

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ**

<b>1.</b>	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ TETRA.....</b>	<b>5</b>
1.1.	Εισαγωγικά στοιχεία.....	5
1.2.	Σύντομη ιστορική αναδρομή των TETRA και TETRAPOL.....	5
1.2.1.	TETRAPOL.....	6
1.2.2.	TETRA.....	6
1.3.	Οι σημαντικότερες διαφορές ανάμεσα στα TETRA και TETRAPOL.....	8
1.4.	Το μέλλον ανήκει στα TETRA και TETRAPOL.....	9
1.5.	Σε ποιους απευθύνονται τα TETRA και TETRAPOL.....	11
1.6.	Το δίκτυο TETRA στην Ελλάδα.....	15
<b>2.</b>	<b>ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΤΟΥ TETRA.....</b>	<b>21</b>
2.1.	Τεχνικά χαρακτηριστικά και υπηρεσίες του TETRA .....	21
2.2.	Η λειτουργία του trunking.....	25
2.3.	Λειτουργία DMO .....	28
2.4.	Διαμόρφωση στο σύστημα TETRA .....	32
2.5.	Χρονική πολυπλεξία στο σύστημα TETRA .....	34
2.6.	Κωδικοποίηση φωνής στο σύστημα TETRA.....	36
2.7.	Η κρυπτογράφηση στο σύστημα TETRA.....	39
2.8.	Κεραίες κατάλληλες για δίκτυο TETRA.....	44
<b>3.</b>	<b>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ UHF ΣΗΜΑΤΩΝ ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΘΑΛΑΣΣΑ.....</b>	<b>53</b>
3.1.	Χαρακτηριστικά της διάδοσης UHF σημάτων πάνω από θάλασσα.....	53
3.2.	Επιλογή κατάλληλου μοντέλου για πρόβλεψη ραδιοκάλυψης πάνω από θαλάσσιες διαδρομές.....	53
3.3.	Μηχανισμοί διάδοσης κυμάτων πάνω από θάλασσα.....	56

<b>4. LINK BUDGET .....</b>	<b>61</b>
4.1. Θεωρητικός υπολογισμός του Link Budget και των απωλειών διάδοσης.....	61
4.2. Χαρακτηριστικά πομπού.....	62
4.3. Χαρακτηριστικά δέκτη.....	63
4.4. Υπολογισμός Link Budget.....	64
4.5. Θεωρητικός υπολογισμός απωλειών διάδοσης (Path Loss).....	67
<b>5. ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ .....</b>	<b>70</b>
5.1. Σύντομη αναφορά στο υπολογιστικό πακέτο .....	70
5.2. Περιγραφή του τρόπου εργασίας στο EDX .....	71
5.2.1. Βήμα 1 <sup>ο</sup> .....	72
5.2.2. Βήμα 2 <sup>ο</sup> .....	81
5.2.3. Βήμα 3 <sup>ο</sup> .....	84
5.2.4. Βήμα 4 <sup>ο</sup> .....	86
5.2.5. Βήμα 5 <sup>ο</sup> .....	89
5.2.6. Βήμα 6 <sup>ο</sup> .....	92
5.2.7. Βήμα 7 <sup>ο</sup> .....	95
5.3. Σχολιασμός των αποτελεσμάτων .....	137
<b>ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....</b>	<b>138</b>



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> : ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΤΕΤΡΑ .**

### **ΠΑΡΑΓΡΑΦΟΙ :**

<b>1.1.</b>	<b>: ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.</b>	<b>: ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΩΝ ΤΕΤΡΑ ΚΑΙ ΤΕΤΡΑΡΟΛ .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.1.</b>	<b>: ΤΕΤΡΑΡΟΛ .....</b>	<b>6</b>
<b>1.2.2.</b>	<b>: ΤΕΤΡΑ .....</b>	<b>6</b>
<b>1.3.</b>	<b>: ΟΙ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΤΩΝ ΤΕΤΡΑ ΚΑΙ ΤΕΤΡΑΡΟΛ .....</b>	<b>8</b>
<b>1.4.</b>	<b>: ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΑΝΗΚΕΙ ΣΤΑ ΤΕΤΡΑ ΚΑΙ ΤΕΤΡΑΡΟΛ .....</b>	<b>10</b>
<b>1.5.</b>	<b>: ΣΕ ΠΟΙΟΥΣ ΑΠΕΥΘΥΝΟΝΤΑΙ ΤΑ ΤΕΤΡΑ ΚΑΙ ΤΕΤΡΑΡΟΛ .....</b>	<b>11</b>
<b>1.6.</b>	<b>: ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΕΤΡΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .....</b>	<b>16</b>

## **1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .**

Πρόκειται για τη συντομογραφία αυτού του νέου προτύπου , τα οποία αντικαθιστούν τη πλήρη ονομασία του που είναι **TErrestrial Trunked RAdio** , TETRA . Το πρότυπο αυτό στην αρχική του σύσταση και εξέλιξη περιγραφόταν από τα ίδια αρχικά τα οποία όμως προέρχονταν από τις λέξεις : Trans European Trunked Radio Access . Πρόκειται για ένα νέο πρότυπο στις προσωπικές κινητές ραδιοεπικοινωνίες (PMR , Private Mobile Radio) το οποίο εξελίχθηκε και ολοκληρώθηκε από το ευρωπαϊκό ινστιτούτο ETSI (European Telecommunications Standards Institute) και δημιουργήθηκε με πρωταρχικό στόχο να καλύψει τη μεγάλη γκάμα επιχειρήσεων , οργανισμών , δημοσίων υπηρεσιών αλλά και ιδιωτών , οι οποίοι επιζητούν μια μεγαλύτερη ασφάλεια , σε σχέση με αυτήν των υπάρχοντων δικτύων (π.χ. GSM) στις επικοινωνίες τους μέσω των δικτύων επαγγελματικών κινητών επικοινωνιών (PMR) . Η λέξη “trunked” που υπάρχει στην ονομασία του προτύπου έχει δανειστεί από την αγγλική ορολογία για να περιγράψει τη βασική ιδέα λειτουργίας του νέου δικτύου . Σε μια ελεύθερη μετάφραση τον όρο “trunk” θα μπορούσαμε να τον επικαλεστούμε με τον ελληνικό «κανάλι» , αλλά περισσότερο θα πούμε για αυτό σε σχετική παράγραφο που ακολουθεί .

## **1.2. ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΩΝ TETRA ΚΑΙ TETRAPOL .**

Καταρχήν , θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι παρά τη παραπλήσια ονομασία τους πρόκειται για δυο νέα πρότυπα δίκτυα κινητών επικοινωνιών τα οποία έχουν τελείως διαφορετική προέλευση και ιστορία , αλλά με αρκετά κοινά στοιχεία ιδίως στην έμφαση που δόθηκε στον τομέα της ασφάλειας . Πάντως οι τελικές υπηρεσίες που προσφέρονται στο χρήστη είναι παρόμοιες στα δυο συστήματα .

### **1.2.1 TETRAPOL .**

Η εξέλιξη και προτυποποίηση του TETRAPOL ξεκινά το 1987 από τη γαλλική πρώην Martel-Nortel και νυν EADS Telecom Benelux (θυγατρική της EADS , European Aeronautics Defense and Space company ) . Η γαλλική χωροφυλακή ζητά από την εταιρεία την ανάπτυξη ενός νέου δικτύου κινητής τηλεφωνίας για την κάλυψη όλης της γαλλικής επικράτειας , το οποίο θα ήταν ψηφιακό . Το αποτέλεσμα ήταν επαναστατικό για τα δεδομένα της εποχής και εγκαταστάθηκε για πρώτη φορά το 1992 για τη γαλλική χωροφυλακή και μετέπειτα το 1995 για τη γαλλική αστυνομία. Αρχικά το πρότυπο που καθορίστηκε από τη γαλλική εταιρεία έμεινε απόρρητο αλλά μετά το 1992 άνοιξε για όλες τις ενδιαφερόμενες εταιρείες που ήθελαν να το βελτιώσουν . Το TETRAPOL σήμερα εξελίσσεται κυρίως από δυο οργανισμούς , το “TETRAPOL FORUM” , ένα οργανισμό όπου συμμετέχουν οι βασικότεροι συντελεστές παραγωγής τεχνολογίας TETRAPOL και το “ TETRAPOL USER’S GUIDE” , όπου αντίστοιχα εδώ συμμετέχουν όλοι οι χρήστες δικτύων TETRAPOL .

### **1.2.2. TETRA .**

Την πρώτη Δεκεμβρίου του 1994 ο οργανισμός ETSI ιδρύει το TETRA MoU (Memorandum of Understanding) , στο οποίο συμμετέχουν υποψήφιοι μελλοντικοί χρήστες του TETRA , βιομηχανικοί συντελεστές παραγωγής , εταιρίες λογισμικών πακέτων , χειριστές , διαχειριστές δικτύων PMR καθώς και πολυεθνικών εταιριών που σκόπευαν να το εγκαταστήσουν όταν αυτό θα είχε πάρει τη τελική του μορφή . Εκεί γίνονται ανταλλαγές ιδεών από τις ενδιαφερόμενες μεριές και μια σφυγμομέτρηση των αναγκών της αγοράς με σκοπό το μελλοντικό αυτό δίκτυο να καλύψει υπηρεσίες που τα υπάρχοντα τη στιγμή εκείνη δίκτυα δε μπορούσαν να προσφέρουν στους πελάτες τους . Αυτή η πρωτοποριακή ιδέα της ίδρυσης του MoU και ανταλλαγής ιδεών με όλες τις ενδιαφερόμενες μεριές ήταν και η καλύτερη παρακαταθήκη για τη μελλοντική επιτυχία στην παγκόσμια αγορά του συστήματος TETRA . Αυτή τη στιγμή το MoU αντιπροσωπεύει 97 οργανισμούς από όλες τις ηπείρους της υφηλίου .

Σήμερα έχει πλέον ολοκληρωθεί η πρώτη έκδοση του αποτελέσματος αυτού του εγχειρήματος και εγκαθίσταται με γοργούς ρυθμούς σε πολλές χώρες , το TETRA release 1 , ενώ η release 2 είναι στα τελευταία στάδια πριν την έκδοσή της . Μάλιστα στην Ευρώπη έχει επιτευχθεί σχεδόν πλήρης αποδοχή του , δηλαδή το σύνολο των ευρωπαϊκών χωρών έχουν αποφασίσει να προχωρήσουν στην εγκατάσταση του δικτύου αυτού στην επικράτεια τους – μια εκ των οποίων είναι και η χώρα μας -ενώ δεν είναι λίγες οι χώρες που το έχουν ήδη κάνει . Τη στιγμή που μιλάμε γίνονται διαγωνισμοί στις περισσότερες χώρες της ευρωπαϊκής ένωσης για την εγκατάσταση του . Ενδεικτικά αναφέρεται το Βέλγιο , όπου ανατέθηκε μετά από το σχετικό διαγωνισμό σε γνωστή εταιρεία προϊόντων κινητής τηλεφωνίας , να προχωρήσει στην τοποθέτηση των σταθμών βάσης , και η Ισπανία όπου στη Καταλονία ένα σύστημα είναι σχεδόν έτοιμο να παραδοθεί προς χρήση . Στον υπόλοιπο κόσμο , αξίζει να αναφερθεί ότι η Κίνα έχει συμφωνήσει να υιοθετήσει το TETRA , ενώ επαφές έχουν γίνει και με πολλές χώρες από όλες τις ηπείρους πλην των νότιο-αμερικανικών .

Παράλληλα με την εξέλιξη του από το ινστιτούτο ETSI , το TETRA αποτέλεσε ένα νέο πεδίο έρευνας και εξέλιξης νέων πακέτων λογισμικού από κορυφαίες πολυεθνικές εταιρείες λογισμικού , οι οποίες προβλέποντας τη μελλοντική τεράστια εμπορική επιτυχία του νέου δικτύου προσπάθησαν να πάρουν ένα μέρος από τη πίτα των κερδών . Άξια αναφοράς είναι η ιταλική Marconi , μια εταιρεία με παγκόσμια εμβέλεια και πενήντα χιλιάδες προσωπικό στις τάξεις της , ιδιαίτερα καταξιωμένη στο χώρο των κρυπτογραφημένων ραδιοεπικοινωνιών και πωλήσεις τέτοιων συστημάτων ασφαλείας κυρίως για στρατιωτική χρήση , όπου είναι ευνόητη η απαίτηση για επικοινωνία προστατευμένη από υποκλοπές . Η εταιρεία αυτή με τη τεράστια εμπειρία της στη κρυπτογράφηση εξέλιξε και παρέχει αυτή τη στιγμή μια επιπλέον βαθμίδα ασφαλείας σε κάθε χρήστη TETRA μέσω μιας συσκευής που συνδέεται στο τερματικό και κρυπτογραφεί τη μετάδοση ενώ για τη λήψη του μεταδιδόμενου μηνύματος στο δέκτη απαιτείται μια ίδια συσκευή για την αποκρυπτογράφηση . Φυσικά αυτό είναι μόνο ένα παράδειγμα από τις νέες υπηρεσίες που πρόκειται να προστεθούν στις ήδη υπάρχουσες στο TETRA rel. 1 .

### 1.3. ΟΙ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΤΩΝ TETRA ΚΑΙ TETRAPOL .

Όπως προαναφέρθηκε παρά το γεγονός ότι τα δυο πρότυπα δικτύων ψηφιακής τεχνολογίας έχουν παραπλήσια ονόματα κανείς δε πρέπει να νομίσει ότι πρόκειται για δυο συγγενικά δίκτυα . Αντίθετα πρόκειται για δυο δίκτυα που είναι ανταγωνιστικά . Πάντως σαφώς απευθύνονται στην ίδια αγορά και κατά συνέπεια δε θα μπορούσαν παρά να προσφέρουν σχεδόν ίδιες τελικές υπηρεσίες στο χρήστη . Πάντως μιας και πρόκειται για ανταγωνιστικά δίκτυα , αξίζει να αναφερθούμε στις θεμελιώδεις διαφορές που έχουν . Οι διαφορές παρατίθενται σε δυο πίνακες που ακολουθούν με σχετική ανάλυση τους .

	<b>Πλεονεκτήματα TETRAPOL έναντι του TETRA :</b>
<b>I.</b>	Οι ακτίνες από μια κυψέλη του TETRAPOL είναι κατά 50 % (στη μέγιστη τιμή τους ) ισχυρότερες από αυτές μιας κυψέλης TETRA υποθέτοντας ίδια μέγιστη ισχύ εκπομπής .Έτσι ένα δίκτυο TETRAPOL χρειάζεται τους μισούς σταθμούς βάσης συγκριτικά με ένα δίκτυο TETRA για να καλύψει μια συγκεκριμένη περιοχή . Βέβαια το πλεονέκτημα ισχύει μόνο σε περίπτωση που η περιοχή έχει μικρή τηλεπικοινωνιακή κίνηση .
<b>II.</b>	Το εύρος καναλιού είναι 12.5 KHz , που συνεπάγεται καλή συνύπαρξη του δικτύου με άλλα σε γειτονικές συχνότητες και μειωμένες εκπομπές σε συχνότητες εκτός των ορίων και συνεπώς χαμηλές παρεμβολές .
<b>III.</b>	Μεταδόσεις σε κοινές συχνότητες είναι πιο εύκολο να υλοποιηθούν χρησιμοποιώντας τεχνολογία TETRAPOL παρά με TETRA .

*Πίνακας 1: πλεονεκτήματα του προτύπου TETRAPOL έναντι του TETRA .*

	<b>Μειονεκτήματα του TETRAPOL έναντι του TETRA :</b>
<b>I.</b>	Η full-duplex μετάδοση είναι δύσκολο να γίνει αντιληπτή από το τερματικό λόγω της σχεδίασης της κεραίας (υπάρχει splitter στη κεραία του κινητού) .
<b>II.</b>	Ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων στο TETRAPOL είναι σαφώς χαμηλότερος από αυτόν που επιτυγχάνεται στο TETRA . Πιο συγκεκριμένα , οι ρυθμοί μετάδοσης data στο TETRA είναι μεγαλύτεροι έως και 4 φορές σε σχέση με αυτούς που επιτυγχάνει το TETRAPOL .
<b>III.</b>	Η ικανότητα εκμετάλλευσης του διαθέσιμου φάσματος συχνοτήτων ενός δικτύου TETRAPOL είναι χαμηλότερη από αυτή ενός TETRA . Η εκμετάλλευση του TETRAPOL είναι από 1.16 έως 2 φορές μικρότερη από του TETRA (ο παράγοντας εξαρτάται από το περιβάλλον) .
<b>IV.</b>	Το πρότυπο του TETRA έχει γίνει αποδεκτό από την Ευρωπαϊκή Ένωση αφού έχει εξελιχθεί από το ευρωπαϊκό ινστιτούτο ETSI , ενώ το TETRAPOL ακόμα δεν έχει γίνει αποδεκτό . Έτσι παρά τη μέχρι τώρα παταγώδη εμπορική αποτυχία του TETRA έναντι του TETRAPOL , οι προβλέψεις θέλουν το πρώτο να επικρατεί στην ευρωπαϊκή αγορά μέχρι το τέλος του 2003 .

**Πίνακας 2:** μειονεκτήματα του προτύπου TETRAPOL έναντι του TETRA .

Κρίθηκε σκόπιμο να μην αναφερθούμε σε διαφορές στα τεχνικά χαρακτηριστικά (παράδειγμα το γεγονός ότι το TETRAPOL χρησιμοποιεί τεχνική F.D.M.A. - frequency division multiple access – ενώ το δίκτυο TETRA ακολουθεί τη TDMA – time division multiple access - τεχνική) και εκτενείς αναλύσεις τους , μιας και κάτι τέτοιο ξεφεύγει από τα νοητά όρια αυτής της διπλωματικής .



#### **1.4. ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΑΝΗΚΕΙ ΣΤΑ TETRA ΚΑΙ TETRAPOL .**

Οι δυνατότητες του συστήματος και η επανάσταση που φέρνει αυτό κυρίως σε τομείς όπως η ασφάλεια και προστασία από υποκλοπές ήτανε λογικό να κινήσουν το παγκόσμιο ενδιαφέρον για το νέο δίκτυο επαγγελματικών κινητών ραδιοεπικοινωνιών (PMR) .

Βάσει δεδομένων η παγκόσμια αγορά για την επαγγελματική κινητή τηλεφωνία το 2001 έφτασε τα 4.6 δισεκατομμύρια € , από τα οποία το ένα τρίτο , δηλαδή το 1.5 δις € αφορούσε μόνο την Ευρώπη . Στην Ευρώπη αυτή τη στιγμή υπάρχει ένας «πυρήνας» 10 εκατομμυρίων χρηστών (υπενθυμίζεται ότι αναφερόμαστε στους επαγγελματίες χρήστες) , ενώ προβλέπεται ότι ο ετήσιος ρυθμός αύξησης θα αγγίξει το 2% με 3% . Τα αισιόδοξα στοιχεία της στατιστικής όμως ξεκινούν εδώ . Περίπου το 90 % των δικτύων PMR (professional / private mobile radio) της Ευρώπης λειτουργούν στηριζόμενα στην απαρχαιωμένη αναλογική τεχνολογία με το GSM να κυριαρχεί ανάμεσα στους ανταγωνιστές του . Αυτό σημαίνει ότι αργά ή γρήγορα θα γίνει αντικατάσταση του από πιο σύγχρονη ψηφιακή τεχνολογία και τα σημερινά TETRA και TETRAPOL είναι οι μόνες επιλογές για αυτή την αναβάθμιση .

Τα στοιχεία αυτά από μόνα τους δικαιολογούν τη διαμάχη που ήδη έχει ξεσπάσει ανάμεσα στους δυο «κληρονόμους» - και την άρνηση του ινστιτούτου ETSI να δεχθεί το TETRAPOL ως πρότυπο κάτι που μέχρι σήμερα αρνείται πεισματικά να κάνει παρά την εμπορική αποδοχή που αυτό σήμερα έχει (Το TETRAPOL σύμφωνα με επίσημα στοιχεία μέχρι το καλοκαίρι του 2000 είχε 45 δίκτυα εν λειτουργία ή υπό κατασκευή με συνολική κάλυψη 650.000 τετραγωνικών μέτρων και 250.000 χρήστες πανευρωπαϊκά) .

Οι ενδείξεις πάντως θέλουν την Ευρώπη του 2003 να χρησιμοποιεί αποκλειστικά και μόνο ψηφιακή τεχνολογία στην επαγγελματική κινητή τηλεφωνία - PMR - με ένα μικρό κομμάτι της πίτας (μόλις το 19% του συνόλου ) να χρησιμοποιεί τεχνολογία TETRAPOL , ενώ ένα 80 % των χρηστών PMR να λειτουργούν υπό τεχνολογία TETRA .

Το σημαντικό βέβαια συμπέρασμα από όλα αυτά δεν είναι η διαμάχη ανάμεσα στο πρότυπο TETRA και TETRAPOL αλλά το γεγονός ότι το 100 % της ευρωπαϊκής αγοράς επαγγελματικής κινητής τηλεφωνίας PMR θα αναβαθμιστεί από την αναλογική στη ψηφιακή τεχνολογία που μόνο τα TETRA και TETRAPOL προσφέρουν .

## **1.5. ΣΕ ΠΟΙΟΥΣ ΑΠΕΥΘΥΝΟΝΤΑΙ ΤΑ TETRA ΚΑΙ TETRAPOL .**

Εισαγωγικά υπενθυμίζεται ότι και τα δυο πρότυπα ψηφιακά δίκτυα στοχεύουν στο ίδια αγορά : τις επαγγελματικές ή προσωπικές κινητές τηλεπικοινωνίες (PMR – professional / private mobile radio) . Όμως το πρότυπο TETRAPOL εξελίχθηκε και ολοκληρώθηκε πολύ νωρίτερα (1992) από αυτό του ευρωπαϊκού ινστιτούτου TETRA το οποίο ολοκληρώθηκε το 2000 , με αποτέλεσμα το πρώτο να έχει κερδίσει έδαφος στη προτίμηση της αγοράς και κατά συνέπεια στις πωλήσεις με το TETRA να μην έχει να επιδείξει ακόμα κάποια σημαντική επιτυχία στην αγορά .

Το πρώτο συμβόλαιο για το TETRA ήταν για λογαριασμό της Αγγλίας , όπου εκδόθηκαν 3 άδειες για λειτουργία δικτύων TETRA . Η πρώτη για λογαριασμό του PSRCP (Home Office Public Safety Radio Communications Project) που αφορά τις υπηρεσίες ασφαλείας της χώρας και οι άλλες δυο για εμπορική χρήση δικτύων PMR οι οποίες καταλήξαν στην ίδια εταιρεία , την Dolphin . Μάλιστα , αυτή η αγγλική εταιρεία κέρδισε τον αντίστοιχο γαλλικό διαγωνισμό και εγκαθιστά εκεί ένα δεύτερο δίκτυο με εξοπλισμό της Nokia , ενώ το ίδιο αναμένεται να κάνει και σε Βέλγιο , Γερμανία (με τη Motorola ως προμηθευτή αυτού του δικτύου) , Πορτογαλία ενώ κινήσεις γίνονται και για την Ισπανία . Βασικό διαφημιστικό μήνυμα στη προώθηση του TETRA είναι ότι όλες οι χώρες θα λειτουργούν κάτω από ένα ενοποιημένο δίκτυο . Όμως παραμένει γεγονός ότι το TETRA είναι ακόμα στα πρώτα στάδια του στο τομέα των πωλήσεων .

Το TETRAPOL αντίθετα έχει ήδη να επιδείξει ένα πράγματι πλούσιο βιογραφικό από συμβόλαια και εγκατεστημένα δίκτυα σε όλο τον κόσμο . Αξίζει να αναφερθεί , για να συγκριθεί με το TETRA , ότι το καλοκαίρι του 2000 – όταν είχαν εγκριθεί οι

πρώτες άδειες για το TETRA – το TETRAPOL είχε ήδη 45 δίκτυα εγκατεστημένα στην Ευρώπη .

Παρακάτω θα εξετάσουμε τους πελάτες - χρήστες των δυο αυτών δικτύων με βάση τις υπηρεσίες που προσφέρουν αυτοί στη κοινωνία και ποιοι λόγοι τους οδήγησαν στην επιλογή των συγκεκριμένων δικτύων . Παράλληλα θα δίνονται και παραδείγματα ευρωπαϊκών εταιρειών ή οργανισμών που επέλεξαν το TETRAPOL ως δίκτυο PMR για το σκοπό αυτό .

- **Δημόσια ασφάλεια :**

Το TETRAPOL έχει ήδη εγκατασταθεί σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες για την εξυπηρέτηση των ραδιοεπικοινωνιών των σωμάτων ασφαλείας τους . Ενδεικτικά παραθέτουμε ένα πίνακα (Πίνακας 3) στον οποίο φαίνονται οι χώρες της ευρωπαϊκής ηπείρου οι οποίες ήδη έχουν εγκαταστήσει δίκτυο TETRAPOL .

<b>Customer</b>	<b>Network</b>	<b>Market</b>	<b>Country</b>	<b>Coverage</b>	<b>Date</b>
Ministry of The Interior	PEGAS	Public Safety	Czech Republic	National Coverage	1994
Ministry of The Interior	ACROPOL Network	Public Safety	France	National Network	1993
Ministry of Defence - French Gendarmerie	RUBIS	Public Safety	France	National Coverage	1994
The French port of Le Havre	The French port of Le Havre	Public Safety	France	Local Coverage	2001
Versailles Castle	Versailles Castle	Public Safety	France	Local Coverage	2001
SNCF	Gare du Nord Station in Paris	Public Safety	France	Local Coverage	2002
Allianz	Allianz Network	Public Safety	Germany	Local Coverage	2001
Confidential	Security Network	Public Safety	Kazakhstan	National Coverage	2000
Ministry of The Interior	PHOENIX	Public Safety	Romania	National Coverage	1998
Ministry of The Interior	Slovak Network	Public Safety	Slovakia	National Coverage	1997
National Police and Guardia Civil	SIRDEE	Public Safety	Spain	National Network	2000
Generalitat de Catalonia	NEXUS	Public Safety	Spain	Local Coverage	1994
National Police	LEGACOM	Public Safety	Spain	National Coverage	1996

UOR Polycom	POLYCOM	Public Safety	Switzerland	National Coverage	2000
Zurich Airport	Zurich-Kloten Airport	Public Safety	Switzerland	Local Coverage	2002

*Πίνακας 3: ευρωπαϊκές χώρες όπου έχει ήδη εγκατασταθεί δίκτυο TETRAPOL για λόγους δημόσιας ασφάλειας .*

Τονίζεται ότι ο πίνακας αναφέρεται μόνο σε δίκτυα TETRAPOL που εξυπηρετούν τις ανάγκες κρατικών υπηρεσιών ασφάλειας και όχι ιδιώτες όπως επιχειρήσεις ή δίκτυα κινητής τηλεφωνίας όπου έχει εγκατασταθεί δίκτυο TETRA .

- **Βιομηχανίες :**

Πέρα όμως από τους φορείς δημόσιας ασφάλειας των ευρωπαϊκών χωρών το TETRAPOL έχει επιλεγεί και από ιδιώτες , και πιο συγκεκριμένα από μεγάλες βιομηχανίες οι οποίες χρειάζονταν ένα ιδιόκτητο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας για να καλύψουν τις ανάγκες τους στα εργοστάσια παραγωγής τους . Το TETRAPOL φάνταζε η ιδανικότερη επιλογή τους τόσο για την αυξημένη προσοχή που δόθηκε κατά τη διάρκεια της σχεδίασης του στο τομέα της ασφάλειας όσο και για το γεγονός ότι αποτελούσε τη τελευταία λέξη της τεχνολογίας . Αυτή τη στιγμή κορυφαίες αυτοκινητοβιομηχανίες , όπως είναι η BMW η Audi και η MAN διατηρούν δίκτυο TETRAPOL στα εργοστάσια τους .

- **Μεταφορές :**

Ένας άλλος επιχειρηματικός κλάδος ο οποίος κατέφυγε στην λύση της εγκατάστασης ενός δικτύου TETRAPOL για τη λύση των τηλεπικοινωνιακών αναγκών του είναι και αυτός των μεταφορών . Πολλές εταιρείες μέσω μαζικής μεταφοράς αλλά και άλλες μεγάλες εταιρείες μεταφοράς προϊόντων . Στον στρατηγικό – για μια χώρα - τομέα της μαζικής μεταφοράς είναι εύλογη η απαίτηση από τις διευθύνσεις των μεγάλων κρατικών δικτύων μαζικής μεταφοράς να εξοπλίσουν τις εγκαταστάσεις τους με ένα τοπικής κάλυψης αυτόνομο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας . Με τη βοήθεια του θα μπορούσαν να εγγυηθούν με περισσότερη άνεση την ασφάλεια τους από ενδεχόμενα

τρομοκρατικά χτυπήματα αλλά και την αποδοτικότερη λειτουργία τους που θα προερχόταν από το καλύτερο συντονισμό των υπαλλήλων τους . Δίκτυα TETRAPOL λειτουργούν σήμερα σε αεροδρόμια της Ευρώπης όπως αυτό του Βερολίνου (Berlin Flughafen Gesellschaft) και της Φρανκφούρτης , ενώ και στο γαλλικό σιδηροδρομικό σταθμό Massena του Παρισιού έχει εγκατασταθεί ένα τέτοιο δίκτυο . Τέλος , η γερμανική BVG , εταιρεία μέσων μαζικής μεταφοράς με περισσότερους από 3,3 εκατομμύρια επιβάτες ημερησίως , επέλεξε και αυτή να χρησιμοποιήσει ένα αυτόνομο ιδιόκτητο δίκτυο TETRAPOL για να μπορεί να ενημερώνει τους επιβάτες για την ακριβή άφιξη των λεωφορείων στις στάσεις . Κάθε λεωφορείο είναι εξοπλισμένο με μια συσκευή GPS που στέλνει τις ακριβείς συντεταγμένες του λεωφορείου μέσω του ψηφιακού TETRAPOL που εγκαταστάθηκε. Πέρα όμως από τους δημόσιους οργανισμούς μεταφοράς , δίκτυα TETRAPOL εγκαταστάθηκαν και για λογαριασμό μεγάλων εταιρειών μεταφοράς που ήθελαν να λύσουν το πρόβλημα συντονισμού των προσωπικού τους στις μεγάλες εκτάσεις των εργοστασίων τους . Παράδειγμα η Eurokai Container Terminal company ή αλλιώς EUROGATE , εταιρεία μεταφοράς container που στο λιμάνι του Αμβούργου έχει εργοτάξιο έκτασης μεγαλύτερης των 1.1 εκατομμυρίων τετραγωνικών μέτρων από όπου περισσότερα από εννιακόσιες χιλιάδες container περνάνε κάθε χρόνο με προορισμό την Ευρώπη .

- **Στρατιωτική χρήση :**

Από τους ενδιαφερόμενους και υποψήφιους πελάτες δε θα μπορούσαν να απουσιάζουν και οι στρατιωτικές δυνάμεις των χωρών που χρειάζονταν να εγκαταστήσουν ένα ιδιόκτητο και ασφαλές δίκτυο κινητής τηλεφωνίας σε στρατηγικά σημεία των εγκαταστάσεων και στρατοπέδων τους . Σήμερα δίκτυο TETRAPOL έχει τεθεί στις υπηρεσίες του γαλλικού ναυτικού στη ναυτική βάση του Didrot καθιστώντας έτσι τις ραδιοεπικοινωνίες της βάσης ασφαλείς χάρη στην από άκρη σε άκρη κρυπτογράφηση (end-to-end encryption) που τους προσφέρει το TETRAPOL . Επιπρόσθετα η γαλλικός στρατός φρόντισε να εξοπλίσει τις ειρηνευτικές δυνάμεις που έχει αποστείλει στο Κόσσοβο με ένα τοπικής εμβέλειας δίκτυο TETRAPOL με σκοπό να είναι ευκολότερος ο συντονισμός των δυνάμεων σε μια κατάσταση έκτακτου ανάγκης παρέχοντας έτσι μεγαλύτερη ασφάλεια στους γάλλους στρατιώτες στο δύσκολο έργο της προσαρμογής στο ξένο περιβάλλον της πρώην

Γιουγκοσλαβίας. Δίκτυο TETRAPOL τοποθετήθηκε και στο Πεντάγωνο του Ηνωμένου Βασιλείου για λογαριασμό του Υπουργείου Αμύνης της χώρας .

Σημαντικότερη όμως επιτυχία του TETRAPOL που ανύψωσε κατακόρυφα το κύρος του στο τομέα της ασφάλειας ήταν η υπογραφή συμβολαίου και αργότερα τοποθέτηση σε δυο διεθνείς οργανισμούς . Το 1999 το NATO εγκατέστησε το νέο δίκτυο σε στρατηγικής σημασίας αεροπορική βάση του στο γερμανικό πολεμικό αεροδρόμιο του Geilenkirchen (βάση όπου σταθμεύουν τα κινητά «στρατηγεία» AWACS) καθώς και στο Κόσσοβο για λογαριασμό της πολυεθνικής ειρηνευτικής δύναμης που βρίσκεται εκεί .

Στον πίνακα 4 που ακολουθεί φαίνονται περιληπτικά τα δίκτυα TETRAPOL που εγκαταστάθηκαν για στρατιωτική χρήση στην ευρωπαϊκή ήπειρο .

<b>Customer</b>	<b>Network</b>	<b>Market</b>	<b>Country</b>	<b>Coverage</b>	<b>Date</b>
French Army	DIDROT - French Navy Base	Military Forces	France	Toulon	1995
French Army - Projected Forces in Kosovo	RENABEC	Military Forces	France	National Coverage	2000
French Army - Projected Forces	SERVIR	Military Forces	France	Local Coverage	2000
UTA	Military Underground Supply Facilities	Military Forces	Germany	Local Coverage	2001
NATO	Geilenkirchen Air Base	Military Forces	Germany	Local Coverage	1999
United Nations	Peace Keeping forces in Kosovo	Military Forces	Kosovo	Local Coverage	2000
NATO	Peace Keeping forces in Kosovo	Military Forces	Kosovo	Local Coverage	2000
Ministry of Defense	POLYGON	Military Forces	United Kingdom	Local Coverage	1999

**Πίνακας 4:** ευρωπαϊκές χώρες όπου έχει ήδη εγκατασταθεί δίκτυο TETRAPOL για λογαριασμό των στρατιωτικών δυνάμεων τους .

## **1.6. ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ TETRA ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .**

Στη χώρα μας λειτουργεί ήδη ένα δίκτυο TETRA στο νέο διεθνές αεροδρόμιο Αθηνών Δ.Α.Α. «Ελευθέριος Βενιζέλος» , το οποίο μάλιστα είναι το δεύτερο αεροδρόμιο στο κόσμο όπου έχει εγκατασταθεί τέτοιο δίκτυο και ταυτόχρονα το πρώτο αεροδρόμιο στο κόσμο που το ράδιο-δίκτυο του αποτελεί μέρος του εθνικού δικτύου ράδιο-τηλεπικοινωνιών . Το σύστημα TETRA ενεργοποιήθηκε πλήρως στο «Ελευθέριος Βενιζέλος» την 1<sup>η</sup> Οκτωβρίου 2000 με την έναρξη των επιχειρησιακών δοκιμών του αεροδρομίου και η λειτουργία του συνεχίζεται επιτυχώς μέχρι σήμερα . Η διοίκηση του αεροδρομίου αναφέρει χαρακτηριστικά ότι εντός του χώρου του λειτουργούν σήμερα περισσότερες από 1200 συσκευές TETRA κάθε είδους (φορητές, επιτραπέζιες κ.α.) από τις οποίες 400 περίπου έχουν δοθεί στην εταιρία του αεροδρομίου και άλλες 800 σε επιχειρησιακούς πελάτες του .Υπάρχουν 4 σταθμοί ελέγχου κλήσεων (dispatchers) σε λειτουργία εξυπηρετώντας τα επιχειρησιακά κέντρα του Διεθνή Αερολιμένα Αθηνών και της Ολυμπιακής Αεροπορίας . Τέσσερις σταθμοί βάσης είναι τοποθετημένοι ανά δυο , στο κεντρικό τερματικό σταθμό και στο κτίριο διοίκησης του αεροδρομίου καθώς και πληθώρα εσωτερικών αναμεταδοτών στα κτίρια προσφέροντας κάλυψη του 97% των εσωτερικών και εξωτερικών χώρων .

Το συγκριτικό πλεονέκτημα του συστήματος TETRA για την εξυπηρέτηση ραδιοεπικοινωνιών υπηρεσιών ασφαλείας, είναι η διαθεσιμότητα του συστήματος (με τις λειτουργίες Local Trunking και Direct Mode Operation ) που αγγίζει το 99,9% καθώς και η εξασφαλισμένη ασφάλεια των επικοινωνιών. Για αυτό το λόγο έχει γίνει αναπόσπαστο επιχειρησιακό εργαλείο όλων των αεροδρομιακών πελατών (όπως π.χ. Ολυμπιακή Αεροπορία) καθώς επίσης και όλων των Δημοσίων Υπηρεσιών ασφαλείας του αεροδρομίου: Αστυνομία, Πυροσβεστική, ΕΚΑΒ, Τελωνεία, ΥΠΑ. Το πελατολόγιο του TETRA του αεροδρομίου έχει ξεπεράσει τους 62 διαφορετικούς πελάτες αυτή τη στιγμή και συνεχώς προστίθενται νέοι .

Αξίζει να τονιστεί ότι το επιχειρησιακό σχέδιο εκτάκτου ανάγκης, έχει ως βασικό μέσο ενοποιημένης επικοινωνίας μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων φορέων (ΔΑΑ, ΥΠΑ, Αστυνομία, Πυροσβεστική, ΕΚΑΒ) το σύστημα TETRA, βελτιώνοντας τον συντονισμό και την άμεση απόκριση. Τα παραδοσιακά συστήματα ραδιοεπικοινωνίας

αδυνατούν να παρέχουν τη δυνατότητα της ενοποιημένης επικοινωνίας σε αντίστοιχες περιπτώσεις. Δεν είναι υπερβολή να πούμε ότι αυτή τη στιγμή το αεροδρόμιο "ακούει" και "συντονίζεται" μέσω TETRA 24ώρες την ημέρα, 365 ημέρες το χρόνο.

Πέραν όμως του ήδη εγκατεστημένου δικτύου TETRA στο διεθνές αεροδρόμιο Αθηνών (στο οποίο μάλιστα έχει δοθεί η ονομασία OTElink , μιας και ο ΟΤΕ ήταν ο υπεύθυνος εγκατάστασης και συντήρησης του δικτύου) , στη χώρα μας πρόκειται να εγκατασταθούν άλλα δυο δίκτυα βασισμένα στο TETRA . Ένα από αυτά θα εξυπηρετεί τις ανάγκες του δημοσίου για κινητές ραδιοεπικοινωνίες , ενώ το δεύτερο θα αφορά αποκλειστικά σε ιδιωτική χρήση . Η Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων (Ε.Ε.Τ.Τ.) πραγματοποίησε δυο διαγωνισμούς τον Ιούνιο του 2002 για τη παροχή δυο ειδικών αδειών Δημόσιων Ψηφιακών Κινητών Υπηρεσιών TETRA .Οι άδειες αυτές αφορούν στην εκχώρηση φάσματος 2x2 MHz στο νικητή κάθε διαγωνισμού για την εγκατάσταση , λειτουργία και εκμετάλλευση Δημόσιου Τηλεπικοινωνιακού Δικτύου Κινητών Επικοινωνιακών TETRA ενώ το φάσμα ραδιοσυχνοτήτων που θα δοθεί σε κάθε άδεια θα είναι :

- Άδεια Ι : 411.75 - 413.75 MHz & 421.75 – 423.75 MHz
- Άδεια ΙΙ : 413.75 – 415.75 MHz & 423.75 – 425.75 MHz

Χαρακτηριστικοί είναι οι όροι γεωγραφικής κάλυψης που πρέπει να πληρούνται για την εκχώρηση των δυο αδειών , καθώς και το χρονικό όριο που υπάρχει για την ικανοποίηση των απαιτήσεων αυτών :

1. Κάλυψη του 85 % της διαδρομής των κυρίων οδικών αρτηριών όπως αυτές προσδιορίζονται στο παρακάτω πίνακα .

***Κύριες Οδικές Αρτηρίες***

Αττική Οδός	Τέλος 2005
Εθνική Οδός Αθηνών-Θεσ/κης-Ευζώνων	Τέλος 2005
Εθνική Οδός Αθηνών-Πατρών	Τέλος 2005
Εθνική Οδός Κορίνθου – Τριπόλεως	Τέλος 2005
Εθνική Οδός Πάτρας – Ηγουμενίτσας	Τέλος 2005
Εθνική Οδός Θεσ/κης - Αλεξανδρούπολης	Τέλος 2005
Εθνική Οδός Χανίων – Σητείας	Τέλος 2005



2. Κάλυψη του 75 % της διαδρομής των δευτερευουσών οδικών αρτηριών όπως αυτές προσδιορίζονται στον επόμενο πίνακα .

*Δευτερεύουσες Οδικές Αρτηρίες*

Εγνατία Οδός	Τέλος 2007
Οδός Τριπόλεως – Καλαμάτας	Τέλος 2007
Οδός Πατρών – Πύργου	Τέλος 2007
Οδός Χαλκίδος - Καρύστου	Τέλος 2007
Οδός Χαλκίδος - Λουτρών Αιδηψού	Τέλος 2007
Οδός Αλεξανδρουπόλεως - Ορεστιάδος - Καστανιών	Τέλος 2007
Οδός Σερρών - Δράμας - Καβάλας	Τέλος 2007
Οδός Θεσ/κης - Σερρών Κούλας	Τέλος 2007
Οδός Θεσ/κης - Έδεσσας - Βευής	Τέλος 2007
Οδός Γρεβενών - Κοζάνης - Βέροιας - Θεσ/κης	Τέλος 2007
Οδός Καλαμπάκας - Γρεβενών - Καστοριάς	Τέλος 2007
Οδός Θεσ/κης - Παλιουρίου	Τέλος 2007
Οδός Θεσ/κης - Πολυγύρου - Κουφού	Τέλος 2007
Οδός Θεσ/κης - Αρναίας - Ουρανούπολης	Τέλος 2007
Οδός Κοζάνης - Φλωρίνης - Νίκης	Τέλος 2007
Οδός Λαρίσης - Ελασσόνας - Κοζάνης	Τέλος 2007
Οδός Τρίπολης - Σπάρτης	Τέλος 2007
Οδός Βόλου - Λάρισας - Τρικάλων (Παλ. Εθνική)	Τέλος 2007
Οδός Μετσόβου - Ιωαννίνων - Ηγουμενίτσας	Τέλος 2007
Οδός Ν. Μοναστηρίου - Καρδίτσας - Μετσόβου	Τέλος 2007
Οδός Λαμίας - Ν. Μοναστηρίου - Λάρισας (Παλ. Εθνική)	Τέλος 2007
Οδός Λαμίας - Καρπενησίου - Αγρινίου	Τέλος 2007
Οδός Λειβαδιάς - Ιτέας - Αντιρρίου	Τέλος 2007
Οδός Πύργου - Πύλου	Τέλος 2007
Οδός Τριπόλεως - Αρχ. Ολυμπίας - Πύργου	Τέλος 2007

Στον ένα από τους δυο διαγωνισμούς πλειοδότησε ο ΟΤΕ , ο οποίος με απόφαση του διοικητικού του συμβουλίου ανέθεσε στις εταιρείες INTRACOM και MOTOROLA από κοινού , την επέκταση του δικτύου του ΟΤΕlink που λειτουργούσε στο αεροδρόμιο . Ειδικότερα το έργο αφορά την προμήθεια, εγκατάσταση, θέση σε πλήρη και κανονική λειτουργία και παράδοση «με το κλειδί στο χέρι» του εξοπλισμού TETRA, για την επέκταση του δικτύου ΟΤΕlink δηλαδή την ενίσχυση κάλυψης της Αττικής, επέκταση κάλυψης στις πόλεις Πάτρα και Θεσσαλονίκη και στις Εθνικές Οδούς Αθήνας - Θεσσαλονίκης και Αθήνας - Πάτρας, παροχή κάλυψης στη Βόρεια

Κρήτη και επέκταση της κάλυψης στις εγκαταστάσεις της Ολυμπιακής Αεροπορίας στο αεροδρόμιο «Ελευθέριος Βενιζέλος» .

Ο δεύτερος διαγωνισμός κατέληξε σε μια ιδιωτική εταιρεία (CHAOS S.A.) , η οποία θα εγκαταστήσει δίκτυο TETRA αποκλειστικά ιδιωτικής επαγγελματικής χρήσης . Η εταιρεία αυτή ανέθεσε στη Nokia την προμήθεια του απαραίτητου εξοπλισμού για το δίκτυο της και σε πρώτη φάση η παροχή κάλυψης θα αφορά στο μεγαλύτερο μέρος της πόλης των Αθηνών .

Τέλος δε πρέπει να παραλειφθεί η συνεισφορά του δημόσιου δικτύου TETRA στην ασφάλεια των Ολυμπιακών Αγώνων του 2004 . Η οργανωτική επιτροπή βασίζει πολλά στο συγκεκριμένο δίκτυο , το οποίο θα είναι ανεξάρτητο του δημόσιου τηλεπικοινωνιακού δικτύου, διασφαλίζοντας τις επικοινωνίες των άμεσα εμπλεκομένων στους αγώνες και ταυτόχρονα περιορίζοντας δραστικά το φόρτο του δικτύου τηλεπικοινωνιών. Στη μετά-Ολυμπιακή χρήση του το σύστημα προορίζεται να αξιοποιηθεί από μεγάλες ιδιωτικές επιχειρήσεις .



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> : ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΤΟΥ ΤΕΤΡΑ .**

### **ΠΑΡΑΓΡΑΦΟΙ :**

<b>2.1. :</b>	<b>ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΤΟΥ ΤΕΤΡΑ .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2. :</b>	<b>Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ TRUNKING .....</b>	<b>25</b>
<b>2.3. :</b>	<b>ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ DMO .....</b>	<b>28</b>
<b>2.4. :</b>	<b>ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΕΤΡΑ .....</b>	<b>32</b>
<b>2.5. :</b>	<b>ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΕΤΡΑ .....</b>	<b>34</b>
<b>2.6. :</b>	<b>ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΦΩΝΗΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΕΤΡΑ .....</b>	<b>36</b>
<b>2.7. :</b>	<b>Η ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΕΤΡΑ .....</b>	<b>39</b>
<b>2.8. :</b>	<b>ΚΕΡΑΙΕΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΕΣ ΓΙΑ ΔΙΚΤΥΟ ΤΕΤΡΑ .....</b>	<b>44</b>

## **2.1. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΤΟΥ ΤΕΤΡΑ .**

### **ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

Τα μεγάλα πλεονεκτήματα που προσφέρει το ΤΕΤΡΑ προορίζονται να καλύψουν τα κενά των υπηρεσιών επείγουσας ανάγκης, οι απαιτήσεις των οποίων λειτούργησαν - σε αρκετές περιπτώσεις καθοριστικά - για τη δημιουργία των προδιαγραφών. Ας δούμε όμως μερικά βασικά χαρακτηριστικά του συστήματος :

- Πλήρως ψηφιακό .
- Ταυτόχρονη επικοινωνία φωνής και δεδομένων .
- Ανοικτή αρχιτεκτονική δομή που επιτρέπει τη προσθήκη νέων υπηρεσιών και εφαρμογών που αρχικά δεν είχαν προβλεφθεί με αποτέλεσμα να είναι πολύ ευέλικτο .
- Αποτελεσματική αξιοποίηση του διαθέσιμου φάσματος συχνοτήτων , συγκρινόμενο πάντα με τα υπάρχοντα συστήματα δικτύων .
- Διασύνδεση με άλλα επικοινωνιακά δίκτυα μέσω προκαθορισμένων πρωτοκόλλων .
- Αυξημένο επίπεδο ασφάλειας , το οποίο εξασφαλίζεται σε πολλές βαθμίδες του δικτύου (όπως πιστοποίηση ταυτότητας χρήστη , κρυπτογράφηση κ.α.)
- Υποστήριξη περιαγωγής (roaming) .
- Δυνατότητα ιδεατού δικτύου μέσα στο υπάρχον δίκτυο του ΤΕΤΡΑ , το οποίο μπορεί να εκχωρηθεί προς εκμετάλλευση από άλλο φορέα , ο οποίος αποκτά πλήρη έλεγχο των λειτουργιών του .
- Αποτελεσματική υποστήριξη ομαδικής εργασίας , πράγμα απαραίτητο για τα σώματα ασφάλειας .
- Η χωρητικότητα του συστήματος είναι ουσιαστικά απεριόριστη, αφού επιτρέπει τη σύνδεση 16 εκατομμυρίων σταθμών σε κάθε δίκτυο και τη δημιουργία 16.000 δικτύων ανά χώρα .

- Δυνατότητα λειτουργίας DMO , η οποία επιτρέπει την επικοινωνία τερματικών που βρίσκονται εκτός κάλυψης .
- Πολύ μικρός χρόνος εγκατάστασης κλήσης (είτε ατομικής είτε ομαδικής) ίσος με 300msecs σε σύγκριση με τα υπόλοιπα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας .
- Ιεράρχηση των χρηστών σε κλάσεις προτεραιότητας που εξασφαλίζει τη σίγουρη πρόσβαση στο δίκτυο στους υψηλά ισταμένους (V.I.P.) σε καταστάσεις τηλεπικοινωνιακής συμφόρησης του δικτύου .

## **ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ**

Οι υπηρεσίες που προσφέρει το TETRA μπορούν να χωριστούν σε δυο ομάδες ανάλογα με το είδος της μετάδοσης , δηλαδή φωνής και δεδομένων .

- ατομική κλήση (individual call) .
- ομαδική κλήση (group call) .
- γνωστοποιημένη ομαδική κλήση (acknowledged group call) .
- υπηρεσίες ευρείας εκπομπής (broadcasting) .
- Έλεγχος χρήστη : Πριν από κάθε σύνδεση επαληθεύεται η ταυτότητα του χρήστη .
- Προτεραιότητα επικοινωνίας (PC - Priority Call): Τηρείται προτεραιότητα στη χρήση των διαθέσιμων πηγών του δικτύου .
- Αργοπορημένη είσοδος (LE - Late Entry): Οι αργοπορημένοι (πράγμα σύνηθες για ...δημόσιες υπηρεσίες) μπορούν να συνδεθούν, ενώ μία επικοινωνία / επιχείρηση βρίσκεται ήδη σε εξέλιξη .
- Παρακολούθηση επικοινωνίας : Είναι δυνατή χωρίς αναγνώριση από το χρήστη και γίνεται μόνο από το προσωπικό με άδεια καταγραφής .

- Παρακολούθηση συσκευής : Η εκπομπή μπορεί να ενεργοποιηθεί χωρίς ειδοποίηση του χρήστη για παρακολούθηση συμβάντων (π.χ. στην περίπτωση πειρατείας) .
- Δυναμική ομαδοποίηση αριθμών (DGNA - Dynamic Group Number Assignment) : Επιτρέπει στο λειτουργό του συστήματος να αλλάζει τον αριθμό μίας ομάδας χρηστών στιγμιαία, δίνοντας δυνατότητα ομαδοποίησης μίας επικοινωνίας σε εξέλιξη .

Πέρα από τις προαναφερθείσες υπηρεσίες , είναι ευνόητο ότι το TETRA προσφέρει όλες τις υπηρεσίες που παρέχει το GSM και είναι γνωστές στο ευρύ κοινό όπως π.χ. αναγνώριση κλήσης , αναμονή κλήσης , φραγή κλήσεων , κ.α.

## **ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

- **Συχνότητες λειτουργίας**

Το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει σε συχνότητες μεταξύ 150MHz – 900MHz . Για τις ευρωπαϊκές χώρες , έχουν καθοριστεί οι εξής περιοχές λειτουργίας :

- Για δίκτυα των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης :
  - 380 έως 383MHz και 390 έως 393MHz
  - 383 έως 385MHz και 393 έως 395MHz
- Για ιδιωτική χρήση :
  - 410-430 MHz
  - 870-876 MHz / 915-921 MHz
  - 450-470 MHz
  - 385-390 MHz / 395-399,9 MHz
- **Duplex spacing : 10 MHz**
- **Channel spacing : 25 kHz ή 20 kHz**

- **Διαμόρφωση :**  $\pi/4$ -DQPSK
- **Πολυπλεξία :** TDMA (Time Division Multiple Access)
- **Ρυθμός μετάδοσης δεδομένων :** Ανάλογα με τα κανάλια και τον βαθμό προστασίας , καθορίζεται ως εξής :

Data Rate (kbps)				
Χωρίς προστασία	7,2	14,4	21,6	28,8
Με standard προστασία	4,8	9,6	14,4	19,2
Με υψηλή προστασία	2,4	4,8	7,2	9,6

- **Ρυθμός μετάδοσης φωνής :** 36 kbps
- **Κωδικοποίηση φωνής :** ACELP (Algebraic Code Excited Linear Predictive)
- **Κλάσεις ισχύος σταθμών βάσης :** 0.6W, 1W, 1.6W, 2.5W, 4W, 6.3W, 10W, 15W, 25W, 40W
- **Κλάσεις ισχύος κινητών σταθμών :** 1W, 3W, 10W, 30W

## **2.2. Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ TRUNKING .**

Σε ένα σύστημα το οποίο λειτουργεί χωρίς trunking η διάθεση των καναλιών στα κινητά τερματικά είναι μάλλον απλή . Ένα κανάλι πρέπει να χρησιμοποιηθεί από ένα και μόνο τερματικό , και παραμένει δεσμευμένο μέχρις ότου ολοκληρωθεί η κλήση . Αν δεν υπάρχουν κανάλια τότε η κλήση καθυστερείται ή απορρίπτεται με μήνυμα κατειλημμένου δικτύου . Αντίθετα , σε ένα δίκτυο με trunking υπάρχει μια δεξαμενή καναλιών που τη μοιράζονται ένας αριθμός τερματικών και κάθε τερματικό μπορεί να δεσμεύσει κάθε κανάλι από τη δεξαμενή , στην οποία το επιστρέφει στο τέλος της κλήσης . Με βάση το γεγονός αυτό είναι πιθανό ένα τερματικό να μπορεί να δεσμεύσει κάποιο κανάλι ακόμα και αν αυτό πρόκειται να είναι ελεύθερο για μικρό χρονικό διάστημα . Το πότε ένα κανάλι θεωρείται ελεύθερο μπορεί να καθοριστεί με τρεις διαφορετικούς τρόπους διαμορφώνοντας τις τρεις διαφορετικές στρατηγικές λειτουργίας του trunking , οι εξής : **message trunking** , **transmission trunking** και **quasi-transmission trunking** τους οποίους και θα περιγράψουμε αναλυτικά παρακάτω . Είναι θέμα του διαχειριστή του δικτύου ποια λειτουργία trunking θα χρησιμοποιεί το δίκτυο , ανάλογα με το σκοπό χρήσης του δικτύου μιας και οι τρεις αυτές λειτουργίες βελτιστοποιούν τη χρήση τους υπό διαφορετικές συνθήκες χρήσης του δικτύου .

Πάντως αξίζει να διευκρινιστεί ότι αυτές οι μέθοδοι trunking αφορούν μόνο στη χρήση των καναλιών του σταθμού βάσης από τα τερματικά της κυψέλης αυτής . Το κινητό τερματικό δεν αντιλαμβάνεται τη διαφορά ανάμεσα στις στρατηγικές δέσμευσης των καναλιών παρά μόνο ακολουθεί τις λογικές οδηγίες που έχει από τον τρόπο κατασκευής του .

- **Message trunking :**

Στη μέθοδο αυτή η ανάθεση ενός καναλιού σε ένα τερματικό γίνεται για όλη τη διάρκεια της κλήσης και ελευθερώνεται στο πέρας της κλήσης (στη περίπτωση



μάλιστα κλήσης προς ομάδα –group call- όταν τερματίσει τη κλήση ο καλών την ομάδα ) .

Το κύριο πλεονέκτημα της μεθόδου message trunking είναι ότι κατά τη διάρκεια της κλήσης δε παρατηρούνται καθυστερήσεις στην επικοινωνία των χρηστών καθώς και το γεγονός ότι ελαχιστοποιείται η επεξεργασία που απαιτείται από το δίκτυο και τα μηνύματα σηματοδοσίας . Προτείνεται για επικοινωνία με άλλα δίκτυα εκτός του TETRA , τα οποία συνήθως χρησιμοποιούν αυτή τη μέθοδο μόνο .

Το μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι γίνεται σπατάλη των πόρων του δικτύου μιας και το κανάλι παραμένει δεσμευμένο σε όλη τη διάρκεια της κλήσης ακόμα και αν για κάποιο λόγο υπάρχει παύση στην ομιλία των χρηστών .

- **Transmission trunking :**

Αντίθετα με τη προηγούμενη μέθοδο , στη transmission trunking το κανάλι δεσμεύεται μόνο για τη μετάδοση του μηνύματος του ενός ή αλλού χρήστη και στη συνέχεια επιστρέφεται στη δεξαμενή καναλιών . Για να μεταδώσει νέο μήνυμα ο χρήστης πρέπει να στείλει μήνυμα ελέγχου στο κανάλι ελέγχου ώστε να του ανατεθεί πάλι κάποιο ελεύθερο κανάλι για να μεταδώσει .

Με τη μέθοδο αυτή γίνεται πολύ πιο αποτελεσματική χρήση των ελεύθερων καναλιών , μιας και η δέσμευση καναλιού γίνεται μόνο όταν οι χρήστες μιλάνε . Αν λάβουμε υπόψη το γεγονός ότι στατιστικά σε μια συνομιλία οι ομιλητές μιλάνε μόνο για το 45% του χρόνου της κλήσης (στον υπόλοιπο χρόνο ή ακούνε το συνομιλητή τους ή για κάποιο λόγο δε μιλάνε) γίνεται φανερό η σπατάλη που γίνεται με τη μέθοδο του message trunking και αντίστοιχα το όφελος της transmission trunking .

Το μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι υπάρχει μια καθυστέρηση στην επικοινωνία γιατί χρειάζεται χρόνος για τα μηνύματα σηματοδοσίας και την επεξεργασία από το δίκτυο για την εύρεση καναλιού στο χρήστη ή γιατί δεν υπάρχουν ελεύθερα κανάλια στη δεξαμενή . Έτσι σε καταστάσεις υπερφόρτωσης του δικτύου οι χρόνοι εγκατάστασης επικοινωνίας ανάμεσα στους συνομιλητές αυξάνονται και αυτό προκαλεί χάσιμο της ροής της συζήτησης με εύλογη συνέπεια την αύξηση του χρόνου που χρειάζονται για να ολοκληρώσουν τη συζήτησή τους .

Η μόνη λύση για την αποφυγή τέτοιων προβλημάτων είναι η απαγόρευση δέσμευσης καναλιών από άλλους χρήστες , όταν κάποιος αριθμός χρηστών επικοινωνεί ήδη ,

ώστε η πιθανότητα οι εγκατεστημένες κλήσεις να βρουν ελεύθερο κανάλι να είναι μεγαλύτερη από μια αποδεκτή τιμή που θα καθορίζει στατιστικά και τη ποιότητα του συγκεκριμένου δικτύου .

Η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για κλήσεις προς άλλα εξωτερικά δίκτυα που χρησιμοποιούν message trunking (π.χ. δίκτυα PSTN) .

- **Quasi-transmission trunking :**

Πρόκειται για μια μίξη των δυο προηγούμενων μεθόδων . Στη λειτουργία με αυτή τη μέθοδο ένα κανάλι ανατίθεται για μια κλήση και επιστρέφεται πίσω μετά τη πάροδο κάποιου χρονικού διαστήματος από το τέλος της τελευταίας μετάδοσης . Με το τέλος μιας μετάδοσης από το χρήστη ένας μετρητής χρόνου (timer) ενεργοποιείται και αν μετά τη πάροδο κάποιου συγκεκριμένου διαστήματος ο χρήστης δεν έχει μεταδώσει κάτι το κανάλι επιστρέφεται στη δεξαμενή καναλιών , ενώ αν ο χρήστης μεταδώσει τότε ο μετρητής μηδενίζεται και η διαδικασία παρατήρησης της μετάδοσης ξεκινά από την αρχή .

Καθοριστικής σημασίας για τη ποιότητα της λειτουργίας της μεθόδου είναι η σωστή επιλογή του χρόνου όπου το κανάλι αποδεσμεύεται από την επικοινωνία . Οι περισσότεροι διαχειριστές δικτύων δίνουν περιθώριο δυο δευτερολέπτων αλλά με βάση στατιστικές ο χρόνος αυτός δεν είναι επαρκής . Τέλος , η εφαρμογή της μεθόδου αυτής είναι δυσχερής στις περιπτώσεις δικτύων όπου κάποιοι χρήστες με χαμηλό χρόνο απάντησης εμποδίζονται να μεταδώσουν λόγω της ύπαρξης μεγαλύτερων σε διάρκεια κλήσεων που έχουν εγκατασταθεί υπό μέθοδο message trunking .

### **2.3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ DMO (Direct Mode Operation) .**

Το TETRA με την εισαγωγή της “trunked” τεχνολογίας στα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας , προσέφερε και κάποια πλεονεκτήματα σε σχέση με τα υπάρχοντα αναλογικά δίκτυα , δηλαδή κάποιες νέες υπηρεσίες που δε μπορούσαν να υλοποιηθούν σε αυτά .

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα λόγω αυτής της νέας ψηφιακής τεχνολογίας είναι :

- Καλύτερη αξιοποίηση του φάσματος συχνοτήτων .
- Δυνατότητα να γίνουν κλήσεις «εκτάκτου ανάγκης» , χωρίς να απαιτείται η αναμονή μέχρις ότου ελευθερωθεί κάποιο κανάλι .
- Λιγότερος χρόνος απαιτείται για εγκατάσταση κλήσης που συνεπάγεται μεγαλύτερη αποδοτικότητα της συγκεκριμένης χωρητικότητας του δικτύου (δηλαδή μακροπρόθεσμα σε ίδιο χρονικό διάστημα περισσότεροι χρήστες μπορούν να εξυπηρετηθούν σε σχέση με ένα σημερινό δίκτυο ίδιας χωρητικότητας ) .
- Δυνατότητα να κατηγοριοποιηθούν οι χρήστες σε ομάδες (classes) οι οποίες έχουν διαφορετικά προνόμια πρόσβασης στο δίκτυο .

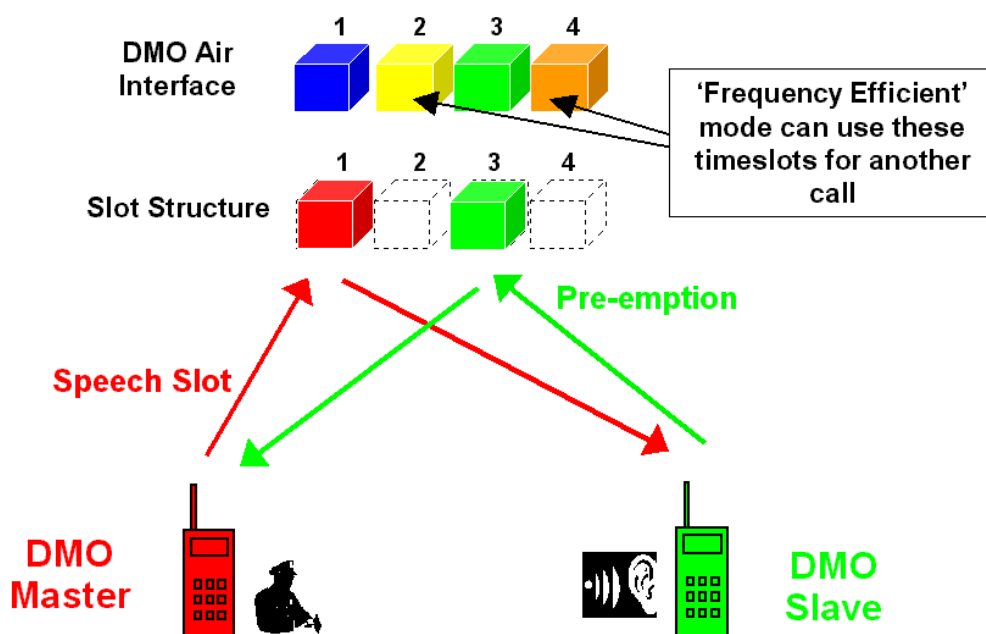
Πέρα όμως από αυτά τα προφανής αξίας οφέλη που προσφέρει το TETRA , εισάγει και μια άλλη υπηρεσία , την DMO – Direct Mode Operation , δηλαδή την «απευθείας από τερματικό σε τερματικό επικοινωνία» . Έτσι , είναι δυνατό δυο ή περισσότεροι χρήστες να επικοινωνήσουν με χρήση της DMO χωρίς δηλαδή να χρησιμοποιήσουν το δίκτυο του TETRA .

Ας εξετάσουμε όμως πως εγκαθίσταται μια κλήση DMO ανάμεσα σε δυο χρήστες . Καταρχήν ένας χρήστης που θέλει να κάνει μια DMO κλήση θέτει το κινητό τερματικό του σε λειτουργία DMO και ταυτόχρονα τον εαυτό του ανίκανο να δεχτεί ή να πραγματοποιήσει μια κλήση μέσω του δικτύου TETRA . Καθώς εγκαθιστά επικοινωνία ο καλών γίνεται «αφέντης» της κλήσης (DMO - master) , ενώ ο δέκτης «σκλάβος» (DMO - slave) .

Η απλούστερη DMO επικοινωνία απαιτεί μια μόνο σχισμή από τις τέσσερις που υπάρχουν στο φέρον για την μετάδοση του καλούντα , την πρώτη . Για τη μετάδοση

του δέκτη ανατίθεται στο τερματικό του η δεύτερη χρονική σχισμή . Αυτή είναι η **κανονική DMO** .

Όμως αν ένας από τους δυο χρήστες π.χ. ο «σκλάβος» θέλει να κάνει μια επείγουσα κλήση ενώ βρίσκεται ταυτόχρονα σε κλήση με τον «αφέντη» , τότε του ανατίθεται η τρίτη σχισμή για την δεύτερη αυτή κλήση του και αυτή είναι η δεύτερη περίπτωση DMO κλήσης που ονομάζεται **frequency efficient DMO** . Στην δεύτερη έκδοση του TETRA προβλέπεται και ένας έλεγχος του καναλιού από το κινητό που θέλει να καταλάβει μια σχισμή σε αυτό .Έτσι ανάλογα με την ισχύ του εισερχόμενου σήματος αυτό αποφασίζει αν είναι δυνατή η μετάδοση ή όχι ώστε να αποφεύγονται παρεμβολές σε κάποια άλλη εγκατεστημένη DMO κλήση που υπάρχει στη περιοχή . Η παραπάνω ιδέα του τρόπου εγκατάστασης κλήσης σε λειτουργία DMO φαίνεται στο σχήμα 2.3.1. που ακολουθεί .



**Σχήμα 2.3.1.** . εγκατάσταση κλήσης σε DMO λειτουργία και κατάληψη των χρονικών σχισμών .

### **Πλεονεκτήματα από τη λειτουργία DMO .**

- Είναι εφικτή η επικοινωνία σε περιοχές εκτός των ορίων ραδιοκάλυψης του δικτύου , ή σε περιοχές με πολύ ασθενές σήμα .
- Προσφέρεται επιπλέον χωρητικότητα στο δίκτυο αφού ένας χρήστης μπορεί να αλλάξει σε DMO λειτουργία αν παρατηρήσει υπερφόρτωση στο δίκτυο .
- Οι DMO κλήσεις δε εποπτεύονται από το δίκτυο και επομένως μπορούν να προσφέρουν μεγαλύτερη ασφάλεια και προστασία από ενδεχόμενες υποκλοπές από άτομα εντός του δικτύου .
- Σε περίπτωση πτώσης του δικτύου για τεχνικούς λόγους , άτομα που είναι σε μικρή σχετικά απόσταση είναι δυνατό να επικοινωνήσουν .
- Με τη χρήση DMO – repeaters (επαναλήπτες) είναι δυνατό να επεκταθεί η ραδιοκάλυψη σε DMO λειτουργία (ένα τερματικό που βρίσκεται σε μεγαλύτερη από τη μέγιστη δυνατή απόσταση από ένα άλλο μπορεί να εγκαταστήσει κλήση με αυτό με τη βοήθεια ενός επαναλήπτη που βρίσκεται ανάμεσα τους) .
- Επίσης με τη χρήση μιας πύλης DMO (DMO – gateway) είναι δυνατό να συνδεθεί ένα τερματικό που λειτουργεί σε DMO με το υπόλοιπο δίκτυο TETRA . Δηλαδή μια DMO πύλη καθιστά το ρόλο ενός δεύτερου DMO τερματικού ώστε ένας χρήστης που βρίσκεται σε DMO λειτουργία να εγκαταστήσει ή να δεχτεί κλήση με κάποιον άλλο που βρίσκεται στο δίκτυο του TETRA .
- Με τη δυνατότητα διπλής παρακολούθησης (**Dual Watch**) από το τερματικό , είναι δυνατό ένας χρήστης ενώ βρίσκεται σε λειτουργία DMO να παρακολουθεί τις εισερχόμενες κλήσεις που έχει από το δίκτυο TETRA και το αντίστροφο . Τονίζεται ότι δεν είναι εφικτό να τη δεχτεί αλλά έχει προφανώς την δυνατότητα , αν κρίνει την εισερχόμενη κλήση πιο επείγουσα από την ήδη εγκατεστημένη , να αλλάξει λειτουργία ώστε να τη δεχτεί .

Στις δυο παραπάνω κατηγορίες DMO κλήσεων , μπορεί να προστεθεί και μια τρίτη , η **managed direct mode operation - MDMO** . Σύμφωνα με αυτή για να μπορέσει ένα τερματικό να κάνει μια κλήση πρέπει να γίνει πρώτα έλεγχος του καναλιού από

το δίκτυο και αν αυτό είναι διαθέσιμο τότε το τερματικό μπορεί να το καταλάβει . Αντίθετα αν αυτό χρησιμοποιείται τότε η αίτηση του για κλήση απορρίπτεται . Ο έλεγχος του καναλιού γίνεται από το δίκτυο και με διάφορους τρόπους , πιο πρακτική λύση είναι με χρήση πυλών DMO . Έτσι οι υπεύθυνοι του δικτύου μπορούν να ελέγξουν και τη τηλεπικοινωνιακή υπερφόρτωση στη DMO λειτουργία και να αποφευχθούν φαινόμενα παρεμβολών σε αυτή ή να δοθεί προτεραιότητα σε συγκεκριμένα άτομα στο δικαίωμα πρόσβασης στις DMO κλήσεις .

Αυτοί είναι οι τρεις τρόποι όπου ένας χρήστης σε δίκτυο TETRA μπορεί να καλέσει χρησιμοποιώντας την απευθείας από τερματικό-σε-τερματικό λειτουργία , DMO .

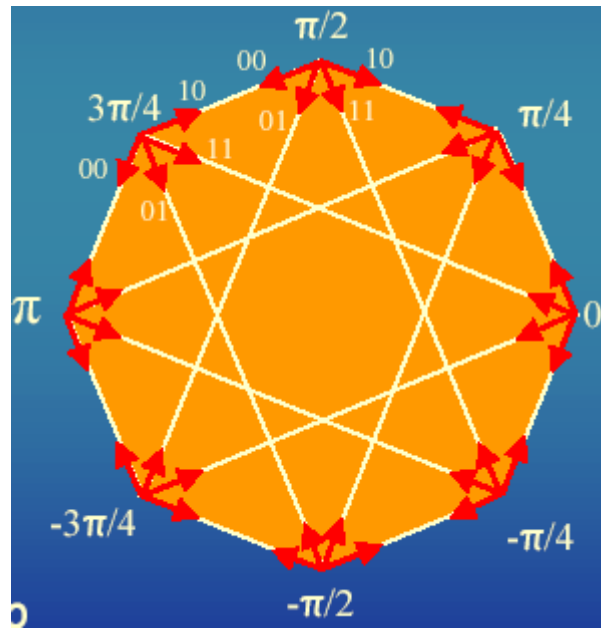
## **2.4. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΕΤΡΑ .**

Στο σύστημα TETRA , χρησιμοποιείται η διαμόρφωση  $\pi/4$ -DQPSK (μετατοπιζόμενη κατά  $\pi/4$  διαφορική τεταρτημοριακή εναλλαγή φάσεως –  $\pi/4$  Differential Quadrature Phase Shift Keying) , ένα είδος διαμόρφωσης που συναντούμε πλέον σε πολλές νέες εφαρμογές τηλεπικοινωνιών .

Σε αυτό το σύστημα διαμόρφωσης , αντιστοιχούν 2 bits ανά εκπεμπόμενο σύμβολο .

<u>Dibit</u>	<u>Phase Transition</u>
• 00	+ $\pi/4$
• 01	+ $3\pi/4$
• 11	- $3\pi/4$
• 10	- $\pi/4$

Μπορούμε να υποθέσουμε ότι έχουμε 2 διαμορφώσεις QPSK οι οποίες είναι μετατοπισμένες κατά  $\pi/4$  στο συναστρικό διάγραμμα (constellation) . Έχουμε 4 πιθανές μεταβολές φάσεως (phase transitions) για κάθε μια από τις 8 διαφορετικές καταστάσεις φάσεως, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα , με μέγιστη επιτρεπόμενη μεταβολή τις 135 μοίρες ( $3\pi/4$ ) .

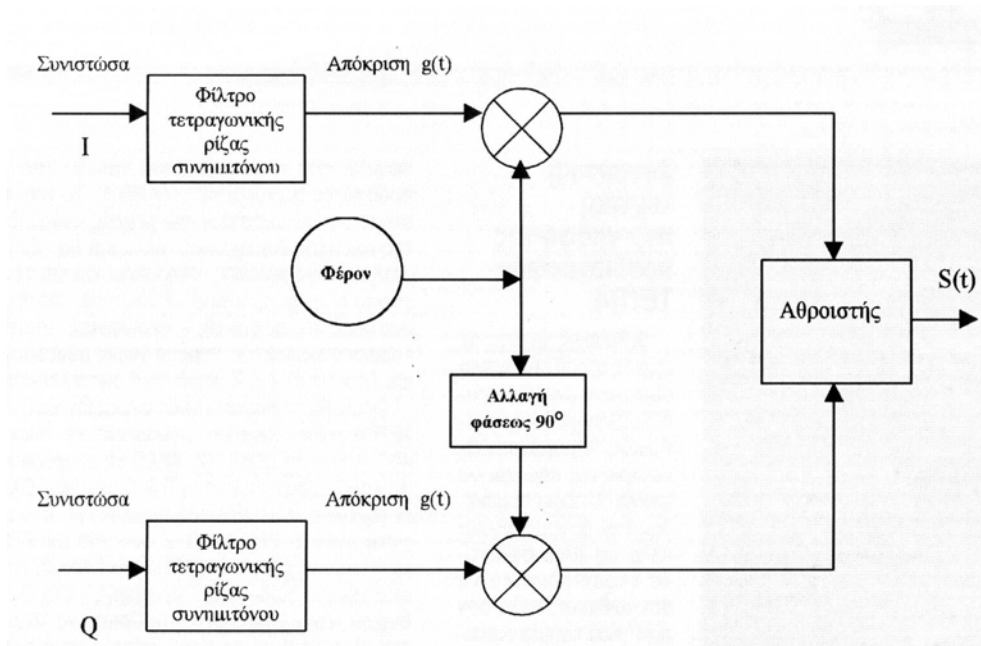


Η εξίσωση ενός σήματος που έχει διαμορφωθεί κατά π/4-DQPSK θα είναι :

$$s(t) = \sum_k g(t - kT) \cos \Phi_k \cos \omega t - \sum_k g(t - kT) \sin \Phi_k \sin \omega t = \sum_k g(t - kT) \cos(\omega t + \Phi_k)$$

Όπου το  $\Phi_k$  είναι το σύμβολο διαμόρφωσης που προκύπτει από διαφορική κωδικοποίηση , δηλαδή εφαρμογή μεταβολής φάσης στο προηγούμενο σύμβολο διαμόρφωσης ( $\Phi_k - 1$ ) .Το  $g(t)$  είναι η απόκριση ενός φίλτρου τετραγωνικής ρίζας συνημίτονου (sqr-root raised cosine filter). Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται οι βαθμίδες ενός διαμορφωτή π/4-DQPSK :





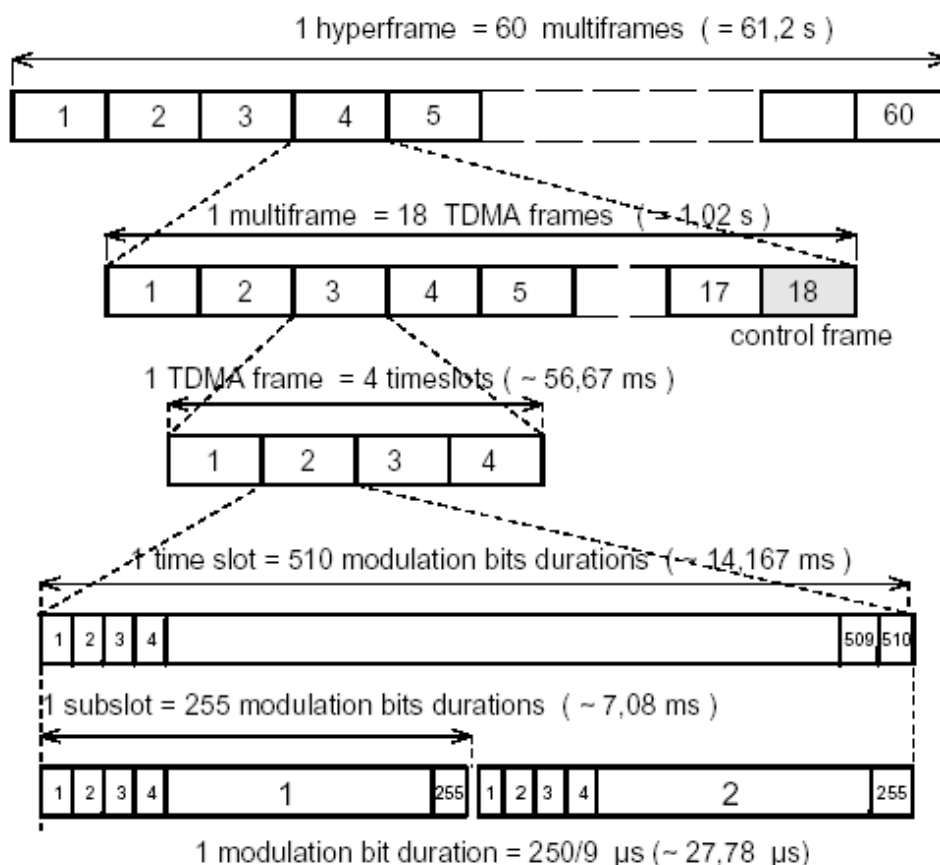
## 2.5. ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΕΤΡΑ .

Στο σύστημα TETRA , χρησιμοποιείται η μέθοδος πρόσβασης TDMA (Time Division Multiple Access – Πολλαπλή Πρόσβαση Διαίρεσης Χρόνου) , όπου έχουμε τέσσερα φυσικά κανάλια χρήστη σε κάθε φέρον . Το φέρον έχει εύρος 25KHz (carrier separation) , το οποίο διατίθεται κατά απαίτηση των χρηστών . Οι ρυθμοί μετάδοσης ξεκινούν από 2.4kbit/s αλλά είναι δυνατόν να επιτευχθούν μέχρι και ρυθμοί 28.8kbit/s αναθέτοντας μέχρι και τέσσερα κανάλια κυκλοφορίας για την επικοινωνία του ίδιου χρήστη . Τα κανάλια κατηγοριοποιούνται ως εξής :

- Κανάλια κυκλοφορίας που χρησιμοποιούνται για μεταφορά φωνής ή δεδομένων (data) . Διαφορετικά κανάλια κυκλοφορίας καθορίζονται για εφαρμογές φωνής ή δεδομένων και για διαφορετικές ταχύτητες μετάδοσης .

- Κανάλια ελέγχου που μεταφέρουν μηνύματα σηματοδότησης και πακέτα (packets) δεδομένων . Τα κανάλια έλεγχου χρησιμοποιούνται για διάφορες λειτουργίες, όπως την καταγραφή των σταθμών που στέλνουν πληροφορίες, τις αναδιαβιβάσεις κλήσεων μεταξύ κινητών ή μη σταθμών, κ.ά. . Ένα σημαντικό κανάλι έλεγχου είναι το κανάλι κοινής λήψης (Broadcast channel) μέσω του οποίου εκπέμπονται πληροφορίες για την κατάσταση του δικτύου από τον κεντρικό σταθμό βάσης προς όλους τους κινητούς σταθμούς .

Η επίτευξη εκπομπής τεσσάρων διαφορετικών σημάτων σε μια συχνότητα , εύρους ζώνης 25 KHz , γίνεται με διαίρεση του χρόνου κατάληψης της συχνότητας σε 4 χρονοθυρίδες (4 time slots). Η χρονοθυρίδα είναι η βασική μονάδα της δομής TDMA. Μια χρονοθυρίδα έχει διάρκεια 14.167 ms (85/6 ms) που αντιστοιχούν σε διάρκεια 510 bits διαμόρφωσης. Κάθε χρονοθυρίδα έχει τον δικό της αριθμό (Timeslot Number) ο οποίος κυμαίνεται από το 1 έως το 4 . Τέσσερις χρονοθυρίδες δημιουργούν ένα πλαίσιο TDMA (TDMA frame) το οποίο θα έχει διάρκεια  $14.167 * 4 = 56.67\text{ms}$ . Τα πλαίσια TDMA αριθμούνται από τον αριθμό πλαισίου (FN=Frame Number) , ο οποίος παίρνει τιμές από το 1 έως το 18, και προστίθεται στο τέλος κάθε πλαισίου . Το πλαίσιο με FN=18 ορίζεται ως το πλαίσιο έλεγχου (control frame) και χρησιμοποιείται αποκλειστικά από κανάλια έλεγχου , δηλαδή υπάρχει σε μόνιμη βάση ένα κανάλι έλεγχου στο σύστημα , σε κάθε περίπτωση . Δεκαοκτώ πλαίσια TDMA σχηματίζουν με την σειρά τους ένα πολυπλαίσιο (multiframe) , το οποίο έχει διάρκεια 1.02 sec . Ομοίως , τα πολυπλαίσια αριθμούνται με τον αριθμό πολυπλαισίου (MN=Multiframe Number). Τέλος , εξήντα πολυπλαίσια δημιουργούν ένα υπερπλαίσιο (hyperframe) , που αποτελεί και την μεγαλύτερη σε διάρκεια χρόνου περίοδο στην δομή TDMA , συνολικά 61.2 sec.

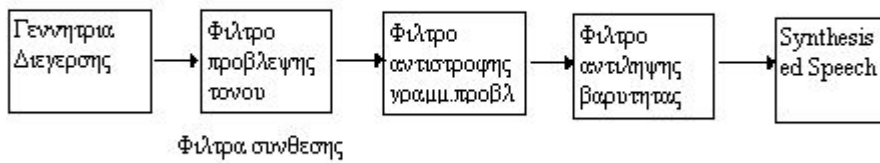


*Τα χρονοπλαίσια στο σύστημα TETRA (Δομή TDMA).*

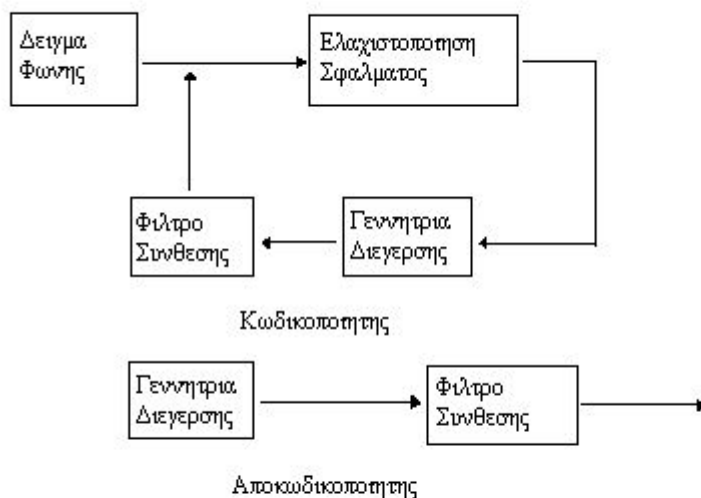
Ο ρυθμός διαμεταγωγής είναι 36.600 bits/sec (510 bits/14.167ms) , ο οποίος μειώνεται στα 28.800 bits/sec (λόγω ενδιάμεσης διασποράς – interleaving).

## **2.6. ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΦΩΝΗΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΕΤΡΑ .**

Στο σύστημα TETRA , η κωδικοποίηση φωνής επιτυγχάνεται «μοντελοποιώντας» την διαδικασία παραγωγής του λόγου στο φωνητικό σύστημα του ανθρώπου , όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα :



Η τεχνική κωδικοποίησης για την φωνή (speech codec) που χρησιμοποιείται ονομάζεται «αλγεβρική παλμοκωδική διέγερση με γραμμική πρόβλεψη» (Algebraic Code Excited Linear Prediction coding) ή ACELP. Αυτή η τεχνική ανήκει σε μια ευρύτερη κατηγορία με μεθόδους και αλγόριθμους κωδικοποίησης (coders) που χρησιμοποιούν γραμμική πρόβλεψη (predictive coding) και βασίζονται κυρίως σε μια διαδικασία γνωστή ως «analysis-by-synthesis» voice coding (βασική αρχή της οποίας είναι η ελαχιστοποίηση του μέσου τετραγωνικού σφάλματος ανάμεσα στην κυματομορφή του σήματος της πραγματικής φωνής και του σήματος της φωνής που έχει προκύψει από την διέγερση και τα φίλτρα – synthesized speech). Η διαδικασία κωδικοποίησης φαίνεται στο παρακάτω σχήμα :



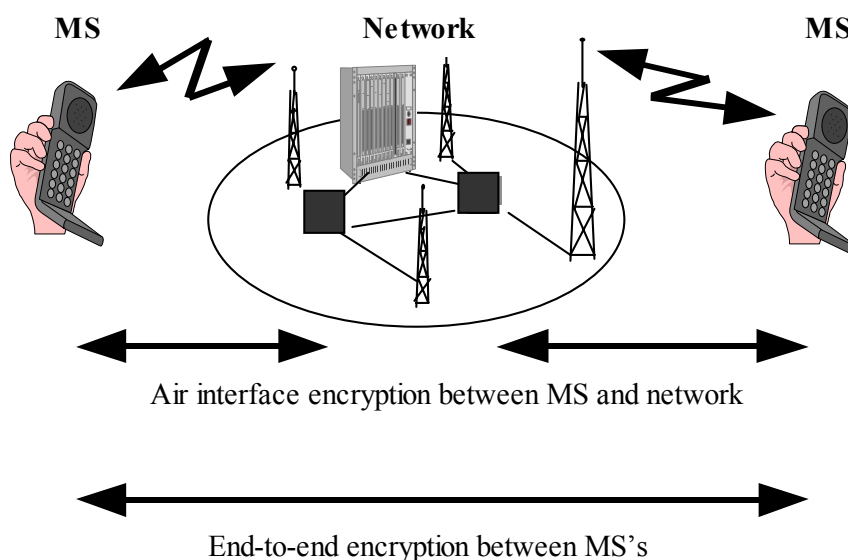
Η διαδικασία περιλαμβάνει 2 βασικά στάδια . Αρχικά οι παράμετροι του φίλτρου σύνθεσης υπολογίζονται από δείγματα 30 msec της φωνής . Έπειτα η ακολουθία διέγερσης υπολογίζεται για αυτό το φίλτρο διαιρώντας τα πλαίσια των 30 msec σε υπο-πλαίσια των 7.5 msec , με τις παραμέτρους διέγερσης να καθορίζονται ξεχωριστά για κάθε υπο-πλαίσιο .

Όταν τα δείγματα φωνής κωδικοποιηθούν , στέλνονται μαζί με τις παραμέτρους του φίλτρου και την ακολουθία διέγερσης στον δέκτη .

Η διαδικασία αυτή , χρησιμοποιώντας την τεχνική ACELP , παράγει 137 bits ανά 30 msec δείγματος φωνής , (κάτι που αντιστοιχεί σε ισοδύναμο ρυθμό μετάδοσης περίπου ίσο με 4.567 kbits/sec ) . Αυτά τα bits αναθέτονται σε μια από τις τρεις κλάσεις ευαισθησίας ψηφίων . Από αυτά , 30 bits ( τα πιο ευαίσθητα σε σφάλμα ) αναθέτονται στην κλάση ευαισθησίας 2 , 56 bits στην κλάση 1 και 51 bits στην κλάση ευαισθησίας 0 . Σε αυτά τα bits προστίθεται και κωδικοποίηση καναλιού (channel coding) και παράγονται συνολικά 216 bits ανά 30 msec . Ο σκοπός της κωδικοποίησης καναλιού είναι να μειωθεί στο ελάχιστο η αλλοίωση των μεταδιδόμενων δεδομένων από τα σφάλματα κατά την αποκωδικοποίηση . Ανάλογα σε ποια κλάση ευαισθησίας βρίσκονται , τα bits λαμβάνουν και την αντίστοιχη προστασία ( error protection ) .

## 2.7. Η ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΕΤΡΑ .

Σε ένα δίκτυο ΤΕΤΡΑ μια μετάδοση , είτε φωνής είτε δεδομένων , είναι δυνατό να κρυπτογραφηθεί ώστε να είναι απόρρητη και ασφαλής από πιθανές υποκλοπές . Η κρυπτογράφηση σε ένα δίκτυο ΤΕΤΡΑ μπορεί να γίνει με τη βοήθεια δυο επιμέρους μηχανισμών , την κρυπτογράφηση της μετάδοσης στη ραδιοζεύξη (**air-interface encryption – AI encryption**) και τη κρυπτογράφηση από τερματικό-σε-τερματικό (**end-to-end encryption**) . Εύκολα γίνεται αντιληπτό ότι η πρώτη περίπτωση έχει στόχο να παρέχει προστασία από υποκλοπές μόνο κατά τη μετάδοση από το τερματικό του πομπού μέχρι το σταθμό βάσης του , καθώς και από το δεύτερο σταθμό βάσης με τον οποίο συνδέεται το κινητό του δέκτη μέχρι αυτόν . Αντίθετα ο μηχανισμός της από τερματικό-σε-τερματικό κρυπτογράφησης διατηρεί κρυπτογραφημένα τα δεδομένα σε όλη τη μετάδοση δηλαδή και εντός του δικτύου ΤΕΤΡΑ . Στο σχήμα 2.7.1. που ακολουθεί φαίνεται χαρακτηριστικά η δράση των δυο μηχανισμών κρυπτογράφησης και πού παρέχουν ασφάλεια στην επικοινωνία μεταξύ δυο χρηστών .



Σχήμα 2.7.1. : Κρυπτογράφηση ραδιοζεύξης και από τερματικό-σε-τερματικό .

Αυτοί οι μηχανισμοί κρυπτογράφησης προσφέρονται (υποχρεωτικά ή προαιρετικά) ή όχι, ανάλογα με την κλάση στην οποία ανήκει ο χρήστης. Στο σχήμα 2.7.2. που ακολουθεί φαίνονται οι προδιαγραφές που ορίστηκαν ανάλογα με τις τρεις κλάσεις χρηστών.

κλάση	Air-interface encryption	End-to-end encryption
1	δεν προσφέρεται	Προαιρετική
2	υποχρεωτική	Προαιρετική
3	υποχρεωτική	Προαιρετική

**Σχήμα 2.7.2.** : σε ποιες κλάσεις χρηστών προσφέρονται οι υπηρεσίες κρυπτογράφησης.

Παρακάτω θα αναλυθούν χωριστά οι δυο μηχανισμοί κρυπτογράφησης αφού πρώτα τονιστεί ότι η δράση του ενός δεν επηρεάζει τον άλλο, δηλαδή μια επικοινωνία που έχει επιλεγεί να κρυπτογραφηθεί από τερματικό-σε-τερματικό μπορεί επιπλέον να κρυπτογραφηθεί και κατά τη ραδιομετάδοση της και το αντίστροφο.

### **1. Κρυπτογράφηση ραδιοζεύξης (air-interface encryption)**

Υπάρχουν δυο διαφορετικές μέθοδοι κρυπτογράφησης :

- η **SCK** (static cipher key) η οποία προσφέρεται στη δεύτερη κλάση χρηστών. Σύμφωνα με αυτή σε κάθε χρήστη κατά την ένταξη του στο δίκτυο ανατίθεται στατικά ένα κλειδί κρυπτογράφησης (cipher key - CK), αλλά αυτός έχει τη δυνατότητα να κάνει αίτηση αλλαγής του από κάποιο άλλο.
- η **DCK** (derived cipher key) που απευθύνεται στη τρίτη κλάση χρηστών. Σε αυτή τη περίπτωση το κλειδί που ανατίθεται στο χρήστη δεν είναι ένα μοναδικό, αλλά του ανατίθεται δυναμικά κατά τη διαδικασία της

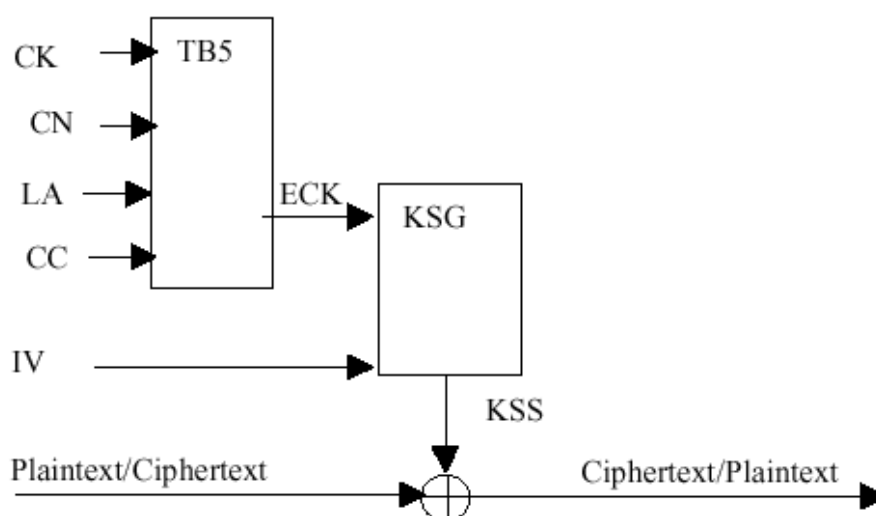
αυθεντικοποίησης του στο δίκτυο . Η διαφορά αυτή ανάμεσα στις δυο κλάσεις δείχνει χαρακτηριστικά τα επίπεδα ασφαλείας που έχουν τεθεί για αυτές .

Γεγονός πάντως είναι ότι και οι δυο μέθοδοι ανάθεσης κλειδιών χρησιμοποιούν την ίδια κρυπτογραφική διαδικασία . Όμως καμία κυψέλη δικτύου ΤΕΤΡΑ δεν επιτρέπεται να λειτουργεί εξυπηρετώντας ταυτόχρονα χρήστες από τη κλάση 2 και χρήστες της κλάσης 3 , επειδή είναι πιθανό να υπάρξει σύγκρουση στη διεύθυνση προορισμού των δεδομένων κατά τη κρυπτογράφηση .

Ως κρυπτογράφηση στο ΤΕΤΡΑ θα πρέπει να θεωρηθεί ένας αλγόριθμος κρυπτογράφησης ο οποίος υλοποιείται με τη βοήθεια μιας γεννήτριας ροής κλειδιών (**KSG – key stream generator**) . Η γεννήτρια θα πρέπει να αποτελεί αναπόσπαστο μέρος τόσο του τερματικού όσο και του σταθμού βάσης . Η γεννήτρια ως είσοδο έχει δυο μεγέθη , την Αρχική Τιμή (Initial Value - IV) καθώς και ένα κλειδί κρυπτογραφικού κώδικα (ECK) . Το κλειδί ECK εξάγεται από το κλειδί SCK για χρήστες της δεύτερης κλάσης και από το DCK για χρήστες της τρίτης κλάσης καθώς και από κάποια άλλα δεδομένα τα οποία αφορούν τη στιγμή της κλήσης και αποστέλλονται από την κυψέλη . Η έξοδος από τη γεννήτρια αυτή αποτελεί ένα τμήμα ροής κλειδιών , (key stream segment - KSS) , και ένα τέτοιο τμήμα μήκους  $n$  ψηφίων χρησιμοποιείται για να κρυπτογραφήσει μια χρονοσχισμή των προς μετάδοση δεδομένων (φωνής ή data) . Το κλειδί κρυπτογράφησης που έχει ο χρήστης (είτε είναι στατικό-κλάση 2- είτε δυναμικό - κλάση 3) δε χρησιμοποιείται κατευθείαν για να κρυπτογραφήσει τα δεδομένα αλλά σύμφωνα με ένα αλγόριθμο τύπου **TB5** τροποποιείται από κάποια άλλα δεδομένα , το κωδικό χρώματος (color code - CC) , την ταυτότητα της περιοχής (location area id – LA id) , καθώς και τον αριθμό του φέροντος (carrier number - CN) . Ο αλγόριθμος που τροποποιεί το κλειδί κρυπτογράφησης είναι ανοιχτός προς επιλογή από το χρήστη αλλά με κάποιες τεχνικές προδιαγραφές όσον αφορά το τρόπο λειτουργίας και τα ψηφία εξόδου που δίνει . Μάλιστα για μεγαλύτερη ευκολία στην επιλογή του χρήστη αλλά και για λόγους καλύτερης ενδοεπικοινωνίας το ινστιτούτο ETSI προτυποποίησε κάποιους αλγόριθμους με προσοχή ώστε να υπάρχει ποικιλία , αλλά και να διατηρηθεί το απόρρητο σε μερικούς αλγόριθμους οι οποίοι είχαν ήδη επιλεγθεί από χρήστες που δεν ήθελαν ο δικός τους αλγόριθμος να επαναχρησιμοποιηθεί από κάποιον άλλο χρήστη (παράδειγμα η γερμανική αστυνομία) .



Τέλος , η έξοδος του αλγόριθμου μαζί με την Αρχική Τιμή (IV) αποτελούν τις δυο εισόδους στη γεννήτρια ροής κλειδιών . Το τμήμα ροής κλειδιών που δημιουργείται από τη γεννήτρια προστίθεται κατά modulo 2 (XOR) στα ψηφία μιας χρονοθυρίδας και το αποτέλεσμα στέλνεται για διαμόρφωση και τελικά εκπομπή στον αέρα . Η παραπάνω διαδικασία κρυπτογράφησης φαίνεται στο σχήμα 2.7.3. που ακολουθεί .



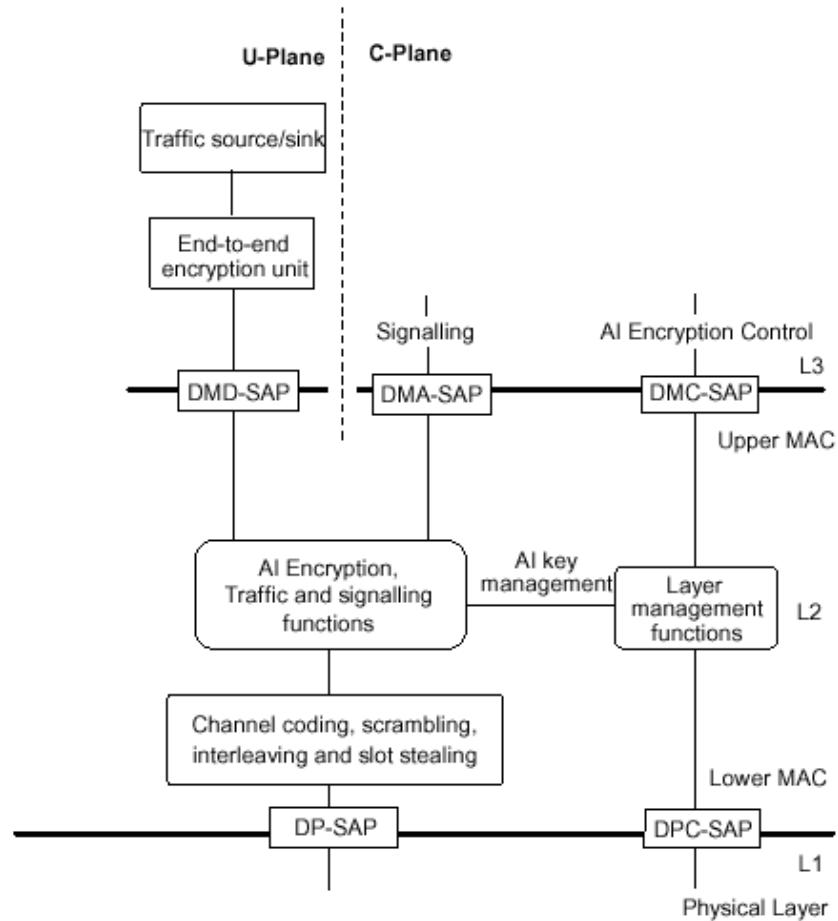
*σχήμα 2.7.3. : Κρυπτογράφηση της ραδιοζεύξης με τη βοήθεια μιας γεννήτριας ροής κλειδιών κρυπτογράφησης .*

## **2. Κρυπτογράφηση από τερματικό-σε-τερματικό (end-to-end encryption)**

Το πρότυπο του ΤΕΤΡΑ σε αυτό το μηχανισμό κρυπτογράφησης είναι ανοιχτό ώστε κάθε πελάτης να είναι ελεύθερος να κάνει τη δική του επιλογή , ανάλογα με το ύψος των απαιτήσεων του . Αυτή η περίπτωση κρυπτογράφησης προφανώς απευθύνεται σε ομάδες χρηστών (π.χ. αστυνομία , στρατός κλπ) μιας και ο ίδιος μηχανισμός κρυπτογράφησης/αποκρυπτογράφησης θα πρέπει να βρίσκεται εγκατεστημένος τόσο στο κινητό τερματικό του πομπού όσο και του δέκτη .

Έτσι , η μόνη προδιαγραφή που θέτει το πρότυπο ΤΕΤΡΑ στο τομέα της από τερματικό-σε-τερματικό κρυπτογράφησης είναι η θέση του μηχανισμού

κρυπτογράφησης ως φυσικό εξάρτημα μέσα στο κινητό τερματικό ανάμεσα στα υπόλοιπα στοιχεία του . Το σχήμα 2.7.4. δείχνει τη θέση του μηχανισμού στο λογικό διάγραμμα ενός κινητού τερματικού .



**Figure 60: Position of end-to-end encryption unit in MS**

*Σχήμα 2.7.4. : Λογικό διάγραμμα που παριστά τη θέση του μηχανισμού κρυπτογράφησης από τερματικό-σε-τερματικό μέσα σε ένα κινητό τηλέφωνο .*

Το TETRA προτυποποίησε ένα μηχανισμό συγχρονισμού του συστήματος κρυπτογράφησης ο οποίος χρησιμοποιείται όταν υπάρχει σύγχρονη ροή κλειδιών . Με τη βοήθεια του μηχανισμού καθώς και μιας χρονικής μεταβλητής αρχικοποίησης επιτυγχάνεται μεταξύ άλλων προστασία των μεταδιδόμενων μηνυμάτων από επανάληψη τους (replay) . Επίσης είναι δυνατό να αποφευχθεί εγγραφή των μηνυμάτων και επανάληψή τους με διάφορους τρόπους π.χ. με χρήση ενός κοινού ρολογιού σε πραγματικό χρόνο το οποίο στέλλεται επιπρόσθετα μαζί με τα προς μετάδοση δεδομένα και τα καθιστά έγκυρα στο δέκτη .


## **2.8. ΚΕΡΑΙΕΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΕΣ ΓΙΑ ΔΙΚΤΥΟ ΤΕΤΡΑ .**

Όπως και σε όλα τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας , έτσι και στο ΤΕΤΡΑ υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία κεραιών στην αγορά για την χρησιμοποίησή τους ως πομποδέκτες σε ένα σταθμό βάσης ΤΕΤΡΑ . Η διαδικασία επιλογής μιας κεραίας για ένα σταθμό βάσης είναι αρκετά πολύπλοκη , μιας και υπάρχουν πολλές παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη , όπως για παράδειγμα το είδος της περιοχής (και οι διάφορες γεωφυσικές ιδιομορφίες της) που πρέπει να καλυφθεί .

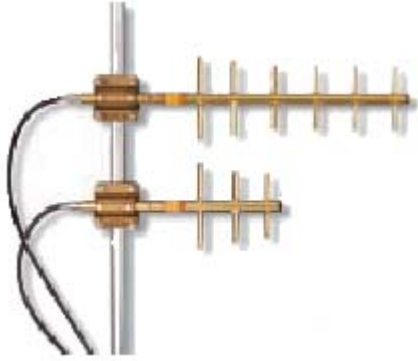


Όλοι οι μεγάλοι κατασκευαστές κεραιών παρέχουν διάφορες λύσεις , οι οποίες περιλαμβάνουν όλους τους γνωστούς τύπους κεραιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε δίκτυο κινητής τηλεφωνίας και γενικότερα σε μια ράδιο-ζεύξη .

Παρακάτω θα παραθέσουμε με σύντομη περιγραφή ορισμένες λύσεις που προτείνονται από κάποιες γνωστές κατασκευάστριες εταιρείες για εγκατάσταση κεραίας για τη κάλυψη δικτύου ΤΕΤΡΑ .

Η εταιρεία **ANTENNEX** παρέχει τους παρακάτω τύπους κεραιών :




<b>ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ</b>	<b>ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (MHz)</b>	<b>ΚΕΡΔΟΣ</b>	<b>ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ</b>
Σειρά διπλωμένων δίπολων	403-470	8.5	

**ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΤΟΥ ΤΕΤΡΑ**

Υagi κατευθυντική	430-450	7.1 έως 11 dBd	
Ομοιοκατευθυντική Από γυαλί σε μορφή ίνας . (fiberglass omni- directional)	430-450	3-5dB	
Ομοιοκατευθυντική για τοποθέτηση σε οχήματα	430-450	3dB	




**ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΤΟΥ ΤΕΤΡΑ**

Η εταιρεία **ΚΑΤΗΡΕΙΝ** έχει κατασκευάσει τις εξής κεραίες :



<b>ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ</b>	<b>ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (MHz)</b>	<b>ΚΕΡΑΟΣ</b>	<b>ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ</b>
κατευθυντική	380-500	11-14dBi	
ομοιοκατευθυντική	370-430	2-7.5dBi	
Κατευθυντικη σε 65°	380-500	12dBi	

**ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΤΟΥ ΤΕΤΡΑ**



Η **SINCLAIR** έχει μια μεγάλη ποικιλία σε κεραιές για σταθμό βάσης :

<b>ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ</b>	<b>ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (MHz)</b>	<b>ΚΕΡΑΟΣ</b>	<b>ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ</b>
Γωνιακός ανακλαστής	806-965	15dBd	
Γωνιακός ανακλαστής	800-965	10dBd	
Δίπολο σε σειρά	Οποιαδήποτε συχνότητα	2dBd	

**ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΤΟΥ ΤΕΤΡΑ**

Κατευθυντική σε 65° έως 85°	380-470	8-12dBd	
Yagi 7 στοιχείων	Σε όλα τα UHF	6dBd	
ομοιοκατευθυντική από γυαλί σε μορφή ινών	370-450	3dBd	
ομοιοκατευθυντική για κινητό σταθμό	806-960	1dBd	

Τέλος , η **PANORAMA ANTENNAS** προμηθεύει κεραίες εσωτερικού χώρου :

<b>ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ</b>	<b>ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (MHz)</b>	<b>ΚΕΡΑΟΣ</b>	<b>ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ</b>
Διπόλου	-	-	
ομοιοκατευθυντική για κινητό σταθμό	380-430	-	

Πέραν όμως των κεραιών για σταθμούς βάσης , για τη λειτουργία ενός δικτύου χρειάζονται και κινητοί πομποδέκτες που θα προμηθεύονται οι χρήστες του .

Η γνωστή εταιρεία-κολοσσός στις κινητές τηλεπικοινωνίες και πρωτοπόρος στην ανάπτυξη τεχνολογίας TETRA , η NOKIA παρέχει πολλές λύσεις τις οποίες και παραθέτουμε :



**ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΤΟΥ TETRA**

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ
Κινητό τερματικό	Λειτουργία σε : 380MHz, 410MHz και 800MHz , Δυνατότητα press-to-talk (απαραίτητο για σώματα ασφαλείας) , και κλήσης προς ομάδα χρηστών	
Κινητό τερματικό αποκλειστικά για σώματα ασφαλείας	<p>Λειτουργία σε δίκτυο TETRA όσο και σε direct mode .Ο χρήστης μπορεί να είναι σε διαρκή επαφή με ομάδα χρηστών και να λάβει απευθείας εντολές από τον αποστολέα .</p> <p>Τέλος μπορεί να παρακολουθεί εύκολα άλλες ομάδες χρηστών για εκπομπές .</p>	
Κινητό τερματικό για χρήση σε οχήματα των σωμάτων ασφαλείας	Λειτουργίες μετάδοσης φωνής και δεδομένων , ενώ έχει και μεγάλη ισχύ εκπομπής (10W) για τη μεγιστοποίηση της ακτίνας λειτουργίας του	

Φυσικά δε μπορούμε να ξεχνάμε το γεγονός ότι η τεχνολογία εξελίσσεται συνεχώς και επομένως η λίστα προϊόντων του TETRA τόσο για σταθμούς βάσης όσο και κινητά τερματικά μεγαλώνει συνεχώς . Λαμβάνοντας υπόψη επίσης το ότι

αρχιτεκτονική δομή του ΤΕΤΡΑ είναι ανοιχτή για ανάπτυξη νέων εφαρμογών και υπηρεσιών , σύντομα θα δούμε τεματικά για δίκτυα ΤΕΤΡΑ τα οποία θα μπορούν να προσφέρουν νέες υπηρεσίες στους κατόχους τους .



**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> : ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ  
ΥΗΦ ΣΗΜΑΤΩΝ ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΘΑΛΑΣΣΑ .**

**ΠΑΡΑΓΡΑΦΟΙ :**

- 3.1. : ΔΙΑΔΟΣΗ ΥΗΦ ΚΥΜΑΤΩΝ ΠΑΝΩ ΑΠΟ  
ΘΑΛΑΣΣΑ .....53**
- 3.2. : ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ  
ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗΣ ΠΑΝΩ  
ΑΠΟ ΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ.....53**
- 3.3. : ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΚΥΜΑΤΩΝ  
ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΘΑΛΑΣΣΑ .....56**

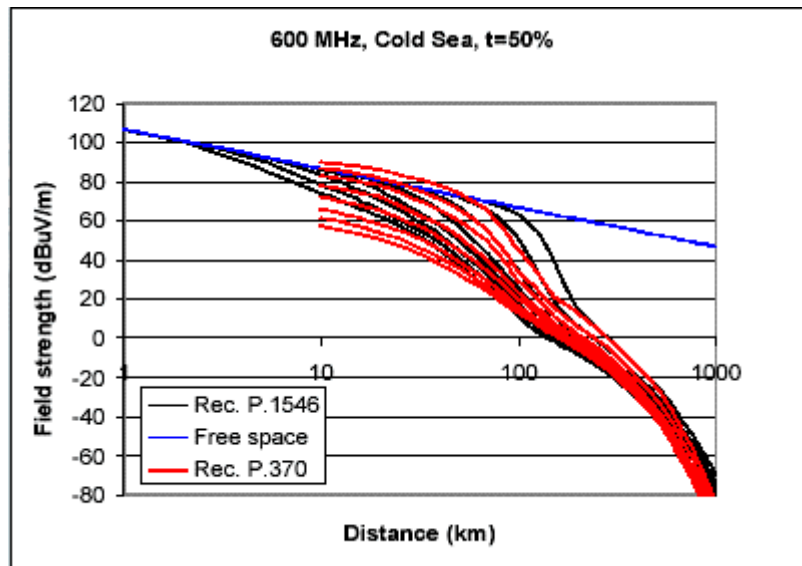
### **3.1. ΔΙΑΔΟΣΗ UHF ΚΥΜΑΤΩΝ ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΘΑΛΑΣΣΑ .**

Ένα από τα σπουδαιότερα προβλήματα που χρειάζεται να αντιμετωπιστεί , σε ότι αφορά την μετάδοση ραδιοκυμάτων για συστήματα τηλεπικοινωνιών , είναι η μελέτη της διάδοσης των κυμάτων ( propagation ) και της εξασθένησης της ισχύος τους κατά την διάδοση αυτή . Ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τόσο τον τρόπο διάδοσης όσο και την εξασθένηση είναι η μορφολογία και το είδος του εδάφους στο οποίο θέλουμε να έχουμε ραδιοκάλυψη . Κάθε είδος εδάφους έχει τις δικές του ιδιότητες , και εμφανίζει ξεχωριστούς μηχανισμούς εξασθένησης που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την μελέτη της ραδιοκάλυψης και την διεξαγωγή συμπερασμάτων και λύσεων . Στην μελέτη που ακολουθεί στα επόμενα κεφαλαία με την χρήση του προγράμματος εξομοίωσης , εξετάστηκε η ραδιοκάλυψη για το σύστημα TETRA στις παράκτιες και στις θαλάσσιες περιοχές γύρω από τον νομό Αττικής . Είναι απαραίτητο λοιπόν να δούμε τις ιδιομορφίες που παρουσιάζει η θάλασσα και η εναλλαγή θάλασσας – ξηράς και πως αυτές επηρεάζουν την ραδιοκάλυψη του δικτύου .

### **3.2. ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΗΛΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗΣ ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ .**

Βασικό στοιχείο για την μελέτη μιας ραδιοκαλύψης είναι η επιλογή του κατάλληλου μοντέλου διάδοσης ( propagation model ) που θα χρησιμοποιηθεί . Επί σειρά ετών , το μοντέλο που χρησιμοποιούνταν για τις ραδιοκαλύψεις σε παράκτιες – θαλάσσιες περιοχές βασιζόταν πάνω στην Recommendation ITU-R P.370 . Το συγκεκριμένο μοντέλο όμως , εμφανίζει διάφορα προβλήματα στην εφαρμογή του πάνω σε μελέτες, όπως περίεργες ανωμαλίες σε διάφορες ομάδες καμπυλών εξασθένησης , υπολογισμό διαφορετικών αποτελεσμάτων για μελέτες με ακριβώς ίδιες συνθήκες , κ.α. Λόγω της

ανάγκης λοιπόν για ακριβέστερες μελέτες , μετά από πειράματα και έρευνες υιοθετήθηκε ένα νέο μοντέλο , βασισμένο στην νέα Recommendation ITU-R P.1546 , που έχει περισσότερα πλεονεκτήματα από το P. 370 και είναι αυτό που χρησιμοποιείται πλέον σε οποιαδήποτε μελέτη ραδιοκάλυψης που έχει να κάνει με παράκτιες ή θαλάσσιες περιοχές . Το μοντέλο αυτό μπορεί να εφαρμοστεί σε όλες τις κλιματικές περιοχές του πλανήτη ( οι καμπύλες του θεωρούνται εφαρμόσιμες και σε εύκρατα κλίματα ) , λαμβάνοντας υπόψη σε μεγάλο ποσοστό τον κάθετο βαθμό διάθλασης ( vertical refractivity gradient ) .



Στο παραπάνω σχήμα , μπορούμε να δούμε μια σύγκριση των καμπυλών εξασθένισης του πεδίου ( field strength ) για θάλασσα σε σχέση με την απόσταση , μεταξύ των δυο μοντέλων , του Rec. P.1546 και του Rec. P.370 . Παρατηρούμε διαφορές μέχρι και 20 dB ανάμεσα στα 2 μοντέλα για απόσταση 10 – 50 km .

Οι καμπύλες του Rec. P.370 για θάλασσα εμφανίζουν μεγάλες αποκλίσεις στην ένταση πεδίου σε απόσταση 10 – 50 km . Σε τέτοιες αποστάσεις , είναι δύσκολο να

βρεθεί κάποιος μηχανισμός διάδοσης ο οποίος να αιτιολογεί την ανάλογη απώλεια ισχύος για μια δεδομένη απόσταση σύμφωνα με την καμπύλη του Rec. P.370 .

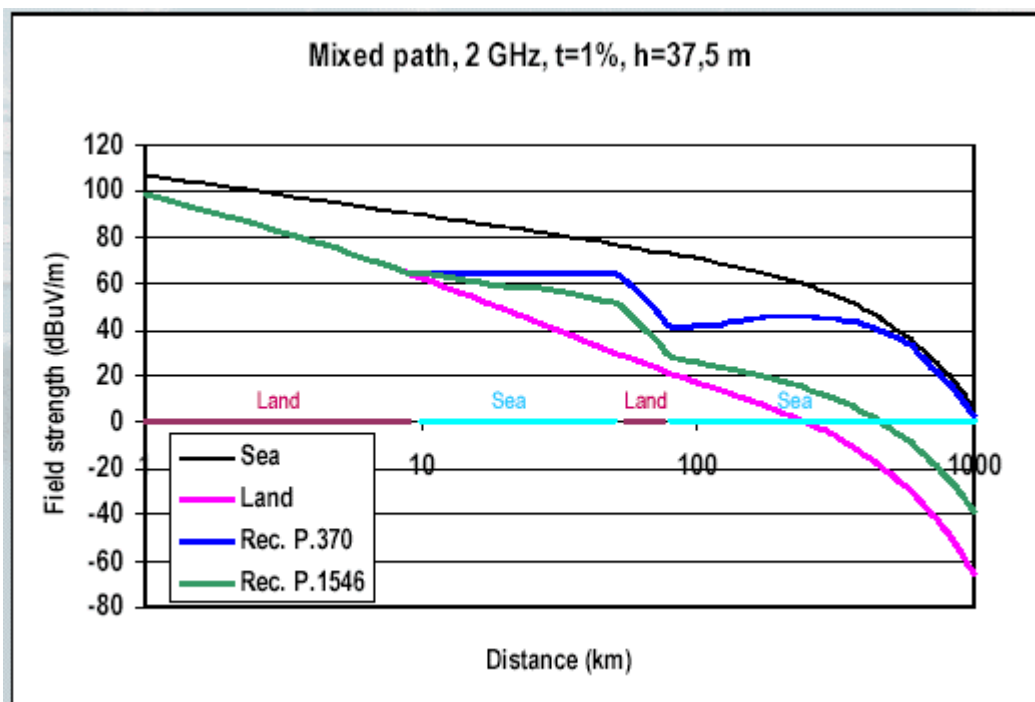
Αντίθετα , οι νέες καμπύλες του Rec. P.1546 βασίζονται σε υπολογισμούς χρησιμοποιώντας την Rec. P.452 , μια μέθοδο πρόβλεψης από σημείο σε σημείο η οποία λαμβάνει υπόψη τα διάφορα φυσικά φαινόμενα όπως διάθλαση ( diffraction ) , διασπορά στην τροπόσφαιρα ( troposcatter ) , «σωλήνωση» ( ducting ) .

Καθώς η απόσταση της οπτικής επαφής ( line of sight ) μεγαλώνει , η διάδοση που οφείλεται σε μηχανισμούς διάθλασης και troposcatter υπερισχύει , δίνοντας έτσι μια πιο «φυσική» μορφή στις καμπύλες .

Με την χρησιμοποίηση και την διασταύρωση καμπυλών και από το Rec. P.370 , κατασκευάστηκε ένα πλήρες σετ καμπυλών για την θάλασσα , για την εφαρμογή του μοντέλου .

Για τις παράκτιες περιοχές ( mixed land – sea paths ) , το Rec. P.370 βασίστηκε στο ποσοστό επιφάνειας ξηράς – θάλασσας που υπάρχει στην διαδρομή της διάδοσης ( propagation path ) και εμφάνιζε κάποιο φαινόμενο ανάκτησης της ισχύος του πεδίου , σε έντονο μάλιστα βαθμό σε αρκετά υψηλές συχνότητες , κάτι που ήταν αρκετά «αφύσικο» και δεν ήταν δυνατό να εξηγηθεί .

Για αυτού του είδους τις περιοχές , το Rec. P.1546 βασιζόμενο αρκετά και στο Rec. P.452 , θεωρεί ότι η συνεχόμενη ( παρακείμενη ) διαδρομή ( path ) πάνω σε ξηρά είναι ιδιαίτερα σημαντική , καθώς πάνω από ξηρά ο μηχανισμός της «σωλήνωσης» των κυμάτων ( ducting ) λειτουργεί σε μικρό βαθμό . Αγνοεί το φαινόμενο της ανάκτησης ισχύος και ακολουθεί την μέθοδο που παρουσιάζει και στις καμπύλες για την θάλασσα , λαμβάνοντας υπόψη την μερίδα της διαδρομής που καταλαμβάνει η ξηρά .



Στο παραπάνω σχήμα , βλέπουμε μια σύγκριση των καμπυλών του Rec. P.1546 και του Rec. P.370 , για παράκτιες περιοχές .

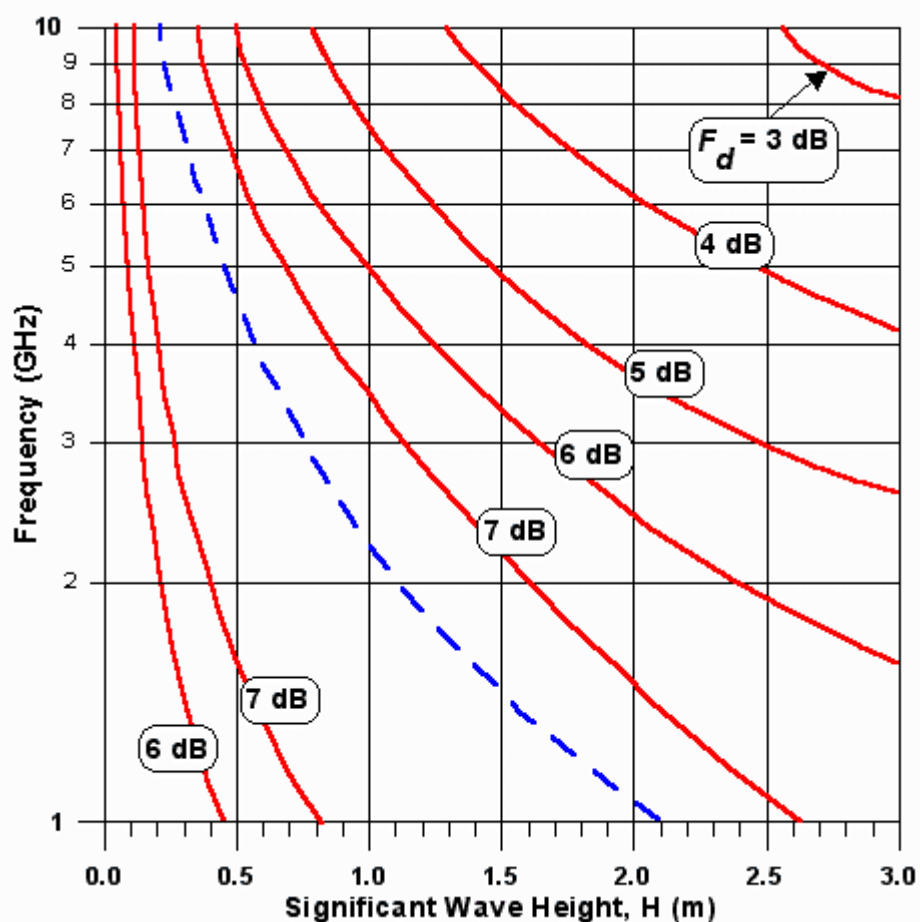
### 3.3. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΚΥΜΑΤΩΝ ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΘΑΛΑΣΣΑ .

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω , οι παράκτιες και θαλάσσιες περιοχές έχουν τα δικά τους χαρακτηριστικά και μηχανισμούς διάδοσης των κυμάτων , με αρκετές διαφοροποιήσεις από τον τρόπο που γίνεται η διάδοση στην ξηρά . Πιο συγκεκριμένα :

- **Αγωγιμότητα** : Μια παράμετρος η οποία είναι σημαντική για την εξασθένιση ισχύος κατά την διάδοση σε θαλάσσιες περιοχές . Εξαρτάται κυρίως από την τιμή της θερμοκρασίας της θαλάσσιας επιφάνειας , της πίεσης και την περιεκτικότητα της θάλασσας σε αλάτι , συνεπώς δεν είναι σταθερή

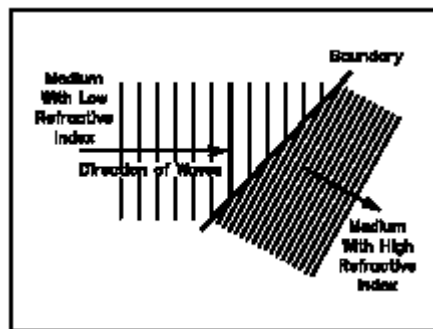
αλλά αλλάζει σε κάθε χρονική στιγμή . Συνήθως οι μεταβολές της τιμής της οφείλονται σε αλλαγές της θερμοκρασίας . Διακυμάνσεις στην ισχύ των κυμάτων παρατηρούνται έντονα εκεί όπου έχουμε απότομη μεταβολή της αγωγιμότητας ( π.χ. από ξηρά σε θάλασσα ) . Η τιμή της αγωγιμότητας της θάλασσας συνήθως κυμαίνεται στα 4 –5 S / m ( Siemens / m ) .

- Κατάσταση θάλασσας :** Η κατάσταση στην οποία βρίσκεται η θάλασσα περιοχή , η οποία εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες , και πιο συγκεκριμένα το ύψος των θαλάσσιων κυμάτων επηρεάζουν την διάδοση των ραδιοκυμάτων . Διάφορες μελέτες έχουν γίνει πάνω στην απώλεια ισχύος λόγω της ανωμαλίας και της αστάθειας της θαλάσσιας επιφάνειας . Ενδεικτικά παραθέτουμε ένα γράφημα για την σχέση συχνότητας – ύψους θαλ. κυμάτων – απώλεια ισχύος στο παρακάτω σχήμα :



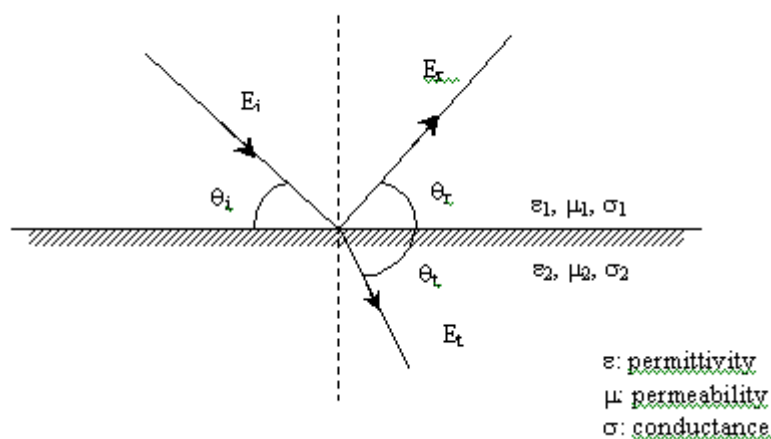


- **Διασπορά στην Τροπόσφαιρα ( Troposcattering )** : Ένας από τους βασικούς μηχανισμούς διάδοσης είναι η διασπορά στην τροπόσφαιρα , ειδικά στην περιοχή των VHF και υψηλότερης συχνότητας κυμάτων . Οφείλεται στις μεγάλες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας , της ατμοσφαιρικής πίεσης , της υγρασίας , που παρατηρούνται σε διαφορετικά υψόμετρα , ειδικά πάνω από θαλάσσιες περιοχές . Αυτές οι διακυμάνσεις προκαλούν διασπορά και διάθλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που ταξιδεύουν στα διάφορα στρώματα της ατμόσφαιρας , κάτι που επηρεάζεται και από τα καιρικά φαινόμενα ( βροχή , σκόνη , ομίχλη , χιόνι , κλπ. ) .
  
- **Διάθλαση ( Refraction )** : Φαινόμενο που συμβαίνει όταν ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα περνάει από ένα μέσο σε κάποιο άλλο με διαφορετικές ιδιότητες ή όταν συναντάει κάποιο εμπόδιο . Έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή πορείας του κύματος , και ειδικότερα για κυψελωτά συστήματα την αύξηση της περιοχής ραδιοκάλυψης αλλά και την αστάθεια της τιμής ισχύος του πεδίου .



Το φαινόμενο της διάθλασης .

- «Σωλήνωση» ( **Ducting** ) : Συμβαίνει όταν ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα «παγιδεύεται» ανάμεσα σε 2 στρώματα της ατμόσφαιρας . Μεταφέρεται ανάμεσα στα στρώματα αυτά με το σήμα ισχύος να παραμένει ισχυρό για μεγάλες αποστάσεις . Οφείλεται κυρίως στις διαφορές που μπορεί να παρουσιάσουν τα στρώματα της ατμόσφαιρας σε διαφορετικά ύψη , όσον αφορά στην θερμοκρασία ή στην υγρασία . Εμφανίζεται συχνότερα σε υψηλές συχνότητες και σε καιρικά συστήματα υψηλών πιέσεων .
- **Ανάκλαση ( Reflection )** : Γνωστός μηχανισμός διάδοσης , κατά τον οποίο τα κύματα ανακλώνται εν μέρει όταν προσπίπτουν σε κάποιο μέσο , ενώ κάποιο ποσοστό τους συνεχίζει μέσα στο μέσο . Το ποσοστό αυτό εξαρτάται από το είδος του μέσου στο οποίο προσπίπτουν , δηλαδή την αγωγιμότητα του , την διηλεκτρική σταθερά , κ.ά. Ειδικά για την θάλασσα , η οποία εμφανίζει αρκετά υψηλή αγωγιμότητα , ο μηχανισμός αυτός είναι πολύ σημαντικός για τα συστήματα επικοινωνιών .



Το φαινόμενο της ανάκλασης .



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> : LINK BUDGET .**

### **ΠΑΡΑΓΡΑΦΟΙ :**

- 4.1. : ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ LINK BUDGET ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΔΙΑΔΟΣΗΣ .....61**
- 4.2. : ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΟΜΠΟΥ .....62**
- 4.3. : ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΕΚΤΗ .....63**
- 4.4. : ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ LINK BUDGET .....64**
- 4.5. : ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΔΙΑΔΟΣΗΣ (path loss) .....67**

#### **4.1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ LINK BUDGET ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΔΙΑΔΟΣΗΣ .**

Η ραδιοκάλυψη για το υπό μελέτη δίκτυο TETRA αφορά στη συχνότητα λειτουργίας των 420 MHz , δηλαδή έχουμε :

$$f = 420 \text{ MHz}$$

Η προδιαγραφή TETRA καθορίζει 10 διαφορετικές κλάσεις ισχύος για τους σταθμούς βάσης του δικτύου, οι οποίες παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα :

<b>Power class</b>	<b>Nominal power per carrier</b>
1 (40 W)	46 dBm
2 (25 W)	44 dBm
3 (16 W)	42 dBm
4 (10 W)	40 dBm
5 (6,3 W)	38 dBm
6 (4 W)	36 dBm
7 (2,5 W)	34 dBm
8 (1,6 W)	32 dBm
9 (1 W)	30 dBm
10 (0,6 W)	28 dBm

Οι σταθμοί βάσης του δικτύου που μελετήθηκε αφορούσαν στη 1η κλάση , δηλαδή λειτουργούν με ισχύ εκπομπής 40W.

## **4.2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΟΜΠΟΥ .**

Παρακάτω θα περιγραφούν αναλυτικά ο πομπός και τα χαρακτηριστικά του .

Η κεραία-πομπός στο σταθμό βάσης όπως προαναφέραμε λειτουργεί με ισχύ εξόδου 40 Watt τα οποία αντιστοιχούν σε 16 dBW :

$$P = 40 \text{ W} = 16 \text{ dBW}$$

Δεδομένου ότι είναι επιθυμητή η κάλυψη παράκτιων και θαλάσσιων περιοχών , οι οποίες από τη φύση τους παρουσιάζουν ομοιογένεια , επιλέχθηκαν ομοιοκατευθυντικές κεραίες (omnidirectional) για τους σταθμούς βάσης . Ως γνωστόν το κέρδος μιας ομοιοκατευθυντικής κεραίας είναι :

$$G = 7 \text{ dBi}$$

και επίσης για τη μελέτη μας θεωρούμε απώλειες καλωδίων στον πομπό ίσες με 3dB :

$$L = 3 \text{ dB}$$

Με βάση τα παραπάνω μπορούμε πλέον να υπολογίσουμε την ισοδύναμη ακτινοβολούμενη ιστροπική ισχύ EIRP (Equivalent Isotropical Radiated Power) στο πομπό . Έτσι :

$$\text{EIRP} = \text{PTX (dBW)} + \text{GTX (dBi)} - \text{LCABLE (dB)}$$

Με αντικατάσταση έχουμε :

$$EIRP = 16 \text{ dBW} + 7\text{dBi} - 3\text{dB} = 20 \text{ dBW} = 50 \text{ dBm}$$

### **4.3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΕΚΤΗ .**

Θεωρούμε κινητό δέκτη με ισχύ εξόδου ίση με :

$$P_{tx} = 1 \text{ W}$$

Ο πομποδέκτης υποτίθεται ότι διαθέτει κεραία δίπολου  $\lambda/2$  η οποία ως γνωστόν είναι εκ φύσεως ομοιοκατευθυντική .

Αντίστοιχα με το πομπό θεωρούμε ότι ο πομποδέκτης έχει κέρδος κεραίας και απώλειες καλωδίων τα εξής :

$$G_{rx} = 2.14 \text{ dBi}$$

$$L = 1 \text{ dB}$$

Τέλος η ενεργός επιφάνεια της κεραίας του δέκτη θα δίνεται ως γνωστόν από τη σχέση :

$$A_{eff} = \lambda^2 * G / 4\pi$$

όπου  $\lambda = 0.71 \text{ m}$  για τη δεδομένη συχνότητα , και  $G$  το κέρδος από dBi σε καθαρό αριθμό (τα 2.14 dBi μετατρέπονται στο καθαρό αριθμό 1.64)

Κάνοντας αντικατάσταση προκύπτει :

$$A = 0.066 \text{ m}^2 = -11,8 \text{ dBm}^2$$

#### **4.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ LINK BUDGET .**

Για να συνεχίσουμε τη θεωρητική μελέτη μας και να καταλήξουμε στον υπολογισμό των απωλειών της ζεύξης πομπού - δέκτη (που είναι και ο σκοπός του LINK BUDGET ) , πρέπει να θεωρήσουμε μια τιμή για το επίπεδο θορύβου που υπάρχει στην περιοχή που επιθυμούμε να καλύψουμε .

Για την πληρέστερη εξέταση του θέματος θεωρήσαμε δυο διαφορετικές τιμές για την πυκνότητα θορύβου  $S_n(f)$  , οι οποίες αντιστοιχούν σε δυο διαφορετικά είδη περιοχών . Έτσι υποθέτοντας ότι οι παράκτιες περιοχές εντάσσονται στη κατηγορία των μη αστικών περιοχών μπορούμε να δεχθούμε επίπεδο πυκνότητας θορύβου ίσο προς :

$$S_{n1}(f) = -116 \text{ dBm} / \text{m}^2 / \text{KHz}$$

ενώ για τις αμιγώς θαλάσσιες περιοχές (απομακρυσμένες από την ακτή ) μπορούμε με ασφάλεια να υποθέσουμε μια τιμή πυκνότητας θορύβου μικρότερη από αυτή που αντιστοιχεί στις μη αστικές περιοχές .Έτσι έχουμε :

$$S_{n2}(f) = -126 \text{ dBm} / \text{m}^2 / \text{KHz}$$

Με βάση τις δυο τιμές για την  $S_n(f)$  , συνιστώνται δυο διαφορετικά σενάρια τα οποία και θα υλοποιήσουμε παρακάτω .

Το επίπεδο θορύβου γενικά δίνεται από την σχέση .

$$N(\text{dBm}) = S_n(f) + B_r + A_{\text{eff}}$$

όπου :

$S_n(f)$  : η πυκνότητα θορύβου σε dBm / m<sup>2</sup> / KHz

$B_r$  : το εύρος του δέκτη σε dBKHz

$A_{eff}$  : η ενεργός επιφάνεια της κεραίας σε dBm<sup>2</sup>

Το εύρος του δέκτη είναι καθορισμένο με τιμή ίση με :

$$B_r = 25\text{KHz} = 13.97 \text{ dBKHz}$$

Έχοντας καθορίσει τιμές για τα  $S_n$  ,  $B_r$  ,  $A_{eff}$  μπορούμε εύκολα να υπολογίσουμε τις τιμές για την ισχύ θορύβου που αντιστοιχούν στα δυο σενάρια .

Έτσι :

$$N_1 = -116 \text{ dBm/m}^2/\text{KHz} + 13.97 \text{ dBKHz} - 11.8 \text{ dBm}^2 \text{ , δηλαδή}$$

$$N_1 = -113.83 \text{ dBm (παράκτια περιοχή)}$$

$$N_2 = -126 \text{ dBm/m}^2/\text{KHz} + 13.97 \text{ dBKHz} - 11.8 \text{ dBm}^2 \text{ δηλαδή}$$

$$N_2 = -123.83 \text{ dBm (θαλάσσια περιοχή)}$$

Η προδιαγραφή ΤΕΤΡΑ καθορίζει δυο τιμές σηματοθορυβικού λόγου ανάλογα με τις συνθήκες λήψης στο δέκτη .

Έτσι , υπό **ΣΤΑΤΙΚΕΣ** συνθήκες (δηλαδή όταν ο δέκτης είναι ακίνητος) ο SNR είναι ίσος με :

$$\text{SNR} = S / N = 8 \text{ dB}$$



Ενώ , υπο **ΔΥΝΑΜΙΚΕΣ** συνθήκες (δηλαδή όταν ο δέκτης κινείται) ο SNR είναι ίσος με :

$$SNR = S / N = 17 \text{ dB}$$

Έχοντας υπολογίσει το N μπορούμε με αντικατάσταση στις παραπάνω σχέσεις να βρούμε τις τιμές ισχύος ελάχιστου χρήσιμου σήματος στο δέκτη (threshold) , οι οποίες είναι απαραίτητες για τον υπολογισμό των απωλειών διάδοσης στη τηλεπικοινωνιακή ζεύξη πομπού δέκτη .

Θα είναι λοιπόν :

**- ΣΤΑΤΙΚΕΣ συνθήκες :**

- $P_{rx}$  για παράκτια περιοχή :  $S = -113.83 \text{ dBm} + 8 \text{ dB} = -105.83 \text{ dBm}$
- $P_{rx}$  για θαλάσσια περιοχή :  $S = -123.83 \text{ dBm} + 8 \text{ dB} = -115.83 \text{ dBm}$

**- ΔΥΝΑΜΙΚΕΣ συνθήκες :**

- $P_{rx}$  για παράκτια περιοχή :  $S = -113.83 \text{ dBm} + 17 \text{ dB} = -96.83 \text{ dBm}$
- $P_{rx}$  για θαλάσσια περιοχή :  $S = -123.83 \text{ dBm} + 17 \text{ dB} = -106.83 \text{ dBm}$

Συνοψίζοντας την παραπάνω ανάλυση παρουσιάζουμε στο πίνακα που ακολουθεί τις τιμές ισχύος ελάχιστου χρήσιμου σήματος στο δέκτη (threshold) .

Συνθήκες λήψης στον δέκτη	Παράκτια περιοχή		Θαλάσσια περιοχή	
	<u>ΣΤΑΤΙΚΕ</u> <u>Σ</u>	<u>ΔΥΝΑΜΙΚ</u> <u>ΕΣ</u>	<u>ΣΤΑΤΙΚΕ</u> <u>Σ</u>	<u>ΔΥΝΑΜΙΚ</u> <u>ΕΣ</u>
$P_{rx}$ (dBm)	-105.83	-96.83	-115.83	-106.83

#### **4.5. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΔΙΑΔΟΣΗΣ (path loss) .**

Η σχέση που συνδέει το ελάχιστο χρήσιμο σήμα στο δέκτη με τις απώλειες διάδοσης στη ζεύξη είναι :

$$PRX = \{EIRP\} + GRX - LRX-CABLE - PL$$

όπου PL είναι οι απώλειες διάδοσης .

Γνωρίζοντας την ισχύ εκπομπής καθώς και την ισχύ ελάχιστου χρήσιμου σήματος στο δέκτη και με αντικατάσταση στη παραπάνω σχέση μπορούμε να υπολογίσουμε τις απώλειες διάδοσης στη ραδιοζεύξη .

Έτσι έχουμε :

$$PL = \{EIRP\}(dBm) + GRX(dBi) - LRX-CABLE(dB) - PRX(dBm)$$

Ανάλογα με τις συνθήκες λήψης (στατικές/δυναμικές) καθώς και τη περιοχή κάλυψης (παράκτιες/θαλάσσιες) που καθορίζουν τα τέσσερα σενάρια , προκύπτουν τέσσερις διαφορετικές τιμές για τις απώλειες διάδοσης :

##### **1. Στατικές συνθήκες - Παράκτια περιοχή**

$$PL = 50 \text{ dBm} + 2.14 \text{ dBi} - 1\text{dB} + 105.83 \text{ dBm} = 156.97 \text{ dB}$$

**2. Στατικές συνθήκες - Θαλάσσια περιοχή**

$$PL = 50 \text{ dBm} + 2.14 \text{ dBi} - 1\text{dB} + 115.83 \text{ dBm} = 166.97 \text{ dB}$$

**3. Δυναμικές συνθήκες - Παράκτια περιοχή**

$$PL = 50 \text{ dBm} + 2.14 \text{ dBi} - 1\text{dB} + 96.83 \text{ dBm} = 147.97 \text{ dB}$$

**4. Δυναμικές συνθήκες - Θαλάσσια περιοχή**

$$PL = 50 \text{ dBm} + 2.14 \text{ dBi} - 1\text{dB} + 106.83 \text{ dBm} = 157.97 \text{ dB}$$

Τα αποτελέσματα παρατίθενται συγκεντρωτικά στον πίνακα που ακολουθεί με τον οποίο κλείνει και η θεωρητική ανάλυση για τις απώλειες διάδοσης.

Τύπος Περιοχής – Συνθήκες Λήψης	<b>ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΣΕ dB</b>			
	Παράκτια περιοχή		Θαλάσσια περιοχή	
	<u>Στατικές</u>	<u>Δυναμικές</u>	<u>Στατικές</u>	<u>Δυναμικές</u>
<i>Path Loss</i>	156.97	147.97	166.97	157.97

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> : ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ .**

### **ΠΑΡΑΓΡΑΦΟΙ :**

<b>5.1.</b>	<b>: ΣΥΝΤΟΜΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΠΑΚΕΤΟ .....</b>	<b>70</b>
<b>5.2.</b>	<b>: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΟ EDX .....</b>	<b>71</b>
<b>5.2.1.</b>	<b>: ΒΗΜΑ 1ο .....</b>	<b>72</b>
<b>5.2.2.</b>	<b>: ΒΗΜΑ 2ο .....</b>	<b>81</b>
<b>5.2.3.</b>	<b>: ΒΗΜΑ 3ο .....</b>	<b>84</b>
<b>5.2.4.</b>	<b>: ΒΗΜΑ 4ο .....</b>	<b>86</b>
<b>5.2.5.</b>	<b>: ΒΗΜΑ 5ο .....</b>	<b>89</b>
<b>5.2.6.</b>	<b>: ΒΗΜΑ 6ο .....</b>	<b>92</b>
<b>5.2.7.</b>	<b>: ΒΗΜΑ 7ο .....</b>	<b>95</b>
<b>5.3.</b>	<b>: ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ .....</b>	<b>137</b>

## **ΜΕΛΕΤΗ ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΠΑΚΕΤΟΥ EDX SIGNALPRO .**

Στο κεφάλαιο αυτό θα περιγράψουμε αναλυτικά τη διαδικασία που ακολουθήσαμε δουλεύοντας πάνω στο υπολογιστικό πρόγραμμα για τη πρόβλεψη της ραδιοκάλυψης στο νομό Αττικής και συγκεκριμένα στις παράκτιες και θαλάσσιες περιοχές του νομού .

### **5.1. ΣΥΝΤΟΜΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΠΑΚΕΤΟ .**

Το υπολογιστικό πακέτο που επιλέχθηκε είναι το EDX SignalPro , της ομώνυμης αμερικανικής εταιρείας EDX , η οποία είναι θυγατρική της Comarco Wireless Technologies Inc. .

Το πακέτο αυτό περιλαμβάνει μια συλλογή από εργαλεία και μοντέλα σχετικά με συστήματα ασύρματων επικοινωνιών . Προσφέρει στο χρήστη τη δυνατότητα να προβλέψει τη περιοχή ραδιοκάλυψης ενός δικτύου καθώς και διάφορα χαρακτηριστικά της αποδοτικότητας της ζεύξης όπως είναι για παράδειγμα η απώλεια διάδοσης χρησιμοποιώντας κάποιο μοντέλο ραδιοκαλυψης και συνυπολογίζοντας τα γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής . Επίσης , παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να μοντελοποιήσει τη συμπεριφορά του σήματος γύρω και μέσα από κτίρια και γενικότερα σε αστικές περιοχές . Πέρα από το βασικό πακέτο , το οποίο ονομάζεται **SignalPro** , η εταιρεία παρέχει και κάποια συμπληρωματικά πακέτα , προαιρετικά στο πελάτη , τα οποία είναι πιο εξειδικευμένης φύσης . Από αυτά εμείς στη μελέτη μας χρησιμοποιήσαμε το **Msite** .

Το **Msite** - ως συμπλήρωμα του SignalPro - ειδικεύεται κατά κύριο λόγο στον υπολογισμό της κάλυψης περιοχών από δίκτυα με περισσότερες των μια κεραιών , των παρεμβολών που υπάρχουν σε κάθε σημείο της περιοχής , αλλά ταυτόχρονα μπορεί να κάνει μελέτη και για συγκεκριμένα σημεία του χάρτη σε εύρος συχνοτήτων 30MHz έως 60GHz .

Εκτός από το πρόγραμμα SignalPro μας δόθηκε και ένας ψηφιακός χάρτης της Ελλάδας , ο οποίος είναι συμβατός με το συγκεκριμένο πρόγραμμα και του παρέχει πληροφορίες σχετικά με τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της χώρας .

## **5.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΟ EDX .**

Για να κάνουμε τη μελέτη για τη πρόβλεψη της ραδιοκάλυψης στις παράκτιες και θαλάσσιες περιοχές γύρω από το νομό Αττικής χρειάστηκε να ακολουθήσουμε μια λογική σειρά από βήματα εισάγοντας όλα τα απαραίτητα δεδομένα στο EDX και καθορίζοντας ακριβώς το είδος των αποτελεσμάτων που θέλουμε να εξάγουμε .

Πριν προχωρήσουμε στη λεπτομερή ανάλυση των επιμέρους βημάτων ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή της μεθόδου που ακολουθήσαμε .

<b>ΒΗΜΑ</b>	<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ</b>
<b>1</b>	Εισαγωγή στο ψηφιακό χάρτη της Ελλάδος των κεραιών του δικτύου TETRA σύμφωνα με τα δεδομένα που μας δόθηκαν και που καθορίζουν την ακριβή τοποθεσία της κάθε κεραίας αλλά και το ύψος στο οποίο βρίσκεται πάνω από το έδαφος της συγκεκριμένης περιοχής .
<b>2</b>	Εισαγωγή στο EDX των χαρακτηριστικών των κεραιών (τύπος κεραίας , συχνότητα λειτουργίας , ισχύς εξόδου , απώλειες καλωδίων κ.α.) .
<b>3</b>	Καθορισμός των χαρακτηριστικών του κινητού πομποδέκτη (ύψος , κέρδος κεραίας κ.α.) .
<b>4</b>	Επιλογή μοντέλου ραδιοκαλυψης (propagation model) με βάση το οποίο το EDX θα κάνει τη μελέτη για τη πρόβλεψη ραδιοκαλυψης καθώς και ρύθμιση των επιμέρους παραμέτρων του μοντέλου .
<b>5</b>	Υπολογισμός του <b>Link Budget</b> θεωρητικά και εισαγωγή των αποτελεσμάτων αυτών ως δεδομένα στο EDX στο μενού Area Studies
<b>6</b>	Επιλογή μιας ομάδας κεραιών με βάση τη γεωγραφική τους τοποθεσία για τις οποίες δεχόμαστε (κάτι το οποίο έχει συνέπεια με τη λογική) ότι είναι

	αυτές που συνεισφέρουν τα μέγιστα στη ραδιοκάλυψη των παράκτιων περιοχών και των θαλάσσιων που βρίσκονται κοντά στις ακτές του νόμου Αττικής .
7	Εκτέλεση της πλήρως καθορισμένης εργασίας (project) από το EDX και εξαγωγή αποτελεσμάτων τόσο για πρόβλεψη ραδιοκαλυψης κάθε μιας κεραίας χωριστά όσο και του συνόλου των κεραιών .

### **5.2.1. ΒΗΜΑ 1<sup>ο</sup> : ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΕΡΑΙΩΝ ΣΤΟ ΧΑΡΤΗ .**

Οι κεραιές τοποθετήθηκαν στο ψηφιακό χάρτη με βάση δεδομένα τα οποία μας δόθηκαν από τον ΟΤΕ (Οργανισμός Τηλεπικοινωνιών Ελλάδος) . Έτσι , για τη πληρότητα της περιγραφής παραθέτουμε σε πίνακα τα δεδομένα αυτά τα οποία περιγράφουν τη θέση της κάθε κεραίας - μέσω συντεταγμένων - και το ύψος στο οποίο βρίσκεται πάνω από το έδαφος καθώς και συνολικό ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας . Στις κεραιές έχουν δοθεί κωδικές ονομασίες ανάλογα με την περιοχή στην οποία τοποθετήθηκαν .

A/A	ΚΩΔΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΓΕΩΓΡ. ΜΗΚΟΣ	ΓΕΩΓΡ.ΠΛΑΤΟΣ	ΥΨΟΣ-1 (από έδαφος)	ΥΨΟΣ-2 (από επιφ.θαλ.)
1	AIA-B1A	23 56 14	37 56 14	20	80
2	AIA-B1B	23 56 14	37 56 14	20	80
3	AIA-B17A	23 56 40	37 56 10	20	80
4	AIA-B17B	23 56 40	37 56 10	20	80
5	AIAN TIO COSMOTE	X 23 25 56	37 55 04	30	350
6	ANABYSSOS	23 56 35	37 43 20	18	2

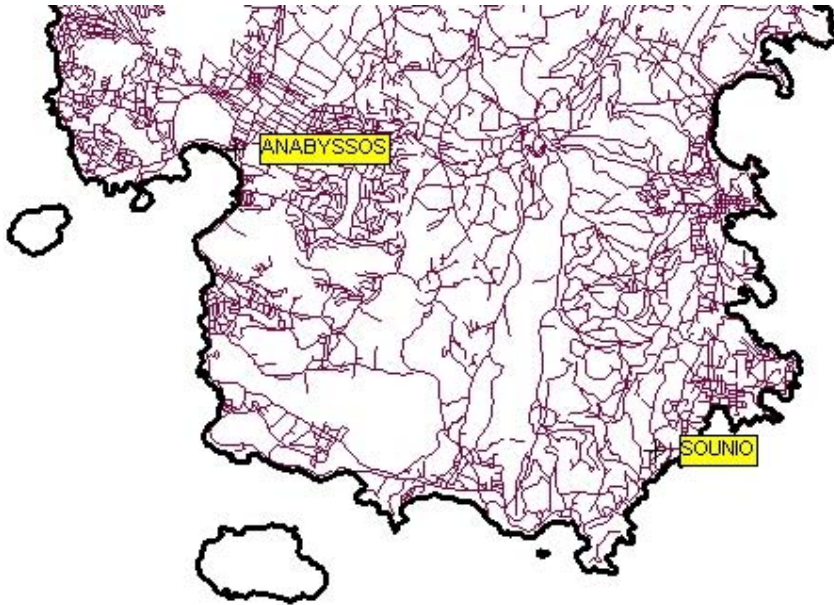
**ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΚΑΛΥΨΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ**

7	ΑΠΟΘΗΚΕΣ ΠΑΡΝΗΘΑΣ	23 44 15	38 06 53	35	279
8	ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ Τ/Κ	23 35 13	38 03 00	42	73
9	ΔΑΣΟΣ	23 38 50	38 00 53	40	153
10	ΔΙΟΝΥΣΟΣ Τ/Κ	23 52 43	38 06 29	22	460
11	ΔΜΟΤΕ	23 48 24	38 02 47	65	213
12	ΓΕΡΑΝΕΙΑ Α/Τ	23 07 44	38 01 03	30	1348
13	ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ	23 44 53	37 55 31	20	133
14	ΚΑΛΥΒΙΑ	23 55 37	37 50 16	28	130
15	ΚΑΡΑΟΛΗ & ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ	23 38 48	37 56 45	70	38
16	ΚΕΑ Α/Τ	24 21 18	37 37 08	35	550
17	ΚΕΡΑΤΕΑ	23 58 30	37 48 11	20	210
18	ΚΡΥΟΝΕΡΙ	23 49 49	38 08 03	18	362
19	ΚΑΤΩ ΣΟΥΛΙ	24 01 17	38 10 12	35	19
20	ΛΑΓΟΝΗΣΙ Τ/Κ	23 52 51	37 47 17	20	2
21	ΛΙΜΝΗ ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ	24 00 09	37 53 42	18	41
22	ΜΑΡΑΘΩΝΑΣ Τ/Κ Β	23 57 51	38 09 19	15	69
23	ΝΕΑ ΜΑΚΡΗ	23 58 38	38 05 08	22	15
24	ΝΥΜΑ Τ/Κ	23 43 48	37 59 26	70	89
25	ΠΑΡΝΗΘΑ Α/Τ	23 43 40	38 10 12	12	1330
26	ΠΕΝΤΕΛΗ Α/Τ	23 52 52	38 04 44	35	1100
27	ΠΕΝΤΕΛΗ	23 50 07	38 02 49	20	290
28	ΠΕΡΑΜΑ	23 34 24	37 58 06	15	210
29	ΠΙΚΕΡΜΙ	23 57 24	37 59 57	34	200
30	ΣΟΥΝΙΟ	24 02 38	37 39 55	16	55.7
31	ΤΕΡΨΙΘΕΑ Τ/Κ	23 45 21	37 53 28	15	84
32	ΒΑΡΗ	23 47 48	37 50 05	13	107
33	ΥΜΗΤΤΟΣ Α/Τ	23 49 04	37 58 19	20	610

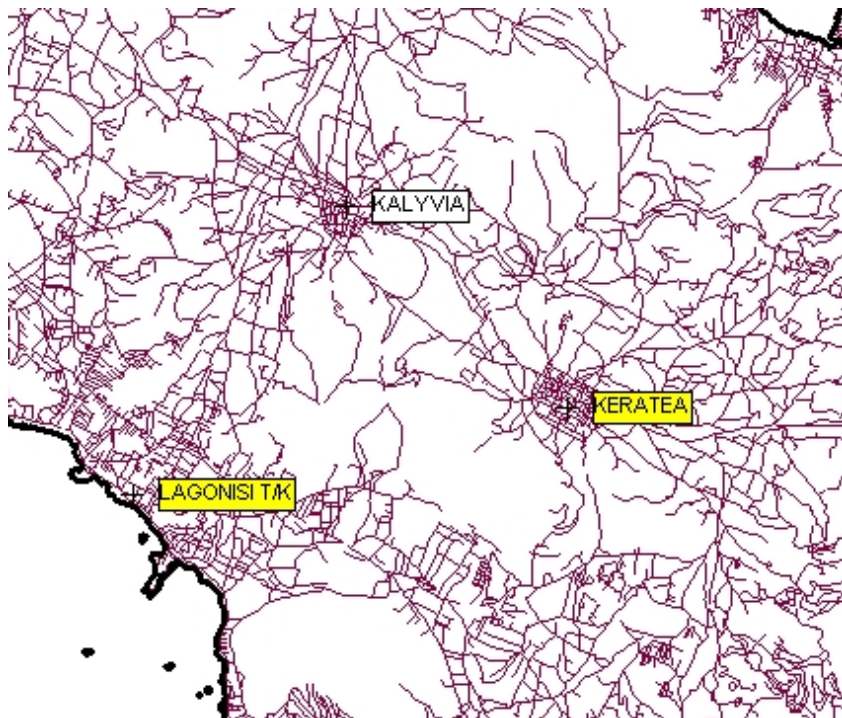


*Πίνακας . Κεραίες δικτύου TETRA στο νομό Αττικής με γεωγραφικές συντεταγμένες και ύψος στο οποίο βρίσκονται τόσο από το έδαφος της συγκεκριμένης περιοχής όσο και από επιφάνεια θάλασσας .*

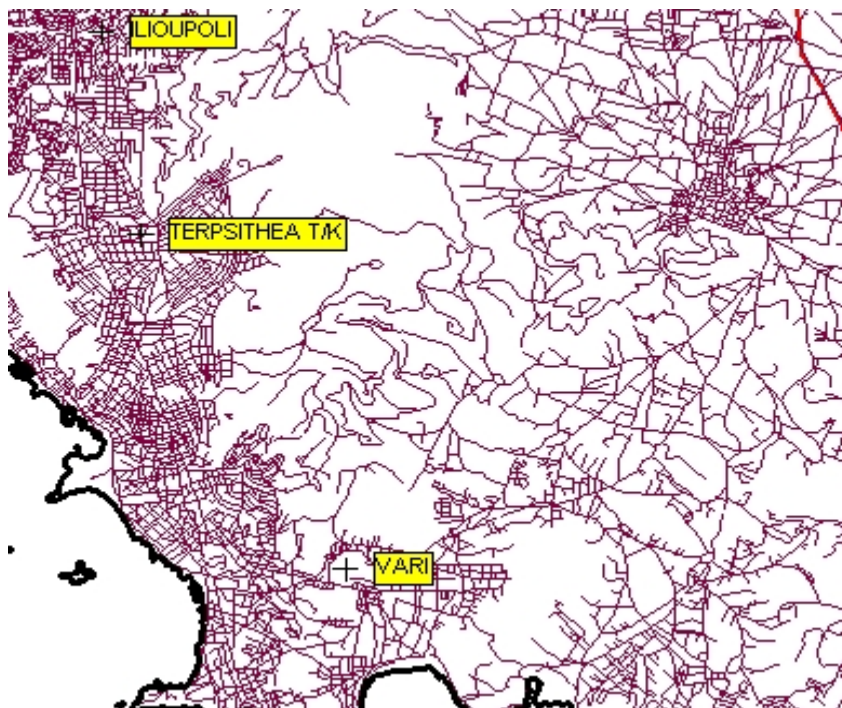
Παραθέτουμε κάποια σχήματα όπου φαίνονται οι κεραίες του δικτύου στο πολιτικό χάρτη του νομού Αττικής .



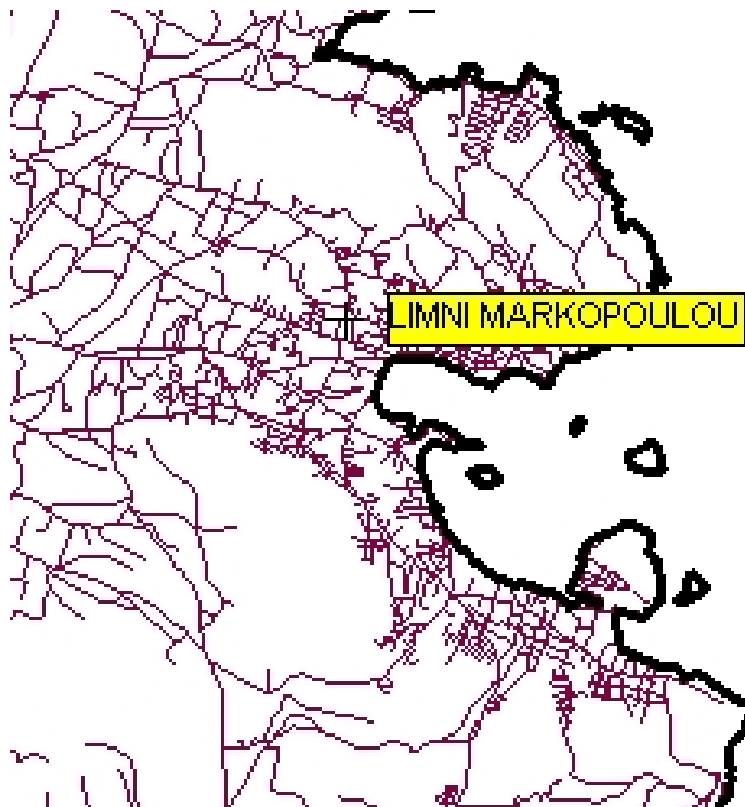
*Σχήμα 5.2.1.1. : κεραίες Αναβύσσου και Σουνίου .*



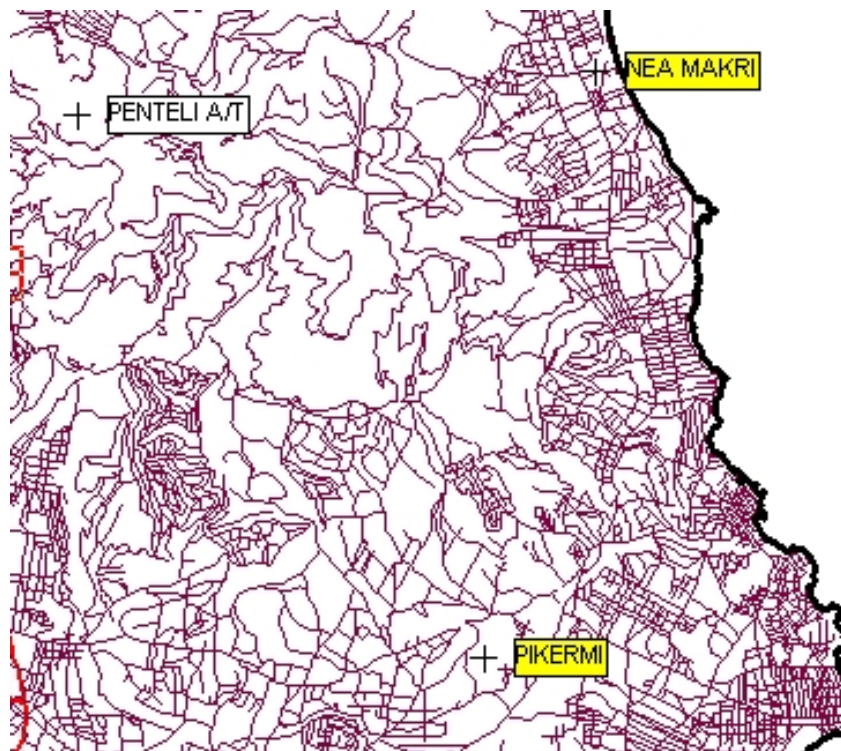
*Σχήμα 5.2.1.2. : κεραιές Λαγονησίου , Κερατέας και Καλυβιών .*



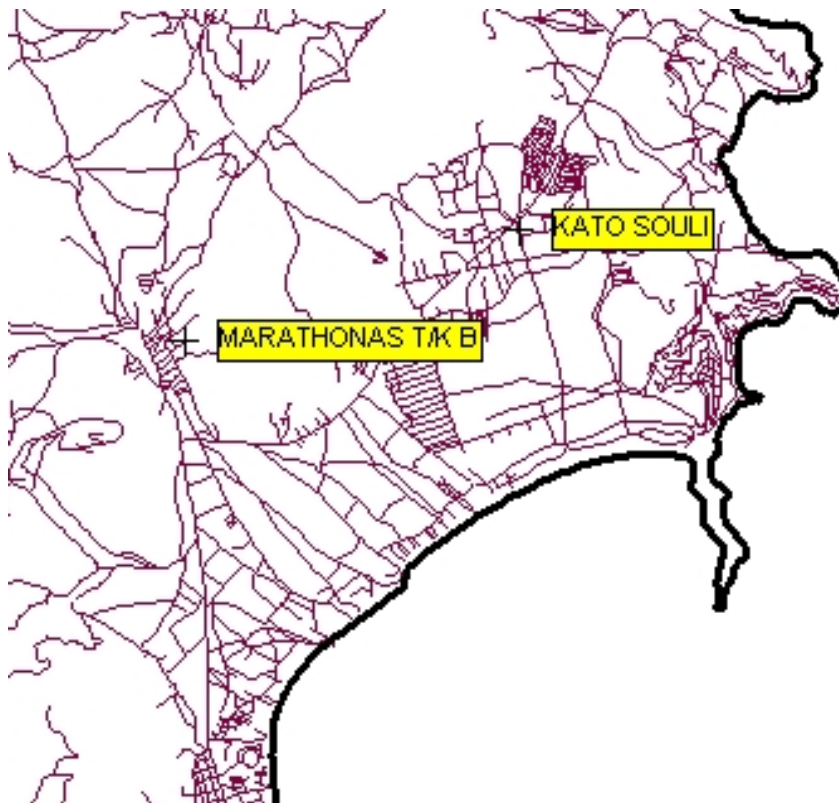
*Σχήμα 5.2.1.3. : κεραιές Ηλιούπολης , Τερψιθέας και Βάρης .*



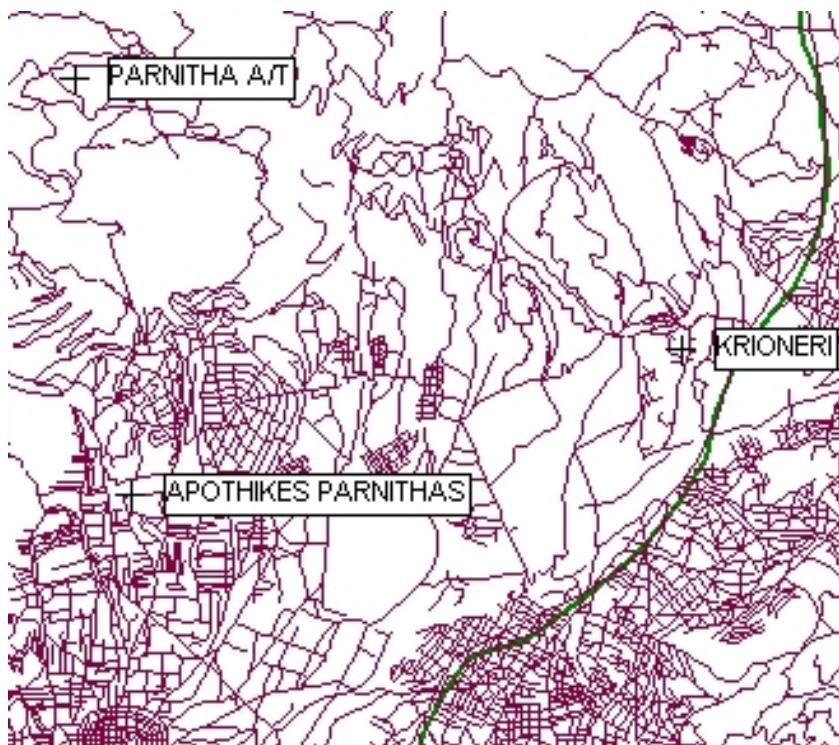
Σχήμα 5.2.1.4. : κεραία λίμνης Μαρκόπουλου .



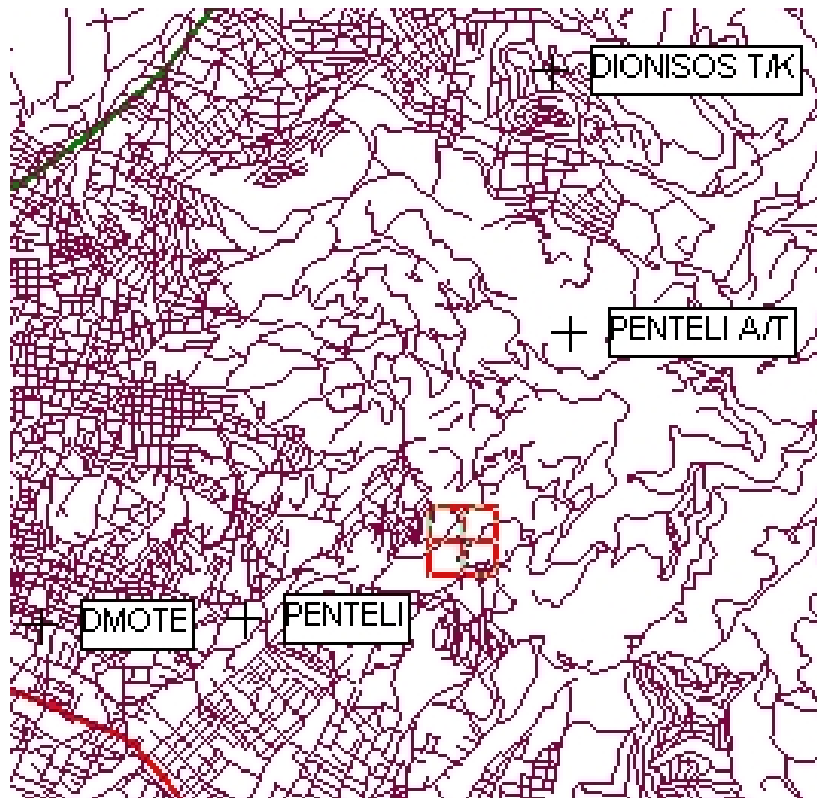
Σχήμα 5.2.1.5.: κεραίες Πικερμίου , Νέας Μάκρης και Πεντέλης .



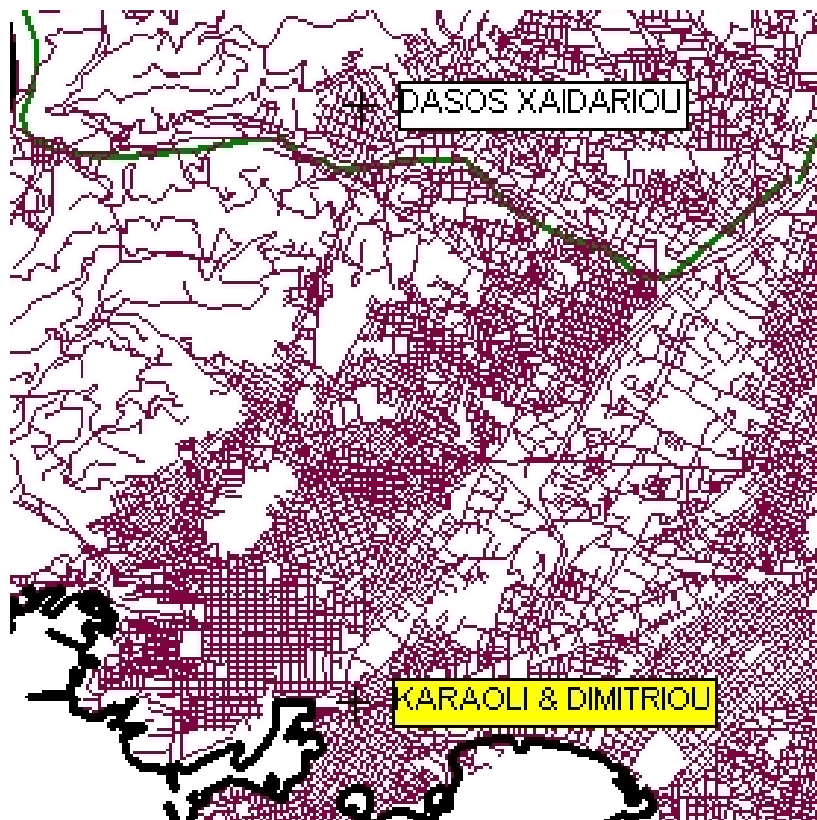
Σχήμα 5.2.1.6. : κεραιές Μαραθώνα και Κάτω Σουλίου .



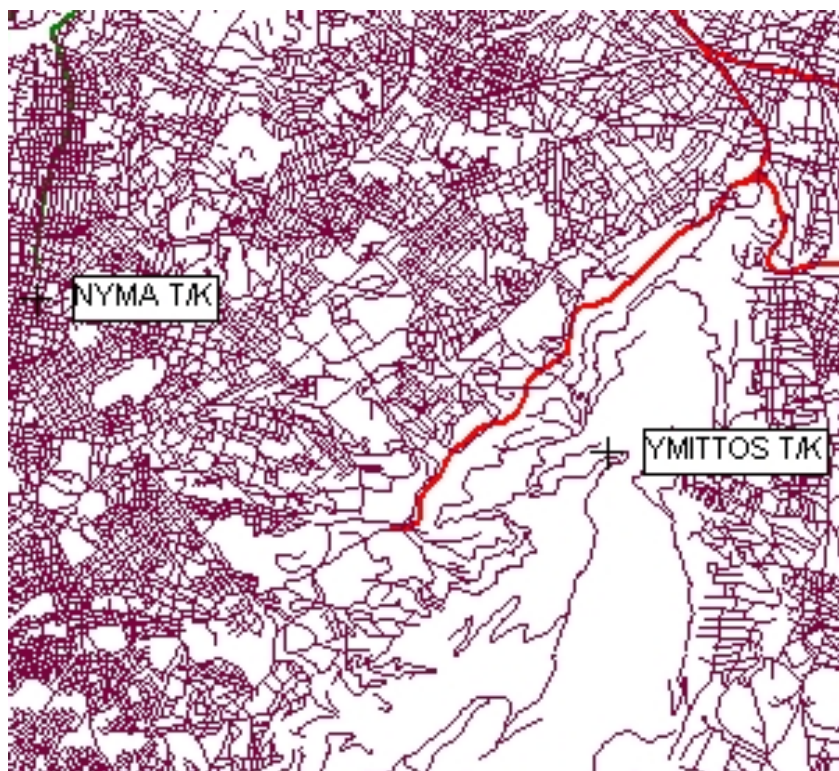
Σχήμα 5.2.1.7. : κεραιές Πάρνηθας , αποθηκών Πάρνηθας και Κρνονερίου .



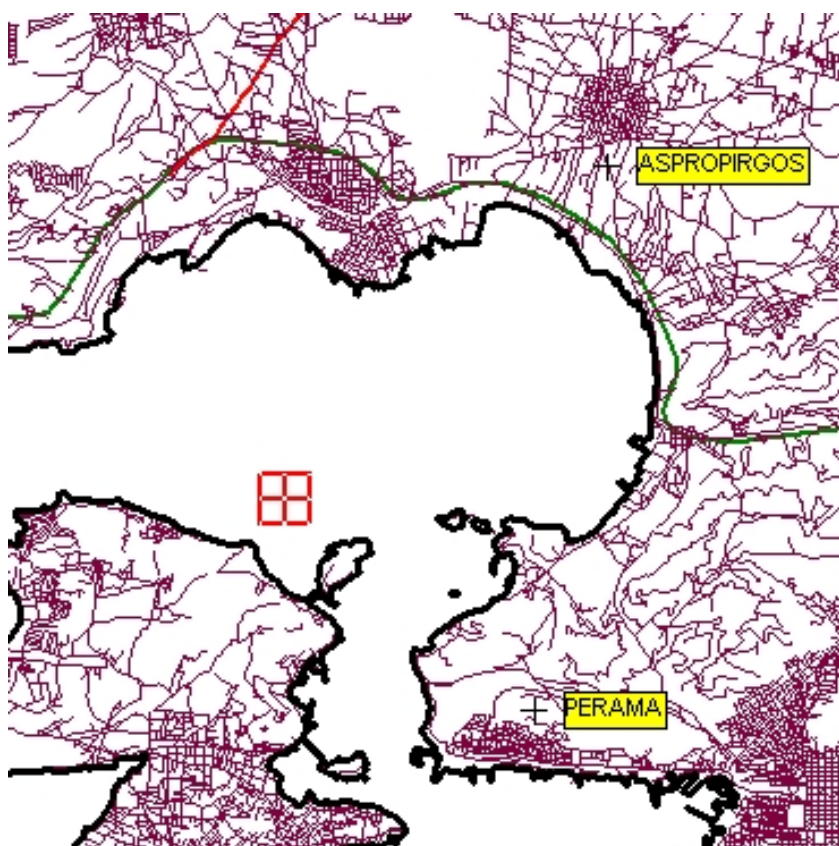
Σχήμα 5.2.1.8. : κεραιές Διονύσου , Πεντέλης , Dmote και Πεντέλης A/T .



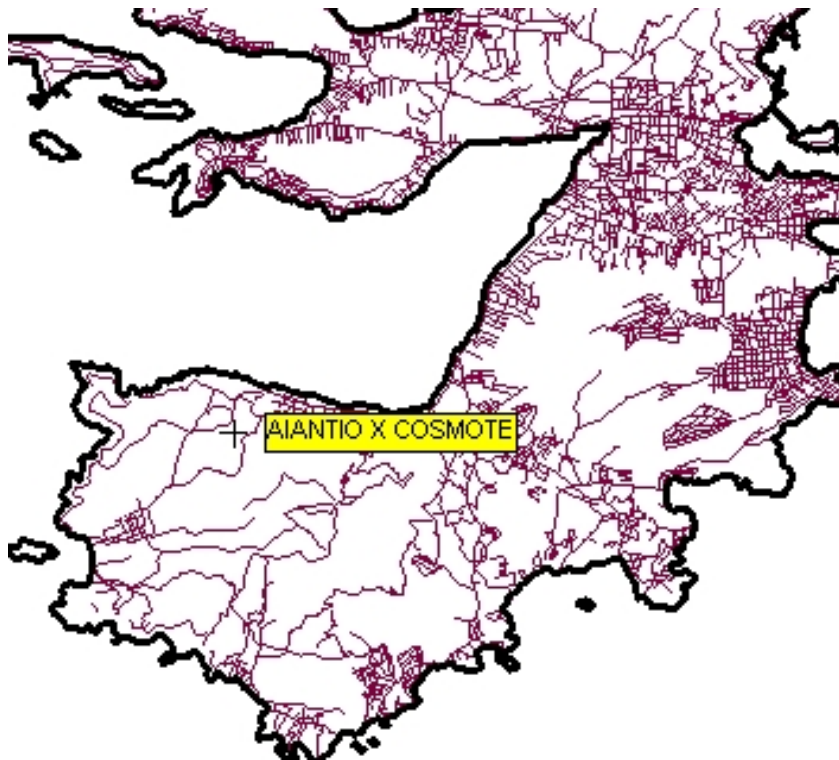
Σχήμα 5.2.1.9. : κεραιές Καραόλη & Δημητρίου και δάσους Χαϊδαρίου .



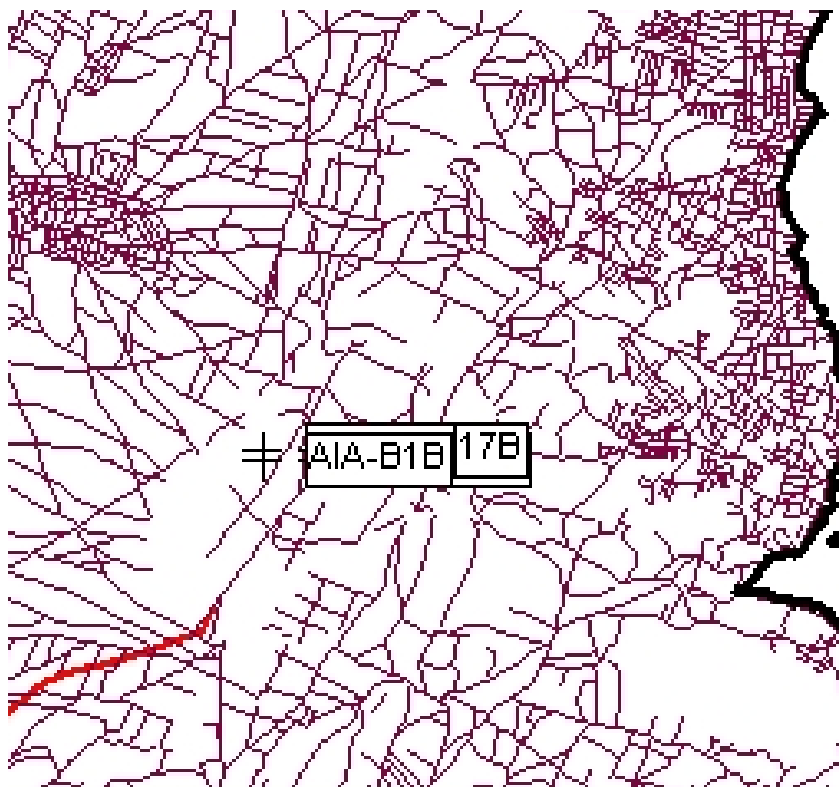
Σχήμα 5.2.1.10. : κεραίες Νύματος και Υμηττού .



Σχήμα 5.2.1.11. : κεραίες Περάματος και Ασπροπύργου .



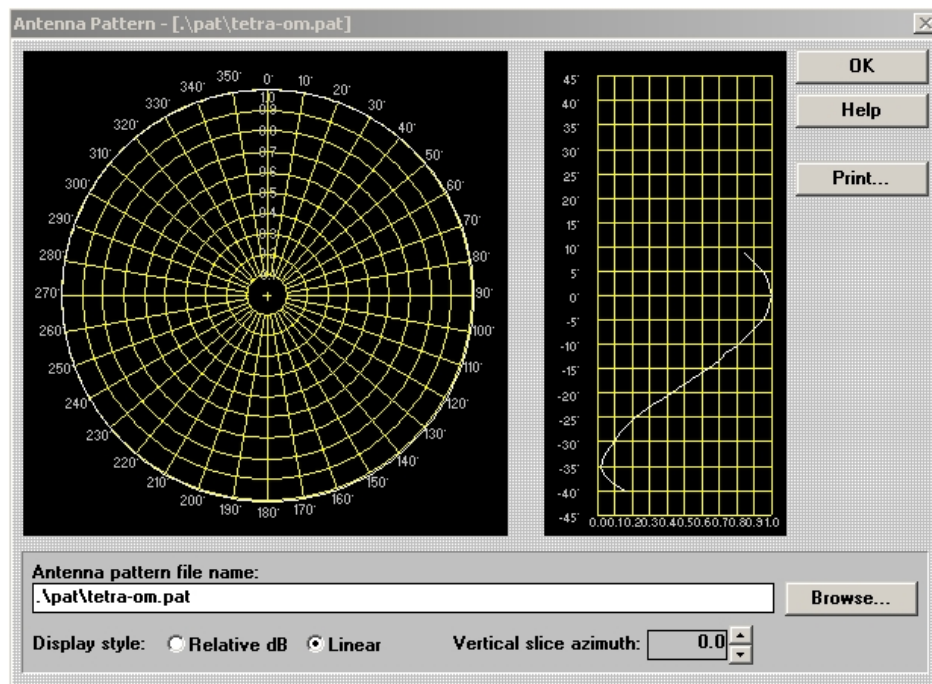
Σχήμα 5.2.1.12. : κεραία Αιαντίου Χ COSMOTE στη Σαλαμίνα .



Σχήμα 5.2.1.13. : κεραίες ΑΙΑ-Β1Α , ΑΙΑ-Β1Β , ΑΙΑ-Β17Α και ΑΙΑ-Β17Β .

### 5.2.2. ΒΗΜΑ 2<sup>ο</sup> : ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ ΤΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΒΑΣΗΣ .

Μετά τη τοποθέτηση των κεραιών στο ψηφιακό χάρτη με βάση τα δεδομένα του τελευταίου πίνακα , προχωρήσαμε στην εισαγωγή των απαραίτητων δεδομένων για τη πλήρη περιγραφή της κεραίας κάθε σταθμού βάσης . Ο τύπος της κεραίας τον οποίο καταλήξαμε να επιλέξουμε από τη βάση δεδομένων του EDX και για τον οποίο θεωρήσαμε ότι είναι ο πλέον κατάλληλος για τη περίπτωση μας είναι αυτός μιας ομοιοκατευθυντικής κεραίας του οποίου το διάγραμμα ακτινοβολίας φαίνεται στο παρακάτω σχήμα :

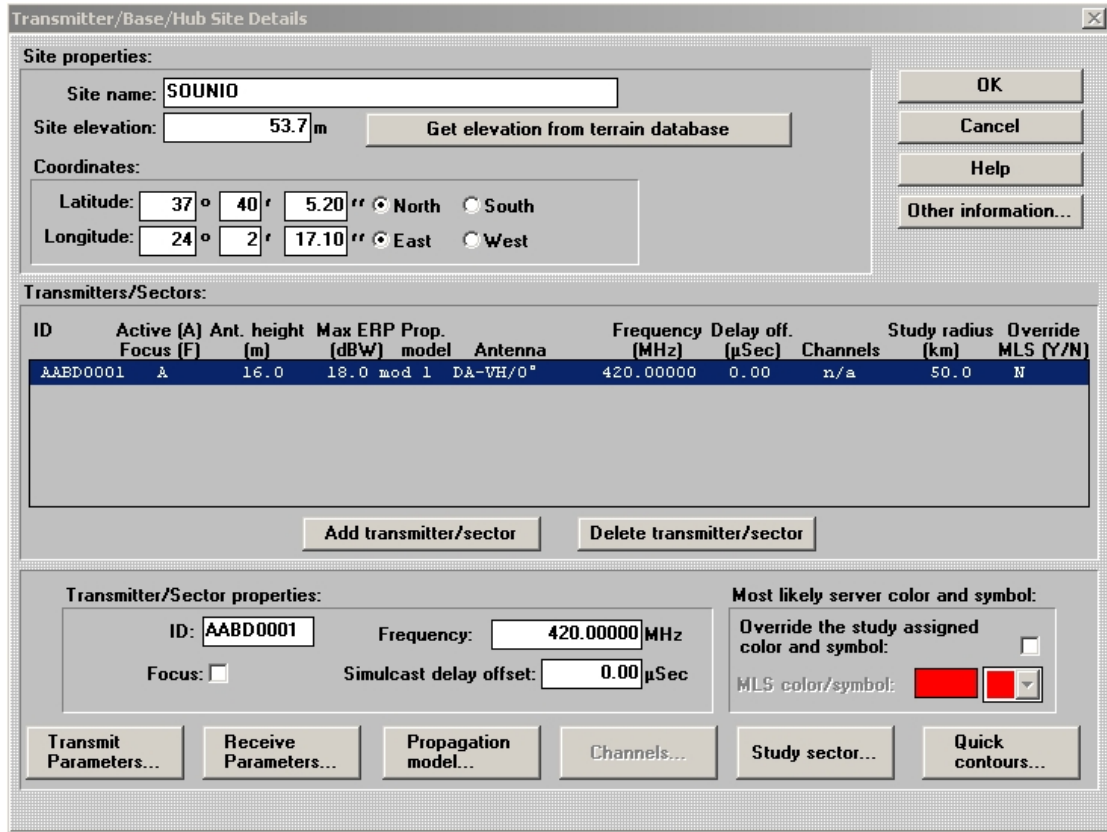


*Σχήμα 5.2.2.1. : διάγραμμα ακτινοβολίας της επιλεγθείσας κεραίας .*

Στο EDX τα δεδομένα για τα τεχνικά χαρακτηριστικά της κεραίας εισάγονται σε δυο διαφορετικά παράθυρα του προγράμματος . Πιο αναλυτικά και μετά τη τοποθέτηση κάθε κεραίας του δικτύου στο ψηφιακό χάρτη υπάρχει η δυνατότητα ο χρήστης να ορίσει τη συχνότητα λειτουργίας της κεραίας του σταθμού βάσης . Αυτό φαίνεται στο παρακάτω σχήμα , το οποίο αποτελεί το παράθυρο όπου εισάγονται τα δεδομένα για τη κεραία του Σουνίου , θέσαμε τη συχνότητα λειτουργίας αυτής αλλά και των



υπόλοιπων κεραιών ίση με 420 MHz . Οι υπόλοιπες επιλογές που έχει ο χρήστης στο παράθυρο αυτό δεν αφορούσαν τη περίπτωση της δικής μας μελέτης και για αυτό δε μεταβλήθηκαν .



**Σχήμα 5.2.2.2.** : παράθυρο εισαγωγής τεχνικών χαρακτηριστικών της κεραιάς του Σουνίου.

Κατόπιν προχωρήσαμε στο παράθυρο στο οποίο το EDX δέχεται δεδομένα τα οποία περιγράφουν τα τηλεπικοινωνιακά χαρακτηριστικά της κεραιάς . Έτσι στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται το παράθυρο αυτό καθώς και τα δεδομένα τα οποία θέσαμε .

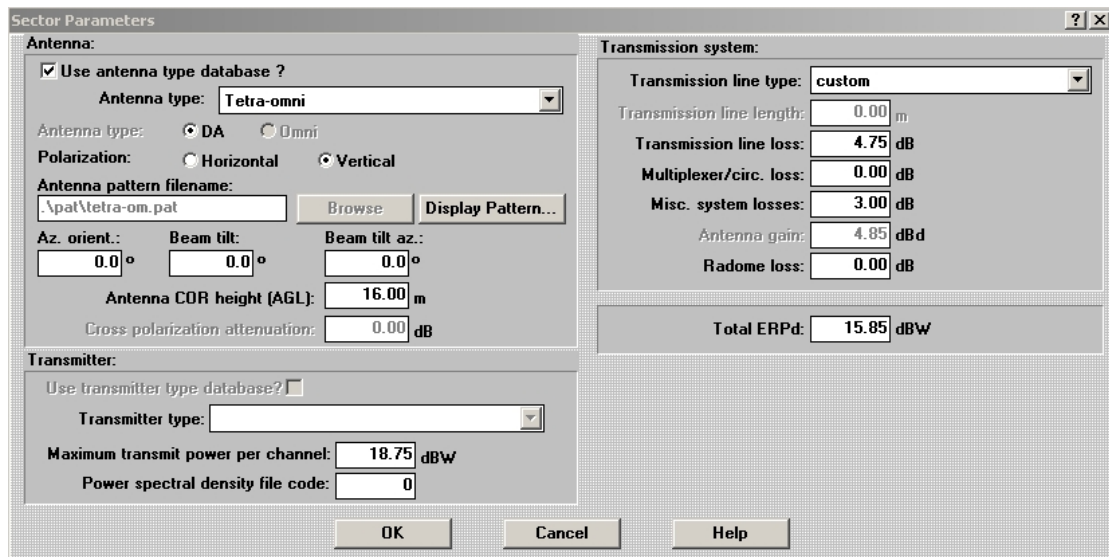
Εύκολα διακρίνεται ότι ο τύπος της κεραιάς που επιλέξαμε από τη βάση δεδομένων του EDX είναι όντως ομοιοκατευθυντική με κατακόρυφη πόλωση ενώ σύμφωνα με δεδομένα τα οποία μας δόθηκαν θέσαμε και τα εξής :

- Ισχύς εκπομπής : 18.75dBW
- Απώλειες λόγω της γραμμής μεταφοράς : 4.75 dB
- Διάφορες απώλειες του συστήματος μέχρι τη κεραιά εκπομπής : 3 dB

Θέτοντας αυτά στο EDX το τελευταίο αυτόματα υπολογίζει την ισοδύναμη ισχύ ακτινοβολίας την οποία βρίσκει ίση με :

- ERPd = 15.85 dBW

Ακολουθεί το σχήμα στο οποίο φαίνεται το προαναφερθέν παράθυρο του EDX .



*Σχήμα 5.2.2.3. : παράθυρο του EDX όπου εισάγονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά της κεραίας .*

Κλείνοντας τη περιγραφή του βήματος αυτού , αξίζει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με όσα γνωρίζουμε όλες οι κεραίες του δικτύου που τοποθετήθηκαν έχουν τα ίδια τηλεπικοινωνιακά χαρακτηριστικά και επομένως θέσαμε στο EDX τα παραπάνω δεδομένα για το σύνολο των κεραιών .

### 5.2.3. ΒΗΜΑ 3<sup>ο</sup> : ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΟΥ ΔΕΚΤΗ .

Το βήμα αυτό στη δική μας μελέτη δε χρειάζονταν να ακολουθηθεί αλλά για τη πληρότητα της περιγραφής της μεθόδου προετοιμασίας μιας εργασίας (project) στο EDX αναφερόμαστε και σε αυτό . Ο λόγος για τον οποίο δε μας είναι χρήσιμο το συγκεκριμένο βήμα είναι γιατί εμάς μας ενδιαφέρει η ισχύς σήματος η οποία υπάρχει σε ένα συγκεκριμένο σημείο του χάρτη και επομένως τα όποια χαρακτηριστικά του κινητού πομποδέκτη μας είναι αδιάφορα . Αντίθετα , αν για παράδειγμα μας ενδιαφέρει να κάνουμε μια μελέτη για τη πρόβλεψη ποιων περιοχών του χάρτη ο λόγος χρήσιμου σήματος προς θόρυβο υπερβαίνει μια τιμή , τότε οι ρυθμίσεις του συγκεκριμένου παραθύρου θα ήταν απαραίτητες . Παρακάτω ακολουθεί ένα σχήμα όπου φαίνεται το παράθυρο του υπολογιστικού προγράμματος όπου ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει τα χαρακτηριστικά του κινητου πομποδεκτη .

Το παραθυρο ασχολείται με παραμετρους ληψης του δέκτη όπως είναι το είδος της κεραίας με το οποίο είναι εξοπλισμένο το κινητό τερματικό , ο απαραίτητος λόγος χρήσιμου σήματος προς θόρυβο και παρεμβολές , οι διάφορες απώλειες δέκτη και άλλα .

**Sector Receive Parameters**

**Antenna:**

Use antenna type database ?

Antenna type: TNS IFU antenna 1

Antenna type:  DA  Omni  Adaptive

Polarization:  Horizontal  Vertical

Antenna pattern filename:  Browse Display Pattern...

Az. orient.: 0.0° Beam tilt: 0.0° Beam tilt az.: 0.0°

Antenna COR height (AGL): 30.00 m

Cross polarization rejection: 0.0 dB

Diversity receive antenna?

Effective diversity gain: 2.85 dB

Set receive antenna and transmission system to be the same as the transmit antenna and transmission systems.

Set receive antenna and transmission systems same as TX.

**Receiver:**

Use Receiver Type Database:

Receiver Type: receiver type 1

Required service C/(I+N) ratio: 16.0 dB

Receiver noise level: -122.2 dBmW

Receiver noise figure: 6.0 dB

Equivalent receiver noise bandwidth: 0.0500 MHz

Receiver filter file code: 0

Adjacent channel rejection: 0.00 dB

**Transmission System:**

Transmission line type: custom

Transmission line length: 0.00 m

Transmission line loss: 0.00 dB

Multiplexer/circ. loss: 0.00 dB

Misc. system losses: 0.00 dB

Antenna gain: 7.85 dBd

Radome loss: 0.00 dB

OK Cancel Help

Σχήμα 5.2.3.1. : παραθυρο καθορισμού των παραμέτρων λήψης του δέκτη .

Υπάρχουν και κάποιες άλλες ρυθμίσεις οι οποίες μπορούν να γίνουν για τον κινητό πομποδέκτη , όπως για παράδειγμα σε ποιο ύψος βρίσκεται , αλλά δεν είναι συγκεντρωμένες σε κάποιο παραθυρο και για αυτό δε παραθέτουμε άλλο σχήμα .

#### **5.2.4. ΒΗΜΑ 4<sup>ο</sup> : ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ .**

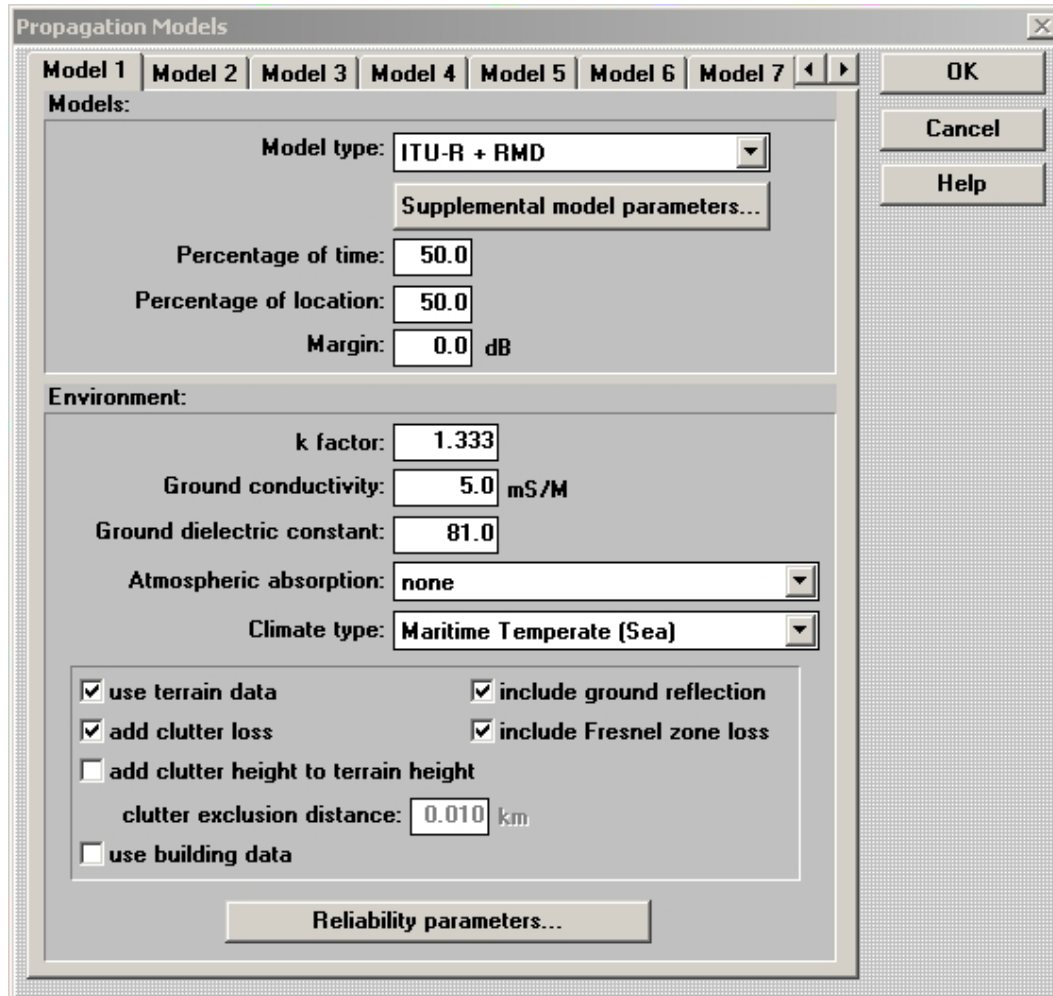
Το EDX κάνει τη πρόβλεψη ραδιοκάλυψης του δικτύου με βάση την υπόθεση ότι η διάδοση των σημάτων ακολουθεί κάποιο συγκεκριμένο μοντέλο ραδιοκάλυψης (propagation model) . Η επιλογή του κατάλληλου μοντέλου αφήνεται στο χρήστη ο οποίος με βάση τις γνώσεις του πρέπει να κρίνει ποιο είναι αυτό (από αυτά τα οποία υποστηρίζει το EDX) , καθώς και ο σωστός καθορισμός των παραμέτρων του .

Για τη ραδιοκάλυψη πάνω από θάλασσα όσο και πάνω από γη και θάλασσα (land-sea path) , σύμφωνα με την ανάλυση που προηγήθηκε στο Κεφάλαιο 3, το καταλληλότερο μοντέλο είναι αυτό της ITU σύμφωνα με τις συστάσεις που προβλέπονται στο άρθρο 530 (recommendation P. 530-7) . Όμως , αξίζει να διευκρινισθεί ότι σύμφωνα με πρόσφατη δημοσίευση της ITU (Ιούνιος 2002) , η δημοσίευση P. 370 , πάνω στην οποία βασίστηκε το συγκεκριμένο μοντέλο , δεν ήταν απόλυτα ικανοποιητική στα αποτελέσματα της και έπρεπε να διορθωθεί από μια νέα , την σύσταση P. 1546 . Μεγαλύτερη ανάλυση του θέματος αυτού υπάρχει στο προαναφερθέν κεφάλαιο .

Το πρόβλημα που δημιουργήθηκε είναι ότι το EDX εύλογα δεν συμπεριλάμβανε αυτές τις πρόσφατες εξελίξεις στο λογισμικό του , με αποτέλεσμα την υποχρεωτική επιλογή του μοντέλου της ITU σύμφωνα με τη σύσταση P. 370 και όχι τη φετινή P. 1546 . Αυτό προκαλεί μια μικρή απόκλιση από τα σωστά αποτελέσματα (που παρουσιάζεται κυρίως σε αποστάσεις διάδοσης από 10 έως 50 χιλιομέτρων) , η οποία είναι αναπόφευκτη με το συγκεκριμένο λογισμικό πακέτο αλλά και οποιοδήποτε άλλο σύγχρονο του .

Μετά από αυτές τις απαραίτητες διευκρινήσεις μπορούμε να προχωρήσουμε στη παρουσίαση του καθορισμού του μοντέλου ραδιοκάλυψης στο EDX και των επιμέρους παραμέτρων του .

Το EDX σε ειδικό παραθυρο , με ομώνυμο τίτλο , δέχεται ρυθμίσεις για το μοντέλο ραδιοκάλυψης , το οποίο απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα :



*Σχήμα 5.2.4.1. : παράθυρο καθορισμού του μοντέλου ραδιοκαλυψής .*

Όπως φαίνεται και στο σχήμα , η μελέτη θα γίνει με βάση χρονική διακύμανση του διαδιδόμενου σήματος ίση με 50% και χωρική διακύμανση σήματος ίση με 50% . Η αγωγιμότητα του εδάφους (προφανώς της θάλασσας) τέθηκε ίση με 5 (mSiemens/m) και η διηλεκτρική σταθερά της ίση με 81 , βάσει μετρήσεων που έχουν γίνει . Ακόμη, επιλέχθηκε κλίμα θαλάσσιο , ενώ ζητήσαμε από το EDX να συμπεριλάβει στη μελέτη του τις απώλειες από τη 1<sup>η</sup> ζώνη Fresnel καθώς και τις ανακλάσεις λόγω εδάφους .

Τέλος , σε ένα δεύτερο παράθυρο του EDX , όπου ρυθμίζονται κάποιοι παράμετροι σχετικοί με την αξιοπιστία της ραδιοζεύξης , εμείς επιλέξαμε το set ρυθμίσεων όπως αυτό καθορίζεται με βάση τη σύσταση P. 370 της ITU , γεγονός που φαίνεται στο επόμενο παράθυρο :

**Link Reliability Analysis**

**Multipath Analysis**

Fade outage analysis method: ITU-R 530-7  
 Vigants-Barnett C factor:

ITU-R 530-7

Path region: Coastal over/near large body of water

% time refractivity gradient: 10.0000 % (from maps in manual)

Antenna height coefficient Co: 0.00 dB

Fraction of path over/near water: 0.0100

Other exterior interference: -100.00 dBmW

Dispersive fade margin (BER = 0.001): 50.00 dB (from equipment specs)

Fade Occurence factor: 0.00

**Rain Fade Analysis**

Rain outage analysis method: Crane

Rain rate table data: Crane data

Rain region: A

Rain rate 0.01% time (mm/hr): 1.00

Use correlated rain fade analysis?

**Alternate lognormal fading distribution**

Use alternate distribution?

Set standard deviation from land use (clutter) data

Set standard deviation by path length

Fixed standard deviation of distribution: 1.00 dB

OK Cancel Help

Σχήμα 5.2.4.2. : παράθυρο καθορισμού των παραμέτρων της ραδιοζεύξης .

**5.2.5. ΒΗΜΑ 5<sup>ο</sup> : ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ LINK BUDGET ΣΤΟ EDX .**

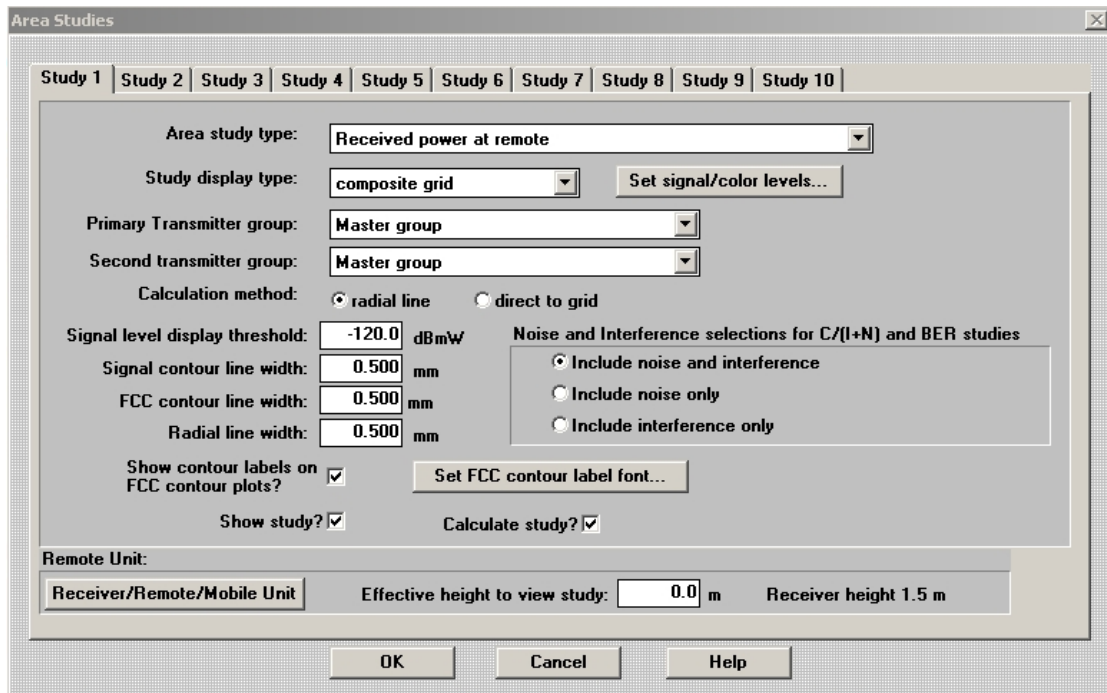
Έχοντας υπολογίσει θεωρητικά το **link budget** σε προηγούμενο κεφάλαιο μπορούμε πλέον να αξιοποιήσουμε τα αποτελέσματα που είχαμε βγάλει , εισάγοντας τα ως δεδομένα τώρα στο EDX .

Υπενθυμίζουμε ότι είχαμε υπολογίσει ότι η ελάχιστη ισχύς χρήσιμου σήματος στο δέκτη πρέπει να είναι  $-96.83\text{dBmW}$  για δυναμικές συνθήκες (κινούμενος δέκτης) και  $-105.8\text{dBmW}$  για στατικές συνθήκες (ακίνητος δέκτης) . Δηλαδή :

Συνθήκες Λήψης	Ελάχιστη ισχύς χρήσιμου σήματος
Δυναμικές	$-96.83\text{dBmW}$
Στατικές	$-105.8\text{dBmW}$

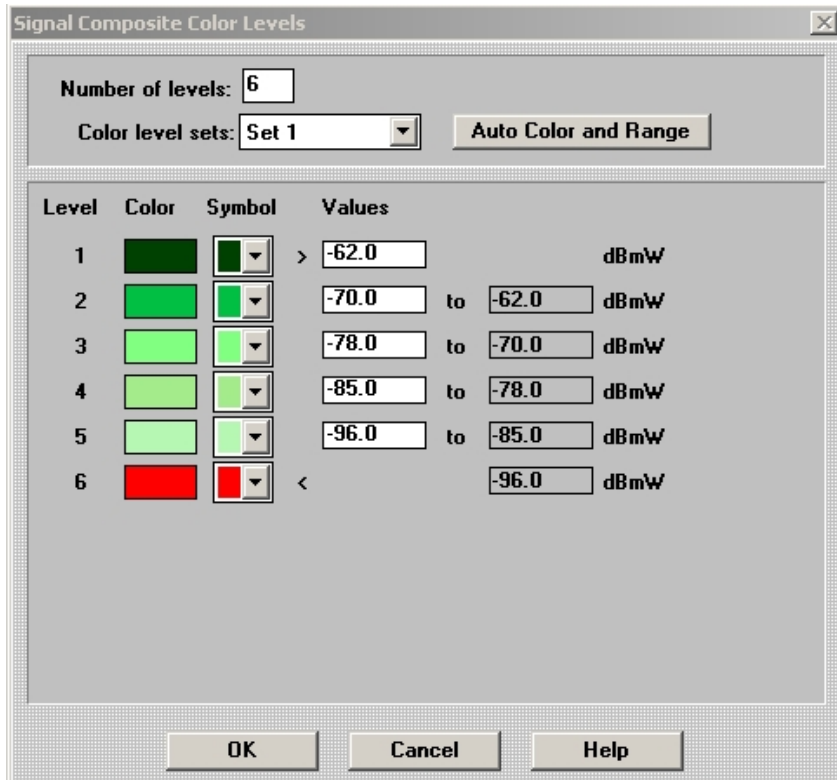
Επιστρέφουμε στο EDX και προχωράμε σε μια από τις τελευταίες φάσεις των ρυθμίσεων . Καθορίζουμε ότι η μελέτη μας για τη πρόβλεψη της καλυπτόμενης περιοχής θέλουμε να βασίζεται στην ισχύ σήματος στο τυχαίο σημείο του χάρτη . Στο επόμενο σχήμα φαίνεται το παραθυρο του EDX για τη μελέτη πρόβλεψης ραδιοκάλυψης σε περιοχή καθώς και οι ρυθμίσεις που κάναμε . Οι σημαντικότερες ρυθμίσεις που γίνονται στο παράθυρο αυτό είναι ο καθορισμός του τύπου της μελέτης που θέλει ο χρήστης να γίνει , ο καθορισμός ενός κατωφλίου κάτω από το οποίο ο χρήστης δηλώνει ότι τα αποτελέσματα δεν τον ενδιαφέρουν - μειώνοντας το χρόνο επεξεργασίας της μελέτης - και τέλος η επιλογή χρωματικών συνδυασμών για τη παρουσίαση αποτελεσμάτων . Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται το προαναφερθέν παράθυρο και οι ρυθμίσεις που έγιναν .



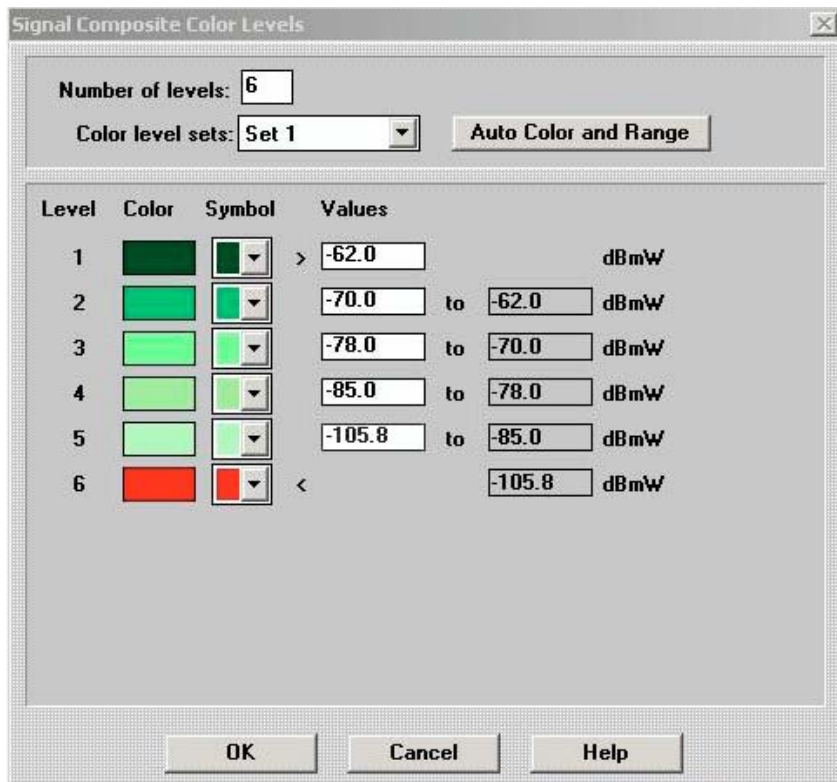


*Σχήμα 5.2.5.1. : παράθυρο ρυθμίσεων του EDX για μελέτη πρόβλεψης κάλυψης σε περιοχή .*

Ο καθορισμός ενός σωστού συνδυασμού χρωμάτων αποτελεί μια ρύθμιση-κλειδί για τη παρουσίαση των αποτελεσμάτων στη περίπτωση μας . Γνωρίζοντας την ελάχιστη ισχύ χρήσιμου σήματος στο δέκτη (ανάλογα με το είδος των συνθηκών λήψης) καθορίσαμε στο EDX να μας παρουσιάσει τις περιοχές όπου το σήμα υπερβαίνει το κατώφλι του link budget (και επομένως υπάρχει κάλυψη στην εν λόγω περιοχή) με διάφορες αποχρώσεις του πράσινου χρώματος , ενώ για περιοχές όπου η ισχύς του σήματος έχει τιμή μικρότερη από την ελάχιστη επιτρεπτή (κατώφλι) η απεικόνιση να γίνεται με κόκκινο χρώμα . Στα παρακάτω σχήματα φαίνονται οι χρωματικοί συνδυασμοί που καθορίστηκαν καθώς και τα όρια της κάθε χρωματικής περιοχής , τόσο για δυναμικές όσο και για στατικές συνθήκες λήψης . Η διαβάθμιση των αποχρώσεων του πράσινου για τις περιοχές όπου έχουμε κάλυψη είναι κλιμακωτή ακολουθώντας τη λογική ότι καλύτερο σήμα συνεπάγεται και πιο σκούρα απόχρωση του πράσινου .



*Σχήμα 5.2.5.2. : χρωματικός συνδυασμός για τη μελέτη υπό δυναμικές συνθήκες λήψης.*



*Σχήμα 5.2.5.3. : χρωματικός συνδυασμός για τη μελέτη υπό στατικές συνθήκες λήψης .*

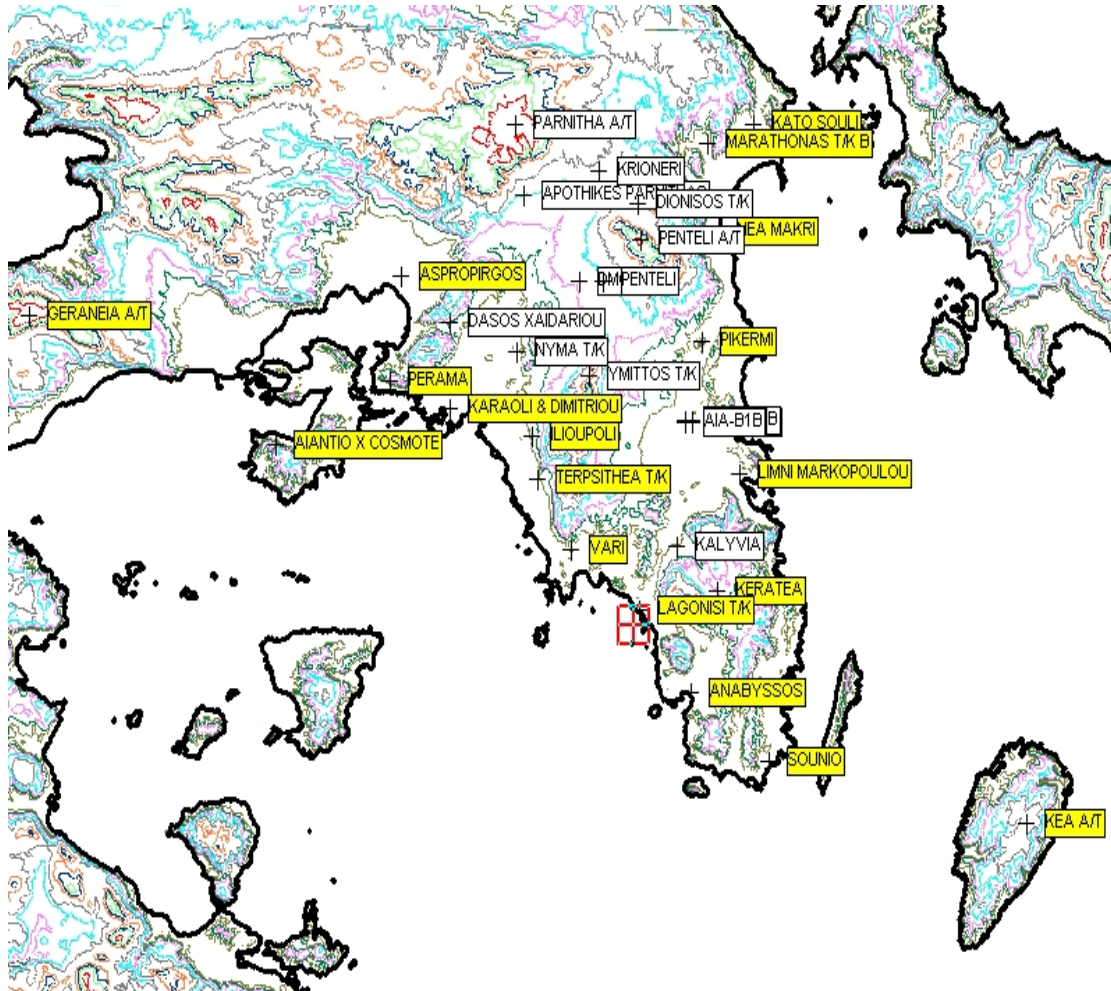
## **5.2.6. ΒΗΜΑ 6<sup>ο</sup> : ΕΠΙΛΟΓΗ ΟΜΑΔΑΣ ΚΕΡΑΙΩΝ ΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗ ΣΤΙΣ ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ .**

Πρόκειται για το τελευταίο βήμα πριν την εκτέλεση της εργασίας (project) από το EDX και σκοπός του είναι η μείωση του χρόνου επεξεργασίας και επομένως της εκπόνησης της με ταυτόχρονη διασφάλιση του αλάθητου των αποτελεσμάτων . Είναι φανερό από τη γεωγραφική θέση των κεραιών των σταθμών βάσης , ότι η κάλυψη σε μια περιοχή μπορεί να οφείλεται σε μια ή περισσότερες κεραιές . Αν οφείλεται σε περισσότερες των μια κεραιών – έχουμε δηλαδή επικάλυψη – τότε προφανώς η κεραιά που βρίσκεται κοντύτερα θα είναι αυτή που δίνει καλύτερο σήμα σε ένα χρήστη που βρίσκεται στη συγκεκριμένη περιοχή . Επομένως είναι εύλογο το να αγνοήσουμε τη μακρινή κεραιά και να θεωρήσουμε ότι η κάλυψη οφείλεται αποκλειστικά και μόνο στη κοντινή κεραιά . Ειδικά μάλιστα για παράκτιες και θαλάσσιες περιοχές όπου τα ύψη είναι σαφώς μικρότερα από αυτά όπου έχουν τοποθετηθεί οι κεραιές και επομένως δεν υπάρχουν φυσικά εμπόδια τα οποία πιθανόν να οδηγούσαν σε λάθος τη σκέψη μας . Βέβαια για την αποφυγή κάποιου λάθους , στην ομάδα κεραιών επιλέξαμε και αυτές οι οποίες βρίσκονται σε πολύ μεγάλο ύψος και ταυτόχρονα σε περιοχή κοντά σε θάλασσα εξασφαλίζοντας έτσι το σωστό αποτέλεσμα . Για παράδειγμα θα αναφερθούμε στο ζεύγος κεραιών της περιοχής Νύμα και της Καραόλη & Δημητρίου . Πρόκειται για μια κεραιά η οποία βρίσκεται σε σημαντική απόσταση από την ακτή και τη θάλασσα του Σαρωνικού και μια πολύ κοντά στα παράλια του Πειραιά και στις παραθαλάσσιες περιοχές . Είναι εύλογο να θεωρήσει κανείς ότι η κάλυψη στις παράκτιες και παραθαλάσσιες περιοχές του Πειραιά οφείλεται κατά κύριο λόγο στη κεραιά της Καραόλη & Δημητρίου και να αγνοήσει τελείως την ύπαρξη της κεραιάς στο Νύμα θεωρώντας ότι η συνεισφορά της τελευταίας στη ραδιοκάλυψη των περιοχών αυτών είναι αμελητέα έως μηδενική . Με βάση λοιπόν κριτήρια γεωγραφικά επιλέξαμε ένα σύνολο 18 κεραιών από τις 33 του δικτύου για τη πραγματοποίηση της μελέτης μας . Οι κεραιές αυτές παρατίθενται στο παρακάτω πίνακα :

**ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΚΑΛΥΨΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ**

<b>A/A</b>	<b>ΚΩΔΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΕΡΑΙΑΣ</b>
1	ΑΙΑΝΤΙΟ Χ COSMOTE
2	ΓΕΡΑΝΕΙΑ Α/Τ
3	ΠΕΡΑΜΑ
4	ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ
5	ΚΑΡΑΟΛΗ & ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ
6	ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ
7	ΤΕΡΨΙΘΕΑ Τ/Κ
8	ΒΑΡΗ
9	ΛΑΓΟΝΗΣΙ Τ/Κ
10	ΑΝΑΒΥΣΣΟΣ
11	ΣΟΥΝΙΟ
12	ΚΕΑ Α/Τ
13	ΚΕΡΑΤΕΑ
14	ΛΙΜΝΗ ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ
15	ΠΙΚΕΡΜΙ
16	ΝΕΑ ΜΑΚΡΗ
17	ΜΑΡΑΘΩΝΑΣ Τ/Κ
18	ΚΑΤΩ ΣΟΥΛΙ

Ακολουθεί σχήμα στο οποίο φαίνονται το σύνολο των 33 κεραιών του δικτύου TETRA που τοποθετήθηκαν στο νομό Αττικής , ενώ αυτές που επιλέξαμε για τη μελέτη πρόβλεψης ραδιοκάλυψης των παράκτιων και θαλάσσιων περιοχών φαίνονται με κίτρινο φόντο .



Σχήμα 5.2.6.1. : χάρτης νομού Αττικής με το σύνολο των κεραιών που επιλέχθηκαν για τη μελέτη .

**5.2.7. ΒΗΜΑ 7<sup>ο</sup> : ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ .**

Έχοντας καθορίσει πλήρως τις παραμέτρους της εργασίας (project) και κατά συνέπεια περιγράψει σαφώς το είδος της μελέτης , όσον αφορά τη πρόβλεψη ραδιοκάλυψης που θέλουμε να κάνουμε , την εκτελέσαμε τόσο για δυναμικές συνθήκες λήψης όσο και για στατικές . Επίσης , για πληρότητα των αποτελεσμάτων κάναμε και πρόσθετες εκτελέσεις , όπου κάθε φορά μόνο μια από τις κεραιές της ομάδας που συνθέσαμε ήταν ενεργοποιημένη για να μπορέσουμε να έχουμε μια ολοκληρωμένη εικόνα της ραδιοκάλυψης του νομού Αττικής .

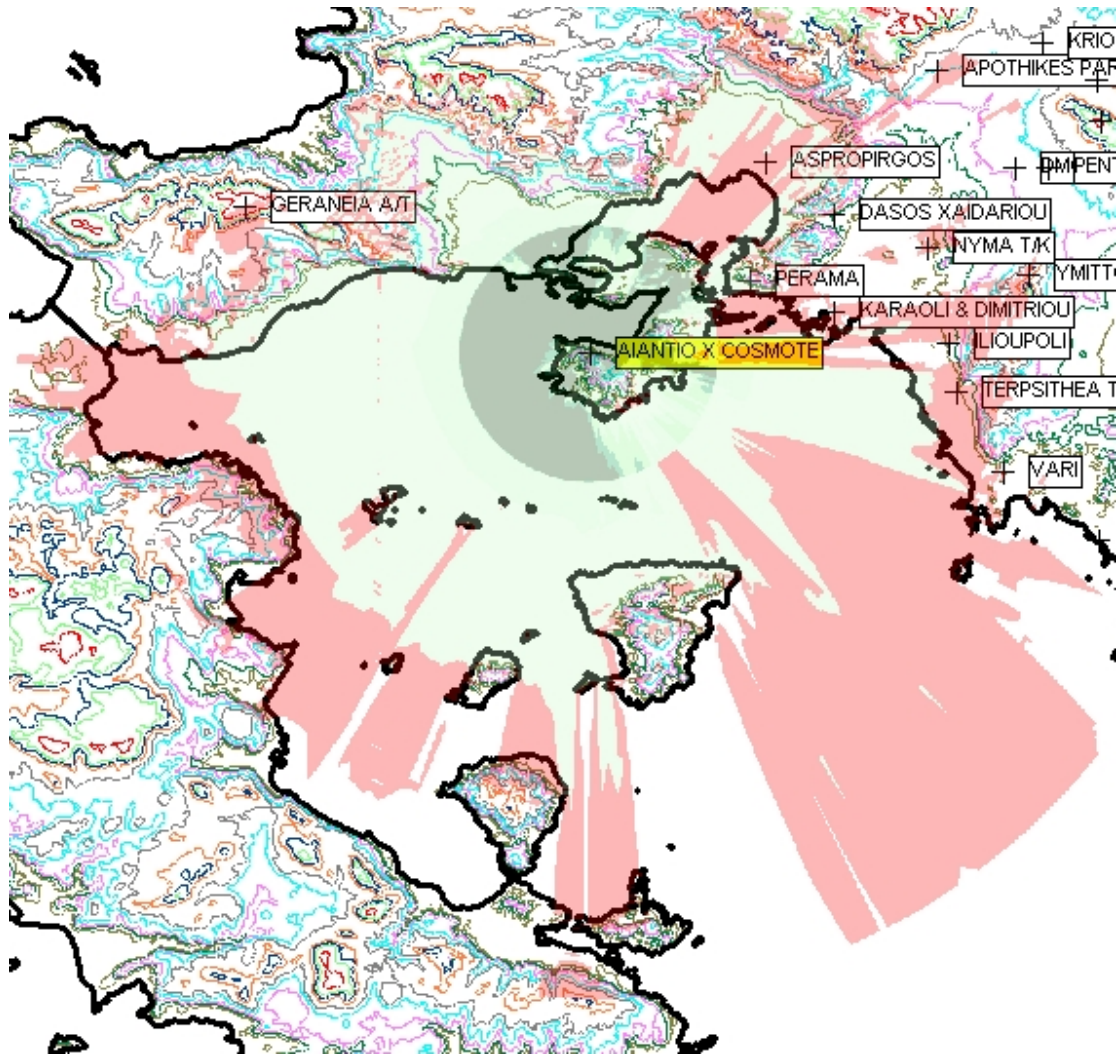
Παρακάτω παραθέτουμε σε σχήματα τα αποτελέσματα των εκτελέσεων του EDX για κάθε μια κεραία για στατικές και δυναμικές συνθήκες και ακολουθεί η παρουσίαση των αποτελεσμάτων για το σύνολο των κεραιών και συνεπώς της συνολικής ραδιοκαλυψης του δικτύου TETRA στο νομό Αττικής από την ομάδα κεραιών που συνθέσαμε για τη μελέτη κάλυψης των παράκτιων και θαλάσσιων περιοχών .

**Α. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗΣ ΥΠΟ  
ΣΤΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΗΨΗΣ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΚΕΡΑΙΑ .**

Πριν προχωρήσουμε στην ανάλυση υπενθυμίζουμε ότι στις στατικές συνθήκες λήψης η ελάχιστη ισχύς χρήσιμου σήματος (Ε.Ι.Χ.Σ.) στο δέκτη είναι :

$$\mathbf{Ε . Ι . Χ . Σ . = -105.8 \text{ dBmW}}$$

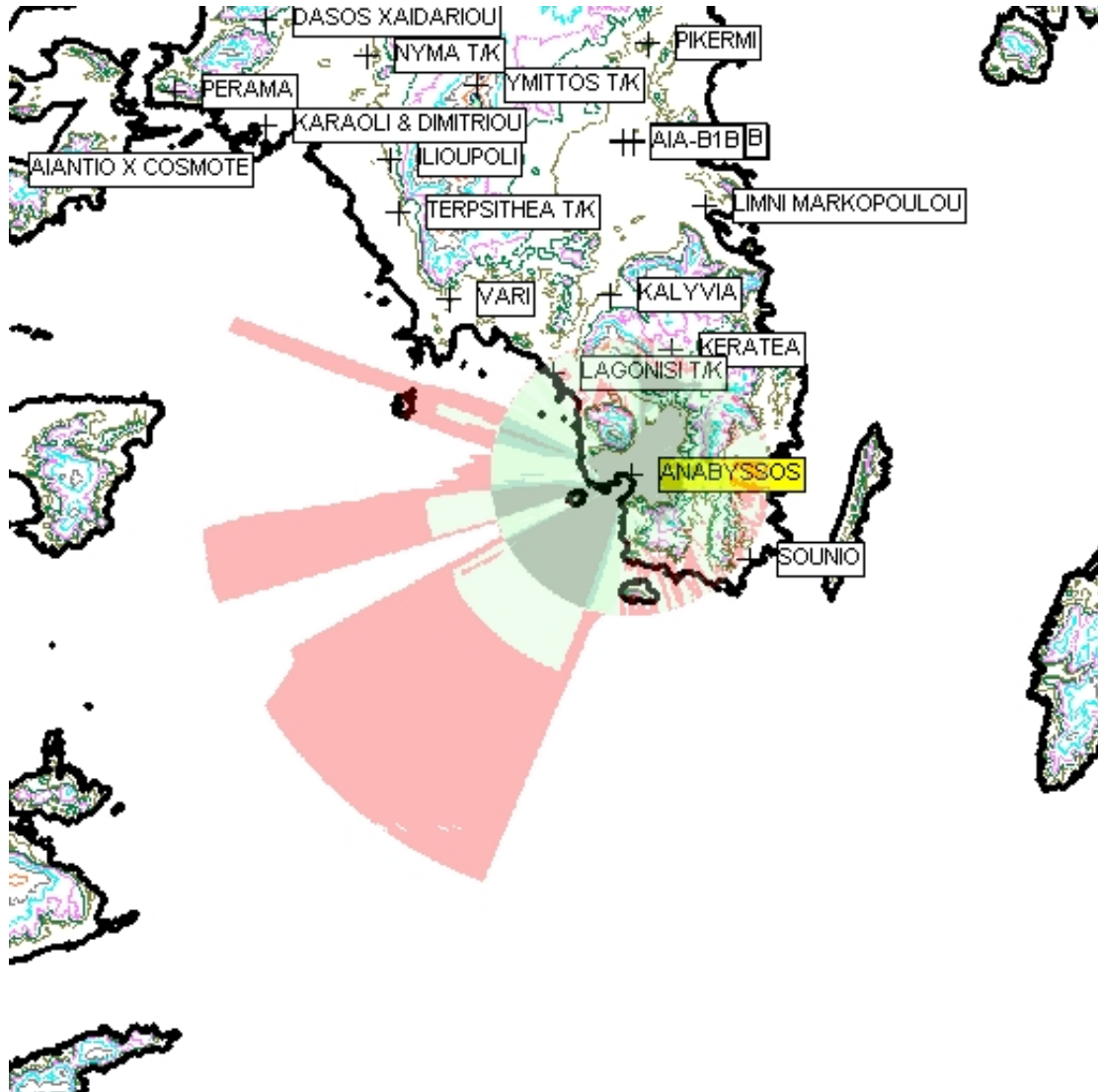
**1. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΑΙΑΝΤΙΟ Χ COSMOTE”  
υπό στατικές συνθήκες λήψης .**



*Σχήμα 5.2.7.1.A. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΑΙΑΝΤΙΟ Χ COSMOTE”  
υπό στατικές συνθήκες .*

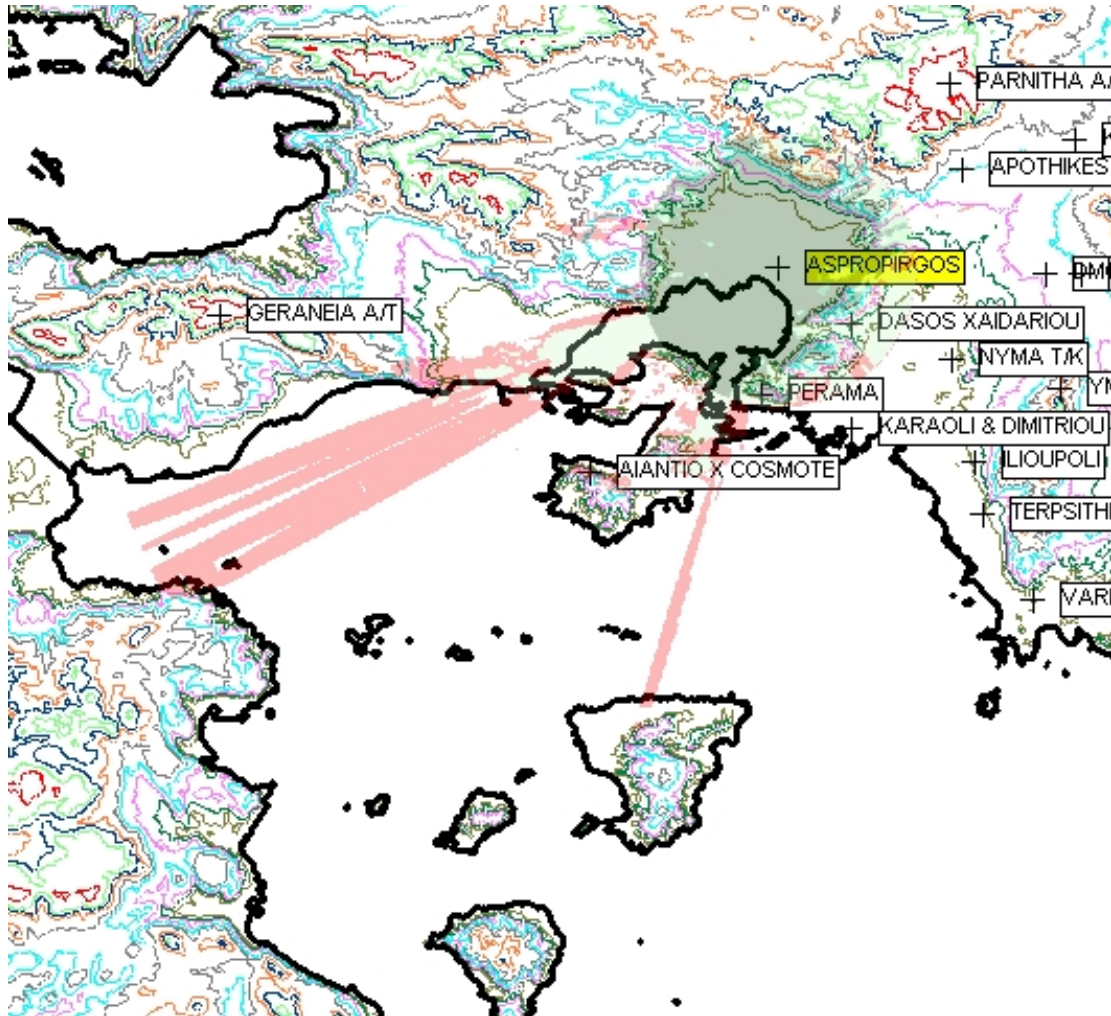


2. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΑΝΑΒΥΣΣΟΣ” υπό στατικές συνθήκες λήψης .



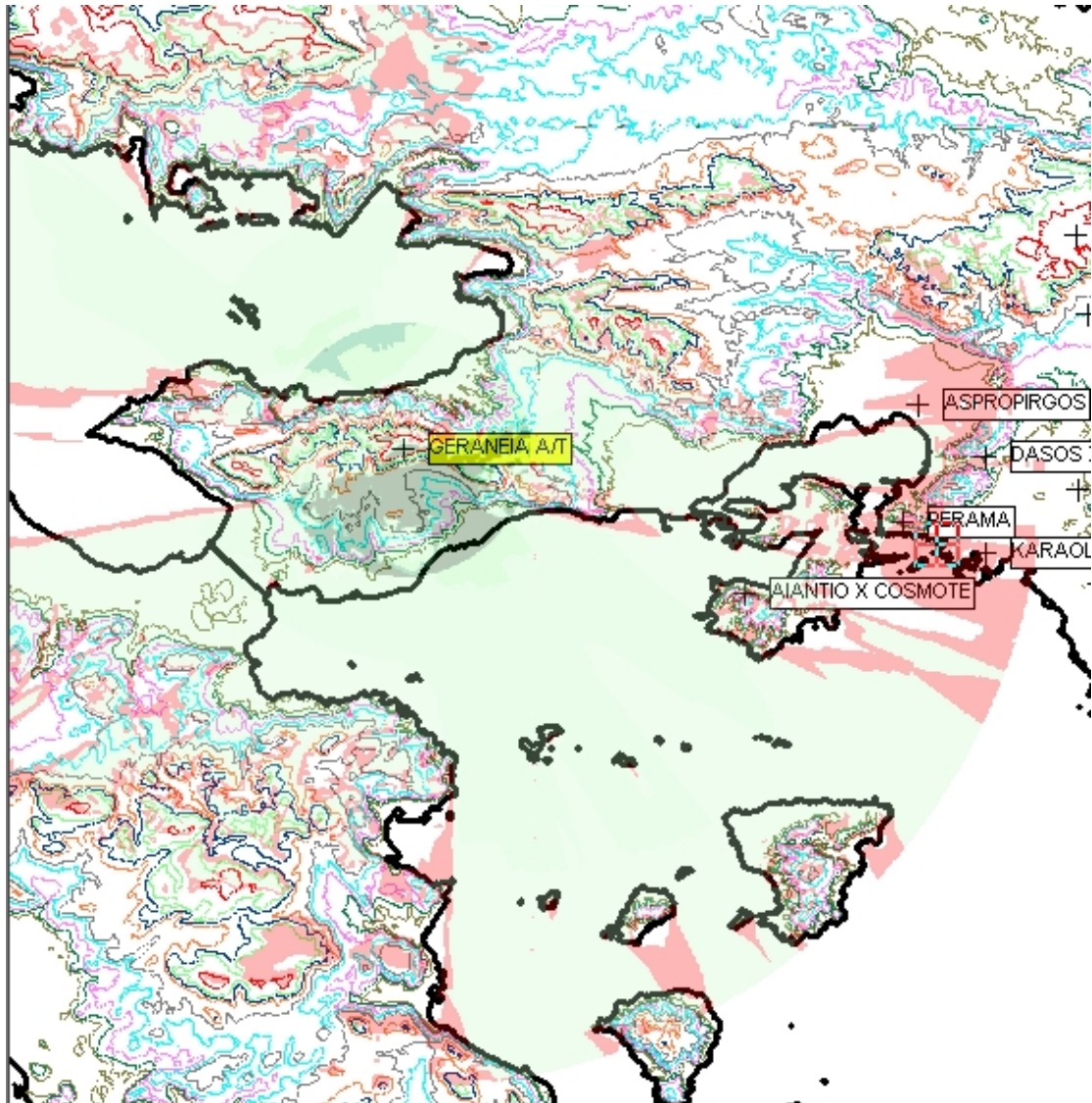
Σχήμα 5.2.7.2.Α. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΑΝΑΒΥΣΣΟΣ” υπό στατικές συνθήκες .

3. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ” υπό στατικές συνθήκες λήψης .



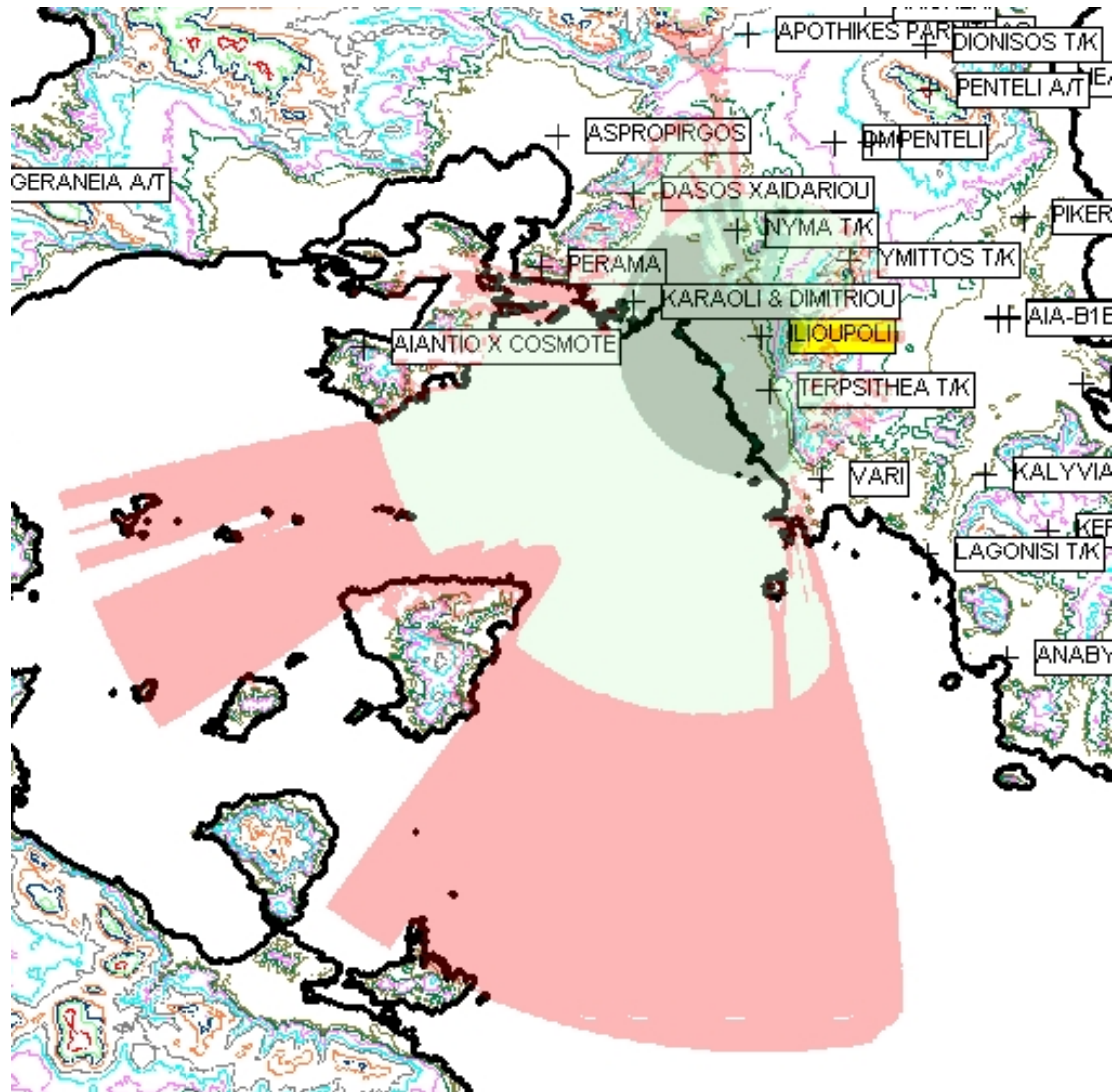
*Σχήμα 5.2.7.3.Α. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ” υπό στατικές συνθήκες .*

4. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΓΕΡΑΝΕΙΑ Α/Τ” υπό στατικές συνθήκες λήψης .



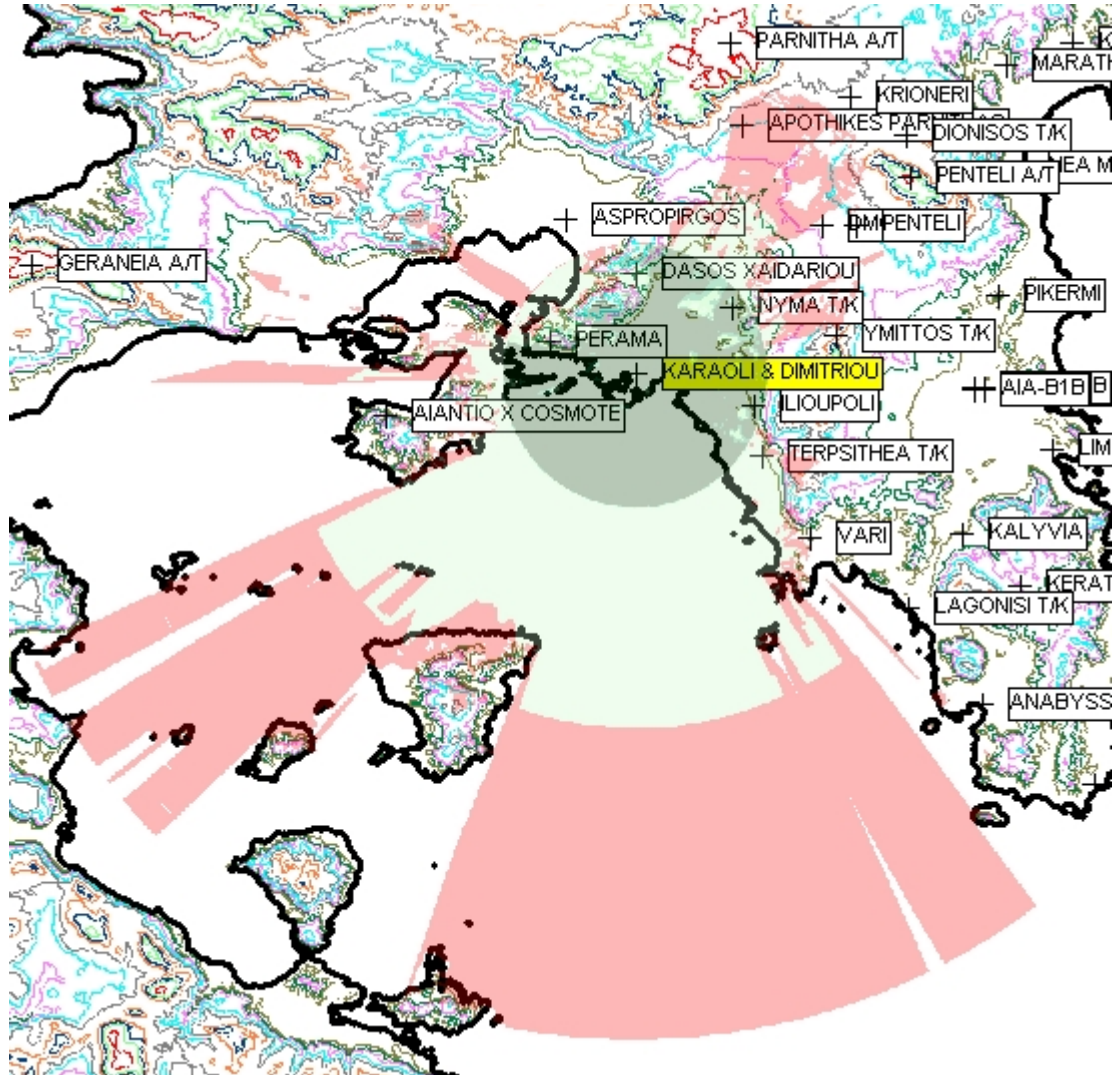
Σχήμα 5.2.7.4.Α. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΓΕΡΑΝΕΙΑ Α/Τ” υπό στατικές συνθήκες .

5. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ” υπό στατικές συνθήκες λήψης .



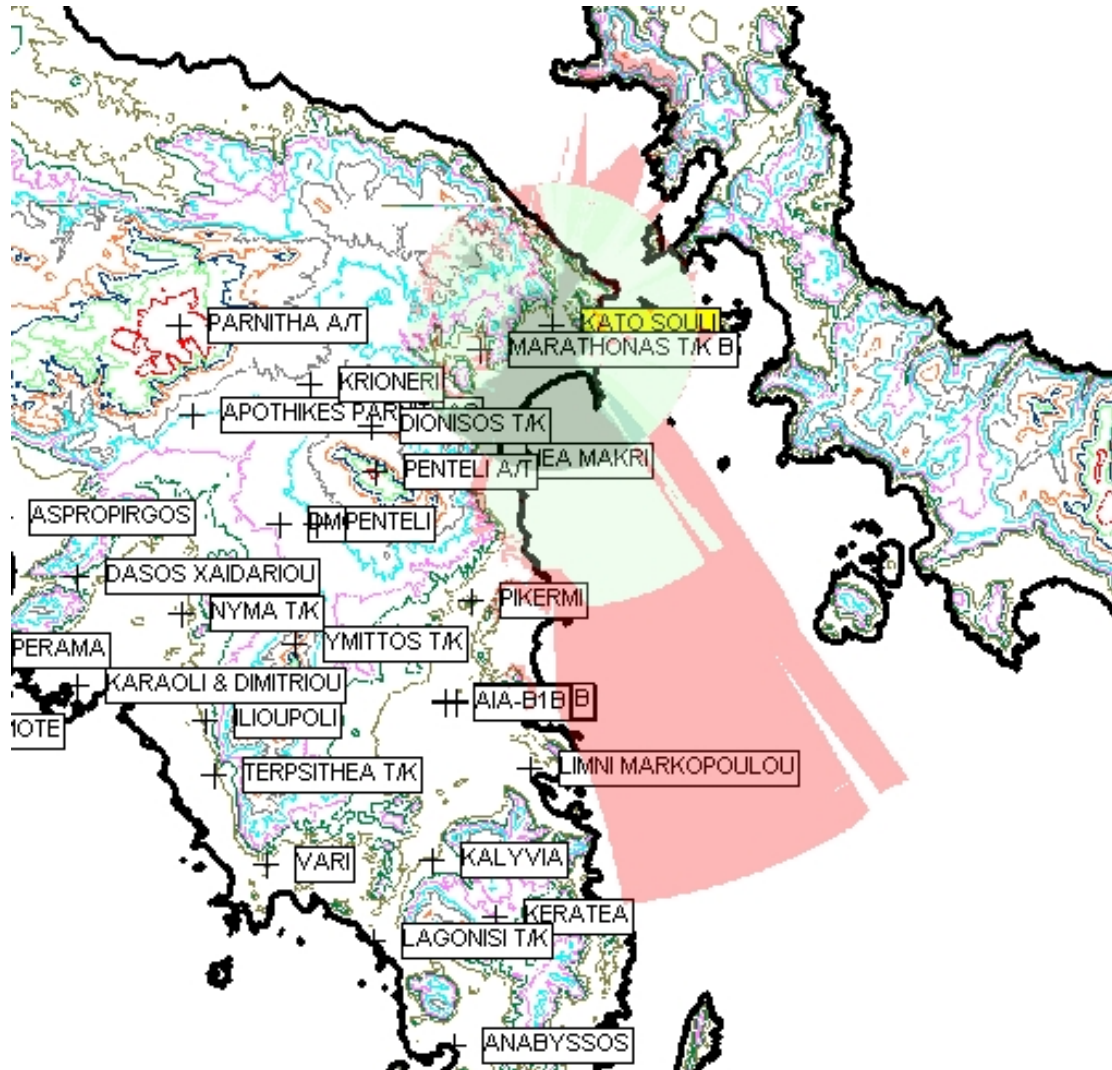
Σχήμα 5.2.7.5.Α. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ” υπό στατικές συνθήκες .

6. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΚΑΡΑΟΛΗ & ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ” υπό στατικές συνθήκες λήψης .



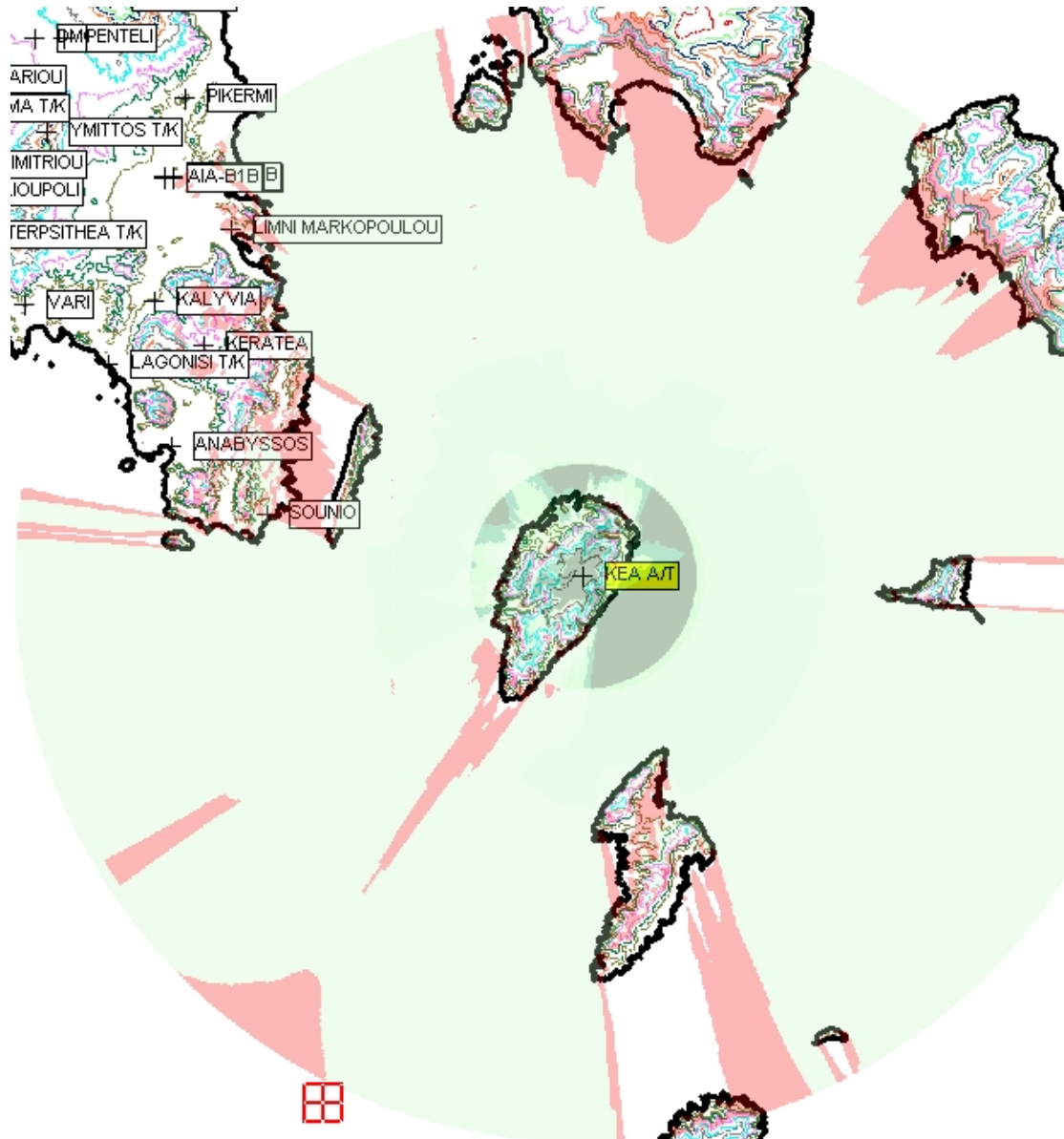
Σχήμα 5.2.7.6.A. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΚΑΡΑΟΛΗ & ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ” υπό στατικές συνθήκες .

7. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΚΑΤΩ ΣΟΥΛΙ” υπό στατικές συνθήκες λήψης .



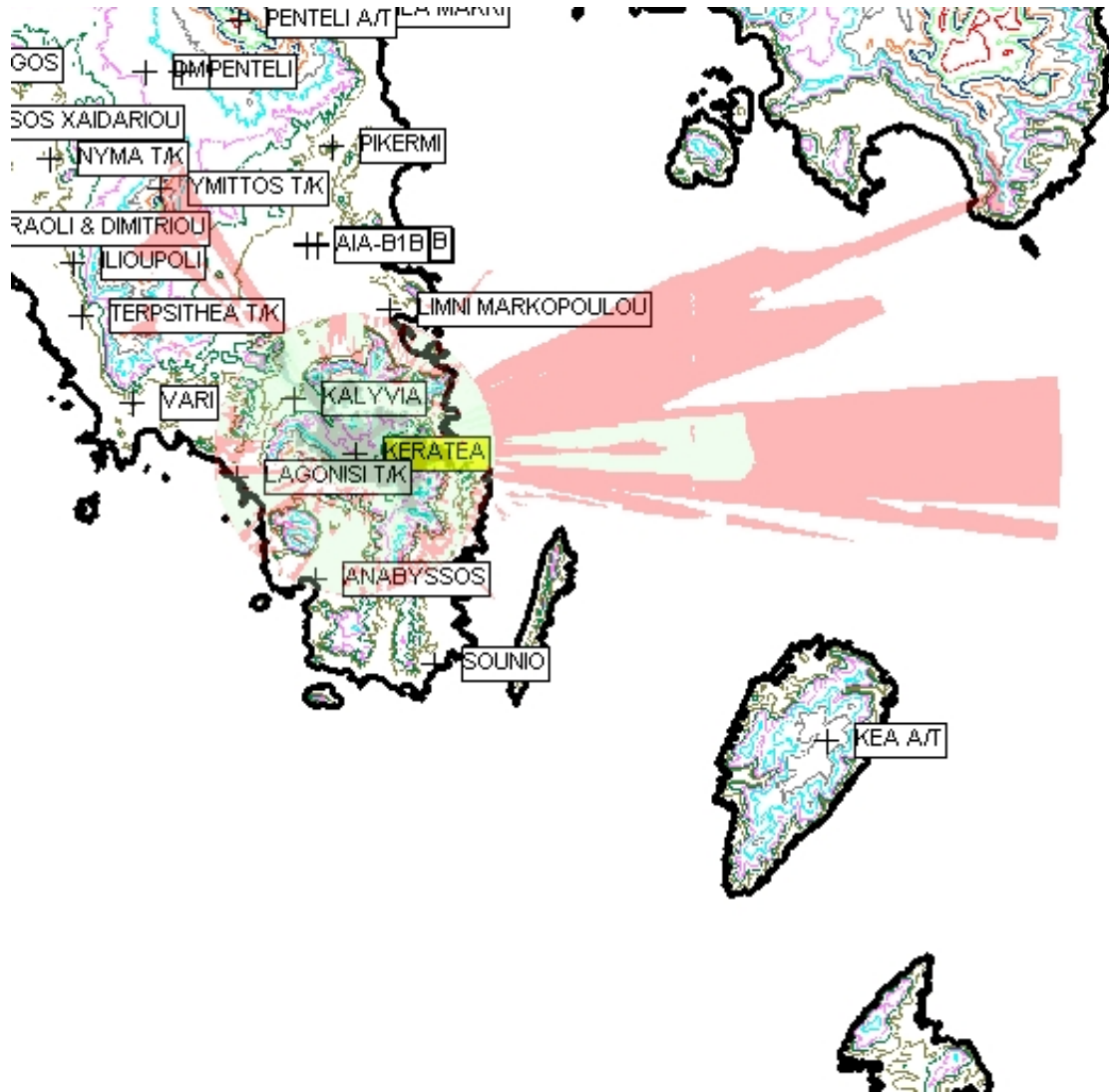
Σχήμα 5.2.7.7.A. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΚΑΤΩ ΣΟΥΛΙ” υπό στατικές συνθήκες .

8. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΚΕΑ Α/Τ” υπό στατικές συνθήκες λήψης .



Σχήμα 5.2.7.8.Α. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΚΕΑ Α/Τ” υπό στατικές συνθήκες.

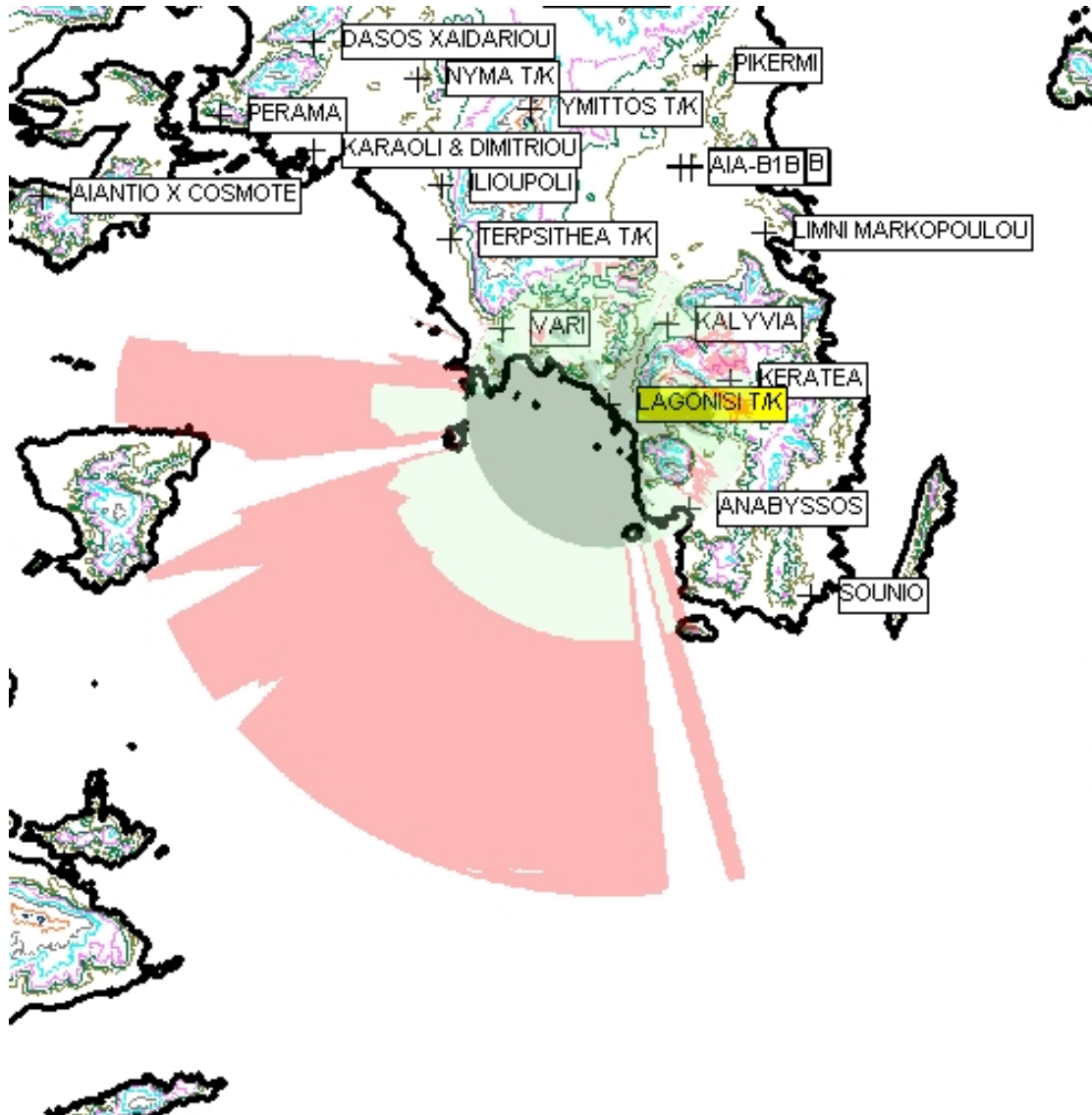
9. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΚΕΡΑΤΕΑ” υπό στατικές συνθήκες λήψης .



Σχήμα 5.2.7.9.Α. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΚΕΡΑΤΕΑ” υπό στατικές συνθήκες .

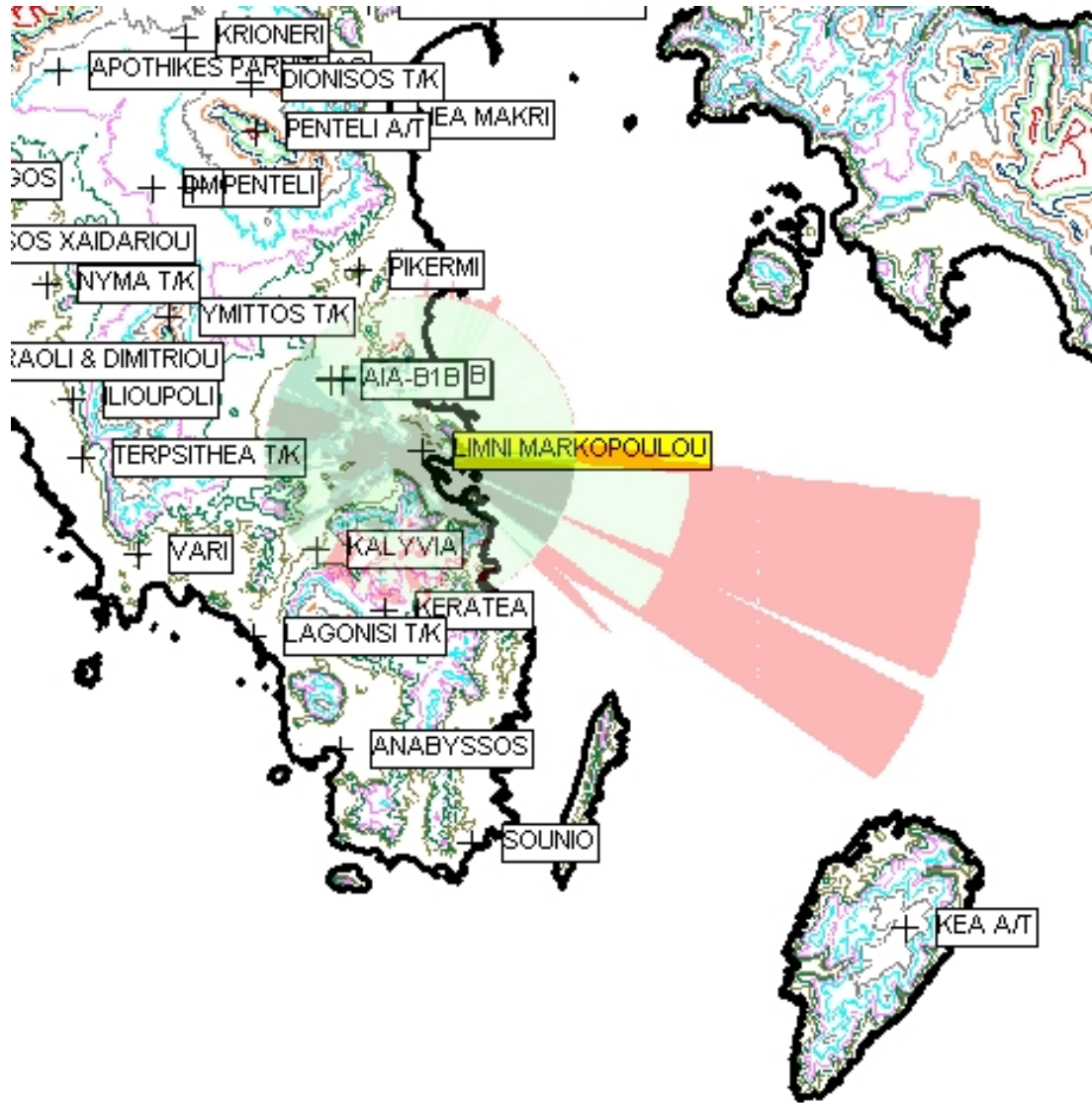


10. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΛΑΓΟΝΗΣΙ” υπό στατικές συνθήκες λήψης .



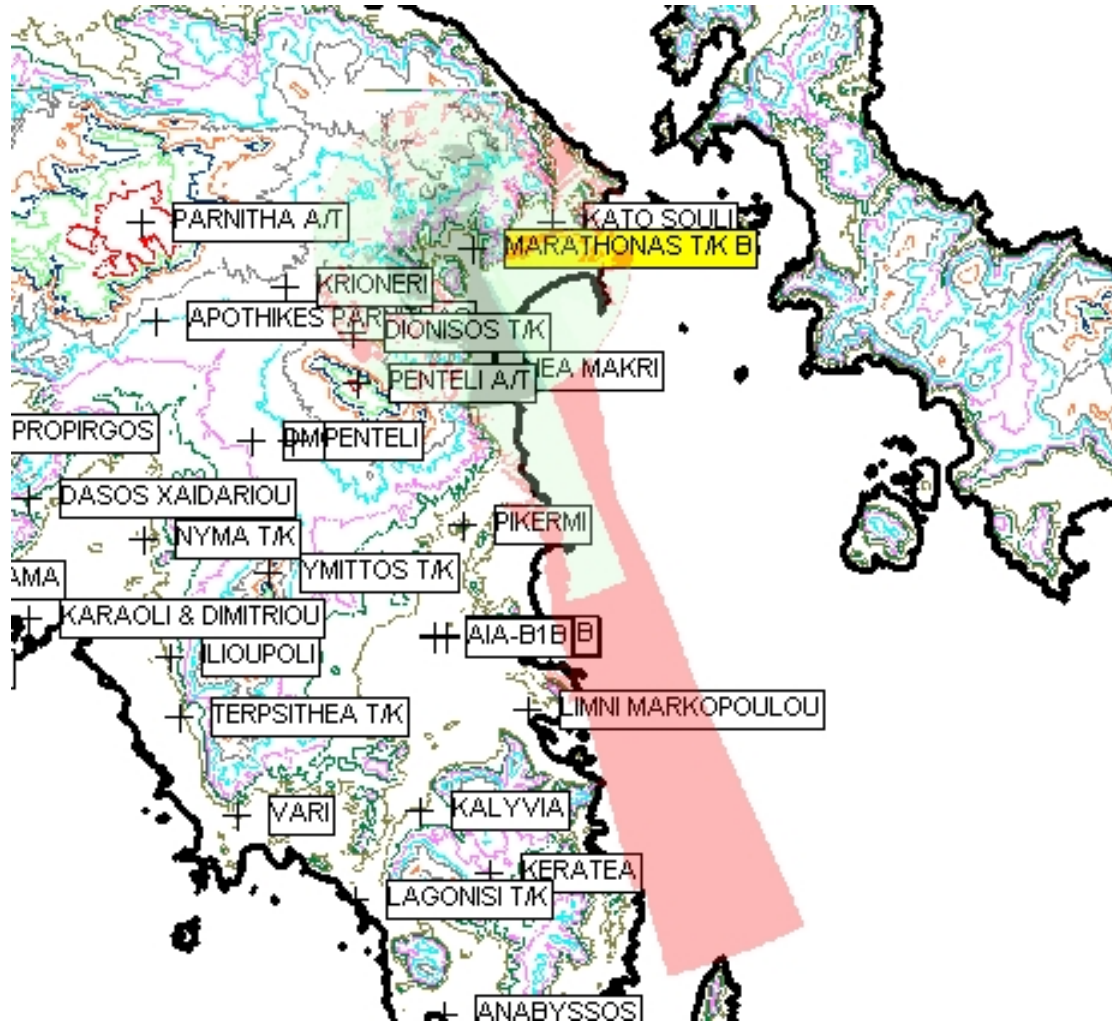
Σχήμα 5.2.7.10.Α. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΛΑΓΟΝΗΣΙ” υπό στατικές συνθήκες .

11. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΛΙΜΝΗ ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ” υπό στατικές συνθήκες λήψης .



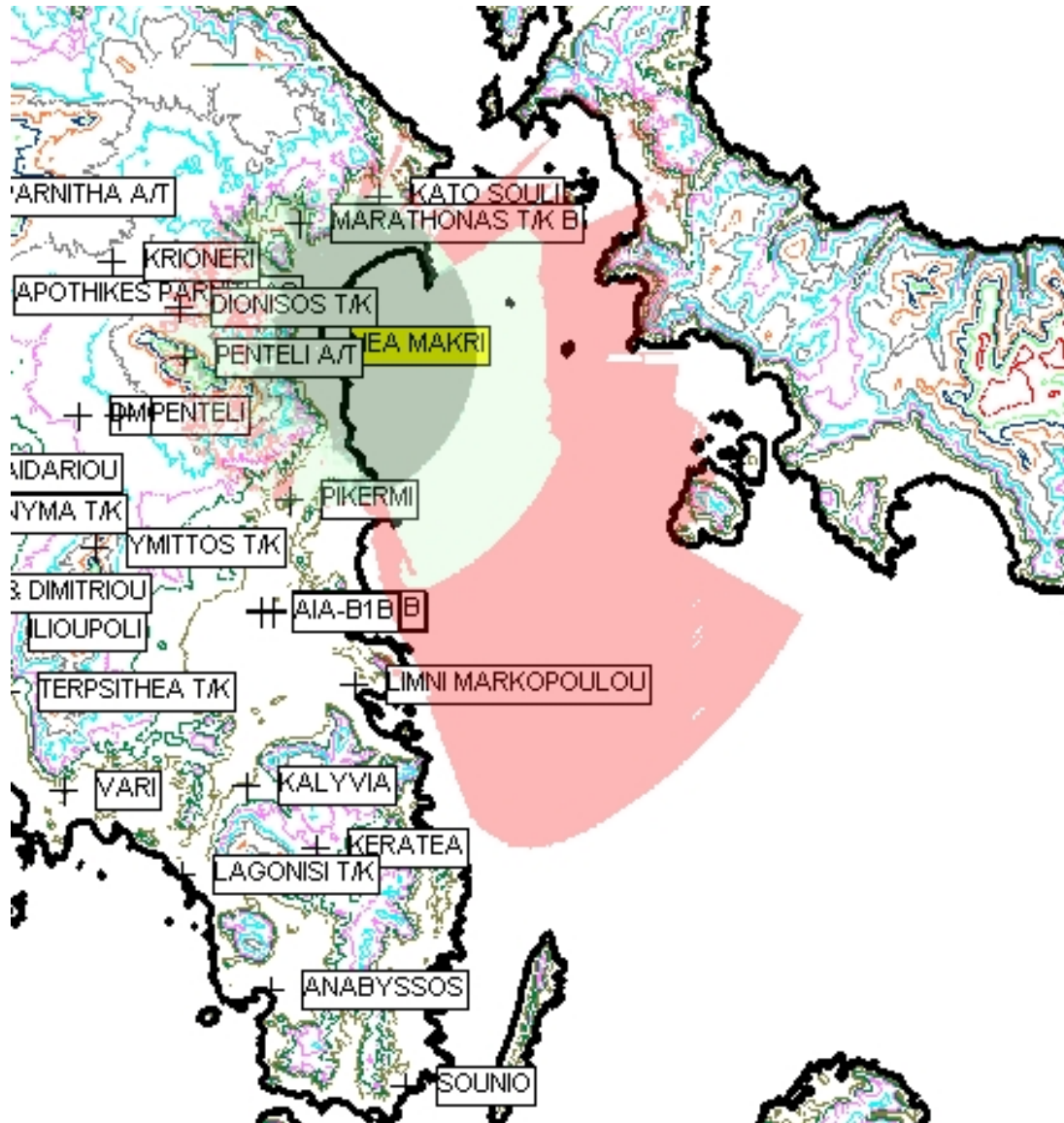
Σχήμα 5.2.7.11.Α. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΛΙΜΝΗ ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ” υπό στατικές συνθήκες .

12. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΜΑΡΑΘΩΝΑΣ Τ/Κ” υπό στατικές συνθήκες λήψης .



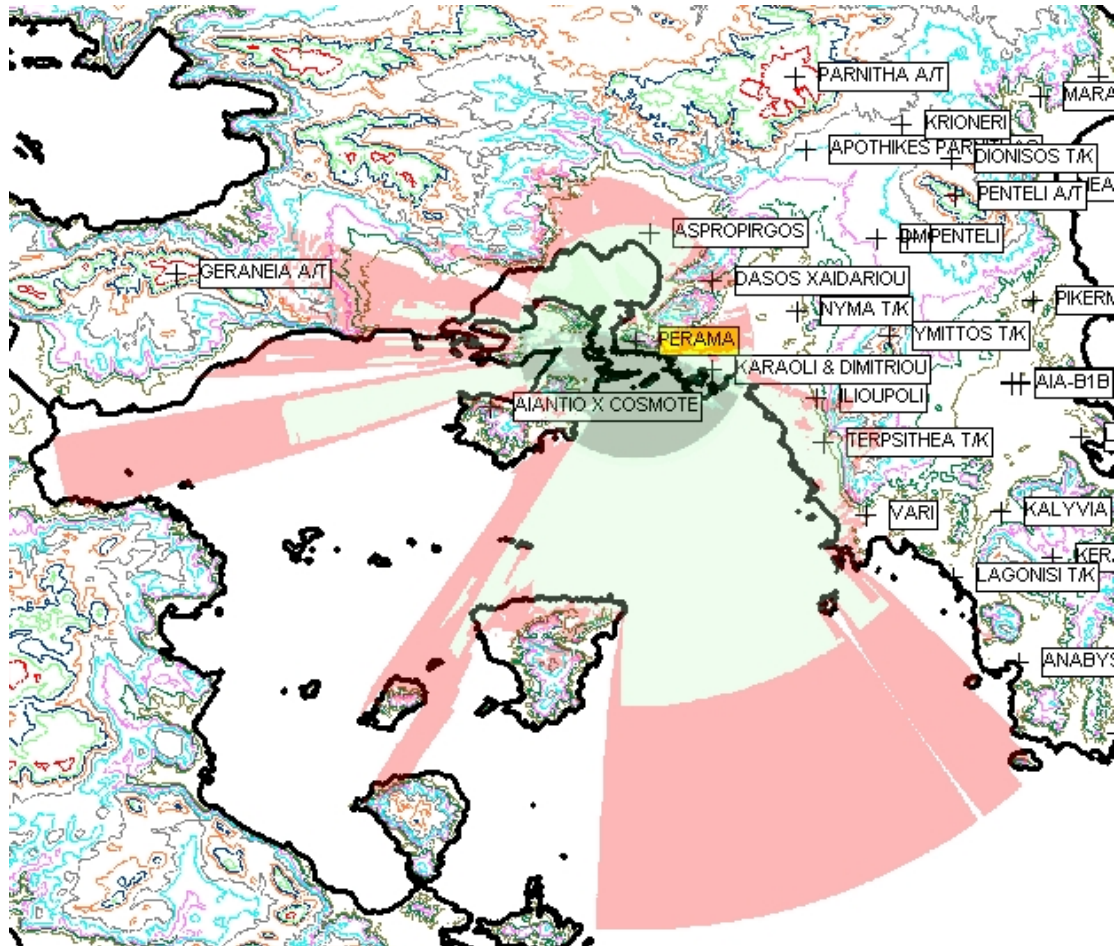
Σχήμα 5.2.7.12.Α. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΜΑΡΑΘΩΝΑΣ Τ/Κ” υπό στατικές συνθήκες .

13. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΝΕΑ ΜΑΚΡΗ” υπό στατικές συνθήκες λήψης .



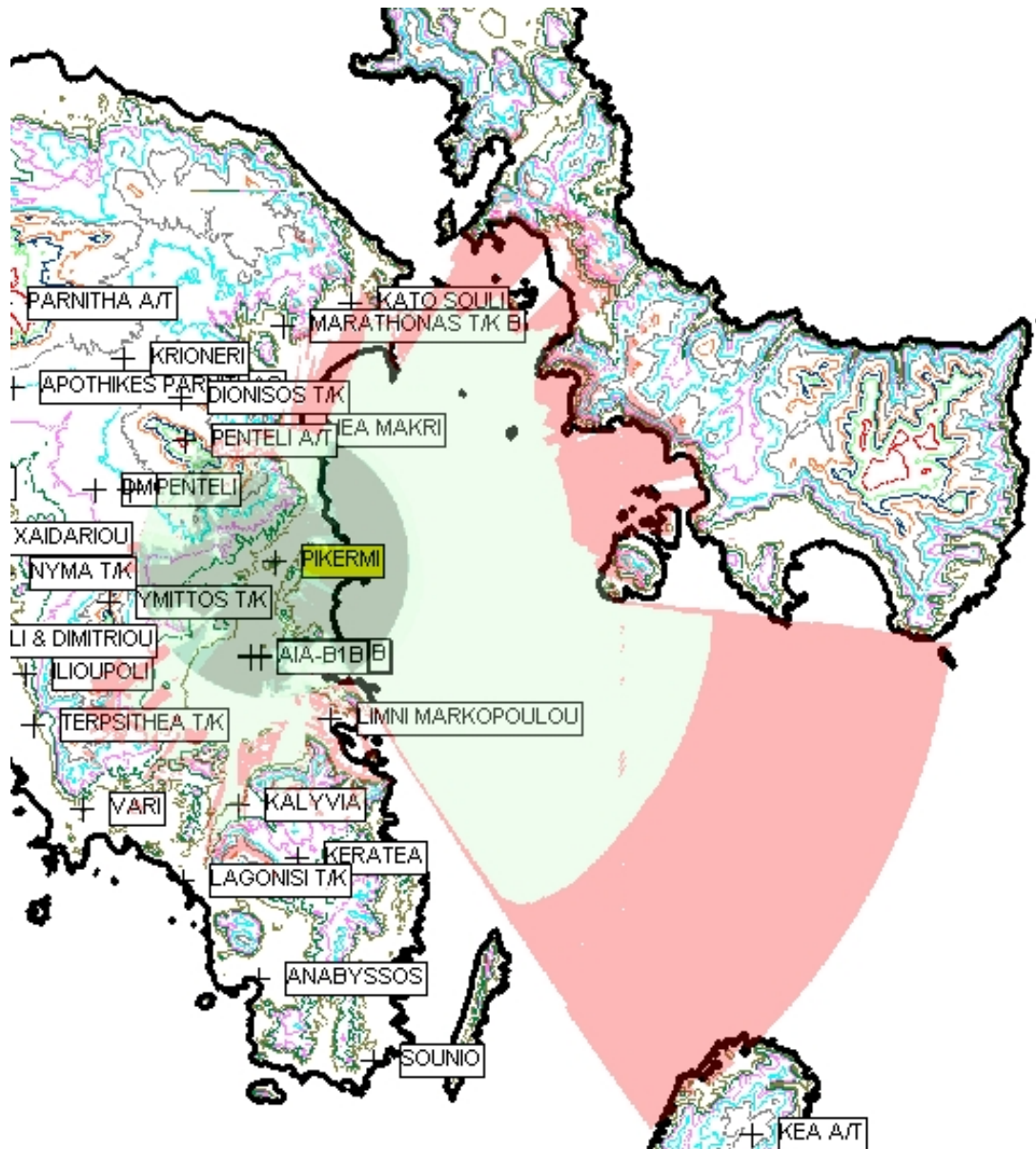
Σχήμα 5.2.7.13.A. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΝΕΑ ΜΑΚΡΗ” υπό στατικές συνθήκες .

**14. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΠΕΡΑΜΑ” υπό στατικές συνθήκες λήψης .**



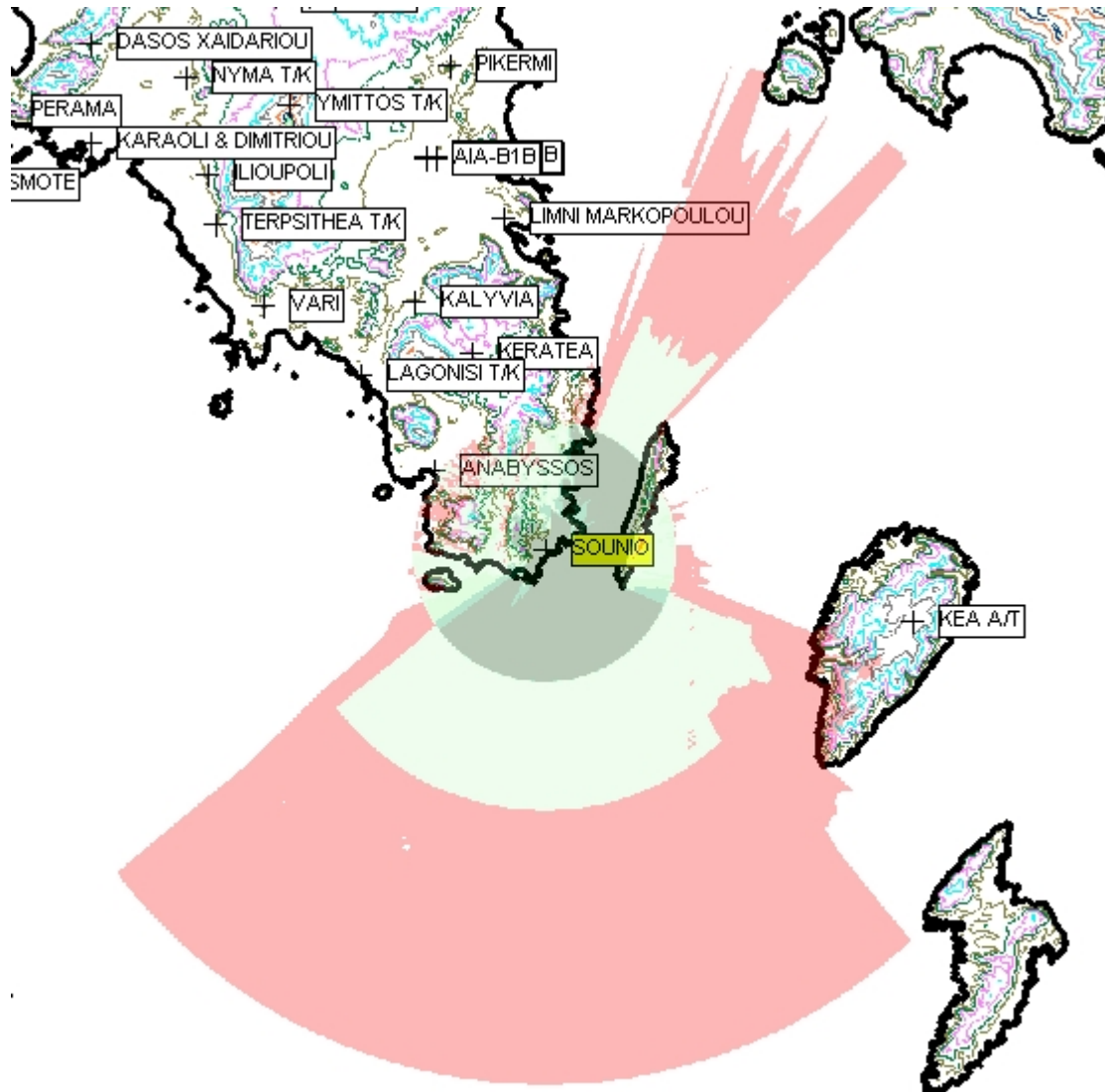
*Σχήμα 5.2.7.14.A. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΠΕΡΑΜΑ” υπό στατικές συνθήκες .*

15. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΠΙΚΕΡΜΙ” υπό στατικές συνθήκες λήψης .



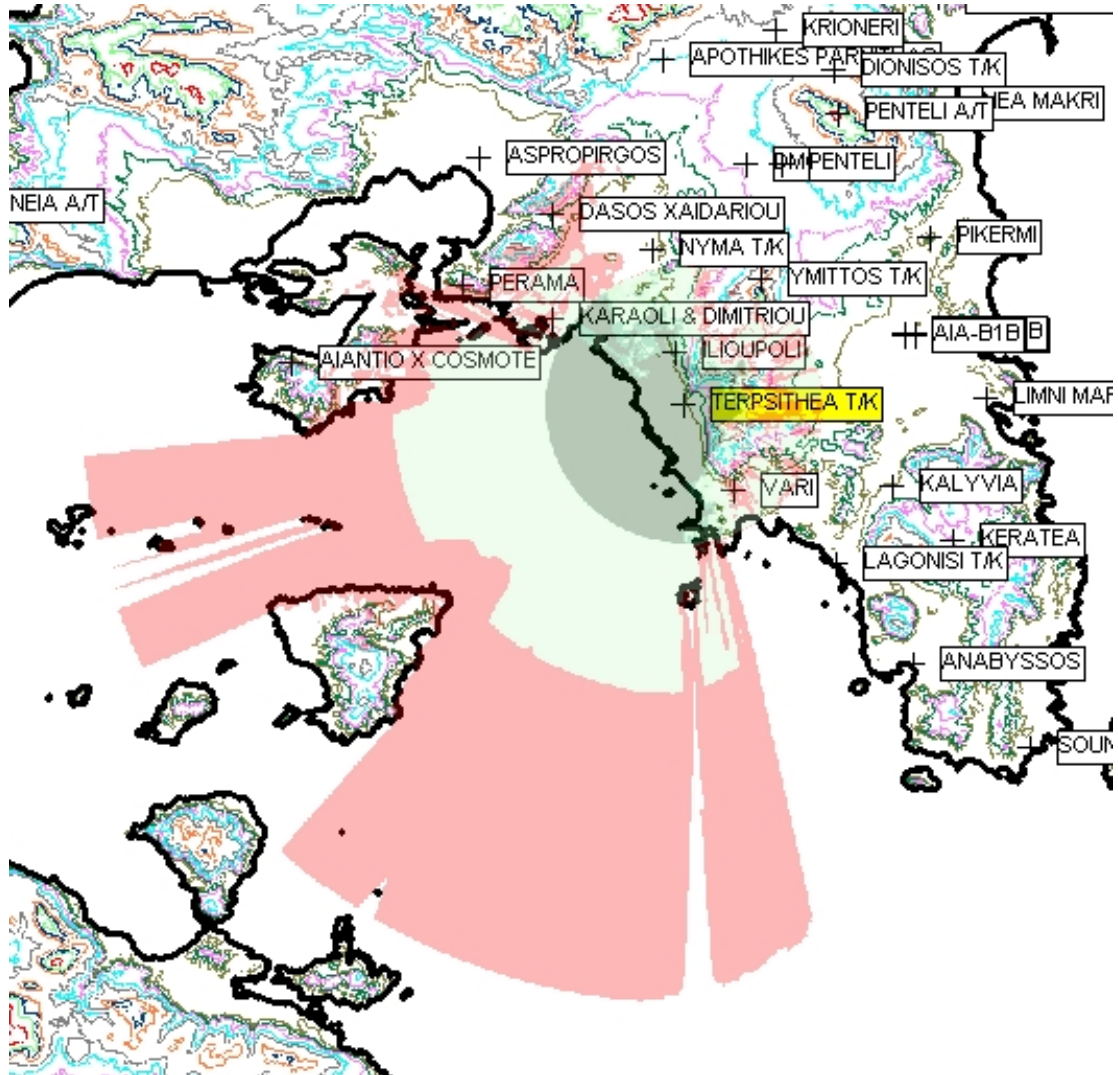
Σχήμα 5.2.7.15.Α. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΠΙΚΕΡΜΙ” υπό στατικές συνθήκες .

16. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΣΟΥΝΙΟ” υπό στατικές συνθήκες λήψης .



Σχήμα 5.2.7.16.A. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΣΟΥΝΙΟ” υπό στατικές συνθήκες.

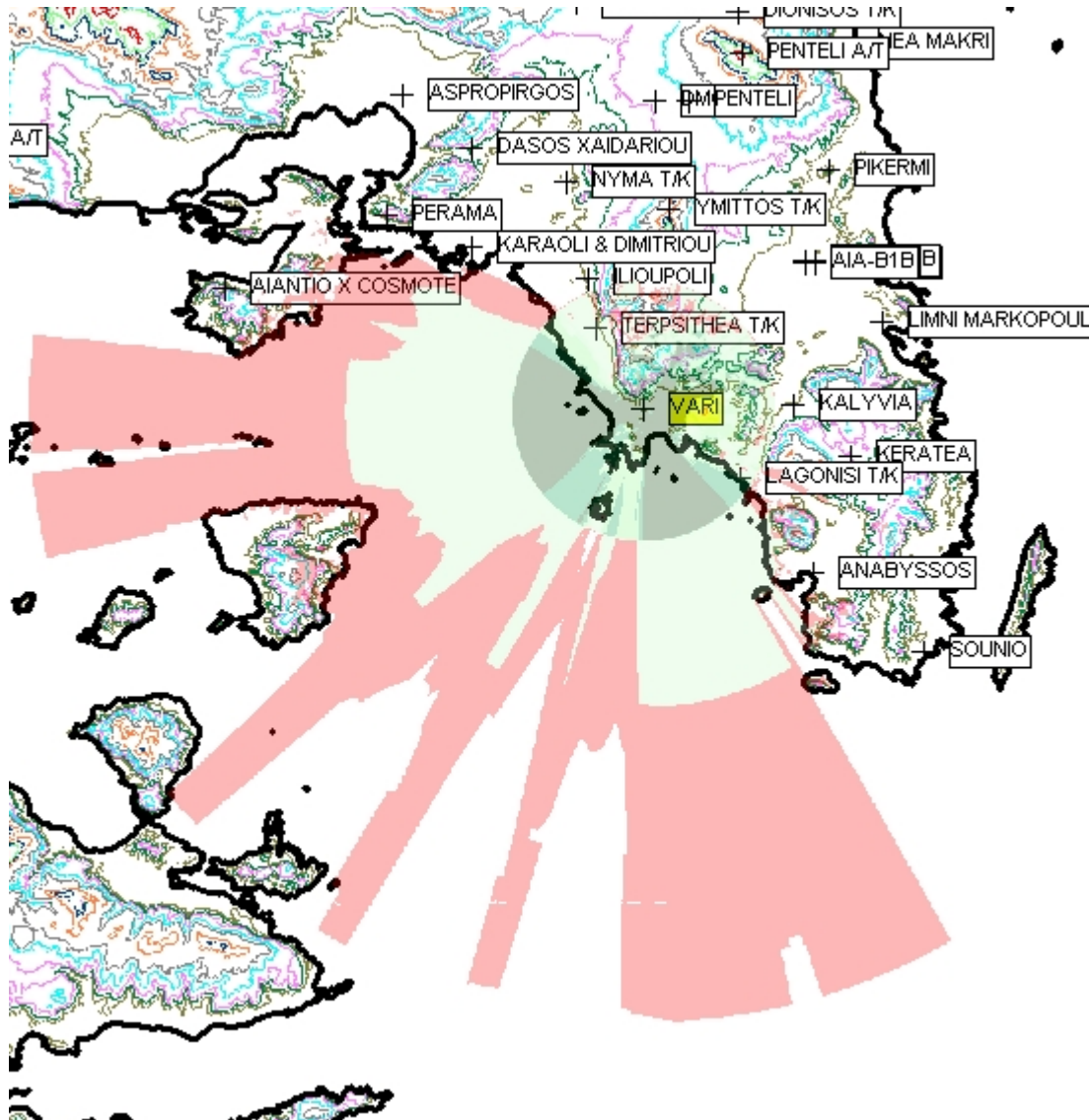
17. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΤΕΡΨΙΘΕΑ Τ/Κ” υπό στατικές συνθήκες λήψης .



Σχήμα 5.2.7.17.A. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΤΕΡΨΙΘΕΑ Τ/Κ” υπό στατικές συνθήκες .



18. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΒΑΡΗ” υπό στατικές συνθήκες λήψης .



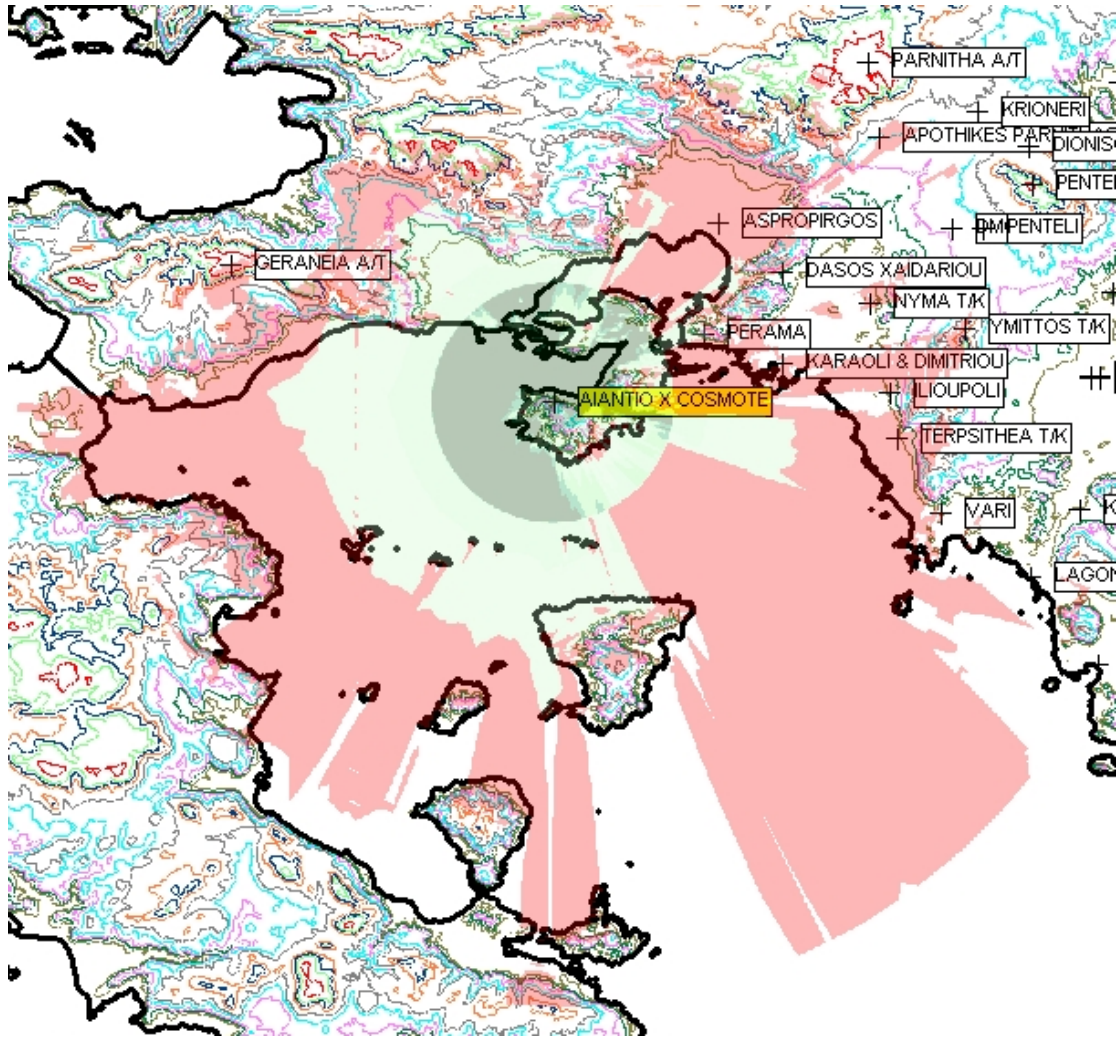
Σχήμα 5.2.7.18.A. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΒΑΡΗ” υπό στατικές συνθήκες .

**B. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗΣ ΥΠΟ  
ΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΗΨΗΣ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΚΕΡΑΙΑ .**

Πριν προχωρήσουμε στην ανάλυση υπενθυμίζουμε ότι στις δυναμικές συνθήκες λήψης η ελάχιστη ισχύς χρήσιμου σήματος (E.I.X.Σ.) στο δέκτη είναι :

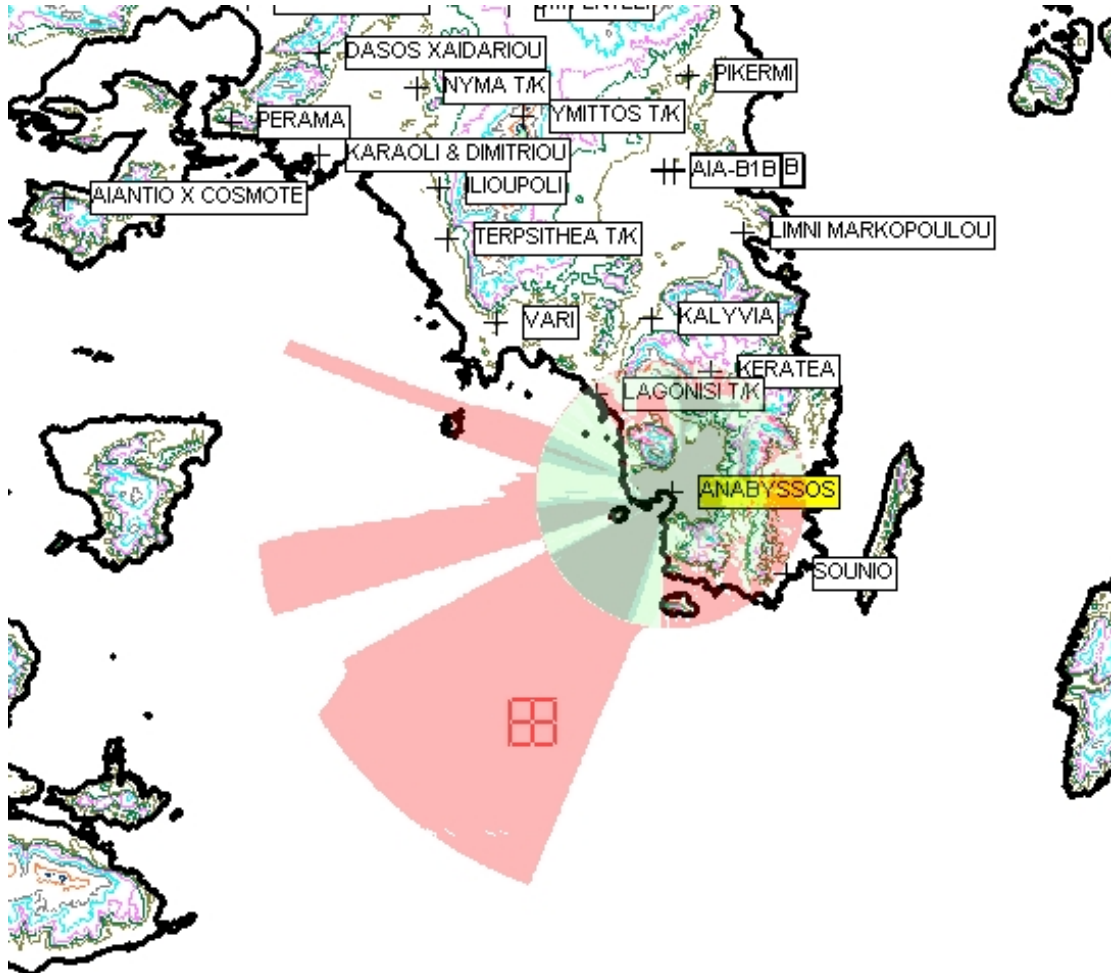
$$\mathbf{E . I . X . \Sigma . = -96.8 \text{ dBmW}}$$

**1. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΑΙΑΝΤΙΟ Χ COSMOTE”  
υπό δυναμικές συνθήκες λήψης .**



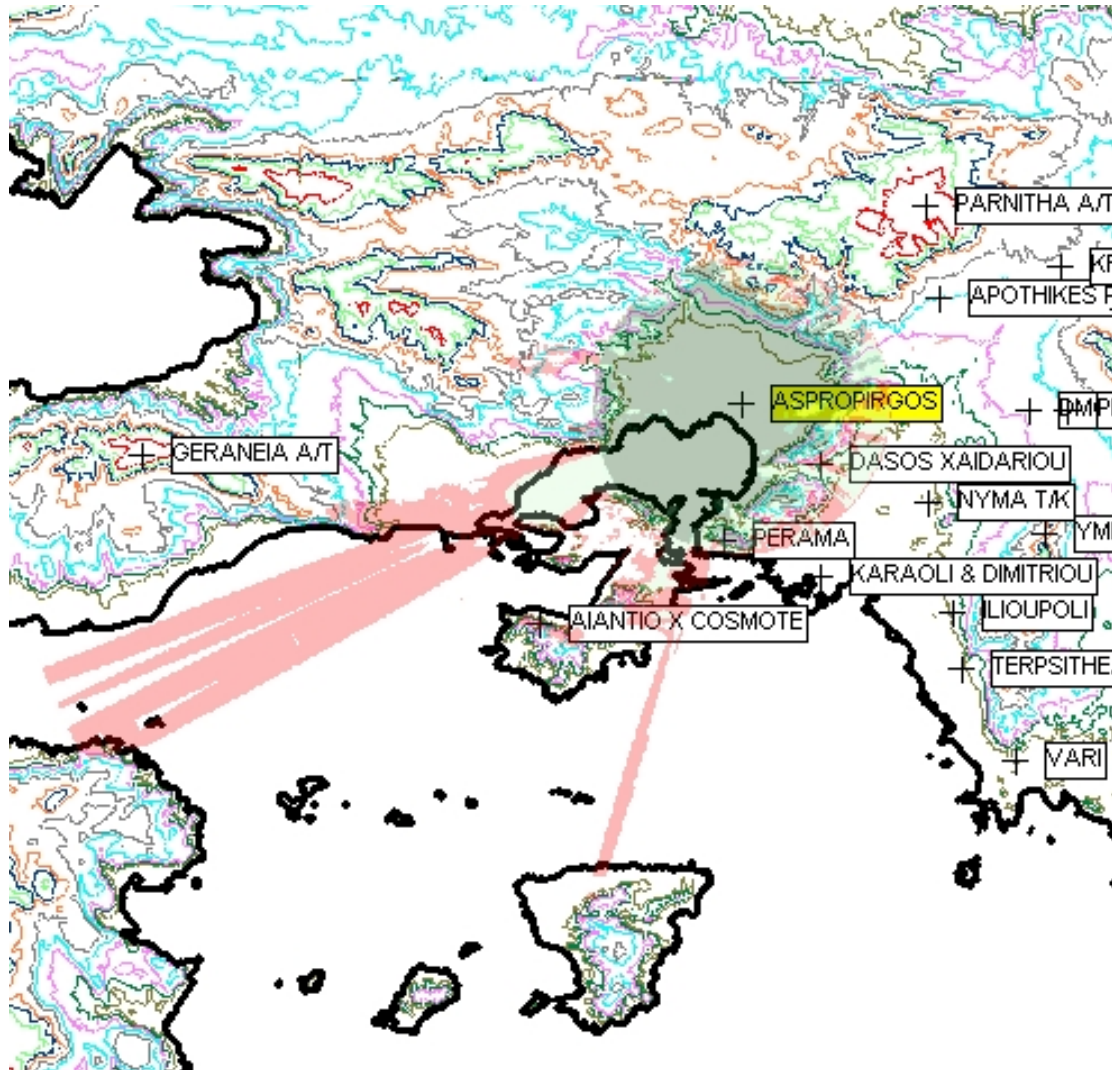
*Σχήμα 5.2.7.1.B. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΑΙΑΝΤΙΟ Χ COSMOTE”  
υπό δυναμικές συνθήκες .*

2. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΑΝΑΒΥΣΣΟΣ” υπό δυναμικές συνθήκες λήψης .



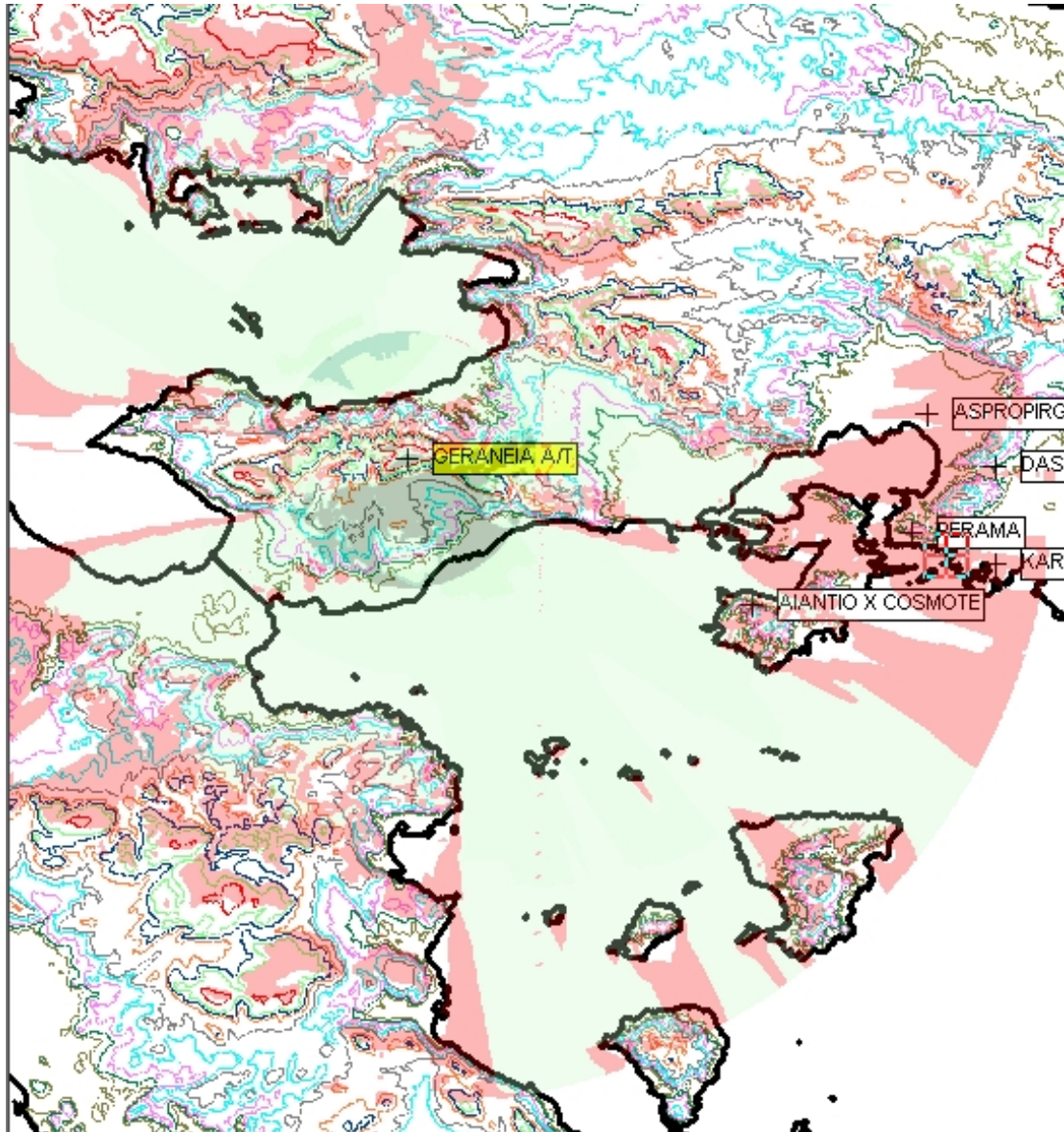
Σχήμα 5.2.7.2.B. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΑΝΑΒΥΣΣΟΣ” υπό δυναμικές συνθήκες .

3. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ” υπό δυναμικές συνθήκες λήψης .



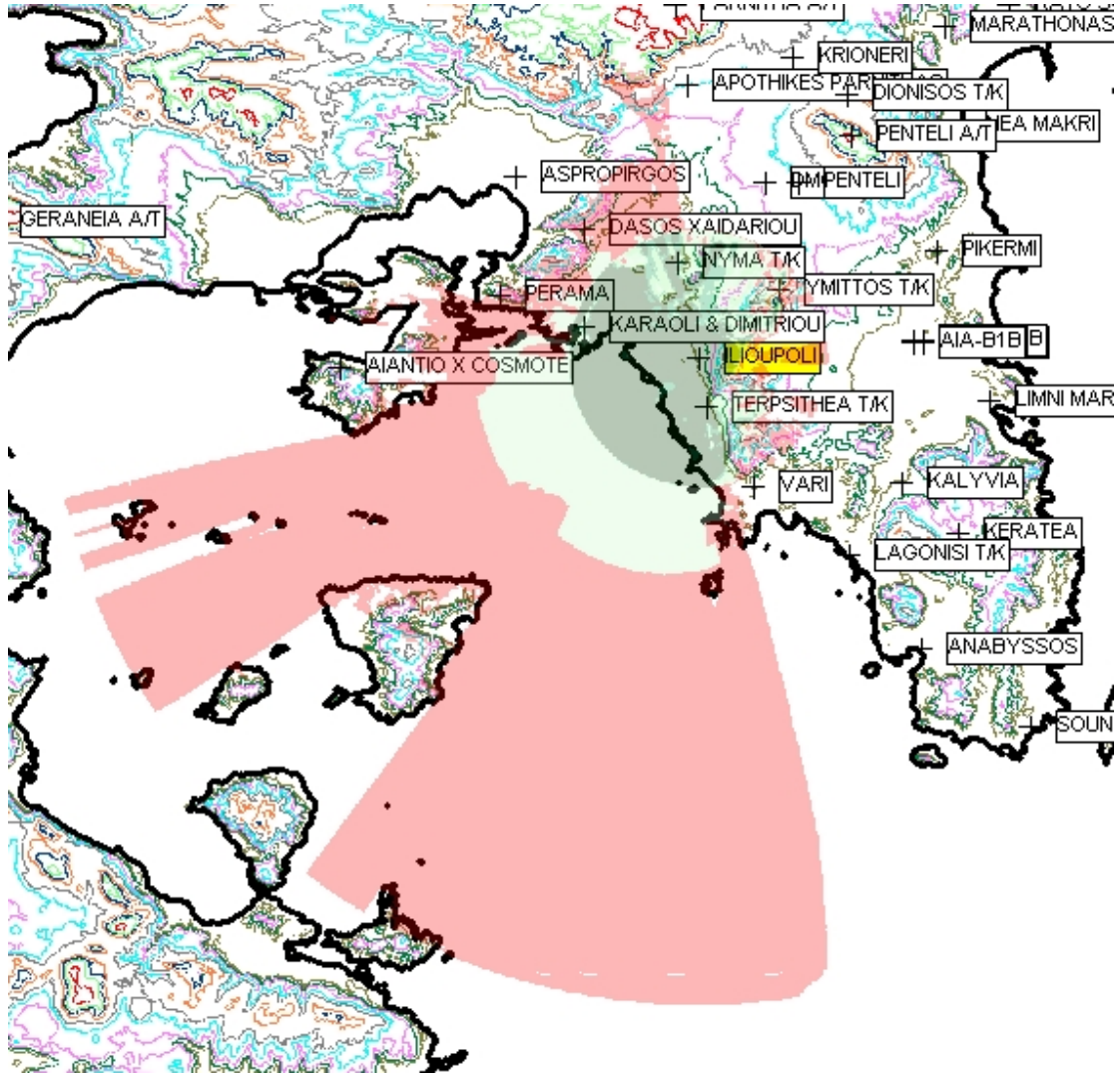
Σχήμα 5.2.7.3.Β. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ” υπό δυναμικές συνθήκες .

4. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΓΕΡΑΝΕΙΑ Α/Τ” υπό δυναμικές συνθήκες λήψης .



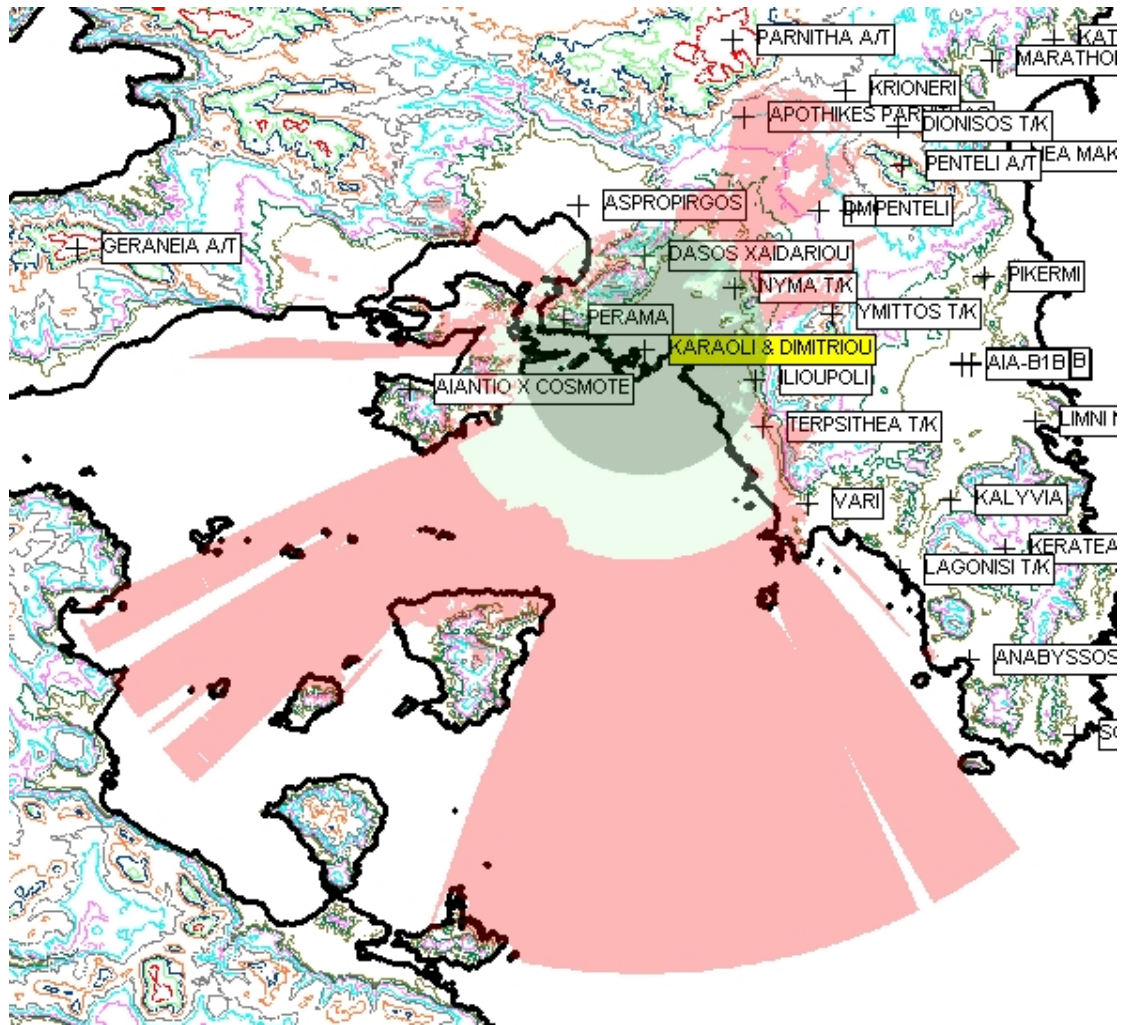
Σχήμα 5.2.7.4.B. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΓΕΡΑΝΕΙΑ Α/Τ” υπό δυναμικές συνθήκες .

5. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ” υπό δυναμικές συνθήκες λήψης .



Σχήμα 5.2.7.5.B. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ” υπό δυναμικές συνθήκες .

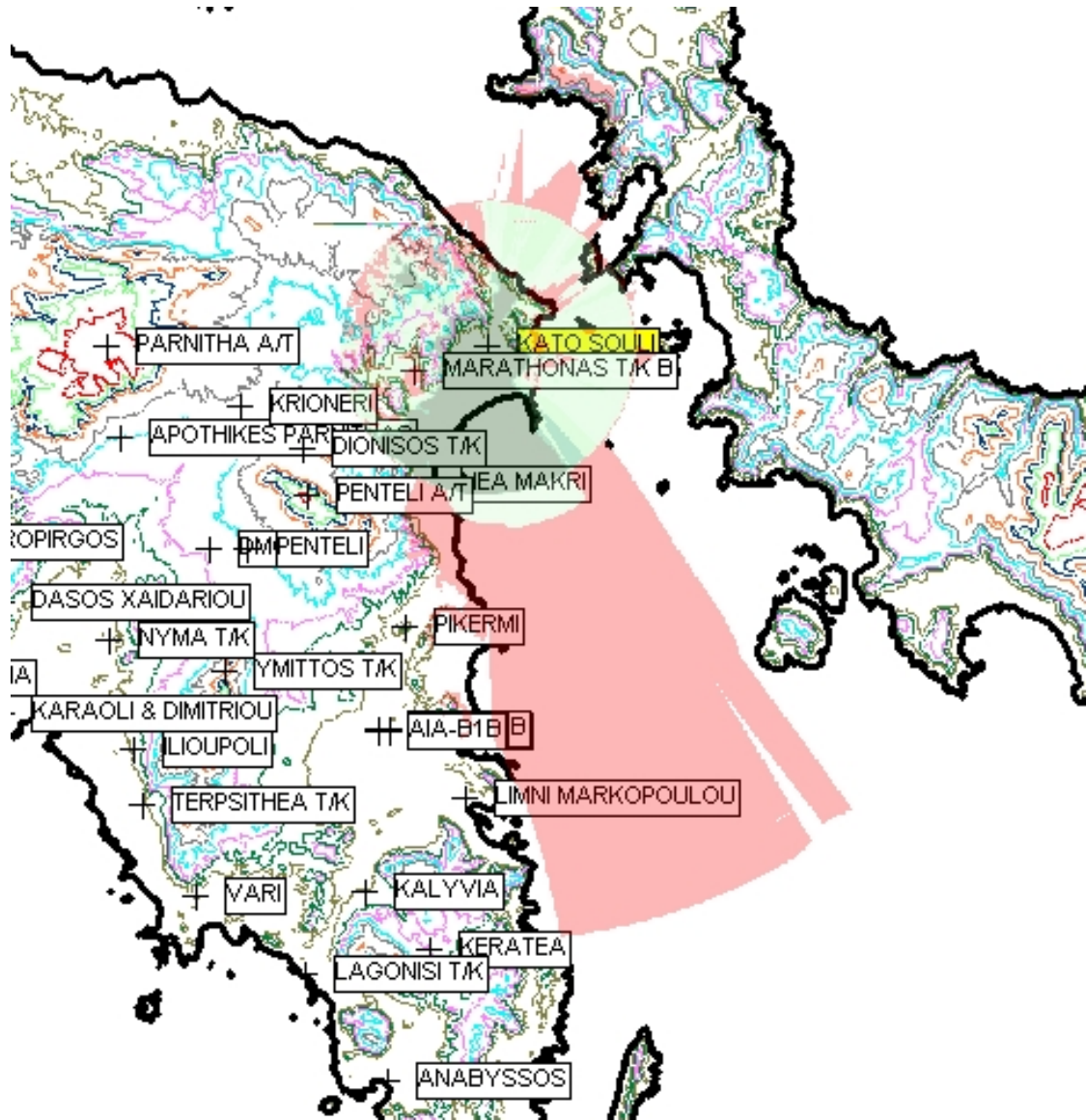
6. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΚΑΡΑΟΛΗ & ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ” υπό δυναμικές συνθήκες λήψης .



Σχήμα 5.2.7.6.B. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΚΑΡΑΟΛΗ & ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ” υπό δυναμικές συνθήκες .

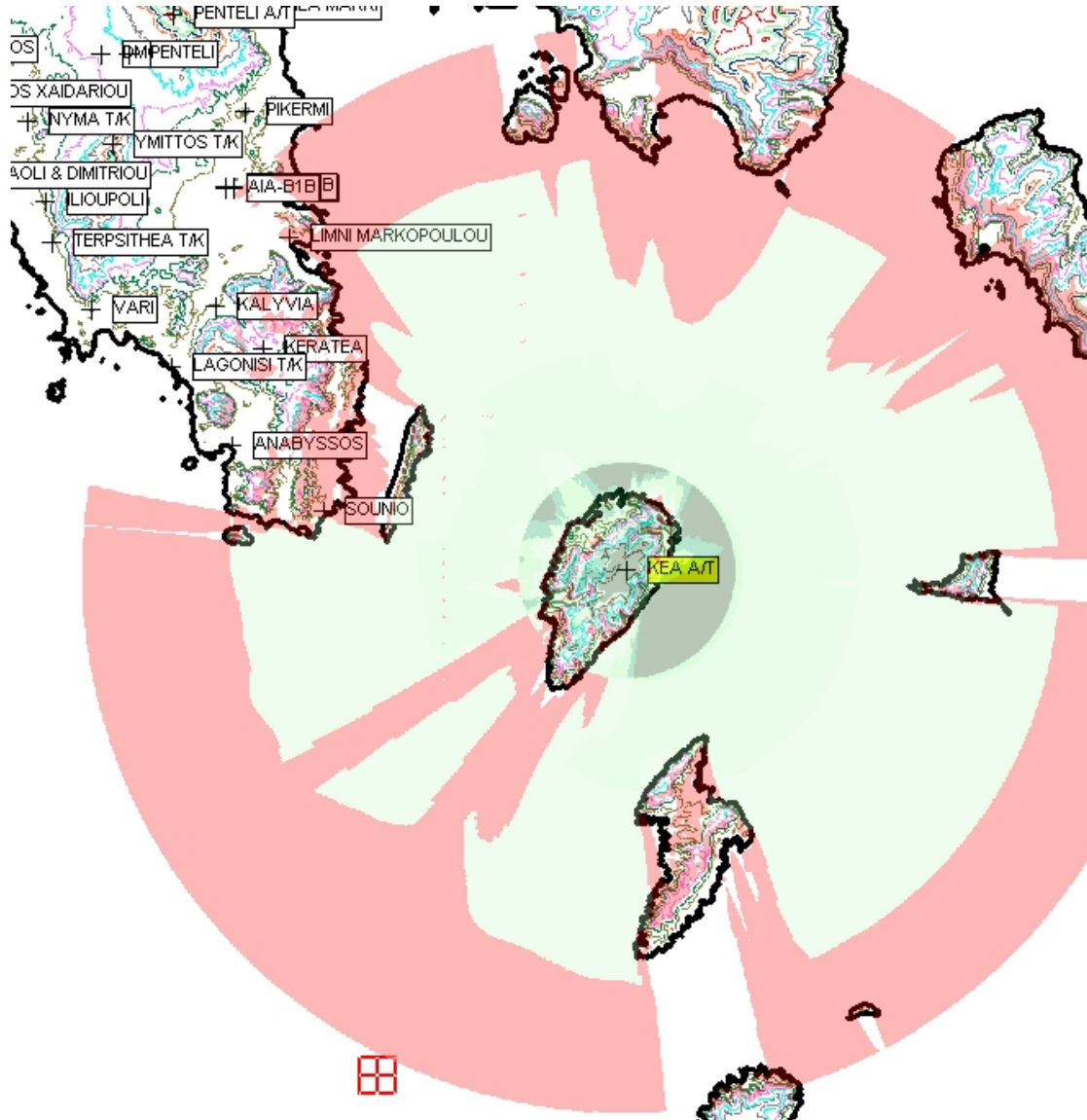


7. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΚΑΤΩ ΣΟΥΛΙ” υπό δυναμικές συνθήκες λήψης .



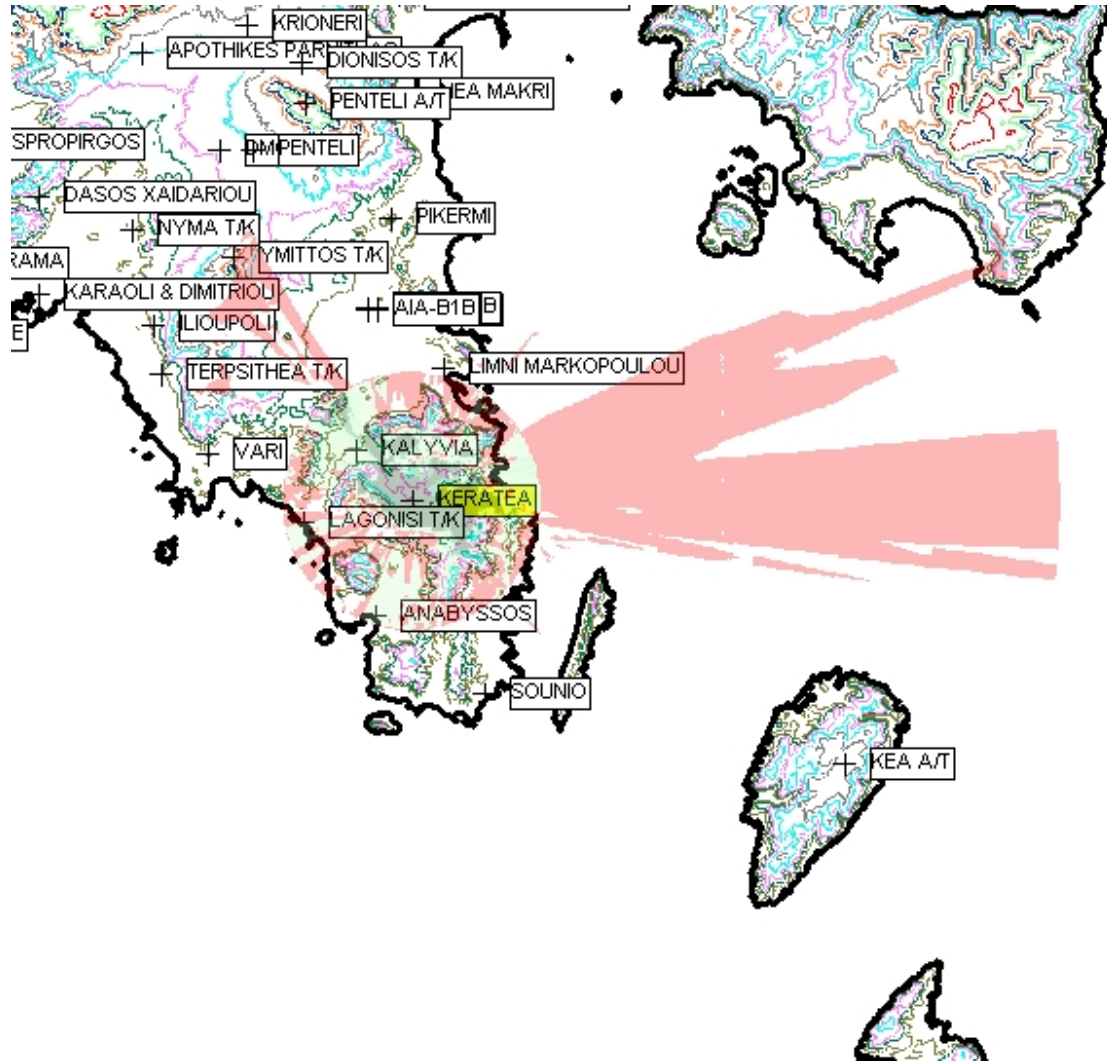
Σχήμα 5.2.7.7.B. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΚΑΤΩ ΣΟΥΛΙ” υπό δυναμικές συνθήκες .

8. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΚΕΑ Α/Τ” υπό δυναμικές συνθήκες λήψης .



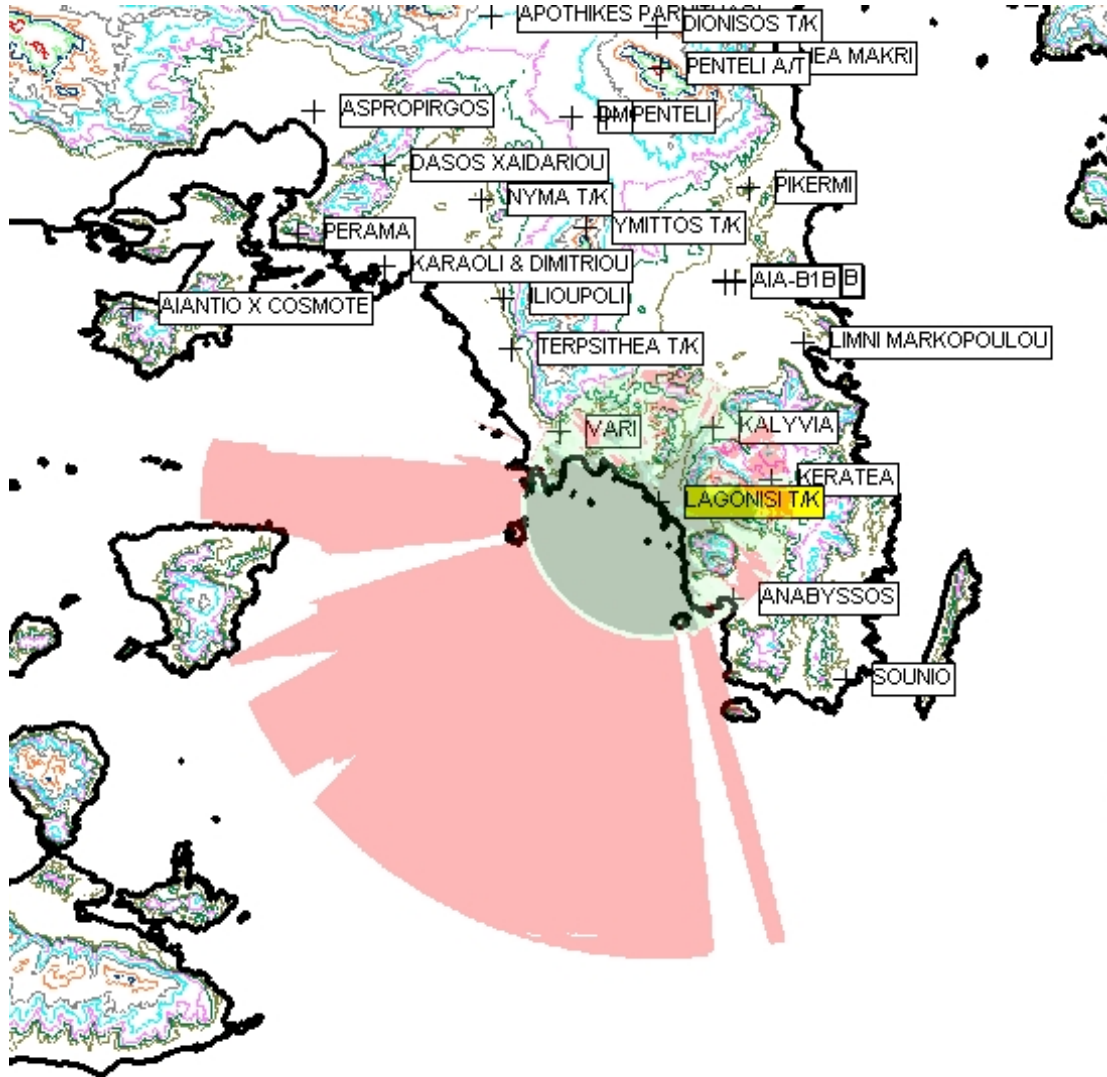
Σχήμα 5.2.7.8.Β. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΚΕΑ Α/Τ” υπό δυναμικές συνθήκες .

9. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΚΕΡΑΤΕΑ” υπό δυναμικές συνθήκες λήψης .



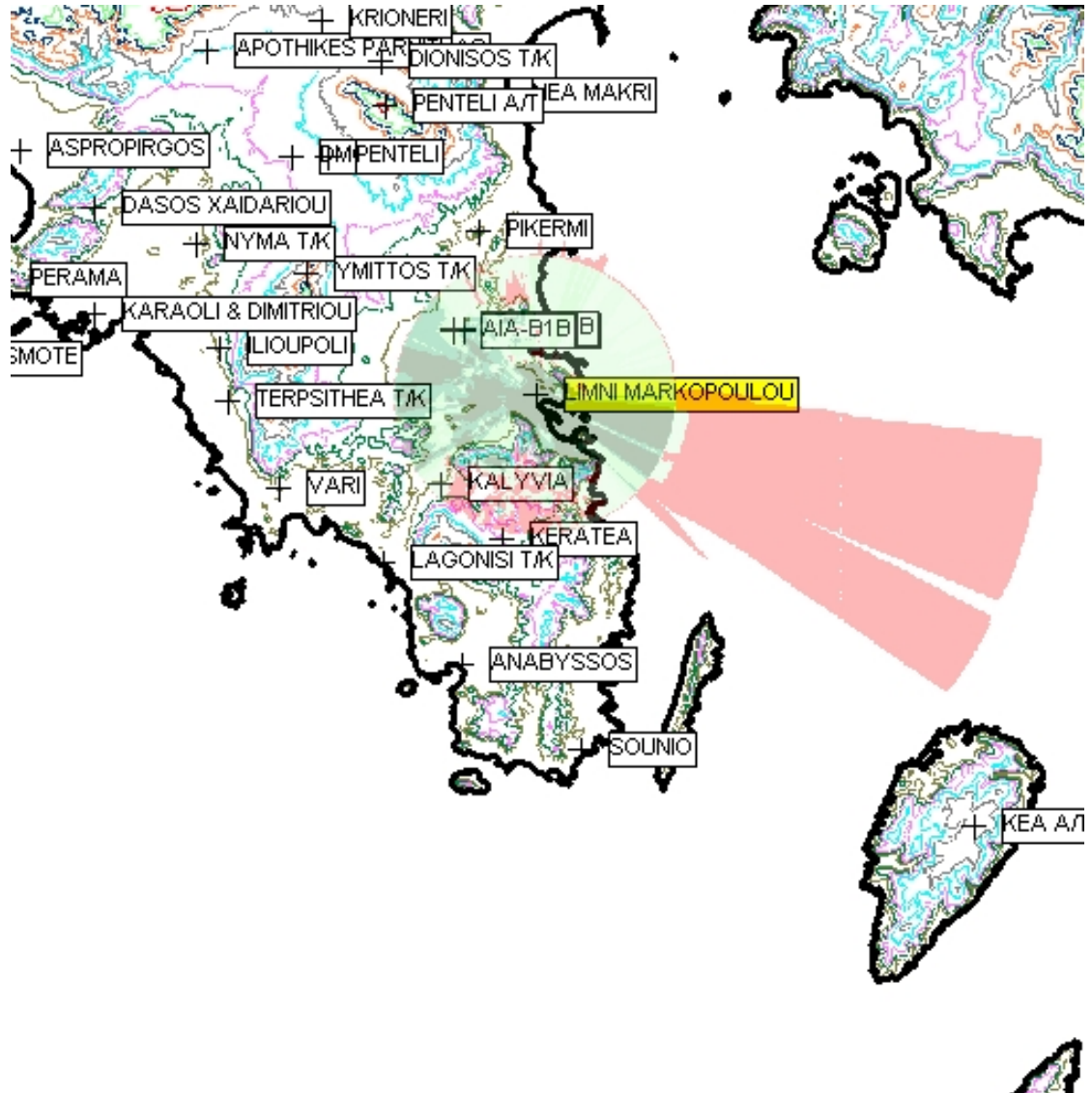
Σχήμα 5.2.7.9.B. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΚΕΡΑΤΕΑ” υπό δυναμικές συνθήκες .

10. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΛΑΓΟΝΗΣΙ Τ/Κ” υπό δυναμικές συνθήκες λήψης .



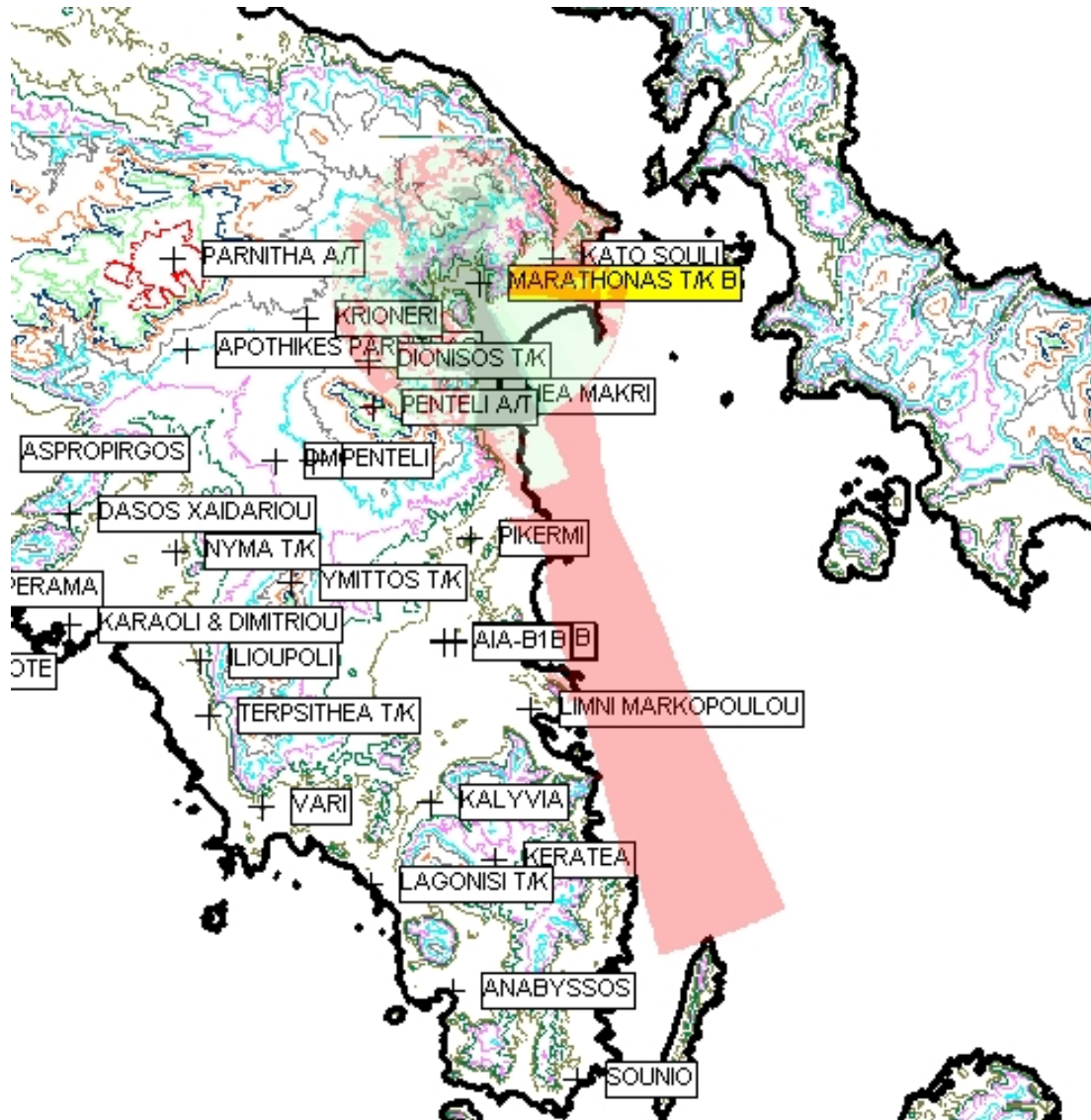
Σχήμα 5.2.7.10.B. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΛΑΓΟΝΗΣΙ Τ/Κ” υπό δυναμικές συνθήκες .

11. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΛΙΜΝΗ ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ” υπό δυναμικές συνθήκες λήψης .



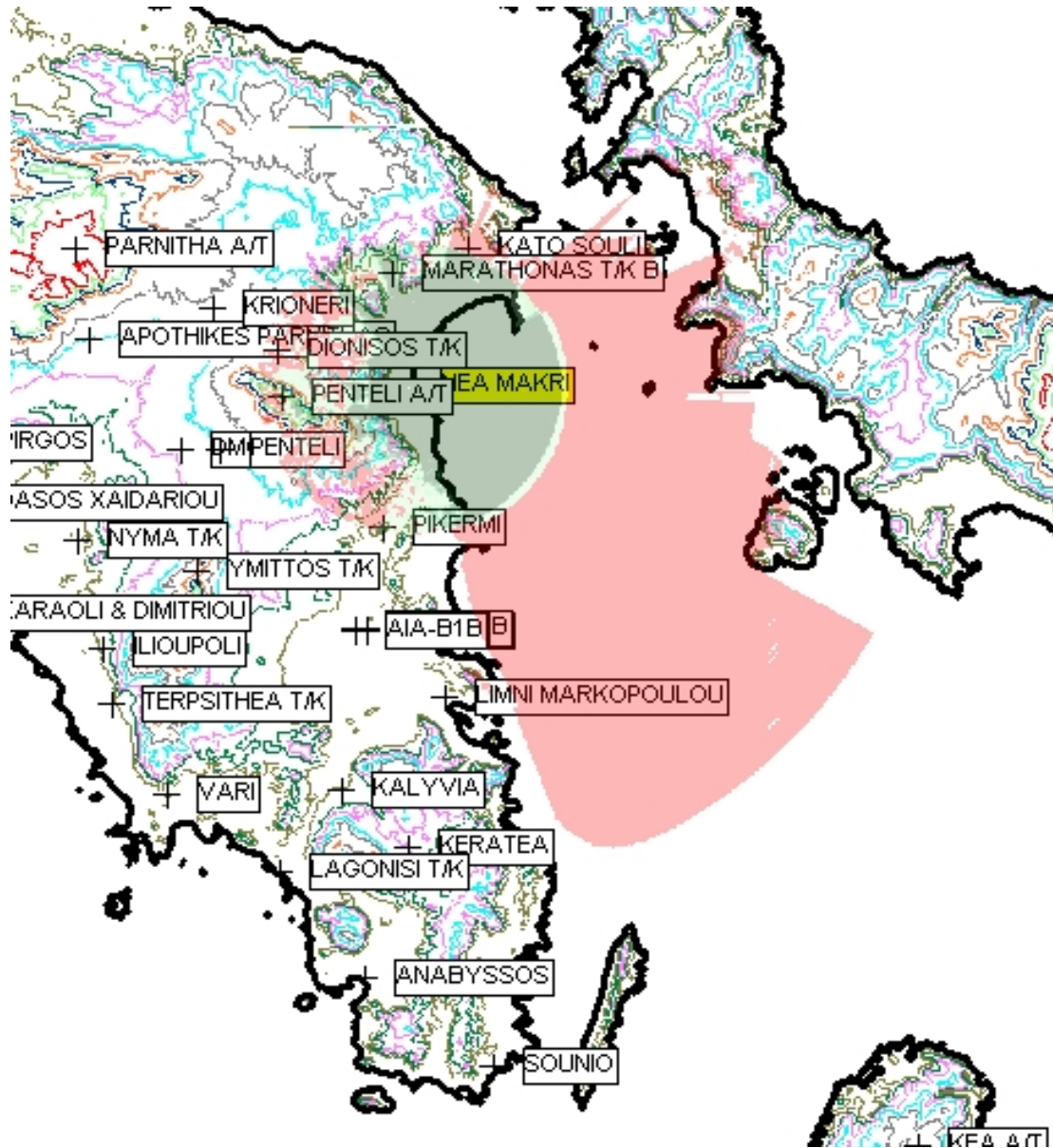
Σχήμα 5.2.7.11.B. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΛΙΜΝΗ ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ” υπό δυναμικές συνθήκες .

**12. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΜΑΡΑΘΩΝΑΣ Τ/Κ” υπό δυναμικές συνθήκες λήψης .**



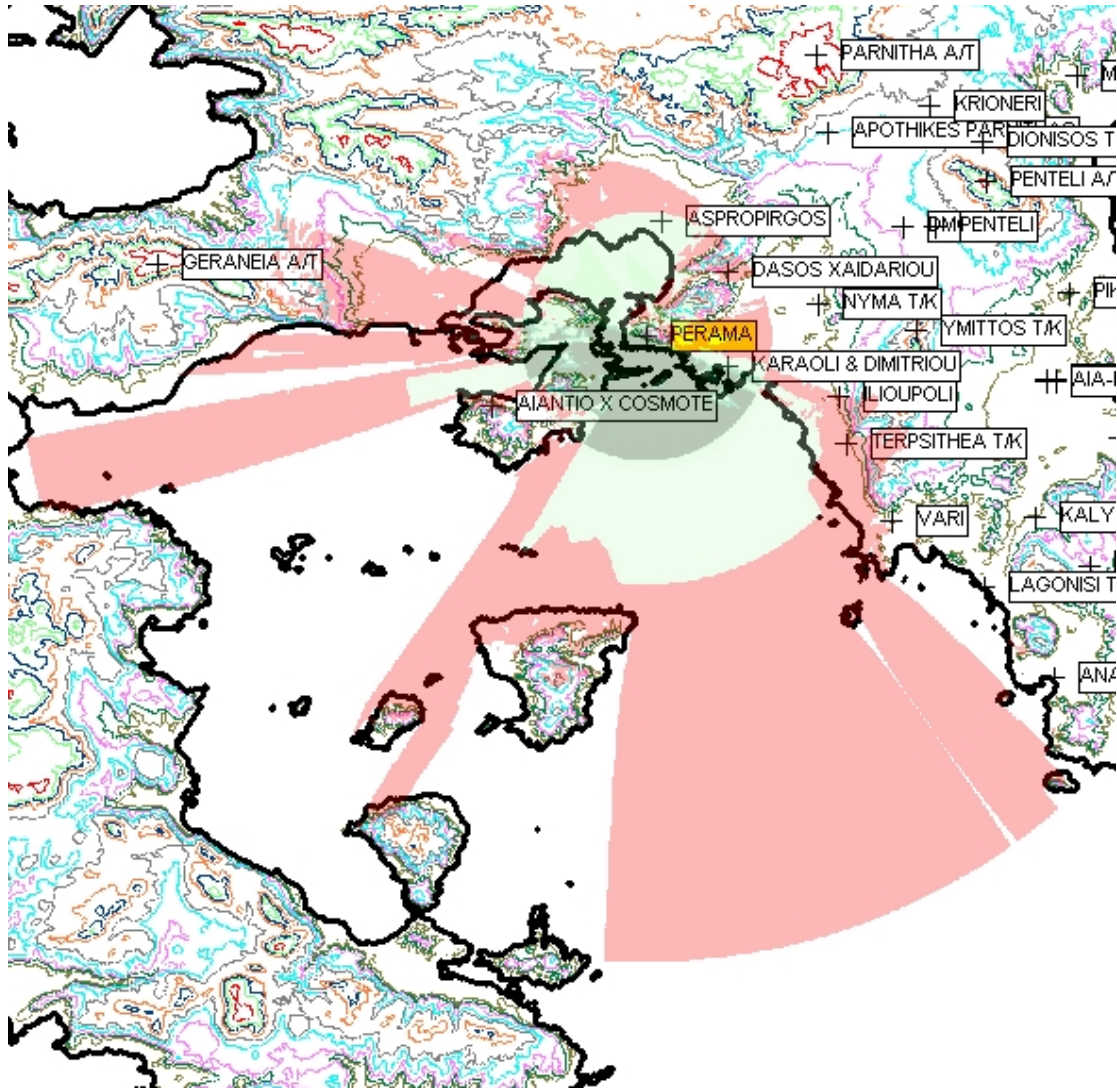
*Σχήμα 5.2.7.12.B. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΜΑΡΑΘΩΝΑΣ Τ/Κ” υπό δυναμικές συνθήκες .*

**13. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΝΕΑ ΜΑΚΡΗ” υπό δυναμικές συνθήκες λήψης .**



*Σχήμα 5.2.7.13.B. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΝΕΑ ΜΑΚΡΗ” υπό δυναμικές συνθήκες .*

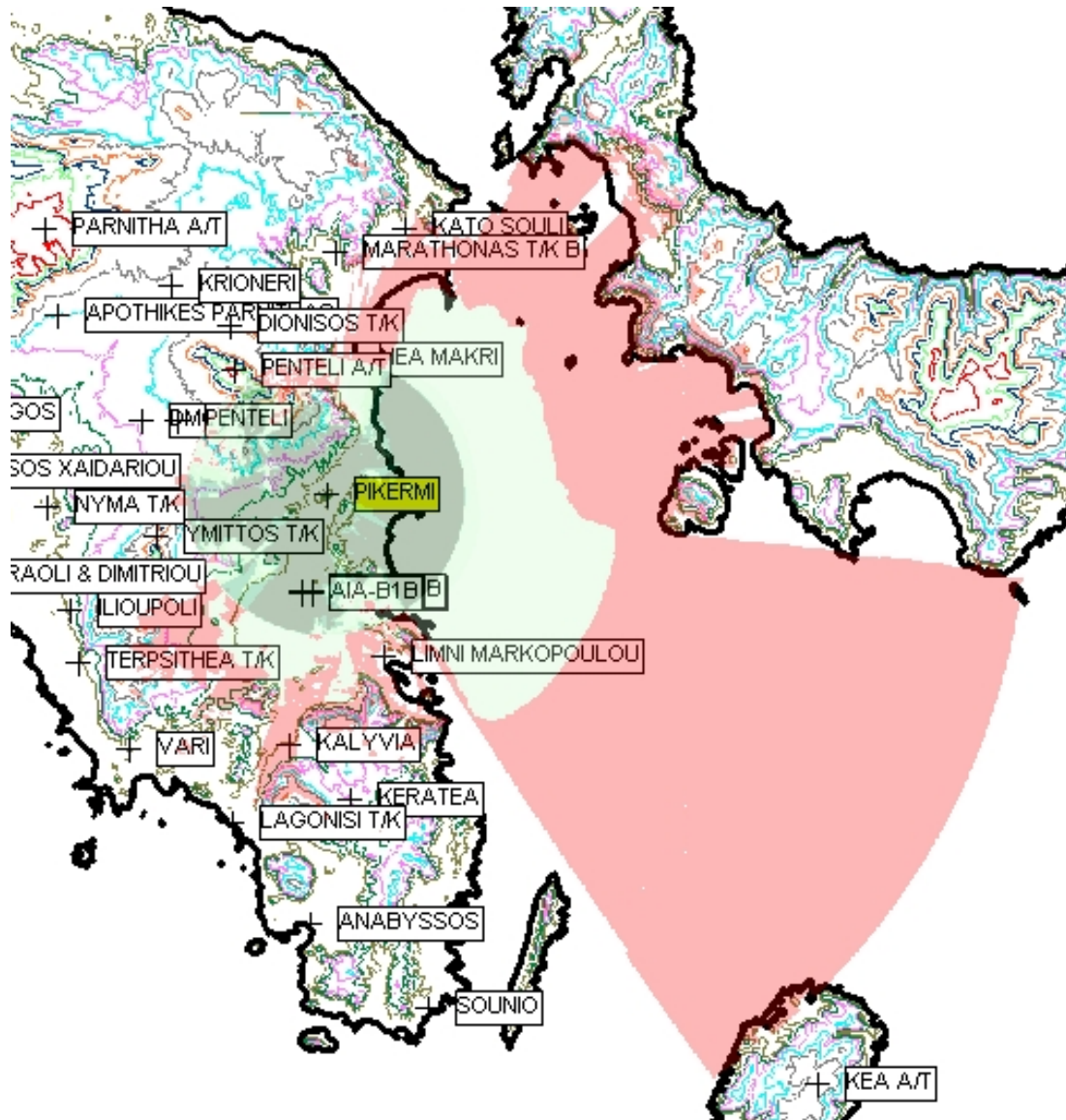
14. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΠΕΡΑΜΑ” υπό δυναμικές συνθήκες λήψης .



Σχήμα 5.2.7.14.B. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΠΕΡΑΜΑ” υπό δυναμικές συνθήκες .

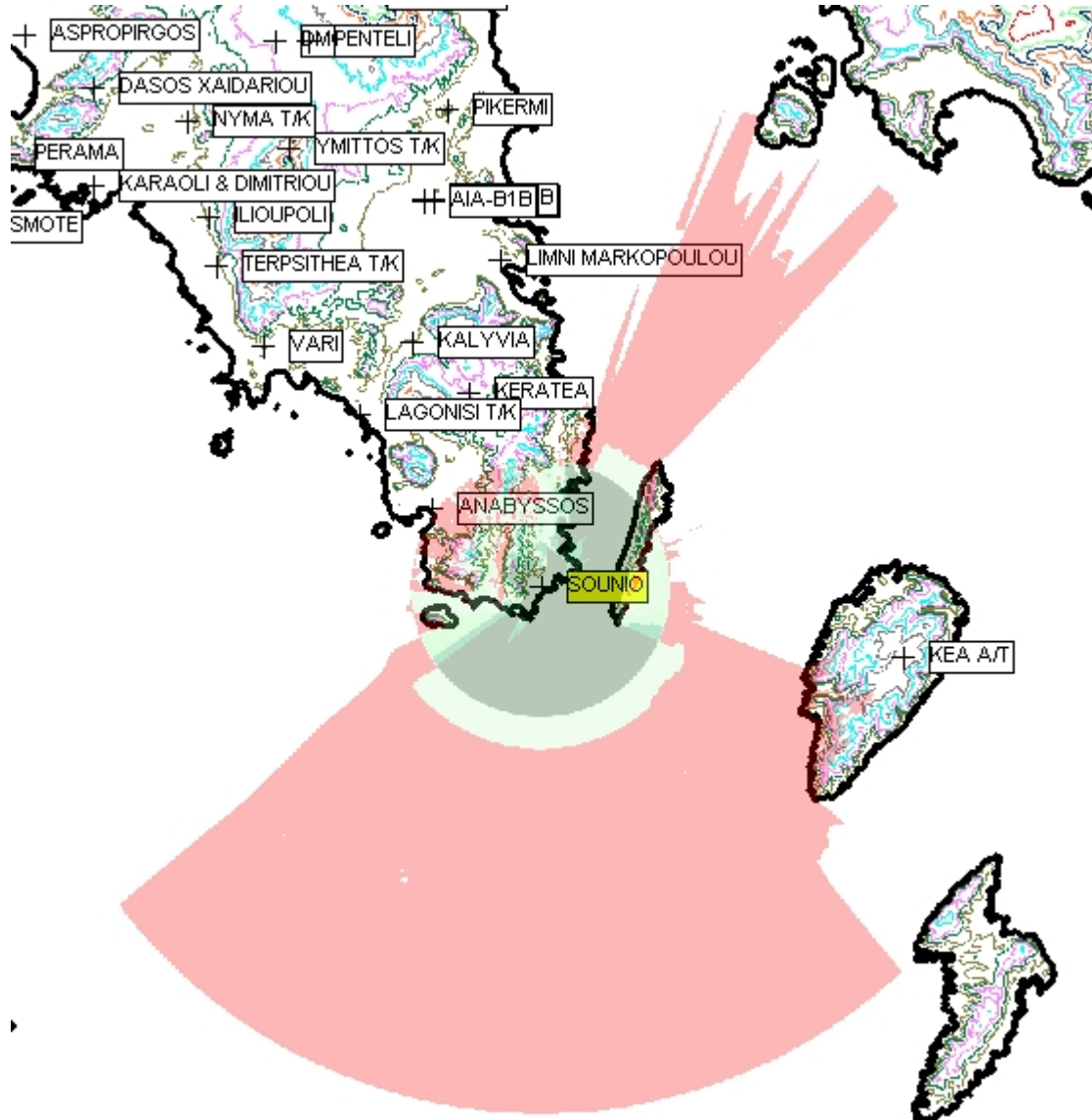


15. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΠΙΚΕΡΜΙ” υπό δυναμικές συνθήκες λήψης .



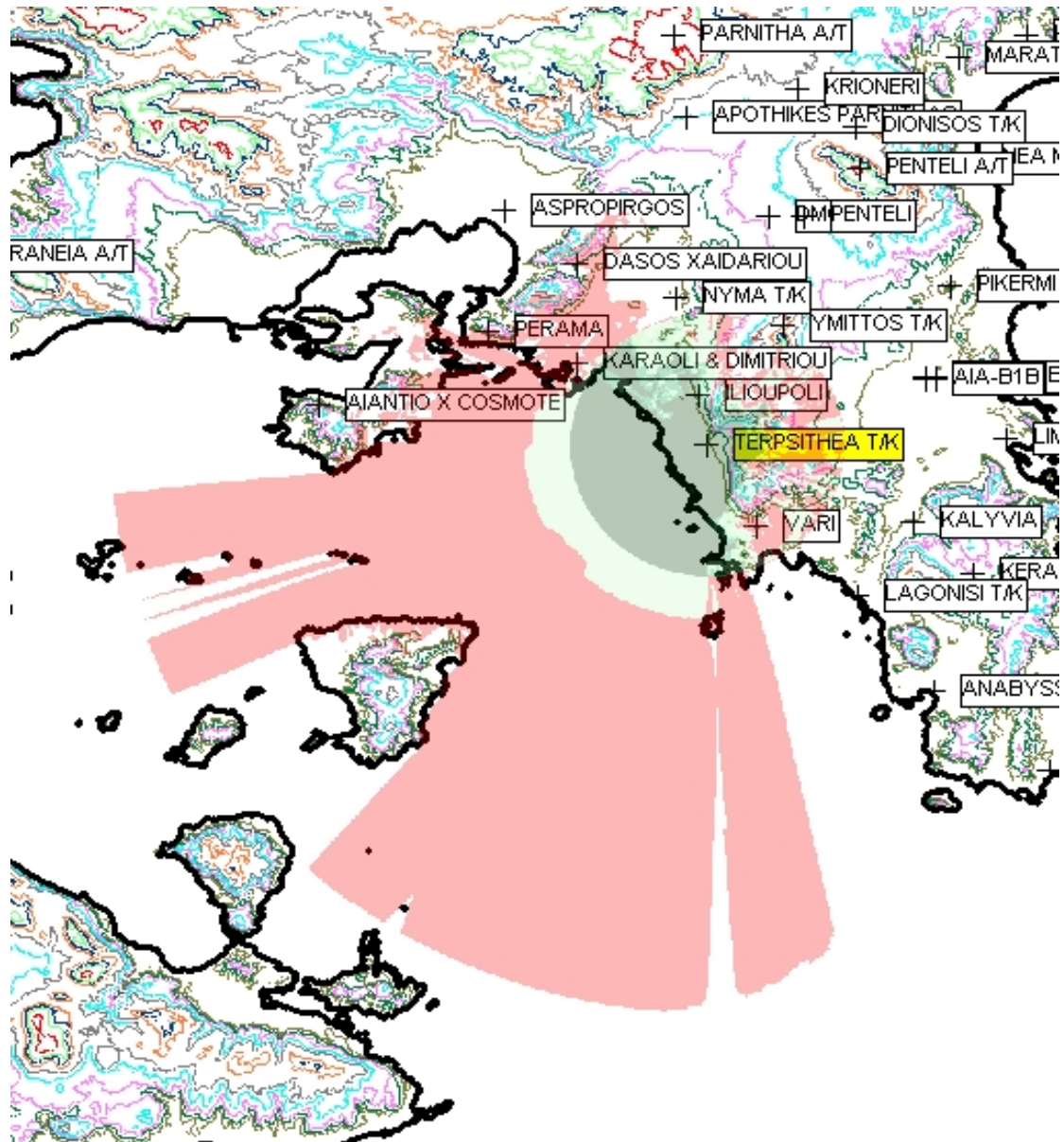
Σχήμα 5.2.7.15.B. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΠΙΚΕΡΜΙ” υπό δυναμικές συνθήκες .

16. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΣΟΥΝΙΟ” υπό δυναμικές συνθήκες λήψης .



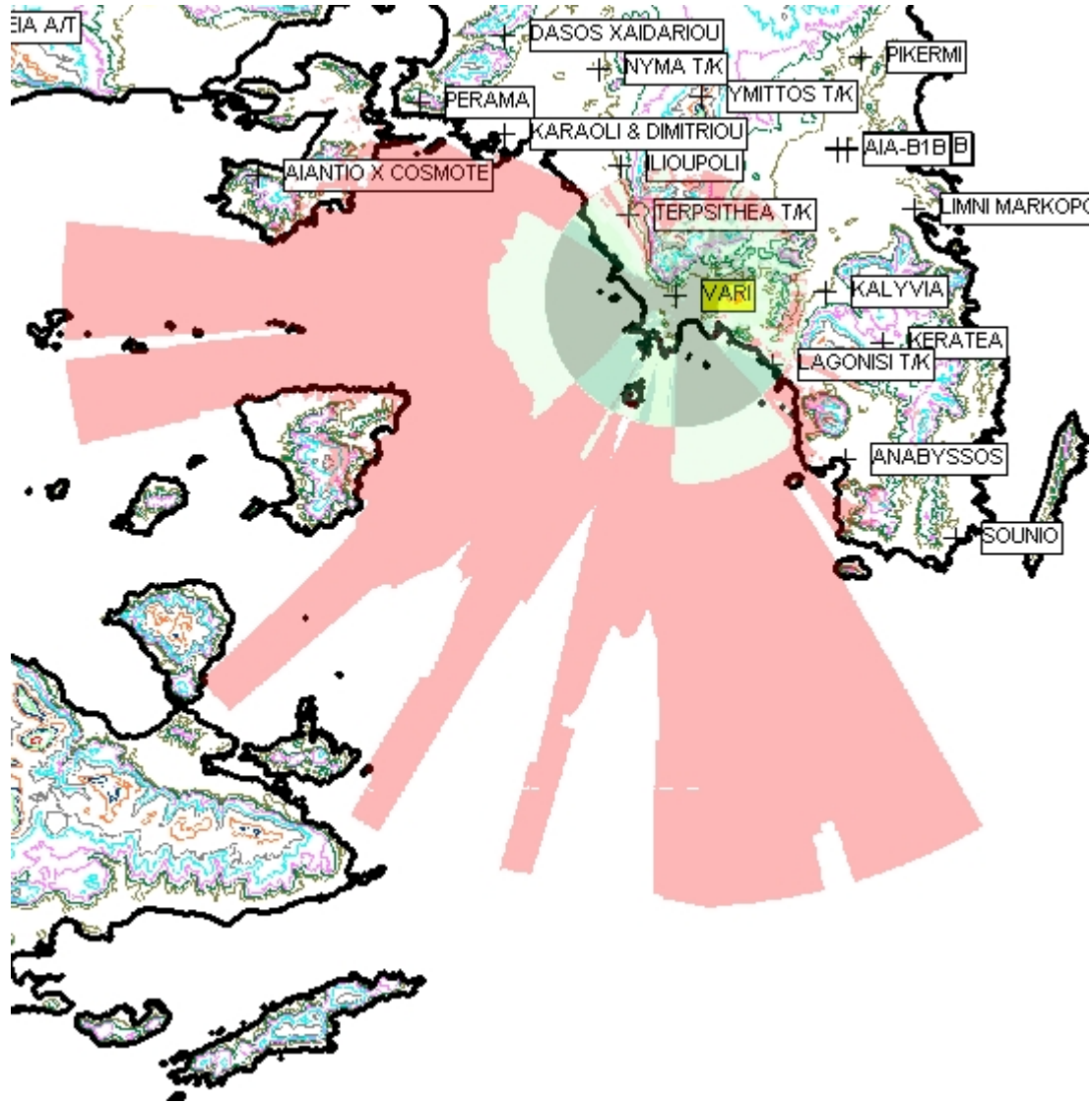
Σχήμα 5.2.7.16.Β. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΣΟΥΝΙΟ” υπό δυναμικές συνθήκες .

17. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΤΕΡΨΙΘΕΑ Τ/Κ” υπό δυναμικές συνθήκες λήψης .



Σχήμα 5.2.7.17.B. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΤΕΡΨΙΘΕΑ Τ/Κ” υπό δυναμικές συνθήκες .

18. Πρόβλεψη ραδιοκάλυψης από κεραία “ΒΑΡΗ” υπό δυναμικές συνθήκες λήψης .

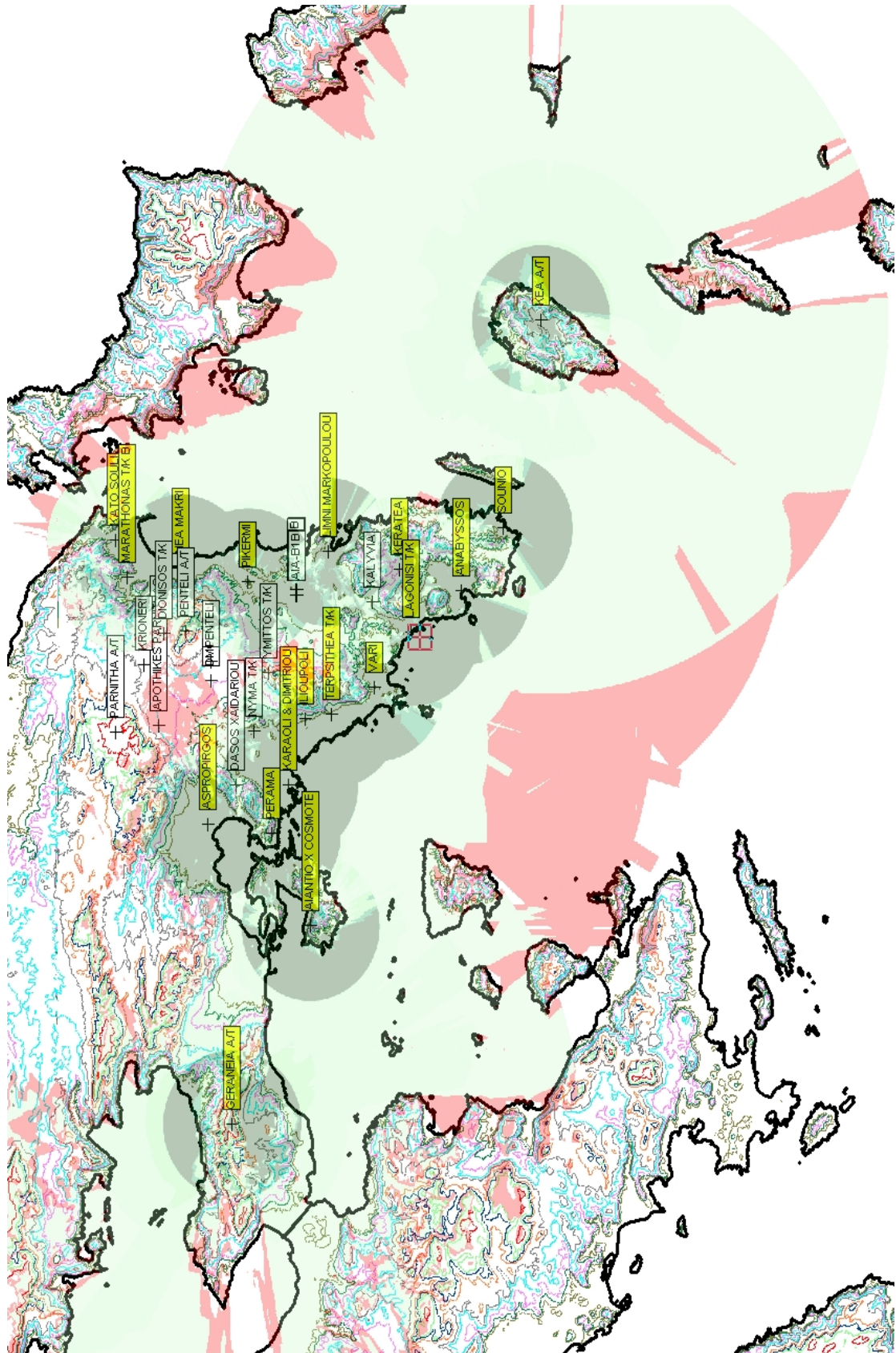


Σχήμα 5.2.7.18.Β. : πρόβλεψη ραδιοκάλυψης της κεραίας “ΒΑΡΗ” υπό δυναμικές συνθήκες .

**Γ. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗΣ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ :**

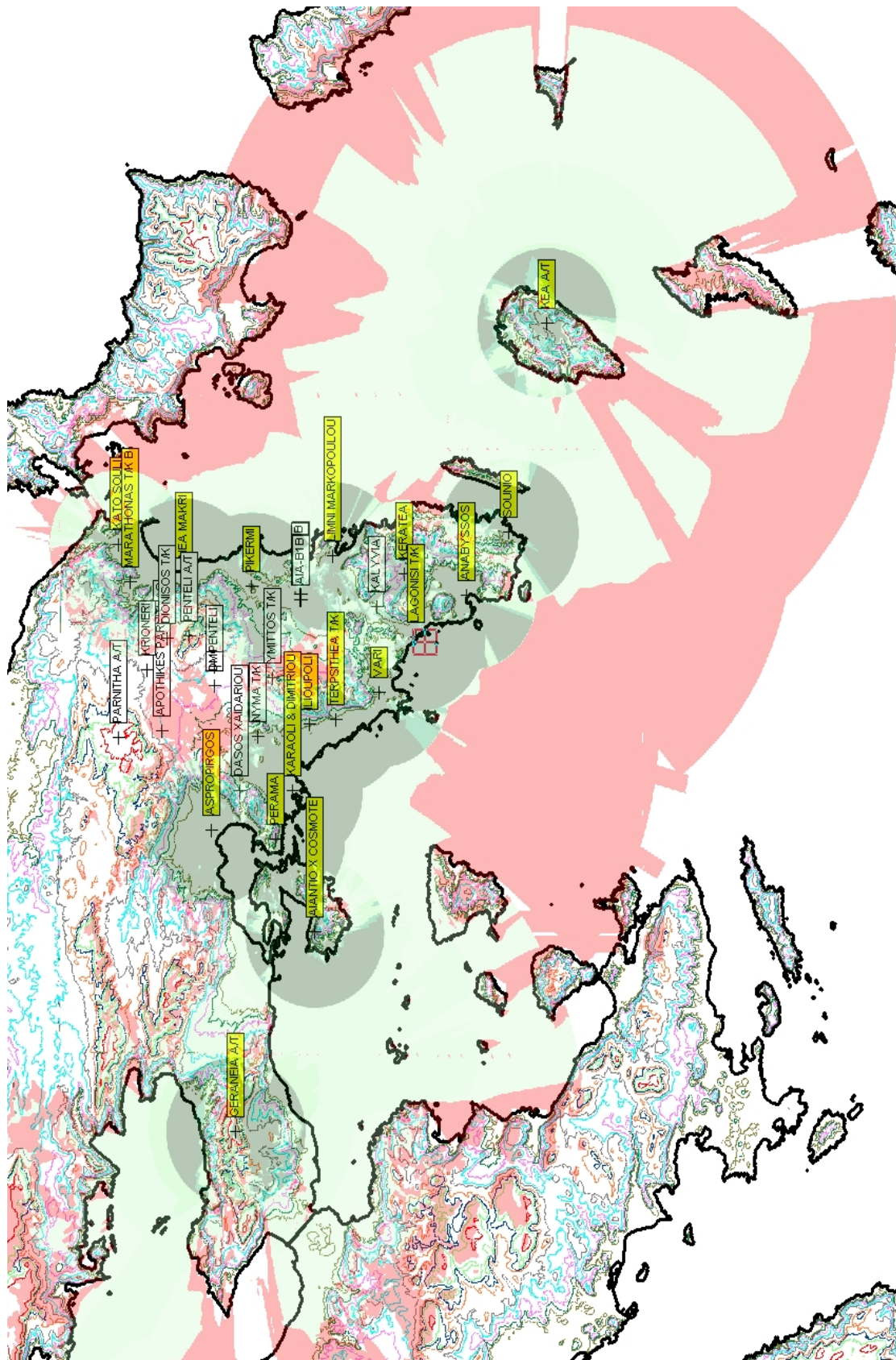
- 1. ΥΠΟ ΣΤΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΗΨΗΣ .**
- 2. ΥΠΟ ΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΗΨΗΣ .**

1.



*Σχήμα 5.2.7.1.Γ. : πρόβλεψη ραδιοκαλυψης νομού Αττικής υπό στατικές συνθήκες .*

2.



Σχήμα 5.2.7.2.Γ. : πρόβλεψη ραδιοκαλυψης νομού Αττικής υπό δυναμικές συνθήκες .

### **5.3. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ .**

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα στους παραπάνω χάρτες , εύκολα συμπεραίνεται ότι η ραδιοκαλυψη των θαλάσσιων και παράκτιων περιοχών του νομού Αττικής είναι ικανοποιητική , τόσο υπό δυναμικές όσο και στατικές συνθήκες λήψης . Ειδικότερα , παρατηρεί κανείς την σημαντική συμβολή των σταθμών βάσης στα Γεράνεια και στη Κέα για τη ραδιοκάλυψη των αμιγώς θαλάσσιων περιοχών , που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από τη ξηρά .