAM
Reception model			Freeview SDTV	SDTV	indoor rod or roof antenna	indoor, portable & fixed	indoor, mobile & fixed	fixed, external antenna
MFN and SFN		Mostly MFN	MFN	MFN with SFN	SFN	SFN being used for trial	SFN & MFN	MFN
Max. transmitter ERP			50kW	50kW			10kW VHF, 120kW UHF	20kW
Middleware		MHP	MHP	MHP	MHP tested	MHP with UMTS & telephone return	MHP being adopted	
Channel bandwidth		8 MHz	8MHz	8MHz	8MHz	8MHz	8MHz UHF & 7MHz VHF	
Ημερομηνία έναρξης μελετών του DVB-T	2002	2005	1999	1999				1995
Ημερομηνία παύσης των αναλογικών μεταδόσεων			2007	2009	2010	2010	2010	2006-2010

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.17 Χαρακτηριστικά ψηφιακών μεταδόσεων στην Ευρώπη (2)

	Ελβετία	Ιταλία	Σουηδία	Σλοβενία	Ρωσία	Πορτογαλία	Πολωνία	Κάτω Χώρες
Multiplexes	6	5 (2004)	4 (90% pop) +1 (50% pop)	6	64QAM, 16QAM	4	5	5-6 after switch off
Operational Bands	UHF	UHF and VHF	UHF	UHF and VHF		UHF	UHF	UHF only
Carrier type	8k	8k	8k	8k	8k	8k	8k	8k
Guard Interval		1/32	1/8			1/4 trial	1/32	1/8
FEC		2/3 for UHF, 3/4 for VHF	2/3			2/3 trial	2/3 fixed and portable	2/3
Modulation	64-QAM	64-QAM	64-QAM	64-QAM, QPSK for mobile		64-QAM	64-QAMfixed 16-QAMportable	64-QAM
Reception model		Free view and pay channels	SDTV pay+free, HDTV trialed 2003	fixed, portable, mobile			Freeview	indoor rod/portable /fixed
MFN and SFN	MFN	MFN	MFN and SFN	MFN with extensive SFN		National SFNs	MFN	MFN's and local SFN's
Max. transmitter ERP			50kW					10kW
Middleware		MHP	Open-TV, MHP to be trailed in Gävle			MHP	MHP	MHP
Channel bandwidth	8MHz	UHF/8MHz, VHF/7MHz	8MHz	8MHz UHF, 7MHz VHF		8MHz	8MHz	8MHz
Ημερομηνία έναρξης μελετών του DVB-T		1999	1999			1998	1997	
Ημερομηνία παύσης των αναλογικών μεταδόσεων			2008		2016			2006

4 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

4.1 Γενικά

Από την ανάλυση που προηγήθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, έχουμε ήδη καταλήξει σε ορισμένες παραμέτρους του συστήματος. Λαμβάνοντας υπ'οψιν και την κατάσταση που επικρατεί στην Ευρώπη μπορούμε να προχωρήσουμε στην εξαγωγή των χαρακτηριστικών του συστήματος που θα υλοποιήσουμε.

Όπως ήδη αναφέραμε θα κατασκευάσουμε ένα δίκτυο SFN μεγάλης περιοχής. Ο αριθμός των φερόντων θα είναι 6817 (8k σύστημα) με $GI = 1/4 = 224\mu\text{sec}$.

Τα βήματα που ακολουθούμε στη συνέχεια είναι τα εξής:

- Επιλογή του bitrate
- Επιλογή κωδικοποίησης
- Εξαγωγή του minimum field strength στην είσοδο του δέκτη
- Καθορισμός της προστασίας από παρεμβολές
- Εξαγωγή της φασματικής μάσκας του συστήματος

4.2 Bit rate

Οι προδιαγραφές του DVB-T προβλέπουν συμπίεση εικόνας, ήχου και δεδομένων κατά το πρότυπο MPEG-2. Για λόγους συμβατότητας τόσο με τον υπάρχοντα εξοπλισμό παραγωγής τηλεοπτικού σήματος όσο και με τις δυνατότητες απεικόνισης στις τηλεοράσεις που χρησιμοποιούνται σήμερα, η δειγματοληψία της εικόνας θα γίνει όπως και στο αναλογικό πρότυπο PAL, δηλαδή σε ανάλυση $725 \times 576 \times 25$ fps, με διαστάσεις αναπαραγωγής 4:3 ή 16:9 κατ'επιλογήν. Στον παρακάτω πίνακα παραθέτουμε ενδεικτικά το μέγιστο επιτρεπόμενο bitrate για κάθε έγκυρο συνδυασμό profile και level:

Level	Profile				
	Simple	Main	SNR	Spatial	High
High		80			100 all layers 80 middle + base layer 25 base layer
High-1440		60		60 all layers 40 middle + base layers 15 base layer	80 all layers 60 middle + base layers 20 base layer
Main	15	15	- 15 both layers 10 base layer		20 all layers 15 middle + base layer 4 base layer
Low		4	- 4 both layers 3 base layer		

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1 Μέγιστο Bitrate MPEG-2²²

Η συνήθης επιλογή σε εφαρμογές τηλεοπτικής μετάδοσης είναι Main Profile – Main Level (MP@ML). Οι απαιτήσεις σε bitrate αυτής της επιλογής είναι 1,5 – 15 Mbps, ανάλογα με το βαθμό συμπίεσης που θα υποστεί η εικόνα.

Όσον αφορά την εικόνα, υπάρχουν πολλοί παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπ’οψη για να υπολογιστεί το ελάχιστο bitrate με το οποίο μπορούμε να έχουμε ικανοποιητική λήψη, κάτι που ξεφεύγει από τις ανάγκες της παρούσας εργασίας. Η εμπειρία έχει δείξει ότι ένα “συνηθισμένο” πρόγραμμα μπορεί να συμπιεστεί στα 4Mbps, ενώ ένα πιά “απαιτητικό”, όπως ένα αθλητικό κανάλι, θα χρειαζόταν 6Mbps. Οι τιμές αυτές οδηγούν σε ιδιαίτερα ικανοποιητική ποιότητα και θα μπορούσαν να μειωθούν αν κριθεί σκόπιμο μετά την υλοποίηση του συστήματος.

Για μετάδοση ήχου MPEG μία τιμή 384kbps για ένα ηχητικό κανάλι κρίνεται ιδιαίτερα ικανοποιητική για τα σημερινά δεδομένα.

Επιπλέον υπηρεσίες όπως Teletext, Videotext, εναλλακτικοί υπότιτλοι χρειάζονται περίπου 100kbps. Τέλος ένας διάυλος ελέγχου πολυπλεξίας για την

²² ETSI Technical Report 102 154 V1.1.1 - Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for the use of MPEG-2 Systems, Video and Audio in Contribution and Primary Distribution Applications. (2001-04)

ασφαλή μετάδοση όλων των προγραμμάτων στην ίδια συχνότητα μπορεί να λειτουργήσει με bitrate 500kbps.

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω στον ακόλουθο πίνακα μπορούμε να εξάγουμε το συνολικό απαραίτητο bitrate για την μετάδοση.

Εικόνα MPEG-2 MP@ML 725x576x25 (PAL)	Τυπική \Rightarrow 4 Mbits/s Απαιτητική \Rightarrow 6 Mbits/s
Ήχος MPEG layer II (Joint stereo/stereo)	384 Kbits/s
Teletext κ.α.	100 Kbits/s
Δίαυλος ελέγχου	500 Kbits/s

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2 Bitrate

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν, και λαμβάνοντας υπ'οψη ότι το κανάλι που θέλουμε να δημιουργήσουμε αφορά την EPT, επιλέγουμε να πολυπλέξουμε ένα αθλητικό κανάλι (ET1) και δύο τυπικά (NET, ET3). Έτσι το προτεινόμενο σχήμα πολυπλεξίας θα περιλαμβάνει τα εξής:

- 3 προγράμματα εικόνας (1 αθλητικό, 2 τυπικά) \Rightarrow 14Mbits/s
 - 3 διαύλους ήχου \Rightarrow 1,2 Mbits/s
 - 3 διαύλους Teletext \Rightarrow 0.3 Mbits/s
 - 1 δίαυλο ελέγχου \Rightarrow 0,5 Mbits/s
- Σύνολο \Rightarrow 16 Mbits/s**

4.3 Κωδικοποίηση

Με βάση το bitrate που επιλέξαμε, προχωράμε στη συνέχεια στην επιλογή του κατάλληλου σχήματος κωδικοποίησης. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι ρυθμοί μετάδοσης για κάθε σχήμα κωδικοποίησης. Τα γραμμοσκιασμένα τμήματα δείχνουν τους συνδυασμούς κωδικοποίησης που μπορούν να ικανοποιήσουν το επιθυμητό bitrate. Επιλέγουμε την κωδικοποίηση **16-QAM με ρυθμό 5/6**.

Modulation	bits per sub-carrier	Code rate	Guard Interval			
			1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK	2	1/2	4.98	5.53	5.85	6.03
		2/3	6.64	7.37	7.81	8.04
		3/4	7.46	8.29	8.78	9.05
		5/6	8.29	9.22	9.76	10.05
		7/8	8.71	9.68	10.25	10.56
16-QAM	4	1/2	9.95	11.06	11.71	12.06
		2/3	13.27	14.75	15.61	16.09
		3/4	14.93	16.59	17.56	18.1
		5/6	16.59	18.43	19.52	20.11
		7/8	17.42	19.35	20.49	21.11
64-QAM	6	1/2	14.93	16.59	17.56	18.1
		2/3	19.91	22.12	23.42	24.13
		3/4	22.39	24.88	26.35	27.14
		5/6	24.88	27.65	29.27	30.16
		7/8	26.13	29.03	30.74	31.67

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3 Net Bitrate (MBIT/S) για διαφορετικά guard intervals

Συνοψίζοντας, τα βασικά χαρακτηριστικά του συστήματος είναι:

Διαμόρφωση	COFDM
Τύπος δικτύου	SFN
Κανάλι (κεντρική συχνότητα)	21 (474 MHz)
Εύρος ζώνης καναλιού	8 MHz
Αριθμός φερόντων	6817 (8k)
Κωδικοποίηση	16-QAM
Βάρος κώδικα	5/6
Διάστημα φύλαξης	1/4
Ωφέλιμο bitrate	16.59 Mbits/s

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4 Χαρακτηριστικά συστήματος

4.4 Minimum field strength²³

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται ο απαιτούμενος C/N λόγος στην είσοδο του αποκωδικοποιητή. Το Ricean channel αντιστοιχεί στην σταθερή (fixed) λήψη, ενώ το Rayleigh στην φορητή (portable) και κινητή (mobile) λήψη. Το γραμμοσκιασμένο τμήμα είναι αυτό της κωδικοποίησης που επιλέξαμε. Επομένως:

- για σταθερή λήψη C/N =14.4 και
- για φορητή λήψη C/N =19.3 .

Modulation	Code rate	Gaussian channel	Ricean channel	Rayleigh channel
8 MHz variants				
QPSK	1/2	3.1	3.6	5.4
	2/3	4.9	5.7	8.4
	3/4	5.9	6.8	10.7
	5/6	6.9	8	13.1
	7/8	7.7	8.7	16.3
16-QAM	1/2	8.8	9.6	11.2
	2/3	15.61	11.6	14.2
	3/4	12.5	13	16.7
	5/6	13.5	14.4	19.3
	7/8	13.9	15	22.8
64-QAM	1/2	14.4	14.7	16
	2/3	16.5	17.1	19.3
	3/4	18	18.6	21.7
	5/6	19.3	20	25.3
	7/8	20.1	21	27.9

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5 Απαιτούμενος C/N για BER = 2×10^{-4} στην είσοδο του Viterbi αποκωδικοποιητή

Για τον υπολογισμό του minimum field strength στην είσοδο του δέκτη πραγματοποιήσαμε τους παρακάτω υπολογισμούς. Παρατίθενται αρχικά οι ορισμοί, οι σταθερές και οι τύποι που χρησιμοποιήθηκαν και στους πίνακες φαίνονται οι τελικές τιμές.

²³ ETSI Technical Report 101 190 V1.2.1- Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects; (2004-07)

Ορισμοί:

B: Receiver noise bandwidth = 7.6MHz

F: Receiver noise figure = 7dB

P_n : Receiver noise input power (dBW)

C/N: RF signal to noise ratio required by the system (dB)

P_{smin} : Minimum receiver signal input power (dBW)

Z_i : Receiver input impedance = 74Ω

U_{smin} : Minimum equivalent receiver input voltage into Z_i (dBμV)

Σταθερές

k: Boltzmann's constant = 1.38×10^{-23} Ws/K

T_0 : Absolute temperature = 290 K

Εξισώσεις:

$$P_n = F + 10 \log (k \times T_0 \times B)$$

$$P_{smin} = P_n + C/N$$

$$U_{smin} = P_{smin} + 120 + 10 \log (Z_i)$$

Στα στοιχεία που παρουσιάστηκαν μέχρι τώρα δεν λαμβάνονται υπ'οψη φαινόμενα διάδοσης. Όπως ήδη αναφέραμε, λόγω του φαινομένου της απότομης αλλαγής της λήψης, από ιδιαίτερα ικανοποιητική σε σχεδόν ανύπαρκτη, που χαρακτηρίζει την ψηφιακή τηλεόραση, κρίνεται απαραίτητο να ικανοποιείται το ελάχιστο επίπεδο του επιθυμητού σήματος για μεγάλο ποσοστό κάλυψης. Τα ποσοστά αυτά ορίστηκαν ως 95 % για “καλή” λήψη και 70 % για “αποδεκτή” λήψη.

Οι ελάχιστες ισοδύναμες πυκνότητες ισχύος υπολογίσθηκαν για:

- Το κανάλι **21** με κεντρική συχνότητα: **474MHz** και για
- Τέσσερις διαφορετικές συνθήκες λήψης:
 - Fixed antenna reception με **C/N =14.4**
 - Portable outdoor reception με **C/N =19.3**
 - Portable indoor reception at ground floor με **C/N =19.3**
 - Mobile reception με **C/N =19.3**.

Οι εξισώσεις που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι εξής:

$$\begin{aligned} \varphi_{\min} &= P_{\text{smin}} - A_a + L_f && \text{fixed reception} \\ & P_{\text{smin}} - A_a && \text{portable reception} \\ A_a &= G_a + 10 \log (1.64 \times \lambda^2 / 4\pi) \\ E_{\min} &= \varphi_{\min} + 120 + 10 \log (120\pi) = \varphi_{\min} + 145.8 \\ \varphi_{\text{med}} &= \varphi_{\min} + P_{\text{mmn}} + C_l && \text{fixed reception} \\ & \varphi_{\min} + P_{\text{mmn}} + C_l + L_h && \text{portable outdoor reception} \\ & \varphi_{\min} + P_{\text{mmn}} + C_l + L_h + L_b && \text{portable indoor reception} \\ E_{\text{med}} &= \varphi_{\text{med}} + 120 + 10 \log (120\pi) = \varphi_{\text{med}} + 145.8 \end{aligned}$$

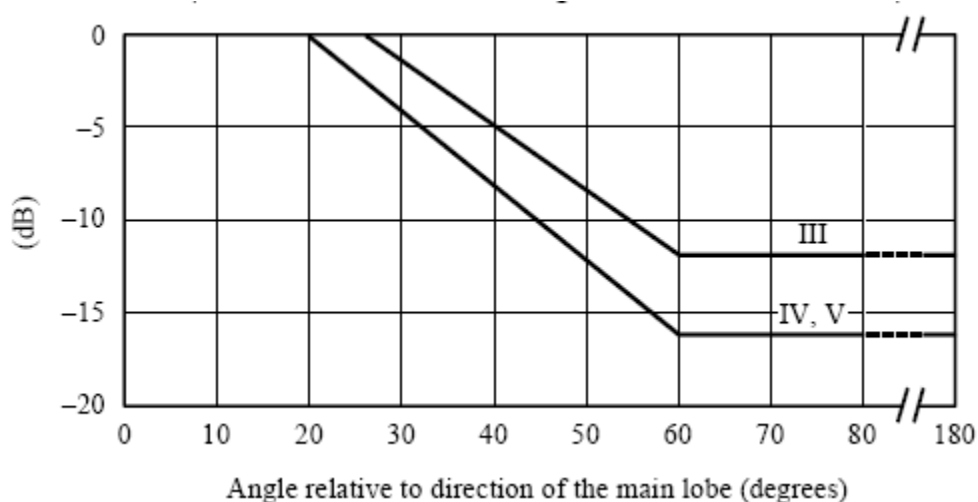
Όπου:

- φ_{\min} : Minimum power flux density at receiving place (dBW/m²)
- E_{\min} : Equivalent minimum field strength at receiving place (dBμV/m)
- A_a : Effective antenna aperture (dB)
- G_a : Antenna gain relative to half wave dipole (dB)
 7:Band III, 10:Band IV, 12:Band V for fixed reception
 -2.2:VHF, 0:UHF for portable/mobile reception
- L_f : Feeder loss (dB)
 2 :Band III, 3:Band IV, 5:Band V for fixed only
- L_h : Height loss (10 m a.g.l. to 1.5 m a.g.l.) (dB)
 10:VHF, 12:UHF for portable/mobile reception
- L_b : Building penetration loss (dB)
 8:VHF, 7:UHF for indoor only
- P_{mmn} : Allowance for man made noise (dB)
 1:VHF , 0:UHF
- C_l : Location correction factor (dB) $C_l = \mu \times \sigma$
 μ : distribution factor \Rightarrow 0.52 for 70% 1.64 for 95% 2.32 for 99%
 σ : standard deviation \Rightarrow 5.5 for outdoor reception
 6.3 VHF, 8.3 for indoor reception
 UHF
- φ_{med} : Minimum median power flux density, planning value (dBW/m²)
- E_{med} : Equivalent median minimum field strength, planning value (dBμV/m)

Σταθερή λήψη:

Το ύψος της κεραίας αναφοράς που χρησιμοποιείται για τους υπολογισμούς είναι 10m πάνω από το επίπεδο του εδάφους (a.g.l.).

- Διαγράμματα ακτινοβολίας για σταθερές κεραίες λήψης στο επίπεδο της οροφής:



ΣΧΗΜΑ 4.1 Κατευθυντικότητα κεραίας λήψης

- Antenna gain relative to half wave dipole: $G_a = 10$ dB
- Feeder loss: $L_f = 3$ dB
- Location probability: 70% και 95%
- Standard deviation: $\sigma = 5.5$ dB
- Distribution factor: $\mu \Rightarrow 0.52$ για 70% κάλυψη και 1.64 για 95%
- Location correction factor: $C_1 = 2.9$ dB για 70% κάλυψη και $C_1 = 9$ dB για 95%

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται οι υπολογισμοί που πραγματοποιήθηκαν με βάση τις παραπάνω τιμές:

FIXED RECEPTION		
Frequency	f (MHz)	474
Min. C/N required by system	C/N (dB)	14.4
Min. receiver signal input power	P _{smin} (dBW)	-113.8
Min. equivalent receiver input voltage	U _{smin} (dBμV)	25.0
Feeder loss	L _f (dB)	3
Antenna gain relative to half wave dipole	G _a (dB)	10
Effective antenna aperture	A _a (dBm ²)	-2.8
Min. power flux density at receiving location	φ _{min} (dBW/m ²)	-108.0
Min. field strength at receiving location	E _{min} (dBμV/m)	37.8
Allowance for man made noise	P _{mmn} (dB)	0
Location probability: 70%		
Location correction factor	C ₁ (dB)	2.9
Min. median power flux density at 10m a.g.l. 50% of time and 50% of locations	φ _{med} (dBW/m ²)	-105.1
Min. median field strength at 10m a.g.l. 50% of time and 50% of locations	E _{med} (dBμV/m)	40.7
Location probability: 95%		
Location correction factor	C ₁ (dB)	9
Min. median power flux density at 10m a.g.l. 50% of time and 50% of locations	φ _{med} (dBW/m ²)	-98.9
Min. median field strength at 10m a.g.l. 50% of time and 50% of locations	E _{med} (dBμV/m)	46.9

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6 Minimum median power flux density και ισοδύναμη minimum median field strength στα 474 MHz και για 70% και 95% πιθανότητα κάλυψης, σταθερή λήψη

Φορητή λήψη:

Για φορητή εσωτερική και εξωτερική λήψη, θεωρείται ότι η κεραία λήψης είναι ομοιοκατευθυντική.

- Antenna gain relative to half wave dipole: G_a = 0 dB
- Feeder loss: L_f = 0 dB
- Location probability: 70% και 95%
- Standard deviation: σ = 5.5 dB για εξωτερική λήψη και 8.3 για εσωτερική.
- Distribution factor: μ ⇒ 0.52 για 70% κάλυψη και 1.64 για 95%
- Location correction factor: C₁ = 2.9 dB για 70% κάλυψη 9 dB για 95% για εξωτερική λήψη και C₁ = 4.3 dB για 70% κάλυψη 13.6 dB για 95% για εσωτερική λήψη

- Height loss: $L_h = 12$ dB
- Building penetration loss: $L_b = 7$ dB

Στην περίπτωση της εσωτερικής λήψης, η λαμβανόμενη ισχύς εξασθενεί σημαντικά αναλόγα με την κατασκευή και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν. Η εν λόγω απώλεια επομένως μπορεί να ποικίλει σημαντικά. Μέχρι να πραγματοποιηθούν περισσότερες μετρήσεις μια τυπική τιμή των 7 dB με τυπική απόκλιση 6dB κρίνεται επαρκής για σχεδιαστικούς σκοπούς.

PORTABLE OUTDOOR		
Frequency	f (MHz)	474
Min. C/N required by system	C/N (dB)	19.3
Min. receiver signal input power	P_{smin} (dBW)	-108.9
Min. equivalent receiver input voltage	U_{smin} (dB μ V)	29.9
Antenna gain relative to half wave dipole	G_a (dB)	0
Effective antenna aperture	A_a (dBm ²)	-12.8
Min. power flux density at receiving location	ϕ_{min} (dBW/m ²)	-96.1
Min. field strength at receiving location	E_{min} (dB μ V/m)	49.7
Allowance for man made noise	P_{mmn} (dB)	0
Height loss	L_h (dB)	12
Location probability: 70%		
Location correction factor	C_l (dB)	2.9
Min. median power flux density at 10m a.g.l. 50% of time and 50% of locations	ϕ_{med} (dBW/m ²)	-81.2
Min. median field strength at 10m a.g.l. 50% of time and 50% of locations	E_{med} (dB μ V/m)	64.6
Location probability: 95%		
Location correction factor	C_l (dB)	9
Min. median power flux density at 10m a.g.l. 50% of time and 50% of locations	ϕ_{med} (dBW/m ²)	-75.0
Min. median field strength at 10m a.g.l. 50% of time and 50% of locations	E_{med} (dB μ V/m)	70.8

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7 Minimum median power flux density και ισοδύναμη minimum median field strength στα 474 MHz και για 70% και 95% πιθανότητα κάλυψης, φορητή εξωτερική λήψη (Class A)

PORTABLE INDOOR		
Frequency	f (MHz)	474
Min. C/N required by system	C/N (dB)	19.3
Min. receiver signal input power	P _{smin} (dBW)	-108.9
Min. equivalent receiver input voltage	U _{smin} (dBμV)	29.9
Antenna gain relative to half wave dipole	G _a (dB)	0
Effective antenna aperture	A _a (dBm ²)	-12.8
Min. power flux density at receiving location	φ _{min} (dBW/m ²)	-96.1
Min. field strength at receiving location	E _{min} (dBμV/m)	49.7
Allowance for man made noise	P _{mmn} (dB)	0
Height loss	L _h (dB)	12
Building penetration loss	L _b (dB)	7
Location probability: 70%		
Location correction factor	C _l (dB)	4.3
Min. median power flux density at 10m a.g.l. 50% of time and 50% of locations	φ _{med} (dBW/m ²)	-72.7
Min. median field strength at 10m a.g.l. 50% of time and 50% of locations	E _{med} (dBμV/m)	73.1
Location probability: 95%		
Location correction factor	C _l (dB)	13.6
Min. median power flux density at 10m a.g.l. 50% of time and 50% of locations	φ _{med} (dBW/m ²)	-63.4
Min. median field strength at 10m a.g.l. 50% of time and 50% of locations	E _{med} (dBμV/m)	82.4

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.8 Minimum median power flux density και ισοδύναμη minimum median field strength στα 474 MHz και για 70% και 95% πιθανότητα κάλυψης, φορητή εσωτερική λήψη (Class B)

Κινητή λήψη:

Για κινητή εξωτερική λήψη, θεωρείται ότι ο δέκτης λαμβάνει το σήμα ενώ κινείται, με κεραία λήψης σε ύψος περίπου 1.5m a.g.l.

- Antenna gain relative to half wave dipole: G_a = 0 dB
- Feeder loss: L_f = 0 dB
- Location probability: 70%, 95% και 99%
- Standard deviation: σ = 5.5 dB για εξωτερική λήψη
- Distribution factor: μ = 0.52 για 70% κάλυψη, 1.64 για 95% και 2.32 για 99%
- Location correction factor: C_l = 2.9 dB για 70% κάλυψη, 9 dB για 95% και 12.8 dB για 99% κάλυψη.
- Height loss: L_h = 12 Db

MOBILE RECEPTION		
Frequency	f (MHz)	474
Min. C/N required by system	C/N (dB)	19.3
Min. receiver signal input power	P _{smin} (dBW)	-108.9
Min. equivalent receiver input voltage	U _{smin} (dBμV)	29.9
Antenna gain relative to half wave dipole	G _a (dB)	0
Effective antenna aperture	A _a (dBm ²)	-12.8
Min. power flux density at receiving location	φ _{min} (dBW/m ²)	-96.1
Min. field strength at receiving location	E _{min} (dBμV/m)	49.7
Allowance for man made noise	P _{mmn} (dB)	0
Height loss	L _h (dB)	12
Location probability: 70%		
Location correction factor	C ₁ (dB)	2.9
Min. median power flux density at 10m a.g.l. 50% of time and 50% of locations	φ _{med} (dBW/m ²)	-81.2
Min. median field strength at 10m a.g.l. 50% of time and 50% of locations	E _{med} (dBμV/m)	64.6
Location probability: 95%		
Location correction factor	C ₁ (dB)	9
Min. median power flux density at 10m a.g.l. 50% of time and 50% of locations	φ _{med} (dBW/m ²)	-75.0
Min. median field strength at 10m a.g.l. 50% of time and 50% of locations	E _{med} (dBμV/m)	70.8
Location probability: 99%		
Location correction factor	C ₁ (dB)	12.8
Min. median power flux density at 10m a.g.l. 50% of time and 50% of locations	φ _{med} (dBW/m ²)	-71.3
Min. median field strength at 10m a.g.l. 50% of time and 50% of locations	E _{med} (dBμV/m)	74.5

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.9 Minimum median power flux density και ισοδύναμη minimum median field strength στα 474 MHz και για 70% , 95% και 99% πιθανότητα κάλυψης, κινητή λήψη

4.5 Προστασία από παρεμβολές²⁴

▪ Επιθυμητά ψηφιακά επίγεια συστήματα

Τα PR για ψηφιακή επίγεια τηλεόραση, είναι κατάλληλα, τόσο για τροποσφαιρική, όσο και για συνεχή παρεμβολή, και αναφέρονται στην κεντρική συχνότητα του επιθυμητού ψηφιακού συστήματος.

Επειδή ο δέκτης ψηφιακής τηλεόρασης πρέπει να λειτουργεί επιτυχώς υπό την παρουσία υψηλού επιπέδου αναλογικών σημάτων, ή κοντινών καναλιών, απαιτείται ένας υψηλός βαθμός front-end γραμμικότητας.

Τα διαστήματα προστασίας για ψηφιακή επίγεια τηλεόραση ως το παρεμβάλον σύστημα είναι εκείνα της περίπτωσης κατά την οποία επιθυμητά και ανεπιθύμητα σήματα δεν είναι συγχρονισμένα και/ή δεν έχουν κοινή πηγή προγράμματος. Αποτελέσματα που σχετίζονται με SFN δεν έχουν εξαχθεί ακόμα.

Για τα DVB-T, τα PR μετρώνται ανάμεσα στους inner και outer codes, πριν την αποκωδικοποίηση Reed Solomon, για $BER = 2 \times 10^{-4}$, το οποίο αντιστοιχεί σε $BER < 1 \times 10^{-11}$ στην είσοδο του αποπολυπλέκτη MPEG-2 και σε, κατά προσέγγιση, ένα αδιόρθωτο λάθος την ώρα. Για οικιακούς δέκτες μπορεί να μην είναι δυνατό να μετρηθεί το BER πριν την αποκωδικοποίηση Reed Solomon. Το BER για αυτές τις περιπτώσεις βρίσκεται υπό μελέτη.

Για να μειωθεί ο αριθμός των μετρήσεων και των πινάκων, προτείνεται οι μετρήσεις για DVB-T να γίνουν για τους τύπους συστήματος που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Όπως παρατηρούμε ο τύπος δικτύου που εμείς θα πραγματοποιήσουμε (*16-QAM 5/6*) δεν είναι ένας από αυτούς. Τιμές για τις άλλες μορφές λειτουργίας, για σταθερή, φορητή ή κινητή λήψη μπορούν να υπολογισθούν από τις μετρηθείσες τιμές. Οι εξισώσεις για τους υπολογισμούς, βρίσκονται ακόμα υπό μελέτη. Αναφέρουμε λοιπόν εδώ τα διαστήματα προστασίας που υπάρχουν και αναμένουμε νέες μετρήσεις.

²⁴ Recommendation ITU-R BT 1368-4 - Planning criteria for digital terrestrial television services in the VHF/UHF bands

Modulation	Code rate	C/N ⁽¹⁾ (dB)	Bit rate ⁽²⁾ (Mbit/s)
QPSK	2/3	6.9	≈ 7
16-QAM	2/3	13.1	≈ 13
64-QAM	2/3	18.7	≈ 20

(1) The figures are given for a Gaussian channel (including a typical implementation margin) for a BER 1×10^{-11}.

(2) For a guard interval of 1/4.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.10 Προτεινόμενες μορφές DVB-T για πραγματοποίηση των μετρήσεων των PR

- **Επιθυμητά αναλογικά επίγεια συστήματα τηλεόρασης**

Τα PR που δίνονται απευθύνονται σε παρεμβολή που προέρχεται από μία μόνο πηγή. Εκτός από όπου αναφέρεται διαφορετικά, τα PR, απευθύνονται σε τροποσφαιρική, T, παρεμβολή, και αντιστοιχούν στενά σε μία ελαφρώς ενοχλητική κατάσταση εξασθένησης. Επιπλέον, θεωρούνται αποδεκτά, μόνο όταν η παρεμβολή συμβαίνει για ένα μικρό ποσοστό του χρόνου, το οποίο δεν είναι αυστηρά καθορισμένο, αλλά γενικά θεωρείται ότι βρίσκεται μεταξύ 1% και 10%. Για αρκετά μη εξασθενημένα ανεπιθύμητα σήματα, είναι απαραίτητο να παρέχεται υψηλότερος βαθμός προστασίας και πρέπει να χρησιμοποιούνται PR, κατάλληλα για συνεχή, C, παρεμβολή.

Όταν το επιθυμητό σήμα είναι αναλογικής τηλεόρασης, δύο ή περισσότερα PR πρέπει να λαμβάνονται υπ'όψιν, ένα για την προστασία του οπτικού σήματος και άλλα για την προστασία των ηχητικών σημάτων. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να χρησιμοποιείται η πιο αυστηρή τιμή. Ιδιαίτερα δυνατά επιθυμητά σήματα εισόδου μπορεί να απαιτούν υψηλότερα PR, εξ'αιτίας μη γραμμικών επιδράσεων στον δέκτη.

Για συστήματα 625-line, τα επίπεδα εξασθένησης αναφοράς, είναι αυτά που ανταποκρίνονται σε ομοκαναλικά (co-channel) PR των 30 dB και 40 dB, όταν χρησιμοποιείται 2/3 αντιστάθμιση γραμμής²⁵. Αυτές οι συνθήκες πλησιάζουν σε

²⁵ Recommendation ITU-R BT.655

βαθμό εξασθένησης 3 (ελαφρά ενοχλητική) και 4 (αντιληπτή, αλλά όχι ενοχλητική) και απευθύνονται σε τροποσφαιρική, T και συνεχή, C, εξασθένηση αντίστοιχα.

▪ **Παράμετροι συνύπαρξης με υπάρχουσες υπηρεσίες**

Ο σχεδιασμός συχνότητας για την εισαγωγή μιας νέας εκπεμπόμενης υπηρεσίας βασίζεται σε δύο κύριες παραμέτρους του συστήματος μετάδοσης: τον σηματοθορυβικό λόγο (Carrier to Noise ratio, C/N) και τα επίπεδα προστασίας από παρεμβολές (Protection ratios, PR), που απαιτούνται για να δώσουν την επιθυμητή ποιότητα στο σήμα που διανέμεται.

Όπως ήδη αναφέραμε, το σύστημα σχεδιάζεται για επίγεια ψηφιακή τηλεόραση, που αρχικά θα λειτουργεί στην υπάρχουσα διανομή του UHF φάσματος για τις αναλογικές μεταδόσεις. Είναι επομένως απαραίτητο να παρέχεται επαρκής προστασία ενάντια στα υψηλά επίπεδα ομοδιαυλικής παρεμβολής (Co-Channel Interference, CCI) και της παρεμβολής από γειτονικά κανάλια (Adjacent-Channel Interference, ACI), που προέρχονται από τις υπάρχουσες PAL/SECAM υπηρεσίες.

Η ισχύς αναφοράς για την αξιολόγηση του PR είναι:

- Για το DVB-T, η μέση ισχύς του COFDM σήματος που μετράται στο εύρος ζώνης του συστήματος
- Για την αναλογική τηλεόραση, γενική, η rms τιμή του οπτικού σήματος at the sync peak, αλλά στην περίπτωση του SECAM L, the peak white level.

Τα PR σχετικά με μία παρεμβολή εκτιμούνται χωρίς τον θόρυβο ή άλλες παρεμβολές και παρουσιάζονται σε dB.

Στην περίπτωση γειτονικών και επικαλυπτόμενων καναλιών οι τιμές του PR αναφέρονται σε εξωκαναλική φασματική εξασθένιση ύψους 40dB. Η σταθερά αυτή των 40dB χρησιμοποιείται μόνο για μετρήσεις και δεν ενδεικνύεται για πραγματικούς πομπούς DVB-T.

4.5.1 PR για επιθυμητό επίγειο σήμα DVB-T

4.5.1.1 Προστασία DVB-T από ανεπιθύμητο DVB-T σήμα

1. Ομοδιαυλική παρεμβολή DVB-T

Modulation	Code rate	Gaussian Channel	Rice channel	Rayleigh channel
QPSK	1/2	5	6	8
QPSK	2/3	7	8	11
16-QAM	1/2	10	11	13
16-QAM	2/3	13	14	16
16-QAM	3/4	14	15	18
64-QAM	1/2	16	17	19
64-QAM	2/3	19	20	23
64-QAM	3/4	20	21	25

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.11 PR (dB) για ομοδιαυλική προστασία DVB-T από DVB-T

PR για τις διάφορες παραμέτρους και για τα διαφορετικά κανάλια (Gaussian, Rice, Rayleigh), μπορούν να εξαχθούν από το ζητούμενο C/N που δίνεται στον ΠΙΝΑΚΑ 3, αυξανόμενα κατά έναν παράγοντα απώλειας εγκατάστασης του συστήματος, Δ_1 τάξης 3dB.

2. Παρεμβολή από γειτονικά και οπτικά κανάλια

Στην περίπτωση αυτή, γίνεται η υπόθεση ότι ένα διάστημα προστασίας -30dB είναι επαρκής τιμή, καθώς δεν υπάρχουν στοιχεία. Επιπλέον η τιμή αυτή αντιστοιχεί τόσο σε τροποσφαιρική, όσο και σε συνεχή παρεμβολή.

Channel	N-1	N+1
PR (dB)	-30	-30

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.12 PR (dB) για προστασία DVB-T από γειτονικά κανάλια

3. **Επικαλυπτόμενα κανάλια**

Λόγω της έλλειψης πληροφοριών από μετρήσεις, το PR για κανάλια που επικαλύπτονται, μπορεί να εξαχθεί από το αντίστοιχο της ομοδιαυλικής παρεμβολής σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

$$\mathbf{PR = PR(CCI) + 10 \log_{10} (BO/BW)}$$

όπου:

- PR(CCI) είναι το PR ομοδιαυλικής παρεμβολής
- BO είναι το εύρος ζώνης (σε MHz) στο οποίο τα δύο DVB-T σήματα επικαλύπτονται
- BW είναι το εύρος ζώνης (σε MHz) του επιθυμητού σήματος
- Όταν $PR < -30$ dB σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση, πρέπει να χρησιμοποιείται η τιμή $PR = -30$ dB

4.5.1.2 Προστασία DVB-T από αναλογικά επίγεια σήματα

Σε όλους τους πίνακες χρησιμοποιούνται καταστάσεις μη ελεγχόμενης συχνότητας. Με τη χρήση ακριβούς τοποθέτησης ελεγχόμενης συχνότητας μπορούν να προκύψουν χαμηλότερες τιμές προστασίας.

1. Ομοδιαυλική παρεμβολή ενός 8MHz DVB-T σήματος από σήμα αναλογικής τηλεόρασης (μη ελεγχόμενης συχνότητας)

Modulation	Code rate	Gaussian channel	Rice channel	Rayleigh channel
QPSK	1/2	-12		-12
QPSK	2/3	-8		-8
QPSK	3/4	-4		
QPSK	5/6	3		
QPSK	7/8	9		
16-QAM	1/2	-8		-8
16-QAM	2/3	-3		3
16-QAM	3/4	0		5
16-QAM	5/6	9		
16-QAM	7/8	16		
64-QAM	1/2	-3		3
64-QAM	2/3	3		6
64-QAM	3/4	9		15
64-QAM	5/6	15		
64-QAM	7/8	20		

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.13 PR (dB) για ομοδιαυλική παρεμβολή DVB-T από αναλογικό σήμα

Οι PAL/SECAM τιμές ισχύουν για όλες τις μορφές ηχητικών φερόντων που ισχύουν στην Ευρώπη, οι οποίες είναι:

- MONO FM με ένα μονό ηχητικό φέρον στα -10dB σε σχέση με το οπτικό σήμα,
- DUAL FM και FM + NICAM με δύο ηχητικά φέροντα στα -13 dB και στα -20 dB,
- AM + NICAM με δύο ηχητικά φέροντα στα -10 dB και στα -27 dB αντίστοιχα.

Οι τιμές του ΠΙΝΑΚΑ αντιπροσωπεύουν την υπάρχουσα γνώση της συμπεριφοράς του DVB-T συστήματος και προέκυψαν από περιορισμένο αριθμό μετρήσεων, κυρίως σε συστήματα 2k, και εφαρμόζονται τόσο σε 2k, όσο και σε 8k συστήματα.

Πραγματικές μετρήσεις των PR θα εκφράσουν την κυκλική μεταβολή που συμβαίνει όταν η αντιστάθμιση μεταξύ ενός επιθυμητού DVB-T σήματος και ενός ανεπιθύμητου αναλογικού σήματος ποικίλει σε ένα εύρος συχνοτήτων ισοδύναμο με το διάστημα μεταξύ των φερόντων COFDM συστημάτων.

Οι τιμές που δίνονται αντιπροσωπεύουν συντηρητικές, αλλά ρεαλιστικές τιμές που καλύπτουν την αναμενόμενη απόδοση αντιστάθμισης υπαρκτών δεκτών. Η υιοθέτηση fine αντιστάθμισης μεταξύ σημάτων COFDM και παρεμβαλόντων αναλογικών σημάτων θα επιτρέψει την βελτίωση του PR, μέχρι 3dB. Η απαιτούμενη σταθερότητα της εκπεμπόμενης συχνότητας, είναι περίπου $\pm 1\text{Hz}$. Τέλος όλες οι τιμές μπορούν να απευθυνθούν σε σταθερή και φορητή κατάσταση λήψης.

2. Παρεμβολή από γειτονικά και οπτικά κανάλια

Κάτω γειτονικό κανάλι (n-1)

Wanted signal		Unwanted signal
Constellation	Code rate	PAL G
QPSK	1/2	-44
QPSK	2/3	-44
16-QAM	1/2	-43
16-QAM	2/3	-42
16-QAM	3/4	-38
64-QAM	1/2	-40
64-QAM	2/3	-35
64-QAM	3/4	-32

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.14 PR (dB) για παρεμβολή ενός DVB-T από το κάτω γειτονικό αναλογικό κανάλι (n-1)

Άνω γειτονικό κανάλι (n+1)

Wanted signal		Unwanted signal
Constellation	Code rate	PAL/SECAM
QPSK	2/3	-47
16-QAM	2/3	-43
64-QAM	2/3	-38

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.15 PR (dB) για παρεμβολή ενός DVB-T 8MHz από το άνω γειτονικό αναλογικό κανάλι (n+1)

3. Επικαλυπτόμενα κανάλια²⁶

Η διαφορά συχνότητας Δf είναι η συχνότητα του οπτικού φέροντος του αναλογικού σήματος μείον την κεντρική συχνότητα του DVB-T σήματος.

Wanted signal: DVB-T, 8 MHz (ITU-M3, 64-QAM rate 2/3)													
Δf (MHz)	-10.25	-9.75	-9.25	-8.75	-7.25	-3.45	-3.25	-2.25	-1.25	0	1.75	2.75	4.25
PR	-35	-12	-11	-5	-3	-1	4	1	0	2	-5	-5	-36

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.16 PR (dB) για παρεμβολή DVB-T από αναλογικό σήμα τηλεόρασης 8MHz που συμπεριλαμβάνει ήχο

4.5.1.3 Προστασία DVB-T σήματος από CW ή FM σήματα

Wanted signal: DVB-T, 8 MHz, 64-QAM, code rate 2/3							
Δf (MHz)	-12	-4.5	-3.9	0	3.9	4.5	12
PR	-38	-33	-3	-3	-3	-33	-38

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.17 PR (dB) για παρεμβολή DVB-T από CW ή FM φέροντα (μη ελεγχόμενη αντιστάθμιση συχνότητας)

²⁶ Τα διαστήματα προστασίας για την περίπτωση των επικαλυπτόμενων καναλιών είναι προσωρινά και θα χρειαστεί να εγκριθούν από την ITU-R

4.5.1.4 Προστασία DVB-T σήματος από T-DAB.

Wanted signal DVB-T		PR ²⁷
Constellation	Code rate	
QPSK	1/2	10
QPSK	2/3	12
QPSK	3/4	14
16-QAM	1/2	15
16-QAM	2/3	18
16-QAM	3/4	20
64-QAM	1/2	20
64-QAM	2/3	24
64-QAM	3/4	26
64-QAM	7/8	31

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.18 PR (dB) για παρεμβολή σήματος DVB-T 8MHz από σήμα T-DAB

Channel	$N - 1$	$N + 1$
PR (dB)	-30	-30

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.19 PR (dB) για παρεμβολή σήματος DVB-T 8MHz από σήμα T-DAB στα άνω (N+1) και κάτω (N-1) γειτονικά κανάλια

4.5.2 PR αναλογικής τηλεόρασης από DVB-T

Οι τιμές του PR που παρατίθενται, αντιστοιχούν σε παρεμβολή που προκαλείται από μια μόνο πηγή. Στην περίπτωση αυτή τα PR ενός επιθυμητού αναλογικού σήματος που παρεμβάλεται από ανεπιθύμητο ψηφιακό σήμα αντιστοιχούν μόνο στην παρεμβολή στο οπτικό και χρωματικό σήμα, και όχι στο ηχητικό. Τα δοθέντα PR σχετίζονται με εξασθένηση εκτός φάσματος του ανεπιθύμητου DVB-T σήματος 40dB.

Η τροποσφαιρική παρεμβολή ανταποκρίνεται σε εξασθένηση βαθμού 3 (grade 3), που σημαίνει αποδεκτή για ένα μικρό ποσοστό του χρόνου ανάμεσα σε 1% και 10%. Η συνεχής παρεμβολή ανταποκρίνεται σε εξασθένηση βαθμού 4, δηλαδή, αποδεκτή για 50% του χρόνου.

²⁷ Τα διαστήματα προστασίας που δίνονται αντιπροσωπεύουν την χειρότερη περίπτωση παρεμβολής DVB-T σημάτων από T-DAB.

Οι παρακάτω πίνακες δείχνουν τα PR ενός επιθυμητού 625-γραμμών αναλογικού σήματος τηλεόρασης από ένα DVB-T σήμα. Γίνεται αναφορά μόνο στα PAL G συστήματα, καθώς αυτά χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα.

1. Ομοδιαυλική παρεμβολή

Wanted analogue system	Tropospheric interference	Continuous interference
PAL G	34	40

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.20 PR (dB) για παρεμβολή ενός αναλογικού οπτικού σήματος από DVB-T σήμα 8Μηz

2. Παρεμβολή από γειτονικά και οπτικά κανάλια

Κάτω γειτονικό κανάλι (n-1)

Wanted analogue system	Tropospheric interference	Continuous interference
PAL G	-9	-5

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.21 PR (dB) για παρεμβολή ενός αναλογικού οπτικού σήματος από το κάτω γειτονικό κανάλι DVB-T 8MHz

Άνω γειτονικό κανάλι (n+1)

Wanted analogue system	Tropospheric interference	Continuous interference
PAL G	-8	-5

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.22 PR (dB) για παρεμβολή ενός αναλογικού οπτικού σήματος από το άνω γειτονικό κανάλι DVB-T 8MHz

Οπτικό κανάλι

Wanted analogue system	Unwanted DVB channel	Tropospheric interference	Continuous interference
PAL G	N+9	-19	-15

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.23 PR (dB) για παρεμβολή ενός αναλογικού οπτικού σήματος από οπτικό κανάλι DVB-T 8MHz

3. Επικαλυπτόμενα κανάλια

Κεντρική συχνότητα του ανεπιθύμητου DVB-T σήματος μείον τη συχνότητα του οπτικού φέροντος του επιθυμητού αναλογικού σήματος (MHz)	Protection ratio	
	Tropospheric interference ⁽²⁾	Continuous interference ⁽²⁾
-8.25	-16	-11
(N - 1) -5.25	-9	-5
-4.75	-4	3
-4.25	12	20
-3.75	24	30
-3.25	29	36
-2.25	33	39
-1.25	34	40
(N) 2.75	34	40
4.75	34	39
5.75	30	37
6.75	27	34
7.75	25	32
8.75	5	11
(N + 1) 9.75	-8	-5
12.75	-8	-5

(1) For all SECAM systems similar values are expected. The values are still under study.

(2) The values for tropospheric and continuous interference have been arrived at from Table 33 by calculation.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.24 PR (dB) για παρεμβολή ενός αναλογικού οπτικού σήματος PAL G από επικαλυπτόμενο σήμα DVB-T 8MHz

4.5.3 PR ηχητικών σημάτων αναλογικής τηλεόρασης από DVB-T.

Στο σημείο αυτό, όλες οι τιμές που δίνονται αναφέρονται στο επίπεδο του ηχητικού σήματος.

Ο σηματοθυροβικός λόγος αναφοράς (S/N, peak-to-peak weighted) για αναλογικά ηχητικά σήματα είναι:

- 40dB για τροποσφαιρική παρεμβολή (προσεγγίζει την εξασθένηση βαθμού 3),
- 48dB για συνεχή παρεμβολή (προσεγγίζει την εξασθένηση βαθμού 2).

Το επίπεδο αναφοράς του FM ηχητικού σήματος αντιστοιχεί σε μέγιστη απόκλιση συχνότητας ± 50 kHz

Τα bit-error-rates αναφοράς για NICAM ψηφιακή σήματα είναι:

- 1×10^{-4} για τροποσφαιρική παρεμβολή (προσεγγίζει την εξασθένηση βαθμού 3),
- 1×10^{-5} για συνεχή παρεμβολή (προσεγγίζει την εξασθένηση βαθμού 4).

Στην περίπτωση μετάδοσης με δύο ηχητικά φέροντα, κάθε ένα από τα δύο σήματα πρέπει να το λάβουμε υπ'οψη ξεχωριστά.

Wanted sound signal		Interfering signal: DVB-T 8MHz
NICAM PAL G	Tropospheric	4
	Continuous	5

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.25 PR (dB) για παρεμβολή ενός ηχητικού σήματος NICAM, PAL G από σήμα DVB-T 8MHz

Protection ratio related to the wanted sound carrier	Centre frequency of the DVB-T signal minus sound carrier frequency		
	With negative offset	No offset	With positive offset
	4.250 – 0.166 MHz = 4.084 MHz	4.250 MHz	4.250 + 0.166 MHz = 4.416 MHz
Tropospheric case	-1	-2	-4
Continuous case	+1	0	-2

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.26 PR (dB) για παρεμβολή ενός ηχητικού σήματος AM από σήμα DVB-T 8MHz για διαφορετικές αντισταθμίσεις συχνότητας στο άνω γειτονικό κανάλι (N+1)

4.5.4 PR T-DAB από DVB-T.

	Wanted signal: DVB-T, 8 MHz, 64-QAM, code rate 2/3								
Δf (MHz)	-5	-4.2	-4	-3	0	3	4	4.2	5
PR	-50	-1	0	1	1	1	0	-1	-50

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.27 PR (dB) για παρεμβολή σήματος T-DAB από σήμα DVB-T 8MHz

4.6 Φασματική μάσκα²⁸

4.6.1 Συμμετρική φασματική μάσκα DVB-T στα 8MHz

Για επίγειους πομπούς ψηφιακής τηλεόρασης που χρησιμοποιούν γειτονικά κανάλια άλλων υπηρεσιών, η φασματική μάσκα μπορεί να μη παρέχει αρκετή εξασθένηση στην πλευρά του ψηφιακού καναλιού που πέφτει μέσα στο εύρος συχνοτήτων της γειτονικής υπηρεσίας.

Σε τέτοιες περιπτώσεις, πρέπει να καθοριστούν ειδικές φασματικές μάσκες, βασισμένες στα χαρακτηριστικά της άλλης υπηρεσίας και στην απόσταση μεταξύ του ψηφιακού πομπού και της περιοχής κάλυψης της γειτονικής υπηρεσίας. Πρέπει, επιπλέον, να έχουμε υπ'οψη ότι φίλτρα φασματικής μάσκας που παρουσιάζουν υψηλότερη εξασθένηση κοντά στο κανάλι ψηφιακής τηλεόρασης, θα είναι πολύ ακριβά και θα εισάγουν υψηλότερη απώλεια εισαγωγής.

Παρακάτω παρουσιάζονται δύο συμμετρικές φασματικές μάσκες. Αυτή με την πλευρική εξασθένηση 40dB αντιστοιχεί σε μη κρίσιμες περιπτώσεις, ενώ αυτή με 50dB σε κρίσιμες.

Η μάσκα για μη κρίσιμες περιπτώσεις πρέπει επίσης να χρησιμοποιηθεί στις μετρήσεις για την εξαγωγή των διαστημάτων προστασίας της αναλογικής τηλεόρασης από DVB-T σήματα.

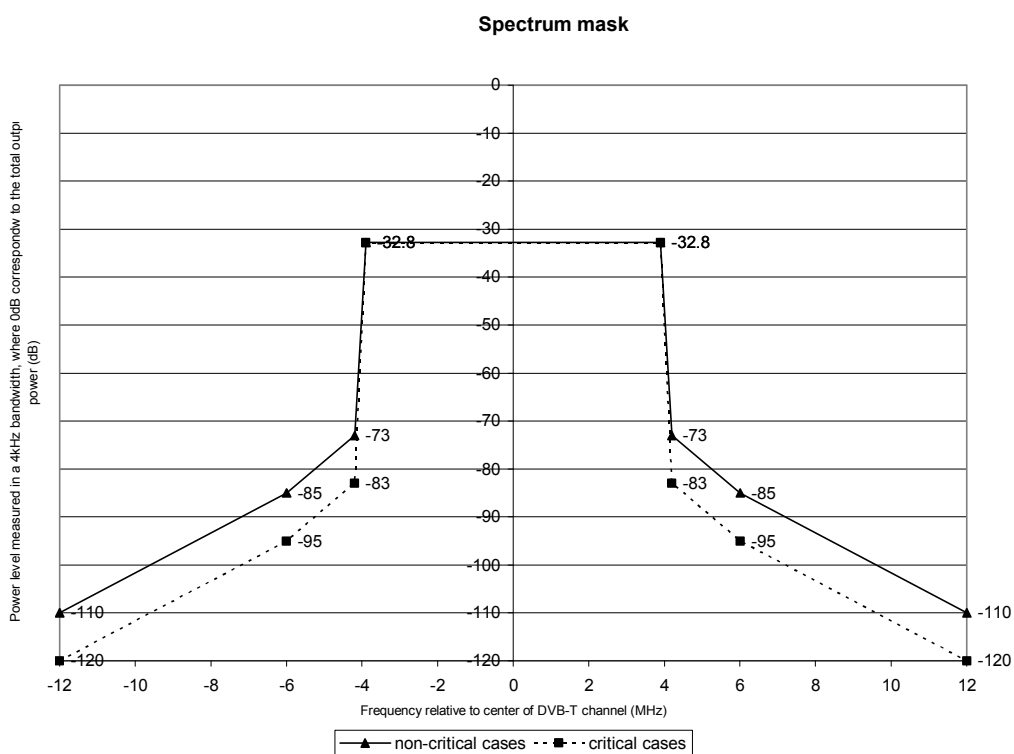
Το σχήμα των φασματικών μασκών στηρίχθηκε στις παρακάτω παραδοχές:

- Στο φάσμα 7.6 MHz ενός COFDM σήματος για κανάλι 8 MHz
- Στην απόκριση πλάτους ενός IF-SAW φίλτρου
- Στο ότι ο ενισχυτής ισχύος του πομπού προκαλεί ενδοδιαμόρφωση εκτός του καναλιού, τιμή η οποία εξαρτάται από την αποδεκτή ενδοδιαμόρφωση εντός του καναλιού
- Η μάσκα για κρίσιμες περιπτώσεις περιλαμβάνει επίσης την απόκριση πλάτους the ενός six-cavity ζωνοπερατού φίλτρου στην έξοδο του πομπού

²⁸ Chapter 3

	Non-critical cases	Critical cases
Relative frequency (MHz)	Relative level (dB)	Relative level (dB)
-12	-110	-120
-6	-85	-95
-4.2	-73	-83
-3.9	-32.8	-32.8
3.9	-32.8	-32.8
4.2	-73	-83
6	-85	-95
12	-110	-120

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.28 Σημεία συμμετρικής φασματικής μάσκας DVB-T



ΣΧΗΜΑ 4.2 Σημεία συμμετρικής φασματικής μάσκας DVB-T

4.6.2 Μη συμμετρική φασματική μάσκα DVB-T στα 8MHz

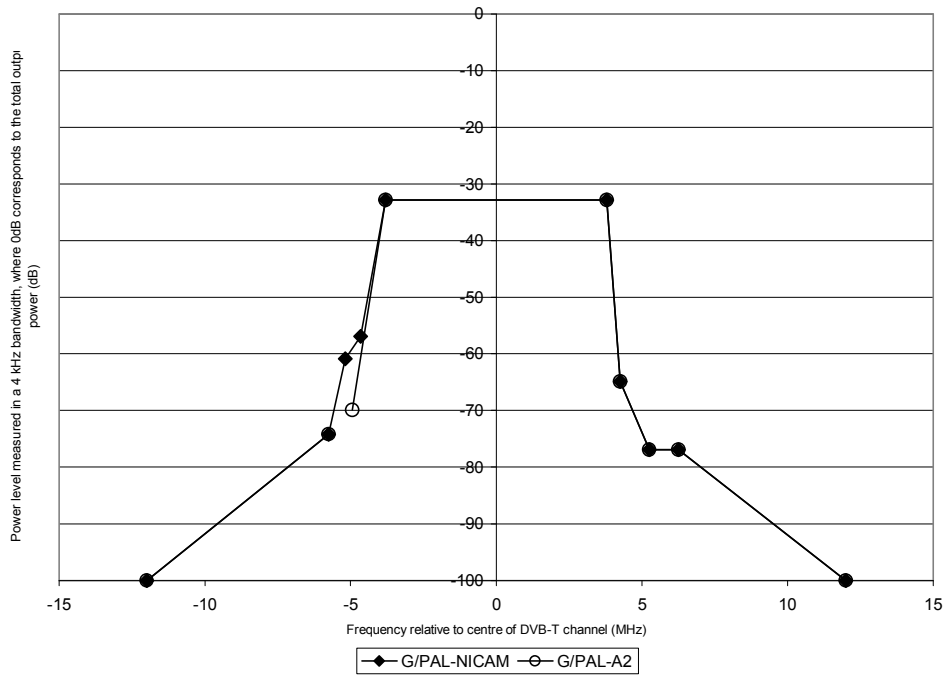
Στην αρχική φάση εγκατάστασης της ψηφιακής τηλεόρασης, θα πρέπει να βρεθούν κανάλια, κυρίως ανάμεσα σε αυτή που ήδη χρησιμοποιούνται για αναλογική τηλεόραση. Σε ορισμένες περιπτώσεις, επομένως, θα είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν κανάλια γειτονική σε αυτά της αναλογικής τηλεόρασης. Για να αποφευχθεί η παρεμβολή στην αναλογική τηλεόραση, είναι σημαντικό να μειωθούν οι εκπομπές εκτός καναλιού όσο το δυνατό περισσότερο. Αυτό οδηγεί σε μια ανάγκη για καθορισμένες φασματικές μάσκες για τους ψηφιακούς πομπούς.

Οι φασματικές μάσκες που δίνονται παρακάτω επιτρέπουν σε ένα ψηφιακό πομπό να χρησιμοποιήσει κανάλι, γειτονικό σε αυτό αναλογικού πομπού τηλεόρασης, με την υπόθεση ότι βρίσκονται στην ίδια θέση και εκπέμπουν την ίδια ακτινοβολούμενη ισχύ. Αν οι ισχείς δεν είναι ίδιες, μπορεί να εφαρμοσθεί ανάλογη διόρθωση.

G/PAL NICAM		G/PAL A2	
Relative frequency (MHz)	Relative level (dB)	Relative frequency (MHz)	Relative level (dB)
-12	-100	-12	-100
-5.75	-74.2	-5.75	-74.2
-5.185	-60.9	-5.185	Not available
Not available	Not available	-4.94	-69.9
-4.65	-56.9	Not available	Not available
-3.8	-32.8	-3.8	-32.8
3.8	-32.8	3.8	-32.8
4.25	-64.9	4.25	-64.9
5.25	-76.9	5.25	-76.9
6.25	-76.9	6.25	-76.9
12	-100	12	-100

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.29 Σημεία μη συμμετρικής φασματικής μάσκας DVB-T

Asymmetrical spectrum mask



ΣΧΗΜΑ 4.3 Μη συμμετρική φασματική μάσκα DVB-T

5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ

5.1 Κριτήρια

Στο προηγούμενο κεφάλαιο υπολογίσθηκαν οι παράμετροι του συστήματος που θα πραγματοποιήσαμε. Προχωρώντας τώρα στο σχεδιασμό του δικτύου με το πρόγραμμα EDX, έκδοση MSITE, βασιστήκαμε στα παρακάτω κριτήρια.

▪ **Field strength**

Ο σχεδιασμός έγινε για ελάχιστη ισχύ λήψης στον δέκτη (minimum median field strength at 10m a.g.l. 50% of time, 50% of locations), ίση με 46.9 dBμV/m, η οποία αντιστοιχεί σε σταθερή λήψη και κάλυψη του 95% της περιοχής. Επιλέξαμε αυτή την παράμετρο ως αρχικό στάδιο για την μετάβαση από αναλογική τηλεόραση. Στη συνέχεια, μετά την εγκατάσταση της σταθερής λήψης και κατόπιν εμπειρίας και μετρήσεων, μπορεί να τεθεί σε εφαρμογή, τόσο η φορητή, όσο και η κινητή λήψη.

▪ **Απόσταση πομπών**

Το δίκτυο που θα υλοποιήσουμε είναι ένα SFN μεγάλης περιοχής, επομένως οι κύριοι σταθμοί, ισχύος πάνω από 10kW θα απέχουν μεταξύ τους απόσταση περίπου 50 km, έτσι ώστε να αποφεύγεται και η ενδογενής παρεμβολή, σύμφωνα με το GI που επιλέχθηκε, ενώ όπου κρίνεται απαραίτητο θα τοποθετούνται gap-fillers χαμηλής ισχύος σε μικρότερες μεταξύ τους αποστάσεις.

▪ **Protection Ratios**

Λάβαμε επίσης υπόψη τα ποσοστά προστασίας ενάντια στην ενδογενή παρεμβολή, τα οποία χρησιμοποιήσαμε κατά τον έλεγχο της ενδογενούς παρεμβολής στην περίπτωση κατά την οποία ένα σήμα έφτανε στο δέκτη αφού είχε περάσει η διάρκεια του διαστήματος φύλλαξης.

▪ Κανάλι εκπομπής

Για την μετάδοση επιλέχτηκε το κανάλι 21, εύρους 8 MHz στα 470 με 478 MHz, ως το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο από την ΕΡΤ. Έτσι ο σχεδιασμός έγινε για την κεντρική συχνότητα 474 MHz.

▪ Μοντέλο διάδοσης

Το μοντέλο για τον υπολογισμό των απωλειών που χρησιμοποιήθηκε είναι το **Hata-extended/Epstein -Peterson diffraction**, το οποίο διαφέρει από το Hata κατά το ότι περιέχει και στοιχεία ανωμαλιών εδάφους. Δύο εναλλακτικές μορφές εφαρμόστηκαν, ανάλογα με την περιοχή: αστική και ημιαστική κάλυψη.

Οι προδιαγραφές της μεθόδου αυτής είναι:

- Συχνότητα f : 100-1500 MHz
- Απόσταση d : 1-20Km
- Ύψος κεραίας πομπού h_T : 30-200m
- Ύψος κεραίας δέκτη h_R : 1-10m

Η σχέση υπολογισμού των απωλειών διάδοσης είναι²⁹:

$$L = 69.55 + 26.16 \log f - 13.82 \log h_T - a(h_R) + (44.9 - 6.55h_T) \log d$$

όπου:

$$a(h_T) = 32(\log 11.75h_R)^2 - 4.97 \text{ για αστική περιοχή και } f > 400 \text{ MHz}$$

$$a(h_T) = (1.1 \log f - 0.7)h_R - (1.56 \log f - 0.8) \text{ για ημιαστική περιοχή}$$

και:

f σε MHz

h_T σε m

h_R σε m

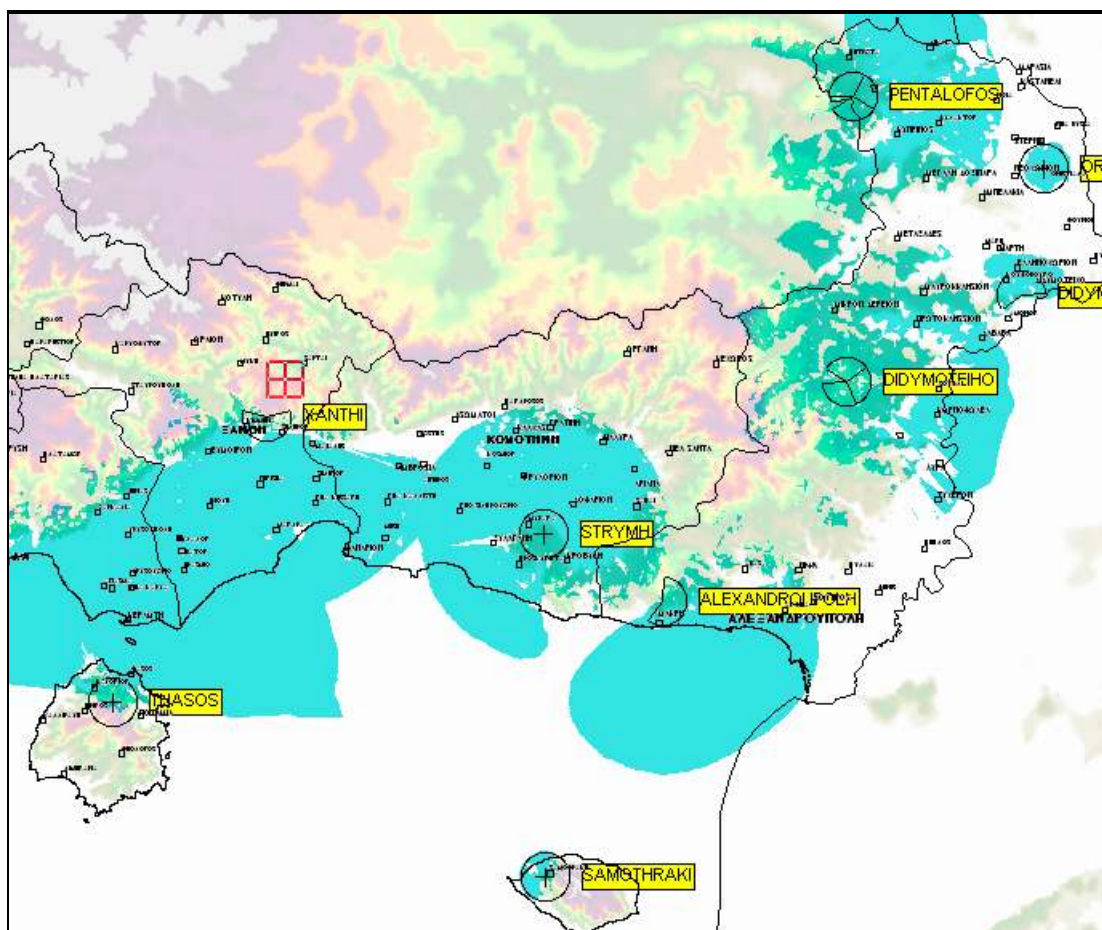
d σε Km

²⁹ ΚΙΝΗΤΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ, ΜΟΝΤΕΛΑ ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗΣ, ΦΙΛΛΙΠΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ, 9/2002

5.2 Δίκτυο ανά περιοχή

5.2.1 Θράκη

Από το παρακάτω σχήμα παρατηρούμε ότι η περιοχή της Θράκης έχει καλυφθεί σε μεγάλο ποσοστό, με εξαίρεση κάποιες ορεινές και αραιοκατοικημένες περιοχές, στις οποίες θα χρειαστεί εκτενέστερη μελέτη.



ΣΧΗΜΑ 5.1 Ραδιοκάλυψη Θράκης

5.2.1.1 Νομός Έβρου

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού	Αζιμούθιο (°)	
	Βόρεια			Ανατολικά								
ALEXANDROUPOLEH	40	53	0	25	44	52	501	5012	461.2	30	110	
DIDYMOTEIHO	41	12	19	26	6	49	501	5012	615.4	50	50	160
PENTALOFOS	41	37	51	26	8	9	501	5012	455.8	30	15	135
DIDYMOTEIHO	41	19	50	26	27	40	50	501	186.1	50	340	
ORESTIADA	41	31	7.15	26	30	39.87	50	501	57.9	50		
SAMOTHRAKI	40	28	30	25	31	0	2	20	291.8	30		

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1 Κεραίες νομού Έβρου

Στο νομό Έβρου τοποθετήθηκαν 6 σταθμοί. Από τους σταθμούς αυτούς, οι πέντε βρίσκονται σε ιστό που υπάρχει σήμερα, ενώ κρίθηκε απαραίτητο να τοποθετηθεί ένας επιπλέον για την κάλυψη της ευρύτερης περιοχής του Διδυμοτείχου.

Σύμφωνα με τα στοιχεία που έχουμε λάβει από την ΕΡΤ, για την αναλογική τηλεόραση χρησιμοποιούνταν ήδη 35 σταθμοί με e.r.p από 5W, μέχρι 40kW. Όπως παρατηρούμε από τον πίνακα 5.1, η ισχύς έχει μειωθεί σημαντικά.

Ένα ιδιαίτερο στοιχείο που παρατηρείται στην περιοχή αυτή είναι ο παρεμβολές με τις γειτονικές χώρες. Με χρήση κατευθυντικών κεραιών προσπαθήσαμε να μειώσουμε όσο το δυνατόν το φαινόμενο αυτό, παρόλα αυτά, όπως φαίνεται και από το σχήμα, υπάρχουν σταθμοί που εκπέμπουν εκτός συνόρων. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος χρειάζεται πιο προσεκτική μελέτη και διεξαγωγή μετρήσεων.

5.2.1.2 Νομός Ροδόπης

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού
	Βόρεια			Ανατολικά						
STRYMH	40	59	6.39	25	30	57	100	1000	501.2	30

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2 Κεραίες νομού Ροδόπης

Στο νομό Ροδόπης τοποθετήθηκε ένας μόνο σταθμός, που αποτελεί ήδη υπάρχοντα σταθμό της αναλογικής τηλεόρασης. Δεν κρίθηκε απαραίτητο να τοποθετηθούν άλλοι σταθμοί, καθώς το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού καλύφθηκε από την κεραία αυτή, καθώς και από κεραιές γειτονικών νομών. Στην περιοχή αυτή η αναλογική τηλεόραση λειτουργεί με 7 κεραιές χαμηλής ισχύος. Εμείς επιλέξαμε να μειώσουμε τον αριθμό των πομπών, με τίμημα την αύξηση της ισχύος.

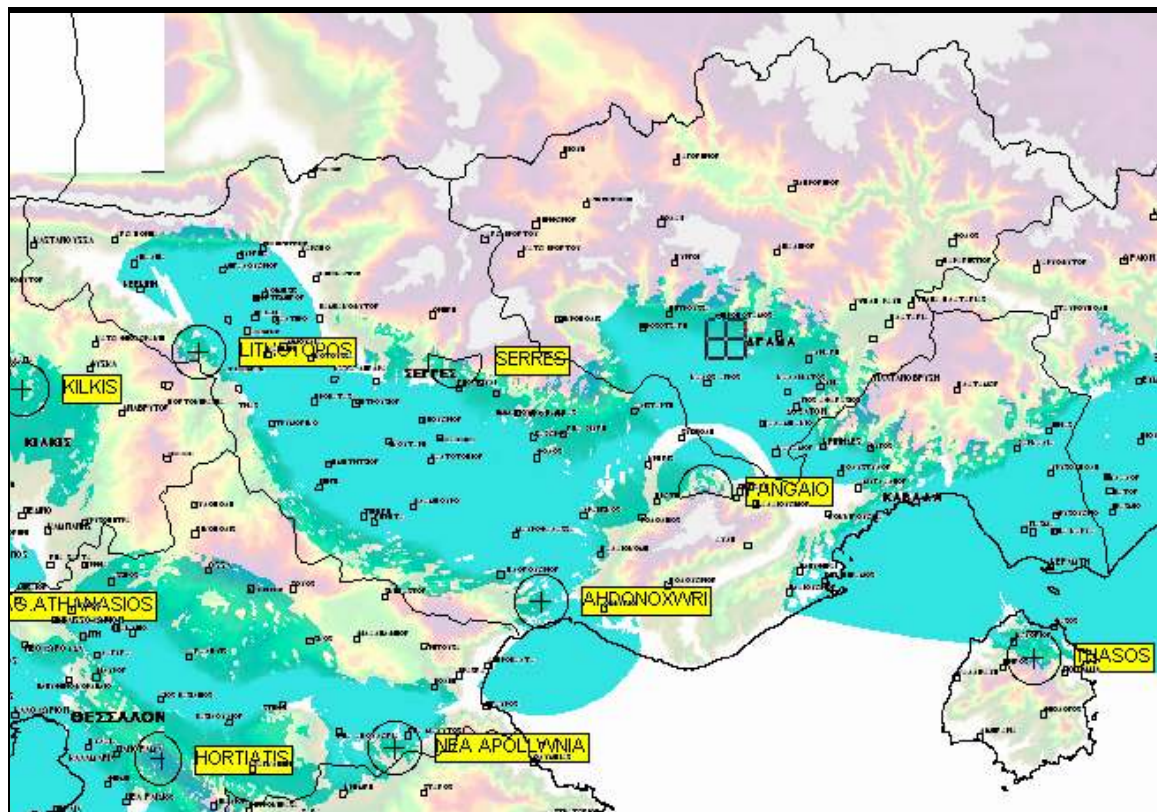
5.2.1.3 Νομός Ξάνθης

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού	Αζιμούθιο (°)
	Βόρεια			Ανατολικά							
XANTHI	41	9	30	24	58	20	501	5012	626	30	180

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3 Κεραίες νομού Ξάνθης

Στο νομό Ξάνθης τοποθετήθηκε ένα μόνο σταθμός, σε νέα τοποθεσία, που κρίθηκε καταλληλότερη. Οι κεραίες της αναλογικής τηλεόρασης στην περιοχή είναι 26 με e.r.p. από 1 έως 267 W. Και στην περιοχή αυτή κρίθηκε σκόπιμο να μειωθεί ο αριθμός των πομπών και να καλυφθεί από μία κεραία υψηλότερης ισχύος το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού.

5.2.2 Μακεδονία



ΣΧΗΜΑ 5.2 Ραδιοκάλυψη Μακεδονίας (1)

5.2.2.1 Νομός Καβάλας

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού	Αζιμούθιο (°)
	Βόρεια			Ανατολικά							
THASOS	40	44	0	24	40	20	501	5012	847.8	30	
PANGAIO	40	57	19	24	5	10	100	1000	1084.3	30	0

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4 Κεραίες νομού Καβάλας

Στο νομό Καβάλας τοποθετήθηκαν δύο κεραίες, και οι δύο σε ήδη υπάρχοντες ιστούς. Οι ήδη τοποθετημένες κεραίες της αναλογικής τηλεόρασης είναι 16, ενώ δύο ακόμα είναι προγραμματισμένες για εγκατάσταση. Εμείς χρησιμοποιήσαμε τους δύο ισχυρότερους πομπούς, με e.r.p. 10 και 30 kW αντίστοιχα, την οποία μειώσαμε σημαντικά.

5.2.2.2 Νομός Δράμας

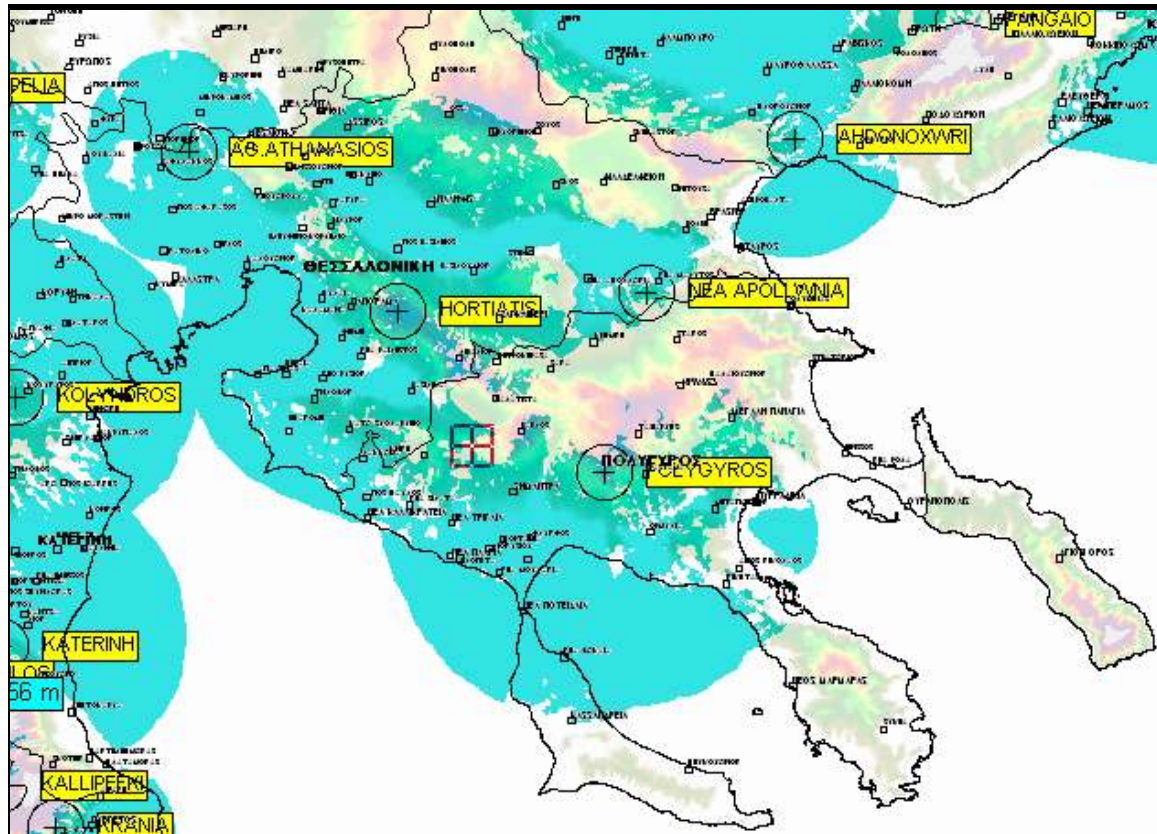
Στο νομό Δράμας, δεν χρειάστηκε να τοποθετηθεί πομπός, καθώς η κάλυψη θεωρήθηκε επαρκής από το νομό της Καβάλας (σταθμός PANGAIO). Έτσι δεν χρησιμοποιήθηκε κανένας από τους 12 ιστούς της αναλογικής τηλεόρασης.

5.2.2.3 Νομός Σερρών

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού	Αζιμούθιο (°)
	Βόρεια			Ανατολικά							
AHDONOXWRI	40	48	18.93	23	47	45.02	100	1000	327.8	30	
LITHOTOPOS	41	8	1.16	23	10	44.37	50	501	524.5	30	
SERRES	41	7	34	23	38	10	50	501	704.7	30	180

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5 Κεραίες νομού Σερρών

Στο νομό Σερρών η κάλυψη πραγματοποιήθηκε με τρεις κεραίες. Οι ήδη υπάρχουσες κεραίες από την αναλογική τηλεόραση είναι 12 με e.r.p. έως 3 kW. Χρησιμοποιήσαμε αυτή με τη μεγαλύτερη ισχύ, την οποία μειώσαμε κατά μεγάλο ποσοστό, και εισαγάγαμε δύο ακόμα για την επαρκή κάλυψη της περιοχής.



ΣΧΗΜΑ 5.3 Ραδιοκάλυψη Μακεδονίας (2)

5.2.2.4 Νομός Θεσσαλονίκης

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού
	Βόρεια			Ανατολικά						
AG.ATHANASIOS	40	47	14	22	45	23	1000	10000	250.9	80
HORTIATIS	40	34	54	23	6	58	501	5012	1183.3	40
NEA APOLLWNIA	40	34	15	23	32	28.69	50	501	398.3	30

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6 Κεραίες νομού Θεσσαλονίκης

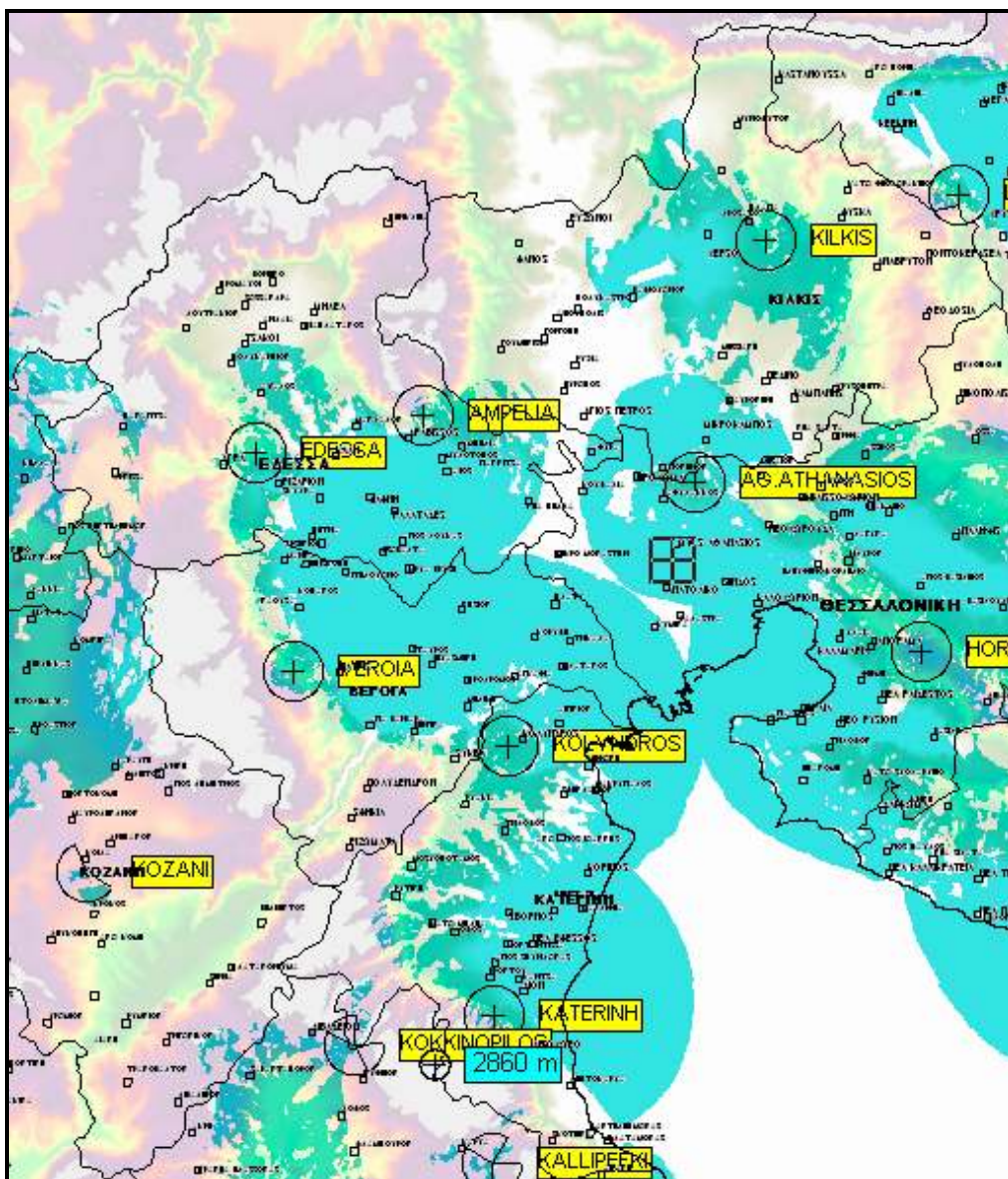
Στο νομό Θεσσαλονίκης, ο οποίος αποτελεί και τον πιο πολυπληθέστερο νομό της βόρειας Ελλάδας, τοποθετήθηκαν τρεις κεραίες, εκ των οποίων οι δύο βρίσκονται στους ιστούς με τη μεγαλύτερη ισχύ της αναλογικής τηλεόρασης. Η ΕΡΤ στο νομό Θεσσαλονίκης έχει ήδη 7 σταθμούς και σχεδιάζονται για εγκατάσταση άλλοι τρεις. Οι μεγαλύτεροι σε ισχύ σταθμοί έχουν e.r.p. 8 και 30 kW αντίστοιχα, ενώ εμείς τη μειώσαμε αρκετά, έχοντας όμως κάλυψη επαρκώς την πόλη της Θεσσαλονίκης, όπου κατοικεί το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού.

5.2.2.5 Νομός Χαλκιδικής

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού
	Βόρεια			Ανατολικά						
POLYGYROS	40	22	15	23	28	0	501	5012	806.6	30

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7 Κεραίες νομού Χαλκιδικής

Στο νομό Χαλκιδικής τοποθετήθηκε μία κεραία. Η ΕΡΤ εκπέμπει αυτή τη στιγμή με 12 σταθμούς, μέγιστης e.r.p. 66 W. Όπως παρατηρούμε, και εδώ με κόστος την αύξηση της ισχύος, μειώνεται ο αριθμός των πομπών.



ΣΧΗΜΑ 5.4 Ραδιοκάλυψη Μακεδονίας (3)

5.2.2.6 Νομός Κιλκίς

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού
	Βόρεια			Ανατολικά						
KILKIS	41	4	52.95	22	52	18.98	100	1000	403.8	30

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.8 Κεραίες νομού Κιλκίς

Στο νομό Κιλκίς τοποθετήθηκε ένας σταθμός. Στον ίδιο νομό, η ΕΡΤ είχε εγκαταστήσει 13 σταθμούς χαμηλής ισχύος (μέχρι 100W e.r.p.). εμείς επιλέξαμε αντ' αυτού να καλύψουμε μεγάλο μέρος της περιοχής με ένα σταθμό ισχύος 1kW.

5.2.2.7 Νομός Πέλλης

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού
	Βόρεια			Ανατολικά						
EDESSA	40	49	20.29	22	3	33.41	50	501	583.7	30
AMPELIA	40	52	6	22	19	32.7	50	501	633.3	30

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.9 Κεραίες νομού Πέλλης

Στο νομό Πέλλης τοποθετήθηκαν δύο νέοι σταθμοί μέσης ισχύος, οι οποίοι όπως φαίνεται από το σχήμα καλύπτουν το μεγαλύτερο ποσοστό της περιοχής. Η ΕΡΤ λειτουργεί με 13 σταθμούς στην αναλογική τηλεόραση, ως επί το πλείστον χαμηλής ισχύος, με εξαίρεση έναν στα 800W, ενώ είναι προγραμματισμένοι για εγκατάσταση άλλοι τρεις.

5.2.2.8 Νομός Ημαθίας

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού
	Βόρεια			Ανατολικά						
VEROIA	40	33	27.81	22	7	9.81	50	501	624.4	30

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.10 Κεραίες νομού Ημαθίας

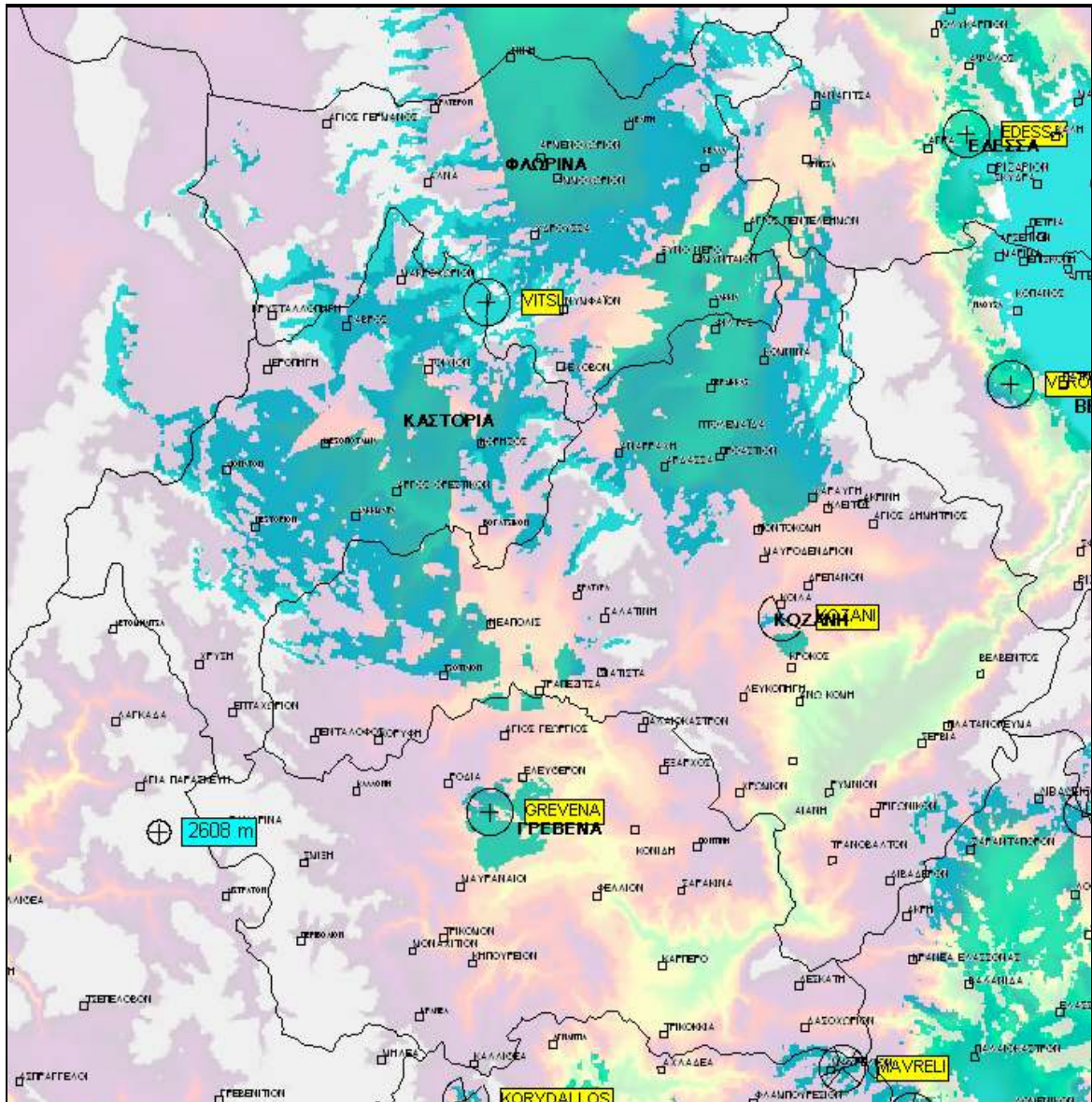
Στο νομό Ημαθίας οι τέσσερις χαμηλής ισχύος σταθμοί αναλογικής τηλεόρασης αντικαταστήθηκαν από έναν ψηφιακής με ισχύ λίγο μεγαλύτερη, σε νέα τοποθεσία που κρίθηκε καταλληλότερη για την επαρκή κάλυψη.

5.2.2.9 Νομός Πιερίας

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού
	Βόρεια			Ανατολικά						
KOLYNDROS	40	28	0	22	27	38	501	5012	400.7	50
KATERINH	40	8	30	22	26	21	100	1000	720.7	50

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.11 Κεραίες νομού Πιερίας

Στο νομό Πιερίας δύο σταθμοί μέσης ισχύος έχουν αντικαταστήσει τις τέσσερις προϋπάρχουσες χαμηλής ισχύος κεραίες της ΕΡΤ. Όπως βλέπουμε από το σχήμα, η κάλυψη παρουσιάζει κάποια κενά, τα οποία δεν καταφέραμε να αντιμετωπίσουμε. Μετά τη διεξαγωγή μετρήσεων και τη καλύτερη ίσως τοποθέτηση των κεραιών, η κάλυψη μπορεί να βελτιωθεί.



ΣΧΗΜΑ 5.5 Ραδιοκάλυψη Μακεδονίας (4)

Στο παραπάνω σχήμα παρατηρούμε ότι η δυτική Μακεδονία δεν καλύφθηκε στο μεγαλύτερο γεωγραφικό ποσοστό. Αυτό οφείλεται στην έντονη μορφολογία εδάφους της περιοχής, η οποία καθιστά δύσκολη την ραδιοκάλυψη. Για το λόγο αυτό δώσαμε προτεραιότητα στις μεγαλύτερες πόλεις που περιέχουν και τον περισσότερο πληθυσμό.

5.2.2.10 Νομός Κοζάνης

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού	Αζιμούθιο (°)
	Βόρεια		Ανατολικά								
KOZANI	40	18	46.2	21	47	38.83	5	50	841.1	30	230

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.12 Κεραίες νομού Κοζάνης

Στο νομό Κοζάνης, οι κεραιές αναλογικής τηλεόρασης της ΕΡΤ είναι 21. Λογώ του ότι η περιοχή αυτή είναι ιδιαίτερα ορεινή και δεν είναι εύκολη η ραδιοκάλυψη, επικεντρώσαμε το ενδιαφέρον μας στην πρωτεύουσα του νομού. Έτσι χρησιμοποιήσαμε μια από τις υπάρχουσες κεραιές. Η κάλυψη δεν φαίνεται ικανοποιητική, όμως με καλύτερη τοποθέτηση της κεραιάς, που ξεφεύγει από τις δυνατότητες του EDX, μπορεί να βελτιωθεί.

5.2.2.11 Νομός Φλώρινας

Στο νομό Φλώρινας, στον οποίο υπάρχουν 17 κεραιές αναλογικής τηλεόρασης, δεν κρίθηκε απαραίτητο να τοποθετηθεί σταθμός, καθώς η κάλυψη θεωρήθηκε επάρκεις από το σταθμό VITSI του νομού Καστοριάς.

5.2.2.12 Νομός Καστοριάς

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραιάς	Ύψος Ιστού
	Βόρεια			Ανατολικά						
VITSI	40	38	52.13	21	22	59.17	501	5012	2096	30

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.13 Κεραιές νομού Καστοριάς

Στο νομό Καστοριάς, υπάρχουν 18 κεραιές αναλογικής τηλεόρασης χαμηλής ισχύος και μία ισχύος 30kW. Εμείς επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε το σταθμό υψηλής ισχύος και να μειώσουμε την ισχύ αρκετά. Έτσι η κάλυψη θεωρήθηκε επαρκής.

Πρέπει να παρατηρήσουμε ότι και σε αυτή την περίπτωση υπάρχει εκπομπή εκτός συνόρων. Με καταλληλότερη τοποθέτηση της κεραιάς και ρύθμιση της εκπεμπόμενης ισχύος μετά από μετρήσεις, το φαινόμενο αυτό μπορεί να εξαλειφθεί.

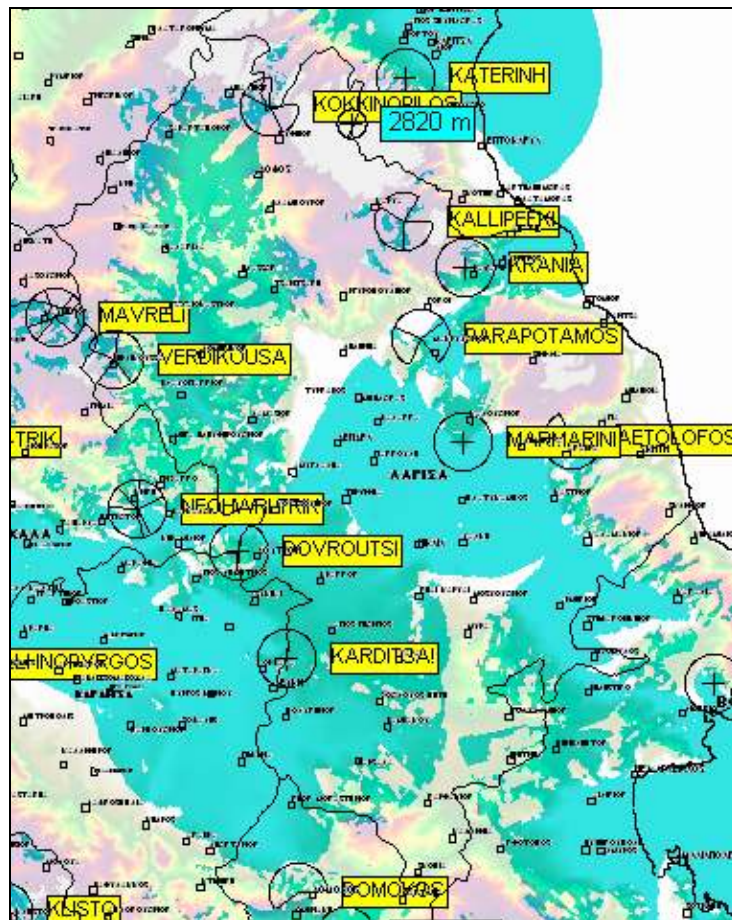
5.2.2.13 Νομός Γρεβενών

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραιάς	Ύψος Ιστού
	Βόρεια			Ανατολικά						
GREVENA	40	6	32.45	21	23	3.93	50	501	702.9	30

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.14 Κεραιές νομού Γρεβενών

Στο νομό Γρεβενών, η ΕΡΤ λειτουργεί με 14 πομπούς. Όπως είδαμε και στο νομό Καστοριάς (5.2.2.10), λόγω του ότι η περιοχή είναι ιδιαίτερα ορεινή, επικεντρώσαμε το ενδιαφέρον μας στην πρωτεύουσα του νομού. Χρησιμοποιήσαμε και εδώ μια από τις υπάρχουσες κεραιές. Η κάλυψη δεν φαίνεται ιδιαίτερα ικανοποιητική, όμως με καλύτερη τοποθέτηση της κεραιάς, μπορεί να βελτιωθεί.

5.2.3 Θεσσαλία



ΣΧΗΜΑ 5.6 Ραδιοκάλυψη Θεσσαλίας (1)

5.2.3.1 Νομός Λαρίσης

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού	Αζιμούθιο (°)	
	Βόρεια			Ανατολικά								
VERDIKOUSA	39	47	10	21	58	18	200	1995	981.4	30	40	114
KOKKINOPILOS	40	6	13	22	13	10	100	1000	1199.8	30	191	260
ΑΕΤΟΛΟΦΟΣ	39	41	35.91	22	42	40	10	100	163.1	30	229	
KALLIPEFKI	39	57	44.25	22	26	19	10	100	1255.1	30	195	285
MARMARINI	39	41	18	22	32	15	10	100	438	30		
PARAPOTAMOS	39	49	0	22	28	0	2	20	195.7	30	39	309

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.15 Κεραίες νομού Λαρίσης

Στο νομό Λαρίσης τοποθετήθηκαν 6 κεραίες, εκ των οποίων οι 5 σε ήδη υπάρχοντες ιστούς, ενώ στη μία έγινε αλλαγή τοποθεσίας. Οι κεραίες αναλογικής τηλεόρασης στην περιοχή είναι 11 με 3 επιπλέον προγραμματισμένες για εγκατάσταση. Όπως φαίνεται από το σχήμα, η κάλυψη θεωρείται ικανοποιητική, με εξαίρεση τις πιο ορεινές περιοχές, στις οποίες με κατάλληλη τοποθέτηση των κεραιών στην πράξη, η κάλυψη μπορεί να βελτιωθεί.



ΣΧΗΜΑ 5.7 Ραδιοκάλυψη Θεσσαλίας (2)

5.2.3.2 Νομός Τρικάλων

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού	Αζιμούθιο (°)		
	Βόρεια			Ανατολικά									
DOVROUTSI	39	32	52.22	22	10	35	501	5012	690.8	30			
KOROMILIA-TRIK	39	40	40	21	33	26	100	1000	818.1	30			
MAVRELI	39	50	13	21	52	32	10	100	1267.4	30	145	235	325
NEOHWRI-TRIK	39	36	0	22	0	45	10	100	310.7	30	65	170	260

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.16 Κεραίες νομού Τρικάλων

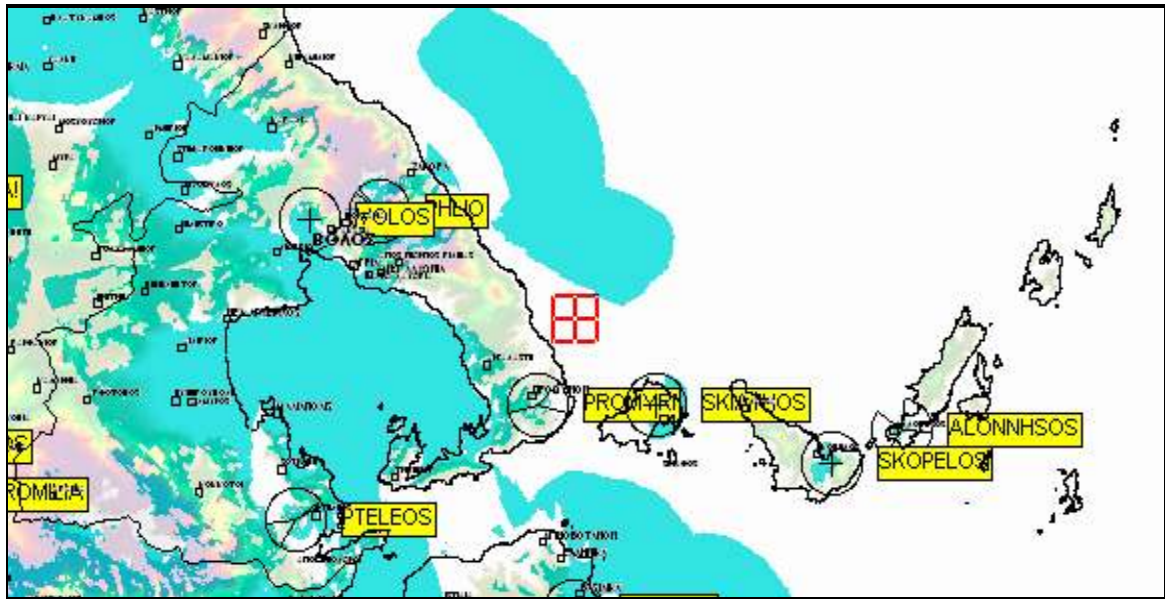
Στο νομό Τρικάλων τοποθετήθηκαν 4 σταθμοί, σε ιστούς της αναλογικής τηλεόρασης. Οι σταθμοί που ήδη υπάρχουν είναι 17, όλοι σχεδόν χαμηλής ισχύος (κάτω των 100W). Και εδώ λοιπόν μειώθηκε ο αριθμός των πομπών με αύξηση της εκπεμπόμενης ισχύος.

5.2.3.3 Νομός Καρδίτσας

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού	Αζιμούθιο (°)		
	Βόρεια			Ανατολικά									
KARDITSA	39	25	6.21	22	15	28.19	200	1995	511.2	30			
ELLHNOPIYRGOS	39	24	15	21	42	42.91	100	1000	789.6	30	5	95	275

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.17 Κεραίες νομού Καρδίτσας

Στο νομό Καρδίτσας χρησιμοποιήθηκε μία από τις 10 κεραίες της αναλογικής τηλεόρασης και κρίθηκε απαραίτητο να τοποθετηθεί μία νέα για την επαρκή κάλυψη του νομού. Και σε αυτή την περίπτωση μειώθηκαν οι πομποί, με αύξηση της ισχύος.



ΣΧΗΜΑ 5.8 Ραδιοκάλυψη Θεσσαλίας (3)

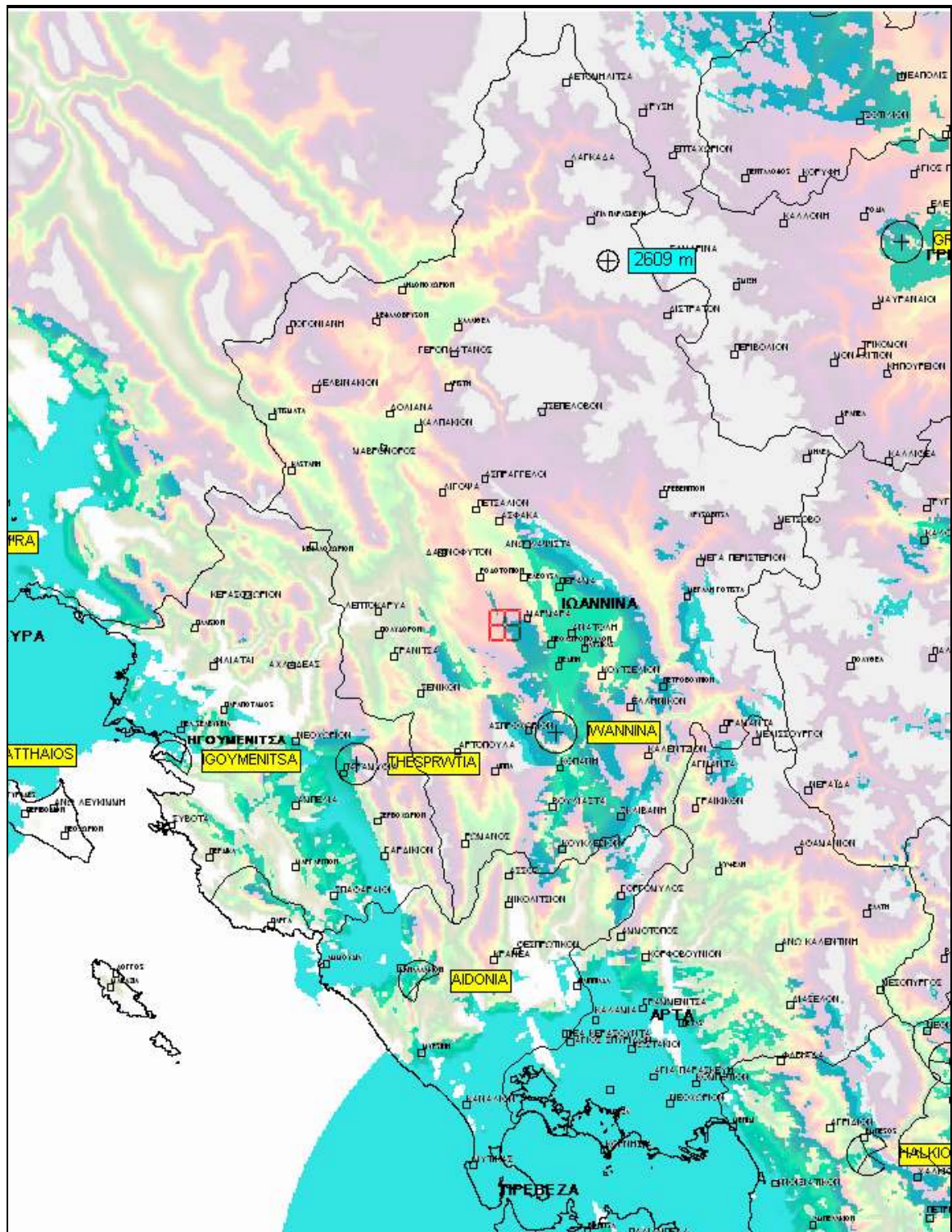
5.2.3.4 Νομός Μαγνησίας

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού	Αξιμούθιο (°)	
	Βόρεια			Ανατολικά								
PHLIO	39	24	0	23	3	0	501	5012	1521.8	50	200	
PHLIO	39	24	0	23	3	0	100	1000	1521.8	50	60	
VOLOS	39	23	30	22	56	30	20	200	116.7	30		
PROMYRI	39	10	49.62	23	17	39.14	10	100	403.4	30	0	150
PTELEOS	39	2	51.86	22	55	24.81	10	100	415.8	30	157	317
ALONNHOSOS	39	9	0	23	51	0	2	20	95.9	30	111	201
SKIATHOS	39	10	50	23	28	30	2	20	310.4	30		
SKOPELOS	39	6	40	23	44	30	2	20	174.8	30		

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.18 Κεραίες νομού Μαγνησίας

Στο νομό Μαγνησίας τοποθετήθηκαν 7 κεραίες. Οι πέντε από αυτές είναι σε ιστούς της αναλογικής τηλεόρασης, ενώ θεωρήσαμε σκόπιμο να τοποθετήσουμε μία επιπλέον κεραία για την καλύτερη κάλυψη του Βόλου, που αποτελεί μια από τις μεγαλύτερες πληθυσμιακά πόλεις της Ελλάδας, σε τοποθεσία λίγο διαφορετική από αυτή της αναλογικής τηλεόρασης, καθώς και μια κεραία για την κάλυψη της Σκιάθου. Η μέγιστη ισχύς της αναλογικής τηλεόρασης στην περιοχή είναι e.r.p. 30kW στην κεραία του Πηλίου, που όπως βλέπουμε μειώθηκε σημαντικά.

5.2.4 Ήπειρος



ΣΧΗΜΑ 5.9 Ραδιοκάλυψη Ηπείρου

5.2.4.1 Νομός Ιωαννίνων

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού
	Βόρεια			Ανατολικά						
IWANNINA	39	31	5.14	20	50	27.96	501	5012	1068.4	30

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.19 Κεραίες νομού Ιωαννίνων

Ο νομός Ιωαννίνων αποτελεί μια ιδιαίτερα ορεινή περιοχή και η κάλυψή της είναι αρκετά δύσκολη με χρήση μόνο του προγράμματος EDX. Για το λόγο αυτό επικεντρωθήκαμε στην κάλυψη της πόλης των Ιωαννίνων κυρίως, καθώς οι γύρω περιοχές χρειάζονται περισσότερη μελέτη. Χρησιμοποιήσαμε λοιπόν το σταθμό αναλογικής τηλεόρασης με τη μεγαλύτερη ισχύ (10kW e.r.p.) και μειώσαμε την ισχύ του στο μισό. Το αποτέλεσμα κρίθηκε αρκετά ικανοποιητικό, δεδομένων των συνθηκών εδάφους.

5.2.4.2 Νομός Θεσπρωτίας

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού	Αζιμούθιο (°)
	Βόρεια			Ανατολικά							
IGOYMENITSA	39	28	53.87	20	14	23.3	100	1000	292.3	30	25
THESPRWTIA	39	28	45	20	31	45	100	1000	1021.5	30	

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.20 Κεραίες νομού Θεσπρωτίας

Ο νομός Θεσπρωτίας έχει 20 πομπούς χαμηλής ισχύος, για την αναλογική τηλεόραση. Επειδή και στην περιοχή αυτή η μορφολογία του εδάφους είναι ιδιαίτερα έντονη, επιλέξαμε να καλύψουμε την πρωτεύουσα του νομού με μια από τις ήδη υπάρχουσες κεραίες και να τοποθετήσουμε μία επιπλέον για την υπόλοιπη περιοχή.

5.2.4.3 Νομός Πρεβέζης

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού	Αζιμούθιο (°)	
	Βόρεια			Ανατολικά								
AIDONIA	39	13	0	20	37	0	50	501	590.6	30	297	326

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.21 Κεραίες νομού Πρεβέζης

Ο νομός Πρεβέζης καλύφθηκε κατά το μεγαλύτερο ποσοστό από τον πομπό υψηλής ισχύος που τοποθετήθηκε στα Ακαρνανικά όρη. Από τις 7 κεραιές αναλογικής τηλεόρασης χαμηλής ισχύος που υπάρχουν στην περιοχή χρησιμοποιήσαμε μία για συμπλήρωση της γεωγραφικής κάλυψης.

5.2.4.4 Νομός Άρτας

Ο νομός Άρτας επίσης καλύφθηκε κατά μεγάλο ποσοστό από τα Ακαρνανικά όρη. Οι 11 κεραιές χαμηλής ισχύος για αναλογική τηλεόραση που υπάρχουν στην περιοχή χρησιμεύουν κυρίως για την κάλυψη ορεινών και αραιοκατοικημένων περιοχών. Για τον λόγο αυτό δεν κρίθηκε σκόπιμο να τοποθετήσουμε επιπλέον πομπούς.

5.2.5 Νησιά Ιονίου



ΣΧΗΜΑ 5.10 Ραδιοκάλυψη Κέρκυρας

5.2.5.1 Κέρκυρα

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού
	Βόρεια			Ανατολικά						
KERKYRA	39	44	37.16	19	52	10.62	200	1995	819.4	80
AG.MATTHAIOS	39	29	8	19	52	13	50	501	452.2	30

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.22 Κεραιές νομού Κέρκυρας

Στην Κέρκυρα η ΕΡΤ λειτουργεί με 5 πομπούς χαμηλής ισχύος και έναν με e.r.p. 10kW. Για το βόρειο τμήμα της επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε τον ιστό της

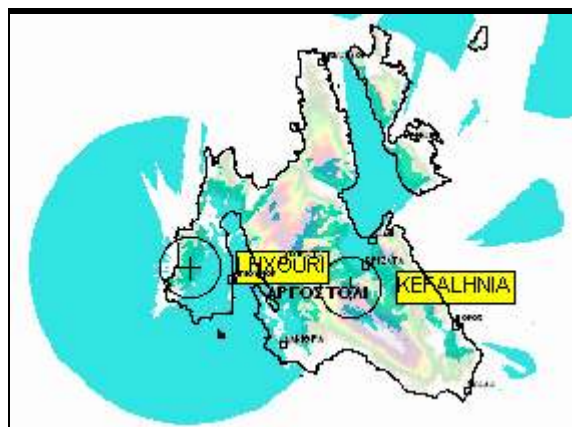
υψηλής ισχύος κεραίας, μειώνοντας την e.r.p. στα 2kW, ενώ για το νότιο μέρος, ένας επιπλέον σταθμός κρίθηκε επαρκής.



ΣΧΗΜΑ 5.11 Ραδιοκάλυψη Λευκάδας

5.2.5.2 Λευκάδα

Η Λευκάδα επικοινωνεί με την ηπειρωτική Ελλάδα, με αποτέλεσμα να καλύπτεται κατά μεγάλο ποσοστό στο ανατολικό τμήμα της από τον πομπό υψηλής ισχύος στα Ακαρνανικά όρη. Το δυτικό τμήμα της λόγω της απότομης μορφολογίας, δεν είναι ιδιαίτερα κατοικημένο, γι' αυτό και δεν κρίναμε σκόπιμο να τοποθετήσουμε πομπό.



ΣΧΗΜΑ 5.12 Ραδιοάλυψη Κεφαλονιάς

5.2.5.3 Κεφαλονιά

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού
	Βόρεια			Ανατολικά						
ΚΕΦΑΛΗΝΙΑ	38	11	22	20	37	0	100	1000	998.8	30
ΛΗΧΟΥΡΙ	38	12	50	20	22	25	100	1000	422.9	50

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.23 Κεραίες νομού Κεφαλονιάς

Στην Κεφαλλονιά, η ΕΡΤ έχει 10 σταθμούς χαμηλής ισχύος και τον σταθμό ΚΕΦΑΛΗΝΙΑ, με e.r.p. 30kW. Εμείς χρησιμοποιήσαμε τον πομπό αυτό, μειώνοντάς του ιδιαίτερα την ισχύ και τοποθετήσαμε και έναν επιπλέον για την καλύτερη κάλυψη του δυτικού τμήματος του νησιού.



ΣΧΗΜΑ 5.13 Ραδιοκάλυψη Ζακύνθου

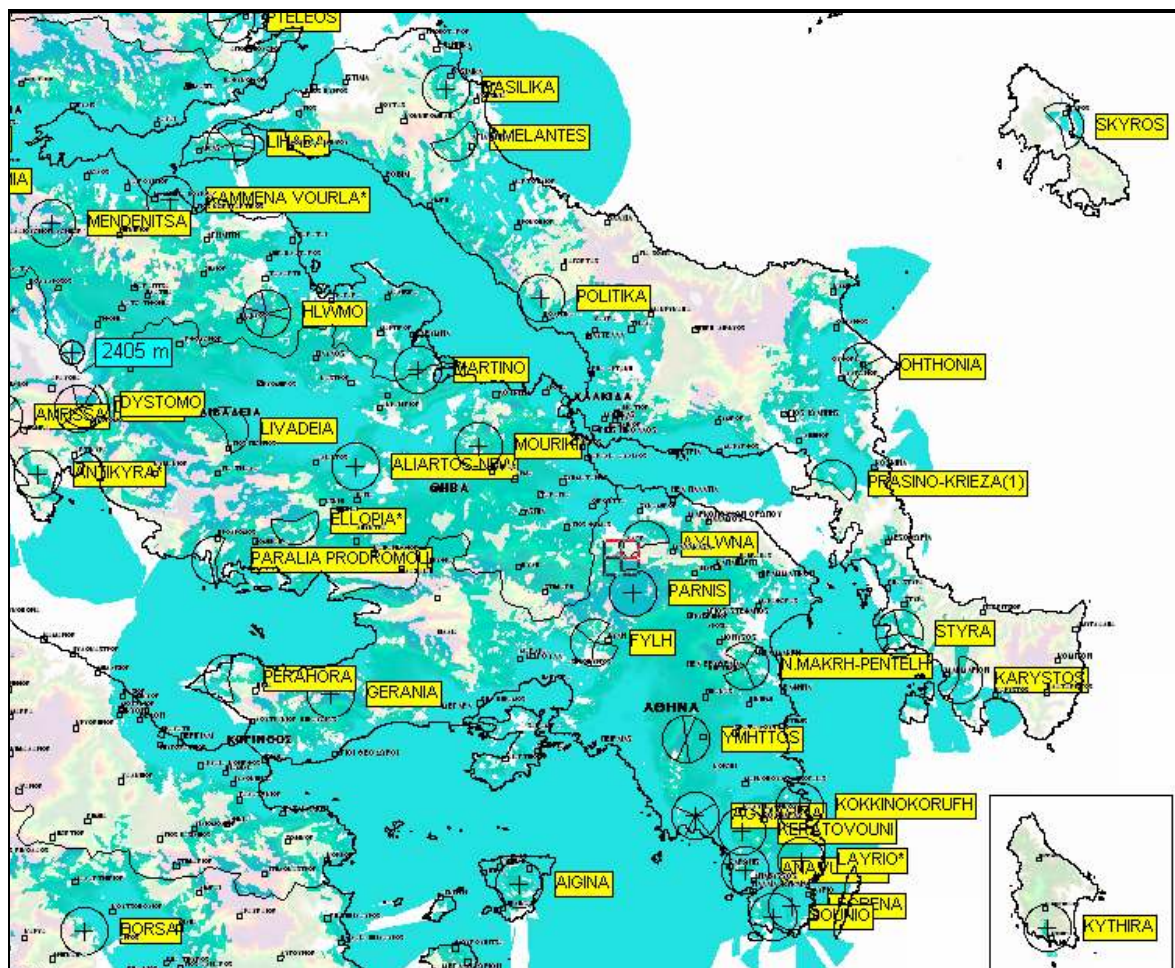
5.2.5.4 Ζάκυνθος

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού
	Βόρεια			Ανατολικά						
ZAKYNTHOS	37	44	31	20	55	53	10	100	446.5	50

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.24 Κεραίες νομού Ζακύνθου

Στη Ζάκυνθο, τοποθετήθηκε ένας πομπός για την κάλυψη της πόλης της Ζακύνθου, όπου βρίσκεται συγκεντρωμένο και το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού.

5.2.6 Στερεά Ελλάδα



ΣΧΗΜΑ 5.14 Ραδιοκάλυψη Στερεάς (1)

5.2.6.1 Νομός Αττικής

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού	Αζιμούθιο (°)		
	Βόρεια			Ανατολικά									
AIGINA	37	43	40	23	29	40	1995	19953	399.7	50	5	95	
ΥΜΗΤΤΟΣ	37	57	0	23	49	0	1995	19953	1026	30	100	280	
PARNIS	38	10	21	23	42	44	1000	10000	1369.7	75			
KERATOVOUNI	37	48	28.91	23	55	26.78	100	1000	524	30			
LEGRENA	37	41	35	24	1	10	100	1000	202.8	30			
NEA MAKRH-PENTELH	38	3	41	23	55	47	100	1000	668.4	30	50	140	
KOKKINOKORYFH	37	50	48.77	24	2	11.49	50	501	308.7	30			
LAYRIO	37	45	44.22	24	2	11.2	50	501	331.5	30			
ANAVYSSOS	37	44	59.53	23	55	45.43	10	100	452.8	30			
AYLWNA	38	14	49.78	23	44	11.41	10	100	306.4	30	340		
SOUNIO	37	40	40.18	23	59	0	10	100	207	30			
KYTHIRA	36	10	0	22	59	0	10	100	222.1	30			
HYDRA	37	21	0	23	28	0	2	20	46.5	30	116	206	
AG.MARINA	37	50	0	23	50	0	1	10	199	30	0	40	315
FYLH	38	5	51	23	38	13	1	10	444.6	30	205	295	

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.25 Κεραίες νομού Αττικής

Στον νομό Αττικής επικεντρώθηκε το ενδιαφέρον της παρούσας διπλωματικής εργασίας καθώς στην Αθήνα και τα περίχωρα κατοικεί αναλογικά το μεγαλύτερο ποσοστό του ελληνικού πληθυσμού, κάτι που σε αριθμούς μεταφράζεται σε 3.694.031 κατοίκους σε συνολικό αριθμό 10.962.103 δηλαδή το 33%. Ειδικότερα τοποθετήθηκαν αρκετές κεραίες, οι περισσότερες από ότι σε κάθε άλλο νομό για να καλυφθεί όλος ο νομός.

Από ότι βλέπουμε χρησιμοποιήθηκαν σε σύνολο 15 κεραιών, 3 μεγάλης ισχύος (με e.r.p. άνω των 10kW) στην Πάρνηθα, στον Υμηττό και στην Αίγινα οι οποίες κάλυψαν το μεγαλύτερο ποσοστό του νομού. Τοποθετήθηκαν ακόμη 3 κεραίες με e.r.p. 1000W, 6 κεραίες από 100-500W και 3 ακόμη μικρής ισχύος της τάξης των 10-20 W για να καλύψουν μικρά κενά. Από τα δεδομένα της ΕΡΤ, για την αναλογική τηλεόραση μέχρι και το 1994 είχαν τοποθετηθεί 25 κεραίες εκ των οποίων υπάρχει μία με e.r.p. της τάξης των 30kW, μία των 15kW και οι υπόλοιπες κυμαίνονται από 500 μέχρι 2W. Κρίθηκε λοιπόν χρησιμότερο να μειωθεί ο αριθμός των πομπών και συνολικά να μειωθεί η ισχύς στους περισσότερους, κάτι που είχε ικανοποιητική απόδοση στην προσομείωση. Το θετικό είναι ότι με ελάχιστες

αποκλίσεις, οι οποίες μπορεί και να οφείλονται στην κλίμακα που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα της προσομοίωσης, οι κεραίες για την ψηφιακή τηλεόραση τοποθετήθηκαν στον ίδιους ιστούς με αυτούς της αναλογικής, πράγμα που μπορεί να συμβάλει στην μείωση του συνολικού κόστους. Από την εικόνα που έχουμε για τον νομό Αττικής βλέπουμε ότι έχει καλυφθεί ένα συντριπτικό ποσοστό του νομού, με εξαίρεση κυρίως την ευρύτερη περιοχή του Μαραθώνα και του Ωρωπού, οι οποίες μπορούν να αντιμετωπιστούν με την τοποθέτηση μιας τοπικής κεραίας μικρής ισχύος. Αντιθέτως όλος ο νομός, από τα Μέγαρα μέχρι το Σούνιο και την Ν. Μάκρη με την Αυλώνα έχει καλυφθεί ικανοποιητικά.

5.2.6.2 Νομός Ευβοίας

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού	Αζιμούθιο (°)	
	Βόρεια			Ανατολικά								
AMELANTES	38	52	14	23	21	42.57	501	5012	552.9	30	151	
LIHADA	38	51	27	22	55	33.33	100	1000	656.5	30	60	357
ΟΗΘΟΝΙΑ	38	31	2.58	24	9	43.28	100	1000	516.6	30	226	316
PRASINO-KRIEZA	38	20	24.31	24	6	7.94	100	1000	468.5	30	30	
STYRA	38	6	40	24	13	51.61	100	1000	501.2	30	0	241
KARYSTOS	38	2	17	24	20	40	50	501	371.5	30	105	
POLITIKA	38	37	24.58	23	32	3.64	50	501	779.2	30		
VASILIKA	38	56	40	23	20	50	50	501	494.7	30		
SKYROS	38	53	0	24	33	0	10	100	202.8	30	60	

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.26 Κεραίες νομού Ευβοίας

Η Εύβοια στο μεγαλύτερο ποσοστό της είναι αραιοκατοικημένη καθώς στα περισσότερα εδάφη, που είναι ορεινά ή δύσβατα, υπάρχουν μόνο μικρά χωριά. Έτσι δόθηκε κυρίως προσοχή στην πρωτεύουσα Χαλκίδα και στην ευρύτερη περιοχή καθώς και σε μέρη τουριστικά.

Όπως φαίνεται τοποθετήθηκαν συνολικά 9 κεραίες, με μία μόνο να έχει e.r.p. 5kW, ενώ οι άλλες έχουν από 1000 μέχρι 100W. Αντίθετα η EPT χρησιμοποιεί 26 κεραίες με μέγιστη ισχύ τα 2kW και ελάχιστη το 1W. Το κύριο χαρακτηριστικό των κεραιών αυτών είναι η μικρή τους ισχύς γιατί οι περισσότερες είναι τοπικές και χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για τις ανάγκες συγκεκριμένων περιοχών και

πιθανώς αραιοκατοικημένων. Αντίθετα κατά τη προσομοίωση θεωρήθηκε καλύτερο να χρησιμοποιηθούν λιγότερες κεραιές με, σε λίγες περιπτώσεις, μεγαλύτερη ισχύ. Από τα δεδομένα που μας παραχώρησε η ΕΡΤ, 6 από τις κεραιές για την ψηφιακή τηλεόραση έχουν τον ίδιο ιστό με τις αντίστοιχες της αναλογικής, μία τοποθετήθηκε σε παραπλήσια τοποθεσία και τέλος κρίθηκε αναγκαίο να τοποθετηθούν δύο καινούργιες κεραιές στην περιοχή των Πολιτικών και στα Βασιλικά. Από την εικόνα που έχουμε της προσομοίωσης, βλέπουμε ότι έχει καλυφθεί η ευρύτερη περιοχή της Χαλκίδας, τα δυτικά, νότια και βόρεια παράλια καθώς και ένα κομμάτι της ανατολικής ακτής, το οποίο είναι σχετικά αραιοκατοικημένο.



ΣΧΗΜΑ 5.15 Ραδιοκάλυψη Στερεάς (2)

5.2.6.3 Νομός Βοιωτίας

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού	Αζιμούθιο (°)
	Βόρεια			Ανατολικά							
DISTOMO	38	27	30	22	38	45	100	1000	1362.6	30	138
LIVADEIA	38	25	10	22	55	10	100	1000	551.2	30	60
MOURIKI	38	23	53	23	24	53.86	100	1000	716	30	
ELLOPIA	38	16	55	23	3	30	50	501	615.6	30	170
ALIARTOS-NEW	38	22	0	23	10	30	5	50	396.7	30	
ANTIKYRA	38	21	0	22	33	28.32	2	20	541	30	

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.27 Κεραίες νομού Βοιωτίας

Στο νομό Βοιωτίας, η κάλυψη έφτασε σε ικανοποιητικά επίπεδα, εκτός από μερικές ορεινές περιοχές.

Στην αναλογική τηλεόραση χρησιμοποιήθηκαν περίπου οι ίδιες στον αριθμό (7) κεραίες χαμηλότερης ισχύος κάτι που δεν βοήθησε στην κάλυψη των περιοχών γ' αυτό και αναγκαστικά χρησιμοποιήθηκε μεγαλύτερη ισχύς. Το θετικό πάντως είναι ότι και οι 6 ψηφιακές κεραίες βασίστηκαν στους ιστούς των αντίστοιχων αναλογικών.

5.2.6.4 Νομός Φθιώτιδας

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού	Αζιμούθιο (°)		
	Βόρεια			Ανατολικά									
HLWMO	38	35	51.2	22	59	58.55	1000	10000	1060.3	30	0	90	180
KASTANIA	38	51	35	22	15	31.14	200	1995	1184.8	30	0		
LAMIA	38	47	46.31	22	21	51	200	1995	1036.5	30	30	160	
MENDENITSA	38	44	1.88	22	34	47.7	100	1000	1177.4	30			
DOMOKOS	39	7	40	22	16	49.95	50	501	547	30	340		
KOROMILIA	39	4	20	22	21	30	50	501	499	30			
MARTINO	38	30	45.9	23	17	37.15	50	501	541.2	30			
AG.GEORGIOS	38	57	40.94	21	54	47.56	10	100	849.2	30	15	105	
KAMMENA VOURLA	38	46	15	22	48	35	10	100	592	30			

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.28 Κεραίες νομού Φθιώτιδας

Στον νομό Φθιώτιδας χρησιμοποιήθηκαν κεραίες αρκετά μεγάλης ισχύος για να καλύψουν τις δύσβατες γενικά περιοχές. Οι 14 αντίστοιχα αναλογικές κεραίες, από τα δεδομένα της ΕΡΤ, εκπέμπουν σε ισχύ από 1700 μέχρι και 10 W,

τιμές οι οποίες κατά την προσομοίωση δεν αποδείχτηκαν επαρκείς για την κάλυψη του νομού. Αντίθετα, οι τιμές που υιοθετήθηκαν για τους ψηφιακούς πομπούς, ήταν οι ελάχιστες δυνατές για να υπάρξει στοιχειώδης κάλυψη. Επιπλέον, κρίθηκε απαραίτητο να τοποθετηθούν εντελώς νέες κεραιές στα Καμένα Βούρλα, την Κορομηλιά και την Καστανιά..

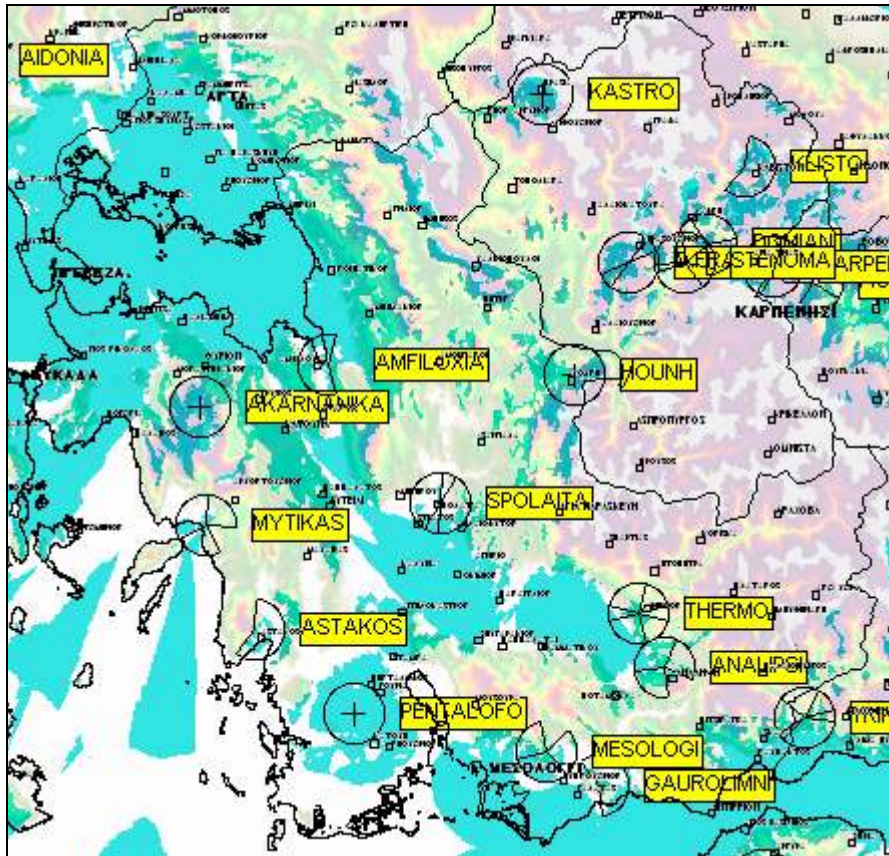
5.2.6.5 Νομός Φωκίδας

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού	Αζιμούθιο (°)		
	Βόρεια			Ανατολικά									
LIDORIKI	38	31	10	22	10	15	200	1995	961.6	30	105	262	355
AMFISSA	38	26	15	22	28	50	100	1000	733.3	30	120	210	300
DESFINA	38	27	0	22	38	0	100	1000	1306.1	30	240	330	
TRIKORFO	38	26	35	21	54	11.45	100	1000	470.5	30	135	205	330

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.29 Κεραιές νομού Φωκίδας

Από τους πιο δύσκολους μορφολογικά νομούς, η Φωκίδα παρουσίασε στην προσομοίωση την μέγιστη δυνατή κάλυψη, με τους παρακάτω πομπούς (βασιζόμενοι πάντα στο μοτίβο: αρχικά κάλυψη μεγαλουπόλεων με όσο το δυνατόν λιγότερες κεραιές):

Χρησιμοποιήθηκαν λοιπόν τέσσερις μεγάλης ισχύος κεραιές (της τάξεως του 1 με 2kW) στους ίδιους ιστούς με τις αναλογικές, οι οποίες κάλυψαν μόλις την Άμφισσα και μερικά από τα περίχωρα. Αντίθετως η EPT λειτουργεί στην περιοχή με μία κεραία των 1700W και πολλές μικρές τοπικές κεραιές.



ΣΧΗΜΑ 5.16 Ραδιοκάλυψη Στερεάς (3)

5.2.6.6 Νομός Ευρυτανίας

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού	Αζιμούθιο (°)	
	Βόρεια			Ανατολικά								
KARPENHSI	38	58	48.71	21	51	10	100	1000	1283.4	30	160	320
D.FRAGISTA	38	59	0	21	38	0	50	501	1002.5	30	143	323
KLISTO	39	5	53.66	21	48	30	50	501	1283	30	115	
STENOMA	38	59	0	21	43	0	50	501	720	30	160	250 355
DOMIANI	39	0	24.98	21	45	3.34	10	100	1284.3	30	75	334

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.30 Κεραίες νομού Ευρυτανίας

Ο νομός Ευρυτανίας αποτελείται στην πλειοψηφία του από ορεινές, δύσβατες περιοχές, κάτι που δυσκόλεψε αρκετά στην προσομοίωση. Μία κεραία μεγάλης ισχύος ήταν απαραίτητη για να καλύψει το Καρπενήσι και από κει και έπειτα άλλες τέσσερις κεραίες τοποθετήθηκαν για να καλύψουν κάποιες περιοχές. Και πάλι η EPT ακολούθησε την τακτική πολλές (23 στον αριθμό) κεραίες για να εξυπηρετήσει τοπικά τις ανάγκες των κατοίκων. Και οι πέντε πάντως ψηφιακοί πομποί βασίστηκαν στις συντεταγμένες των ομώνυμων αναλογικών.

5.2.6.7 Νομός Αιτωλοακαρνανίας

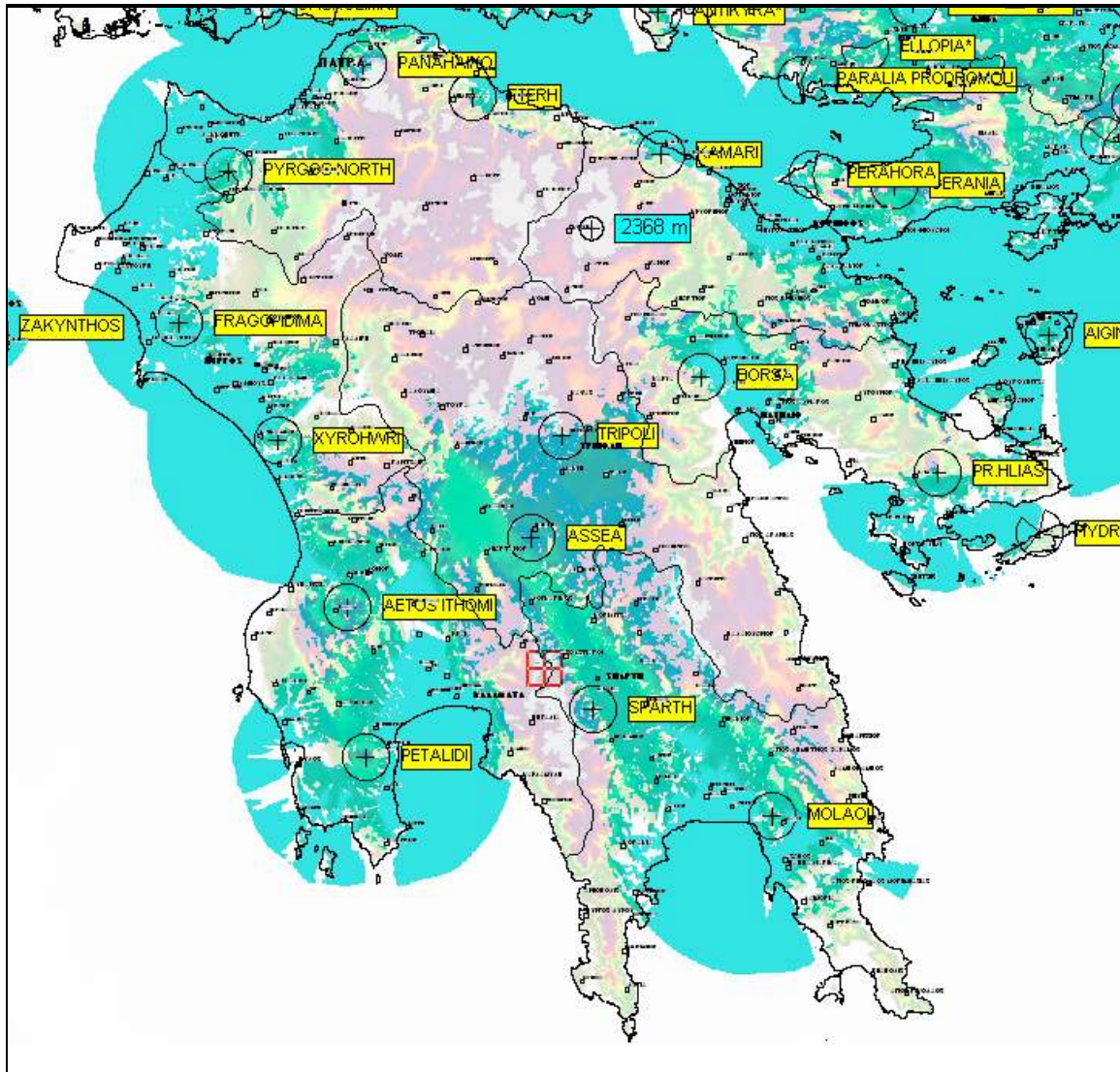
Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού	Αζιμούθιο (°)		
	Βόρεια			Ανατολικά									
AKARNANIKA	38	48	24.44	20	58	49	1000	10000	1401.4	30			
AMFILOHIA	38	51	33.74	21	10	29.66	10	100	202.9	30	270		
ANALIPSI	38	30	9	21	41	27.25	100	1000	502.2	30	10	280	180
ASTAKOS	38	32	44.8	21	3	35	10	100	843.2	30	110		
HOUNH	38	51	0	21	33	0	10	100	687.6	30			
MESOLOGI	38	24	3.69	21	30	40.2	10	100	487.9	30	150	245	
MYTIKAS	38	40	0	20	59	30	10	100	95.9	30	260	350	
PENTALOFO	38	26	45.66	21	13	20.75	50	501	208.1	30			
SPOLAITA	38	41	49.13	21	20	50	10	100	200.2	30	108	288	
THERMO	38	34	0	21	39	0	10	100	303.5	30	0	180	270

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.31 Κεραίες νομού Αιτωλοακαρνανίας

Ο πομπός στα Ακαρνανικά όρη διαθέτει μεγάλο e.r.p καλύπτοντας όχι μόνο τμήμα του νομού αλλά και σημαντικό κομμάτι νομών της Ηπείρου. Οι υπόλοιποι πομποί κάλυψαν κυρίως την πεδιάδα, η οποία εντέλει αποτελεί και το πιο πυκνοκατοικημένο κομμάτι του νομού. Συγκριτικά με τις αναλογικές κεραίες, επετεύχθη και πάλι σημαντική μείωση όχι μόνο του αριθμού των πομπών αλλά και της συνολικής ισχύος. Να σημειωθεί μόνο ότι κρίθηκε απαραίτητη η χρήση δύο νέων κεραιών στο Μεσολόγγι και το Πεντάλοφο για την κάλυψη του νοτίου τμήματος του νομού.

5.2.7 Πελοπόννησος

Από την εικόνα της ραδιοκάλυψης, η γεωγραφική κάλυψη ίσως να μην φαίνεται ικανοποιητική. Από τα δημογραφικά δεδομένα όμως και έχοντας πάντα υπόψιν ότι στόχος της εργασίας ήταν η κάλυψη των μεγάλων πόλεων, προκύπτει ότι με τις κεραίες που εγκαταστάθηκαν καλύφθηκε το 74% του πληθυσμού. Αναλυτικά λοιπόν στους νομούς η κατάσταση είναι η εξής:



ΣΧΗΜΑ 5.17 Ραδιοκάλυψη Πελοποννήσου

5.2.7.1 Νομός Κορίνθου

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού	Αζιμούθιο (°)
	Βόρεια		Ανατολικά								
GERANIA	38	1	5	23	7	40	100	1000	1323.3	80	
PERAHORA	38	2	20.96	22	55	43	100	1000	448.3	30	270
KAMARI	38	4	50	22	33	40	50	501	628.4	30	

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.32 Κεραίες νομού Κορίνθου

Με τους παραπάνω τρεις ψηφιακούς πομπούς, καλύφθηκε η περιοχή της Κορίνθου, του Λουτρακίου καθώς και των βορείων παράλιων, όπου και συγκεντρώνεται ο περισσότερος πληθυσμός:

Όσον αφορά την ανατολική ακτή, αυτή είχε ήδη καλυφθεί από την κεραία της Αίγινας. Στα ενδότερα του νομού προς το παρόν δεν τοποθετήθηκε κανένας πομπός. Καινούρια κεραία είναι μόνο αυτή στο Καμάρι, καθώς τα παράλια στον Κορινθιακό κόλπο δεν καλύπτονταν από τις υπάρχουσες κεραίες.

5.2.7.2 Νομός Αχαΐας

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού
	Βόρεια			Ανατολικά						
FTERH	38	11	20	22	6	20	100	1000	806.7	30
PANAHAIKO	38	15	0	21	50	30	100	1000	1115.3	30

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.33 Κεραίες νομού Αχαΐας

Με αυτούς τους δύο σταθμούς ισχύος 1kW, καλύφθηκε η περιοχή της Πάτρας και του Αιγίου καθώς και τα παράλια ενδιάμεσα. Η δυτική ακτή του νομού καλύφθηκε από κεραία του νομού Ηλείας. Και εδώ μειώθηκε κατά πολύ ο αριθμός των πομπών σε σχέση με τους αναλογικούς (39) καθώς η δύσβατη και αραιοκατοικημένη ορεινή Αχαΐα, πιθανόν να αποτελέσει στόχο της ψηφιακής τηλεόρασης στο μέλλον.

5.2.7.3 Νομός Ηλείας

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού
	Βόρεια			Ανατολικά						
PYRGOS NORTH	38	2	44	21	31	5	200	1995	667.4	30
FRAGOPIDIMA	37	45	13	21	24	0	200	1995	301.9	50
XYROHWRI	37	31	55	21	38	29	100	1000	764.8	30

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.34 Κεραίες νομού Ηλείας

Η μοναδική καινούργια κεραία στα βόρεια του νομού (PYRGOS NORTH) συνέβαλλε στην κάλυψη όχι μόνο της βόρειας ακτής αλλά και σε σημαντικό τμήμα της Αχαΐας όπως προειπώθηκε, γι' αυτό και κρίθηκε απαραίτητη. Οι άλλες δύο κεραίες κάλυψαν τον Πύργο αλλά και όλη σχεδόν την ακτή.

5.2.7.4 Νομός Αργολίδας

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού
	Βόρεια			Ανατολικά						
BORSA	37	39	10	22	39	30	100	1000	648.5	30
PR.HLIAS	37	28	0	23	13	20	100	1000	700.5	30

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.35 Κεραίες νομού Αργολίδας

Με αυτούς τους δύο πομπούς καλύψαμε το Ναύπλιο και την ευρύτερη τουριστική περιοχή όπως και τα νότια παράλια, στην περιοχή της Ερμιόνης και του Κρανιδίου. Και εδώ η κεραία της Αίγινας κάλυψε την ανατολική ακτή σε ικανοποιητικό βαθμό. Πάλι βεβαίως ο αριθμός των αναλογικών σταθμών είναι μεγαλύτερος (φτάνει τους 14), ενώ οι ιστοί δύο από αυτών θα χρησιμοποιηθούν και από τις αντίστοιχες δύο ψηφιακές κεραίες.

5.2.7.5 Νομός Αρκαδίας

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού
	Βόρεια			Ανατολικά						
ASSEA	37	20	46.03	22	14	52.8	1000	10000	1221.9	85
TRIPOLI	37	32	34.37	22	19	19.3	501	5012	1253.4	80

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.36 Κεραίες νομού Αρκαδίας

Η μεγάλη ισχύς της Ασσέας, κρίθηκε απαραίτητη για την κάλυψη σχεδόν όλου του νότιου τμήματος αλλά και μέρους της Λακωνίας. Η μεγάλη ισχύς πάλι της Τρίπολης ήταν ο μόνος τρόπος κάλυψης της πρωτεύουσας του νομού, λόγω του δύσβατου της περιοχής. Να σημειωθεί εδώ ότι η σχετική κεραία είναι καινούργια καθώς στα δεδομένα της ΕΡΤ (33 σταθμοί) δεν υπήρχε τοποθεσία κεραίας που να αρκεί να καλύψει την Τρίπολη.

5.2.7.6 Νομός Λακωνίας

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού
	Βόρεια			Ανατολικά						
MOLAOI	36	48	53.19	22	49	25	200	1995	901.4	30
SPARTH	37	1	10.01	22	23	49.02	100	1000	996.7	30

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.37 Κεραίες νομού Λακωνίας

Η κεραία της Σπάρτης, κάλυψε την ομώνυμη πόλη και τα περίχωρα ενώ η κεραία στους Μολάους, είναι επαρκής για την υπόλοιπη περιοχή. Και στον νομό αυτό, οι δύο πομποί για την ψηφιακή τηλεόραση έχουν συντεταγμένες όμοιες με αυτές των αναλογικών, σημαντική παράμετρο για την μείωση του συνολικού κόστους.

5.2.7.7 Νομός Μεσσηνίας

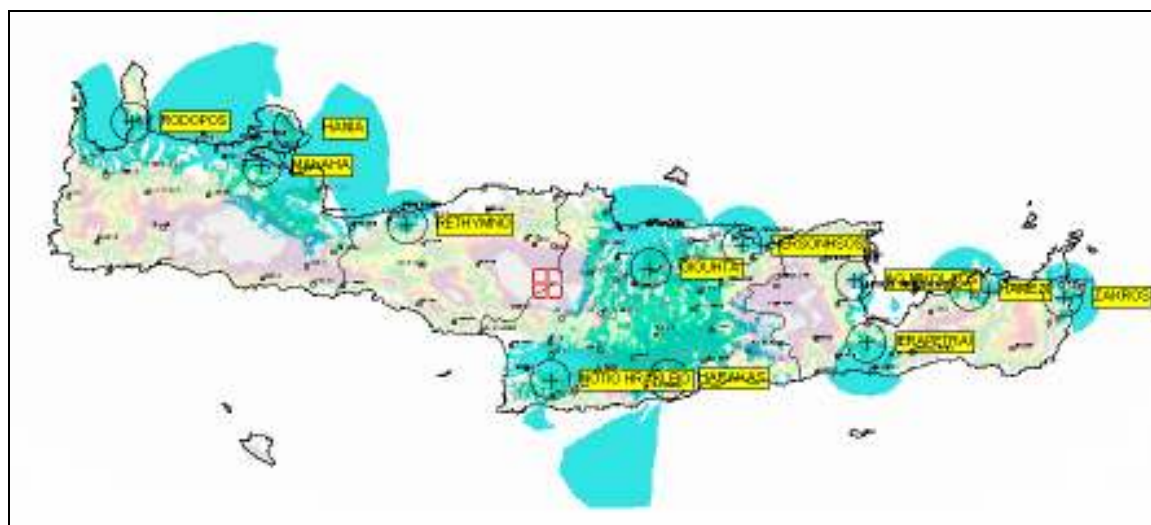
Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού
	Βόρεια			Ανατολικά						
ΑΕΤΟΣ ΙΤΗΟΜΙ	37	12	41.91	21	48	30.76	100	1000	1055	80
ΡΕΤΑΛΙΔΙ	36	55	40	21	51	20	100	1000	954	30

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.38 Κεραίες νομού Μεσσηνίας

Από τις 18 συνολικά αναλογικές κεραίες που έχει εγκαταστήσει η ΕΡΤ, καταλήξαμε μετά από προσομοιώσεις και πειραματισμούς, ότι αρχικά δύο μόνο ψηφιακοί πομποί είναι αρκετοί για να καλύψουν τις πολυπληθέστερες περιοχές.

Με δύο λοιπόν κεραίες ισχύος 100W, καλύφθηκε η ευρύτερη περιοχή της Καλαμάτας, αρκετές από τις ορεινές περιοχές καθώς και τα νότια παράλια. Και οι δύο πάντως κεραίες βασίστηκαν στις γεωγραφικές συντεταγμένες των αντίστοιχων αναλογικών.

5.2.8 Κρήτη



ΣΧΗΜΑ 5.18 Ραδιοκάλυψη Κρήτης

5.2.8.1 Νομός Χανίων

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού	Αζιμούθιο (°)
	Βόρεια		Ανατολικά								
HANIA	35	32	48	24	10	24	501	5012	479.3	50	220
MALAHA	35	27	45	24	5	25	501	5012	543.4	30	
RODOPOS	35	33	30	23	43	59	50	501	408.3	50	

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.39 Κεραίες νομού Χανίων

Από ότι φαίνεται στον πίνακα χρησιμοποιήθηκαν κεραίες ισχύος από 500W μέχρι 50W. Αυτές βέβαια δεν ήταν ικανές να καλύψουν όλο το νομό, παρά μόνο το βόρειο τμήμα που είναι το πιο πυκνοκατοικημένο. Η ΕΡΤ βέβαια χρησιμοποίησε 32 κεραίες από 1kW μέχρι 1W, αλλά στόχος της με την πάροδο των χρόνων ήταν να καλύψει κάθε κατοικημένη περιοχή, ενώ κατά την παρούσα μελέτη ψηφιακής μετάδοσης, το ενδιαφέρον επικεντρώθηκε στις πυκνοκατοικημένες περιοχές. Και οι τρεις κεραίες πάντως που τοποθετήθηκαν βρίσκονται στις ίδιες συντεταγμένες με τις αντίστοιχες αναλογικές.

5.2.8.2 Νομός Ρεθύμνης

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού
	Βόρεια			Ανατολικά						
RETHYMNO	35	20	15	24	24	0	20	200	243.5	50

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.40 Κεραίες νομού Ρεθύμνου

Ομοίως με τα Χανιά, και στο Ρέθυμνο τοποθετήθηκε μία μόνο κεραία για τις ανάγκες της πόλης. Για το υπόλοιπο τμήμα του νομού, κρίθηκε άωφελο προς το παρον να τοποθετηθούν μικρές τοπικές κεραίες που θα κάλυπταν τα χωριά. Μια σύγκριση με τους 17 αναλογικούς πομπούς δεν έχει νόημα στην παρούσα χρονική στιγμή. Το μόνο που μπορεί να σημειωθεί είναι ότι η μοναδική για τώρα ψηφιακή κεραία είναι στο ίδιο σημείο με την αναλογική.

5.2.8.3 Νομός Ηρακλείου

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού
	Βόρεια			Ανατολικά						
HARAKAS	34	59	43	25	11	29	501	5012	819	30
GIOUHTA	35	14	20	25	8	31	200	1995	780.3	50
HERSONHSOS	35	17	22	25	23	35	10	100	473.3	30
NOTIO HRAKLEIO	34	59	34	24	52	16	10	100	650.7	50

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.41 Κεραίες νομού Ηρακλείου

Ο νομός Ηρακλείου είναι ο μοναδικός στο νησί που παρουσιάζει αρκετά μεγάλη κάλυψη, γεωγραφική και πλυθυσμιακή.

Η μεγαλύτερη ισχύς είναι αυτή του Χάρακα , ο οποίος κάλυψε όλο σχεδόν το κεντρικό τμήμα του νομού. Άλλη μία κάλυψε την πόλη του Ηρακλείου και τα βόρεια παράλια, ενώ οι υπόλοιπες , κάλυψαν το νότιο τμήμα και τη Χερσόνησσο. Για την αναλογική τηλεόραση αντιθέτως χρησιμοποιούνται 17 πομποί από 1kW μέχρι 2W. Με εξαίρεση την κεραία στο νότιο Ηράκλειο που είναι καινούργια, όλες οι άλλες ψηφιακές βασίστηκαν στις συντεταγμένες των αναλογικών.

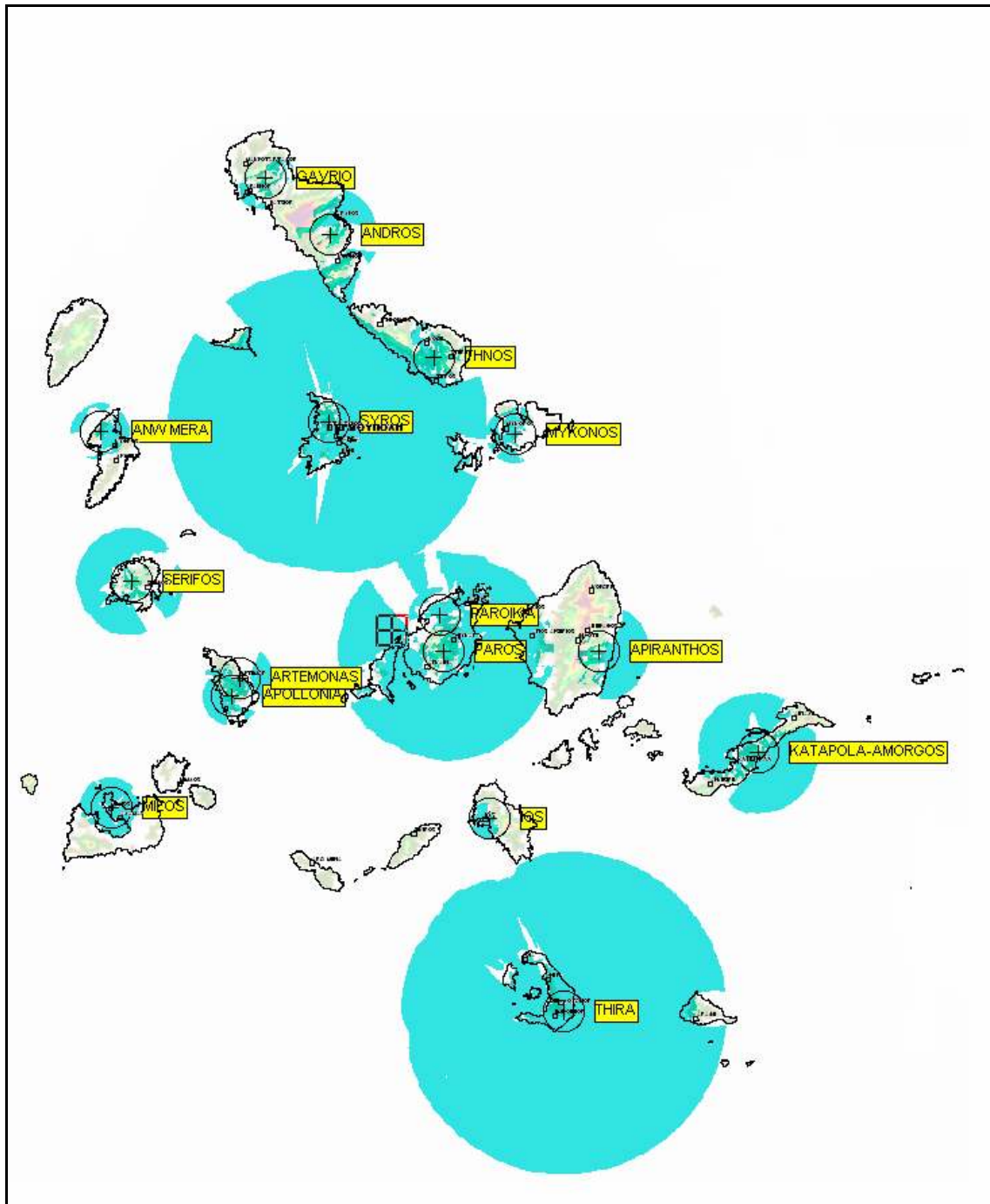
5.2.8.4 Νομός Λασιθίου

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού
	Βόρεια			Ανατολικά						
HAMEZI	35	11	3	26	0	23.48	10	100	545.6	30
IERAPETRA	35	4	23	25	43	39.65	10	100	680.9	50
ZAKROS	35	10	0	26	15	36	10	100	405.8	50
AG.NIKOLAOS	35	12	33	25	41	40	5	50	96	40

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.42 Κεραίες νομού Λασιθίου

Τρεις από τις κεραίες κάλυψαν την Ιεράπετρα και το βορειοανατολικό τμήμα του νησιού, ενώ κρίθηκε απαραίτητο να εγκατασταθεί μια μικρή τοπική των 5W για να καλύψει τον Αγ.Νικόλαο. Να σημειωθεί τέλος ότι μόνο η κεραία στο Χαμέζι, θα χρειαστεί κανούργιο ιστό, καθώς τοποθετήθηκε λίγο μακρύτερα από την αντίστοιχη αναλογική της.

5.2.9 Κυκλάδες



ΣΧΗΜΑ 5.19 Ραδιοκάλυψη Κυκλάδων

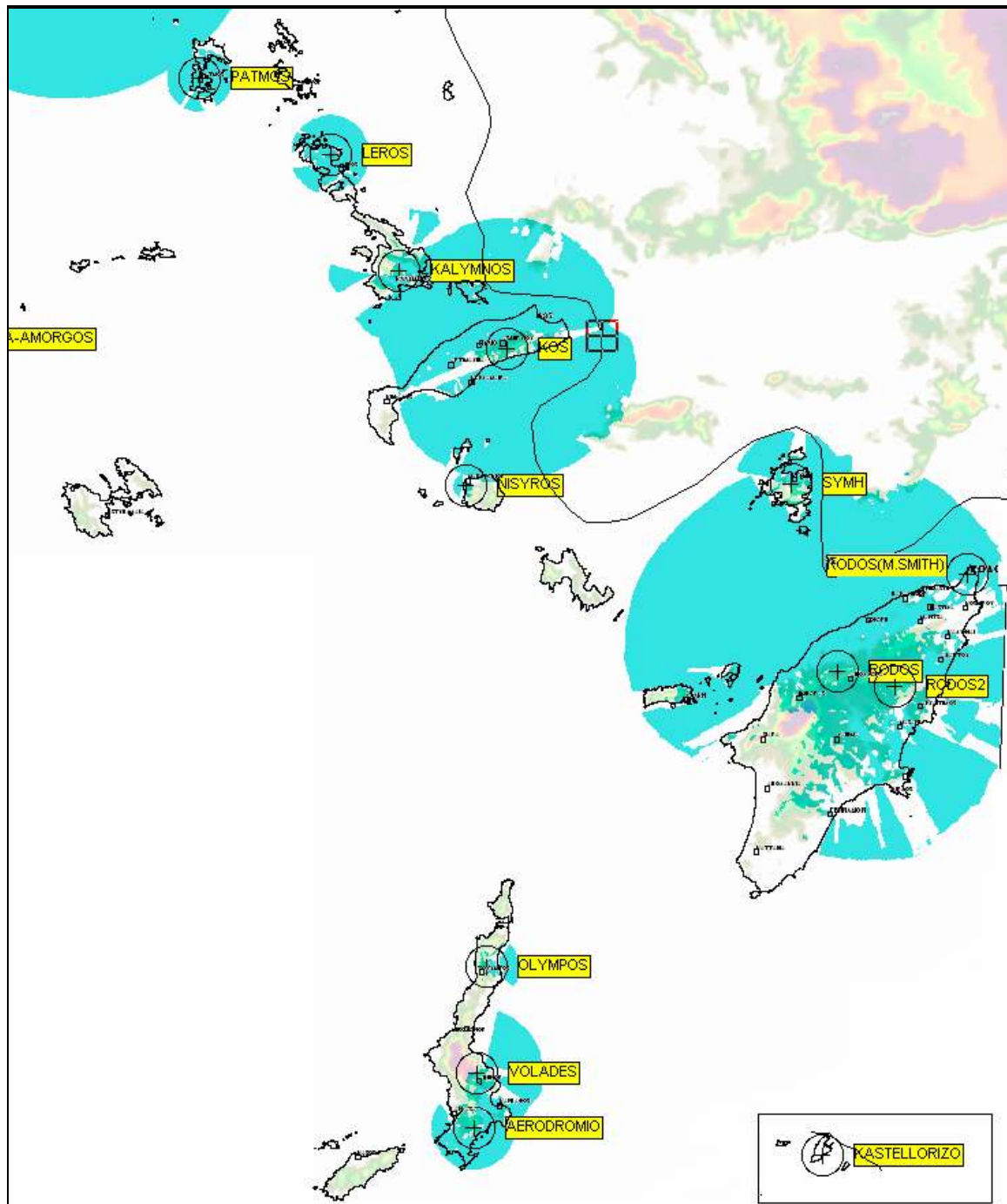
Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού
	Βόρεια			Ανατολικά						
SYROS	37	27	30	24	55	17	1000	10000	422.8	50
THIRA	36	22	0	25	27	45	501	5012	545.5	80
PAROS	37	2	1.15	25	11	19.44	50	501	672.7	30
APIRANTHOS	37	2	1	25	32	45	10	100	500.8	30
ARTEMONAS	36	59	0	24	43	9	10	100	278.1	30
ΚΑΤΑΠΟΛΑ-AMORGOS	36	50	37	25	54	35	10	100	630.3	30
MILOS	36	44	35.43	24	25	27.9	10	100	210.5	50
MYKONOS	37	26	5	25	21	15	10	100	199	30
PAROIKIA	37	5	59	25	10	40	10	100	209.2	30
SERIFOS	37	9	43.11	24	28	5.08	10	100	551.8	30
ANDROS	37	48	12	24	55	36.09	5	50	671.8	30
ANW MERA	37	26	19	24	23	42	5	50	306	30
THNOS	37	34	35	25	10	0	5	50	478.5	30
APOLLONIA	36	57	0	24	42	0	2	20	479.2	30
GAVRIO	37	54	29.66	24	46	21.37	2	20	555.7	30
IOS	36	43	25	25	17	30	2	20	240.7	30

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.43 Κεραίες νομού Κυκλάδων

Το κύριο χαρακτηριστικό του νομού, είναι ότι σχεδόν σε κάθε νησί τοποθετήθηκε από μια κεραία μέσης ισχύος για να καλύψει τοπικά τις ανάγκες του νησιού.

Από ένα σύνολο 16 κεραιών, αυτή της Σαντορίνης έχει πολύ μεγάλη ισχύ και πιθανότατα να μειωθεί η ισχύς της καθώς ένα μέρος της σπαταλάται στη θάλασσα. Καλύφθηκαν έτσι όλες οι πρωτεύουσες και τουριστικές περιοχές. Σε σύγκριση με τις αναλογικές, που στον αριθμό φτάνουν τις 36, όλες οι ψηφιακές, εκτός της Μυκόνου και της Τήνου που είναι καινούργιες, θα τοποθετηθούν στους ιστούς των αναλογικών.

5.2.10 Δωδεκάνησα



ΣΧΗΜΑ 5.20 Ραδιοκάλυψη Δωδεκανήσου

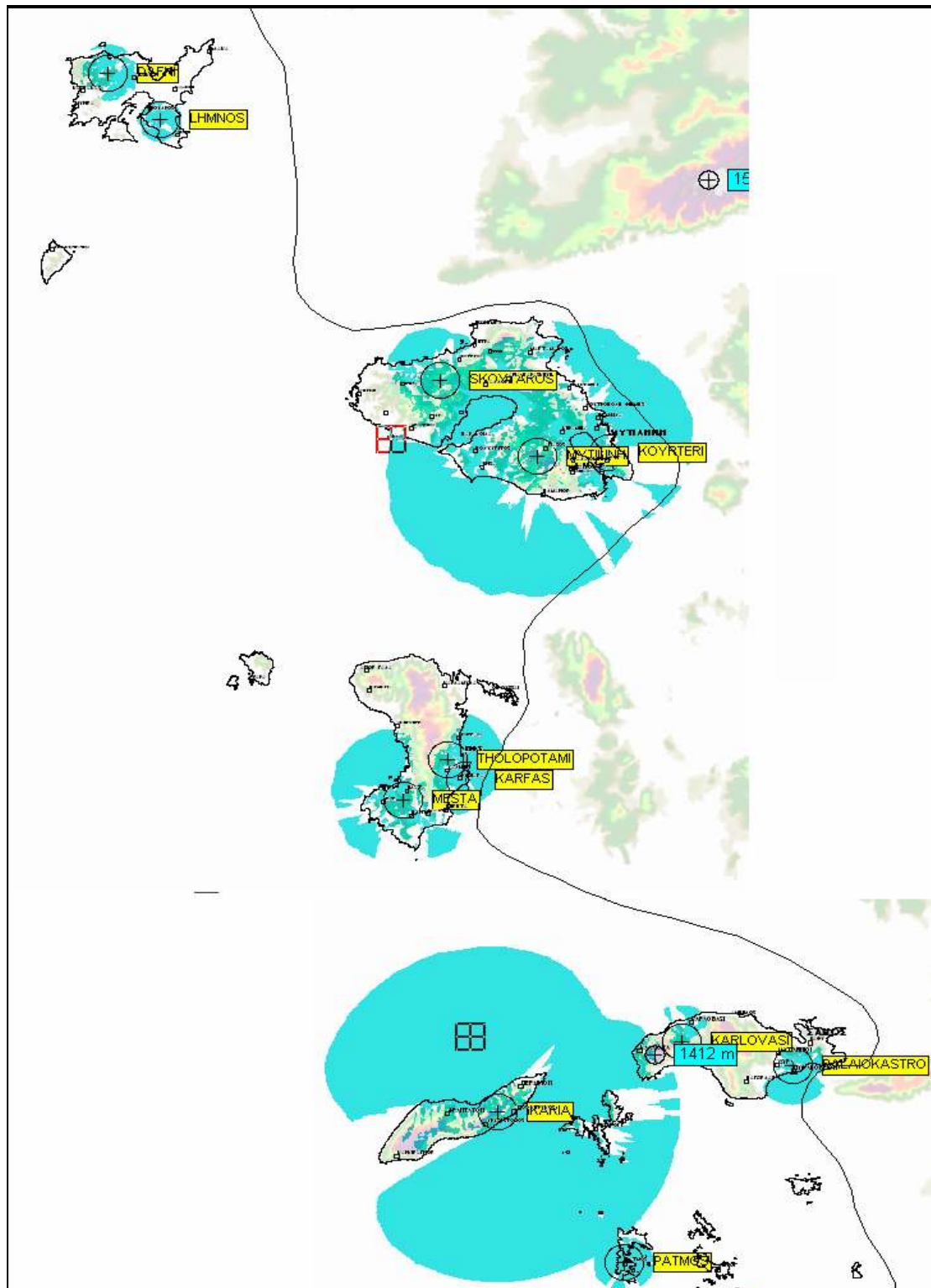
Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού
	Βόρεια			Ανατολικά						
RODOS	36	16	16	27	56	0	1000	10000	737.9	80
RODOS2	36	14	43	28	3	29	50	501	512.9	30
KOS	36	50	13	27	13	6	50	501	816.5	30
KALYMNOS	36	58	18	26	59	0	20	200	511.4	30
VOLADES	35	33	45	27	10	0	10	100	661.6	30
OLYMPOS	35	45	0	27	11	0	10	100	242.5	30
RODOS(M.SMITH)	36	26	27.44	28	12	43.22	10	100	41.1	50
SYMH	36	36	0	27	50	0	10	100	521	30
LEROS	37	10	32	26	49	58	10	100	315.7	30
PATMOS	37	18	23	26	32	44	10	100	225.8	30
AERODROMIO	35	28	9	27	9	39	5	50	498.4	30
NISYROS	36	36	0	27	7	50	2	20	94.3	30
KASTELLORIZO	36	8	0	29	35	0	1	10	173.8	30

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.44 Κεραίες νομού Δωδεκανήσου

Στα Δωδεκάνησσα, με επίκεντρο τη Ρόδο και την Κω, τοποθετήθηκαν κεραίες που κάλυπταν κατά τη προσομοίωση τόσο τις πρωτεύουσες των νησιών όσο και τα τουριστικά μέρη.

Στη Ρόδο χρησιμοποιήθηκαν τρεις κεραίες στο βόρειο τμήμα του νησιού, οι οποίες κάλυψαν όλο σχεδόν το νησί, εκτός από τα νότια και νοτιοδυτικά παράλια, τα οποία ούτως ή άλλως είναι αραιοκατοικημένα. Στο νησί της Κω, μία μόνο κεραία μεγάλης ισχύος, κάλυψε το μεγαλύτερο μέρος του νησιού και κρίθηκε επαρκής. Για την αναλογική τηλεόραση χρησιμοποιούνται 42 κεραίες ισχύος από 1kW μέχρι 1W. Κατά την προσομοίωση μειώθηκε κατά πολύ ο αριθμός των πομπών. Όλες οι ψηφιακές κεραίες έχουν τις ίδιες συντεταγμένες με τις αντίστοιχες αναλογικές εκτός από μία καινούργια.

5.2.11 Βόρειο Αιγαίο



ΣΧΗΜΑ 5.21 Ραδιοκάλυψη Βορείου Αιγαίου

5.2.11.1 Νομός Λέσβου

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού	Αζιμούθιο (°)
	Βόρεια			Ανατολικά							
ΜΥΤΙΛΙΝΗ	39	3	50	26	21	3	501	5012	899.6	40	
ΚΟΥΡΤΕΡΙ	39	4	16.84	26	32	55	50	501	398.2	30	270
ΔΑΦΝΙ	39	57	5	25	8	59	10	100	331.7	30	
ΣΚΟΥΤΑΡΟΣ	39	14	22	26	4	48	10	100	762.5	30	
ΛΗΜΝΟΣ	39	50	40	25	17	55	5	50	241.5	50	

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.45 Κεραίες νομού Λέσβου

Όπως και στα υπόλοιπα νήσια της Ελλάδος, δόθηκε προσοχή κυρίως στις πρωτεύουσες των νησιών καθώς και σε περιοχές τουριστικού ενδιαφέροντος. Έτσι στο νομό Λέσβου που περιλαμβάνει και το νησί της Λήμνου, το ενδιαφέρον μας επικεντρώθηκε στην Μυτιλήνη, τη Λήμνο και το Καρλόβασι.

Οι κεραίες της αναλογικής τηλεόρασης φτάνουν στο νομό τις 40 με μεγαλύτερη ισχύ αυτή της Μυτιλήνης που έχει 1kW. Οι υπόλοιπες ποικίλλουν από 100 μέχρι 1 W . Να τονιστεί εδώ και πάλι ότι ο μεγάλος αριθμός των αναλογικών πομπών δικαιολογείται από το γεγονός ότι οι περισσότερες εξυπηρετούν τις ανάγκες μικρών πληθυσμιακά περιοχών. Συγκριτικά η Μυτιλήνη και το Κουρτέρι θα τοποθετηθούν στους ίδιους ιστούς με τις αντίστοιχες αναλογικές, ο Σκουτάρος σε κοντινό σημείο, ενώ η κεραία της Λήμνου είναι καινούργια και θα εξυπηρετεί τις ανάγκες της πόλης.

5.2.11.2 Νομός Χίου

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού	Αζιμούθιο (°)
	Βόρεια			Ανατολικά							
ΚΑΡΦΑΣ	38	18	34	26	8	55	10	100	331.7	30	270
ΤΗΟΛΟΠΟΤΑΜΙ	38	21	18	26	6	40	10	100	762.5	30	
ΜΕΣΤΑ	38	15	49	25	58	38	5	50	241.5	50	

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.46 Κεραίες νομού Χίου

Και οι τρεις κεραίες έχουν σχετικά μικρή ισχύ και όπως φαίνεται από την εικόνα, καλύπτουν κυρίως το νότιο μέρος του νησιού, όπου βρίσκεται η πόλη της

Χίου και τα γνωστότερα χωριά. Για την αναλογική τηλεόραση χρησιμοποιούνται 11 κεραιές με ισχύ από 100 μέχρι 1W. Το θετικό που χαρακτηρίζει το νομό είναι ότι και οι τρεις ψηφιακές κεραιές θα τοποθετηθούν στους ιστούς των αντίστοιχων αναλογικών.

5.2.11.3 Νομός Σάμου-Ικαρίας

Όνομα σταθμού	Συντεταγμένες						Ισχύς (W)	E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού
	Βόρεια			Ανατολικά						
IKARIA	37	36	36	26	15	2.7	200	1995	1014.3	30
PALAIOKASTRO	37	42	7	26	56	35	20	200	262.3	30
KARLOVASI	37	45	0	26	41	0	10	100	371.2	30

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.47 Κεραιές νομού Σάμου

Το κύριο χαρακτηριστικό σε αυτήν την περιοχή είναι η κεραία μεγάλης ισχύος που βρισκόταν ήδη τοποθετημένη για αναλογική μετάδοση, από την ΕΡΤ, στο νησί της Ικαρίας .

Η ισχύς της Ικαρίας μειώθηκε στο μισό σε σχέση με την αντίστοιχη αναλογική στον ίδιο ιστό, με αποτέλεσμα να καλύπτει σχεδόν όλο το νησί αλλά και αρκετό μέρος να σπαταλάται στη θάλασσα. Για το λόγο αυτό και η τιμή της ισχύος της είναι υπό συζήτηση. Στο νησί της Σάμου, με τις δύο κεραιές, οι οποίες βρίσκονται πλησίον των αναλογικών, καλύπτεται κυρίως η περιοχή της Σάμου και του Καρλόβασι.

6 ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Συγκεντρωτικά στοιχεία σταθμών

Στο κεφάλαιο που προηγήθηκε παρουσιάστηκαν αναλυτικά για κάθε περιοχή οι σταθμοί που τοποθετήθηκαν και η κάλυψη που παρείχαν. Από τα στοιχεία που μας παρέδωσε η ΕΡΤ για τους σταθμούς βάσης που χρησιμοποιούνται για τα τρία κανάλια της αναλογικής τηλεόρασης (ET1, NET, ET3) σε όλη την Ελλάδα έχουμε τα εξής στοιχεία για την κατάσταση που επικρατεί τώρα:

▪ Για την ET1:

Σταθμοί:	866 εγκατεστημένοι μέχρι το 1998 και 110 προγραμματισμένοι για εγκατάσταση
Ισχύς:	15 σταθμοί με e.r.p. από 10 kW έως 500kW 222 σταθμοί με e.r.p. από 100W έως 10 kW 633 σταθμοί με e.r.p. μικρότερη από 100W
Κανάλια Εκπομπής:	3-12, 21-60, 62-65
Λήψης:	3-12, 21-39, 41-42, 46-47, 49-50, 54, 62-65, 68

▪ Για τη NET:

Σταθμοί:	474 εγκατεστημένοι μέχρι το 1998 και 94 προγραμματισμένοι για εγκατάσταση
Ισχύς:	16 σταθμοί με e.r.p. από 30 kW έως 1MW 173 σταθμοί με e.r.p. από 100W έως 10 kW 285 σταθμοί με e.r.p. μικρότερη από 100W
Κανάλια Εκπομπής:	5, 8, 11, 21-57, 59-61, 63
Λήψης:	5, 7-8, 21-37, 39-51, 54, 57, 59

▪ **Για την ET3:**

Σταθμοί:	170 εγκατεστημένοι μέχρι το 1998 και 13 προγραμματισμένοι για εγκατάσταση
Ισχύς:	6 σταθμοί με e.r.p. από 10 kW έως 24 kW 83 σταθμοί με e.r.p. από 100W έως 10 kW 81 σταθμοί με e.r.p. μικρότερη από 100W
Κανάλια Εκπομπής:	5-6, 21-62, 64, 66
Λήψης:	10, 21-23, 26-27, 29, 32, 34-35, 37-38, 40-42, 44-45, 47-48, 51- 55, 57, 59, 62, 64, 66

Στο δίκτυο ψηφιακής τηλεόρασης που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας, τα συγκεντρωτικά στοιχεία των σταθμών έχουν ως εξής:

▪ **Για το DVB-T δίκτυο:**

Σταθμοί:	181 εκ των οποίων: 134 βρίσκονται σε ιστό αναλογικής τηλεόρασης και 47 είναι σταθμοί σε νέες τοποθεσίες
Ισχύς:	2 σταθμοί με e.r.p. 20 kW 157 σταθμοί με e.r.p. από 100W έως 10 kW 22 σταθμοί με e.r.p. μικρότερη από 100W
Κανάλι Εκπομπής:	21 (474MHz)

Σημείωση: Όλες ανεξαιρέτως οι κεραιές που χρησιμοποιήθηκαν είναι οριζόντια πολωμένες

Αναλυτικότερα, οι σταθμοί που βρίσκονται σε νέες τοποθεσίες είναι οι ακόλουθοι:

Όνομα σταθμού	Νομός	Συντεταγμένες						E.R.P. (W)	Ύψος Κεραίας	Ύψος Ιστού
		Βόρεια			Ανατολικά					
AIGINA	ATT	37	43	40	23	29	40	19953	399.7	50
XANTHI	XAN	41	9	30	24	58	20	5012	626	30
KOLYNDROS	PIE	40	28	0	22	27	38	5012	400.7	50
TRIPOLI	ARK	37	32	34.37	22	19	19.3	5012	1253.4	80
KARDITSA	KAR	39	25	6.21	22	15	28.19	1995	511.2	30
KASTANIA	FCI	38	51	35	22	15	31.14	1995	1184.8	30
PYRGOS NORTH	ILE	38	2	44	21	31	5	1995	667.4	30
VERDIKOUSA	LAR	39	47	10	21	58	18	1995	981.4	30
MOLAOI	LAK	36	48	53.19	22	49	25	1995	901.4	30
NEA MAKRH- PENTELH	ATT	38	3	41	23	55	47	1000	668.4	30
AHDONOXWRI	SER	40	48	18.93	23	47	45.02	1000	327.8	30
KILKIS	KIL	41	4	52.95	22	52	18.98	1000	403.8	30
KATERINH	PIE	40	8	30	22	26	21	1000	720.7	50
THESPRWTIA	THES	39	28	45	20	31	45	1000	1021.5	30
LHXOURI	KEF	38	12	50	20	22	25	1000	422.9	50
FTERH	AHA	38	11	20	22	6	20	1000	806.7	30
LAYRIO	ATT	37	45	44.22	24	2	11.2	501	331.5	30
POLITIKA	EYB	38	37	24.58	23	32	3.64	501	779.2	30
VASILIKA	EYB	38	56	40	23	20	50	501	494.7	30
DIDYMOTEIXO	EVR	41	19	50	26	27	40	501	186.1	50
SERRES	SER	41	7	34	23	38	10	501	704.7	30
VEROIA	IMA	40	33	27.81	22	7	9.81	501	624.4	30
EDESSA	PEL	40	49	20.29	22	3	33.41	501	583.7	30
AMPELIA	PEL	40	52	6	22	19	32.7	501	633.3	30
PENTALOFO	AIT	38	26	45.66	21	13	20.75	501	208.1	30
KAMARI	KOR	38	4	50	22	33	40	501	628.4	30
RODOS2	DWD	36	14	43	28	3	29	501	512.9	30
NEA APOLLWNIA	CES	40	34	15	23	32	28.69	501	398.3	30
ELLOPIA	BOI	38	16	55	23	3	30	501	615.6	30
KOROMILIA	FCI	39	4	20	22	21	30	501	499	30
VOLOS	MAG	39	23	30	22	56	30	200	116.7	30
RETHYMNO	RET	35	20	15	24	24	0	200	243.5	50
ANAVYSSOS	ATT	37	44	59.53	23	55	45.43	100	452.8	30
KAMMENA VOURLA	FCI	38	46	15	22	48	35	100	592	30
MESOLOGI	AIT	38	24	3.69	21	30	40.2	100	487.9	30
HERSONHSOS	IRA	35	17	22	25	23	35	100	473.3	30
NOTIO HRAKLEIO	IRA	34	59	34	24	52	16	100	650.7	50
HAMEZI	LAS	35	11	3	26	0	23.48	100	545.6	30
MYKONOS	KYK	37	26	5	25	21	15	100	199	30
ASTAKOS	AIT	38	32	44.8	21	3	35	100	843.2	30
SKOYTAROS	LES	39	14	22	26	4	48	100	762.5	30
AG.NIKOLAOS	LAS	35	12	33	25	41	40	50	96	40
THNOS	KYK	37	34	35	25	10	0	50	478.5	30
LHMNOS	LES	39	50	40	25	17	55	50	241.5	50
ALIARTOS-NEW	BOI	38	22	0	23	10	30	50	396.7	30
SKIATHOS	MAG	39	10	50	23	28	30	20	310.4	30

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1 Νέες κεραίες

6.2 Παρατηρήσεις

▪ Ποσοστό κάλυψης

Το δίκτυο που πραγματοποιήθηκε κρίνεται αποδοτικό, καθώς από τα πληθυσμιακά και γεωγραφικά δεδομένα προκύπτουν τα παρακάτω ποσοστά κάλυψης:

- Ποσοστό πληθυσμιακής κάλυψης: **86.6%**
- Ποσοστό γεωγραφικής κάλυψης: **40%**

Παρατηρούμε ότι καλύφθηκε ένα ιδιαίτερα μεγάλο μέρος του πληθυσμού, συγκριτικά με τα αντίστοιχα ποσοστά που προκύπτουν από τις μελέτες άλλων ευρωπαϊκών χωρών. Παρόλα αυτά, η γεωγραφική κάλυψη περιορίστηκε στο 40%, κάτι που δικαιολογείται από το γεγονός ότι η ελληνική περιφέρεια είναι ιδιαίτερα αραιοκατοικημένη και κατά τη διάρκεια της ραδιοκάλυψης, το ενδιαφέρον μας επικεντρώθηκε στις μεγάλες πληθυσμιακά πόλεις.

▪ Ορεινές περιοχές

Όπως παρατηρήσαμε σε αρκετούς νομούς, οι ορεινές περιοχές δεν είναι εύκολο να καλυφθούν. Η EPT για την αναλογική τηλεόραση χρησιμοποιεί πολλούς πομπούς χαμηλής ισχύος για τις περιοχές αυτές, κάτι που θα ήταν ιδιαίτερα χρονοβόρο και αναποτελεσματικό με τη χρήση του προγράμματος, λόγω της έλλειψης στοιχείων και ικανοποιητικού μοντέλου μετάδοσης. Κρίναμε λοιπόν καλύτερο να ασχοληθούμε περισσότερο με τις πιο πυκνοκατοικημένες περιοχές ως αρχικό στάδιο, καθώς για τις υπόλοιπες θα ήταν καλό να γίνει πιο εκτενής μελέτη.

▪ Σύνορα

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί και στα σύνορα της χώρας, καθώς σε αρκετές περιπτώσεις παρουσιάστηκαν παρεμβολές στις γείτονες χώρες. Χρησιμοποιήθηκαν όπου ήταν δυνατόν κατευθυντικές κεραίες, ωστόσο, για την ολοκληρωτική αντιμετώπιση του προβλήματος θα χρειστεί περαιτέρω μελέτη. Μια

πιθανή λύση είναι η χρήση μεγαλύτερου αριθμού κατευθυντικών κεραιών μικρότερης ισχύος στις προβληματικές περιοχές.

Προτάσεις για περαιτέρω μελέτη

Στην εργασία που προηγήθηκε, αναφέρθηκαν τα γενικά χαρακτηριστικά ενός δικτύου DVB-T και περιγράφηκε η διαδικασία που ακολουθήθηκε για το σχεδιασμό του δικτύου. Η κάλυψη που πραγματοποιήθηκε, έγινε για συνθήκες σταθερής λήψης.

Ως συνέχεια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αρχικά θα πρέπει να πραγματοποιηθούν μετρήσεις πεδίου για την επιβεβαίωση και την βελτίωση των στοιχείων που παρουσιάστηκαν, να αντιμετωπισθούν τα ιδιαίτερα προβλήματα που δεν ήταν μέσα στις δυνατότητες του EDX και να γίνει στη συνέχεια επανασχεδιασμός του δικτύου.

Έπειτα, με αλλαγή των ορίων μπορεί να εφαρμοστεί κάλυψη για φορητή λήψη, ενώ για την αντίστοιχη κινητή θα χρειαστούν ψηφιακοί χάρτες πόλεων.

Για τις περιοχές των συνόρων, θα πρέπει αρχικά να γίνει εναρμόνιση των συχνοτήτων με τις γειτονικές χώρες και κατόπιν να πραγματοποιηθούν μελέτες για την κάλυψη των συνόρων ώστε να αποφεύγονται οι παρεμβολές.