

## Εισαγωγή

Το σόμπαν είναι διάχυτο από ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Το φως που εκπέμπεται από τα άστρα είναι μέρος του συνολικού φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που συναντάτε στο σόμπαν. Δηλαδή η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία υπήρχε πάντα στη γη.

Ωστόσο, κατά τη διάρκεια του 20ού αιώνα η περιβαλλοντική έκθεση σε τεχνητές πηγές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας αυξήθηκε ραγδαία, εξαιτίας των εφαρμογών του ηλεκτρισμού, της ανάπτυξης της ασύρματης τεχνολογίας και των εφαρμογών της, καθώς επίσης και των αλλαγών στις εργασιακές σχέσεις και στην κοινωνική συμπεριφορά.



Σήμερα, οι άνθρωποι εκτίθενται σε πλήθος ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων σε διάφορες συχνότητες, τόσο στο χώρο κατοικίας όσο και στο χώρο της εργασίας.

Τα ενδεχόμενα βιολογικά αποτελέσματα που οφείλονται στις κατασκευασμένες από τον άνθρωπο πηγές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας έχουν προσελκύσει το επιστημονι-

κό ενδιαφέρον από τα τέλη του 1800 και έχουν τόχει ιδιαίτερης προσοχής κατά τα τελευταία 35 χρόνια.

Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία (ΗΜΠ), υπάρχουν παντού στο περιβάλλον μας και προέρχονται από φυσικές ή τεχνητές πηγές.

Το γήινο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, το ηλιακό φως, οι κεραυνοί, ο χτύπος της καρδιάς, το ανθρώπινο νευρικό σύστημα αποτελούν φυσικές πηγές ηλεκτρομαγνητικών πεδίων.

Στις τεχνητές πηγές ηλεκτρομαγνητικών πεδίων περιλαμβάνονται οι οικιακές ηλεκτρικές συσκευές (ηλεκτρική σκούπα, φούρνος μικροκυμάτων, ψυγείο, τηλεόραση κ.λ.π.), οι γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος, οι τηλεοπτικοί και ραδιοφωνικοί σταθμοί, οι σταθμοί βάσης κινητής τηλεφωνίας, τα ραντάρ, το ασύρματο ίντερνετ κ.λ.π.

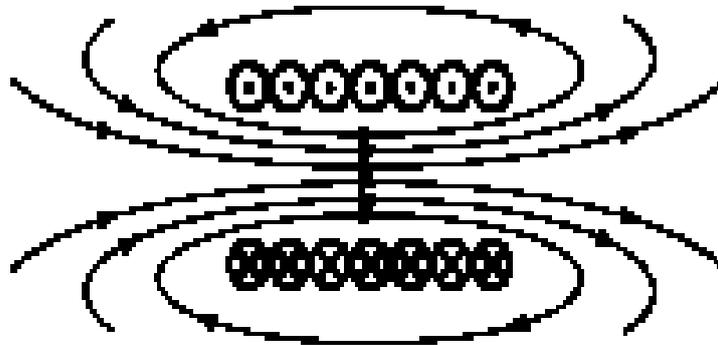
## Ορισμός Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι η εκπομπή στον χώρο ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας υπό την μορφή κυμάτων που ονομάζονται ηλεκτρομαγνητικά κύματα.

Η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια (ή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία) αποτελείται από κύματα ηλεκτρικής και μαγνητικής ενέργειας, τα οποία διαδίδονται (ακτινοβολούνται) στον ελεύθερο χώρο και στην πλειονότητά τους είναι αόρατα.

Από την ακτινοβολία αυτή, μόνο ένα μικρό τμήμα της μπορεί να εντοπισθεί από το ανθρώπινο μάτι και αποτελεί το ορατό φως που παράγει τα διάφορα χρώματα του ουράνιου τόξου.

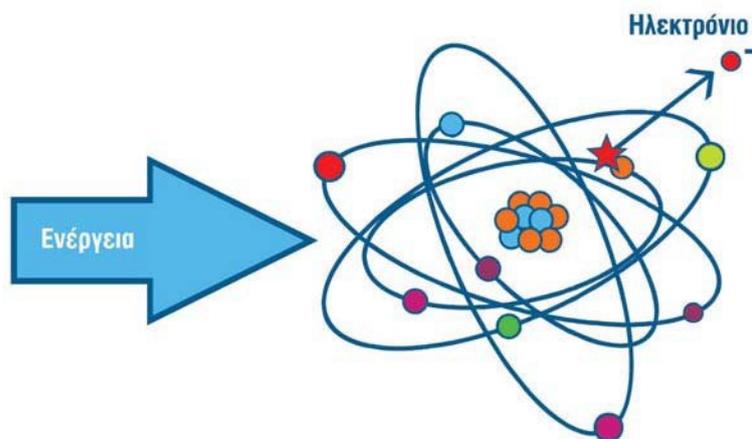
Η περιοχή στην οποία αναπτύσσονται τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα ονομάζεται ηλεκτρομαγνητικό πεδίο.



## Ηλεκτρομαγνητικά Κύματα

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι συγχρονισμένα ταλαντευόμενα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία τα οποία παράγονται από επιταχυνόμενα ηλεκτρικά φορτία. Δημιουργούνται επίσης όταν ένα ηλεκτρόνιο κάποιου ατόμου χάνει μέρος της ενέργειάς του και μεταπίπτει σε χαμηλότερη τροχιά ή ενεργειακή στάθμη κοντά στον πυρήνα. Αυτό έχει ως συνέπεια να δημιουργηθεί μια ταλάντωση που διαδίδεται πλέον στο χώρο με τη μορφή ενός ταυτόχρονα ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου.

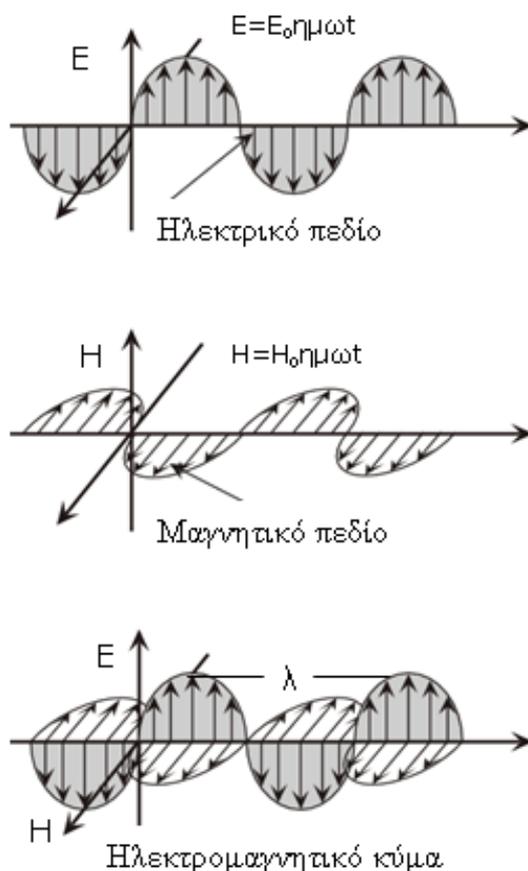
Όταν το ηλεκτρομαγνητικό κύμα προσκρούσει σε κάποιο άτομο τα δύο συνδυασμένα αυτά πεδία μπορούν να προσφέρουν μεταφερόμενη ενέργεια σε ένα ηλεκτρόνιο με αποτέλεσμα να το εξαναγκάσουν να μεταπηδήσει αυτό σε ανώτερη ενεργειακή στάθμη.



Τα δύο αυτά πεδία δηλαδή το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο μεταβάλλονται περιοδικά στο χώρο και το χρόνο (ακολουθώντας το νόμο του ημιτόνου) και είναι αφενός μεν, κάθετα μεταξύ τους, και αφετέρου κάθετα με τη διεύθυνση διάδοσης του παραγόμενου κύματος, του λεγόμενου ηλεκτρομαγνητικού κύματος. Διαδίδονται στο χώρο κατά επίπεδα μέτωπα και γι' αυτό ονομάζονται επίπεδα κύματα. Επιπλέον είναι και συμφασικά, παίρνουν δηλαδή συγχρόνως τη μέγιστη ή την ελάχιστη τιμή τους.

Τα ηλεκτρικά πεδία δημιουργούνται λόγω διαφοράς ηλεκτρικού δυναμικού. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά δυναμικού, τόσο ισχυρότερο είναι και το ηλεκτρικό πεδίο που

προκύπτει. Η μονάδα μέτρησης της έντασης των ηλεκτρικών πεδίων είναι βολτ ανά μέτρο ( $V/m$ ).



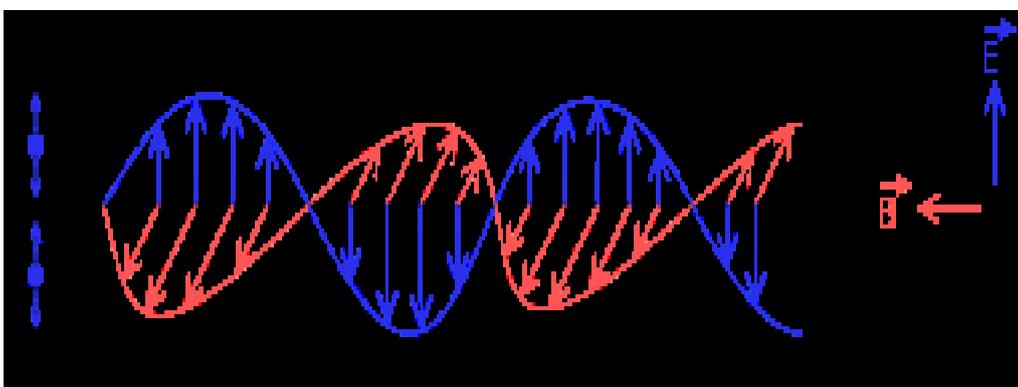
Διάδοση του ηλεκτρομαγνητικού κύματος

Ενώ τα μαγνητικά πεδία δημιουργούνται όταν υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα. Όσο πιο υψηλή είναι η ένταση του ρεύματος τόσο πιο ισχυρό θα είναι το μαγνητικό πεδίο. Όταν διακοπεί το ηλεκτρικό ρεύμα, το μαγνητικό πεδίο μηδενίζεται. Μια συσκευή, όπως για παράδειγμα ο στεγνωτήρας μαλλιών, παράγει μαγνητικό πεδίο μόνο όταν το ηλεκτρικό ρεύμα τη θέτει σε λειτουργία. Η διακοπή του ρεύματος, εξαφανίζει άμεσα το μαγνητικό πεδίο. Η μονάδα μέτρησης της έντασης των μαγνητικών πεδίων είναι αμπέρ ανά μέτρο ( $A/m$ ).

Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία μπορεί να είναι υψηλής ή χαμηλής έντασης, συνεχής ή μικρής διάρκειας.

## Χαρακτηριστικά Ηλεκτρομαγνητικών Κυμάτων

Τα σημαντικά χαρακτηριστικά των διαφόρων τύπων ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων είναι η απόσταση που καλύπτεται από ένα κύκλο του κύματος, και ονομάζεται μήκος κύματος, ο αριθμός των κυμάτων που διέρχονται από ένα συγκεκριμένο σημείο ανά δευτερόλεπτο, που είναι η συχνότητα του κύματος και η ενέργεια των φωτονίων που μεταφέρουν.



Το μήκος κύματος συνδέεται άμεσα με τη συχνότητα με την σχέση

$$c = \lambda f$$

Όσο πιο μικρό είναι το μήκος κύματος, τόσο πιο υψηλή είναι η συχνότητα.

Όσον αφορά την ενέργεια που μεταφέρεται, αυτή σχετίζεται με τη συχνότητα με τη σχέση

$$E = h \times f$$

όπου  $h$  η σταθερά του Planck.

Όταν, λοιπόν, η κβαντική ενέργεια είναι μεγάλη (και άρα υψηλή συχνότητα), τότε σπάζουν οι δεσμοί.

Όταν διαδίδονται τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα στο κενό δηλαδή όταν υπάρχει η απόλυτη απουσία ύλης σε μια περιοχή του χώρου διαδίδονται με ταχύτητα ίση με την ταχύτητα του φωτός ( $c = 299.792.458 \text{ m/s}$ ) ενώ μέσα στην ύλη με ταχύτητα λίγο μικρότερη απ' την ταχύτητα του φωτός.

Η συχνότητα ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος εκφράζεται συνήθως σε μονάδες Hertz (Hz).

Ένα Hz ισούται με μια ταλάντωση ανά δευτερόλεπτο.

Ένα Kilohertz (KHz) ισούται με χίλιες ταλαντώσεις ανά δευτερόλεπτο.

$$1 \text{ Kilohertz (KHz)} = 1.000 \text{ Hertz}$$

Ένα Megahertz (MHz) ισούται με ένα εκατομμύριο ταλαντώσεις ανά δευτερόλεπτο

$$1 \text{ Megahertz (MHz)} = 1.000.000 \text{ Hertz}$$

Και ένα Gigahertz (GHz) ισούται με 1 δισεκατομμύριο ταλαντώσεις ανά δευτερόλεπτο.

$$1 \text{ Gigahertz (GHz)} = 1.000.000.000 \text{ Hertz}$$

Στον πίνακα που ακολουθεί υπάρχουν οι υποδιαιρέσεις και τα πολλαπλάσια στο SI για το Hertz

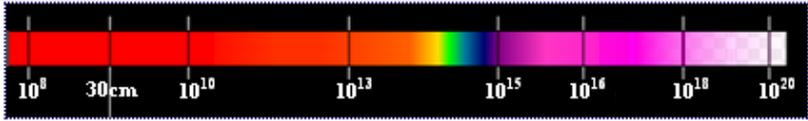
**SI πολλαπλάσια για hertz (Hz)**

Υποπολλαπλάσια			Πολλαπλά		
Αξία	Σύμβολο	Όνομα	Αξία	Σύμβολο	Όνομα
$10^{-1}$ Hz	DHZ	decihertz	$10^1$ Hz	daHz	decahertz
$10^{-2}$ Hz	cHz	centihertz	$10^2$ Hz	hHz	hectohertz
$10^{-3}$ Hz	mHz	millihertz	$10^3$ Hz	<b>kHz</b>	<b>kilohertz</b>
$10^{-6}$ Hz	MHz	microhertz	$10^6$ Hz	<b>MHz</b>	<b>megahertz</b>
$10^{-9}$ Hz	nHz	nanohertz	$10^9$ Hz	<b>GHz</b>	<b>γιγαχέρτζ</b>
$10^{-12}$ Hz	PHZ	picohertz	$10^{12}$ Hz	<b>THz</b>	<b>terahertz</b>
$10^{-15}$ Hz	FHz	femtohertz	$10^{15}$ Hz	PHZ	petahertz
$10^{-18}$ Hz	AHz	attohertz	$10^{18}$ Hz	EHz	exahertz
$10^{-21}$ Hz	zHz	zeptohertz	$10^{21}$ Hz	ZHz	zettahertz
$10^{-24}$ Hz	YHz	yoctohertz	$10^{24}$ Hz	YHz	yottahertz

Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία εμφανίζονται σε ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων, το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα χωρίζεται σε επιμέρους περιοχές (ζώνες συχνοτήτων).

Όπως είδαμε παραπάνω οι σημαντικότερες διαφορές των διαφορετικών τύπων ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σχετίζονται με τη συχνότητα τους.

Στον πίνακα που ακολουθεί υπάρχει η περιοχή συχνοτήτων και η ενέργεια των φωτονίων διαφόρων τύπων ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων έτσι ώστε να αντιληφθούμε καλύτερα τις διαφορές που υπάρχουν μεταξύ τους.



**Ζώνες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος**

Περιοχή του φάσματος	Περιοχή συχνοτήτων	Ενέργεια φωτονίων
Ραδιοκύματα	0-300 MHz	$0-10^{-5}$ eV
Μικροκύματα	300 MHz - 300GHz	$10^{-5} - 10^{-3}$ eV
υπέυθρη ακτινοβολία	300GHz - 400THz	$10^{-3} - 1,6$ eV
ορατή ακτινοβολία	400-800THz	1,6 - 3,2 eV
υπεριώδης ακτινοβολία	800THz - $3 \cdot 10^{17}$ Hz	3eV - 2000eV
ακτίνες X	$3 \cdot 10^{17}$ Hz - $5 \cdot 10^{19}$ Hz	1200 eV - $2,4 \cdot 10^5$ eV
ακτίνες γ	$5 \cdot 10^{19}$ Hz - $3 \cdot 10^{22}$ Hz	$10^5$ eV - $10^7$ eV
Κοσμικές ακτίνες	$3 \cdot 10^{22}$ Hz -	$10^7$ eV -

Για οποιοδήποτε ηλεκτρομαγνητικό κύμα, το γινόμενο του μήκους κύματος και της συχνότητας ισούται με την ταχύτητα του φωτός.

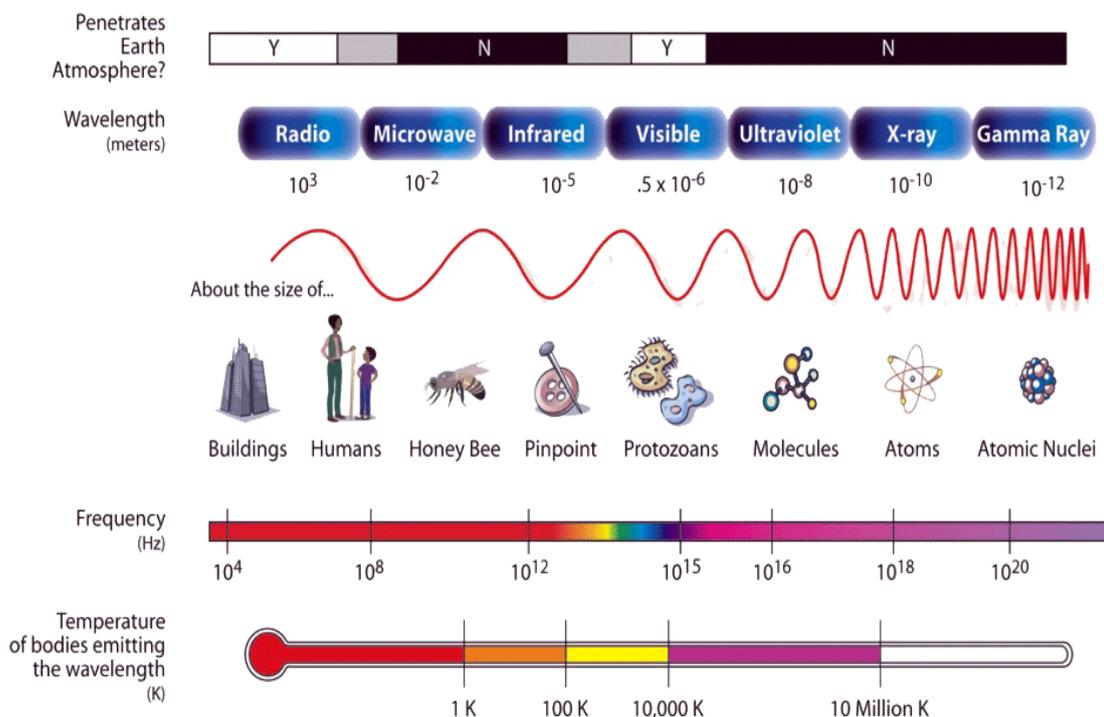


## Μορφές Ηλεκτρομαγνητικών Κυμάτων

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα εμφανίζονται λοιπόν με πολλές διαφορετικές μορφές για παράδειγμα αναφέραμε στον πίνακα της προηγούμενης παραγράφου τα ραδιοκύματα, τα μικροκύματα, το ορατό φως, οι ακτίνες X, ακτίνες γ, η κοσμική ακτινοβολία, ο ηλεκτρισμός, οι υπέρυθρες ακτίνες αλλά και η υπεριώδης ακτινοβολία αποτελούν μορφές ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Όλες αυτές οι παραπάνω μορφές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας κινούνται (ταξιδεύουν) με την ταχύτητα φωτός και μπορούν ακόμη και να διαπεράσουν και ορισμένα υλικά.

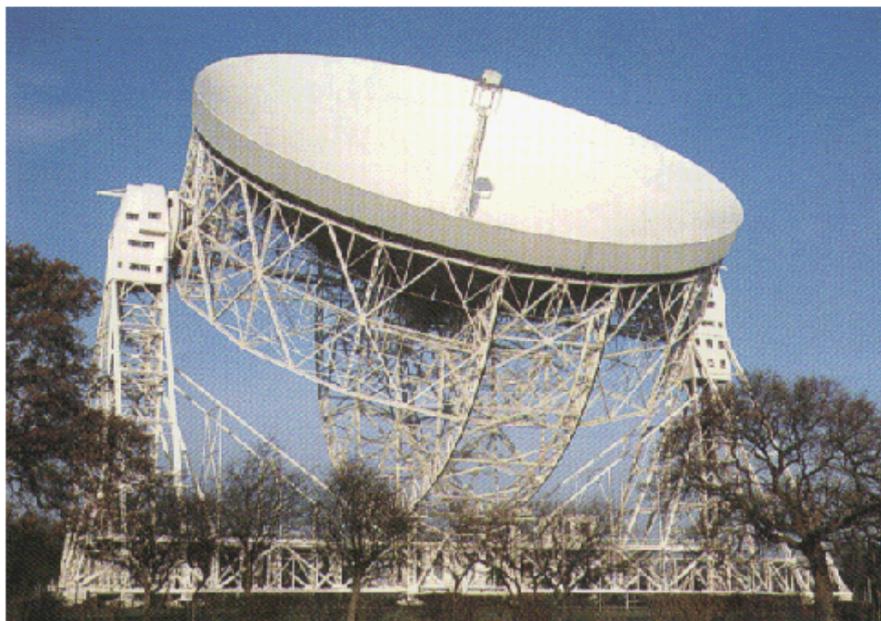
Παρακάτω θα αναφέρουμε τι σημαίνουν οι έννοιες ραδιοκύματα, μικροκύματα, ορατό φως, ακτίνες X, ακτίνες γ, κοσμική ακτινοβολία, ηλεκτρισμός, υπέρυθρη ακτινοβολία και υπεριώδης ακτινοβολία αφού είναι έννοιες που συναντούμε συχνά στην καθημερινότητά μας και είναι από τις σημαντικότερες μορφές των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, αφού οι εφαρμογές τους είναι μεγάλης σημασίας για τον άνθρωπο.



## Ραδιοκύματα

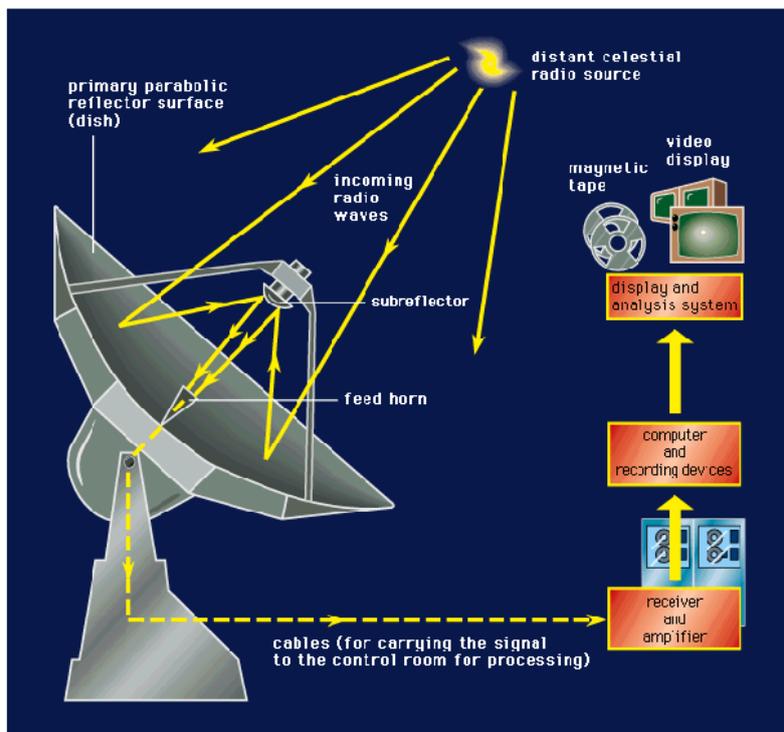
Τα ραδιοκύματα είναι κύματα με συχνότητα από 3 KHz μέχρι 300 GHz. Το μήκος κύματος των ραδιοκυμάτων ποικίλλει μεταξύ των τιμών 1mm και 10Km.

Τα ραδιοκύματα δημιουργούνται από την κίνηση ηλεκτρικών φορτίων επί των κεραϊών και αναφέρονται και ως ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ραδιοσυχνοτήτων (ΡΣ), γιατί ακτινοβολούνται στο χώρο αποκρινόμενα από την πηγή τους, δηλαδή την κεραία εκπομπής.



Τα ραδιοκύματα είναι ηλεκτρομαγνητικά πεδία που μπορούν να ακτινοβολούνται πρώτον προς όλες τις κατευθύνσεις για ευρυεκπομπή, δεύτερον προς συγκεκριμένες περιοχές του χώρου όπου ενδεχομένως βρίσκεται ένας μετακινούμενος δέκτης και τρίτον προς σταθερούς δέκτες που βρίσκονται σε γνωστές θέσεις.

Η κεραία είναι διάταξη σχεδιασμένη για να εκπέμπει και να λαμβάνει ραδιοκύματα.



Ως προς την εξάρτηση από την απόσταση, τα ραδιοκύματα εξασθενούν αντιστρόφως ανάλογα προς το τετράγωνο της απόστασης από την πηγή τους. Δηλαδή, η πυκνότητα ισχύος που είναι το μέγεθος που καθορίζει την ποσότητα ισχύος που προσπίπτει σε μια επιφάνεια και μετριέται σε  $W/m^2$ , σε απόσταση 100 μέτρων από την πηγή ακτινοβολίας, εξασθενεί 10.000 φορές σε σχέση με την πυκνότητα ισχύος που δημιουργείται σε απόσταση 1 μέτρου από την πηγή.

Όταν συναντούν αντικείμενα κατά τη διάδοσή τους, τα ραδιοκύματα μπορεί να ανακλαστούν, να απορροφηθούν ή να διαπεράσουν το αντικείμενο μερικώς ή ολικώς κατά τρόπο αντίστοιχο με ότι συμβαίνει με το φως.

### Εφαρμογές των ραδιοκυμάτων

- Η πλέον σημαντική εφαρμογή των ραδιοκυμάτων είναι στις τηλεπικοινωνίες. Οι ραδιοφωνικές και τηλεοπτικές εκπομπές, τα κινητά τηλέφωνα, τα ασύρματα τηλέφω-

να, οι επικοινωνίες της αστυνομίας και της πυροσβεστικής και οι δορυφορικές επικοινωνίες πραγματοποιούνται μεταδίδοντας την ενέργεια ραδιοκυμάτων.

Άλλες χρήσεις των ραδιοκυμάτων περιλαμβάνουν τους φούρνους μικροκυμάτων, τα ραντάρ, τα βιομηχανικά συστήματα θέρμανσης και στεγανοποίησης και τα ιατρικά μηχανήματα.



- Η ενέργεια των ραδιοκυμάτων, ειδικά σε αυτή των μικροκυμάτων, έχει τη δυνατότητα να θερμαίνει το νερό. Δεδομένου ότι οι περισσότερες τροφές έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε νερό, τα μικροκύματα μπορούν να θερμάνουν το φαγητό αρκετά γρήγορα.

- Τα ραντάρ χρησιμοποιούν την ενέργεια των ραδιοκυμάτων για τον εντοπισμό αυτοκινήτων και αεροπλάνων καθώς και για στρατιωτικές εφαρμογές.

- Οι βιομηχανικοί θερμαντήρες και στεγανοποιητές χρησιμοποιούν τα ραδιοκύματα για τη συγκόλληση παραγώγων ξύλου, τη στεγανοποίηση δερμάτινων αντικειμένων όπως παπουτσιών και για την επεξεργασία φαγητού.

- Οι ιατρικές χρήσεις της ενέργειας ραδιοκυμάτων περιλαμβάνουν τη μαγνητική τομογραφία, την εποπτεία και τον προγραμματισμό βηματοδοτών και την υπερθερμία για την αντιμετώπιση του καρκίνου. Τομείς πολύ σημαντικός για την αναγνώριση κάποιου προβλήματος υγείας αλλά και για την αντιμετώπιση τους.



## Μικροκύματα

Τα μικροκύματα αποτελούν ένα υποσύνολο των ραδιοκυμάτων. Είναι κύματα με συχνότητες που κυμαίνονται περίπου μεταξύ των 300 MHz και 3 GHz. Το μήκος κύματος των μικροκυμάτων ποικίλλει μεταξύ 1mm και 100cm.

Ωστόσο, δεν υπάρχουν ακριβή όρια που διαχωρίζουν τα μικροκύματα από τις γειτονικές περιοχές του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, των υπερβραχέων και της υπέρυθρης ακτινοβολίας.



Τα μικροκύματα χωρίζονται σε τρεις επιμέρους ζώνες:

- Στα δεκατομετρικά μικροκύματα (Ultra high frequency, συντ. UHF) (0.3-3 GHz),
- Στα εκατοστομετρικά μικροκύματα (Super high frequency συντ.SHF) (3-30 GHz),
- Στα χιλιοστομετρικά μικροκύματα (Extremely high frequency συντ.EHF) (30-300 GHz).

## Εφαρμογές των μικροκυμάτων

Τα μικροκύματα έχουν πολύ περισσότερες εφαρμογές σε σχέση με τις άλλες ζώνες ραδιοκυμάτων λόγω του πλούσιου φάσματός τους.

- Χρησιμοποιούνται για εκπομπή επίγειου τηλεοπτικού σήματος (UHF), στην εκπομπή δορυφορικού τηλεοπτικού σήματος αλλά και στις δορυφορικές επικοινωνίες γενικότερα.

• Εφαρμόζονται επίσης στην κινητή τηλεφωνία, στην εφαρμογή Wi-Fi, στο πρότυπο ανταλλαγής αρχείων Bluetooth, στα Ραντάρ αλλά και στους φούρνους μικροκυμάτων καθώς οι μικροκυματικές συχνότητες αλληλεπιδρούν με την ύλη.



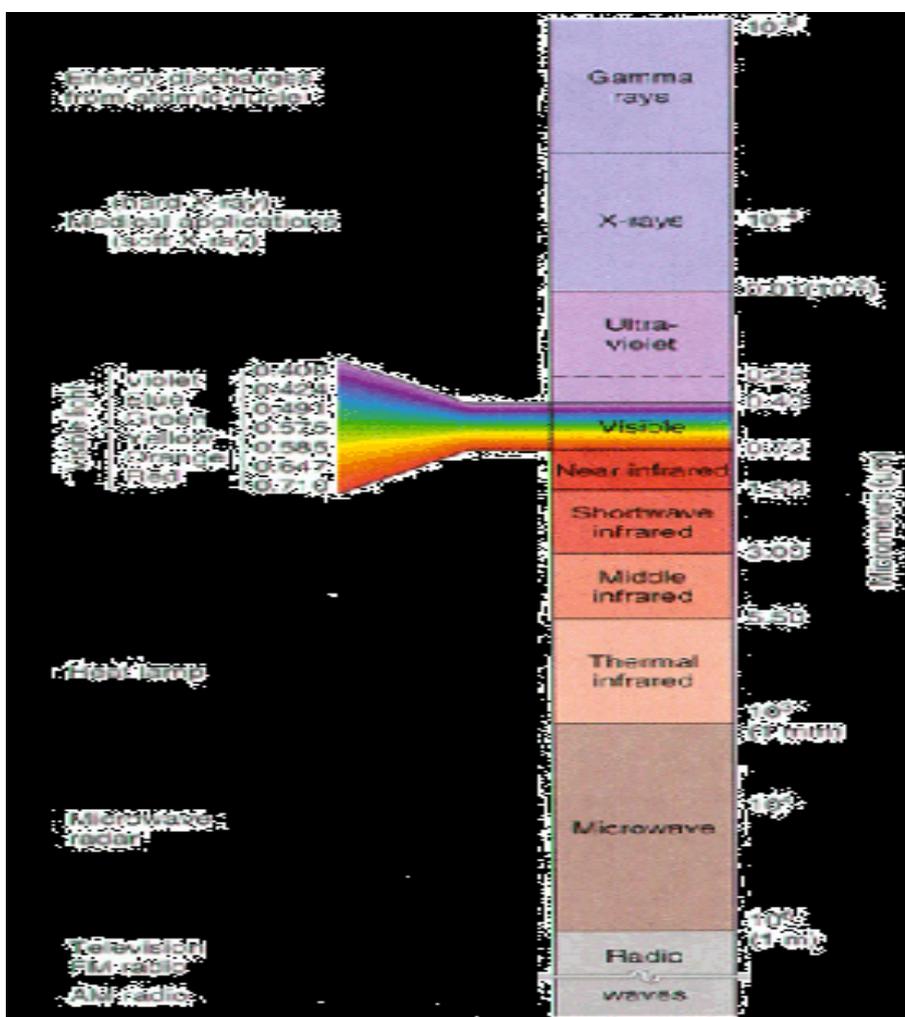
Παρακάτω δίνεται πίνακας με τις ζώνες συχνότητας των μικροκυμάτων κατά το πρότυπο της RSGB.

Ζώνες συχνότητας (frequency bands) μικροκυμάτων		Ζώνες συχνότητας (frequency bands) μικροκυμάτων	
Ονομασία (RSGB)	Περιοχή συχνότητας	Ονομασία (RSGB)	Περιοχή συχνότητας
Ζώνη L	1 έως 2 GHz	Ζώνη Q	30 έως 40 GHz
Ζώνη S	2 έως 4 GHz	Ζώνη U	40 έως 60 GHz
Ζώνη C	4 έως 8 GHz	Ζώνη V	50 έως 75 GHz
Ζώνη X	8 έως 12 GHz	Ζώνη E	60 έως 90 GHz
Ζώνη Ku	12 έως 18 GHz	Ζώνη W	75 έως 110 GHz
Ζώνη K	18 έως 26.5 GHz	Ζώνη F	90 έως 140 GHz
Ζώνη Ka	26.5 έως 40 GHz	Ζώνη D	110 έως 170 GHz

## Ορατό Φως

Φως ονομάζεται η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που ανιχνεύεται από το ανθρώπινο μάτι (οφθαλμό) και που εκλαμβάνεται ως αίσθηση (αντίληψη) αυτής. Συνεπώς είναι το αίτιο της όρασης.

Όμως η αντίληψη αυτή του "ορατού" φωτός αποτελεί τμήμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Καλύπτει ένα εύρος μηκών κύματος που «μεταφράζονται» από το μάτι, στα χρώματα του φωτεινού φάσματος (δηλαδή στα χρώματα του ουράνιου τόξου).



Ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες το φως εκδηλώνει ιδιότητες είτε φωτεινού κύματος (φωτεινή ακτίνα), είτε δέσμης σωματιδίων (φωτεινή δέσμη ή δέσμες).

Τα στοιχειώδη σωματίδια-κύματα (κβάντα) φωτός ονομάζονται φωτόνια.

## Αρχές Διάδοσης του Φωτός

Η διάδοση του φωτός στο χώρο γενικά ακολουθεί τις εξής αρχές:

*Αρχή του Ήρωνα:* Το φως διαδίδεται (από ένα σημείο στο αμέσως επόμενο) ακολουθεί, (οδεύοντας), την συντομότερη (χρονικά) οδό. Η αρχή αυτή ισχύει για όλα τα οπτικά μέσα, ακόμη και για τα "μη ισότροπα", στα οποία η συντομότερη οδός διάδοσης του φωτός δεν είναι ευθεία. Ο Ήρωνας, αναφερόμενος στη συντομότερη οδό, εννοούσε το μήκος της διαδρομής.

Το φως σε ένα ισότροπο μέσο διαδίδεται ευθύγραμμα, όταν και ο χώρος είναι ισότροπος (πρέπει δηλαδή το φως να διέρχεται και από χώρο με μη έντονη διαβάθμιση της βαρύτητας ή της καμπύλωσης του χωροχρόνου, όπως αυτή εξηγείται με τη Γενική θεωρία της Σχετικότητας).

*Αρχή του ελαχίστου χρόνου.* Πρόκειται για την "αρχή του Ήρωνα" εκφρασμένη από τον Φερμά (1662) στην έννοια του χρόνου.

*Αρχή της αντίστροφης πορείας.* Όταν το φως διαδίδεται προς ορισμένο δρόμο μια φορά είναι δυνατόν να ακολουθήσει τον ίδιο δρόμο και κατά την αντίθετη φορά.

## Ταχύτητα του φωτός

Γενικά σήμερα έχει γίνει αποδεκτή η ταχύτητα του φωτός στο κενό ίση με 299.792,458 Km/sec.

Σημειώνεται πως με την γενική θεωρία της σχετικότητας του Αϊνστάιν η ταχύτητα του φωτός είναι η οριακή ταχύτητα στη Φύση και κανένα υλικό σώμα δεν μπορεί να την υπερβεί. Επί πλέον το υποθετικό εκείνο μέσον δια του οποίου μεταδίδεται το φως στη θέση εκείνου του ελαστικού και ακίνητου αιθέρα έχει αντιπαραταχθεί το χώρο χρονικό συνεχές στις τέσσερις διαστάσεις μέσα στις οποίες διαδραματίζονται όλα τα φαινόμενα.



Για το ίδιο το φως που ταξιδεύει στο κενό δεν υφίσταται η έννοια του χρόνου. Το ίδιο το φως δεν "καταλαβαίνει" το χρόνο γιατί ταξιδεύει με τη μέγιστη ταχύτητα και για το ίδιο ο χρόνος δεν περνά. Το μόνο που «καταλαβαίνει» είναι πως ανταλλάσσει ενέργεια μεταξύ διαδοχικών σημείων. Η κάθε στιγμή του "χρόνου" που βιώνει είναι μόνο η κάθε επόμενη ενεργειακή ανταλλαγή που κάνει, αδιάφορα αν για εμάς έχει ταξιδέψει λίγα μόνο μέτρα από το σημείο που εκπέμπτηκε ή προέρχεται από κάποιο σημείο του σύμπαντος σε ένα ταξίδι (όπως το μετράμε εμείς) κάποιων δισεκατομμυρίων ετών.

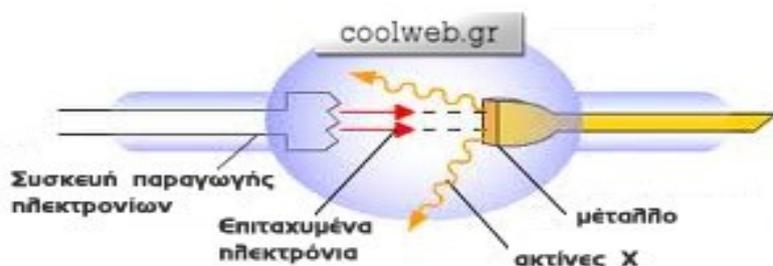
Κάθε σύνθετο φως μπορεί να υλοστεί ανασύνθεση από τις συνιστώσες ακτίνες του. Αυτό μπορεί να συμβεί όταν οι αναδυόμενες από ένα διαφανές πρίσμα μονοχρωματικές φωτεινές ακτίνες προσπέσουν σε όμοιο ισότροπο πρίσμα σε αντίστροφη διάταξη οπότε εξερχόμενες από το δεύτερο θα συγκεντρωθούν σε ένα σημείο σχηματίζοντας μια λευκή κηλίδα.

Αν το αρχικό φως δεν ήταν λευκό αλλά κάποιο άλλο σύνθετο, τότε η τελική κηλίδα θα έχει το αυτό χρώμα με το αρχικό.

Μια τέτοια ανασύνθεση λευκού φωτός μπορεί να γίνει επίσης και με τον δίσκο του Νεύτωνα. Πρόκειται για ένα δίσκο που περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα και που είναι χρωματισμένος κατά τομείς με τα χρώματα του ορατού φάσματος σε ίδια σειρά χρωμάτων. Μόνο που η επιφάνεια του κάθε χρωματιστού τομέα είναι ανάλογη της περιεκτικότητας των διαφόρων χρωμάτων στο λευκό φως. Όταν λοιπόν ο δίσκος αυτός περιστρέφεται με ταχύτητα δημιουργείται στον οφθαλμό η εντύπωση του λευκού φωτός. Αυτό συμβαίνει διότι η εντύπωση του κάθε χρώματος παραμένει στο μάτι για  $1/16$  του δευτερολέπτου. Όμως στο χρόνο αυτό σημαίνει να έχουν παρέλθει όλα τα χρώματα, με την ταχύτητα περιστροφής του δίσκου.

## Ακτίνες X

Οι ακτίνες X ή ακτίνες Röntgen αποκαλείται ένα τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος με περιοχή μήκους κύματος μεταξύ  $10\text{ nm}$  με  $10\text{ pm}$ , που αντιστοιχεί σε περιοχή συχνότητας από  $30\text{ PHz}$  -  $30\text{ EHz}$  και σε περιοχή ενέργειας  $120\text{ eV}$  -  $120\text{ keV}$ .



Αυτό το τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος βρίσκεται μεταξύ των τμημάτων της υπεριώδους ακτινοβολίας και των ακτινών γ. Η δεύτερη ονομασία της ακτινοβολίας προέρχεται από το όνομα ενός από τους πρώτους ερευνητές της, του Γερμανού φυσικού, Βίλχελμ Ρέντγκεν (*Wilhelm Röntgen*) που τις ανακάλυψε το 1895.

## Εφαρμογές των ακτινών X

- Οι ακτίνες X πρωταρχικά χρησιμοποιήθηκαν από την Ιατρική ως διαγνωστικό εργαλείο με τη μορφή της ακτινογραφίας και από τη Φυσική και τη Χημεία με τη μορφή της κρυσταλλογραφίας.
- Επίσης, στη βιομηχανία, για μεγάλα και πολυσύνθετα έργα (όπως τουρμπίνες αεροπλάνων), τις χρησιμοποιούν για να ελέγξουν για σπασίματα στο εσωτερικό, ραγίσματα, μικροφθορές, κ.λ.π.
- Για τους επιστήμονες, βρίσκει επίσης εφαρμογή για παράδειγμα, στη μέτρηση αποστάσεων μεταξύ των ατόμων σε ένα μόριο κρυστάλλου, ή οτιδήποτε άλλο.
- Τέλος οι αστρονόμοι τις χρησιμοποιούν για να μετρήσουν αποστάσεις με άλλους πλανήτες, κ.λπ. Βέβαια, πολλές φορές, λόγω της απορρόφησης τους από την ατμόσφαιρα

της γης, η μέτρηση πολλές φορές ξεκινάει από κάποιον δορυφόρο. Όμως, στις ακτίνες X, η ενέργειά τους είναι ικανή να προκαλέσει τον ιονισμό ατόμων και μορίων από αριθμό εσωτερικών τους ηλεκτρονίων. Επομένως παρουσιάζει κινδύνους βλαβών σε ζωντανούς οργανισμούς και όχι μόνο.



### Είδη Ακτινών X

Οι ακτίνες X διαχωρίζονται σε 2 υποπεριοχές μήκους κύματος, συχνότητας και ενέργειας.

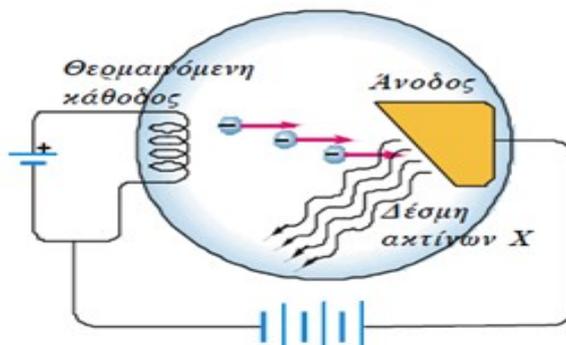
« **Μαλακές ακτίνες X**»: Μήκος κύματος 10 nm - 100 nm,  
Περιοχή συχνοτήτων 30 PHz - 3 HHz,  
Περιοχή ενέργειας 120 eV - 12 keV.

« **Σκληρές ακτίνες X**»: Μήκος κύματος 100 - 10 pm  
Περιοχή συχνοτήτων 3 - 30 HHz,,  
Περιοχή ενέργειας 12 - 120 keV.

Η διάκριση μεταξύ των ακτινών χ και ακτινών γ άλλαξε τις τελευταίες δεκαετίες. Παλαιότερα υπήρχε και 3η υποπεριοχή ακτινών X, αλλά αυτές εντάχθηκαν στις ακτίνες γ, γιατί προκαλούσαν πλέον διεγέρσεις και στους ατομικούς πυρήνες.

Ο πιο συνηθισμένος τρόπος παραγωγής ακτινών X είναι μέσω της επιτάχυνσης ηλεκτρονίων από δυναμικό τάξης μεγέθους των δεκάδων χιλιάδων βολτ και η πρόσπτωση

τους σε στόχο ο οποίος αποτελείται από μεταλλικό υλικό μεγάλου ατομικού αριθμού, συνήθως βολφράμιο ή μολυβδαίνιο για τις ακτινογραφίες.



Τα ηλεκτρόνια προσπίπτοντας στο στόχο χάνουν σταδιακά την ενέργεια τους, εφ' όσον υφίστανται επιβραδύνσεις από τα άτομα του υλικού του στόχου. Εντούτοις η ενέργεια που αποδίδουν στα άτομα του στόχου είναι αρκετή για να διεγείρει και ηλεκτρόνια των εσωτερικών στοιβάδων των ατόμων.

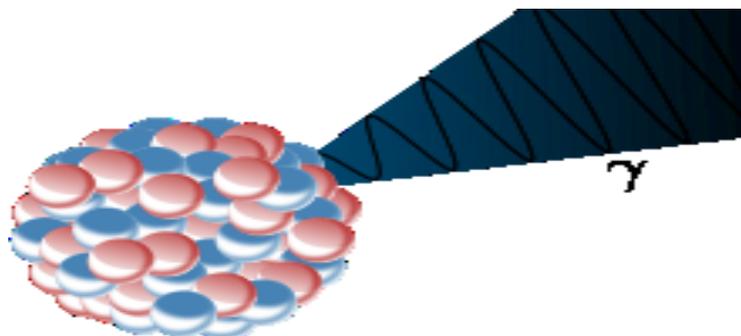
Αποτέλεσμα αυτού είναι η συμπλήρωση των στοιβάδων αυτών από ηλεκτρόνια υψηλότερων ενεργειακά στοιβάδων και έτσι παράγονται τα φωτόνια των ακτίνων X. Επειδή τα ηλεκτρόνια που έχουν επιταχυνθεί αρχικά εναποθέτουν συγκεκριμένες τιμές ενέργειας στα άτομα του στόχου, το φάσμα που προέρχεται από την αποδιέγερση και συμπλήρωση των στοιβάδων των ατόμων του μεταλλικού στόχου, είναι γραμμικό.

Υπάρχει όμως και ένα συνεχές τμήμα του φάσματος των ακτίνων X το οποίο προέρχεται από τη λεγόμενη ακτινοβολία πέδησης (*Bremsstrahlung*) που δίνεται από τα ηλεκτρόνια που επιταχύνονται από το ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο που υπάρχει κοντά στον πυρήνα.

## Ακτίνες Γ

Οι ακτίνες γ ανήκουν στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Αποτελούν τις ακτίνες με τη μεγαλύτερη συχνότητα, άρα και με τη μεγαλύτερη ενέργεια των φωτονίων του φάσματος. Η ταχύτητα των ακτινών γ στο κενό ισούται με την ταχύτητα των ηλεκτρομαγνητικών ακτινών στο κενό και είναι  $c=299.792.458 \text{ m/s}$ . Το μήκος κύματός τους κυμαίνεται στα  $10\text{m}$  έως  $14\text{m}$ , ώστε να είναι συγκρίσιμο με τη διάμετρο ενός πυρήνα ατόμου.

Είναι εξαιρετικά επικίνδυνες ακτίνες, οι οποίες διασπών τις ουσίες των κυττάρων και μεταλλάσσουν το DNA προκαλώντας θάνατο σε όλους σχεδόν τους οργανισμούς που εκτίθενται σε αυτήν.



Προκύπτουν από πυρηνικές αντιδράσεις, όπως η διάσπαση ραδιενεργών πυρήνων, ή στοιχειωδών σωματιδίων. Είναι προϊόν ενός από τους τρεις τρόπους παραγωγής ραδιενέργειας, συγκεκριμένα της διάσπασης γ. Η ακτινοβολία αυτή δεν είναι σωματιδιακής φύσεως σε αντίθεση με τις άλλες.

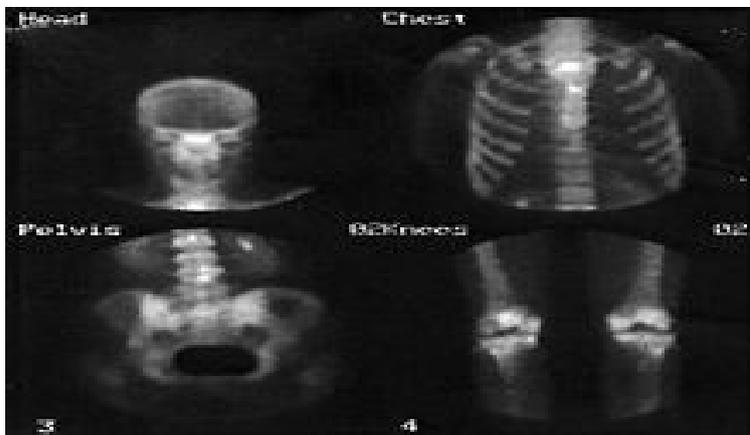


Διαστημική πηγή ακτινών γ

Οι ακτίνες  $\gamma$  δεν είναι ραδιοκύματα και γενικά δεν πρέπει να συγχέεται η ραδιενέργεια με τα ραδιοκύματα από το ραδιόφωνο και τα λοιπά. Ταξινομώντας τις ακτίνες  $\gamma$  σε κατηγορία ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων παρατηρούμε ότι βρίσκονται πάνω από τις ακτίνες X.

Οι ακτίνες  $\gamma$  παράγονται από ραδιενεργούς πυρήνες και από αστέρια στο διάστημα. Οι ραδιενεργοί πυρήνες προκύπτουν από ορυκτά με περιεκτικότητα σε ραδιενεργή ουσία, από απόβλητα πυρηνικών αντιδραστήρων. Επίσης, από την αντίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας με την ατμόσφαιρα, κατά την οποία παράγεται το Ισότοπο του άνθρακα το οποίο περνά στα φυτά κι από εκεί σε όλη την τροφική αλυσίδα.

Γενικά, κάθε ουσία, περιέχει ένα ελάχιστο ραδιενεργό ποσοστό που παράγει ακτίνες  $\gamma$ . Τα αστέρια εκπέμπουν ενέργεια με μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε όλα τα μήκη κύματος. Κυριότερες πηγές ακτινών  $\gamma$  θεωρητικά είναι οι αστέρες νετρονίων και οι μαύρες τρύπες. Η ανακάλυψη ισχυρής πηγής ακτινών  $\gamma$  από το κέντρο του γαλαξία υποψιάζει τους επιστήμονες ότι στο κέντρο του βρίσκεται μια μεγάλη μαύρη τρύπα.



Σπινθηρογραφίες

## Εφαρμογές των ακτινών $\gamma$

- Στην ιατρική οι ακτίνες  $\gamma$  χρησιμοποιούνται όπως οι ακτινογραφίες για την απεικόνιση του εσωτερικού του σώματος. Στις ακτινογραφίες χρησιμοποιούνται οι ακτίνες X, οι οποίες παράγονται εκείνη τη στιγμή από εξωτερική πηγή και διαπερνούν το σώμα.

Μία τεχνική που χρησιμοποιεί τις ακτίνες γ είναι το σπινθηρογράφημα, όπου η ακτινοβολία παράγεται από ένα ραδιενεργό υγρό που έχει χορηγηθεί στον εξεταζόμενο.

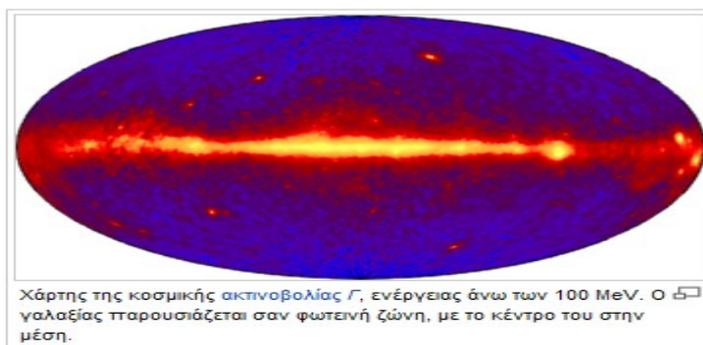
- Ακόμη χρησιμοποιούνται στην πλήρη αποστείρωση τροφίμων εξοντώνοντας όλους τους μικροοργανισμούς και διατηρώντας τις θρεπτικές ουσίες.

- Στην Ραδιοχρονολόγηση δηλαδή ο άνθρακας που κυκλοφορεί στους ζωντανούς οργανισμούς είναι ο ισότοπος άνθρακας 14 που είναι ραδιενεργός. Αυτός αποθηκεύεται στους ιστούς και μόλις αποβιώσει ένας οργανισμός και απολιθωθεί και τον ανακαλύψουμε τότε ο οργανισμός εκπέμπει εξαιτίας του άνθρακα ακτίνες γ, οι οποίες εξαρτώνται από τη διάρκεια της απολίθωσης και είμαστε σε θέση να καταλάβουμε πότε ζούσε ο οργανισμός.

## Κοσμική Ακτινοβολία

Οι κοσμικές ακτίνες ή κοσμική ακτινοβολία είναι μία κατηγορία ακτινοβολίας που αποτελείται από σωματίδια υψηλών ενεργειών τα οποία παράγονται σε κάποιο μέρος του Σύμπαντος μακριά από τη Γη και προσκρούουν στην ατμόσφαιρα της Γης με ανιχνεύσιμα αποτελέσματα.

Οι κοσμικές ακτίνες αποτελούνται κυρίως από ατομικούς πυρήνες, δηλαδή θετικά φορτισμένα ηλεκτρικά σωματίδια, περίπου 87% πρωτόνια, 12% σωματία άλφα (πυρήνες ηλίου) και λίγους βαρύτερους πυρήνες (οι σχετικές περιεκτικότητες είναι συγκρίσιμες με τις ηλιακές). Ωστόσο, ένα μικρό ποσοστό των κοσμικών ακτινών είναι οι ακτίνες  $\gamma$ , τα φωτόνια πολύ υψηλών ενεργειών, τα ηλεκτρόνια και τα νετρόνια.



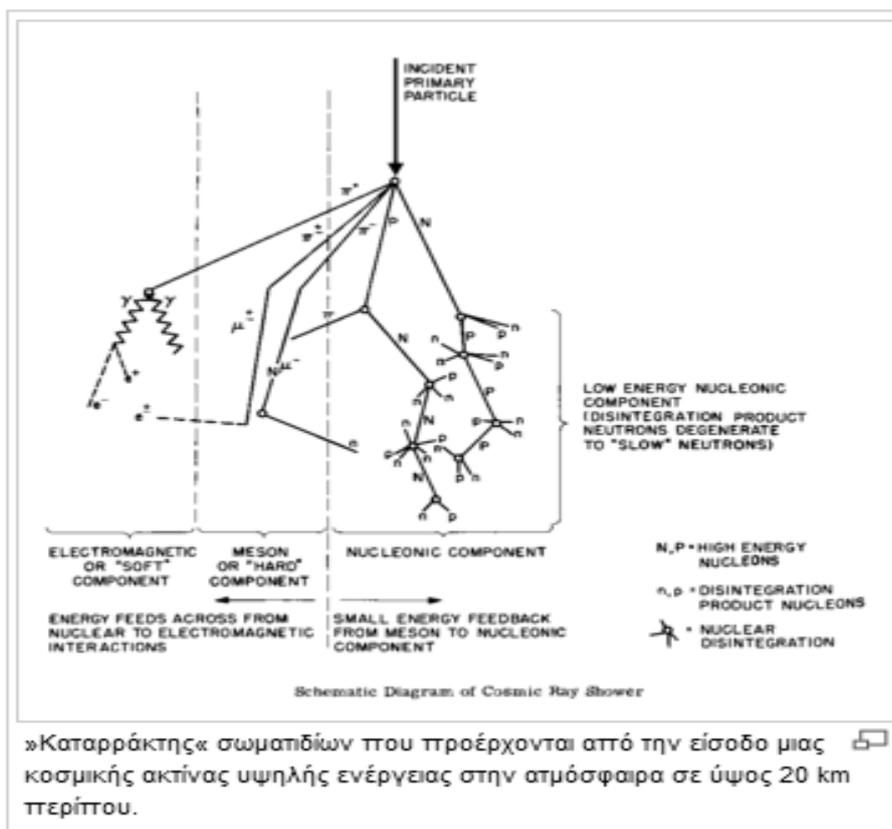
Οι κινητικές ενέργειες των σωματίων των κοσμικών ακτινών εκτείνονται σε 14 τάξεις μεγέθους, με τη ροή (αριθμός σωματίων ανά μονάδα επιφάνειας και χρόνου) στην περιοχή της Γης να είναι αντιστρόφως ανάλογη του κόβου της ενέργειάς τους. Η μεγάλη αυτή διαφορά της ενέργειας υποδεικνύει τη μεγάλη ποικιλία των πηγών της κοσμικής ακτινοβολίας.

Οι διαδικασίες παραγωγής εκτείνονται από αστρικά φαινόμενα μέχρι μυστηριώδεις διαδικασίες υψηλών ενεργειών στα βάθη του Σύμπαντος.

Μία κοσμική ακτίνα (1 σωματίο) μπορεί να φθάσει σε ενέργεια τα  $10^{20}$  eV (περίπου 50 Joules, η ενέργεια μιας μπάλας του τένις που κινείται με 151 km/h). Καμιά μηχανή (επιταχυντής) κατασκευασμένη από τον άνθρωπο προς το παρόν δεν μπορεί να επιταχύνει κάποιο σωματίο σε τόσο υψηλές ενέργειες.



Η κοσμική ακτινοβολία που μπορεί να ανιχνευθεί στη Γη και προέρχεται από πηγές στο Γαλαξία μας έχει ενέργειες κάτω από 1015-1018 eV. Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι ο Ήλιος και άλλοι αστέρες όμοιοι με τον Ήλιο, επιταχύνουν μόνο κάποια σωματίδια που επιτρέπουν την ανίχνευσή τους στη Γη, ενώ η κοσμική ακτινοβολία σε υψηλότερες ενέργειες από 1018 eV δεν θα ήταν περιορισμένη στο Γαλαξία μας. Οι καταμετρούμενες χημικές αφθονίες των στοιχείων που συνιστούν τον πληθυσμό της κοσμικής ακτινοβολίας, όπως ανιχνεύονται στη Γη είναι επίσης σε συμφωνία με τη γαλαξιακή προέλευση της κοσμικής ακτινοβολίας. Οι πιθανές περιοχές επιτάχυνσης της κοσμικής ακτινοβολίας είναι οι υπερκαινοφανείς και τα υπολείμματά τους, καθώς έχουμε δημιουργία ισχυρών κρουστικών κυμάτων.



Καθώς τα φορτισμένα σωματίδια δεν διαδίδονται σε ευθείες γραμμές, δεν είναι εύκολο να προσδιοριστούν οι περιοχές προέλευσης της κοσμικής ακτινοβολίας.

Μπορούμε να εντοπίσουμε τη θέση ενός αστέρα διότι το φως προέρχεται από συγκεκριμένη διεύθυνση του ουρανού. Γνωρίζουμε ότι η κοσμική ακτινοβολία σε ενέργειες μέχρι 1010 eV (10 GeV) μπορεί περιστασιακά να προέρχεται από τον Ήλιο, ταξιδεύοντας

κατά μήκος των διαπλανητικών μαγνητικών γραμμών. Όμως, η συνεχής ροή της κοσμικής ακτινοβολίας μέχρι τα 1019 eV έρχεται στη Γη σε οποιαδήποτε διεύθυνση από τον ουρανό. Αυτό οφείλεται στο ότι τα φορτισμένα σωματίδια ταξιδεύουν κατά μήκος τυρβωδών μαγνητικών γραμμών στο Γαλαξία μας. Ως αποτέλεσμα, η κοσμική ακτινοβολία σκεδάζεται, όπως τα μόρια σε ένα θερμό αέριο, και τα στοιχεία της αρχική τους διεύθυνση κίνησης χάνονται τελείως σε ενέργειες σωματιδίων που σχετίζονται με τους μετρητές των νετρονίων.

Δεδομένων των σχετικά χαμηλών ενεργειών των πιο ενεργητικών σωματιδίων του Ήλιου σε σύγκριση με το πιο ενεργητικό τμήμα της κοσμικής ακτινοβολίας που ξεπερνάει τις ενέργειες των 1020 eV, είναι σαφές ότι το μεγαλύτερο τμήμα της κοσμικής ακτινοβολίας δε θα μπορούσε να επιταχυνθεί σε συνήθεις αστέρες όπως ο Ήλιος. Ειδικές συνθήκες, κατά τις οποίες απελευθερώνονται μεγάλα ποσά ενέργειας, πρέπει να είναι η προέλευση της κοσμικής ακτινοβολίας πολύ υψηλών ενεργειών.

Η γαλαξιακή κοσμική ακτινοβολία μπορεί να έχει ενέργειες πολύ μεγαλύτερες από αυτές που παρατηρούνται με τους μετρητές νετρονίων. Μέχρι σήμερα επικρατεί η άποψη ότι τα πρωτόνια με ενέργειες μέχρι και 10 eV, καθώς επίσης και ιόντα μέχρι και εκατό φορές υψηλότερες ενέργειες έχουν γαλαξιακή προέλευση.

## Ηλεκτρισμός

Ο Ηλεκτρισμός είναι ένας γενικός όρος που περιγράφει τα ηλεκτρικά φαινόμενα, δηλαδή τα φαινόμενα που προκαλούνται ως αποτέλεσμα την παρουσίας και της ροής του ηλεκτρικού φορτίου.

Πολλά καθημερινά φαινόμενα, όπως οι αστραπές και ο στατικός ηλεκτρισμός είναι ηλεκτρικά. Στην ίδια κατηγορία εντάσσονται και λιγότερο γνωστές έννοιες, όπως το ηλεκτρικό πεδίο και η ηλεκτρομαγνητική επαγωγή.

Ο ηλεκτρισμός μαζί με τον μαγνητισμό αποτελούν την ενιαία έκφραση του ηλεκτρομαγνητισμού, μιας από τις τέσσερις θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις.

Ιστορικά ως έννοια έχει τις ρίζες του στην παρατήρηση του Θαλή του Μιλήσιου (περίπου το 600 π.Χ.) ότι κομμάτι ήλεκτρον (κεχριμπάρι) που τρίβεται σε ξηρό ύφασμα έλκει μικρά κομμάτια άχυρου. Εξού και η ονομασία "ηλεκτρισμός", δηλαδή το φαινόμενο που παρατηρείται στο ήλεκτρο. Το 19ο αιώνα αναπτύχθηκαν βαθμιαία διάφορες τεχνικές εφαρμογές του ηλεκτρισμού, αλλά μόλις τον 20ο αιώνα αναγνωρίστηκε η διάχυτη παρουσία των ηλεκτρικών δυνάμεων οι οποίες παίζουν βασικό ρόλο στη συγκρότηση και τη συμπεριφορά της ύλης γύρω μας.

Ο όρος ηλεκτρισμός είναι πολύ γενικός και αναφέρεται σε πολλά επί μέρους θέματα, τα οποία εξηγούνται καλύτερα με πιο ακριβείς όρους.

### Ηλεκτρικό φορτίο

Το ηλεκτρικό φορτίο είναι μια ιδιότητα κάποιων υποατομικών σωματιδίων, όπως των ηλεκτρονίων και των πρωτονίων, τα οποία αλληλεπιδρούν μέσω ηλεκτρομαγνητικών πεδίων και δημιουργούν ελκτικές ή απωστικές δυνάμεις μεταξύ τους. Είναι υπεύθυνο για μια από τις τέσσερις θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις της φύσης, την ηλεκτρομαγνητική και είναι μια διατηρούμενη ποσότητα της ύλης, η οποία μπορεί να κβαντιστεί. Υπάρχουν δύο είδη φορτίων: το ένα ονομάζεται θετικό και το άλλο αρνητικό. Μέσα από πειράματα, βλέπουμε πως αντικείμενα με ίδιο φορτίο απωθούνται, ενώ αντικείμενα με αντίθετα φορτία

έλκονται. Αυτό οφείλεται στη δύναμη που δημιουργείται μεταξύ τους, η ένταση της οποίας δίνεται από το Νόμο του Coulomb.

### **Ηλεκτρικό δυναμικό**

Η διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού μεταξύ δύο σημείων ορίζεται ως το έργο προς τη μονάδα του φορτίου που χρειάζεται να καταναλωθεί (ενάντια στις ηλεκτρικές δυνάμεις), ώστε να μετακινηθεί ένα θετικό σημειακό φορτίο ανάμεσα στα δύο σημεία.

Εάν το ένα από τα σημεία θεωρείται ως σημείο αναφοράς με δυναμικό ίσο με το μηδέν, τότε το ηλεκτρικό δυναμικό σε οποιοδήποτε σημείο ορίζεται ως το έργο που χρειάζεται προς τη μονάδα φορτίου για να μετακινηθεί ένα θετικό σημειακό φορτίο από το σημείο αναφοράς στο σημείο προσδιορισμού του δυναμικού. Για απομονωμένα φορτία, το σημείο αναφοράς είναι συνήθως το άπειρο.

**Το δυναμικό μετριέται σε Volt ( $1 \text{ Volt} = 1 \text{ Joule/Coulomb}$ ).**

Το ηλεκτρικό δυναμικό είναι ανάλογο της θερμοκρασίας: υπάρχει διαφορετική θερμοκρασία για κάθε σημείο στο χώρο, και η κλίση της θερμοκρασίας δείχνει τη διεύθυνση και το μέτρο της δύναμης σε κάθε αλλαγή της θερμοκρασίας. Αντίστοιχα, υπάρχει ένα ηλεκτρικό δυναμικό σε κάθε σημείο στο χώρο, και η κλίση του δείχνει τη διεύθυνση και το μέτρο της δύναμης σε κάθε κίνηση του φορτίου.

### **Ηλεκτρικό πεδίο**

Η έννοια των ηλεκτρικών πεδίων εισήχθη από τον Μάικλ Φαραντέι. Η δύναμη του ηλεκτρικού πεδίου δρα ανάμεσα σε δύο φορτία, με τον ίδιο τρόπο με τον οποίο η βαρυτική δύναμη δρα ανάμεσα σε δύο μάζες.

Το ηλεκτρικό πεδίο, όμως, είναι λίγο διαφορετικό. Η βαρυτική δύναμη εξαρτάται από τη μάζα δύο σωμάτων, ενώ η ηλεκτρική δύναμη από τα ηλεκτρικά φορτία αυτών.

Ενώ η βαρύτητα μπορεί μόνο να έλκει δύο μάζες, η ηλεκτρική δύναμη μπορεί να είναι είτε ελκτική, είτε απωστική.



Εάν και τα δύο φορτία είναι ίδιου πρόσημου (π.χ. θετικά), τότε θα υπάρξει μια απωστική δύναμη μεταξύ τους.

Εάν τα φορτία είναι αντίθετα, τότε η δύναμη θα είναι ελκτική ανάμεσα στα δύο αντικείμενα.

Το μέτρο της δύναμης είναι αντιστρόφως ανάλογο του τετραγώνου της απόστασης των δύο σωμάτων και ανάλογο του γινομένου των μέτρων των φορτίων τους.

## **Ηλεκτρικό ρεύμα**

Το ηλεκτρικό ρεύμα είναι μια ροή ηλεκτρικού φορτίου. Η έντασή του ηλεκτρικού ρεύματος μετριέται σε Αμπέρ.

Παραδείγματα ηλεκτρικού ρεύματος περιλαμβάνουν την αγωγιμότητα των μετάλλων, όπου τα ηλεκτρόνια ρέουν μέσω ενός αγωγού, όπως για παράδειγμα μέσω ενός με-

ταλλικού καλωδίου, και την ηλεκτρόλυση, όπου τα ιόντα (φορτισμένα άτομα) ρέουν μέσω ενός υγρού. Τα ίδια τα σωματίδια κινούνται συχνά αρκετά αργά, ενώ το ηλεκτρικό πεδίο που ευθύνεται για την κίνησή τους διαδίδεται με ταχύτητα κοντά σε αυτή του φωτός.

Οι συσκευές που χρησιμοποιούν της αρχές της ροής ηλεκτρικού φορτίου σε υλικά, ονομάζονται ηλεκτρονικές συσκευές.

Το συνεχές ρεύμα (DC) έχει σταθερή κατεύθυνση ροής, ενώ το εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) αλλάζει διαρκώς κατεύθυνση.

Η μέση χρονική τιμή ενός εναλλασσόμενου ρεύματος είναι μηδενική, αλλά όχι και η ικανότητα να δώσει ενέργεια (τιμή RMS).

Ο Νόμος του Ωμ είναι μια σημαντική σχέση, η οποία περιγράφει την συμπεριφορά των ηλεκτρικών ρευμάτων σε σχέση με την πηγή.

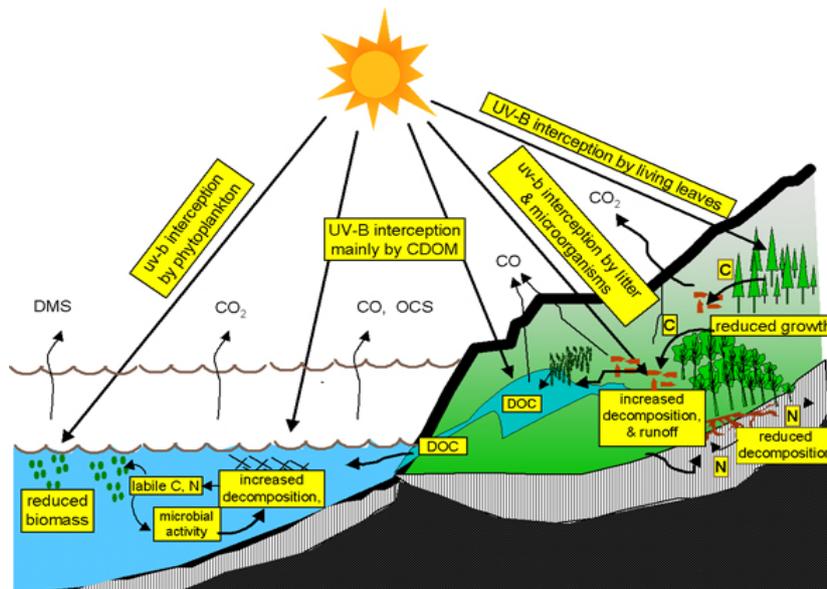
Για ιστορικούς λόγους θεωρούμε πως το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει από το πιο θετικό μέρος ενός κυκλώματος στο πιο αρνητικό. Η φορά του ηλεκτρικού ρεύματος που ορίζεται έτσι ονομάζεται συμβατική φορά.

Αλλοιώσεις και βλάβες στο DNA δεν μπορούν να προκαλέσουν όλα τα είδη ηλεκτρομαγνητικών πεδίων (ΗΜΠ), παρά μόνο αυτά που χαρακτηρίζονται από υψηλή συχνότητα, μικρό μήκος κύματος και υψηλή ενέργεια.

Αντίθετα, η ακτινοβολία στην οποία υποβαλλόμαστε καθημερινά δεν έχει τέτοιες δυνατότητες και κινδύνους. Επομένως, τα διάφορα είδη ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και τα πεδία που προκύπτουν, έχουν διαφορετικές επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό ανάλογα με το αν προκαλούν ιοντισμό.

## Υπεριώδης ακτινοβολία

Υπεριώδης ακτινοβολία ονομάζεται η περιοχή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας της οποίας το μήκος κύματος στο κενό κυμαίνεται περίπου μεταξύ 380 και 60 νανόμετρων.



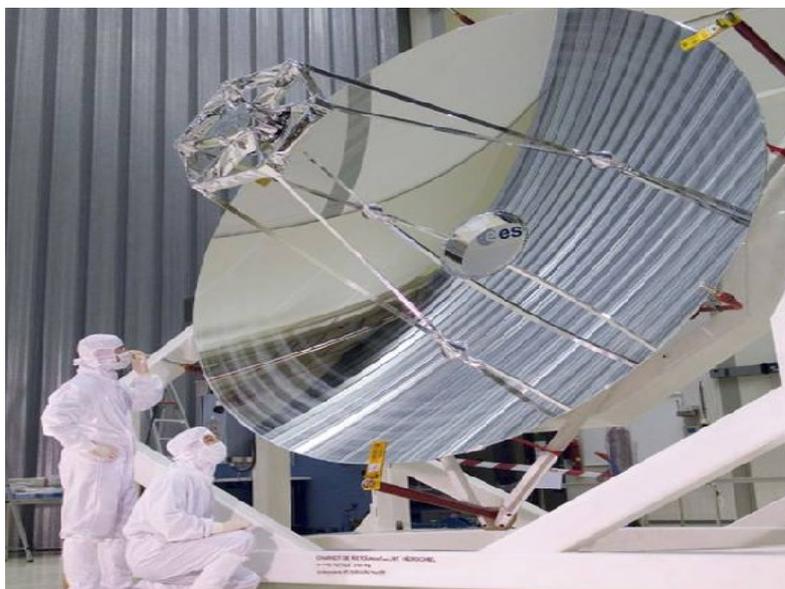
Υπάρχουν τρία είδη υπεριώδους ακτινοβολίας:

- UV-A: Αυτή η ακτινοβολία κυμαίνεται στο κενό μεταξύ 315 και 400 νανόμετρα. Είναι το πιο ακίνδυνο είδος.
- UV-B: Αυτή η ακτινοβολία κυμαίνεται στο κενό μεταξύ 280 και 315 nm. Αυτή προκαλεί το μαύρισμα, αλλά μπορεί να γίνει επικίνδυνη.
- UV-Γ: Αυτή η ακτινοβολία κυμαίνεται στο κενό μεταξύ 40 nm και 280 nm. Είναι το πιο επικίνδυνο είδος της υπεριώδους ακτινοβολίας, καθώς με αυτήν έχουν επιτευχθεί εργαστηριακά μεταλλάξεις.

Κόρια πηγή υπεριώδους ακτινοβολίας είναι ο ήλιος. Φτάνει στη γη μέσω της επανεκπομπής της από τη στρατόσφαιρα. Είναι επικίνδυνη ακτινοβολία και το στρώμα του όζοντος προστατεύει την επιφάνεια της γης από αυτήν. Αυτός είναι ο λόγος που η τρύπα του όζοντος αποτελεί σοβαρό οικολογικό πρόβλημα.

## Υπέρυθρη ακτινοβολία

Η υπέρυθη ακτινοβολία ή υπέρυθρες ακτίνες είναι τμήμα του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.



Στο φάσμα τοποθετούνται ως μικρότερη συχνότητα στην προέκταση της κόκκινης ορατής ακτινοβολίας, εξ ου και το όνομα «υπέρυθρες» (υπό του ερυθρού). Το μήκος κύματός τους κυμαίνεται από 1 χιλιοστό έως 700 νανόμετρα, απ' όπου ξεκινά το ορατό φάσμα.

Συνήθως εκπέμπονται από όλα τα σώματα που έχουν κάποια θερμοκρασία. Τα σώματα με τη μεγαλύτερη θερμοκρασία εκπέμπουν περισσότερες υπέρυθρες και αντίστροφα τα σώματα που απορροφούν περισσότερες υπέρυθρες αυξάνεται η θερμοκρασία τους περισσότερο. Το φαινόμενο αυτό σχετίζεται με την ταλάντωση των σωματιδίων από τα οποία αποτελείται, και αφορά τη θερμική ενέργεια του σώματος.

## Εφαρμογές των υπερόθρων ακτινών

Οι υπέρυθρες ακτίνες μπορούν να γίνουν αντιληπτές από ορισμένους οργανισμούς, όπως οι σκύλοι και τεχνητά με θερμικές κάμερες. Στις θερμικές κάμερες συνήθως με



μπλε και άσπρο χρώμα συμβολίζεται το θερμό σημείο, ενώ με πράσινο και κόκκινο χρώμα το ψυχρό σημείο. Αυτές οι κάμερες χρησιμοποιούνται για διάφορους σκοπούς όπως για παράδειγμα στην πανδημία γρίπης του 2009 , για τον εντοπισμό εμπόρετων ατόμων στα αεροδρόμια.

## Κατηγορίες Ηλεκτρομαγνητικής Ενέργειας με Βάση την Ενέργειά τους

Συνεπώς το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα μπορεί να διαιρεθεί στα χαμηλής συχνότητας ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία (γραμμές μεταφοράς, ηλεκτρικές συσκευές οικιακής χρήσης, ηλεκτρονικοί υπολογιστές) και στα υψηλής συχνότητας πεδία ή πεδία ραδιοσυχνοτήτων (ραντάρ, εγκαταστάσεις ραδιοφωνικής και τηλεοπτικής μετάδοσης, κινητά τηλέφωνα και σταθμοί βάσης κινητών επικοινωνιών, συστήματα επαγωγικής θέρμανσης και αντικλεπτικά συστήματα) δηλαδή το φάσμα των συχνοτήτων περιλαμβάνει την ιονίζουσα και τη μη ιονίζουσα ακτινοβολία.

### Ιονίζουσα Ακτινοβολία

Η ιονίζουσα ακτινοβολία είναι αυτή που έχει συχνότητα υψηλότερη από το ορατό φως. Είναι μικρότερου μήκους κύματος και μεταφέρει πολύ υψηλή ενέργεια.

Η ιονίζουσα ακτινοβολία περιλαμβάνει την κοσμική ακτινοβολία, τις ακτίνες X και τις ακτινοβολίες  $\alpha$ ,  $\beta$  και  $\gamma$  ραδιενεργού διάσπασης.

Χαρακτηρίζεται με τον όρο «ιονίζουσα», διότι προκαλεί ιονισμό της ύλης, δηλαδή (με επιστημονική ορολογία) το φωτόνιο της διαθέτει τέτοια ενέργεια, ώστε να μπορεί να εκδιώξει ένα ηλεκτρόνιο από ένα άτομο της ύλης.

Η ακτινοβολία αυτή μπορεί να προκαλέσει άμεση βλάβη στη βιολογική ύλη και συγκεκριμένα στο DNA των κυττάρων.

### Μη Ιονίζουσα Ακτινοβολία

Σε αντίθεση με την ιονίζουσα ακτινοβολία (όπως οι ακτίνες  $\gamma$  που εκπέμπονται από ραδιενεργά υλικά, η κοσμική ακτινοβολία και οι ακτίνες X), η οποία εντοπίζεται στο υψηλότερο τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, υπάρχουν και πηγές ηλεκτρομαγ-

νητικών πεδίων στα οποία υποβαλλόμαστε καθημερινά (ραδιοκύματα, μικροκύματα, ηλεκτρισμός) και βρίσκονται στο χαμηλότερο τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Είναι μεγάλου μήκους κύματος και χαμηλής συχνότητας.

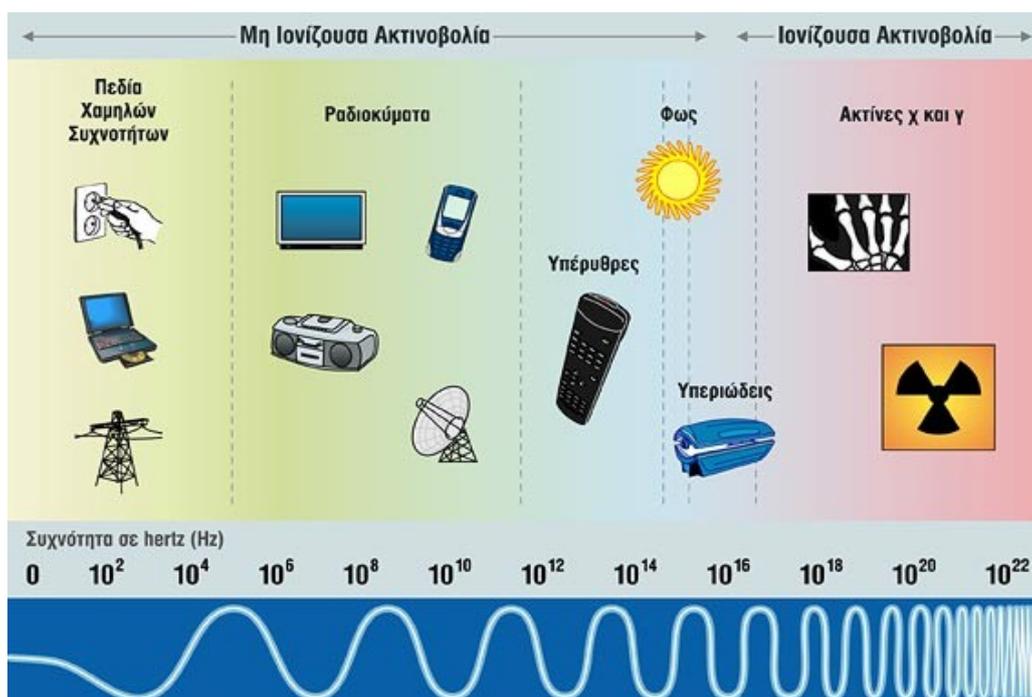
Αυτές οι πηγές δεν μπορούν να προκαλέσουν ιονισμό, διότι η ενέργεια που μεταφέρουν είναι μικρή.

Δεν μπορούν να σπάσουν χημικούς δεσμούς στα μόρια των κυττάρων. Στην περιοχή των ραδιοσυχνοτήτων η κβαντική ενέργεια δεν είναι αρκετά ισχυρή ώστε να διασπάσει τους δεσμούς που συγκρατούν μεταξύ τους τα μόρια μέσα στα κύτταρα και, συνεπώς, δεν μπορεί να προκαλέσει ιονισμό.

Για το λόγο αυτό, η χαμηλότερη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος χαρακτηρίζεται ως «μη ιονίζουσα».

Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία που παράγονται από τα καλώδια ηλεκτρικού ρεύματος και τις οικιακές ηλεκτρικές συσκευές, είναι εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας που φτάνουν μέχρι 300 Hz ενώ οι ραδιοσυχνότητες βρίσκονται μεταξύ 10 MHz και 300 GHz.

Στο Σχήμα φαίνεται η σχετική θέση της μη ιονίζουσας και της ιονίζουσας ακτινοβολίας στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.



Ο διαχωρισμός μεταξύ ιονίζουσας και μη ιονίζουσας ακτινοβολίας είναι σημαντικός, γιατί επιτρέπει την καλύτερη αντίληψη των πραγματικών κινδύνων των διαφόρων τύπων της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

## Ηλεκτρομαγνητισμός

Ο Ηλεκτρομαγνητισμός είναι ο τομέας της Φυσικής που μελετά τα φαινόμενα που απορρέουν από το ηλεκτρικό φορτίο των σωματιδίων και από την αλληλεπίδραση ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων. Δηλαδή μελετά τα φαινόμενα που έχουν άμεση ή έμμεση σχέση με τα ηλεκτρικά φορτία και με πηγές μαγνητικού πεδίου.

Αρχικά πιστεύονταν ότι ο ηλεκτρισμός και ο μαγνητισμός είναι δύο διαφορετικά φαινόμενα μέχρι που ο Oersted παρατήρησε ότι όταν πλησίαζε μία ποξίδα σε αγωγό ο οποίος διαρρέεταν από ηλεκτρικό ρεύμα, τότε η μαγνητική βελόνα προσανατολιζόταν κάθετα στον αγωγό.

Τότε έγινε κατανοητό ότι δεν επρόκειτο για δύο διαφορετικά φαινόμενα, αλλά για ένα: τον ηλεκτρομαγνητισμό. Η ενοποίηση των δύο αυτών φαινομένων έγινε από τον Maxwell με τις τέσσερις περίφημες εξισώσεις που έκτοτε φέρουν το όνομά του (εξισώσεις του Maxwell).

Συνδυάζοντας κατάλληλα τις εξισώσεις του Maxwell καταλήγουμε στη δημιουργία κυμάτων ηλεκτρομαγνητικής φύσης. Αυτές οι κυματικές εξισώσεις που παίρνουμε για το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο αποδεικνύουν ότι τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα έχουν ταχύτητα ίση με αυτήν της ταχύτητας του φωτός. Αυτό ήταν και το πρώτο πράγμα που μας έκανε να πιστέψουμε ότι το φως είναι ηλεκτρομαγνητικό κύμα (για το ότι ήταν κύμα είχαμε ήδη στοιχεία).

Η κυματική εξίσωση που έβγαινε από τις εξισώσεις του Maxwell δεν ικανοποιούσε την Γαλιλαϊκή συμμετρία, δηλαδή τους μετασχηματισμούς του Γαλιλαίου. Η ανάγκη έρευνας ενός μετασχηματισμού που θα ικανοποιεί τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα οδήγησε στην έρευνα των λεγόμενων μετασχηματισμών Lorentz και στο ανώτατο όριο ταχύτητας του φωτός λαμβάνοντας υπόψη τις αρχές της ειδικής σχετικότητας που έθεσε ο Einstein.

Ο τρόπος με τον οποίο φορτία και ρεύματα αλληλεπιδρούν με το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο περιγράφεται από τις εξισώσεις Maxwell και το Νόμο της δύναμης Lorentz.

Από την πλευρά της κλασσικής φυσικής, το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο παρατηρείται ως ένα συνεχές πεδίο, που προωθείται με κομματοειδή τρόπο, ενώ από την πλευρά της κβαντομηχανικής, το πεδίο είναι κβαντισμένο και αποτελείται από φωτόνια.

## Μαθηματική περιγραφή

Από το νόμο του Gauss για το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο, τον νόμο της επαγωγής του Faraday και το νόμο του Ampere συμπληρωμένο με έναν ακόμη όρο από τον Maxwell που αφορά την μεταβολή της ροής της ηλεκτρικής μετατόπισης μέσα από την επιφάνεια που περικλείει μια κλειστή γραμμή, προκύπτουν οι τέσσερις εξισώσεις του Maxwell.

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \vec{D} &= \rho_f \\ \nabla \times \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \\ \nabla \cdot \vec{B} &= 0 \\ \nabla \times \vec{H} &= \vec{j}_f + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}\end{aligned}$$

Όπου  $\vec{D}$  η ηλεκτρική μετατόπιση,  $\vec{H}$  η ένταση του μαγνητικού πεδίου,  $\vec{j}_f$  η πυκνότητα του ελεύθερου ρεύματος και  $\rho_f$  η πυκνότητα όγκου των ελεύθερων ηλεκτρικών φορτίων.

Σε περιοχές του χώρου όπου δεν υπάρχουν φορτία ή ρεύματα, οι εξισώσεις του Maxwell γράφονται ως

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \vec{E} &= 0 \\ \nabla \times \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \\ \nabla \cdot \vec{B} &= 0 \\ \nabla \times \vec{B} &= \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}\end{aligned}$$

όπου με  $\vec{E}$  συμβολίζεται η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου,  
με  $\vec{H}$  η ένταση του μαγνητικού πεδίου,  
με  $\vec{B}$  η μαγνητική επαγωγή και  
με  $\epsilon_0$  και  $\mu_0$  η ηλεκτρική και μαγνητική διαπερατότητα του κενού αντίστοιχα.

Από τις εξισώσεις αυτές, και με κατάλληλη μαθηματική επεξεργασία και αποσύζευξη του ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου, προκύπτουν οι σχέσεις

$$\begin{aligned}\nabla^2 \vec{E} &= \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \\ \nabla^2 \vec{B} &= \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2}\end{aligned}$$

οι οποίες έχουν τη μορφή κυματικής εξίσωσης, και περιγράφουν κύματα που κινούνται με ταχύτητα

$$u = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} = 3,00 \cdot 10^8$$

Τιμή που ισούται ακριβώς με την ταχύτητα του φωτός. Οι βασικοί νόμοι του ηλεκτρομαγνητισμού προβλέπουν δηλαδή την ύπαρξη κυμάτων που κινούνται με την ταχύτητα του φωτός. Κατά συνέπεια, σύμφωνα με τον ίδιο τον Μάξγουελ, είναι δύσκολο να αποφύγουμε το συμπέρασμα ότι το φως δεν είναι τίποτε άλλο παρά εγκάρσιοι κυματισμοί του ίδιου εκείνου μέσου που προκαλεί τα ηλεκτρικά και τα μαγνητικά φαινόμενα, και να δεχθούμε δηλαδή την ερμηνεία του φωτός ως ηλεκτρομαγνητικό κύμα.

Στο εσωτερικό της ύλης, αλλά σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν ελεύθερα φορτία ή ελεύθερα ρεύματα με την υπόθεση δηλαδή πως το υλικό είναι μη αγωγίμο και ισότροπο τα ηλεκτρόνια είναι δεσμευμένα από τα άτομα του υλικού και όλες οι διευθύνσεις είναι ισοδύναμες.

Αυτό πραγματοποιείται στα απλά ισότροπα υλικά διηλεκτρικά όπως είναι το γυαλί. Σε αυτήν την περίπτωση ισχύουν οι σχέσεις:

$$\begin{aligned}\vec{D} &= \epsilon \vec{E} \\ \vec{H} &= \frac{1}{\mu} \vec{B}\end{aligned}$$



Οι σχέσεις του Μάξγουελ γίνονται

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \vec{E} &= 0 \\ \nabla \times \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \\ \nabla \cdot \vec{B} &= 0 \\ \nabla \times \vec{B} &= \mu\epsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}.\end{aligned}$$

Η μόνη διαφορά των τελευταίων σχέσεων με αυτών στο κενό, είναι ότι η ποσότητα  $\mu\epsilon_0$  έχει αντικατασταθεί από το  $\mu\epsilon$ . Συνεπώς, σε ένα γραμμικό ομογενές υλικό τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαδίδονται με ταχύτητα

$$u = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon}}$$

που είναι πάντα μικρότερη από αυτή του φωτός.

## Οδηγίες και Πολιτικές για την Έκθεση σε Ηλεκτρομαγνητικά Πεδία

### Ποιος αποφασίζει για τις οδηγίες;

Σε όλο τον κόσμο, διεθνείς οργανισμοί και χώρες έχουν προχωρήσει στη θέσπιση ορίων αποδεκτής έκθεσης του γενικού Πληθυσμού και των εργαζομένων σε μη ιονίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

Οι περισσότερες χώρες στην Ευρώπη και αλλού χρησιμοποιούν τις οδηγίες έκθεσης που έχουν εκδοθεί από τη Διεθνή Επιτροπή για την Προστασία από τη Μη-Ιονίζουσα Ακτινοβολία (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection-ICNIRP*).

Ο μη κυβερνητικός αυτός οργανισμός, που αναγνωρίζεται επισήμως από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (*World Health Organization-WHO*), αποτιμά τα επιστημονικά αποτελέσματα στους τομείς της επιδημιολογίας, της ιατρικής, της βιολογίας, της φυσικής και της μηχανικής σε όλο τον κόσμο.

Η ICNIRP ανακοινώνει οδηγίες που προτείνουν όρια για την έκθεση, τα οποία αναθεωρούνται και ενημερώνονται περιοδικά, όταν κρίνεται απαραίτητο.

Οι πλέον πρόσφατες οδηγίες της ICNIRP δημοσιεύτηκαν το 1998 και έχουν υιοθετηθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης CENELEC (*Commission European de Normalisation Electrotechnique*) και το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο κατά τη σύνταξη του ισχύοντος προτύπου για την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Οι οδηγίες της ICNIRP αποτελούν τη βάση και της ελληνικής νομοθεσίας για την προστασία του κοινού από την έκθεση στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

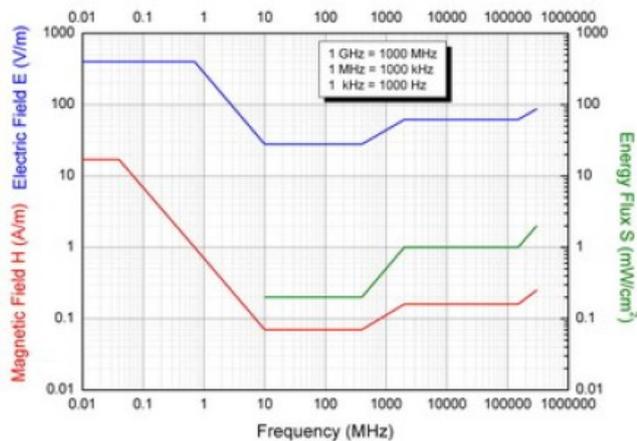
## **Πού βασίζονται οι οδηγίες;**

Οι οδηγίες της ICNIRP για την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία καλύπτουν το εύρος συχνοτήτων της μη ιονίζουσας ακτινοβολίας από 0 μέχρι 300 GHz. Βασίζονται σε διεξοδικές επισκοπήσεις όλης της δημοσιευμένης επιστημονικής βιβλιογραφίας. Τα όρια αποδεκτής έκθεσης έχουν καθοριστεί με βάση αποτελέσματα σχετικά με τη βραχυπρόθεσμη έντονη έκθεση και όχι τη μακροπρόθεσμη έκθεση, διότι η διαθέσιμη επιστημονική πληροφορία για τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα της έκθεσης σε χαμηλής έντασης ηλεκτρομαγνητικά πεδία θεωρείται ανεπαρκής για τη θέσπιση ποσοτικών ορίων. Σε συχνότητες υψηλότερες του 1MHz, η θέσπιση ορίων αποδεκτής έκθεσης αποσκοπεί αποκλειστικά στην αποφυγή των θερμικών αποτελεσμάτων των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων.

## **Ποια είναι τα διεθνή όρια που έχουν θεσπιστεί για την προστασία από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία;**

Σύμφωνα με τις οδηγίες της ICNIRP, προτείνεται ένα σύστημα δύο επιπέδων ως προς τα όρια επιτρεπτής έκθεσης: χαμηλότερα όρια για το γενικό πληθυσμό και υψηλότερα για τους επαγγελματικά ασχολούμενους σε χώρους έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, καθώς οι δεύτεροι έχουν γνώση των κινδύνων και μπορούν να λάβουν τα ενδεικνύμενα μέτρα προστασίας.

Επιπλέον, ορίζονται βασικοί περιορισμοί που αφορούν δοσιμετρικά μεγέθη αλλά και αντίστοιχα επίπεδα αναφοράς για τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία τα οποία μπορούν εύκολα να μετρηθούν. Επισημαίνεται ότι για τη διατόπωση των βασικών περιορισμών έχει υιοθετηθεί ένας παράγοντας ασφάλειας (10 ως και 50), ο οποίος αντιπροσωπεύει την αβεβαιότητα εκτίμησης του ορίου εμφάνισης επιβλαβών επιπτώσεων στην υγεία. Το βασικό μέγεθος για την ποσοτικοποίηση των θερμικών επιδράσεων είναι ο Ρυθμός Ειδικής Απορρόφησης (SAR). Η θέσπιση ορίων αποδεκτής έκθεσης από τη CENELEC και άλλες επιτροπές τυποποίησης για ολόσωμη έκθεση σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχει βασιστεί στην πρόληψη διαταραχών της συμπεριφοράς που παρατηρούνται σε ζώα κατά την έκθεσή τους σε χαμηλά επίπεδα ακτινοβολίας.



Τα όρια επικινδυνότητας για τις τιμές του Ηλεκτρικού και Μαγνητικού πεδίου, όπως καθορίζονται από την Ευρωπαϊκή Ένωση φαίνονται στο παραπάνω διάγραμμα για τη περιοχή συχνοτήτων 10 kHz-300 GHz.

Ο όρος «διαταραχές συμπεριφοράς» αναφέρεται στην τάση των ζώων να σταματούν την εκτέλεση μιας πολύπλοκης γνωσιακής λειτουργίας όταν εκτίθενται σε συγκεκριμένα επίπεδα ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας. Πρόκειται για θερμική επίδραση που παρατηρείται για Ρυθμό Ειδικής Απορρόφησης ίσο με 4 W/kg σωματικού βάρους, υπολογισμένο ως μέση τιμή σε ολόκληρο το σώμα. Για να συμπεριλάβει επιστημονικές αβεβαιότητες, αυτό το επίπεδο κατωφλίου μειώθηκε περαιτέρω για να προκύψουν οι τιμές των ορίων για την ανθρώπινη έκθεση (βασικοί περιορισμοί).

Υιοθετώντας ένα συντελεστή ασφαλείας ίσο με 10, καθορίστηκε η μέγιστη επιτρεπτή τιμή του Ρυθμού Ειδικής Απορρόφησης για τον άνθρωπο (επαγγελματική έκθεση) σε 0.4 W/kg και θέτοντας έναν επιπλέον συντελεστή ασφαλείας ίσο με 5 για το γενικό πληθυσμό καθορίστηκε αντίστοιχη μέγιστη τιμή του Ρυθμού Ειδικής Απορρόφησης ίση με 0.08W/kg, υπολογισμένη ως μέση τιμή για ολόκληρο το σώμα και για χρονικό διάστημα μέτρησης 6 λεπτών.

Με παρόμοιο σκεπτικό, προέκυψαν αντίστοιχα όρια για τον περιορισμό της έκθεσης τμημάτων του ανθρώπινου σώματος σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία Ραδιοσυχνοτήτων. Για τις περιπτώσεις όπου δεν είναι δυνατή η απευθείας εκτίμηση της απορροφούμενης ισχύος από τους ιστούς, ορίζονται από την ICNIRP επίπεδα αναφοράς που αντιστοιχούν σε μεγέθη, τα οποία μπορούν εύκολα να μετρηθούν, όπως είναι η ένταση του ηλεκτρικού ή του μαγνητικού πεδίου ή η πυκνότητα ισχύος.

Ο υπολογισμός των πεδίων αναφοράς από τους αντίστοιχους βασικούς περιορισμούς έχει πραγματοποιηθεί με την υπόθεση μέγιστης σύζευξης του ανθρωπίνου σώματος με το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο (δυσμενέστερη περίπτωση). Τα πλέον αυστηρά όρια για ολόσωμη έκθεση αντιστοιχούν στο εύρος συχνοτήτων 30-300 MHz. Για συσκευές που συμβάλλουν μόνο στην έκθεση τμήματος του σώματος, όπως τα κινητά τηλέφωνα, καθορίζονται τα όρια έκθεσης μόνο με βάση τον SAR.

### **Γιατί χρησιμοποιείται υψηλότερος παράγοντας μείωσης στις οδηγίες έκθεσης του γενικού πληθυσμού;**

Ο επαγγελματικά εκτιθέμενος πληθυσμός αποτελείται από ενήλικες εργαζόμενους οι οποίοι, γενικά, είναι ενημερωμένοι για την ύπαρξη των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων και τις επιπτώσεις τους. Οι εργαζόμενοι εκπαιδεύονται ώστε να γνωρίζουν τον πιθανό κίνδυνο και να λαμβάνουν τις απαραίτητες προφυλάξεις.

Αντίθετα, ο γενικός πληθυσμός αποτελείται από άτομα όλων των ηλικιών με κυμαινόμενη κατάσταση υγείας, τα οποία σε πολλές περιπτώσεις δεν γνωρίζουν ότι εκτίθενται σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Επιπλέον, οι εργαζόμενοι εκτίθενται τυπικά μόνο κατά τη διάρκεια της εργάσιμης ημέρας (συνήθως 8 ώρες την ημέρα), ενώ ο γενικός πληθυσμός μπορεί να είναι εκτεθειμένος μέχρι και 24 ώρες την ημέρα.

Αυτοί είναι οι θεμελιώδεις λόγοι που οδήγησαν σε περισσότερο αυστηρούς περιορισμούς έκθεσης για το γενικό πληθυσμό σε σχέση με τον επαγγελματικά εκτιθέμενο πληθυσμό.

### **Τι ισχύει στην Ελλάδα;**

Στην Ελλάδα, οι δύο Νόμοι που έχουν σχέση με την προστασία του κοινού από την μη ιονίζουσα ακτινοβολία είναι με Κοινή Υπουργική Απόφαση υπ' αριθ. 53571/3839, «Μέτρα προφύλαξης του κοινού από τη λειτουργία κεραιών εγκατεστημένων στην ξηρά», (ΦΕΚ 1105/Β/6-9-2000) και ο Νόμος 3431/2006 «Περί ηλεκτρονικών επικοινωνιών και άλλες διατάξεις», (ΦΕΚ 13/Α/3-2-2006, Άρθρο 31).

Σύμφωνα με τον Νόμο 3431/2006, γύρω από κάθε κατασκευή κεραιάς που εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία δεν θα πρέπει να υπάρχουν χώροι προσπελάσιμοι από το γενικό πληθυσμό, στους οποίους τα επίπεδα έκθεσης υπερβαίνουν το 70% των ορίων της ICNIRP.

Επιπλέον, σε περίπτωση εγκατάστασης κατασκευής κεραιάς σε απόσταση μικρότερη από 300 μέτρα από την περίμετρο κτιριακών εγκαταστάσεων βρεφονηπιακών σταθμών, σχολείων, γηροκομείων και νοσοκομείων, τα επίπεδα έκθεσης του κοινού απαγορεύεται να υπερβαίνουν το 60% των ορίων της ICNIRP. Δηλαδή εφαρμόζονται ακόμα αυστηρότερα όρια σε σχέση με αυτά που ορίζονται από την ICNIRP.

Η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ) είναι ο αρμόδιος φορέας για τον έλεγχο της τήρησης των ορίων έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

Οι έλεγχοι για τη μέτρηση της ακτινοβολίας πραγματοποιούνται από την ΕΕΑΕ ή από εξουσιοδοτημένους από αυτήν φορείς.

Όσον αφορά στις τερματικές συσκευές, η ICNIRP έχει θεσπίσει ως όριο SAR από τα κινητά τηλέφωνα στο κεφάλι την τιμή 2 W ανά χιλιόγραμμο μάζας, όταν λαμβάνεται ο μέσος όρος σε 10 γραμμάρια μάζας συνεχούς ιστού στο κεφάλι για μία περίοδο 6 λεπτών.

Αυτό το όριο έχει υιοθετήσει και η Ευρωπαϊκή Ένωση και κατά συνέπεια και η Ελλάδα.

Συγκεκριμένα, η κοινοτική οδηγία 99/5/ΕΚ για Ραδιοεξοπλισμό και Τηλεπικοινωνιακό Τερματικό Εξοπλισμό (ΡΤΤΕ), που έχει μεταφερθεί στην Ελληνική νομοθεσία με το ΠΔ 44/2002, θέτει έμφαση στην υγεία και ασφάλεια του χρήστη, απαιτώντας συμμόρφωση με τις θεμελιώδεις απαιτήσεις του άρθρου 3.1α.

Κάθε συσκευή που κυκλοφορεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση συμμορφώνεται με την ανωτέρω οδηγία, φέρει τη σήμανση CE και, επιπλέον στα συνοδευτικά έγγραφα υπάρχει η δήλωση συμμόρφωσης του κατασκευαστή.

Περισσότερες οδηγίες σχετικά με το τι ισχύει για το ΡΤΤΕ περιέχονται στην ιστοσελίδα της ΕΕΤΤ [www.eett.gr/](http://www.eett.gr/) Πληροφορίες για Καταναλωτές/Πληροφορίες για Ραδιοεπικοινωνίες/ Γενικές Πληροφορίες για εμπορία και χρήση ΡΤΤΕ ή διαφορετικά στο σύνδεσμο:

[http://www.eett.gr/opencms/sites/EETT/CostumerInformation/Radio\\_Communication\\_Information Informations.html](http://www.eett.gr/opencms/sites/EETT/CostumerInformation/Radio_Communication_Information Informations.html)

## **Επιπτώσεις ηλεκτρομαγνητικών πεδίων ραδιοσυχνοτήτων**

### **Επιπτώσεις ηλεκτρομαγνητικών πεδίων ραδιοσυχνοτήτων στο ανθρώπινο σώμα από τις εκπομπές**

Ηλεκτρικά ρεύματα υπάρχουν και στο ανθρώπινο σώμα και είναι απαραίτητα για τις φυσιολογικές σωματικές λειτουργίες.

Όλες οι δομές του νευρικού συστήματος λειτουργούν μεταδίδοντας παλμικά ηλεκτρικά σήματα.

Οι περισσότερες βιοχημικές αντιδράσεις, από εκείνες που σχετίζονται με την πέψη μέχρι εκείνες που σχετίζονται με την εγκεφαλική λειτουργία, περιλαμβάνουν ηλεκτρικές διεργασίες.

Τα βιολογικά αποτελέσματα της έκθεσης του ανθρώπινου σώματος και των κυττάρων του σε εξωτερικά πεδία ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων ραδιοσυχνοτήτων εξαρτώνται κυρίως από τη συχνότητα και την ένταση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. Στις ραδιοσυχνότητες, η ακτινοβολία απορροφάτε μερικώς και διεισδύει σε μικρό μόνο βάθος μέσα στο σώμα.

Η ενέργεια αυτών των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων απορροφάτε και προκαλεί την κίνηση των μορίων. Η τριβή και οι κρούσεις μεταξύ των ταχέως κινουμένων μορίων έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας.

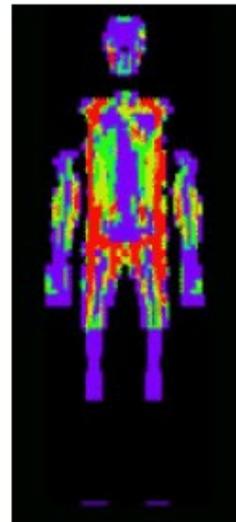
Η μέτρηση της απορρόφησης του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου από κάθε υλικό και η μετατροπή του σε άλλη ενέργεια (π.χ. θερμική ή χημική) γίνεται με τον υπολογισμό του SAR (Specific Absorption Rate ή Ειδικό Ρυθμό Απορρόφησης σε Warts ανά Kg μάζας).

Πολλά αριθμητικά μοντέλα ηλεκτρομαγνητισμού έχουν γίνει για να μελετηθεί η απορρόφηση του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου (υπολογισμός SAR) που παράγεται από τις γραμμές μεταφοράς υπερύψηλης τάσης από το ανθρώπινο σώμα και η εν συνεχεία μετα-



ροπή του σε άλλου είδους ενέργεια μέσα στο σώμα. Αυτά τα μοντέλα εξελίσσονται με τα χρόνια και λαμβάνουν υπόψη καλύτερα κάθε φορά τη κατασκευή των υλικών από τα οποία είναι κατασκευασμένα τα όργανα και οι ιστοί του ανθρωπίνου σώματος. Οι αναλύσεις γίνονται με τη βοήθεια κατάλληλων προγραμμάτων υπολογιστή, που τρέχουν σε ισχυρούς υπολογιστές.

Στη φωτογραφία, φαίνεται ο υπολογισμός της απορρόφησης του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου (υπολογισμός SAR) από το ανθρωπινό σώμα. Όπως βλέπετε, τα όργανα του ανθρωπίνου σώματος δεν απορροφούν κατά τον ίδιο τρόπο το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, που το διαπερνά. Στη φωτογραφία αυτό αποδίδεται με τα διαφορετικά χρώματα. Η διαφορετική απορρόφηση έχει αποτέλεσμα την διαφορετική έκθεση σε κίνδυνο της φυσιολογικής λειτουργίας κάθε οργάνου.



Δύο περιοχές του σώματος, τα μάτια και οι όρχις, είναι ιδιαίτερος ευπαθείς στη θέρμανση από ραδιοσυχνότητες διότι χαρακτηρίζονται από χαμηλή αιματική κυκλοφορία και, συνεπώς, ανεπαρκή απαγωγή της αυξημένης θερμότητας.

Τα επίπεδα έντασης των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων ραδιοσυχνότητας στα οποία συνήθως εκτίθεται το κοινό στο καθημερινό περιβάλλον του είναι πολύ ασθενέστερα σε σχέση με αυτά που απαιτούνται για να προκληθεί αξιοσημείωτη τοπική θέρμανση ή αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος.

Εκτός, όμως, από τα γνωστά θερμικά αποτελέσματα, υπάρχει σήμερα αυξημένο ενδιαφέρον για τη μελέτη ύπαρξης και άλλων μη θερμικών μηχανισμών αλληλεπίδρασης των ραδιοκυμάτων με τους βιολογικούς ιστούς.

Ορισμένες μελέτες έχουν δείξει ότι, υπό συγκεκριμένες συνθήκες, τα ραδιοκύματα μπορούν να προκαλέσουν μη θερμικές βιολογικές επιδράσεις σε καλλιέργειες κυττάρων ή πειραματόζωα, χωρίς, ωστόσο, αυτές οι επιδράσεις να σχετίζονται άμεσα με την πρόκληση κάποιας βλάβης στον ανθρωπινό οργανισμό.

Επιπλέον, σε μερικές από τις μελέτες αυτές, τα αποτελέσματα εμφανίζονται αντιφατικά, ενώ σε κάποιες άλλες δεν έγινε δυνατό να επαναληφθούν.

Είναι φανερό ότι υπάρχει αβεβαιότητα και ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση των μηχανισμών που σχετίζονται με μη θερμικά φαινόμενα και τη συσχέτισή τους με επιβλαβείς βιολογικές επιδράσεις και ενδεχόμενες επιπτώσεις στην υγεία. Η έρευνα σε παγκόσμιο επίπεδο συνεχίζεται υπό το συντονισμό του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας.

## **Βιολογικά αποτελέσματα και επιπτώσεις στην υγεία**

Τα βιολογικά αποτελέσματα αποτελούν μετρήσιμες αποκρίσεις του οργανισμού ή των κυττάρων σε κάποια διέγερση ή αλλαγή του περιβάλλοντος. Τέτοιου είδους αποκρίσεις, όπως η ταχυκαρδία μετά την κατανάλωση καφέ ή η υπνηλία μέσα σε ένα αποπνικτικό δωμάτιο, δεν είναι απαραίτητα επιβλαβείς για την υγεία.

Η αντίδραση του οργανισμού σε μεταβολές του περιβάλλοντος είναι απολύτως φυσιολογική. Ωστόσο, ο οργανισμός ενδέχεται να μη διαθέτει επαρκείς μηχανισμούς ελέγχου ώστε να ανταποκρίνεται σε όλο το φάσμα των περιβαλλοντικών μεταβολών.

Διαρκής περιβαλλοντική έκθεση, ακόμα και ασθενής, μπορεί να αποτελέσει κίνδυνο για την υγεία. Στον ανθρώπινο οργανισμό, ένα αρνητικό αποτέλεσμα για την υγεία προέρχεται από ένα βιολογικό αποτέλεσμα το οποίο προκαλεί ανιχνεύσιμη βλάβη στην υγεία ή στην καλή φυσική κατάσταση των εκτιθέμενων ατόμων.

Η συμμόρφωση με τα όρια έκθεσης (βασικούς περιορισμούς και επίπεδα αναφοράς) που προτείνονται από τις εθνικές και τις διεθνείς οδηγίες συντελεί στον έλεγχο του κινδύνου από την έκθεση σε ραδιοκύματα, τα οποία μπορεί να είναι επιβλαβή για την υγεία του ανθρώπου.

Ωστόσο, σημαντικό μέρος του πληθυσμού εξακολουθεί να έχει ερωτήματα σχετικά με τα πιθανά αποτελέσματα στην υγεία από την έκθεση σε χαμηλής έντασης ενέργεια ραδιοκυμάτων.

Είναι γενικώς αποδεκτό ότι απαιτείται περαιτέρω επιστημονική έρευνα των αποτελεσμάτων που επιβεβαιώνονται και για το αν αυτά είναι επικίνδυνα για τον άνθρωπο.

Στο διάστημα αυτό, οι διεθνείς οργανισμοί και οι φορείς τυποποίησης συνεχίζουν να παρακολουθούν τα τελευταία επιστημονικά ευρήματα για να αποφανθούν αν η μακροπρόθεσμη έκθεση σε πεδία χαμηλότερου επιπέδου από τα όρια των οδηγιών μπορεί να προκαλέσει επιβλαβή αποτελέσματα στην υγεία ή να επηρεάσει την καλή φυσική κατάσταση του ανθρώπου.

Ως προς τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία ραδιοσυχνοτήτων, η πλειοψηφία των επιστημονικών συμπερασμάτων συγκλίνει στο ότι η έκθεση σε χαμηλού επιπέδου ηλεκτρομαγνητικών πεδίων ραδιοσυχνοτήτων (όπως εκείνα που εκπέμπονται από τα κινητά τηλέφωνα και από τους σταθμούς βάσης) δεν προκαλούν επιβλαβή αποτελέσματα στην υγεία.

Ορισμένοι επιστήμονες αναφέρουν δευτερεύοντα αποτελέσματα από τη χρήση των κινητών τηλεφώνων, τα οποία συμπεριλαμβάνουν μεταβολές στην εγκεφαλική δραστηριότητα, το χρόνο αντίδρασης και τα πρότυπα του ύπνου. Από τη μέχρι σήμερα επιβεβαίωση αυτών των αποτελεσμάτων, φαίνεται ότι εντάσσονται εντός των φυσιολογικών ορίων της ανθρώπινης συμπεριφοράς.

Σήμερα, οι ερευνητικές προσπάθειες επικεντρώνονται στη διερεύνηση της πιθανότητας να προκαλείται σημαντική θερμοκρασιακή αύξηση και επιβλαβή αποτελέσματα στην υγεία από τη μακροπρόθεσμη έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία ραδιοσυχνοτήτων χαμηλής έντασης.

Ορισμένες πρόσφατες επιδημιολογικές μελέτες για τη χρήση του κινητού τηλεφώνου δεν κατέληξαν σε πειστικές αποδείξεις σχετικά με αύξηση του κινδύνου του καρκίνου του εγκεφάλου.

Ωστόσο, η τεχνολογία είναι πολύ πρόσφατη για να μπορούν να αποκλειστούν πιθανά μακροπρόθεσμα αποτελέσματα. Τα κινητά τηλέφωνα και οι σταθμοί βάσης δημιουργούν αρκετά διαφοροποιημένα χαρακτηριστικά έκθεσης.

Η έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία ραδιοσυχνοτήτων είναι πολύ υψηλότερη για τους χρήστες κινητών τηλεφώνων σε σχέση με αυτούς που κατοικούν πλησίον σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας. Εκτός από σήματα που εκπέμπονται περιοδικά για τη διατήρηση της σύνδεσης με τους γειτονικούς σταθμούς βάσης, τα κινητά τηλέφωνα εκπέμπουν μόνο κατά τη διάρκεια μιας κλήσης.

Αντίθετα, αν και οι σταθμοί βάσης κινητής τηλεφωνίας εκπέμπουν συνεχώς, τα επίπεδα στα οποία εκτίθεται το κοινό είναι ιδιαίτερος χαμηλά, ακόμα και για όσους κατοικούν πολύ κοντά στην εγκατάσταση.

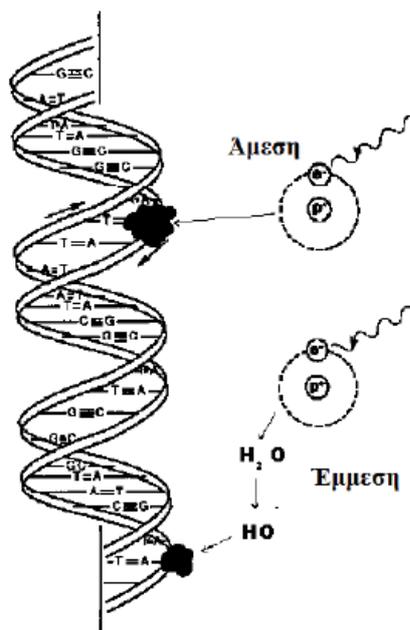
### **Άμεσος και έμμεσος μηχανισμός επίδρασης στα κύτταρα**

Τα βιολογικά αποτελέσματα της έκθεσης του ανθρώπινου σώματος και των κυττάρων του σε εξωτερικά πεδία ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας εξαρτώνται κυρίως από τη συχνότητα και την ένταση τους. Ανεξάρτητα αν η πηγή της ακτινοβολίας είναι φυσική ή τεχνητή και ανεξαρτήτως του μεγέθους της δόσης της ακτινοβολίας, αναμένονται να υπάρχουν κάποιες βιολογικές επιδράσεις από την ακτινοβολία. Σε αυτό το κεφάλαιο συνοψίζονται οι βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες επιδράσεις της έκθεσης σε ακτινοβολία.

Αν και όλες οι επακόλουθες βιολογικές επιδράσεις μπορούν να αναχθούν στην αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με τα άτομα, υπάρχουν δύο μηχανισμοί με τους οποίους η ακτινοβολία επηρεάζει τα κύτταρα. Αυτοί οι μηχανισμοί ονομάζονται άμεσος και έμμεσος μηχανισμός.

Άμεσος μηχανισμός ονομάζεται η επίδραση της ακτινοβολίας σε άτομα του DNA, ή σε κάποιο άλλο κυτταρικό συστατικό (π.χ. χρωμόσωμα) που είναι σημαντικό για την επιβίωση του κυττάρου. Αυτή η επίδραση μπορεί να επηρεάσει την αναπαραγωγή του κυττάρου και επακόλουθα, την επιβίωση του. Το μόριο του DNA όμως αποτελεί ένα πολύ μικρό μέρος του συνόλου του κυττάρου, και για αυτό το λόγο είναι πολύ μικρή η πιθανότητα η ακτινοβολία να επιδράσει άμεσα DNA. Το κύτταρο αποτελείται κυρίως από νερό. Με συνέπεια να υπάρχουν μεγαλύτερες πιθανότητες η ακτινοβολία να επιδρά στο νερό. Αυτή η επίδραση ονομάζεται έμμεσος μηχανισμός. Όταν η ακτινοβολία επιδρά στο νερό μπορεί να σπάσει τους δεσμούς του μορίου του νερού, παράγοντας έτσι ιόντα όπως

υδρογόνο ( $H^+$ ) και υδροξύλιο ( $OH^-$ ). Αυτά τα ιόντα μπορεί να ξαναενωθούν ή να αλληλεπιδράσουν με άλλα ιόντα ώστε να σχηματίσουν ενώσεις, όπως το νερό, το οποίο δεν θα βλάψει το κύτταρο. Παρόλα αυτά, μπορεί να ενωθούν και να σχηματίσουν τοξικές ουσίες, όπως υπεροξείδιο του υδρογόνου ( $H_2O_2$ ), το οποίο μπορεί να συμβάλει στην καταστροφή του κυττάρου. Ένα πλήθος αντιδράσεων με οξυγόνο και οργανική ύλη δημιουργεί πολύ δραστικές ενώσεις, που μπορούν να αντιδράσουν με ζωτικής σημασίας βιομόρια όπως το DNA στον πυρήνα του κυττάρου (Ακολουθεί Εικόνα) ([www.chem.kuleuven.be](http://www.chem.kuleuven.be)). Γενικά η ακτινοβολία μπορεί να προκαλεί διέγερση, ιονισμό ή σπάσιμο των δεσμών ιών μορίων που συνθέτουν τις δομές του κυττάρου, επηρεάζοντας το σύνολο των ενδοκυτταρικών διεργασιών.



## Όργανα Μέτρησης Ηλεκτρομαγνητικής Ενεργείας

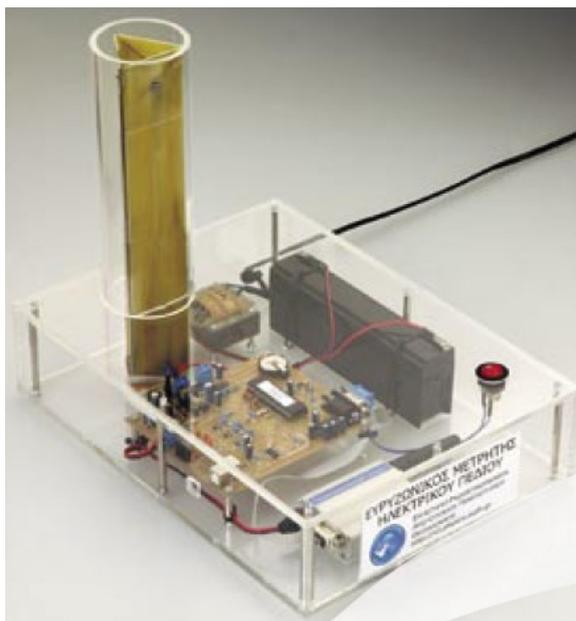
Μέχρι τώρα οι μετρήσεις ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ήταν εφικτές μόνο από ειδικούς με χρήση ακριβού εξοπλισμού. Τώρα πλέον υπάρχουν και οικονομικές συσκευές για οικιακή χρήση.

Η συσκευή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ελέγχει σε μια μεγάλη κλίμακα συχνότητων από λίγα Hz μέχρι και 5000 GHz. Φυσικά μπορεί να κατασκευαστεί και κύκλωμα για μετρητή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Για παράδειγμα ένα κύκλωμα που έχει κατασκευαστεί είναι ο Ευρυζωνικός Μετρητής SMS-K. Είναι μια συσκευή που καταγράφει την ένταση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, σε συχνότητες από μερικές εκατοντάδες kHz έως μερικά GHz, δηλαδή σε μια περιοχή συχνότητων όπου υπάρχουν οι περισσότερες τηλεπικοινωνιακές εφαρμογές (ραδιοφωνία, τηλεόραση, κινητή τηλεφωνία, ιδιωτικά και δημόσια δίκτυα ηλεκτρονικών ασύρματων επικοινωνιών).

Η μέτρηση που πραγματοποιεί η συσκευή ψηφιοποιείται με κατάλληλα ηλεκτρονικά κυκλώματα, έπειτα αποθηκεύεται και, τελικά, είναι διαθέσιμη για περαιτέρω επεξεργασία. Για τη μεταφορά των δεδομένων της μέτρησης, η συσκευή επικοινωνεί με ηλεκτρονικό υπολογιστή είτε ενσύρματα είτε ασύρματα με τη χρήση modem κινητής τηλεφωνίας.

Ο Ευρυζωνικός Μετρητής SMS-K αποτελεί βασικό στοιχείο ενός συστήματος που μας επιτρέπει να καταγράφουμε και να ελέγχουμε σε 24ωρη βάση τα επίπεδα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο περιβάλλον.



Τέτοια συστήματα λειτουργούν ήδη σε διάφορες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Πορτογαλία, Ιταλία, Μάλτα) καθώς και στη χώρα μας. Ωστόσο μέχρι σήμερα οι μετρήσεις πραγματοποιούνται με συσκευές που κατασκευάζονται από οίκους του εξωτερικού (Ιταλία, Γερμανία, Γαλλία) και έχουν συνήθως υψηλό κόστος.

Το γεγονός αυτό λειτουργεί ως τροχοπέδη για την ανάπτυξη τέτοιων συστημάτων σε όσο το δυνατόν περισσότερους χώρους.

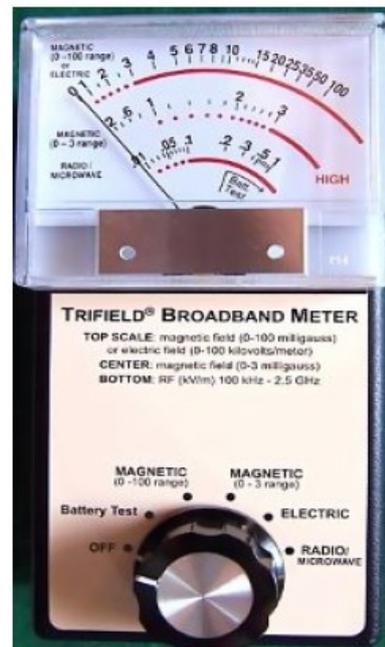
Πέρα από τέτοιου είδους εξειδικευμένα μηχανήματα που έχουν υψηλό κόστος, υπάρχει γκάμα προϊόντων που περιλαμβάνει μεγάλη ποικιλία οργάνων μέτρησης ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, αναλυτών φάσματος και κεραιών τόσο και για υψηλές συχνότητες (κεραίες ραδιοφωνίας, τηλεόρασης, κινητής τηλεφωνίας κλπ.) όσο για χαμηλές συχνότητες (γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας ΔΕΗ) με χαμηλότερο κόστος απόκτησης.

Έτσι πλέον η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μπορεί να μετρηθεί με κατάλληλα όργανα όχι μόνο από τους επιστήμονες αφού υπάρχουν ακριβά η φθηνά όργανα με λιγότερες ή περισσότερες δυνατότητες.

Σχετικά φθηνά όργανα μέτρησης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας υπάρχουν πολλά και διακρίνονται από τη μέθοδο που μετράνε, τη διεύθυνση κατά την οποία μετράνε, την περιοχή συχνότητας, το σφάλμα στη μέτρηση και το είδος του μετρούμενου πεδίου (ηλεκτρικό, μαγνητικό ή και τα δύο). Μπορεί κάποιος να τα εντοπίσει στο διαδίκτυο συμπληρώνοντας στο πεδίο αναζήτησης μιας μηχανής αναζήτησης, τη φράση "electromagnetic pollution measurements" ή "electromagnetic pollution monitoring" ή "electromog measurements" κλπ.

Για λόγους πληρότητας πρέπει να μιλήσουμε και για αυτά. Κάτω αριστερά είναι ένα όργανο μέτρησης ηλεκτρομαγνητικής ρύπανσης, που χρησιμοποιείται στη συχνότητα των 50 Hz και στην περιοχή συχνότητας 100 kHz - 2.5 GHz. Συγκεκριμένα μετράει το ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο. Τις τιμές των μετρήσεων μπορείτε να τις συγκρίνετε με τις τιμές των ορίων ασφαλείας για συγκεκριμένη συχνότητα, και να έχετε δική σας άποψη για τους κινδύνους.

Στη συχνότητα των 50 Hz εργάζονται όλες οι ηλεκτρικές οικιακές συσκευές αλλά και οι γραμμές μεταφοράς υπερύψηλης και χαμηλότερης τάσης (230 Volts). Στη περιοχή συχνότητας 100 kHz – 2.5 GHz εργάζονται πολλά ασύρματα οικιακά δίκτυα συμπεριλαμβανομένων των κινητών τηλεφώνων και των κεραιών κινητής τηλεφωνίας. Να προσέξετε όταν αγοράζετε τέτοια όργανα να ζητάτε τη συχνότητα του δικτύου της ΔΕΗ (50 Hz και όχι 60 Hz).



Εκτός του ανωτέρω οργάνου υπάρχουν και άλλα περισσότερο εξειδικευμένα, περισσότερο ή λιγότερο ευαίσθητα, όπως το όργανο στη φωτογραφία με μεγαλύτερη ευαισθησία από το προηγούμενο αλλά στη περιοχή συχνότητας 1 MHz - 8 GHz. Μετράει ακτινοβολία από RFID, ασύρματους routers υπολογιστών, κρυμμένες κάμερες, κινητά τηλέφωνα, κεραιές κινητής τηλεφωνίας, ραντάρ στρατιωτικών εγκαταστάσεων, ραντάρ αεροδρομίων, ραντάρ αυτοκινήτων κλπ. Δεν μετράει όμως πεδία από γραμμές μεταφοράς υπερύψηλης τάσης, ακτινοβολία από οικιακές συσκευές και γενικά ότι λειτουργεί στη συχνότητα των 50 Hz του δικτύου της ΔΕΗ. Ακτινοβολία προερχόμενη από φούρνο μικροκυμάτων μετράται και με τα δύο προαναφερθέντα όργανα.



Ένα άλλο όργανο είναι ο μετρητής ακτινοβολίας BR 15 που ακολουθεί στην δεξιά φωτογραφία και είναι ένας μετρητής ακτινοβολίας που μας επιτρέπει να ανιχνεύουμε και να μετρήσουμε την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία βρίσκοντας την πηγή της εύκολα και γρήγορα.





## Όργανο μέτρησης ηλεκτρομαγνητικού πεδίου PMM 8053B

Στην παρούσα διπλωματική εργασία ως όργανο μέτρησης πεδίων χαμηλών συχνοτήτων ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας χρησιμοποιείται η μονάδα PMM 8053B, που κατασκευάστηκε από την εταιρεία PMM, που πλέον την έχει αγοράσει η εταιρεία Nard.



Πρόκειται για μια φορητή ψηφιακή μονάδα μέτρησης πεδίου όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα, για ισοτροπικές και μη μετρήσεις, με εύρος φάσματος μετρήσεων στην περιοχή συχνοτήτων 5Hz - 40GHz. Τα μετρήσιμα μεγέθη είναι η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου (E) σε V/m και η μαγνητική ελαγωγή (B) σε  $\mu T$ .

Για την μέτρηση μεγεθών προσαρμόζονται στο όργανο μέτρησης διάφοροι τύποι από κεραίες, δηλαδή αισθητήρες ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων (ELECTRIC AND MAGNETIC FIELD ANALYZER).

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι διάφοροι τύποι από κεραίες και οι περιοχές μέτρησης τους.

<i>Field Probes</i>	<i>Frequency range</i>	<i>Level range</i>
<i>Electric Field Probe EP-105</i>	<i>100 kHz - 1000 MHz</i>	<i>0.05 - 50 V/m</i>
<i>Electric Field Probe EP-300</i>	<i>100 kHz - 3 GHz</i>	<i>0.1 - 300 V/m</i>
<i>Electric Field Probe EP-330</i>	<i>100 kHz - 3 GHz</i>	<i>0.3 - 300 V/m</i>
<i>Electric Field Probe EP-301</i>	<i>100 kHz - 3 GHz</i>	<i>1 - 1000 V/m</i>
<i>Electric Field Probe EP-333</i>	<i>100 kHz - 3.6 GHz</i>	<i>0.15 - 300 V/m</i>
<i>Electric Field Probe EP-183</i>	<i>1 MHz - 18 GHz</i>	<i>0.8 - 800 V/m</i>
<i>Electric Field Probe EP-408</i>	<i>1 MHz - 40 GHz</i>	<i>0.8 - 800 V/m</i>
<i>Electric Field Probe EP-44M</i>	<i>100 kHz - 800 MHz</i>	<i>0.25 - 250 V/m</i>
<i>Electric Field Probe EP-33M</i>	<i>700 MHz - 3 GHz</i>	<i>0.3 - 300 V/m</i>
<i>Electric Field Probe EP-33A</i>	<i>925 MHz - 960 MHz</i>	<i>0.03 - 30 V/m</i>
<i>Electric Field Probe EP-33B</i>	<i>1805 MHz - 1880 MHz</i>	<i>0.03 - 30 V/m</i>
<i>Electric Field Probe EP-33C</i>	<i>2110 MHz - 2170 MHz</i>	<i>0.03 - 30 V/m</i>
<i>Electric Field Probe EP-201</i>	<i>60 MHz - 12 GHz</i>	<i>3 - 500 V/m</i>
<i>Electric Field Probe EP-600</i>	<i>100 kHz - 9.25 GHz</i>	<i>0.14 - 140 V/m</i>
<i>Electric Field Probe EP-601</i>	<i>10 kHz - 9.25 GHz</i>	<i>0.5 - 500 V/m</i>
<i>Electric Field Probe EP-602</i>	<i>5 kHz - 9.25 GHz</i>	<i>1.5 - 1500 V/m</i>
<i>Electric Field Probe EP-645</i>	<i>100 kHz - 6.25 GHz</i>	<i>0.35 - 450 V/m</i>
<i>Electric Field Probe EP-745</i>	<i>100 kHz - 7 GHz</i>	<i>0.35 - 450 V/m</i>
<i>Magnetic Field Probe HP-032</i>	<i>0.1 - 30 MHz</i>	<i>0.01 - 20 A/m</i>
<i>Magnetic Field Probe HP-102</i>	<i>30 - 1000 MHz</i>	<i>0.01 - 20 A/m</i>
<i>Magnetic Field Probe HP-050</i>	<i>10 Hz - 5 kHz</i>	<i>10 nT - 40 T</i>
<i>Magnetic Field Probe HP-051</i>	<i>10 Hz - 5 kHz</i>	<i>50 nT - 200 T</i>
<i>Electric and Magnetic Field Analyzers EHP-50C</i>	<i>5 Hz - 100 kHz</i>	<i>10 mV/m - 100 kV/m 1nT - 10 mT</i>
<i>Electric and Magnetic Field Analyzers EHP-200A</i>	<i>9 kHz - 30 MHz</i>	<i>0.1 V/m - 1000 V/m 3 mA/m - 300 A/m (*)</i>

Το σύστημα δύναται να μετρά τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία σε επιλεγμένες συχνότητες ή σε συγκεκριμένες περιοχές συχνοτήτων ανάλογα με την κεραία που έχουμε βάλει στο όργανο.. Κατ' αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή η αρμονική ανάλυση των μετρούμενων πεδίων καθώς επίσης και η φασματική ανάλυση μέσω γρήγορου μετασχηματισμού Fourier (FFT).



Παρακάτω θα αναπτύξουμε κάποια βασικά στοιχεία του φορητού μηχανήματος Narda PMM 8053B πάνω στο οποίο θα γίνουν οι μετρήσεις της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Brand:	NARDA PMM
Μάρκα:	Narda PMM
Model Name:	8053-B
Όνομα μοντέλου:	S053-B
Series:	PMM
Σειρά:	PMM
Item Code:	NARDA PMM 8053-B DB
Κωδικός προϊόντος:	Narda PMM 8053-B DB
Main Category:	MEASUREMENT AND TEST INSTRUMENTATION
Κύρια κατηγορία:	Όργανο για Μετρήσεις και δοκιμές
Secondary Category:	ELECTRIC, MAGNETIC AND ELECTROMAGNETIC FIELD METERS ELECTRIC,
Δευτερεύουσα Κατηγορία:	Μετρά ηλεκτρικά, μαγνητικά και ηλεκτρομαγνητικά πεδία συχνοτήτων
Status:	AVAILABLE
Κατάσταση:	Διαθέσιμη
Applications:	Measures Work Environments EMC Environmental measures EMC LF Environmental measures EMC RF
Εφαρμογές:	Μέτρα Εργασία Περιβάλλοντα EMC

	<p>Περιβαλλοντικά μέτρα EMC LF</p> <p>Περιβαλλοντικά μέτρα EMC RF</p>
Description:	<p>Meter electric and magnetic fields and low frequency electromagnetic fields in RF and MW.</p> <p>Frequency range 5 Hz to 40 GHz (50 GHz). Complete with certificate of calibration, software to download data, battery charger and connection cable to the PC RS232.</p>
Περιγραφή:	<p>Μετράει ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία και χαμηλής συχνότητας ηλεκτρομαγνητικά πεδία σε RF και MW.</p> <p>Περιοχή Συχνοτήτων 5 Hz έως 40 GHz (50 GHz).</p> <p>Με πλήρης πιστοποιητικό διακρίβωσης, λογισμικό για να κατεβάσετε δεδομένα, φορτιστή μπαταρίας και καλώδιο σύνδεσης με τον υπολογιστή RS232.</p>
General Features:	<p>Automatic self-test during power-featured, automatic verification of each sensor diode</p> <p>LCD display with X, Y, Z in absolute value, percentage and total LCD</p> <p>Internal real time clock</p> <p>Isotropic triaxial sensors for measurements</p> <p>Internal memory and various functions</p> <p>Built-in rechargeable batteries for long range power</p> <p>Fiber optic connection for interference-free measures</p> <p>Display results with spectral analysis on a large graphic display (up to 100 kHz)</p> <p>PC interface for remote control and download data Applications to electric fields, magnetic and electromagnetic for occupationally exposed workers, and the population according to the ICNIRP standard DPCM 1998 and of 08 July 2003</p>
Γενικά Χαρακτηριστικά	<p>Αυτόματος έλεγχος κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του,</p> <p>Αυτόματος έλεγχος με αισθητήρα για κάθε δίοδο οθόνη με το X, Y, Z σε απόλυτη τιμή, το ποσοστό και το συνολικό LCD</p>

	<p>Εσωτερικό ρολόι πραγματικού χρόνου</p> <p>Ισότροπα τριαδική αισθητήρες μέτρησης</p> <p>Εσωτερική μνήμη και τις διάφορες λειτουργίες</p> <p>Ενσωματωμένη επαναφορτιζόμενη μπαταρία για μεγάλο εύρος ισχύος</p> <p>Μετρά για σύνδεση Οπτικών ινών χωρίς παρεμβολές Εμφανίζει τα αποτελέσματα με φασματική ανάλυση σε μεγάλη οθόνη γραφικών (έως 100 kHz)</p> <p>Διασύνδεση με υπολογιστή για απομακρυσμένο έλεγχο και λήψη δεδομένων</p> <p>Εφαρμογές σε ηλεκτρικά πεδία, μαγνητικά και ηλεκτρομαγνητικά πεδία για τους επαγγελματικά ασχολούμενους εργαζόμενους, και για τον γενικό πληθυσμό σύμφωνα με την ICNIRP το πρότυπο DPCM 1998 και της 8 Ιουλίου 2003</p>
Specifications	<p>Calibration data of internal sensors to ensure high accuracy of measurement</p> <p>Filters low frequency signals for reliable measurements with unstable Over 140 dB dynamic Arithmetic mean, and quadratic space (30sec9 etc. 1,2,3,6,10,12,30 min.)</p> <p>And a stand-alone data processing Analog display (linear and logarithmic) for an immediate perception of the field</p> <p>Alphanumeric keyboard to record the measurement date and comment</p> <p>Output Fiber Optic</p> <p>Alarm light and sound</p> <p>Internadivisible memory block (32,700 samples)</p> <p>Acquisition software on Windows Vista</p> <p>Auto power off the car battery for energy saving Δεδομένα</p> <p>Dimensions: 10S x 240 x 50 mm</p> <p>Weight0,71 Kg</p> <p>Operating temperature: -10 ° C +40 ° C</p> <p>Storage temperature: -20 ° C +70 ° C</p>

Όπως αναφέραμε και παραπάνω για την μέτρηση μεγεθών προσαρμόζονται στο φορητό όργανο μέτρησης *Narda PMM 8053B* διάφοροι τύποι από κεραίες, δηλαδή αισθητήρες ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων (*ELECTRIC AND MAGNETIC FIELD ANALYZER*).

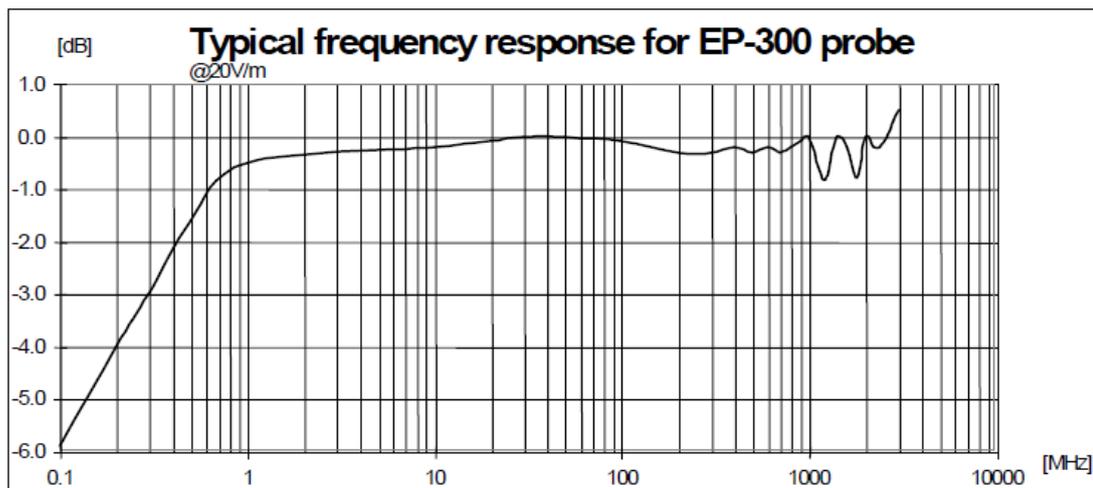
Παρακάτω θα αναπτύξουμε κάποια βασικά χαρακτηριστικά στα δυο είδη από κεραίες *EP 300* και *EHP-50C* τα οποία διαθέτει το Εργαστήριο Τηλεπικοινωνιών και Εφαρμογών του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

## Η κεραία EP - 300

### Χαρακτηριστικά κεραίας:

<i>Frequency range</i>	100 kHz - 3 GHz
<i>Level range</i>	0.1 - 300 V/m
<i>Overload</i>	> 600 V/m
<i>Dynamic range</i>	> 66 dB (typical >70 dB)
<i>Resolution</i>	0.01 V/m
<i>Sensitivity</i>	0.15 V/m (typical >0.1V/m)
<i>Absolute error @ 50 MHz 20 V/m</i>	0.8 dB
<i>Flatness (10 - 300 MHz)</i>	0.5 dB
<i>Flatness (3 MHz - 3 GHz)</i>	1.5 dB
<i>Isotropy</i>	0.8 dB (typical 0.5 dB @ 930 and 1800 MHz)
<i>H-field rejection</i>	>20 dB 20°C ÷ 60°C = ± 0.1 dB
<i>Temperature error</i>	0°C ÷ 20°C = -0.05 dB/°C -20°C ÷ 0°C = -0.15 dB/°C
<i>Calibration</i>	Internal into E2PROM
<i>Size</i>	317 mm length, 58 mm diameter
<i>Weight</i>	100 g







**Η κεραία EHP - 50C****Χαρακτηριστικά κεραίας:**

	<i>Electric field</i>	<i>Magnetic field</i>
<i>Frequency range</i>	5 Hz – 100 kHz	
<i>Level range</i>	0.01V/m–100 kV/m	1 nT – 10 mT
<i>Overload</i>	200 kV/m @ 50 Hz	20 mT @ 50 Hz
<i>Dynamic</i>	> 140 dB	
<i>Sensitivity</i>	0.01 V/m	1 nT
<i>Absolute error</i>	0.5 dB (@ 50Hz and 1kV/m)	0.5 dB (@ 50 Hz and 0.1 mT)
<i>Flatness(40 Hz –10 kHz)</i>	0.5 dB	0.5 dB
<i>Linearity @ 50 Hz</i>	0.2 dB (1 V/m – 100 kV/m)	0.2 dB (200 nT – 10 mT)
<i>Internal memory</i>	1440 data with 1 minute storing; 2880 data with 30 sec storing. The data can be transferred only to PC	
<i>Internal data logger</i>	1 measurement every 30 or 60 seconds	
<i>Temperature deviation</i>	+/- 0.05 dB between -10 and +23°C + 0.01 dB/°C between +23 and +50°C	
<i>Humidity deviation</i>	+/- 0.05 dB between 20% and 50% + 0.05 dB/% between 50% and 80%	
<i>Size</i>	92 x 92 x 109 mm	
<i>Weight</i>	525 g	
<i>Operating time</i>	>10 hours in normal mode >150 hours in low-power mode 24 hours with internal data logger	
<i>SPAN</i>	100 Hz, 200 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 10 kHz, 100 kHz	
<i>Operational temperature</i>	-10°C to +50°C	

## Λειτουργία PMM 8053B

- ❖ Επιλεγούμε αρχικά την κεραία που θα χρησιμοποιήσουμε σύμφωνα με τις συχνότητες των μετρήσεων που θα πραγματοποιήσουμε.
- ❖ Πατάμε το πλήκτρο POWER που βρίσκεται κάτω δεξιά στο μηχάνημα και ακούγεται ένας θόρυβος για λίγα δευτερόλεπτα.
- ❖ Στην οθόνη θα εμφανιστεί η ακόλουθη ένδειξη
- ❖ Περιμένουμε λίγα δευτερόλεπτα έως ότου το μηχάνημα πραγματοποιήσει κάποιους εσωτερικούς ελέγχους.



Ο χρόνος που χρειάζεται για την ολοκλήρωση των εσωτερικών ελέγχων, εξαρτάται από το φίλτρο που έχει επιλέγει στις ρυθμίσεις του μηχανήματος. Δηλαδή με ένα φίλτρο 10Hz η λειτουργία του ελέγχου θα διαρκέσει περισσότερο χρόνο από ότι με ένα φίλτρο 80Hz. Προτεινόμενο Φίλτρο από τον κατασκευαστή είναι αυτό των 40Hz.

- ❖ Έπειτα εμφανίζεται στην οθόνη η διπλανή ένδειξη.



## Η Σημασία των ενδείξεων της οθόνης



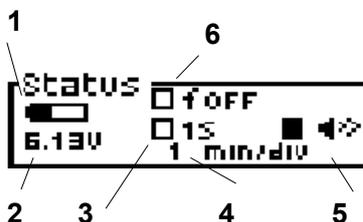
Επάνω αριστερά υπάρχουν πληροφορίες για την κεραία που έχουμε εγκαταστήσει στο μηχάνημα. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει κεραία εμφανίζεται η ένδειξη NONE.

Επάνω δεξιά οι ενδείξεις θα αναλυθούν ακριβώς από κάτω αναλυτικά και στο κάτω πλαίσιο εμφανίζεται η ένδειξη με την ένταση του πεδίου που λαμβάνει εκείνη την χρονική στιγμή το PMM 8053B.

Σε περίπτωση που η ένταση του πεδίου είναι χαμηλότερη από την ειδική ευαισθησία της κεραίας που χρησιμοποιείται, τότε εμφανίζεται η ένδειξη LOW.

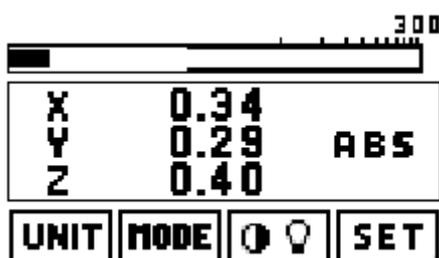
**LOW V/m**

## Ανάλυση του πλαισίου



1. Η κατάσταση της μπαταρίας
2. Η φόρτιση της μπαταρίας σε Volt
3. Η επιλογή του data logger

4. Η επιλογή στο plot για το πώς θα εμφανίζεται η γραφική παράσταση
5. Αν είναι ενεργοποιημένη η ένδειξη alarm
6. Αν κάνει η όχι κάποια διόρθωση στην συχνότητα, όταν έχουμε επιλέξει κάποια συχνότητα εμφανίζεται ο αριθμός των MHz.



Στην πρώτη γραμμή εμφανίζεται μια αναλογική μπάρα που δείχνει γραμμικά ή λογαριθμικά την τιμή που διαβάζει το μηχάνημα

Η δεύτερη γραμμή δείχνει κάποια στοιχεία δεδομένων ανάλογα με την ρύθμιση που έχουμε κάνει στο mode.

Η τρίτη γραμμή είναι τα τέσσερα <<κλειδιά>> που σε αυτά οφείλεται όλη η λειτουργία, ο χειρισμός του μηχανήματος και οι συνθήκες κάτω από τις οποίες θέλουμε να ολοποιηθεί ένα πείραμα.

Παρακάτω εξηγούνται οι δυνατότητες που μας παρέχουν τα τέσσερα αυτά πλήκτρα.



### 1) UNIT

- ❖ Επιλέγοντας το UNIT μας παρέχει την δυνατότητα να επιλέξουμε μια από τις τέσσερις μονάδες μέτρησης :  $V/m$ ,  $A/m$ ,  $mW/cm^2$ ,  $W/m^2$ .
- ❖ Όταν χρησιμοποιούμε τις κεραίες EHP-50B/C οι μονάδες μέτρησης είναι:  $V/m$ ,  $kV/m$ ,  $\mu T$  and  $mT$ .
- ❖ Ενώ όταν χρησιμοποιούμε τις κεραίες HP-050/051 οι μονάδες μέτρησης είναι  $\mu T$ .
- ❖ Επιλέγοντας το πλήκτρο BACK οποιαδήποτε στιγμή επανερχόμαστε στο ΚΥΡΙΟ ΜΕΝΟΥ.

### 2) MODE

- ❖ Επιλέγοντας το mode εμφανίζεται η οθόνη όπως δίπλα.
- ❖ Επιλέγοντας το  εμφανίζονται οι συνολικές τιμές είτε με την μορφή ποσοστών επί



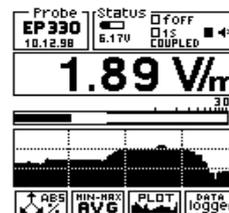
της % είτε κανονικά. Ανάλογα με την επιλογή μας θα εμφανιστούν στην οθόνη μια από τις ακόλουθες μορφές.



- ❖ Επιλέγοντας το  εμφανίζονται στην καινούρια μέτρηση που γίνεται εκείνη την χρονική στιγμή η μικρότερη και μεγαλύτερη τιμή καθώς και ο μέσος ορός.

- ❖ Επιλέγοντας το  εμφανίζεται συνεχώς η γραφική παράσταση. Η συχνότητα εμφάνισης επιλέγεται από τις ρυθμίσεις.

- ❖ Την γραφική παράσταση δεν μπορούμε ούτε να την αποθηκεύσουμε αλλά ούτε και να την εκτυπώσουμε.



- ❖ Επιλέγοντας το  είναι το πλήκτρο που μας δίνει την δυνατότητα να ξεκινήσουμε μια μέτρηση και να την αποθηκεύσουμε φυσικά ή να δούμε κάποια παλιότερη μέτρηση.

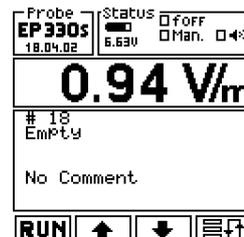
- ❖ Πατώντας το data logger εμφανίζεται μια νέα καρτέλα όπως η εικόνα δεξιά.



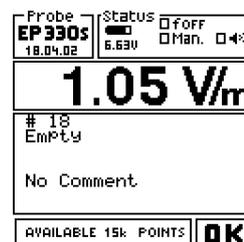
- ❖ Με τα βέλη έχουμε την δυνατότητα να βλέπουμε όλες τις πληροφορίες που έχουν αποθηκευτεί κατά την διάρκεια μιας μέτρησης.

- ❖ Με το πλήκτρο *shift* δηλαδή  μπορεί να δούμε τις παλιές μετρήσεις που έχουν γίνει μέχρι εκείνη την χρονική στιγμή η μπορεί να ξεκινήσει μια καινούρια μέτρηση.

- ❖ Με το πλήκτρο  πατώντας το αρχίζει μια μέτρηση.



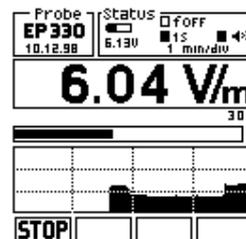
- ❖ Πριν ξεκινήσει η μέτρηση θα εμφανιστεί ο αριθμός στον οποίο θα αποθηκευτεί η καινούρια μέτρηση και θα περιμένει μέχρι να πατήσουμε το πλήκτρο OK για να ξεκινήσει η διαδικασία



- ❖ Πατώντας το OK θα αρχίσει η μέτρηση.
- ❖ Αναλόγως με την επιλογή που θα έχουμε κάνει στο *logger end* θα πρέπει είτε να πατήσουμε το πλήκτρο STOP για να σταματήσει η μέτρηση είτε θα σταματήσει αυτόματα.
- ❖ Ενώ πατήσαμε το RUN αν βρισκόμαστε στο *menu mode* μετά από 90s το PMM 8053B θα σβήσει για να κάνει εξοικονόμηση χρόνου. Με αυτόν τον τρόπο θα εξοικονόμηση το 40%-45% της ενέργειας του και η μέτρηση μπορεί να συνεχιστεί μέχρι και για 40 ώρες.
- ❖ Για να επανέρθει από την αδρανοποίηση στην οποία βρίσκεται θα πρέπει η να πατήσουμε οποιοδήποτε πλήκτρο του μηχανήματος εκτός από το POWER ή θα ανάψει αυτόματα όταν θα περάσει ο χρόνος που του έχουμε ορίσει στο *logger end* δηλαδή στο τέλος της διαδικασίας μέτρησης.

- ❖ Εάν δεν βρισκόμαστε στο *menu mode* δεν θα γίνει εξοικονόμηση της ενέργειας του μηχανήματος.
- ❖ Ο χρήστης έχει την δυνατότητα ότι και να έχει επιλέξει στο *logger end* να σταματήσει οποιαδήποτε στιγμή επιθυμεί την μέτρηση.

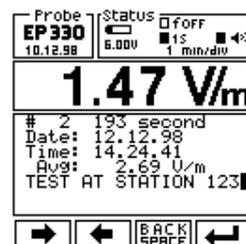
- ❖ Πατώντας το *STOP* η μέτρηση θα σταματήσει.



- ❖ Οποιαδήποτε στιγμή επιθυμούμε μπορούμε σε μια νέα μέτρηση ή σε κάποια από τις υπάρχουσες να γράψουμε κάποιο σχόλιο χρησιμοποιώντας τα αριθμητικά πλήκτρα του μηχανήματος.



- ❖ Δηλαδή πηγαίνουμε στο πείραμα που επιθυμούμε πατώντας ένα από τα πλήκτρα αναβοσβήνει ένας κέρσορας κάτω από την ένδειξη του μέσου όρου και η οθόνη που θα εμφανίζεται παίρνει την παρακάτω μορφή



Τα τέσσερα πλήκτρα που εμφανίζονται Σημαίνουν :



και



μπορούμε να πάμε πιο δεξιά ή πιο αριστερά από τον χαρακτήρα στον οποίο βρισκόμαστε



διαγράφει τον χαρακτήρα που βρίσκεται αριστερά από το σημείο στο οποίο βρίσκεται ο κέρσορας



καταχωρεί το σχόλιο που έχουμε γράψει

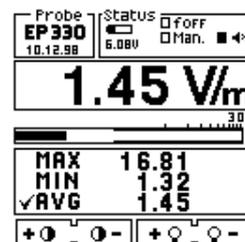
- ❖ Είναι απαραίτητο όποιο πλήκτρο πατάμε, επειδή έχει επιλογές παραπάνω από έναν χαρακτήρες, για να επιλέξουμε τον κατάλληλο χαρακτήρα που επιθυμούμε να πατάμε πολύ γρήγορα το πλήκτρο.
- ❖ Επιλέγοντας το πλήκτρο BACK οποιαδήποτε στιγμή επανερχόμαστε στο ΚΥΡΙΟ ΜΕΝΟΥ.

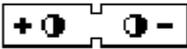
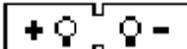
### 3) Αντίθεση -Φωτεινότητα

- ❖ Δίνει στον χρηστή την δυνατότητα να ρυθμίζει την αντίθεση ή τη φωτεινότητα της οθόνης.



- ❖ Επιλέγοντας το η οθόνη παίρνει την μορφή της εικόνας στα δεξιά μας.



- ❖ Με το πλήκτρο  ρυθμίζεται η αντίθεση της οθόνης ενώ με το πλήκτρο  ρυθμίζεται η φωτεινότητα.

- ❖ Επιλέγοντας το πλήκτρο BACK οποιαδήποτε στιγμή επανερχόμαστε στο ΚΥΡΙΟ ΜΕΝΟΥ.



## 4) SET

- ❖ Πατώντας το πλήκτρο SET εισέρχεται ο χρήστης στο μενού των ρυθμίσεων, όπου επιλεγεί τις βασικές παραμέτρους κάτω από τις οποίες επιθυμεί να γίνει η μέτρηση.



Εμφανίζεται το παραπάνω παράθυρο

- ❖ Με τα κουμπιά  και  μπορούμε να πηγαίνουμε τον κέρσορα προς τα πάνω ή προς τα κάτω.
- ❖ Με το κουμπί  αναδύονται πατώντας το οι επιλογές που έχεις στο συγκεκριμένη επιλογή που βρισκόμαστε.
- ❖ Με το κουμπί  πατώντας το επιλεγούμε εάν θέλουμε να ακούγεται ή όχι ο χαρακτηριστικός ήχος στην κάθε επιλογή που κάνουμε. Είναι σαν μια προειδοποίηση.
- ❖ Όταν αλλάζουμε κεραία να αλλάζονται και οι παράμετροι στο μενού SET.
- ❖ Επιλέγοντας το πλήκτρο BACK οποιαδήποτε στιγμή ελανερχόμαστε στο ΚΥΡΙΟ ΜΕΝΟΥ.

Τώρα θα αναπτύξουμε το κάθε ένα από τα εικονίδια αναλυτικά.

## Alarm

- ❖ Αυτή η συνάρτηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ορίζει το σημείο του <<συναγερμού>> που όταν θα ξεπεράσει η ένταση του πεδίου την τιμή αυτή το PMM 8053B έχει την δυνατότητα να μας ειδοποιεί.
- ❖ Δηλαδή εάν θέλουμε μπορούμε να την ενεργοποιήσουμε, να πληκτρολογήσουμε την τιμή πάνω από την οποία το μηχάνημα θα μας ειδοποιεί για κάποια απαγορευμένη τιμή και δεν χρειάζεται να κοιτάμε συνεχώς το μηχάνημα μήπως υπερβεί κάποια στιγμή την συγκεκριμένη τιμή της έντασης.
- ❖ Εάν θέλω να χρησιμοποιήσω την συγκεκριμένη τιμή θα πρέπει να προσέχω όταν αλλάζω την κεραία θα πρέπει να τροποποιώ και τα όρια.

## AVG ή RMS

- ❖ Όταν βρίσκομαι σε αυτή την επιλογή μας δίνεται η δυνατότητα αν θέλουμε να εμφανίζεται ο Avg ή η Rms και εμφανίζεται για παράδειγμα αν έχουμε επιλέξει το Avg ή η Rms η παρακάτω επιλογή στο τέλος της οθόνης



- ❖ Με τα κουμπιά  και  μπορούμε να μετακινούμε τον κέρσορα προς τα πάνω η προς τα κάτω και να φύγουμε από την επιλογή Alarm.
- ❖ Με το κουμπί  αναδύονται πατώντας το οι επιλογές που έχει η επιλογή Avg ή η Rms.

Δηλαδή ο μέσος ορός υπολογίζεται ανάλογα με το τι θα επιλέξουμε από τα παρακάτω

*Last 32 samples*

30 sec	6 min
1 min	10 min
2 min	15 min
3 min	30 min

- ❖ Σε περίπτωση που έχουμε επιλέξει κάποια τιμή στο *logger end* τότε ο μέσος ορός ή η μέση ενεργή τιμή υπολογίζεται στο τέλος της μέτρησης και δεν εξαρτάται από τα παραπάνω.
- ❖ Σε περίπτωση που έχουμε επιλέξει το *logger end* τότε ο μέσος ορός ή η μέση ενεργή τιμή στο τέλος θα είναι διαφορετικά από το μέσο όρο ή την μέση ενεργή τιμή που θα εμφανίζει στο PMM 8053B.

### *Freq*

- ❖ Η επιλογή εμφανίζει την ένδειξη *disabled*.
- ❖ Έχουμε την δυνατότητα όμως με την είσοδο της γνωστής τιμής της συχνότητας το PMM 8053B να διορθώσει αυτόματα την μέτρηση χρησιμοποιώντας τον αντίστοιχο παράγοντα διόρθωσης που συμπεριλαμβάνεται στον εσωτερικό πίνακα της κεραίας. Φυσικά αυτό μπορεί μονό να συμβεί όταν μετράμε ένα πεδίο που παράγεται σε συγκεκριμένη συχνότητα.
- ❖ Αυτό γίνεται πληκτρολογώντας την συχνότητα στην οποία πραγματοποιείται η μέτρηση και μετά πατάμε το  πλήκτρο και έτσι καταχωρεί την συχνότητα που έχουμε με γράψει, με το πλήκτρο  διαγράφει τον χαρακτήρα που βρίσκεται αριστερά από το σημείο στο οποίο βρίσκεται ο κέρσορας ενώ με το πλήκτρο

**ESC** έχουμε την δυνατότητα να βγούμε έξω από εκεί και να παραμείνει ότι είχε πριν επιλεγμένο.

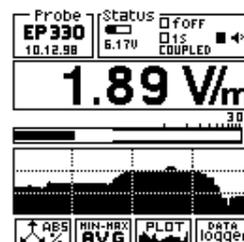
- ❖ Η επιλεγμένη συνάρτηση εμφανίζεται στο παράθυρο STATUS στο κεντρικό μενού διπλά από την ένδειξη της μπαταρίας
- ❖ Η συνάρτηση αυτή δεν εμφανίζεται όταν χρησιμοποιούμε την EHP-50 analyzers.
- ❖ Η συχνότητα είναι πάντα σε MHz εκτός από όταν χρησιμοποιούμε την EHP-050/051 που η συχνότητα εισάγεται σε Hz.
- ❖ Επιλέγοντας το πλήκτρο BACK οποιαδήποτε στιγμή επανερχόμαστε στο ΚΥΡΙΟ ΜΕΝΟΥ

## Plot T

Με αυτήν την επιλογή εμφανίζονται στο τέλος της οθόνης οι εξής επιλογές



Και έχουμε την δυνατότητα να βλέπουμε μια γραφική παράσταση που θα παρουσιάζει την ένταση του πεδίου σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο.



- ❖ Πατώντας το πλήκτρο  έχουμε τις ακόλουθες επιλογές

*coupled* (η ταχύτητα θα εξαρτάται από το φίλτρο που έχουμε επιλέξει)

1 min/div

2 min/div

10 min/div

30 min/div

60 min/div.

- ❖ Η γραφική παράσταση αυτή δεν μπορεί ούτε να εκτυπωθεί αλλά ούτε να αποθηκευτεί. Προσφέρει μονό οπτική εικόνα στον χρήστη και σχεδιάστηκε με σκοπό να επιβεβαιώσει την σταθερότητα του πεδίου ενώ ο χρόνος μεταβάλλεται.
- ❖ Επιλέγοντας το πλήκτρο *BACK* οποιαδήποτε στιγμή επανερχόμαστε στο *ΚΥΡΙΟ ΜΕΝΟΥ*.

## **Serial**

Αυτή η συνάρτηση δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να επιλέξει με ποιον τρόπο θα συνδέσει το *PMM 8053B* είτε με κάποιον υπολογιστή είτε με κάποιον αναλυτή είτε με κάποια κεραία είτε με κάποιο *GPS*.

Οι επιλογές είναι

- *Wired* (διαμέσου ενός καλωδίου)
- *Optical* (διαμέσου μιας οπτικής ίνας)

- ❖ Επιλέγοντας το πλήκτρο *BACK* οποιαδήποτε στιγμή επανερχόμαστε στο *ΚΥΡΙΟ ΜΕΝΟΥ*

## Logger

Η επιλογή *Logger* δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να αποκτήσει πληροφορίες και να τις αποθηκεύει ταυτόχρονα για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα.

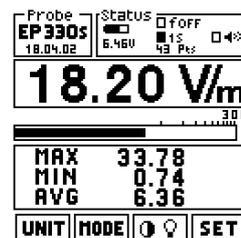
Οι επιλογές που έχει ο χρήστης είναι:

- ❖ ***Over Limit***: η επιλογή αυτή δίνει στον χρήστη την δυνατότητα να παίρνει πληροφορίες που υπερβαίνουν το κατώφλι που έχει οριστεί στο *alarm*. Παίρνει περίπου μια μέτρηση ανά δευτερόλεπτο και αποθηκεύει αναλυτικά καταχωρώντας την ώρα τις τιμές στις οποίες η ένταση του πεδίου ξεπερνάει το όριο που είχε δοθεί. Όταν τελειώνει η μέτρηση δεν παρουσιάζεται ο μέσος όρος και στην οθόνη εμφανίζεται το ακόλουθο:
 

Probe	Status	<input type="checkbox"/> fOFF
EP330s	6.51V	<input type="checkbox"/> OLim
18.04.02	18. Pz	<input type="checkbox"/> <->
<b>0.90 V/m</b>		
# 18	53 s.	00Lim
Date:	09.10.02	
Time:	08.38.25	
Avg:	---	
No Comment		
<input type="button" value="RUN"/> <input type="button" value="↑"/> <input type="button" value="↓"/> <input type="button" value="☰"/>		
- ❖ Χρησιμοποιώντας τα βελάκια μπορούμε να δούμε τις τιμές και την ώρα που η ένταση του πεδίου ξεπέρασε το όριο.
- ❖ Όταν επιλέγουμε το *Over Limit* εμφανίζεται στο κεντρικό μενού η ένδειξη που βλέπουμε στην εικόνα πάνω δεξιά στο πλαίσιο του STATUS.
- ❖ ***Manual***: Παρουσιάζει μια ειδική χαρτογράφηση της περιοχής και παίρνει μέτρηση την οποία αποθηκεύει κιόλας κάθε φορά που ο χρήστης πατάει το GET.
- ❖ Όταν τελειώνει η μέτρηση δεν παρουσιάζεται ο μέσος όρος και χρησιμοποιώντας τα βελάκια μπορούμε να δούμε τις τιμές και την ώρα που έχουν αποθηκευθεί.

- ❖ Χρησιμοποιώντας τα βελάκια μπορούμε να δούμε τις τιμές και την ώρα που ενδιαφέρει τον χρήστη και να επιλέξει την κάθε μέτρηση.
  - ❖ Όταν επιλέγουμε το *Manual* εμφανίζεται στο κεντρικό μενού η ένδειξη που βλέπουμε στην εικόνα πάνω αριστερά στο πλαίσιο του STATUS.
  - ❖ **Data change:** Αυτή η συνάρτηση χρησιμοποιείται για να ελέγξει την σταθερότητα που εκπέμπει ένας πομπός. Σε αυτή την περίπτωση αποθηκεύει τις τιμές και φυσικά την ώρα κατά την οποία υπάρχει μεταβολή της έντασης του πεδίου πάνω από 25% υψηλότερη ή χαμηλότερη σε σχέση με την προηγούμενη τιμή που είχε αποθήκευση.
- |                                    |                         |                     |
|------------------------------------|-------------------------|---------------------|
| Probe<br><b>EP330s</b><br>18.04.02 | Status<br>6.48V<br>5 Hz | fOFF<br>D.Ch.<br>▶◀ |
| 0.94 V/m                           |                         |                     |
| # 19                               | 25 s.                   | D.Ch.               |
| Date: 09.10.02                     |                         |                     |
| Time: 09.35.02                     |                         |                     |
| Avg#                               |                         |                     |
| No Comment                         |                         |                     |
| RUN                                | ↑                       | ↓                   |
- ❖ Όταν τελειώνει η μέτρηση δεν παρουσιάζεται ο μέσος όρος και χρησιμοποιώντας τα βελάκια μπορούμε να δούμε τις τιμές που υπήρχε μεταβολή της έντασης του πεδίου και την ώρα που έχουν αποθηκευτεί.
  - ❖ Χρησιμοποιώντας τα βελάκια μπορούμε να δούμε τις τιμές και την ώρα που η ένταση του πεδίου είχε μια μεταβολή παραπάνω από 25% σε σχέση με την προηγούμενη τιμή.
  - ❖ Όταν επιλέγουμε το *Data change* εμφανίζεται στο κεντρικό μενού η ένδειξη που βλέπουμε στην εικόνα πάνω αριστερά στο πλαίσιο του STATUS
  - ❖ Αποθηκεύει μόνο τις τιμές και φυσικά την ώρα κατά την οποία υπάρχει μεταβολή της έντασης του πεδίου πάνω από 25% υψηλότερη ή χαμηλότερη σε σχέση με την προηγούμενη τιμή.
  - ❖ **1s Fix:** Δίνει την δυνατότητα να αποθηκεύει μια μέτρηση ανά δευτερόλεπτο. Συγκεκριμένα ανάλογα με το φίλτρο που έχει επιλεχθεί μέσα σε διάστημα ενός δευτερολέπτου παίρνει παραπάνω από μια μέτρηση και αποθηκεύει την μεγαλύτερη από αυτές.

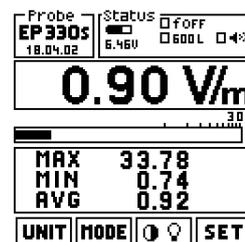
- ❖ Όταν τελειώσει η μέτρηση παρουσιάζει και τον αριθμό των επιμέρους μετρήσεων που πηρέ και πάλι χρησιμοποιώντας τα βέλη μπορούμε να δούμε αναλυτικά όλα τα στοιχεία που αποθήκευσε.



- ❖ Αυτή η συνάρτηση δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν χρησιμοποιούμε την κεραία EHP-50C.
- ❖ Χρησιμοποιώντας τα βελάκια μπορούμε να δούμε τις τιμές για κάθε δευτερόλεπτο της μέτρησης.
- ❖ Όταν επιλέγουμε το 1s Fix εμφανίζεται στο κεντρικό μενού η ένδειξη που βλέπουμε στην εικόνα πάνω αριστερά στο πλαίσιο του STATUS όπως επίσης και ο αριθμός των καταχωρήσεων που έκανε.
- ❖ **Xxxs Def:** Δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να επιλέξει το διάστημα ανάμεσα από 10 μέχρι 900 δευτερόλεπτα κατά το οποίο θα παίρνει την μέγιστη μέτρηση και θα την αποθηκεύει.
- ❖ Για να αντικατασταθεί ο παλιός αριθμός με έναν καινούριο, γράφεις τον καινούργιο αριθμό χρησιμοποιώντας το αλφαριθμητικό πληκτρολόγιο του PMM 8053B και μετά χρησιμοποιώντας το πλήκτρο  καταχωρείτε η τιμή που επιθυμούμε. Π.χ. 600s
- ❖ Χρησιμοποιώντας τα βελάκια μπορούμε να δούμε τις τιμές και την ώρα που τις πηρέ το μηχάνημα.
- ❖ Όταν επιλέγουμε το Xxxs Def εμφανίζεται στο κεντρικό μενού η ένδειξη που βλέπουμε στην εικόνα πάνω αριστερά στο πλαίσιο του STATUS π.χ. 600s όπως επίσης και ο αριθμός των καταχωρήσεων που έκανε.

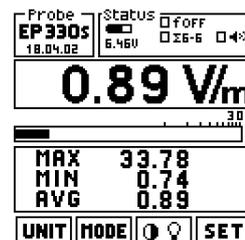


- ❖ **Xxxs Def LP** :Δίνει την δυνατότητα στον χρηστή να επιλέξει το διάστημα ανάμεσα από 10 μέχρι 900 δευτερόλεπτα κατά το οποίο θα παίρνει την μέγιστη μέτρηση και θα την αποθηκεύει όπως και το Xxxs Def αλλά η διαφορά τους είναι ότι αυτή η συνάρτηση είναι για πιο ασθενή πεδία και χρησιμοποιείται μόνο με τις κεραίες EHP50A/B/C.



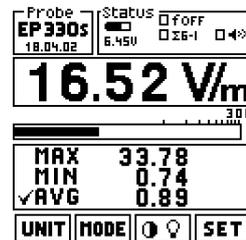
- ❖ Όταν χρησιμοποιούμε αυτή την συνάρτηση εμφανίζεται στο κεντρικό μενού, στο πλαίσιο STATUS η ένδειξη L διπλά από το διάστημα που επιλέξαμε να παίρνει αλλά και να αποθηκεύει την μέγιστη τιμή της έντασης του πεδίου το μηχάνημα.
- ❖ Χρησιμοποιώντας τα βελάκια μπορούμε να δούμε τις τιμές και την ώρα που τις πήρε το μηχάνημα.
- ❖ Όταν επιλέγουμε το Xxxs Def LP εμφανίζεται στο κεντρικό μενού η ένδειξη που βλέπουμε στην εικόνα πάνω αριστερά στο πλαίσιο του STATUS π.χ. 600L όπως επίσης και ο αριθμός των καταχωρήσεων που έκανε.

- ❖ **AVG/RMS (6 min-6)** :Δίνει την δυνατότητα στον χρηστή να παίρνει μετρήσεις για 6 λεπτά και μετά να υπολογίζει το AVG ή το RMS. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται συνέχεια για κάθε 6 λεπτά μέχρι να σταματήσει η μέτρηση είτε από τον χρηστή είτε αυτόματα ανάλογα με την επιλογή που έχουμε κάνει στο log. End



- ❖ Χρησιμοποιώντας τα βελάκια μπορούμε να δούμε τις τιμές που πήρε το μηχάνημα κάθε 6 λεπτά.
- ❖ Όταν επιλέγουμε το AVG/RMS (6 min-6) εμφανίζεται στο κεντρικό μενού η ένδειξη που βλέπουμε στην εικόνα πάνω δεξιά στο πλαίσιο του STATUS.

- ❖ **AVG/RMS (6 min-1):** η τιμή του AVG ή του RMS υπολογίζεται για 6 λεπτά και αποθηκεύεται. Μετά από αυτή την χρονική περίοδο η διαδικασία επαναλαμβάνεται κάθε ένα λεπτό, υπολογίζει τον μέσο ορό και μετά για τα 6 λεπτά που πέρασαν υπολογίζει το AVG ή το RMS για αυτά τα 6 λεπτά και πάλι από την αρχή μέχρι να σταματήσει η μέτρηση είτε από τον χρήστη είτε αυτόματα ανάλογα με την επιλογή που έχουμε κάνει στο log. End.



- ❖ Όταν επιλέγουμε το AVG/RMS (6 min-1) εμφανίζεται στο κεντρικό μενού η ένδειξη που βλέπουμε στην εικόνα πάνω αριστερά στο πλαίσιο του STATUS.
- ❖ Επιλέγοντας το πλήκτρο BACK οποιαδήποτε στιγμή επανερχόμαστε στο ΚΥΡΙΟ ΜΕΝΟΥ

### Logger End

Η επιλογή Logger End δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να επιλέξει για πόσο χρονικό διάστημα από την στιγμή που θα αρχίσει η μέτρηση, το PMM 8053B θα συλλέγει πληροφορίες.

Οι επιλογές που έχει ο χρήστης είναι:

- Manual η απόκτηση πληροφοριών θα σταματήσει όταν πατήσει το STOP ο χρήστης
- 1 min η απόκτηση πληροφοριών θα σταματήσει μετά από 1 λεπτό
- 2 min η απόκτηση πληροφοριών θα σταματήσει μετά από 2 λεπτά
- 4 min η απόκτηση πληροφοριών θα σταματήσει μετά από 4 λεπτά
- 6 min η απόκτηση πληροφοριών θα σταματήσει μετά από 6 λεπτά
- 12 min η απόκτηση πληροφοριών θα σταματήσει μετά από 12 λεπτά
- 20 min η απόκτηση πληροφοριών θα σταματήσει μετά από 20 λεπτά

- 30 min η απόκτηση πληροφοριών θα σταματήσει μετά από 30 λεπτά
- 60 min η απόκτηση πληροφοριών θα σταματήσει μετά από 60 λεπτά
  
- ❖ Παρόλα αυτά υπάρχει η δυνατότητα ανεξαρτήτως της επιλογής που έχουμε κάνει να σταματήσει η απόκτηση πληροφοριών για την μέτρηση μας οποιαδήποτε στιγμή το επιλέξουμε πατώντας το STOP
  
- ❖ Όταν επιλέγουμε κάτι στο *Logger End* εμφανίζεται στο κεντρικό μενού η αντίστοιχη ένδειξη στο πλαίσιο του STATUS αλλά και όταν θα δούμε τις τιμές που έχει αποθήκευση διπλά από το αριθμό της μέτρησης θα εμφανίζεται η αντίστοιχη ένδειξη.
  
- ❖ Αν θέλουμε να συλλέγει πληροφορίες πάνω από μια ώρα γίνεται είτε επιλέγοντας το *manual* είτε συνδέοντας το μηχάνημα με τον υπολογιστή και τρέξουμε το λογισμικό πρόγραμμα PMM 8053-SW02.

## **BAR**

Είναι μια αναλογική μπάρα που δείχνει γραμμικά η λογαριθμικά την τιμή που διαβάσει το μηχάνημα και εμφανίζεται στο κεντρικό μενού του PMM 8053B.

Οι επιλογές που έχει ο χρήστης είναι:

- *Linear*
- *Logarithmic*

## **Filter**

Το PPM 8053B έχει ένα χαμηλοπερατό φίλτρο για να την μείωση του θορύβου κατά την διάρκεια της μέτρησης.

Οι επιλογές που έχει ο χρήστης είναι:

- 10 Hz
- 20 Hz
- 40 Hz είναι το φίλτρο που προτείνεται από τον κατασκευαστή
- 80 Hz

Ο χρόνος απόκτησης πληροφοριών εξαρτάται από το προεπιλεγμένο φίλτρο

- 900 ms με φίλτρο 10 Hz
- 450 ms με φίλτρο 20 Hz
- 250 ms με φίλτρο 40 Hz
- 150 ms με φίλτρο 80 Hz

- ❖ Όσο μεγαλύτερο φίλτρο επιλέξουμε τόσο πιο γρήγορα θα μεταβάλλεται και η γραφική παράσταση στο Plot
- ❖ Όσο μεγαλύτερο φίλτρο επιλέξουμε θα αλλάζει και ο αριθμός των δειγμάτων που χρησιμοποιούνται για να υπολογίζεται το Avg και το Rms.
- ❖ Όσο μεγαλύτερο φίλτρο επιλέξουμε τόσο πιο πολύ θα αυξάνεται η ευαισθησία του μηχανήματος στην οποιαδήποτε διαφοροποίηση της έντασης του πεδίου.
- ❖ Επιλέγοντας το πλήκτρο BACK οποιαδήποτε στιγμή επανερχόμαστε στο ΚΥΡΙΟ ΜΕΝΟΥ

### **AutoOff**

Το PMM 8053B μπορεί είτε να απενεργοποιηθεί αυτόματα είτε να το απενεργοποιήσει ο χρήστης.

Οι επιλογές που έχουμε είναι:

- *Disabled* δηλαδή θα το απενεργοποιήσει ο χρήστης
- 10 min PMM 8053B θα απενεργοποιηθεί μετά απο10 λεπτά
- 60 min PMM 8053B θα απενεργοποιηθεί μετά απο1 ώρα
  
- ❖ Αυτή η επιλογή είναι σημαντική γιατί βοηθά στην εξοικονόμηση μπαταρίας.

### **Time και Date**

- ❖ Από εδώ ρυθμίζεται η ώρα και η ημερομηνία αντίστοιχα.

### **Παρατηρήσεις**

- ❖ Πρώτα βάζουμε την κεραία και μετά ανοίγουμε το μηχάνημα
  
- ❖ Εάν η κεραία δεν λειτουργεί σωστά με το που ανοίγουμε το μηχάνημα και πραγματοποιούνται οι εσωτερικοί έλεγχοι θα εμφανιστεί η ένδειξη FAIL.
  
- ❖ Με την κεραία EHP-50C είναι δυνατό να συλλέγουμε πληροφορίες κάθε 1 λεπτό ή κάθε 30 λεπτά για 24 ώρες. Μετά μπορείς να αποθηκεύσεις όλα τα αποτελέσματα στον υπολογιστή χρησιμοποιώντας το λογισμικό του PMM.
  
- ❖ Όταν βάζουμε το μηχάνημα να φορτίσει ανοίγει μόνο του και επάνω δεξιά στο πλαίσιο STATUS εμφανίζεται η ένδειξη CHG κάτω από την ένδειξη της μπαταρίας.
  
- ❖ Αν κατά τη διάρκεια της φόρτισης επάνω δεξιά στο πλαίσιο STATUS εμφανίζεται μια από τις ενδείξεις V , H , T κάτω από την ένδειξη της μπαταρίας τότε θα σταματήσει αυτόματα η φόρτιση.

- 
- ❖ Ποτέ κατά την διάρκεια της φόρτισης του μηχανήματος δεν πρέπει να πραγματοποιείται μέτρηση γιατί θα προστεθεί εξωτερικός θόρυβος.
  - ❖ Όταν βάζουμε ή βγάζουμε την κεραία πρέπει να την κρατάμε πάντα από το μεταλλικό μέρος και ποτέ από την κεφαλή.
  - ❖ Όταν μετράμε πεδία που εκπέμπονται από κεραίες είναι σημαντικό να κρατάς την κεραία οριζόντια στην πόλωση. Ειδικότερα όταν μετράμε πεδία ορισμένων MHz.
  - ❖ Να μην χρησιμοποιείται σε πιο ισχυρά πεδία από όσο μπορεί να μετρήσει η κεραία που έχουμε επιλέξει να χρησιμοποιήσουμε.
  - ❖ Όταν αποθηκεύουμε μια μέτρηση π.χ. #10 όλες οι μετρήσεις που είναι αποθηκευμένες από εκεί και κάτω διαγράφονται. Για αυτό προσέχουμε να βρισκόμαστε πάντα σε μια μέτρηση που δεν έχει δεδομένα αποθηκευμένα.
  - ❖ Έχουμε δυνατότητα να αποθηκεύσουμε μέχρι 47 διαφορετικές μετρήσεις στο PMM 8053B που φυσικά η καθεμιά δεν υπάρχει περιορισμός ποσά στοιχεία θα έχει καταχωρημένα, αυτό εξαρτάται από τις επιλογές που έχουμε κάνει στις ρυθμίσεις του μηχανήματος.

---

### Παράμετροι που ρυθμιστήκαν για την Παρούσα Διπλωματική Εργασία

- ❖ SET→LOGGER→1s Fix
- ❖ SET→LOG. END→1 min
- ❖ SET→FILTER→40Hz

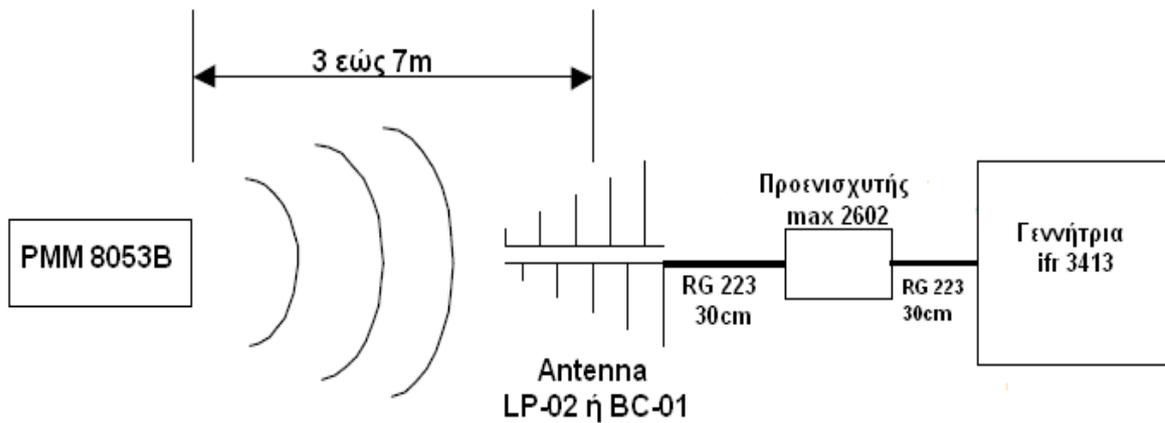


Κάθε φορά ρυθμίζαμε στο SET→Freq την συχνότητα στην οποία πραγματοποιούταν η μέτρηση.

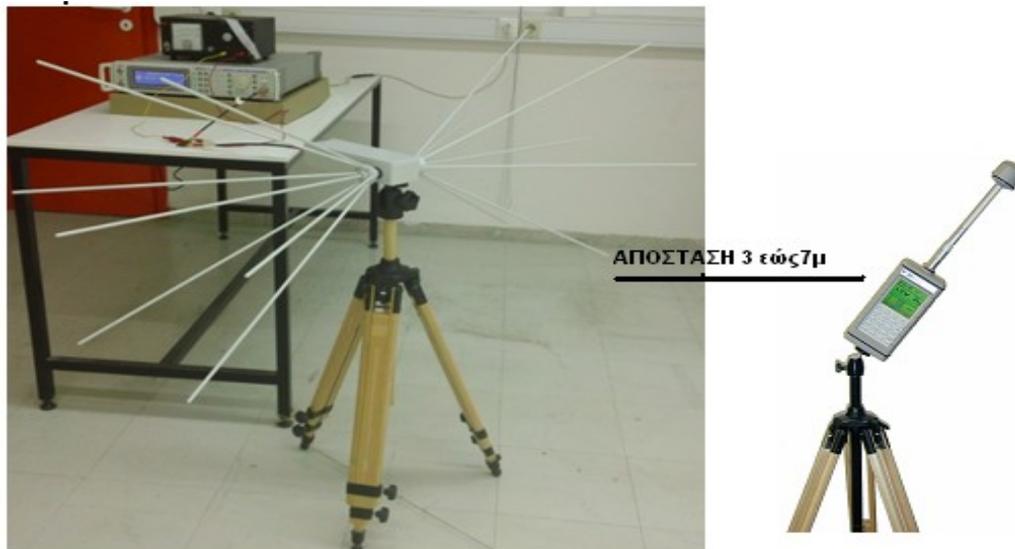
## Συνδεσμολογία

Τα μηχανήματα που χρησιμοποιήθηκαν τοποθετήθηκαν με την παρακάτω σειρά.

Τοποθετήσαμε την γεννήτρια *ifr 3413* έπειτα με ένα καλώδιο τύπου *RG 223* συνδέσαμε την γεννήτρια με τον προενισχυτή *max 2602* ο οποίος ήταν συνδεδεμένος με ένα τροφοδοτικό, μετά με ένα ακόμη καλώδιο τύπου *RG 223* συνδέσαμε τον προενισχυτή με τις κεραίες *PMM BC-01* και *PMM LP-02* ανάλογα σε ποιες συχνότητες δουλεύαμε, έπειτα τοποθετούσαμε το *PMM 8053B* σε αποστάσεις από 3 έως και 7 μέτρα και πραγματοποιούσαμε την μέτρηση.



Δηλαδή





Παρακάτω θα αναπτύξουμε κάποια βασικά χαρακτηριστικά στα δυο είδη από κεραίες εκπομπής που χρησιμοποιήσαμε την **PMM LP-02** και την **PMM BC-01** πάνω στις οποίες θα γίνουν οι μετρήσεις για την πραγματοποίηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας αλλά και για τον προενισχυτή **MAX 2602**.

## **PMM LP-02**



PMM LP-02

Η PMM LP-02 είναι μια περιοδική κεραία που έχει σχεδιαστεί για εφαρμογή σε ακτινοβολούμενη ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με οποιοδήποτε δέκτη ή αναλυτή φάσματος.

Χρησιμοποιώντας και τον τρίποδα έχουμε την δυνατότητα να την περιστρέφουμε όπως επιθυμούμε είτε κάθετα είτε οριζόντια για αλλαγή της πόλωσης σύμφωνα με τις προτιμήσεις μας.

Είναι αυτή πάνω στην οποία πραγματοποιηθήκαν οι περισσότερες μετρήσεις της μεταπτυχιακής διατριβής μας, λόγω του μεγάλου εύρους συχνοτήτων που παρέχει στον χρήστη.

## Κύρια Χαρακτηριστικά Κεραίας

Electrical characteristics	Performance Limits
<b>Frequency range</b>	200 MHz - 3 GHz
<b>Max input power</b>	100 W up to 1 GHz 50 W up to 3 GHz
<b>VSWR</b>	< 2:1 (1,2:1 average)
<b>Gain (Average)</b>	+ 6 dB
<b>Nominal Impedance</b>	50 Ω
<b>Dimensions WxHxP</b>	86 x 10 x 70 cm
<b>Weight</b>	1,1 Kg
<b>3 m Typical Antenna Factor</b>	
Antenna	LOG PERIODIC
Model	LP 02
Calibration Distance & Polarisation	3,0 m Horizontal
Receiving Antenna Height	1.4 m
Transmitting Antenna Height	1 m

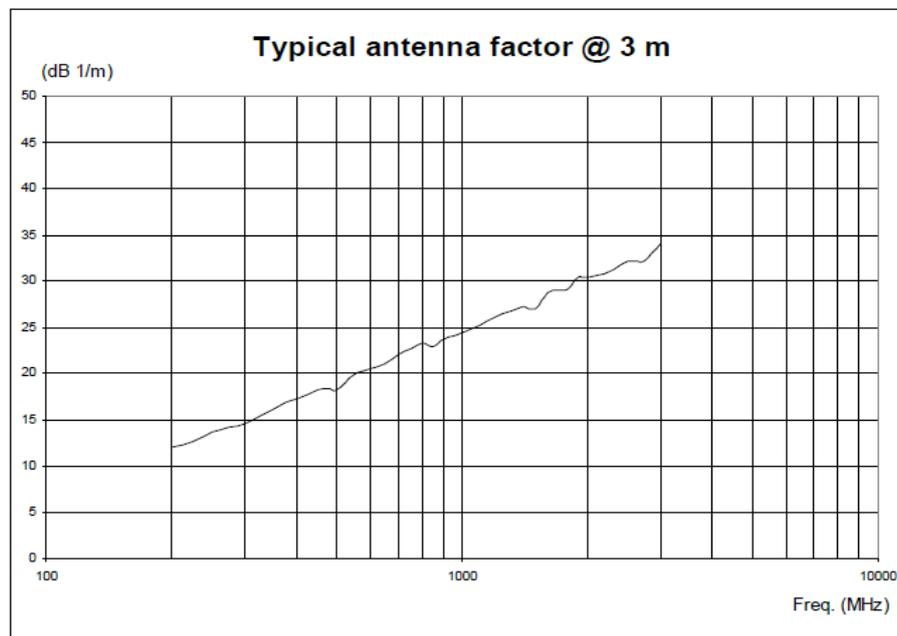


Fig. 1-7 Typical LP02 Log Periodic antenna factor @ 3 m

Η PMM LP02 που αναφέραμε είναι μια περιοδική λογαριθμική κεραία μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για περιβαλλοντικές δοκιμές για την ηλεκτρομαγνητική έκθεση σε μικρό πεδίο δοκιμών.

Τόσο το ευρύ φάσμα συχνοτήτων της όσο και το χαμηλό VSWR επιτρέπουν ακριβείς δοκιμές με γραμμική πόλωση.



### **PMM BC-01**



PMM BC-01

Η PMM BC-01 είναι ένα Δικωνικό δίπολο μικρού μεγέθους που προσφέρει εξοικονόμηση χρόνου σαν εναλλακτική λύση για την κλασική διπολική κεραία στην περιοχή συχνοτήτων 30 - 200 MHz αφού δεν είναι η παλιά χειροκίνητη λύση που πρέπει να προσαρμόζεις σε κάθε συχνότητα του κλασικού διπόλου στοιχεία και έτσι όλα μπορούν να αποφευχθούν με αυτόν τον σχεδιασμό.

## Κόρια Χαρακτηριστικά Κεραίας

Electrical characteristics	Performance Limits
Frequency range	30 - 200 MHz
Max input power	100 W
Nominal Impedance	50 Ω
Connector	N-Female
Dimensions WxHxP	137 x 65 x 65 cm
Weight	1,8 Kg

### 3 m Typical Antenna Factor

Antenna	BICONICAL
Model	BC 01
Calibration Distance & Polarisation	3,0 m Horizontal
Receiving Antenna Height	1-4 m
Transmitting Antenna Height	1 m

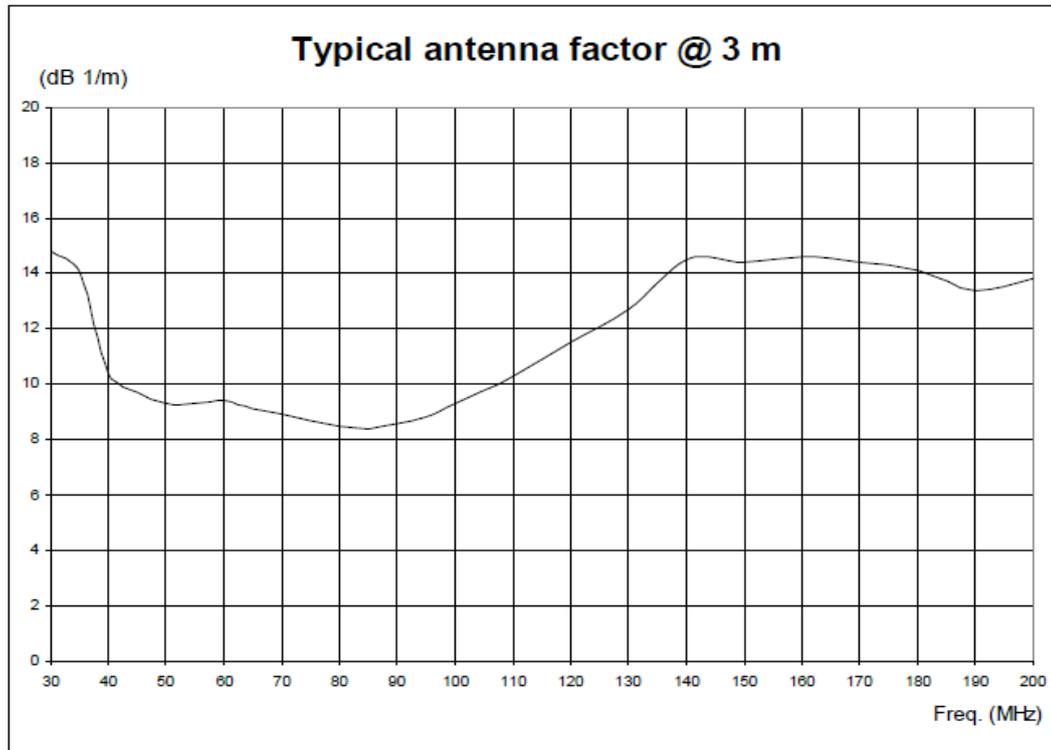


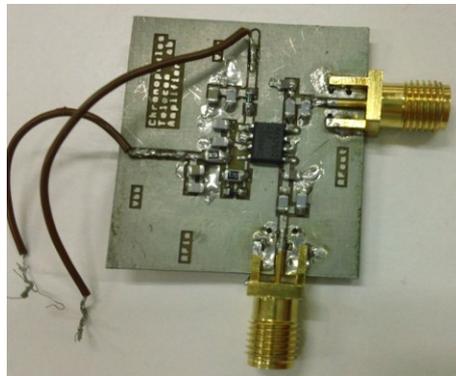
Fig. 1-5 Typical BC01 biconical antenna factor @ 3 m

Η PMM BC-01 είναι μια δικωνική κεραία και σχεδιάστηκε για εφαρμογή σε ακτινοβολούμενη ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με οποιοδήποτε δέκτη ή αναλυτή φάσματος



## Προενισχυτής

Όπως προαναφέραμε για την υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας για να μπορούμε να δίνουμε μεγαλύτερη ισχύ στην είσοδο της κεραίας που έκπεμπε δηλαδή είτε στην PMM LP-02 είτε στην PMM BC-01 για να υλοποιούνται οι μετρήσεις μας με το PMM 8053B σε ένα πιο ισχυρό πεδίο σε σχέση με αυτό που μας παρείχε η γεννήτρια από μόνη της, χρησιμοποιήθηκε ένας προενισχυτής που είχε κατασκευαστεί σε άλλη διπλωματική εργασία στο Εργαστήριο των Τηλεπικοινωνιακών Εφαρμογών του τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.



Ο προενισχυτής που είχε κατασκευαστεί λοιπόν βασίστηκε στο chip MAX2602. Η σειρά αυτού του τύπου ενισχυτών, παρέχει 1W ισχύος RF σε συχνότητα 900MHz, 58% αποδοτικότητα όταν πολώνονται για εφαρμογές σταθερής περιβάλλουσας πλάτους και λειτουργεί με τάση τροφοδοσίας ίση με 3,3 Volts. Έχει δε  $V_{bb}=V_{cc}=3,3$  Volts.

Το MAX2602 είναι ένα διπολικό transistor υψηλής απόδοσης του οποίου οι συνδέσεις βάσης και συλλέκτη χρησιμοποιούν δύο ακροδέκτες ώστε ο καθένας να ελαττώνει την πιθανότητα εμφάνισης αυτεπαγωγής. Ο εκπομπός συνδέεται σε τρεις ακροδέκτες και έναν επαγωγό θερμότητας που βρίσκεται στην πίσω πλευρά του chip και ο οποίος έχει άμεση επαφή με τη γείωση της τυπωμένης κλακέτας ώστε να ελαττωθεί η αυτεπαγωγή εκπομπού και να βελτιωθεί η διάχυση θερμότητας.

Το transistor προορίζεται για τη χρησιμοποίησή του σε μία διάταξη κοινού εκπομπού για επιπρόσθετη αποδοτικότητα και μέγιστο κέρδος ισχύος.

Η βαθμίδα του προενισχυτή που κατασκευάστηκε είχε βρεθεί ότι έχει κατώτατο όριο λειτουργίας τα 15 MHz και ανώτερο όριο λειτουργίας τα 1020 MHz.

Δηλαδή ένα εύρος ζώνης λειτουργίας ίση με 1005 MHz, δηλαδή περίπου ίσο με 1GHz.

Στις συχνότητες σήματος κάτω των 100 MHz παρατηρήθηκε πολύ μικρό κέρδος ενώ εκτεταμένες μετρήσεις έγιναν στη ζώνη συχνοτήτων 100 MHz έως 1015 MHz.

Επειδή εμείς είχαμε διαφορετικό εύρος ισχύος και περισσότερες συχνότητες σήματος μέσα στο εύρος συχνοτήτων που απόδιδε ο προενισχυτής σε σχέση με την μεταπτυχιακή διατριβή που είχε εκπονηθεί, πραγματοποιήσαμε λήψη μετρήσεων μέσα στην προαναφερθείσα ζώνη λειτουργίας του για να δούμε τις τιμές εξόδου που θα πάρουμε από τον ενισχυτή που θα είναι η είσοδος στην κεραία μας.

Θα θέλαμε να επισημάνουμε εδώ ότι τα καλώδια διασύνδεσης που χρησιμοποιήθηκαν είχαν κωδικό RG 223 και μήκος 30cm το καθένα και έχουν εφαρμογή σε προσαρμοσμένες γραμμές μεταφοράς των 50Ω.

Επίσης τα καλώδια μεταφοράς του Rf σήματος είχαν πολύ μικρή επιδράσει στο σύστημα για αυτό και δεν είχαμε ουσιαστική μείωση ισχύος στο σήμα εξόδου, επομένως δεν τα υπολογίσαμε.

Ο παρακάτω πίνακας προέκυψε μετά τη λήψη μετρήσεων στην προαναφερθείσα ζώνη λειτουργίας για τις συχνότητες σήματος από 60MHz μέχρι και 900MHz που μας αφορούσαν στην παρούσα διπλωματική εργασία για συγκεκριμένες τιμές ισχύος των:

- ❖ -2 dBm
- ❖ 1 dBm
- ❖ 4 dBm
- ❖ 7 dBm
- ❖ 10 dBm
- ❖ 13 dBm
- ❖ 16 dBm

που δίναμε για είσοδο στον ενισχυτή από την γεννήτρια.

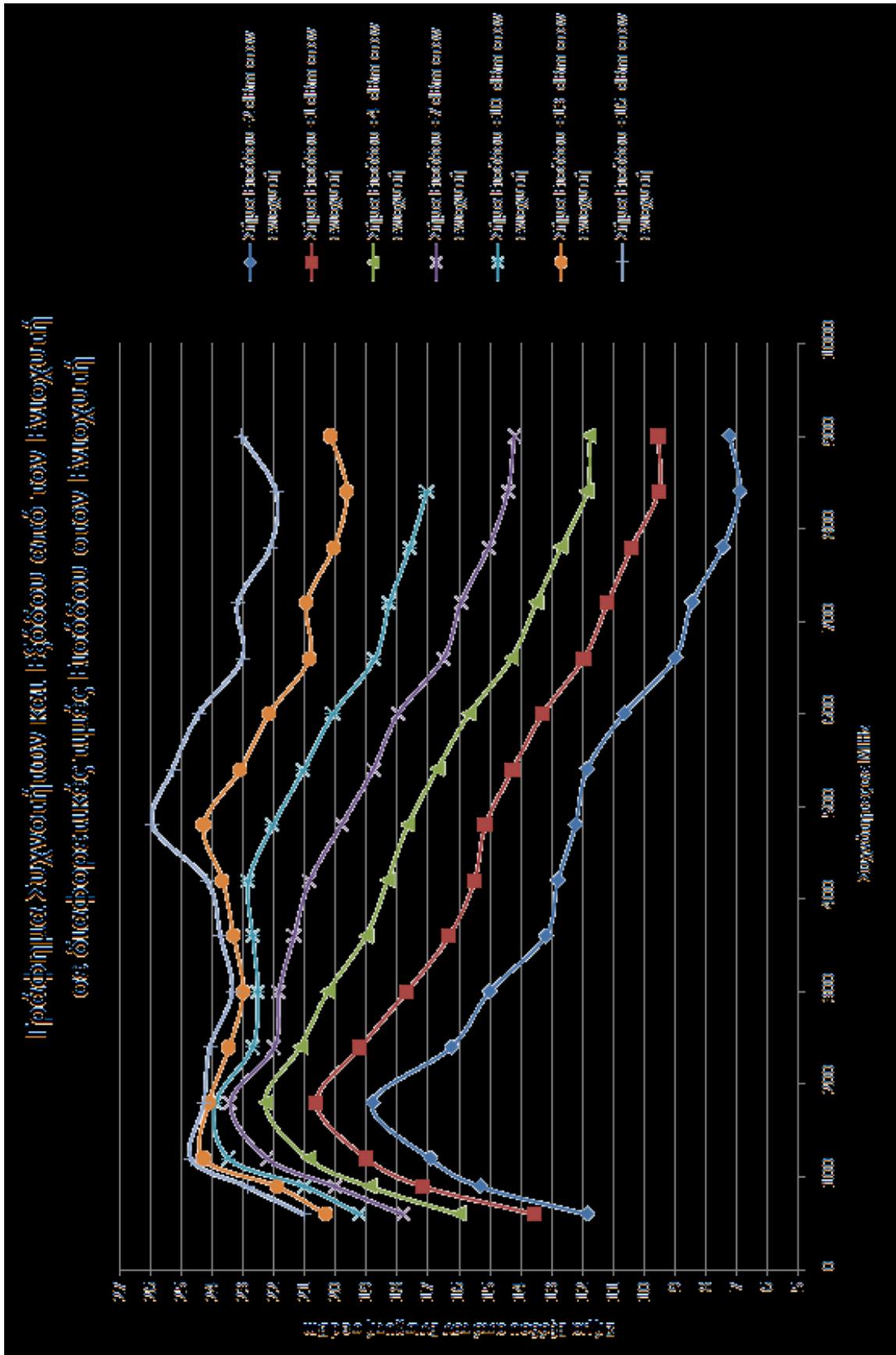
Και στη συνέχεια παρουσιάζεται η καμπύλη ισχύος σήματος εισόδου σε σχέση με την ισχύ σήματος εξόδου για την προαναφερθείσα περιοχή συχνοτήτων.

**ΠΙΝΑΚΑΣ >> ΑΥΧΝΟΪΓΙΩΝ ΚΑΙ ΞΕΔΟΣΑ ΟΠΙΩ ΠΩ ΜΙΟΧΥΠΗ  
 ΟΤΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΠΙΜΕΣ Ι ΙΟΪΔΟΥ ΟΠΙΩ ΠΩ ΜΙΟΧΥΠΗ**

	Ε: Π>ΩΛΩ>: 2: σίδημ	Ε: Π>ΩΛΩ>: 1: σίδημ	Ε: Π>ΩΛΩ>: 4: σίδημ	Ε: Π>ΩΛΩ>: 7: σίδημ	Ε: Π>ΩΛΩ>: 10: σίδημ	Ε: Π>ΩΛΩ>: 13: σίδημ	Ε: Π>ΩΛΩ>: 16: σίδημ
600	11,894	13,544	16,002	17,892	19,223	20,392	21,001
900	16,311	17,116	18,992	20,001	20,999	21,9	22,816
1200	16,933	19	20,888	22,21	23,416	24,229	24,688
1800	18,861	20,64	22,286	23,41	23,9	24,12	24,26
2400	16,25	19,22	21,16	21,99	22,71	23,46	24,07
3000	16,001	17,72	20,26	21,84	22,52	23,001	23,34
3600	13,19	16,33	19,02	21,35	22,69	23,31	23,72
4200	12,79	15,51	18,32	20,84	22,83	23,67	24,15
4800	12,22	15,16	17,67	19,82	22,04	24,29	25,92
5400	11,84	14,27	16,72	18,78	21,04	23,09	25,28
6000	10,64	13,3	15,69	17,97	20,09	22,17	24,43
6600	8,99	11,96	14,31	16,5	18,74	20,88	23,01
7200	8,44	11,19	13,62	15,93	18,26	20,94	23,16
7800	7,44	10,41	12,72	15,03	17,6	20,06	22,1
8400	6,89	9,54	11,88	14,41	17,05	19,64	21,92
9000	7,23	9,56	11,79	14,2	17	20,16	23,04

>> ΑΥΧΝΟΪΓΙΩΝ ΚΑΙ ΞΕΔΟΣΑ ΟΠΙΩ ΠΩ ΜΙΟΧΥΠΗ





## Μετρήσεις

Για την υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής οι μετρήσεις που κάναμε έγιναν στο Εργαστήριο Τηλεπικοινωνιών και Εφαρμογών του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων αλλά και σε *open area test side* στην περιοχή Βασιλική στην πόλη των Ιωαννίνων.



*Open area test side στην περιοχή Βασιλική*

Από τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Τηλεπικοινωνιών και Εφαρμογών του τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων χρησιμοποιήθηκαν τελικά 640 μετρήσεις ενώ από την *open area test side* στην περιοχή Βασιλική χρησιμοποιήθηκαν 120 μετρήσεις.

*Η ισχύς που δόθηκε σαν είσοδος από την γεννήτρια στον προενισχυτή ήταν*

---

-2 dBm	10 dBm
1 dBm	13 dBm
4 dBm	16 dBm
7 dBm	

Παραπάνω αναφέραμε κάποια στοιχεία για τον προενισχυτή και δώσαμε και τον πίνακα ενίσχυσης όπου παρουσιάζονται οι τιμές ισχύος που προκύπτουν μετά από την ενίσχυση και αποτελούν την νέα ισχύ που δέχεται ως είσοδο πλέον η κεραία.

Οι μετρήσεις που έγιναν στο Εργαστήριο Τηλεπικοινωνιών και Εφαρμογών του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων ήταν σε σήμα συχνότητας:

- ❖ 60 MHz χρησιμοποιήθηκε η PMM BC-01
- ❖ 90 MHz χρησιμοποιήθηκε η PMM BC-01
- ❖ 120 MHz χρησιμοποιήθηκε η PMM BC-01
- ❖ 180 MHz χρησιμοποιήθηκε η PMM BC-01
- ❖ 240 MHz χρησιμοποιήθηκε η PMM LP-02
- ❖ 300 MHz χρησιμοποιήθηκε η PMM LP-02
- ❖ 360 MHz χρησιμοποιήθηκε η PMM LP-02
- ❖ 420 MHz χρησιμοποιήθηκε η PMM LP-02
- ❖ 480 MHz χρησιμοποιήθηκε η PMM LP-02
- ❖ 540 MHz χρησιμοποιήθηκε η PMM LP-02
- ❖ 600 MHz χρησιμοποιήθηκε η PMM LP-02
- ❖ 660 MHz χρησιμοποιήθηκε η PMM LP-02
- ❖ 720 MHz χρησιμοποιήθηκε η PMM LP-02
- ❖ 780 MHz χρησιμοποιήθηκε η PMM LP-02
- ❖ 840 MHz χρησιμοποιήθηκε η PMM LP-02
- ❖ 900 MHz χρησιμοποιήθηκε η PMM LP-02

Ενώ οι μετρήσεις που έγιναν *open area test side* στην περιοχή «Βασιλική» ήταν σε σήμα συχνότητας:

- ❖ 480 MHz χρησιμοποιήθηκε η PMM LP-02
- ❖ 600 MHz χρησιμοποιήθηκε η PMM LP-02
- ❖ 840 MHz χρησιμοποιήθηκε η PMM LP-02

Όλες οι μετρήσεις έγιναν σε απόσταση από τις κεραιές PMM LP-02 και PMM BC-01 μέχρι το PMM 8053B στα:

- ❖ 3 m
- ❖ 4 m
- ❖ 5 m
- ❖ 6 m
- ❖ 7 m

Αμέσως παρακάτω παρατίθενται οι μετρήσεις που υλοποιήθηκαν στο εργαστήριο και οι μετρήσεις που υλοποιήθηκαν σε open area test site καθώς και τα αντίστοιχα διαγράμματα που προέκυψαν.

## Μετρήσεις στο Εργαστήριο Τηλεπικοινωνιών και Εφαρμογών

Σήμα Συχνότητας 60MHz











## Σήμα Συχνότητας 90MHz









## Σήμα Συχνότητας 120MHz











## Σήμα Συχνότητας 180MHz











## Σήμα Συχνότητας 240MHz









## Σήμα Συχνότητας 300MHz











## Σήμα Συχνότητας 360MHz









## Σήμα Συχνότητας 420MHz











## Σήμα Συχνότητας 480MHz











## Σήμα Συχνότητας 540MHz









## Σήμα Συχνότητας 600MHz











## Σήμα Συχνότητας 660MHz











## Σήμα Συχνότητας 720MHz









## Σήμα Συχνότητας 780MHz











## Σήμα Συχνότητας 840MHz









## Σήμα Συχνότητας 900MHz











## *Μετρήσεις σε Open Area Test Site*

*Σήμα Συχνότητας 480MHz*











## Σήμα Συχνότητας 600MHz









## Σήμα Συχνότητας 840MHz











## Παρατηρήσεις

- ❖ Παρατηρούνται σε ορισμένες γραφικές παραστάσεις φαινόμενα αναστροφής των πεδίων. Δηλαδή, η ένταση του πεδίου σε κάποια απόσταση ενώ θα έπρεπε να ήταν πιο μικρή, εμείς παρατηρούμε ότι είναι μεγαλύτερη (π.χ. στα 480 MHz.).
- ❖ Αυτό συμβαίνει διότι :
  - δεν έχουμε απόσταση μερικά μήκη κύματος από τις κεραίες PMM BC-01 και PMM LP-02 μέχρι το PMM 8053B. Καθώς δεν είχαμε και μεγαλύτερο ενισχυτή και έτσι είμαστε εγκλωβισμένοι μέσα στο *near field*. Ως γνωστόν στο *near field* έχουμε αλληλεπιδράσεις αλλού είδους όπως περιστρεφόμενα πεδία, αλλάζει η πόλωση κ.λπ.,
  - έχουμε ασθενές πεδίο σε ισχύ και
  - δεν είχαμε απόσταση από το *ground plain* μερικά μήκη κύματος όπως θα έπρεπε για να γίνουν απολύτως σωστές μετρήσεις. Αυτό γιατί το εργαστήριο δεν διαθέτει 2 ιστούς που να είναι από 2m έως 4m
- ❖ Για να γίνει διόρθωση στην μέτρηση και να αφαιρέσουμε τον θόρυβο χρησιμοποιήσαμε την σχέση:

$$(A+N)^2 - N^2 = k$$

$$A = \sqrt{k}$$

π.χ. για σήμα συχνότητας 240MHz και απόσταση 3m έχουμε

$$A+B=1,04 \text{ V/m}$$

$$N=0,23 \text{ V/m}$$

$$(A+N)^2 - N^2 = k$$

$$1,04^2 - 0,23^2 = 1,0816 - 0,0529 = 1,0287 \text{ V/m}$$

$$\sqrt{1,0287} = 1,01425 \text{ V/m}$$

## Βιβλιογραφία

- ❖ Αξιολόγηση και διαχείριση της ηλεκτρομαγνητικής Θεωρίας για επαγγελματικά εκτιθέμενους. Καθ. Βασίλειος Μακρόπουλος, Δρ. Κωνσταντίνος Ν. Χαλκιώτης
- ❖ Βιολογικές επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, Συγγραφείας Κώστας Λιολιουσης
- ❖ Ηλεκτρομαγνητική Ρύπανση: Έρευνα και Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης στη Δ/θμια Εκπαίδευση
- ❖ Χρήστος Κρητικός, Δέσποινα Δοβλέτογλου, Χάρις Χατζηνικόλα, Γιώργος Κρητικός
- ❖ *PMM 8053B Field Probes Catalog*
- ❖ Όρια Ασφάλειας- Επίπεδα αναφοράς Σημεία Ενδιαφέροντος (Χαμηλές και Ραδιοσυχνότητες , Δήμητρα Θεοδώρα Κακλαμάνη Ε.Μ.Π. Θεοδώρα Κακλαμάνη Ε.Μ.Π.
- ❖ Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και ταχυδρομείων σε συνεργασία με το Ε.Μ.Π.
- ❖ Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία και Κινητή Τηλεφωνία. Τα Επιστημονικά Δεδομένα
- ❖ Μετρήσεις της Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας με δίκτυα Μετρητών
- ❖ Ιωάννης Ν. Σάχαλος Καθηγητής Α.Π.Θ.
- ❖ *User's manual PMM 8053B*

- ❖ *User's Manual PMM AS02 PMM AS03 & ANTENNA SYSTEM*
- ❖ *Μεταπτυχιακή Διατριβή στο τμήμα Φυσικό του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων του κ.κ. Σπύρου Χρονόπουλου για τον προενισχυτή Max 2602*
- ❖ *Electromagnetic Field Theory, Bo Thide*
- ❖ *Ηλεκτρονική Βιβλιοθήκη Wikipedia*
- ❖ *[http://www.eett.gr/opencms/sites/EETT/CustomInformation/Radio\\_Communication\\_Information.html](http://www.eett.gr/opencms/sites/EETT/CustomInformation/Radio_Communication_Information.html)*
- ❖ *Ακόμη πηγή πληροφόρησης αποτέλεσε :*
  - *το Internet,*
  - *Αλλά βιβλία που είχαν στόχο την ενημέρωση και την καθοδήγηση σε θέματα τεχνικά και σχετικά με τον τρόπο διάρθρωσης μιας Διπλωματικής Εργασίας (Διδακτορικές Διατριβές),*
  - *Δημοσιεύσεις σε Περιοδικά*
  - *καθώς και η Βιβλιοθήκη του πανεπιστημίου Ιωαννίνων*

## Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε από την Ντόκου Παναγιώτα του Κωνσταντίνου και της Ελένης, εξ Ιωαννίνων ορμώμενη, μεταπτυχιακή φοιτήτρια του τμήματος Φυσικού της Σχολής Θετικών επιστημών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων με Αριθμό Μητρώου 422 στα πλαίσια του εκπαιδευτικού μεταπτυχιακού προγράμματος Τηλεπικοινωνιακές Εφαρμογές για την απόκτηση μεταπτυχιακού διπλώματος. Πραγματοποιήθηκε το 2012, με θέμα «ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ» και επιβλέπον Καθηγητή τον κ. Κωσταράκη Παναγιώτη, Καθηγητή Φυσικής, μέλη δε της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής τους κ.κ. Φούλια Στυλιανό και Εραγγέλου Ευάγγελο, Επίκ. Καθηγητές Φυσικής.

## Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας αυτής, επιθυμώ να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου, την βαθειά εκτίμηση και τις θερμές ευχαριστίες μου, σε όλους εκείνους που συνέβαλαν ποικιλότροπα στην πραγματοποίηση της και ιδιαίτερα:

Τον επιβλέπον της διπλωματικής εργασίας, Καθηγητή Κωσταράκη Παναγιώτη, του τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, για την ανάθεση του παρόντος θέματος καθώς και για την συνεχή ενθάρρυνση και καθοδήγηση σε όλα τα στάδια της έρευνας. Οι ουσιαστικές υποδείξεις, οι πολύτιμες συμβουλές, τόσο στο επιστημονικό όσο και στο οργανωτικό κομμάτι, η κριτική θεώρηση του κειμένου και τέλος η εμπιστοσύνη που μου έδειξε, αποτέλεσαν τους σημαντικότερους παράγοντες για την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Τον Υποψήφιο Διδάκτορα Σπύρο Χρονόπουλο, τον κ.κ. Μπαλντούμα Γεώργιο καθώς και τον Δρ. Τάση Γεώργιο για τις πολύτιμες συμβουλές τους και τις υποδείξεις τους.

Τον αδερφό μου Δημήτριο Ντόκο, Υποψήφιο Διδάκτορα του Ε.Μ.Π. για τις πολύτιμες συμβουλές του στο οργανωτικό κομμάτι αλλά και στην κριτική θεώρηση του κειμένου.

Και βέβαια, τον σύζυγο μου Άγγελο Γκιόκα και τους γονείς μου για την φροντίδα τους και κυρίως για την ηθική υποστήριξη και συμπαράσταση που μου προσέφεραν και συνεχώς μου προσφέρουν.



## Περιεχόμενα

Εισαγωγή .....	1
Ορισμός Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας .....	3
Ηλεκτρομαγνητικά Κύματα .....	4
Χαρακτηριστικά Ηλεκτρομαγνητικών Κυμάτων .....	6
Μορφές Ηλεκτρομαγνητικών Κυμάτων .....	9
Ραδιοκύματα .....	10
Εφαρμογές των ραδιοκυμάτων.....	11
Μικροκύματα .....	13
Εφαρμογές των μικροκυμάτων .....	13
Ορατό Φως.....	15
Αρχές Διάδοσης του Φωτός .....	16
Ταχύτητα του φωτός .....	16
Ακτίνες Χ.....	18
Εφαρμογές των ακτινών Χ.....	18
Είδη Ακτινών Χ .....	19
Ακτίνες Γ .....	21
Εφαρμογές των ακτινών γ .....	22
Κοσμική Ακτινοβολία .....	24
Ηλεκτρισμός.....	27
Ηλεκτρικό φορτίο .....	27
Ηλεκτρικό δυναμικό.....	28
Ηλεκτρικό πεδίο.....	28
Ηλεκτρικό ρεύμα.....	29
Υπεριώδης ακτινοβολία .....	31
Υπέρυθρη ακτινοβολία .....	32
Εφαρμογές των υπερύθρων ακτινών .....	32
Κατηγορίες Ηλεκτρομαγνητικής Ενέργειας με Βάση την Ενεργεία τους .....	34
Ιονίζουσα Ακτινοβολία.....	34
Μη Ιονίζουσα Ακτινοβολία .....	34
Ηλεκτρομαγνητισμός .....	37
Μαθηματική περιγραφή.....	39

<i>Οδηγίες και Πολιτικές για την Έκθεση σε Ηλεκτρο-μαγνητικά Πεδία</i> .....	42
Ποιος αποφασίζει για τις οδηγίες; .....	42
Πού βασίζονται οι οδηγίες; .....	43
Ποια είναι τα διεθνή όρια που έχουν θεσπιστεί για την προστασία από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία; .....	43
Γιατί χρησιμοποιείται υψηλότερος παράγοντας μείωσης στις οδηγίες έκθεσης του γενικού πληθυσμού; .....	45
Τι ισχύει στην Ελλάδα; .....	45
<i>Επιπτώσεις ηλεκτρομαγνητικών πεδίων ραδιοσυχνο-τήτων</i> .....	48
Επιπτώσεις ηλεκτρομαγνητικών πεδίων ραδιοσυχνοτήτων στο ανθρώπινο σώμα από τις εκπομπές .....	48
Βιολογικά αποτελέσματα και επιπτώσεις στην υγεία .....	50
<i>Άμεσος και έμμεσος μηχανισμός επίδρασης στα κύτταρα</i> .....	52
<i>Όργανα Μέτρησης Ηλεκτρομαγνητικής Ενεργείας</i> .....	54
<i>Όργανο μέτρησης ηλεκτρομαγνητικού πεδίου PMM 8053B</i> .....	57
<i>Η κεραία EP - 300</i> .....	63
<i>Χαρακτηριστικά κεραίας</i> .....	63
<i>Η κεραία EHP - 50C</i> .....	65
<i>Χαρακτηριστικά κεραίας</i> .....	65
<i>Λειτουργία PMM 8053B</i> .....	66
<i>Η Σημασία των ενδείξεων της οθόνης</i> .....	67
<i>Ανάλυση του πλαισίου</i> .....	67
1) <i>UNIT</i> .....	68
2) <i>MODE</i> .....	68
3) <i>Αντίθεση -Φωτεινότητα</i> .....	72
4) <i>SET</i> .....	73
<i>Alarm</i> .....	74
<i>AVG ή RMS</i> .....	74
<i>Freq</i> .....	75
<i>Plot T</i> .....	76
<i>Serial</i> .....	77
<i>Logger</i> .....	78
<i>Logger End</i> .....	82
<i>BAR</i> .....	83

<i>Filter</i> .....	83
<i>AutoOff</i> .....	84
<i>Time και Date</i> .....	85
<i>Παρατηρήσεις</i> .....	85
<i>Παράμετροι που ρυθμιστήκαν για την Παρούσα Διπλωματική Εργασία</i> .....	87
<i>Συνδεσμολογία</i> .....	88
<i>PMM LP-02</i> .....	89
<i>Κύρια Χαρακτηριστικά Κεραίας</i> .....	90
<i>PMM BC-01</i> .....	91
<i>Κύρια Χαρακτηριστικά Κεραίας</i> .....	92
<i>Προενισχυτής</i> .....	94
<i>Μετρήσεις</i> .....	98
<i>Μετρήσεις στο Εργαστήριο Τηλεπικοινωνιών και Εφαρμογών</i> .....	101
<i>Σήμα Συχνότητας 60MHz</i> .....	101
<i>Σήμα Συχνότητας 90MHz</i> .....	106
<i>Σήμα Συχνότητας 120MHz</i> .....	111
<i>Σήμα Συχνότητας 180MHz</i> .....	116
<i>Σήμα Συχνότητας 240MHz</i> .....	121
<i>Σήμα Συχνότητας 300MHz</i> .....	126
<i>Σήμα Συχνότητας 360MHz</i> .....	131
<i>Σήμα Συχνότητας 420MHz</i> .....	136
<i>Σήμα Συχνότητας 480MHz</i> .....	141
<i>Σήμα Συχνότητας 540MHz</i> .....	146
<i>Σήμα Συχνότητας 600MHz</i> .....	151
<i>Σήμα Συχνότητας 660MHz</i> .....	156
<i>Σήμα Συχνότητας 720MHz</i> .....	161
<i>Σήμα Συχνότητας 780MHz</i> .....	166
<i>Σήμα Συχνότητας 840MHz</i> .....	171
<i>Σήμα Συχνότητας 900MHz</i> .....	176
<i>Μετρήσεις σε Open Area Test Side</i> .....	181
<i>Σήμα Συχνότητας 480MHz</i> .....	181
<i>Σήμα Συχνότητας 600MHz</i> .....	186
<i>Σήμα Συχνότητας 840MHz</i> .....	191
<i>Παρατηρήσεις</i> .....	196
<i>Βιβλιογραφία</i> .....	197

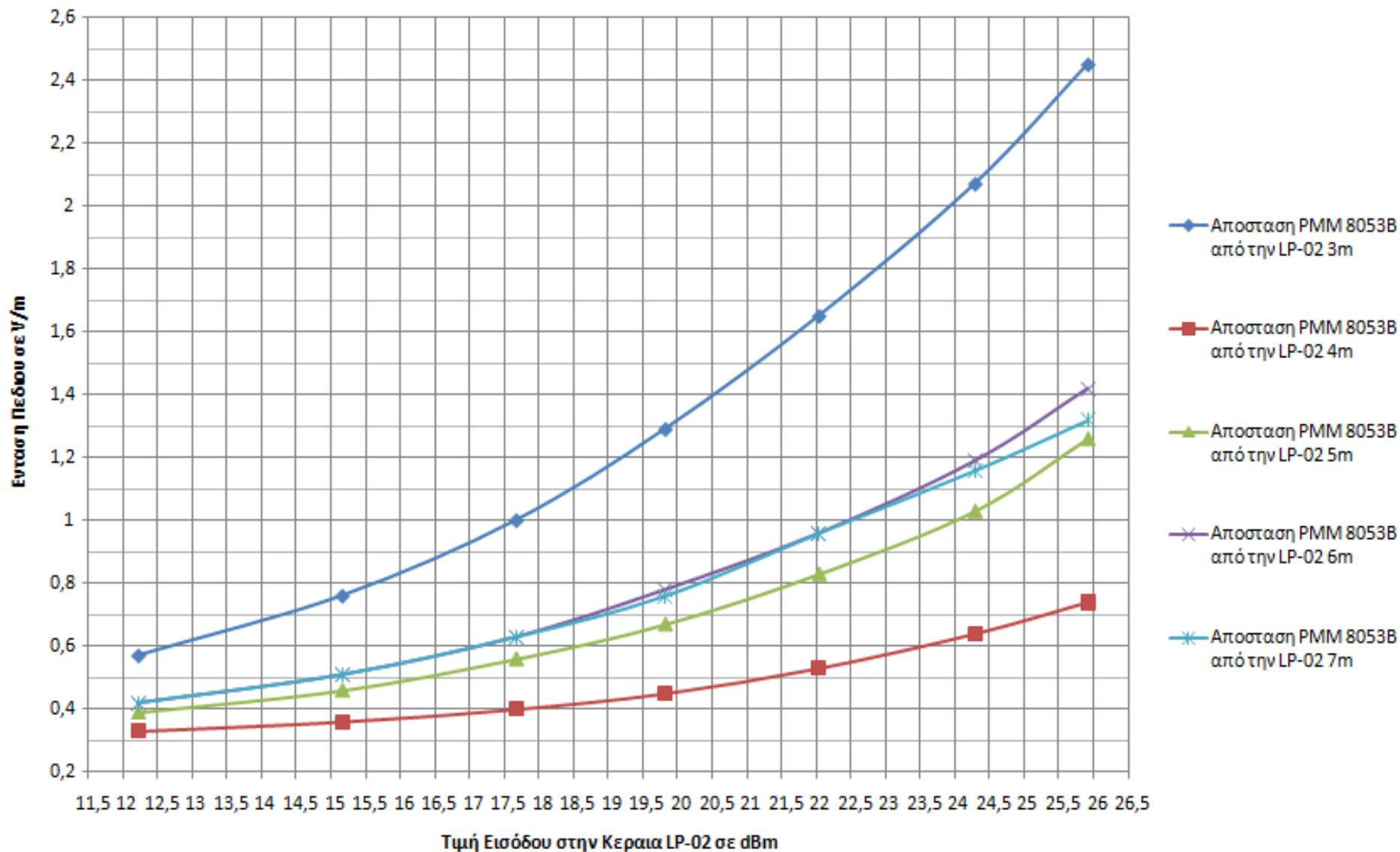
### Πίνακας με σήμα συχνότητας 480 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου

Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
12,22	0,57	0,33	0,39	0,42	0,42
15,16	0,76	0,36	0,46	0,51	0,51
17,67	1	0,4	0,56	0,63	0,63
19,82	1,29	0,45	0,67	0,78	0,76
22,04	1,65	0,53	0,83	0,96	0,96
24,29	2,07	0,64	1,03	1,19	1,16
25,92	2,45	0,74	1,26	1,42	1,32
Background noise	0,28	0,27	0,27	0,32	0,31

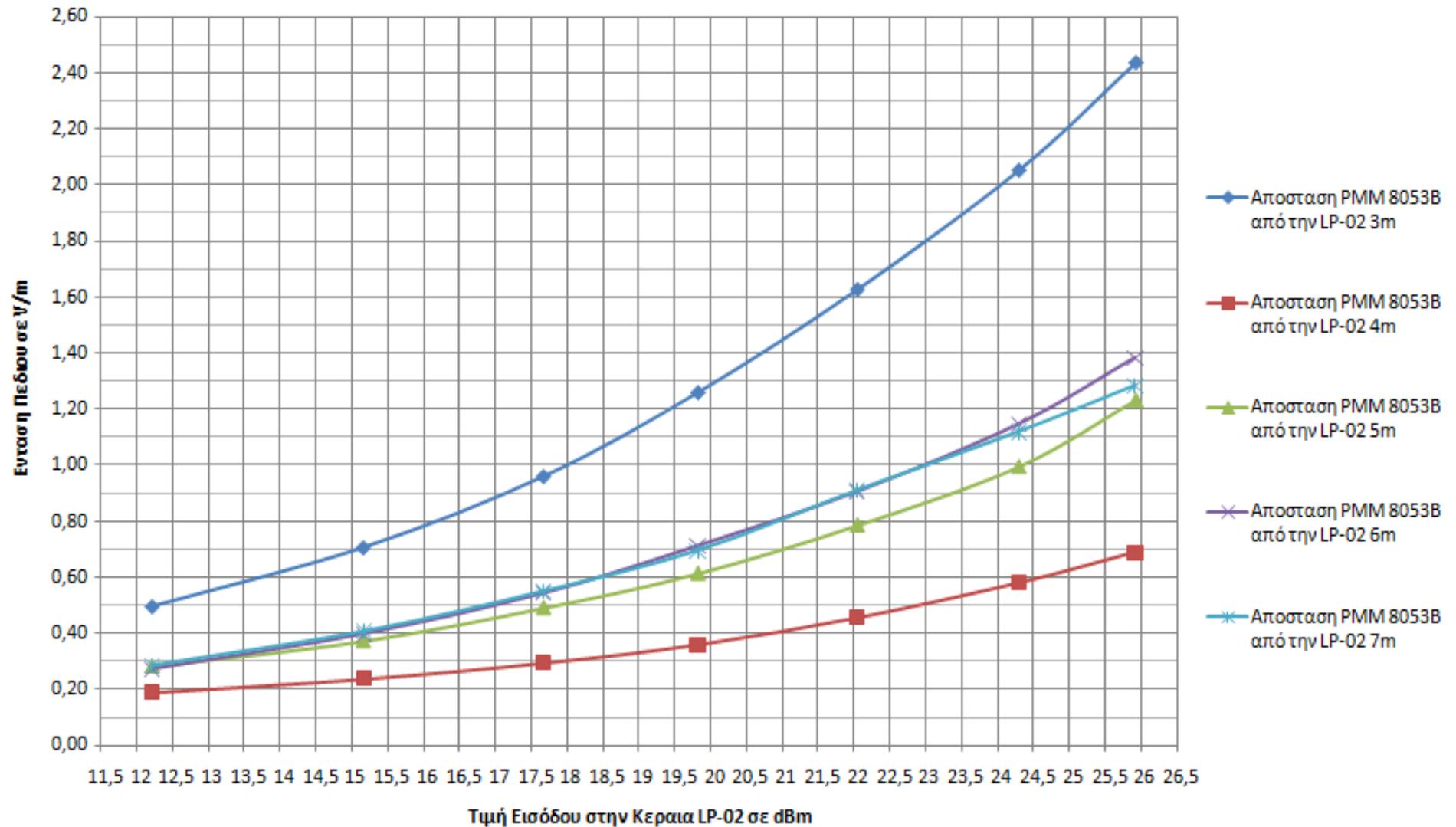
### Πίνακας με σήμα συχνότητας 480 MHz με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου

Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
12,22	0,4965	0,1897	0,2814	0,2720	0,2834
15,16	0,7065	0,2381	0,3724	0,3971	0,4050
17,67	0,9600	0,2951	0,4906	0,5427	0,5485
19,82	1,2592	0,3600	0,6132	0,7113	0,6939
22,04	1,6261	0,4561	0,7849	0,9051	0,9086
24,29	2,0510	0,5803	0,9940	1,1462	1,1178
25,92	2,4339	0,6890	1,2307	1,3835	1,2831

## Γράφημα με σήμα συχνότητας 480 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου



## Γράφημα με σήμα συχνότητας 480 MHz με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου



## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΛΗΨΕΙΣ ΜΕ ΣΗΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ 480MHz ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

### ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 3m



### ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 4m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ PMM 8053B ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 5m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ PMM 8053B ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 6m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ PMM 8053B ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 7m





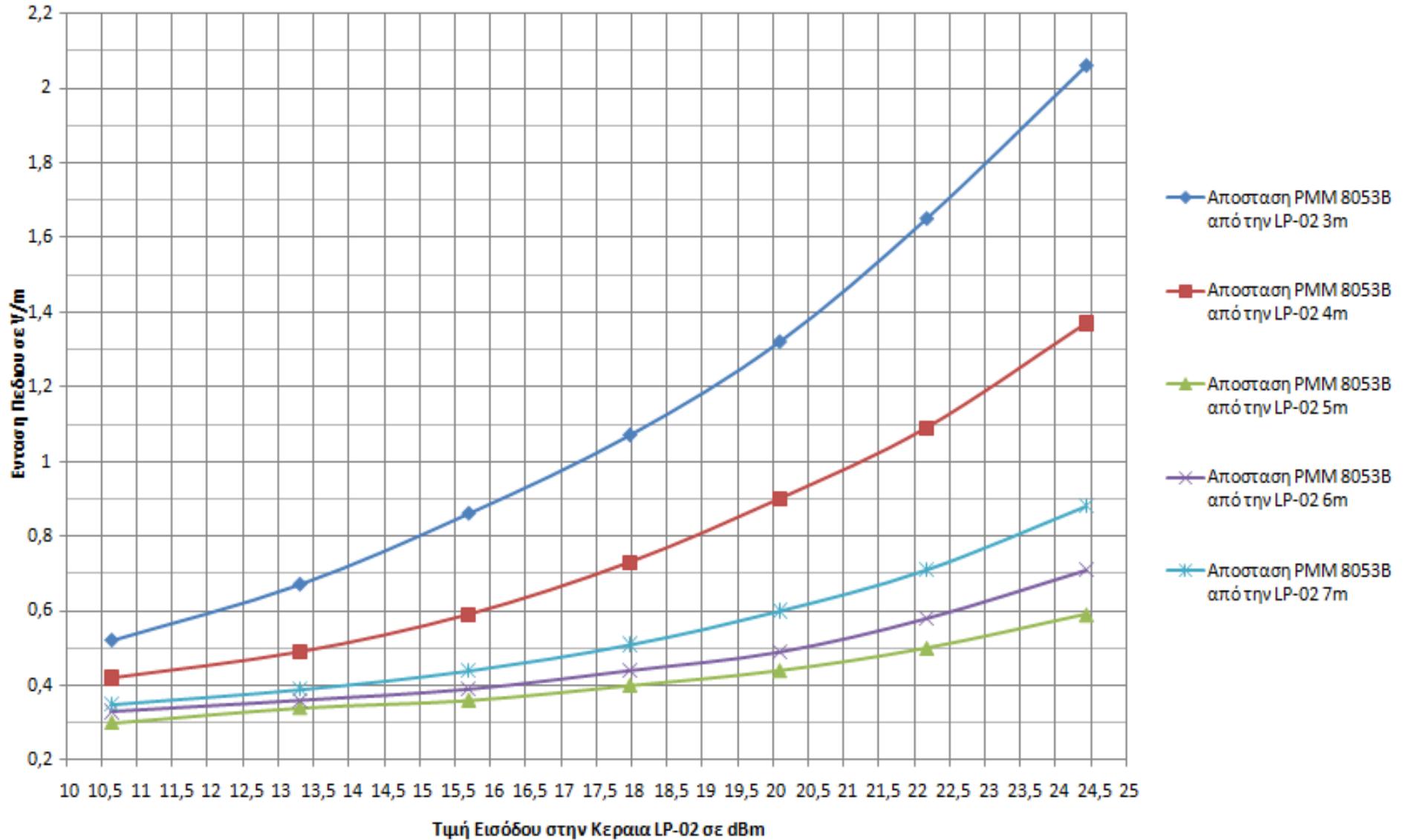
## Πίνακας με σήμα συχνότητας 600 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου

Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
10,64	0,52	0,42	0,3	0,33	0,35
13,3	0,67	0,49	0,34	0,36	0,39
15,69	0,86	0,59	0,36	0,39	0,44
17,97	1,07	0,73	0,4	0,44	0,51
20,09	1,32	0,9	0,44	0,49	0,6
22,17	1,65	1,09	0,5	0,58	0,71
24,43	2,06	1,37	0,59	0,71	0,88
Background noise	0,28	0,29	0,28	0,31	0,32

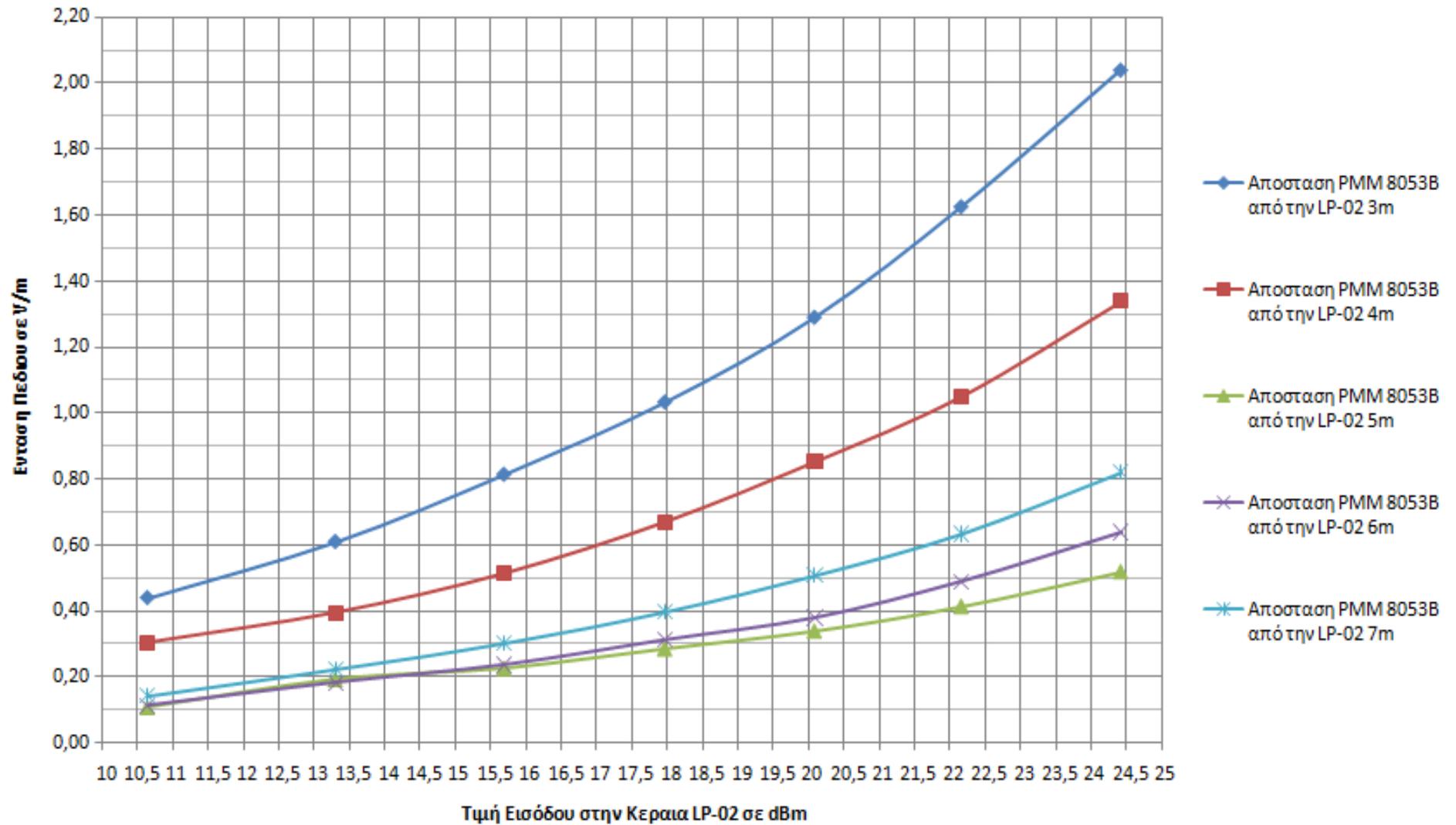
## Πίνακας με σήμα συχνότητας 600 MHz με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου

Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
10,64	0,4382	0,3038	0,1077	0,1131	0,1418
13,3	0,6087	0,3950	0,1929	0,1830	0,2229
15,69	0,8131	0,5138	0,2263	0,2366	0,3020
17,97	1,0327	0,6699	0,2857	0,3122	0,3971
20,09	1,2900	0,8520	0,3394	0,3795	0,5075
22,17	1,6261	1,0507	0,4142	0,4902	0,6338
24,43	2,0409	1,3390	0,5193	0,6387	0,8198

## Γράφημα με σήμα συχνότητας 600 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου



## Γράφημα με σήμα συχνότητας 600 MHz με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου



## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΛΗΨΕΙΣ ΜΕ ΣΗΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ 600MHz ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 3m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 4m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 5m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 6m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 7m



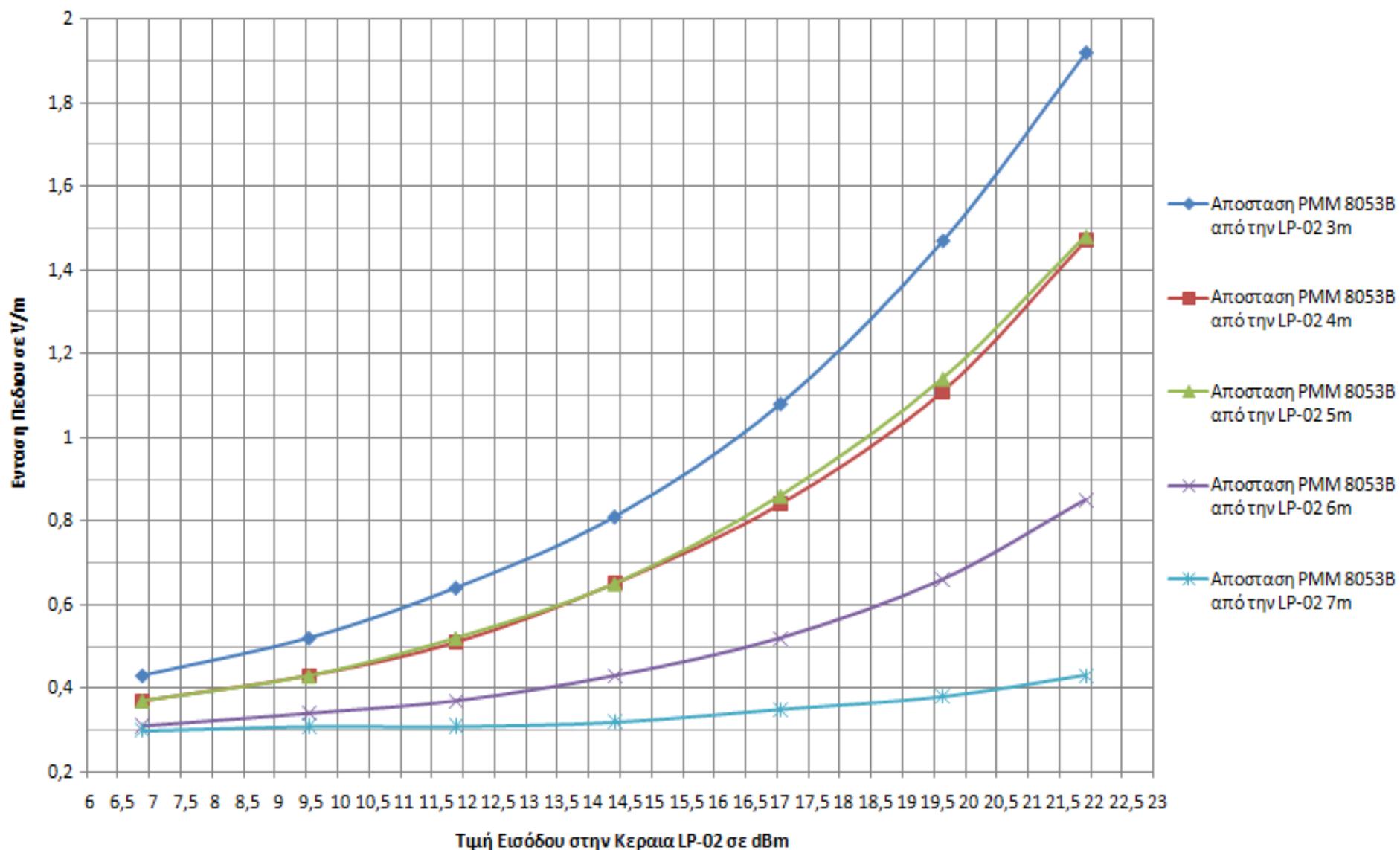
## Πίνακας με σήμα συχνότητας 840 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου

Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
6,89	0,43	0,37	0,37	0,31	0,3
9,54	0,52	0,43	0,43	0,34	0,31
11,88	0,64	0,51	0,52	0,37	0,31
14,41	0,81	0,65	0,65	0,43	0,32
17,05	1,08	0,84	0,86	0,52	0,35
19,64	1,47	1,11	1,14	0,66	0,38
21,92	1,92	1,47	1,48	0,85	0,43
Background noise	0,28	0,29	0,31	0,29	0,28

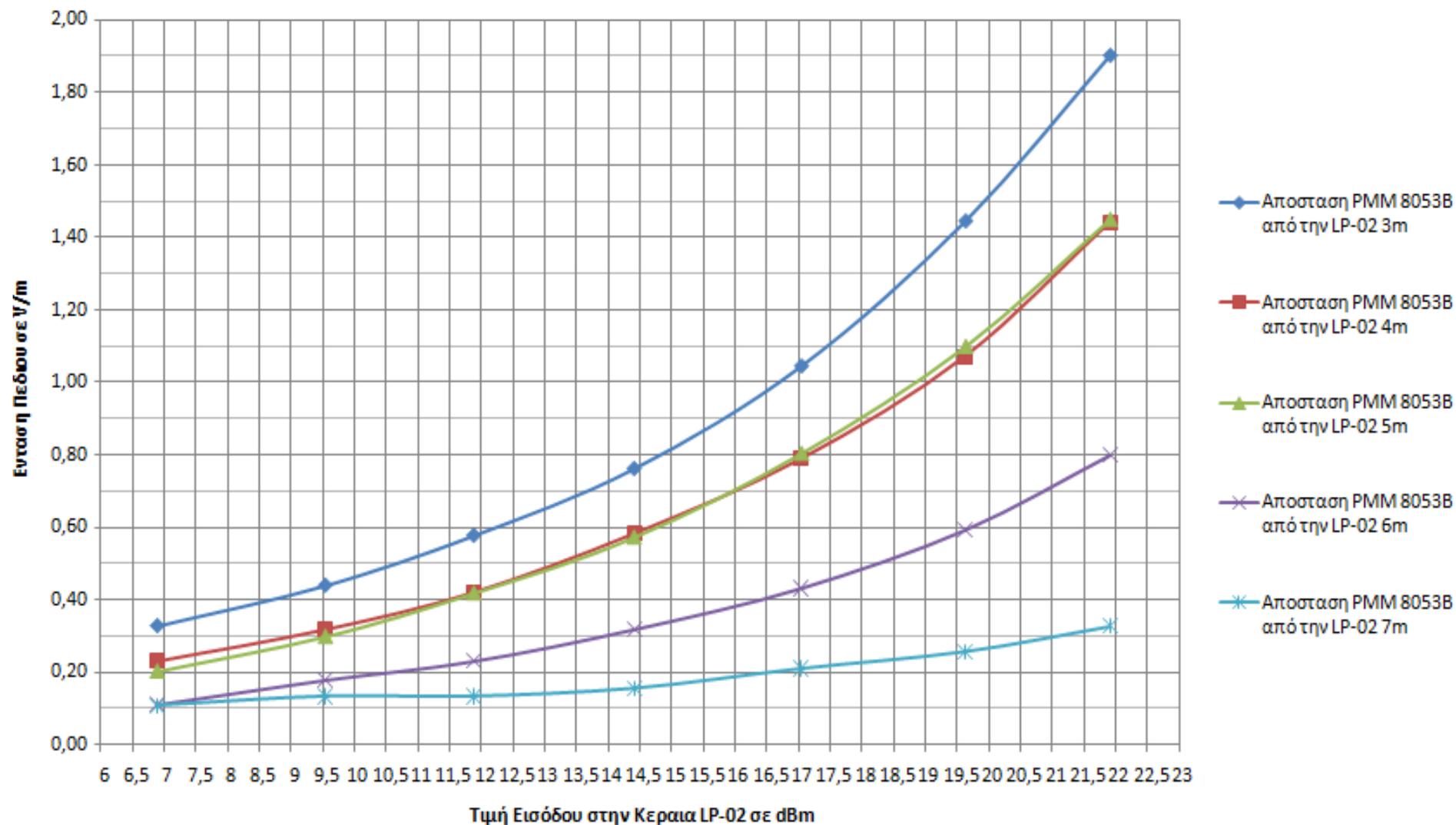
## Πίνακας με σήμα συχνότητας 840 MHz με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου

Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
6,89	0,3263	0,2298	0,2020	0,1095	0,1077
9,54	0,4382	0,3175	0,2980	0,1775	0,1330
11,88	0,5755	0,4195	0,4175	0,2298	0,1330
14,41	0,7601	0,5817	0,5713	0,3175	0,1549
17,05	1,0431	0,7884	0,8022	0,4316	0,2100
19,64	1,4431	1,0714	1,0970	0,5929	0,2569
21,92	1,8995	1,4411	1,4472	0,7990	0,3263

### Γράφημα με σήμα συχνότητας 840 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου



## Γράφημα με σήμα συχνότητας 840 MHz με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου





## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΛΗΨΕΙΣ ΜΕ ΣΗΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ 840MHz ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

### ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 3m



### ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 4m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ PMM 8053B ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 5m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ PMM 8053B ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 6m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ PMM 8053B ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 7m



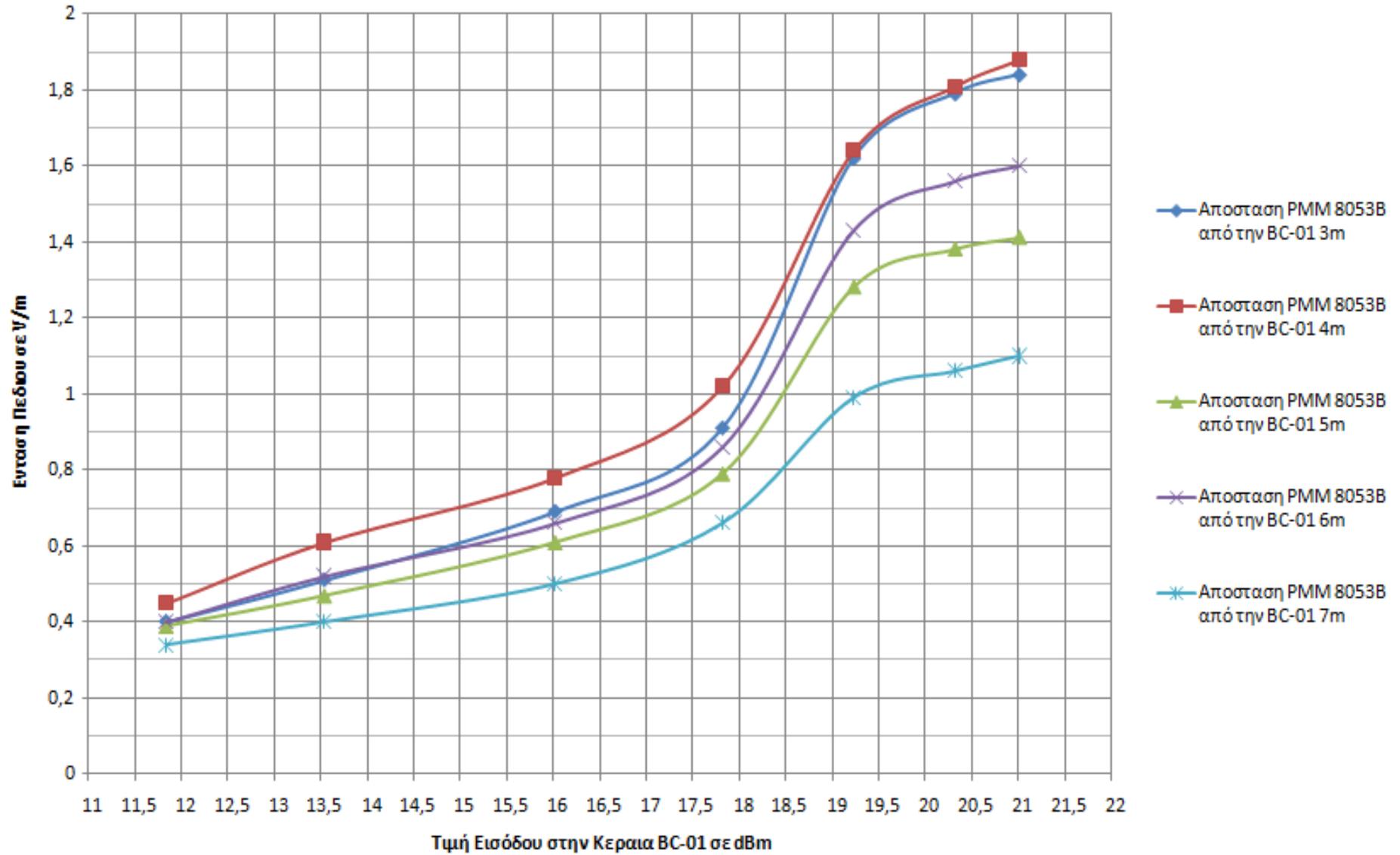
**Πίνακας με σήμα συχνότητας 60 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου**

Απόσταση από την BC-01	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
11,84	0,4	0,45	0,39	0,4	0,34
13,54	0,51	0,61	0,47	0,52	0,4
16,02	0,69	0,78	0,61	0,66	0,5
17,82	0,91	1,02	0,79	0,86	0,66
19,23	1,62	1,64	1,28	1,43	0,99
20,32	1,79	1,81	1,38	1,56	1,06
21,01	1,84	1,88	1,41	1,6	1,1
Background noise	0,24	0,24	0,23	0,23	0,22

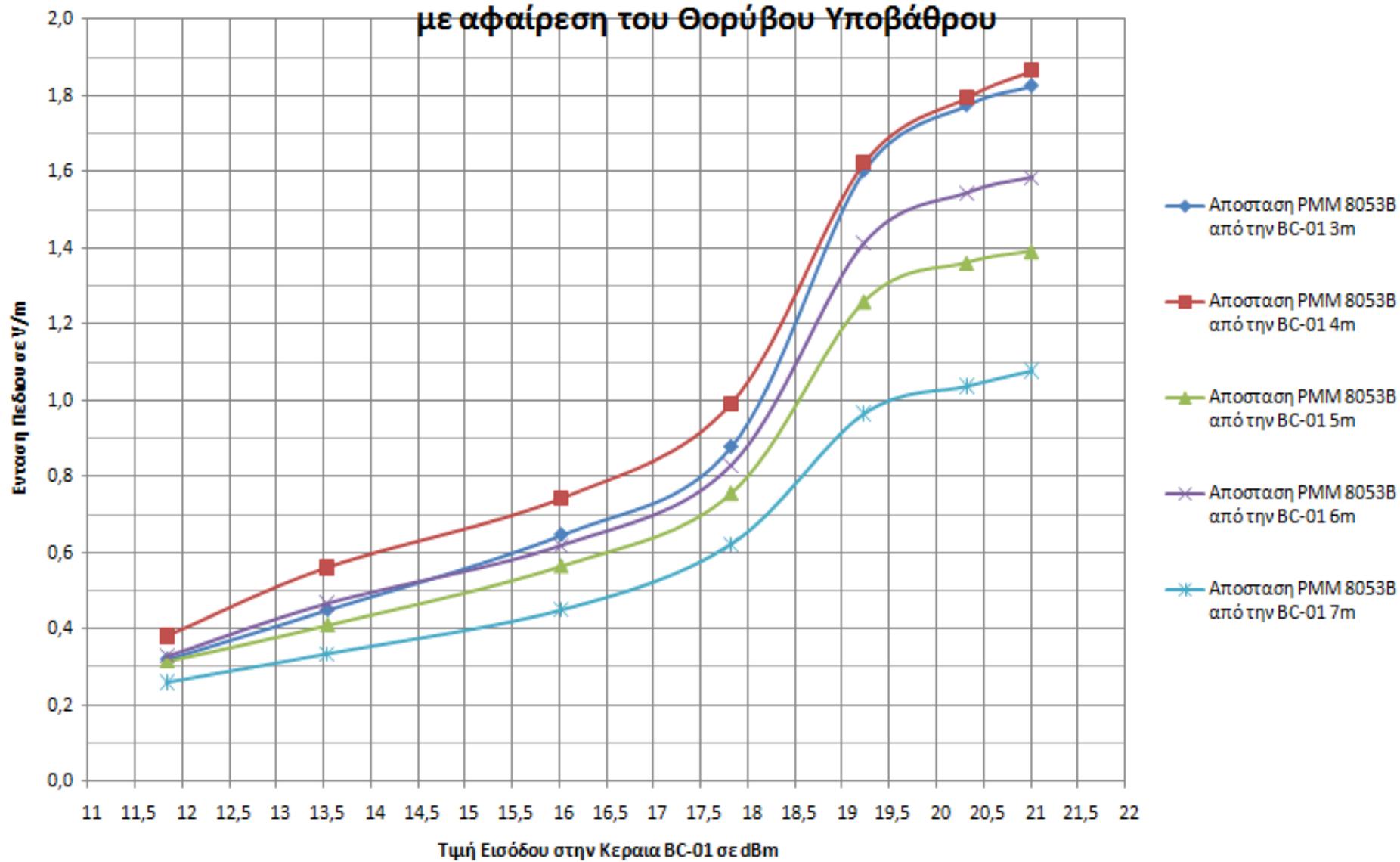
**Πίνακας με σήμα συχνότητας 60 MHz με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου**

Απόσταση από την BC-01	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
11,84	0,3200	0,3807	0,3150	0,3273	0,2592
13,54	0,4500	0,5608	0,4099	0,4664	0,3341
16,02	0,6469	0,7422	0,5650	0,6186	0,4490
17,82	0,8778	0,9914	0,7558	0,8287	0,6223
19,23	1,6021	1,6223	1,2592	1,4114	0,9652
20,32	1,7738	1,7940	1,3607	1,5430	1,0369
21,01	1,8243	1,8646	1,3911	1,5834	1,0778

Γράφημα με σήμα συχνότητας 60 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου



Γράφημα με σήμα συχνότητας 60 MHz  
με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου



## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΛΗΨΕΙΣ ΜΕ ΣΗΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ 60MHz ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΒC-01 3m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΒC-01 4m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΒC-01 5m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΒC-01 6m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΒC-01 7m



**Πίνακας με σήμα συχνότητας 90 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου**

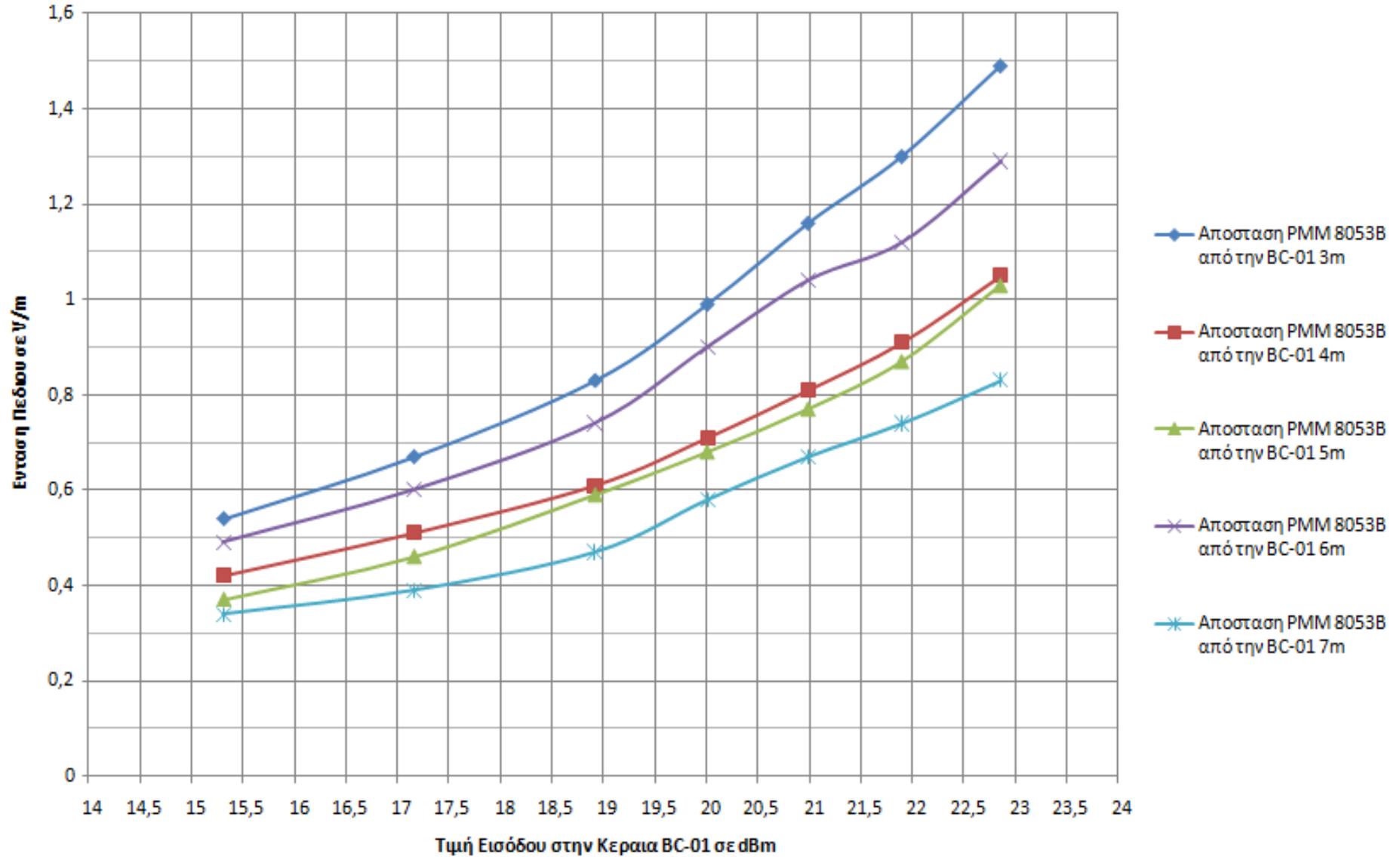
Απόσταση από την BC-01	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
15,31	0,54	0,42	0,37	0,49	0,34
17,16	0,67	0,51	0,46	0,6	0,39
18,92	0,83	0,61	0,59	0,74	0,47
20,01	0,99	0,71	0,68	0,9	0,58
20,99	1,16	0,81	0,77	1,04	0,67
21,9	1,3	0,91	0,87	1,12	0,74
22,86	1,49	1,05	1,03	1,29	0,83
Background noise	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23

**Πίνακας με σήμα συχνότητας 90 MHz με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου**

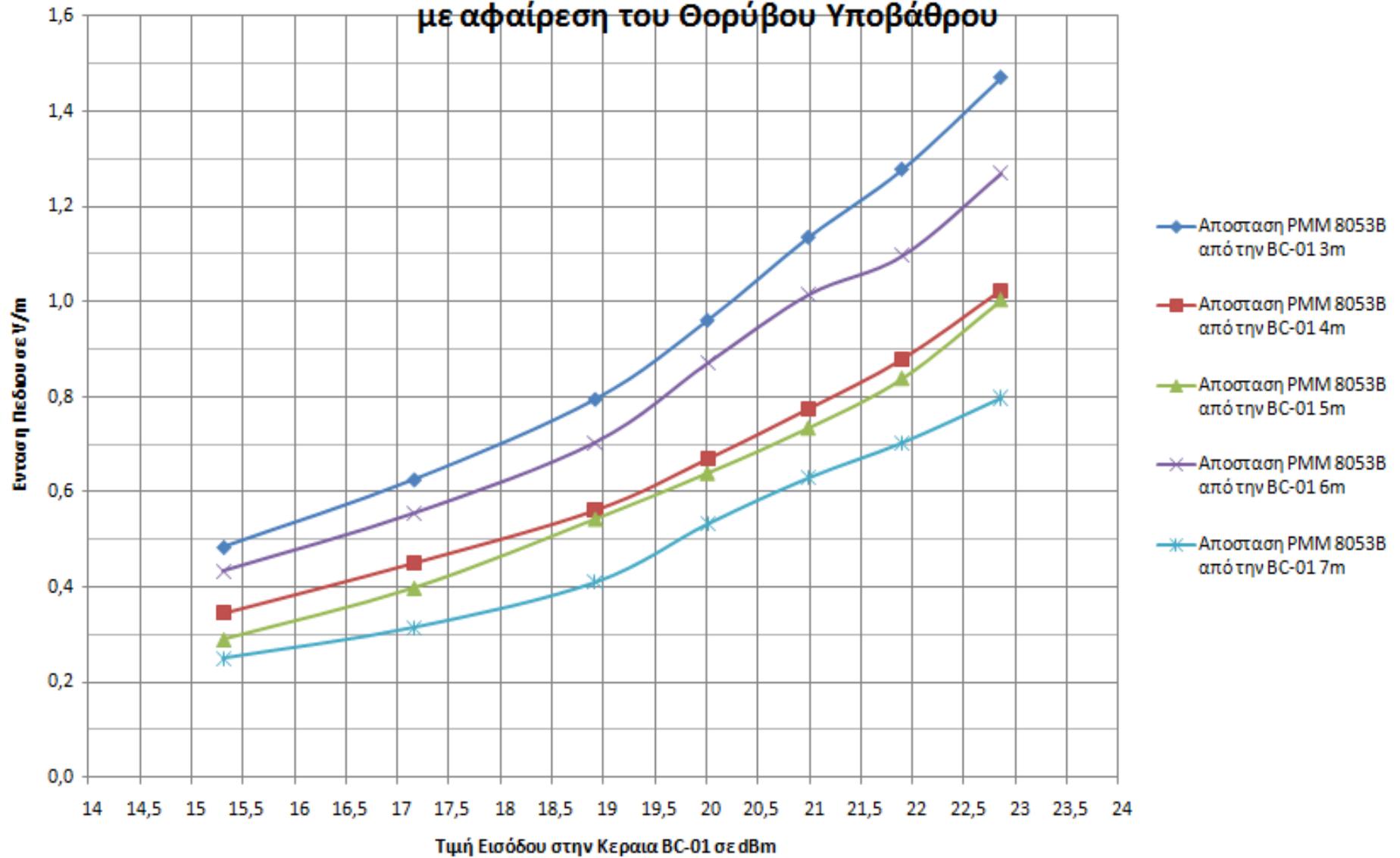
Απόσταση από την BC-01	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
15,31	0,4837	0,3447	0,2898	0,4327	0,2504
17,16	0,6255	0,4500	0,3984	0,5542	0,3150
18,92	0,7945	0,5608	0,5433	0,7033	0,4099
20,01	0,9605	0,6682	0,6399	0,8701	0,5324
20,99	1,1349	0,7736	0,7348	1,0142	0,6293
21,9	1,2777	0,8778	0,8390	1,0961	0,7033
22,86	1,4705	1,0222	1,0040	1,2693	0,7975



Γράφημα με σήμα συχνότητας 90 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου



### Γράφημα με σήμα συχνότητας 90 MHz με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου



## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΛΗΨΕΙΣ ΜΕ ΣΗΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ 90MHz ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΒC-01 3m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΒC-01 4m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΒC-01 5m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΒC-01 6m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΒC-01 7m



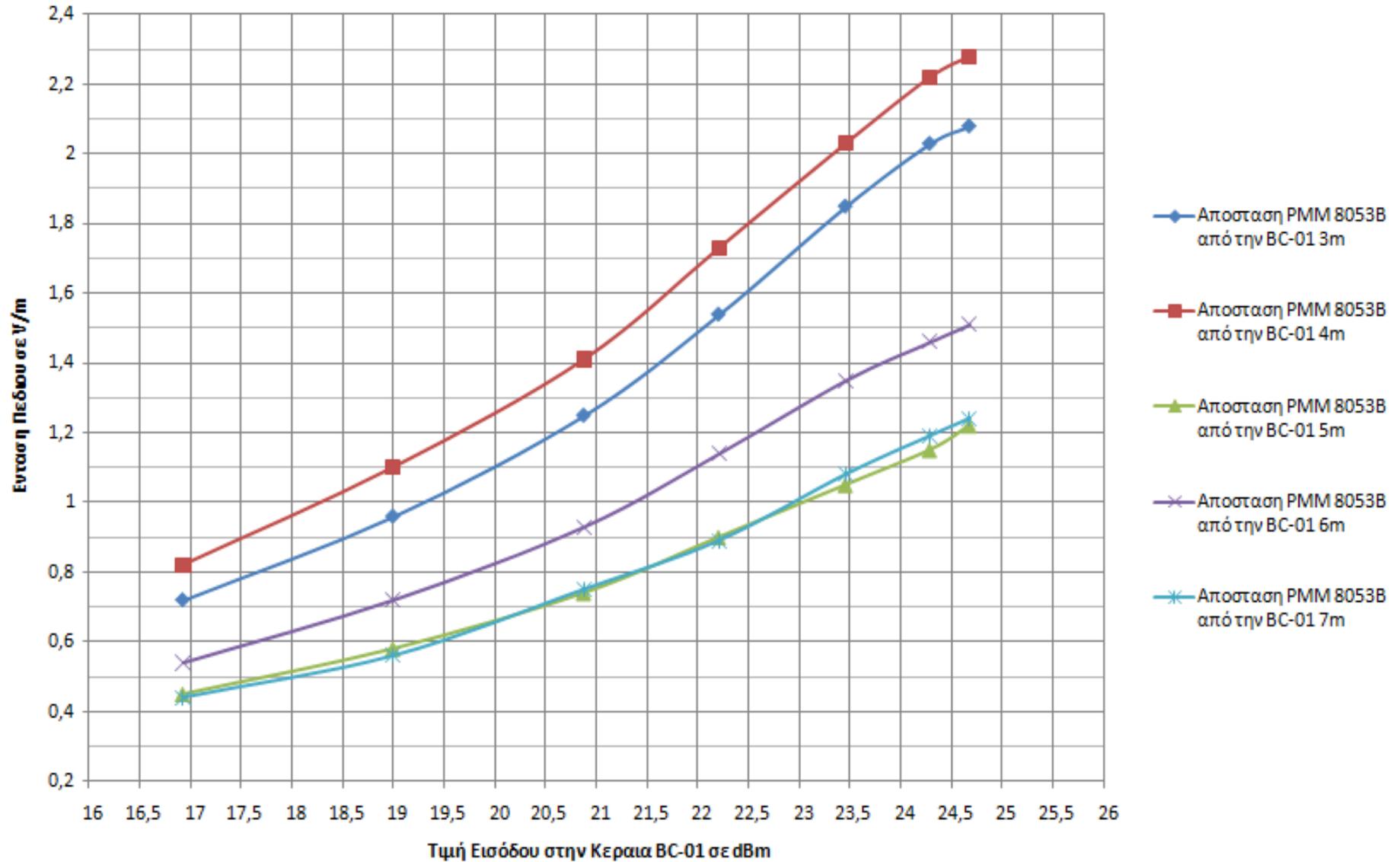
**Πίνακας με σήμα συχνότητας 120 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου**

Απόσταση από την BC-01	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
16,93	0,72	0,82	0,45	0,54	0,44
19	0,96	1,1	0,58	0,72	0,56
20,88	1,25	1,41	0,74	0,93	0,75
22,21	1,54	1,73	0,9	1,14	0,89
23,46	1,85	2,03	1,05	1,35	1,08
24,29	2,03	2,22	1,15	1,46	1,19
24,68	2,08	2,28	1,22	1,51	1,24
Background noise	0,23	0,23	0,23	0,23	0,22

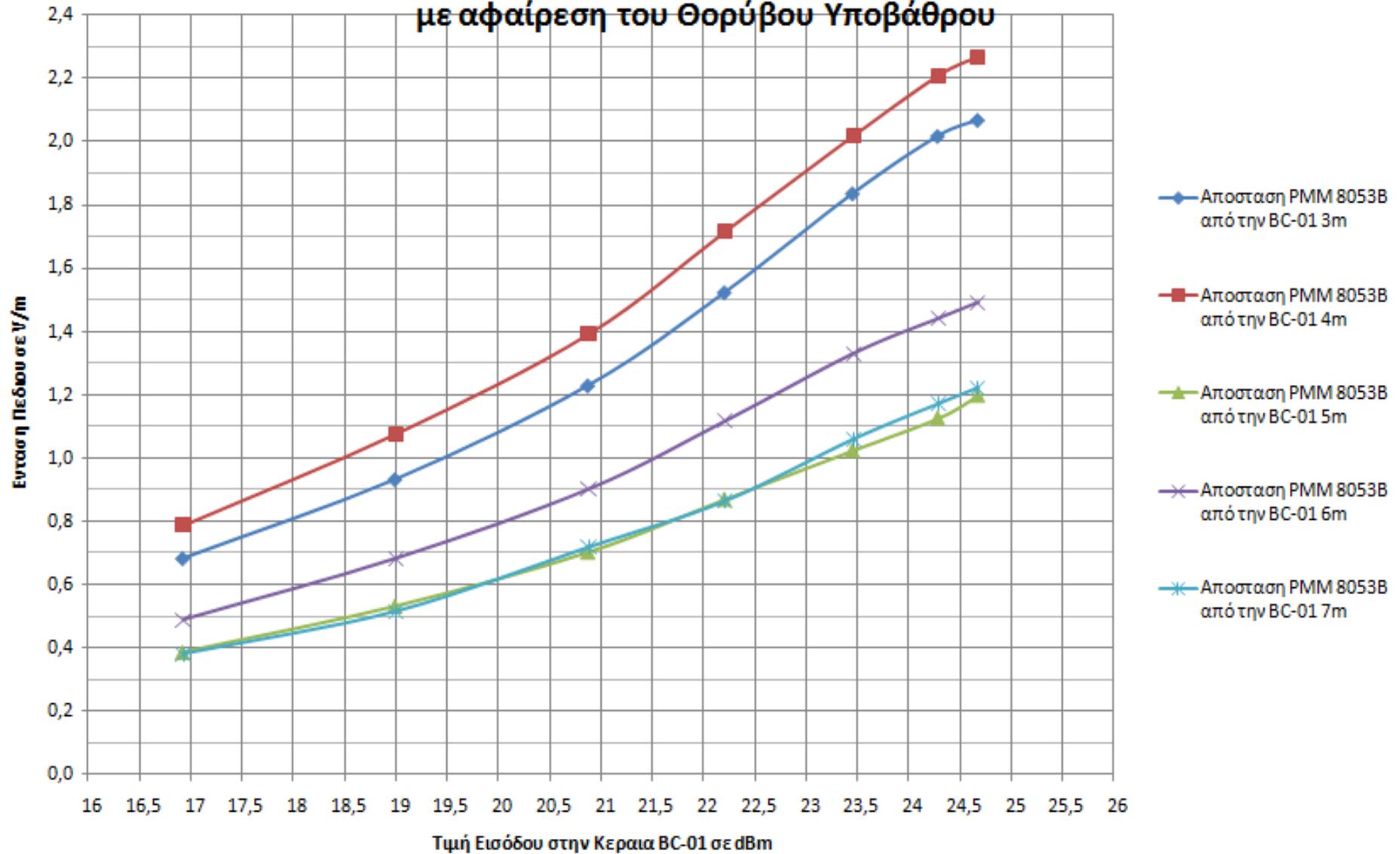
**Πίνακας με σήμα συχνότητας 120 MHz με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου**

Απόσταση από την BC-01	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
16,93	0,6823	0,7871	0,3868	0,4886	0,3811
19	0,9320	1,0757	0,5324	0,6823	0,5150
20,88	1,2287	1,3911	0,7033	0,9011	0,7170
22,21	1,5227	1,7146	0,8701	1,1166	0,8624
23,46	1,8356	2,0169	1,0245	1,3303	1,0574
24,29	2,0169	2,2081	1,1268	1,4418	1,1695
24,68	2,0672	2,2684	1,1981	1,4924	1,2203

## Γράφημα με σήμα συχνότητας 120 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου



Γράφημα με σήμα συχνότητας 120 MHz  
με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου



## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΛΗΨΕΙΣ ΜΕ ΣΗΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ 120MHz ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΒC-01 3m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΒC-01 4m

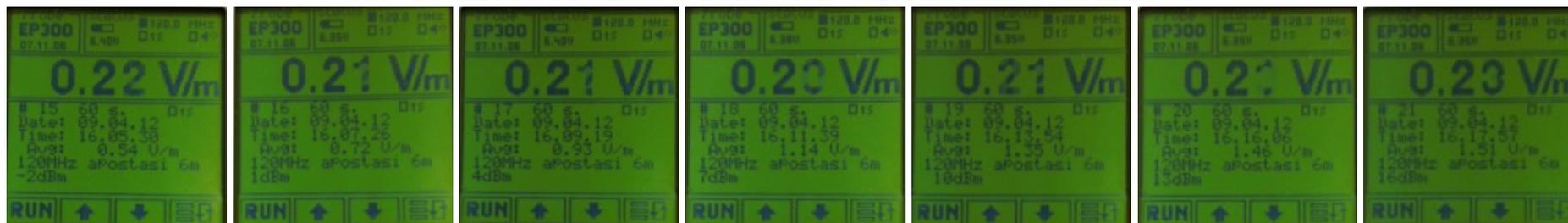




ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΒΣ-01 5m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΒΣ-01 6m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΒΣ-01 7m



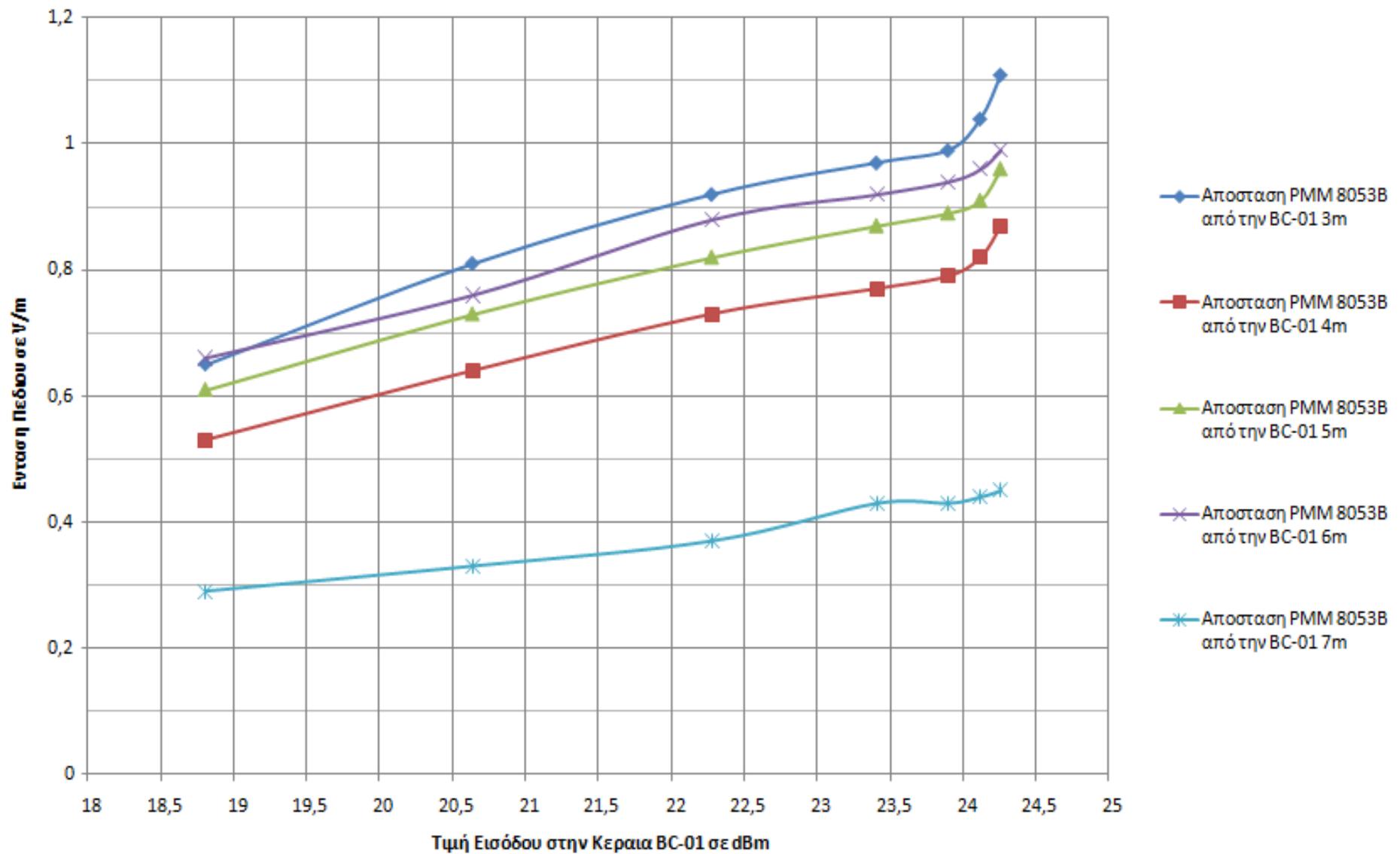
**Πίνακας με σήμα συχνότητας 180 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου**

Απόσταση από την BC-01	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
18,81	0,65	0,53	0,61	0,66	0,29
20,64	0,81	0,64	0,73	0,76	0,33
22,28	0,92	0,73	0,82	0,88	0,37
23,41	0,97	0,77	0,87	0,92	0,43
23,9	0,99	0,79	0,89	0,94	0,43
24,12	1,04	0,82	0,91	0,96	0,44
24,26	1,11	0,87	0,96	0,99	0,45
Background noise	0,22	0,22	0,22	0,22	0,21

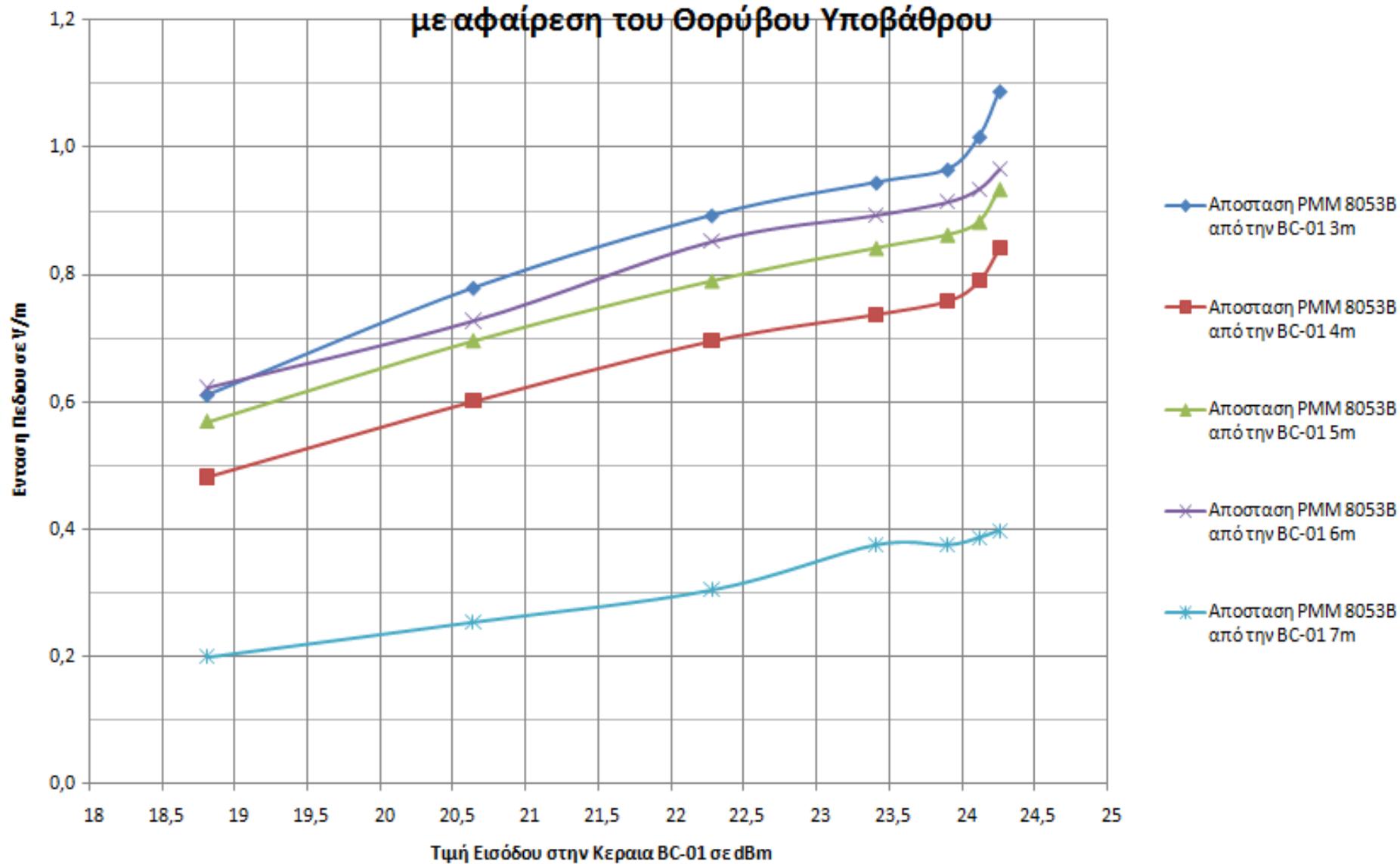
**Πίνακας με σήμα συχνότητας 180 MHz με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου**

Απόσταση από την BC-01	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
18,81	0,6116	0,4822	0,5689	0,6223	0,2000
20,64	0,7796	0,6010	0,6961	0,7275	0,2546
22,28	0,8933	0,6961	0,7899	0,8521	0,3046
23,41	0,9447	0,7379	0,8417	0,8933	0,3752
23,9	0,9652	0,7587	0,8624	0,9139	0,3752
24,12	1,0165	0,7899	0,8830	0,9345	0,3867
24,26	1,0880	0,8417	0,9345	0,9652	0,3980

### Γράφημα με σήμα συχνότητας 180 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου



Γράφημα με σήμα συχνότητας 180 MHz  
με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου



## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΛΗΨΕΙΣ ΜΕ ΣΗΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ 180ΜΗz ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΒC-01 3m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΒC-01 4m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΒΣ-01 5m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΒΣ-01 6m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΒΣ-01 7m



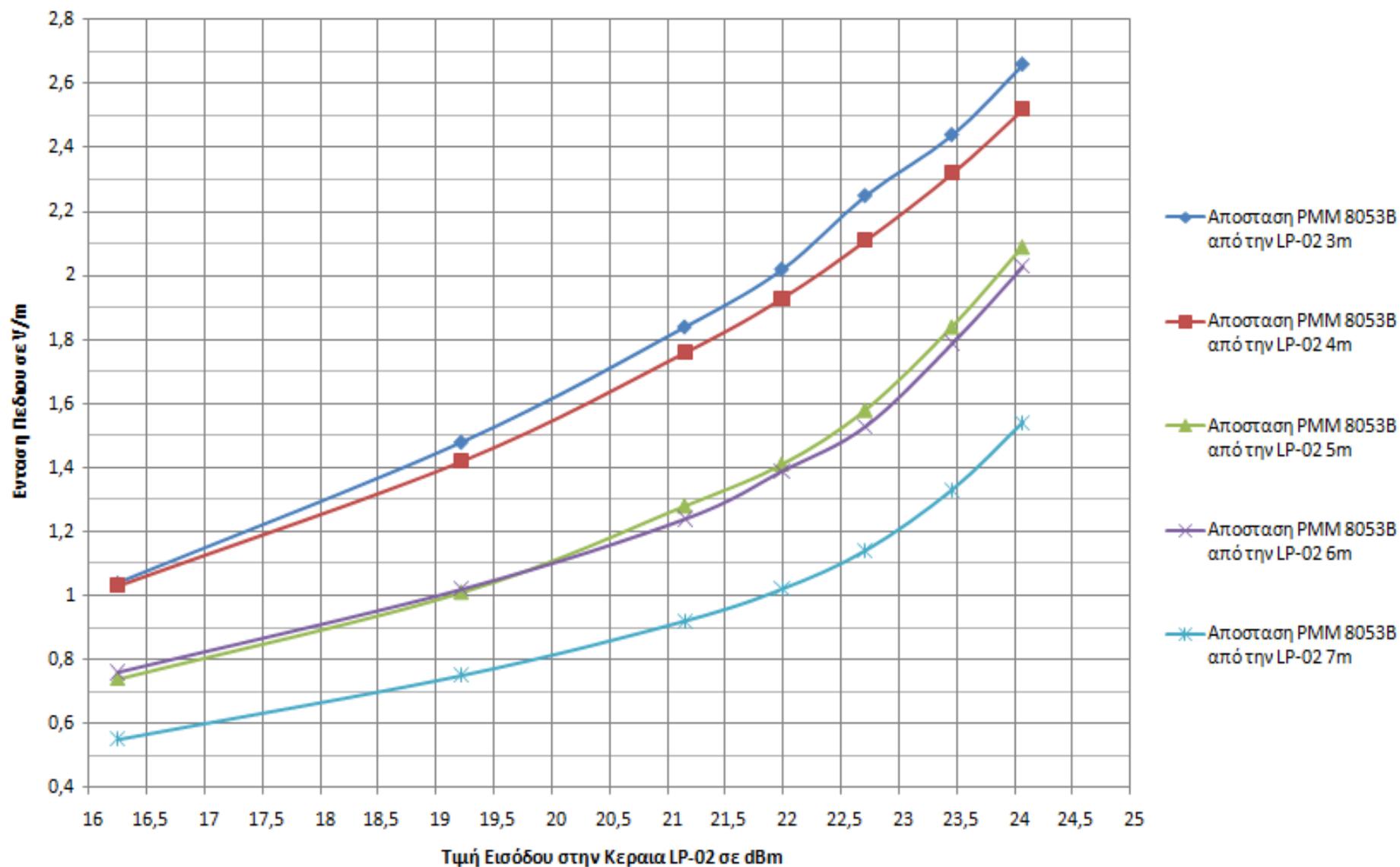
**Πίνακας με σήμα συχνότητας 240 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου**

Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
16,25	1,04	1,03	0,74	0,76	0,55
19,22	1,48	1,42	1,01	1,02	0,75
21,15	1,84	1,76	1,28	1,24	0,92
21,99	2,02	1,93	1,41	1,39	1,02
22,71	2,25	2,11	1,58	1,53	1,14
23,46	2,44	2,32	1,84	1,79	1,33
24,07	2,66	2,52	2,09	2,03	1,54
Background noise	0,22	0,32	0,21	0,33	0,2

**Πίνακας με σήμα συχνότητας 240 MHz  
με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου**

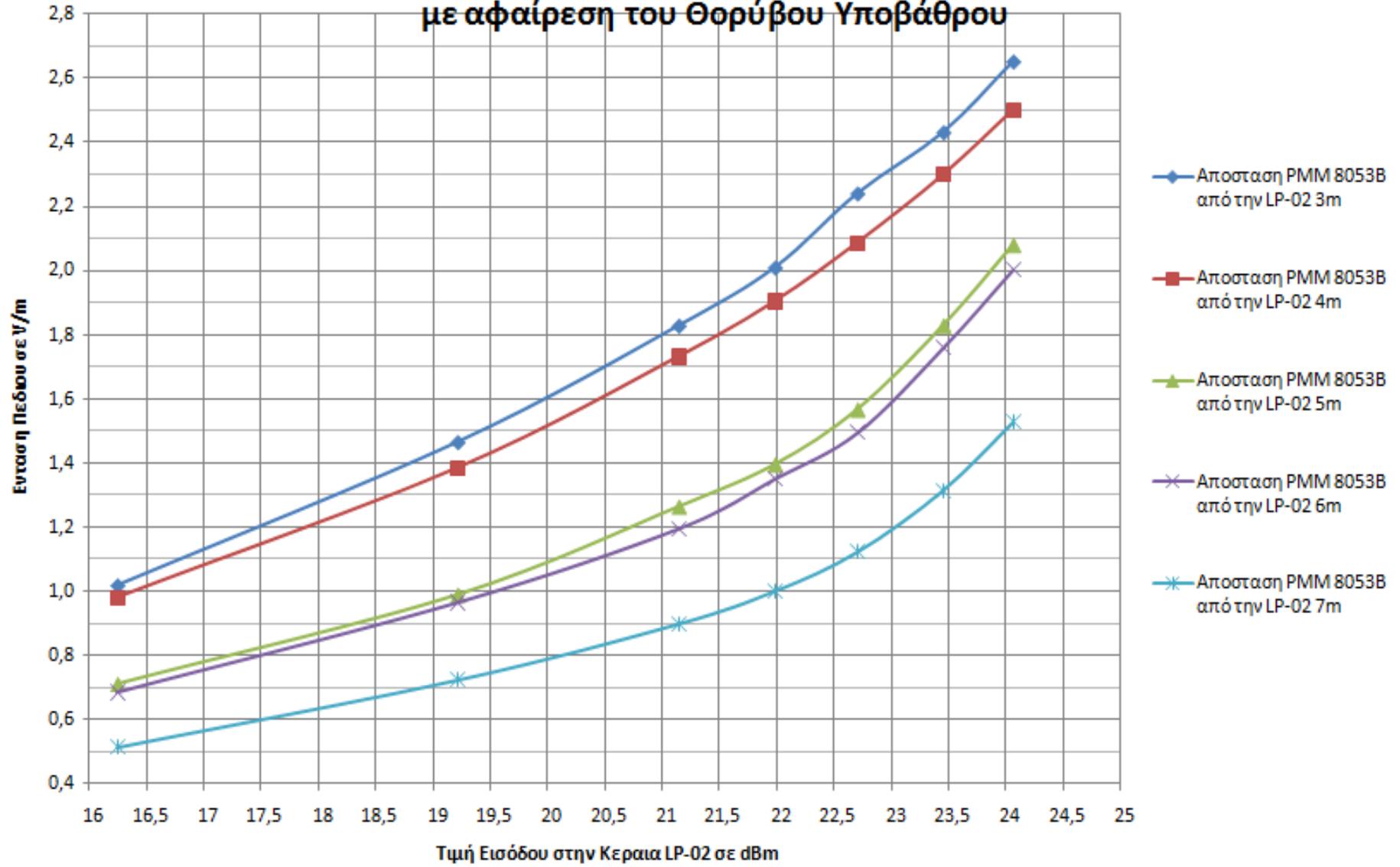
Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
16,25	1,0165	0,9790	0,7096	0,6846	0,5123
19,22	1,4636	1,3835	0,9879	0,9651	0,7228
21,15	1,8268	1,7307	1,2627	1,1953	0,8980
21,99	2,0080	1,9033	1,3943	1,3503	1,0002
22,71	2,2392	2,0856	1,5660	1,4940	1,1223
23,46	2,4301	2,2978	1,8280	1,7593	1,3149
24,07	2,6509	2,4996	2,0794	2,0030	1,5270

Γράφημα με σήμα συχνότητας 240 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου





Γράφημα με σήμα συχνότητας 240 MHz  
με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου

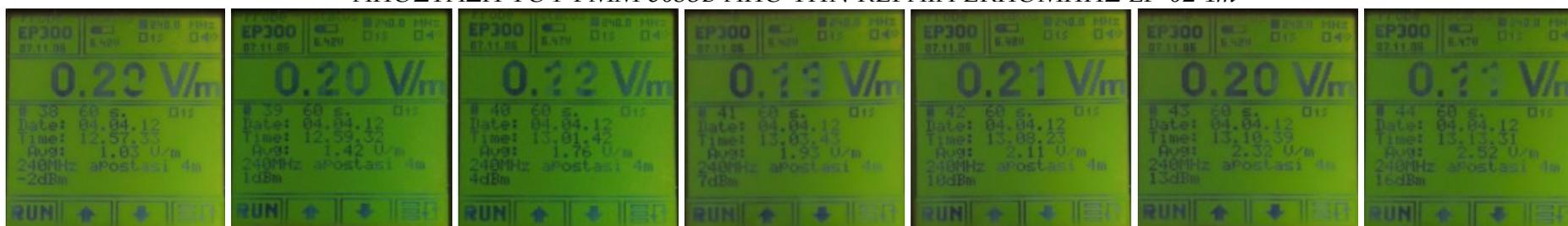


## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΛΗΨΕΙΣ ΜΕ ΣΗΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ 240MHz ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 3m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 4m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 5m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 6m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 7m



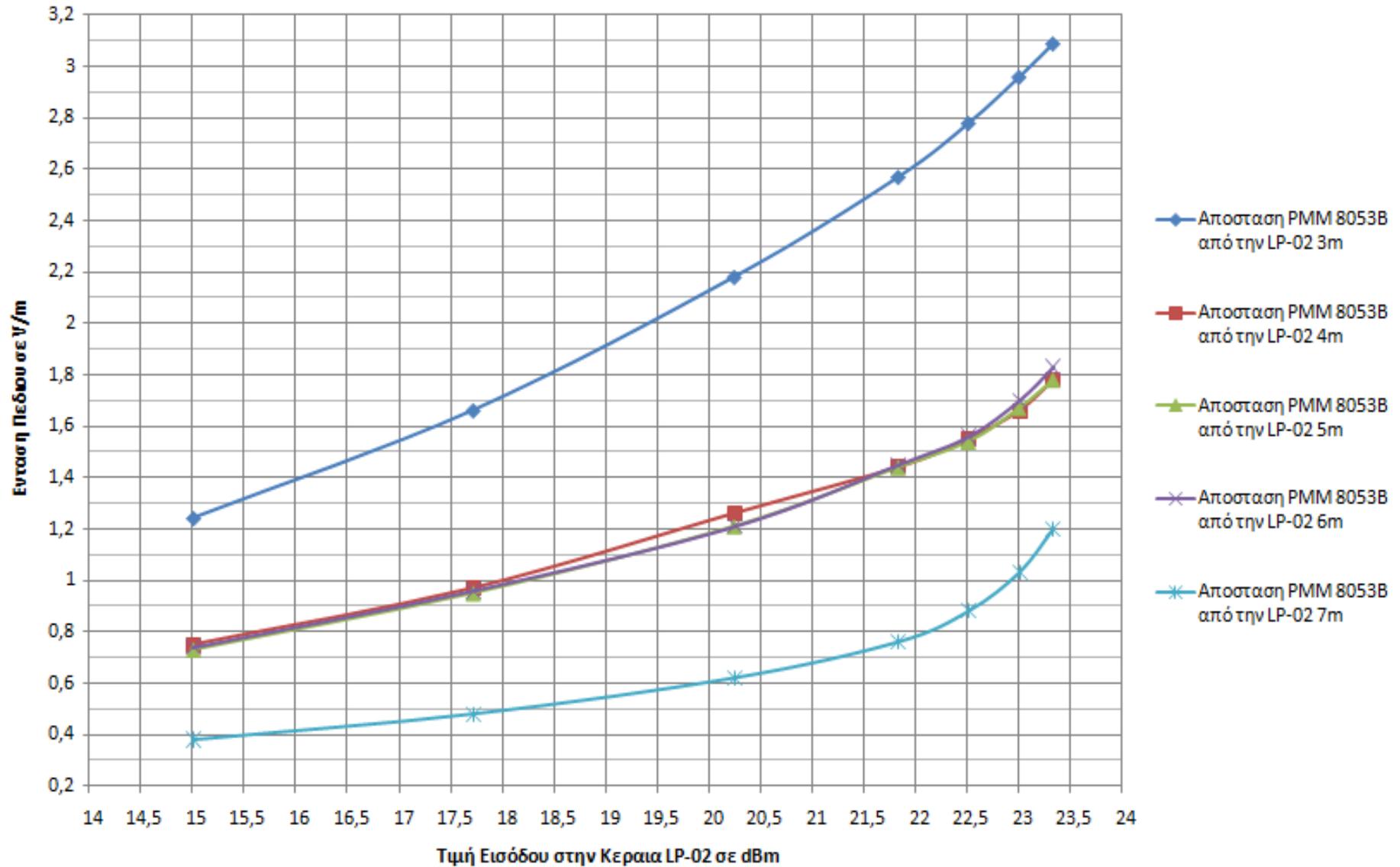
**Πίνακας με σήμα συχνότητας 300 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου**

Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
15,01	1,24	0,75	0,73	0,74	0,38
17,72	1,66	0,97	0,95	0,96	0,48
20,25	2,18	1,26	1,21	1,21	0,62
21,84	2,57	1,44	1,44	1,45	0,76
22,52	2,78	1,55	1,54	1,56	0,88
23,01	2,96	1,66	1,67	1,7	1,03
23,34	3,09	1,78	1,78	1,83	1,2
Background noise	0,23	0,21	0,25	0,33	0,22

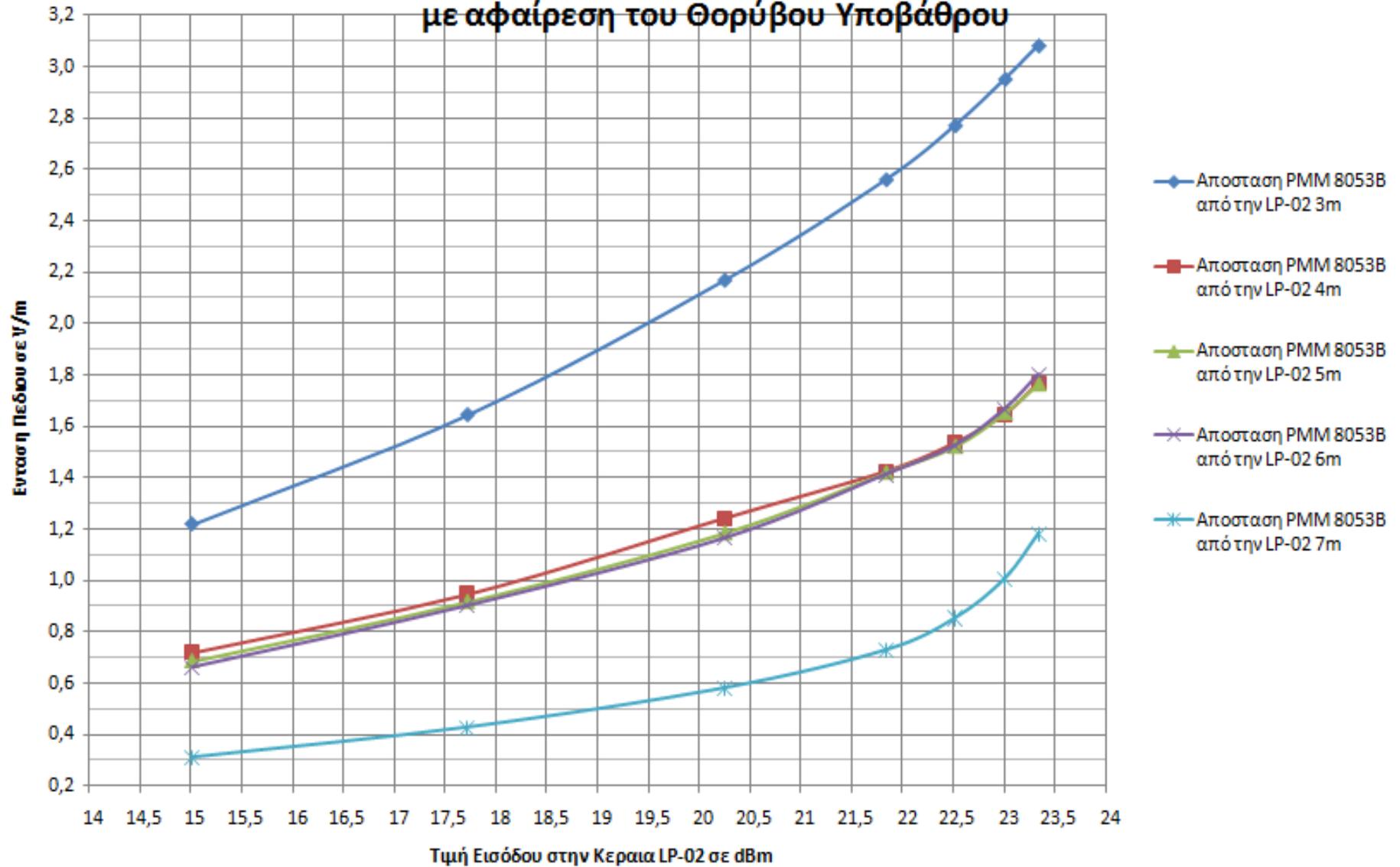
**Πίνακας με σήμα συχνότητας 300 MHz με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου**

Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
15,01	1,2185	0,7200	0,6859	0,6623	0,3098
17,72	1,6440	0,9470	0,9165	0,9015	0,4266
20,25	2,1678	1,2424	1,1839	1,1641	0,5797
21,84	2,5597	1,4246	1,4181	1,4119	0,7275
22,52	2,7705	1,5357	1,5196	1,5247	0,8521
23,01	2,9511	1,6467	1,6512	1,6677	1,0062
23,34	3,0814	1,7676	1,7624	1,8000	1,1797

### Γράφημα με σήμα συχνότητας 300 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου

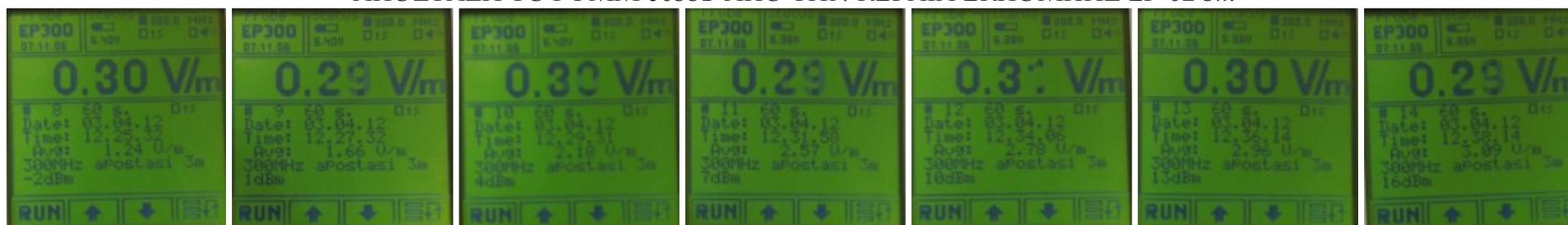


### Γράφημα με σήμα συχνότητας 300 MHz με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου

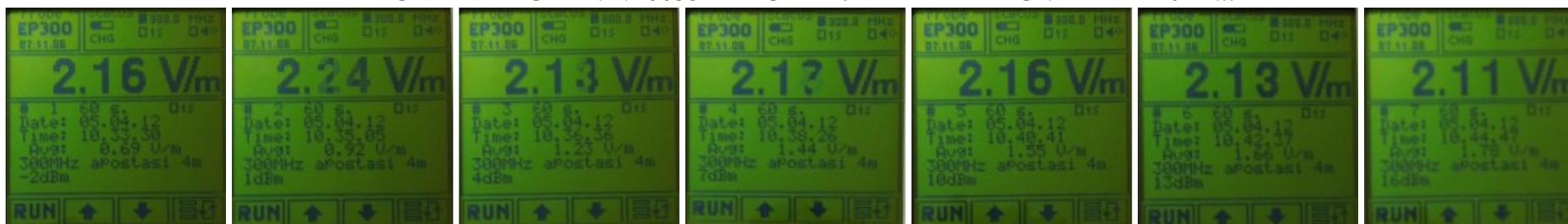


## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΛΗΨΕΙΣ ΜΕ ΣΗΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ 300MHz ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 3m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 4m



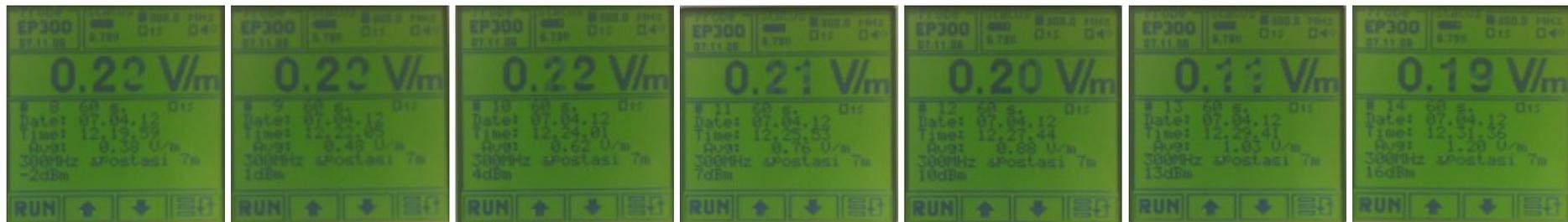
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ PMM 8053B ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 5m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ PMM 8053B ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 6m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ PMM 8053B ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 7m





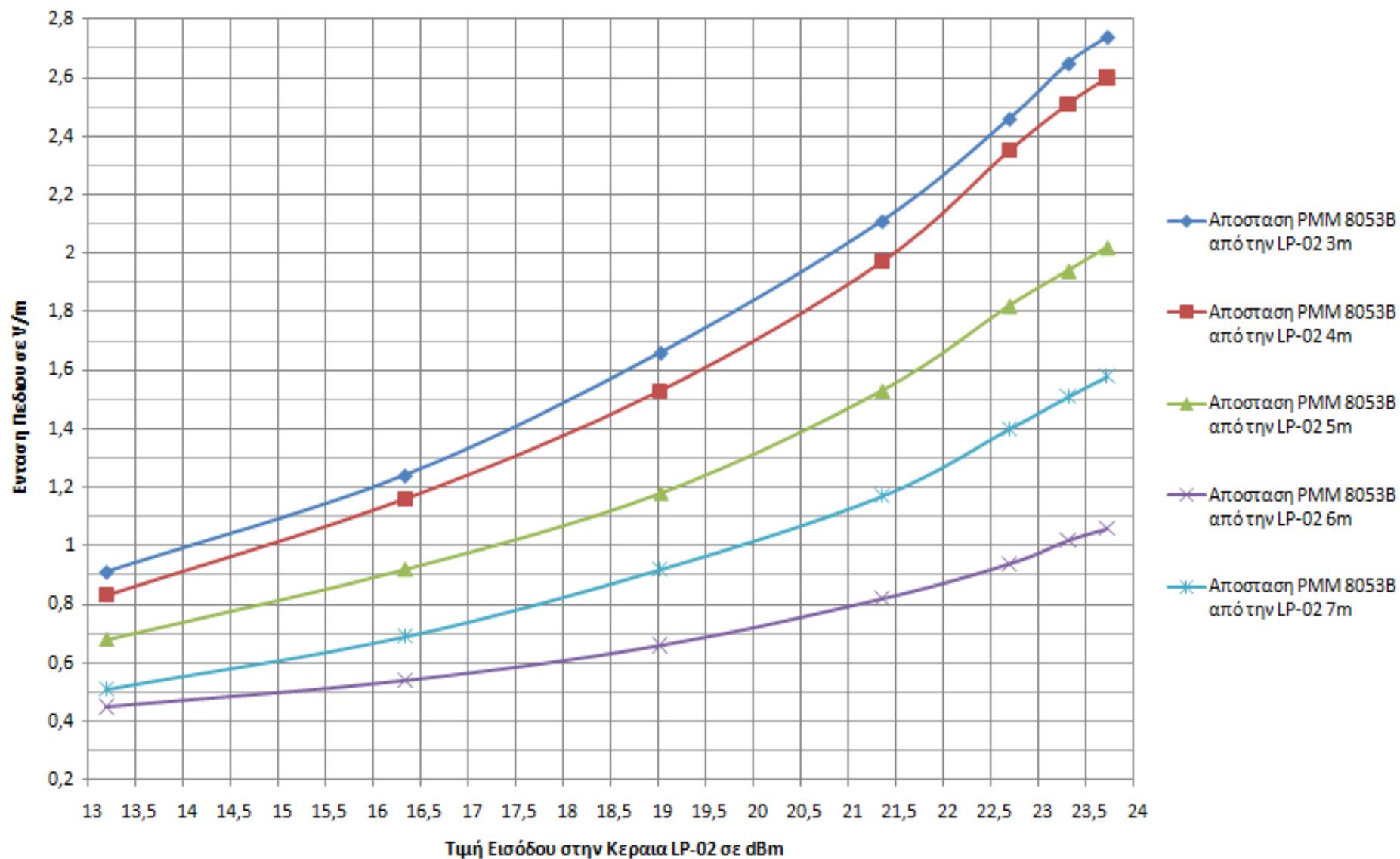
**Πίνακας με σήμα συχνότητας 360 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου**

Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
13,19	0,91	0,83	0,68	0,45	0,51
16,33	1,24	1,16	0,92	0,54	0,69
19,02	1,66	1,53	1,18	0,66	0,92
21,35	2,11	1,97	1,53	0,82	1,17
22,69	2,46	2,35	1,82	0,94	1,4
23,31	2,65	2,51	1,94	1,02	1,51
23,72	2,74	2,6	2,02	1,06	1,58
Background noise	0,33	0,22	0,24	0,31	0,22

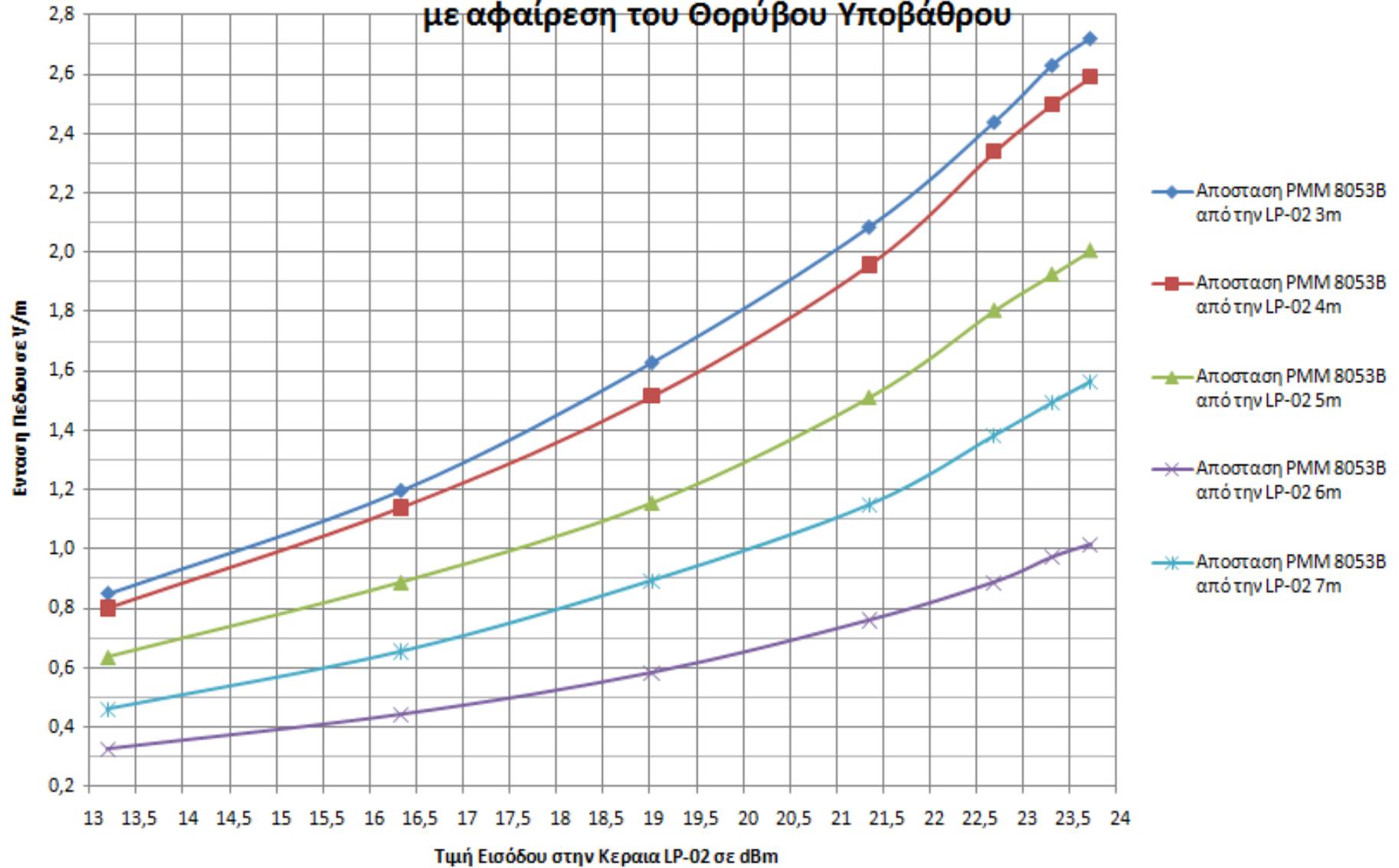
**Πίνακας με σήμα συχνότητας 360 MHz με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου**

Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
13,19	0,8481	0,8003	0,6362	0,3262	0,4601
16,33	1,1953	1,1389	0,8881	0,4422	0,6540
19,02	1,6269	1,5141	1,1553	0,5827	0,8933
21,35	2,0840	1,9577	1,5111	0,7591	1,1491
22,69	2,4378	2,3397	1,8041	0,8874	1,3826
23,31	2,6294	2,5003	1,9251	0,9718	1,4939
23,72	2,7201	2,5907	2,0057	1,0137	1,5646

Γράφημα με σήμα συχνότητας 360 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου



Γράφημα με σήμα συχνότητας 360 MHz  
με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου



## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΛΗΨΕΙΣ ΜΕ ΣΗΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ 360MHz ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 3m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 4m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 5m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 6m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 7m



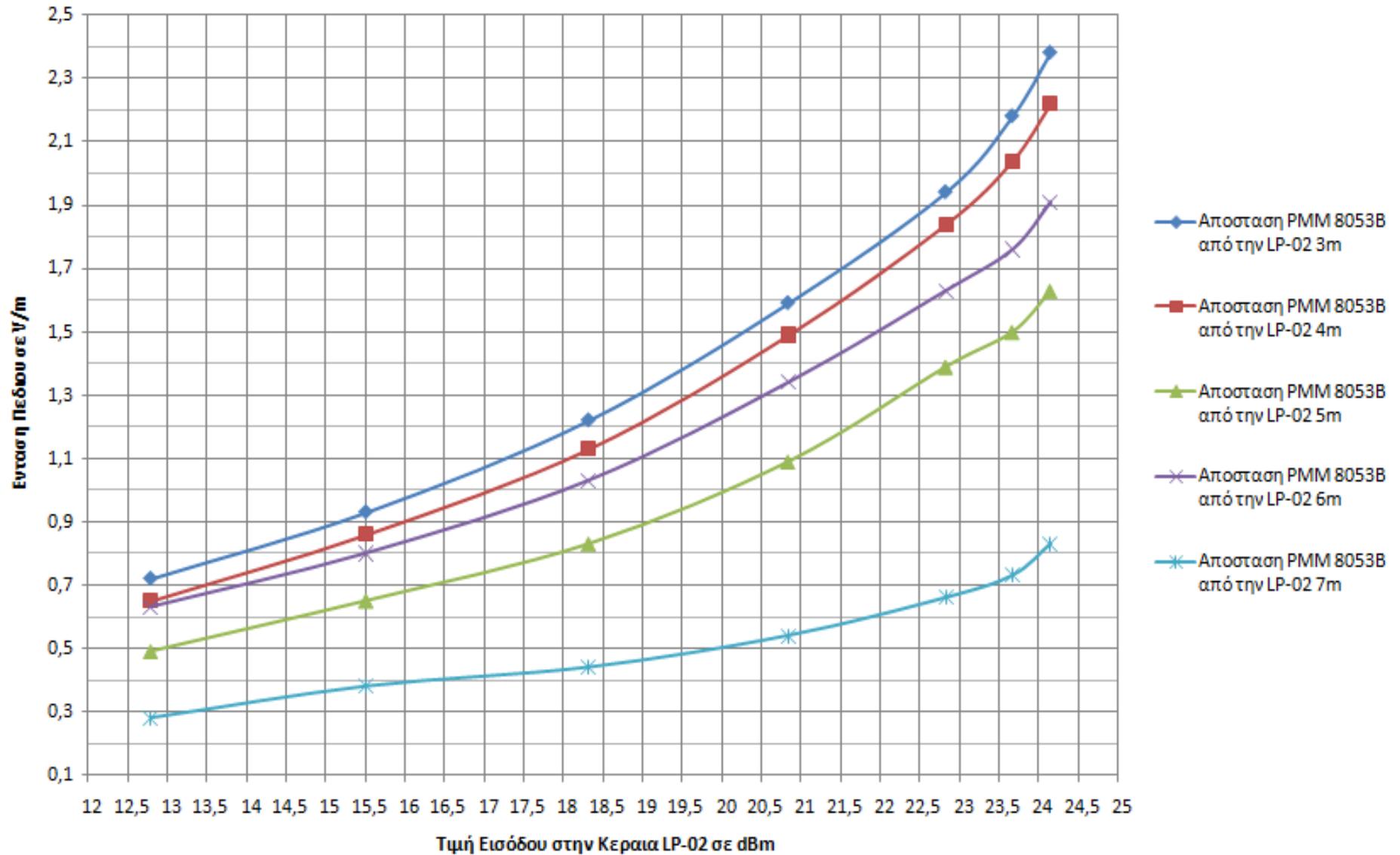
**Πίνακας με σήμα συχνότητας 420 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου**

Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
12,79	0,72	0,65	0,49	0,63	0,28
15,51	0,93	0,86	0,65	0,8	0,38
18,32	1,22	1,13	0,83	1,03	0,44
20,84	1,59	1,49	1,09	1,34	0,54
22,83	1,94	1,84	1,39	1,63	0,66
23,67	2,18	2,04	1,5	1,76	0,73
24,15	2,38	2,22	1,63	1,91	0,83
Background noise	0,33	0,22	0,24	0,32	0,22

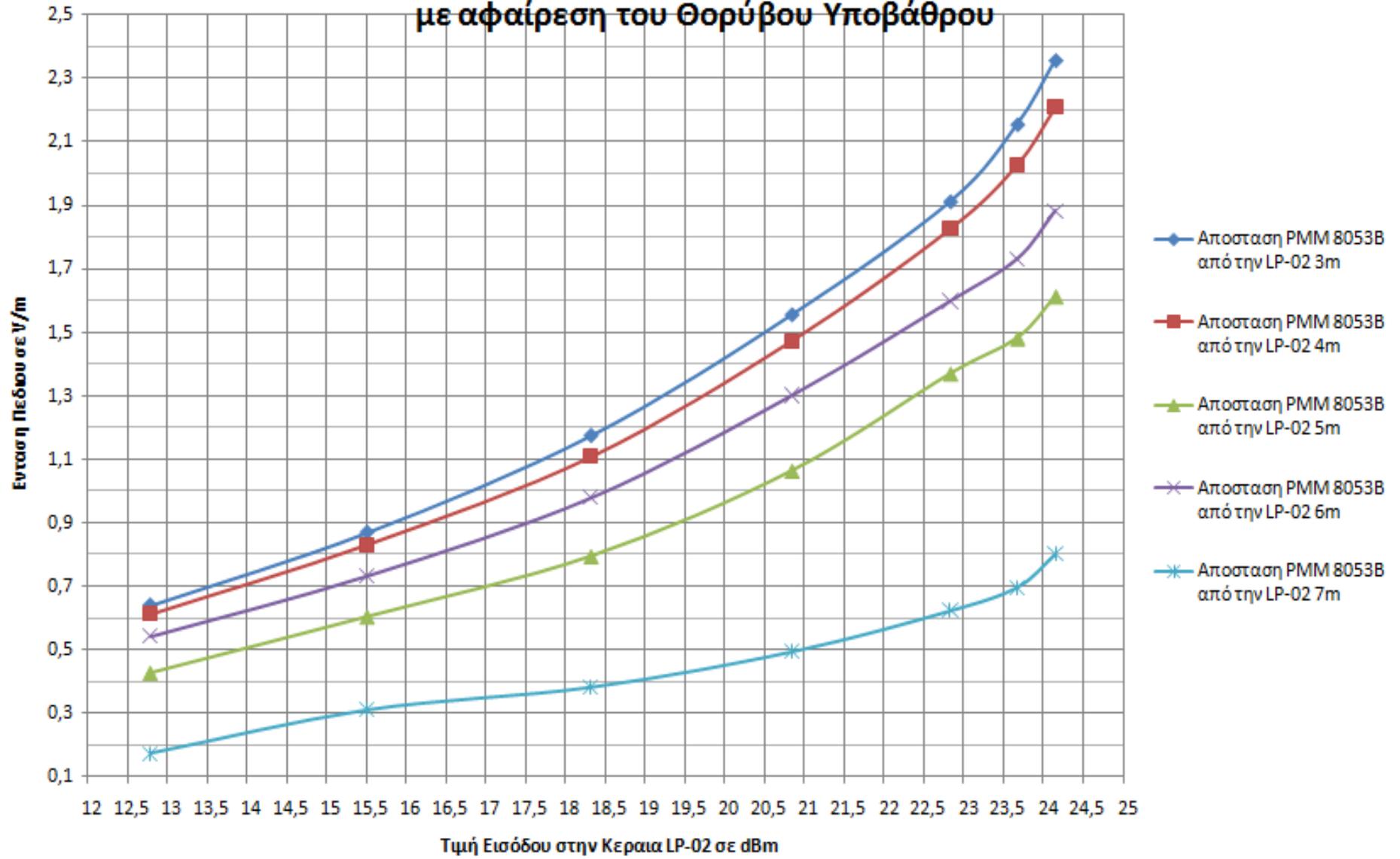
**Πίνακας με σήμα συχνότητας 420 MHz με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου**

Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
12,79	0,6399	0,6116	0,4272	0,5427	0,1732
15,51	0,8695	0,8314	0,6041	0,7332	0,3098
18,32	1,1745	1,1084	0,7945	0,9790	0,3811
20,84	1,5554	1,4737	1,0632	1,3012	0,4932
22,83	1,9117	1,8268	1,3691	1,5983	0,6223
23,67	2,1549	2,0281	1,4807	1,7307	0,6961
24,15	2,3570	2,2091	1,6122	1,8830	0,8003

Γράφημα με σήμα συχνότητας 420 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου



Γράφημα με σήμα συχνότητας 420 MHz  
με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου





## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΛΗΨΕΙΣ ΜΕ ΣΗΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ 420MHz ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 3m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 4m



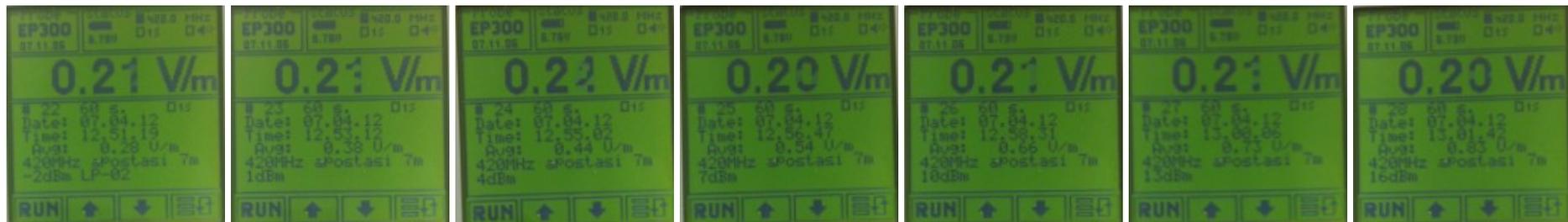
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 5m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 6m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 7m



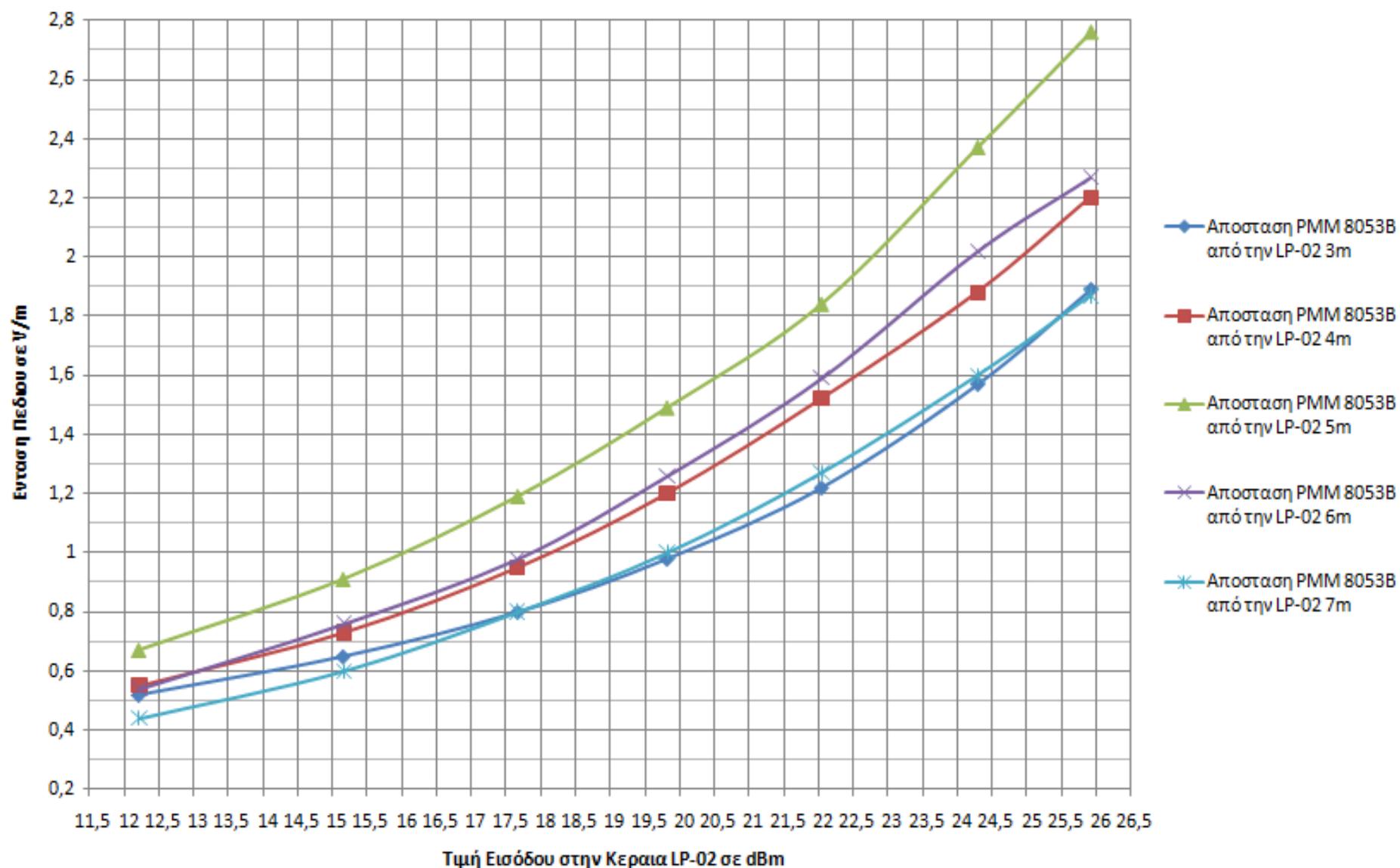
**Πίνακας με σήμα συχνότητας 480 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου**

Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Εμισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
12,22	0,52	0,55	0,67	0,54	0,44
15,16	0,65	0,73	0,91	0,76	0,6
17,67	0,8	0,95	1,19	0,98	0,8
19,82	0,98	1,2	1,49	1,26	1
22,04	1,22	1,52	1,84	1,59	1,27
24,29	1,57	1,88	2,37	2,02	1,6
25,92	1,89	2,2	2,76	2,27	1,87
Background noise	0,31	0,23	0,25	0,24	0,25

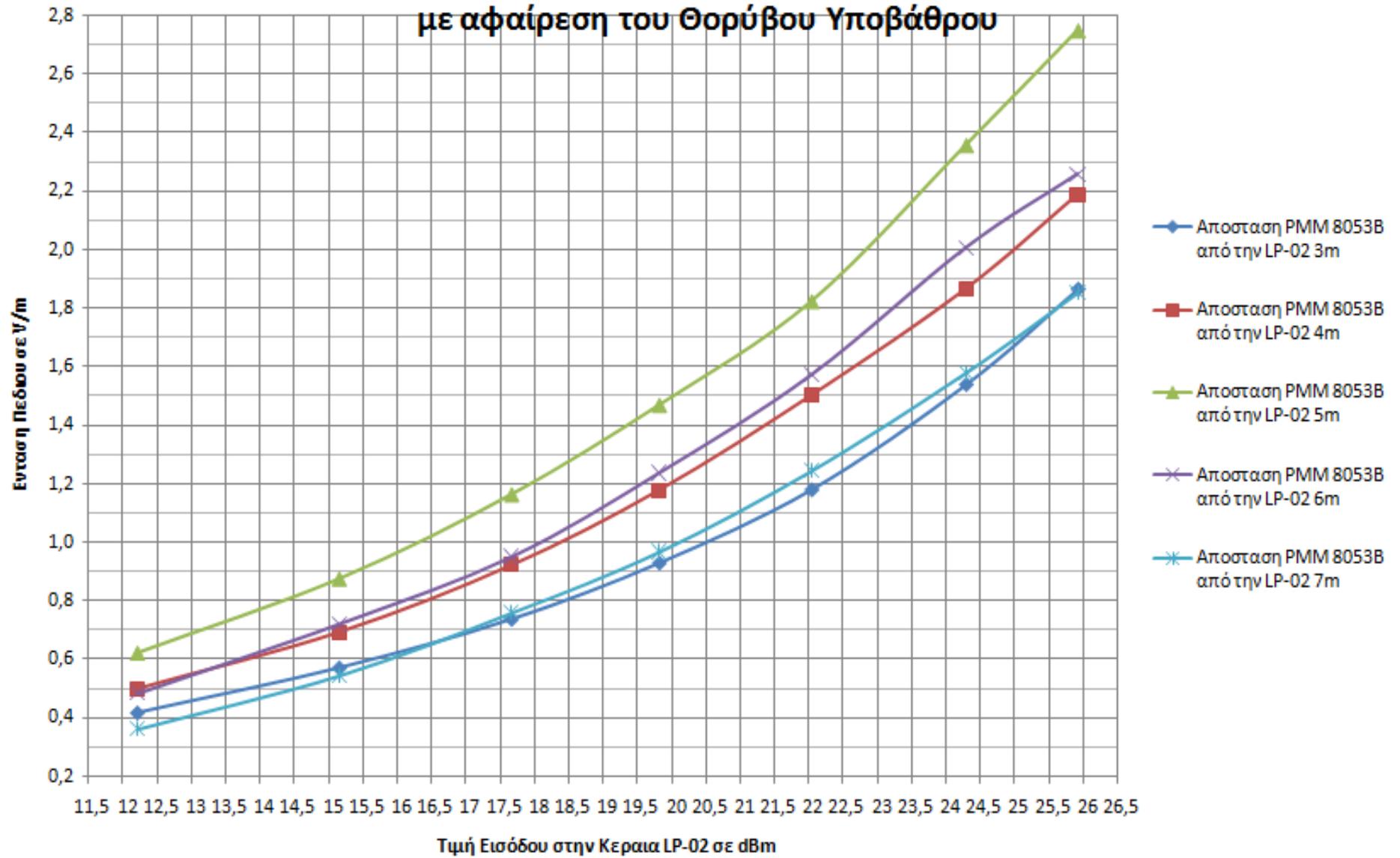
**Πίνακας με σήμα συχνότητας 480 MHz με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου**

Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Εμισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
12,22	0,4175	0,4996	0,6216	0,4837	0,3621
15,16	0,5713	0,6928	0,8750	0,7211	0,5454
17,67	0,7375	0,9217	1,1634	0,9502	0,7599
19,82	0,9297	1,1778	1,4689	1,2369	0,9682
22,04	1,1800	1,5025	1,8229	1,5718	1,2452
24,29	1,5391	1,8659	2,3568	2,0057	1,5803
25,92	1,8644	2,1879	2,7487	2,2573	1,8532

## Γράφημα με σήμα συχνότητας 480 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου



### Γράφημα με σήμα συχνότητας 480 MHz με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου



## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΛΗΨΕΙΣ ΜΕ ΣΗΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ 480MHz ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 3m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 4m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 5m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 6m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 7m



**Πίνακας με σήμα συχνότητας 540 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου**

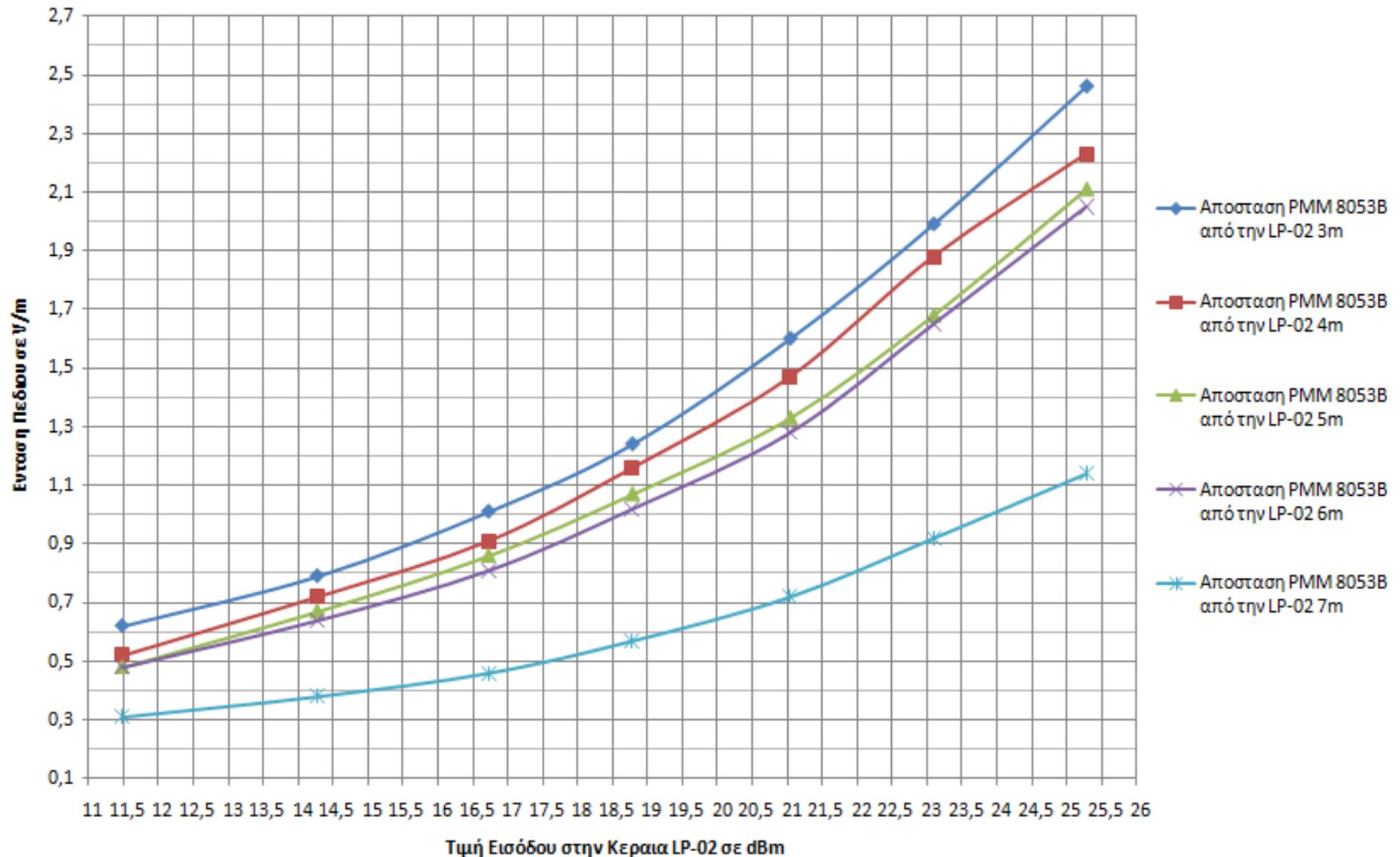
Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
11,48	0,62	0,52	0,48	0,48	0,31
14,27	0,79	0,72	0,67	0,64	0,38
16,72	1,01	0,91	0,86	0,81	0,46
18,78	1,24	1,16	1,07	1,02	0,57
21,04	1,6	1,47	1,33	1,28	0,72
23,09	1,99	1,88	1,68	1,65	0,92
25,28	2,46	2,23	2,11	2,05	1,14
Background noise	0,33	0,24	0,25	0,2	0,22

**Πίνακας με σήμα συχνότητας 540 MHz με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου**

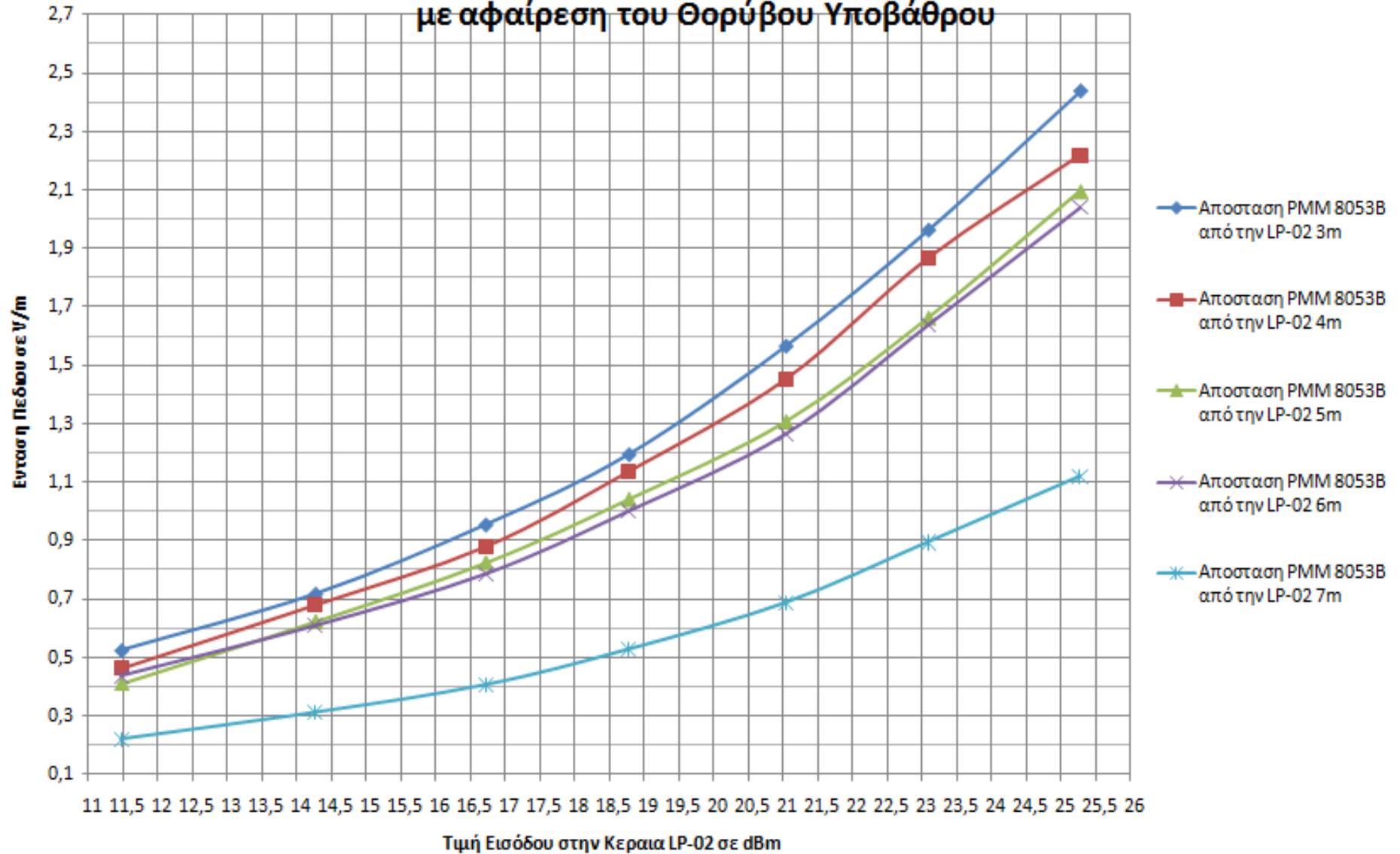
Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
11,48	0,5249	0,4613	0,4098	0,4363	0,2184
14,27	0,7178	0,6788	0,6216	0,6079	0,3098
16,72	0,9546	0,8778	0,8229	0,7849	0,4040
18,78	1,1953	1,1349	1,0404	1,0002	0,5258
21,04	1,5656	1,4503	1,3063	1,2643	0,6856
23,09	1,9624	1,8646	1,6613	1,6378	0,8933
25,28	2,4378	2,2170	2,0951	2,0402	1,1186



## Γράφημα με σήμα συχνότητας 540 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου



Γράφημα με σήμα συχνότητας 540 MHz  
με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου



## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΛΗΨΕΙΣ ΜΕ ΣΗΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ 540ΜΗz ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 3m



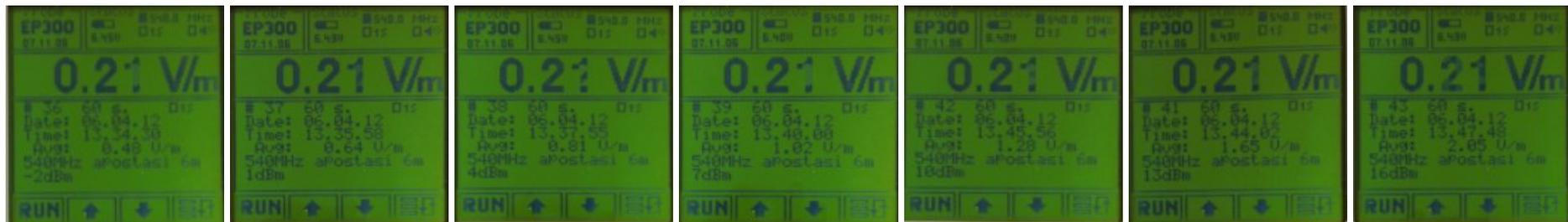
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 4m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 5m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 6m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 7m



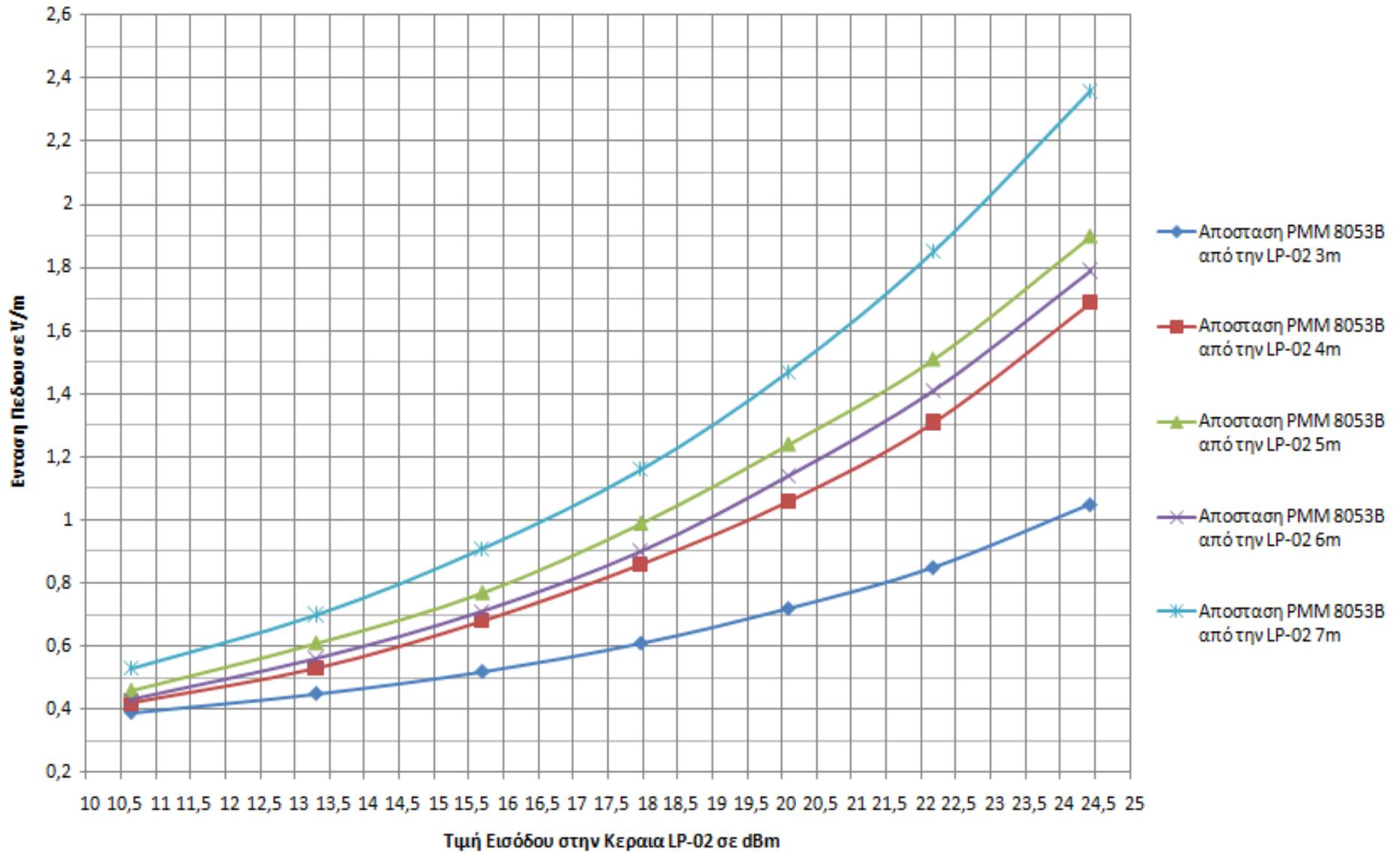
**Πίνακας με σήμα συχνότητας 600 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου**

Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
10,64	0,39	0,42	0,46	0,43	0,53
13,3	0,45	0,53	0,61	0,56	0,7
15,69	0,52	0,68	0,77	0,71	0,91
17,97	0,61	0,86	0,99	0,9	1,16
20,09	0,72	1,06	1,24	1,14	1,47
22,17	0,85	1,31	1,51	1,41	1,85
24,43	1,05	1,69	1,9	1,79	2,36
Background noise	0,33	0,24	0,24	0,22	0,22

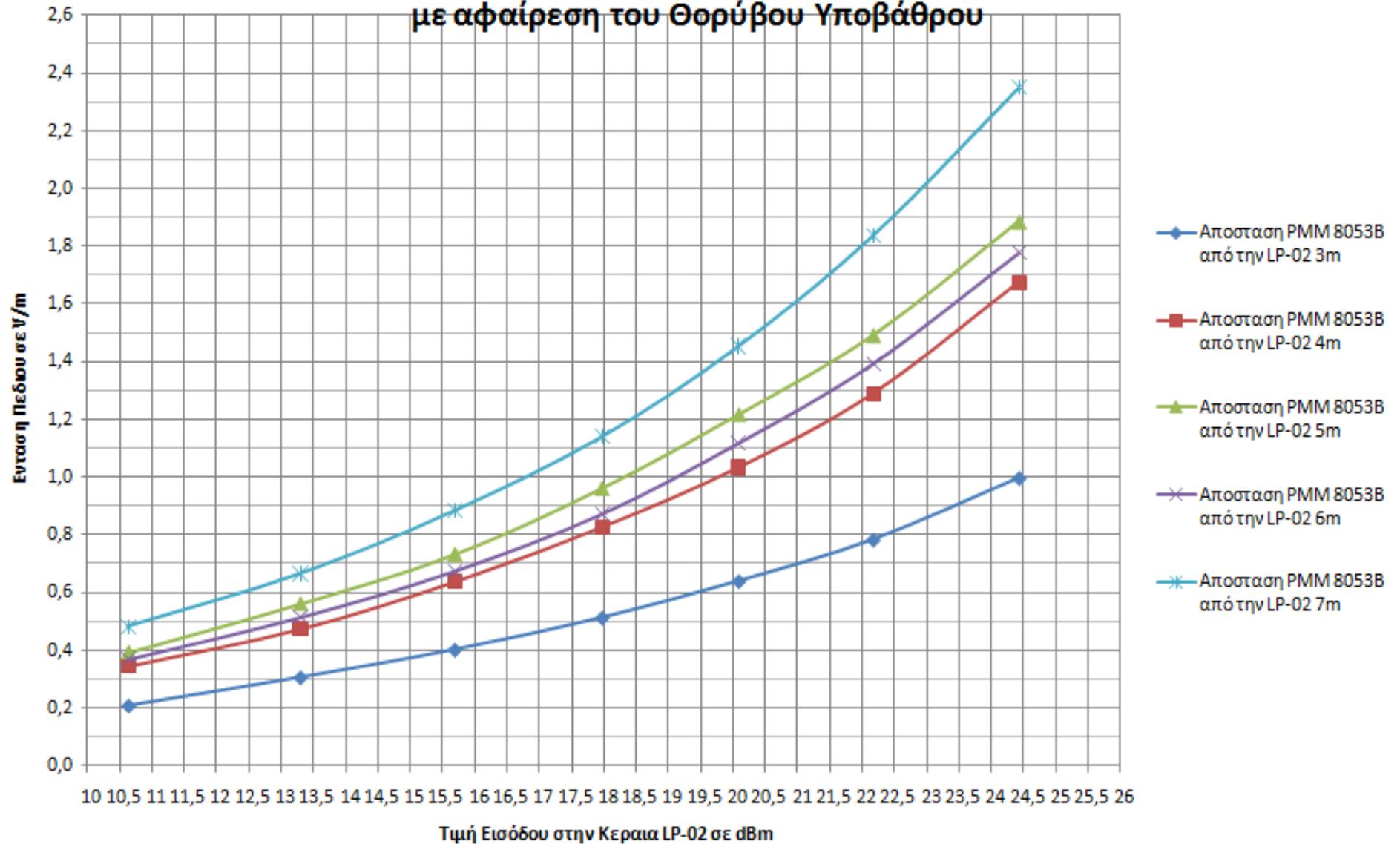
**Πίνακας με σήμα συχνότητας 600 MHz με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου**

Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
10,64	0,2078	0,3447	0,3924	0,3695	0,4822
13,3	0,3059	0,4725	0,5608	0,5150	0,6645
15,69	0,4019	0,6362	0,7316	0,6751	0,8830
17,97	0,5130	0,8258	0,9605	0,8727	1,1389
20,09	0,6399	1,0325	1,2166	1,1186	1,4534
22,17	0,7833	1,2878	1,4908	1,3927	1,8369
24,43	0,9968	1,6729	1,8848	1,7764	2,3497

## Γράφημα με σήμα συχνότητας 600 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου



## Γράφημα με σήμα συχνότητας 600 MHz με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου



## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΛΗΨΕΙΣ ΜΕ ΣΗΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ 600MHz ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 3m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 4m





ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ PMM 8053B ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 5m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ PMM 8053B ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 6m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ PMM 8053B ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 7m



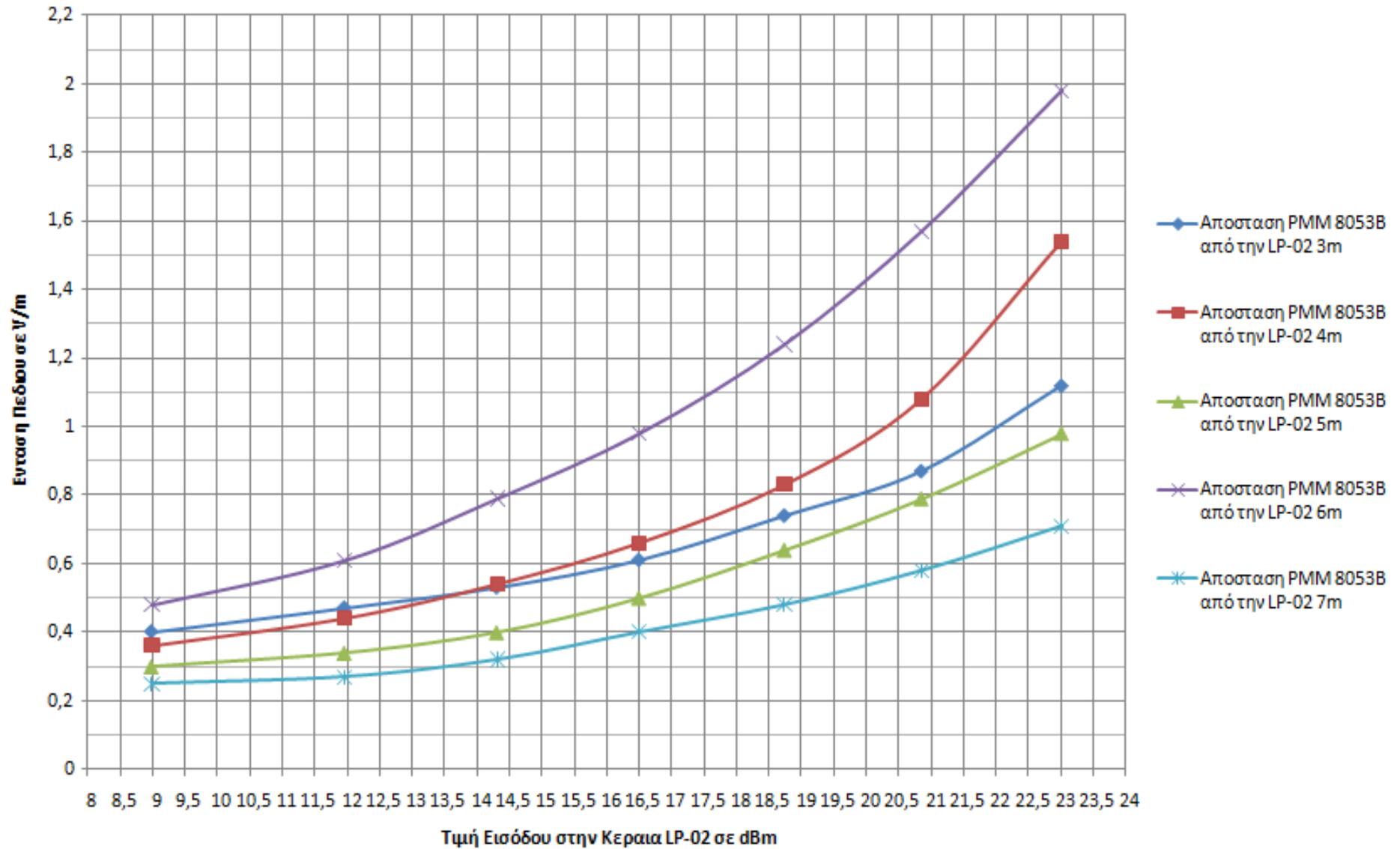
**Πίνακας με σήμα συχνότητας 660 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου**

Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
8,99	0,4	0,36	0,3	0,48	0,25
11,96	0,47	0,44	0,34	0,61	0,27
14,31	0,53	0,54	0,4	0,79	0,32
16,5	0,61	0,66	0,5	0,98	0,4
18,74	0,74	0,83	0,64	1,24	0,48
20,85	0,87	1,08	0,79	1,57	0,58
23,01	1,12	1,54	0,98	1,98	0,71
Background noise	0,33	0,24	0,24	0,23	0,22

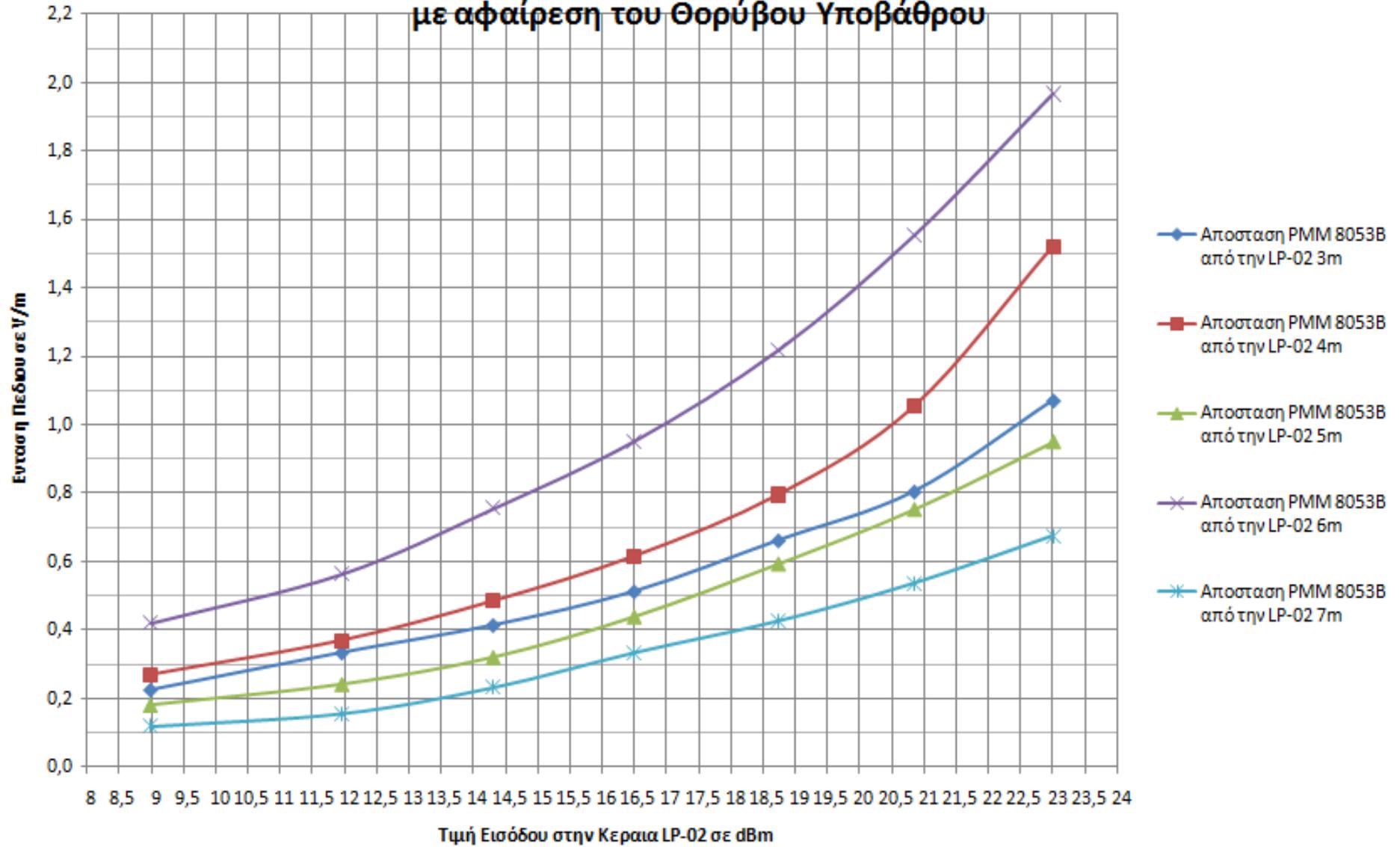
**Πίνακας με σήμα συχνότητας 660 MHz με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου**

Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
8,99	0,2261	0,2683	0,1800	0,4213	0,1187
11,96	0,3347	0,3688	0,2408	0,5650	0,1565
14,31	0,4147	0,4837	0,3200	0,7558	0,2324
16,5	0,5130	0,6148	0,4386	0,9526	0,3341
18,74	0,6623	0,7945	0,5933	1,2185	0,4266
20,85	0,8050	1,0530	0,7527	1,5531	0,5367
23,01	1,0703	1,5212	0,9502	1,9666	0,6751

## Γράφημα με σήμα συχνότητας 660 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου



Γράφημα με σήμα συχνότητας 660 MHz  
με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου



## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΛΗΨΕΙΣ ΜΕ ΣΗΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ 660MHz ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 3m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 4m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 5m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 6m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 7m



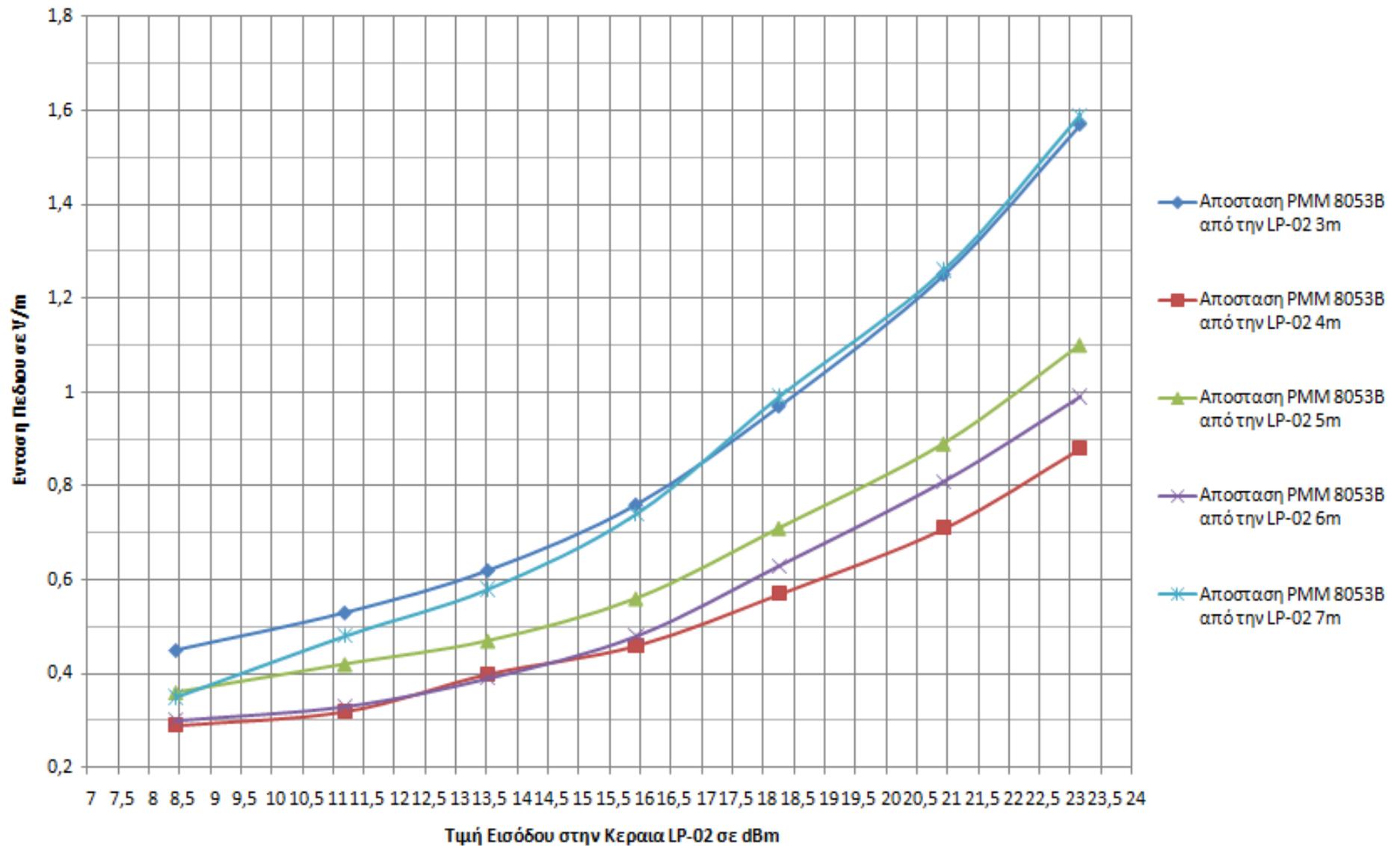
**Πίνακας με σήμα συχνότητας 720 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου**

Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
8,44	0,45	0,29	0,36	0,3	0,35
11,19	0,53	0,32	0,42	0,33	0,48
13,52	0,62	0,4	0,47	0,39	0,58
15,93	0,76	0,46	0,56	0,48	0,74
18,26	0,97	0,57	0,71	0,63	0,99
20,94	1,25	0,71	0,89	0,81	1,26
23,16	1,57	0,88	1,1	0,99	1,59
Background noise	0,33	0,25	0,3	0,22	0,2

**Πίνακας με σήμα συχνότητας 720 MHz με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου**

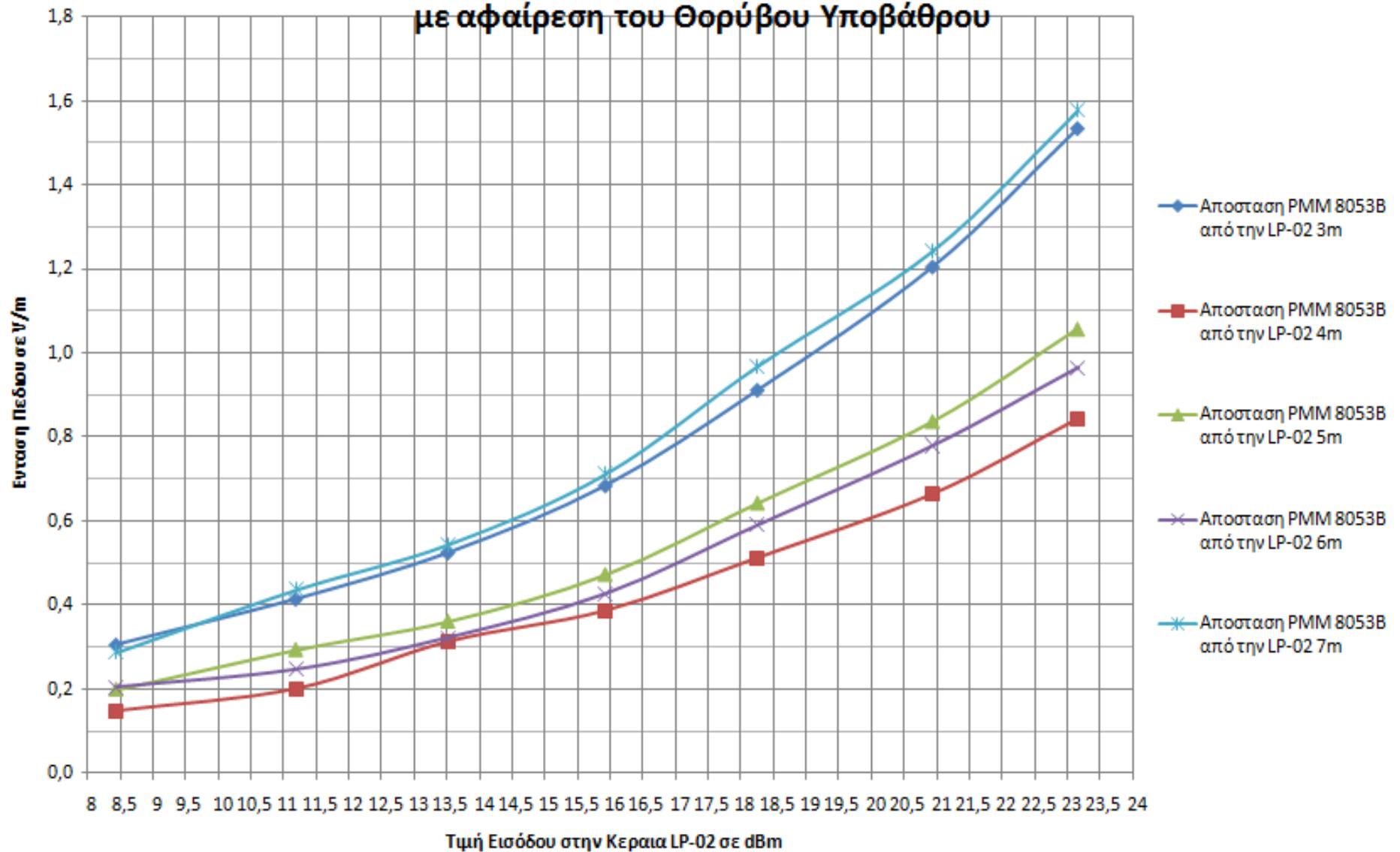
Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
8,44	0,3059	0,1470	0,1990	0,2040	0,2872
11,19	0,4147	0,1997	0,2939	0,2460	0,4363
13,52	0,5249	0,3122	0,3618	0,3220	0,5444
15,93	0,6846	0,3861	0,4729	0,4266	0,7125
18,26	0,9121	0,5122	0,6435	0,5903	0,9696
20,94	1,2057	0,6645	0,8379	0,7796	1,2440
23,16	1,5349	0,8437	1,0583	0,9652	1,5774

Γράφημα με σήμα συχνότητας 720 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου





Γράφημα με σήμα συχνότητας 720 MHz  
με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου



## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΛΗΨΕΙΣ ΜΕ ΣΗΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ 720ΜΗz ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 3m



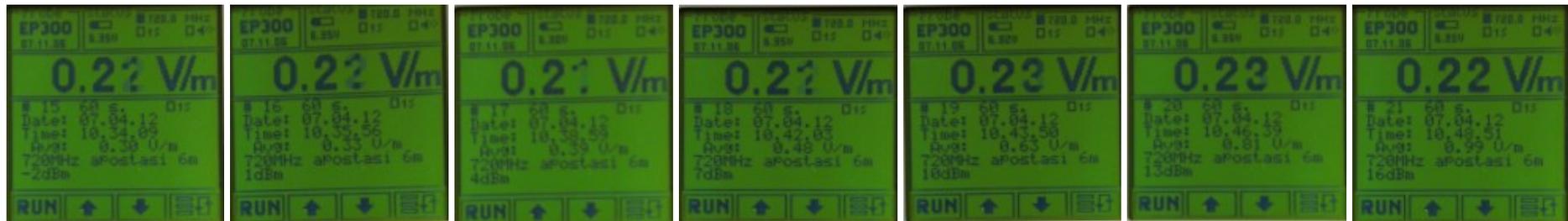
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 4m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 5m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 6m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 7m



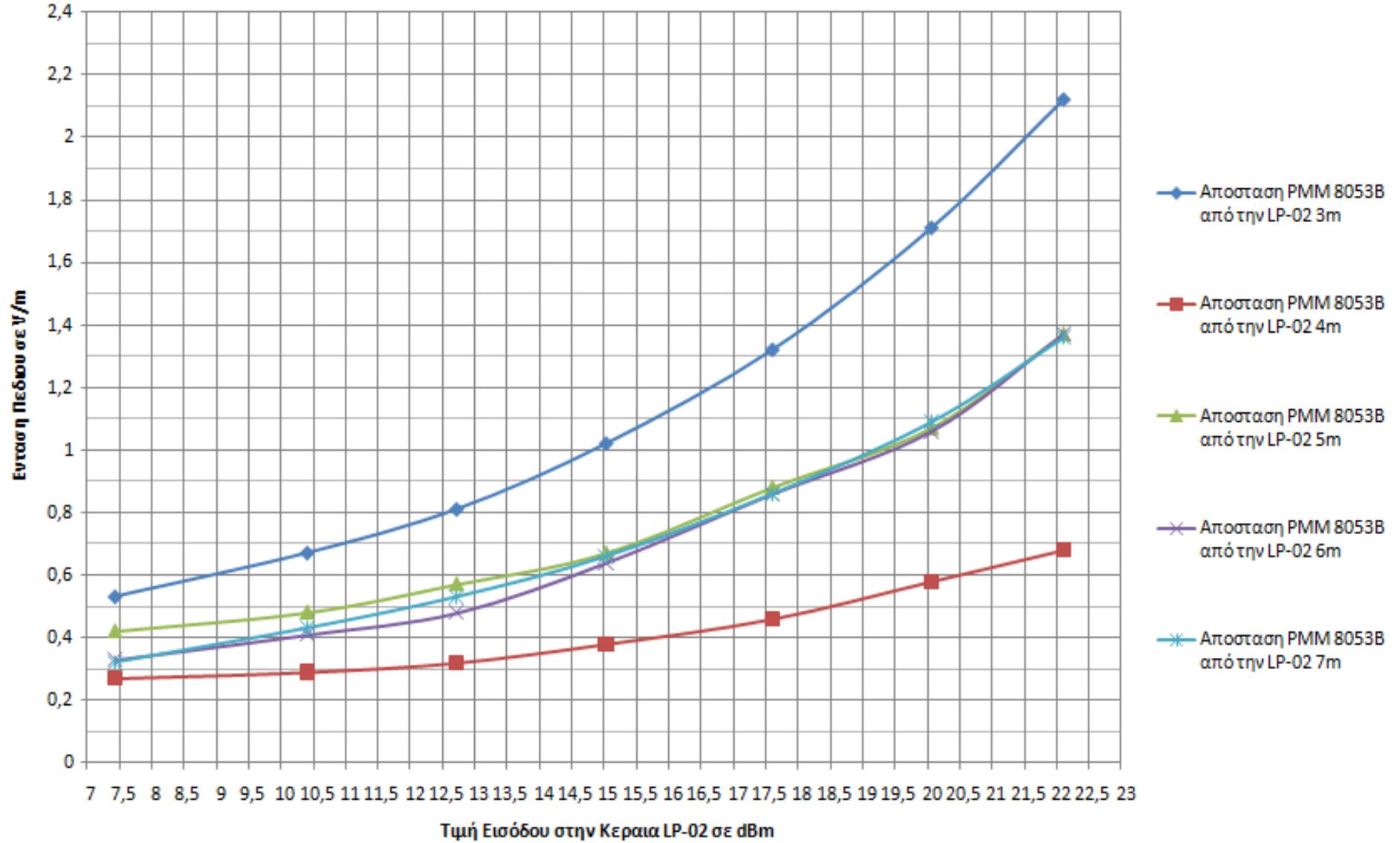
**Πίνακας με σήμα συχνότητας 780 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου**

Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
7,44	0,53	0,27	0,42	0,33	0,32
10,41	0,67	0,29	0,48	0,41	0,43
12,72	0,81	0,32	0,57	0,48	0,53
15,03	1,02	0,38	0,67	0,64	0,66
17,6	1,32	0,46	0,88	0,86	0,86
20,06	1,71	0,58	1,07	1,06	1,09
22,1	2,12	0,68	1,37	1,37	1,36
Background noise	0,32	0,24	0,3	0,2	0,24

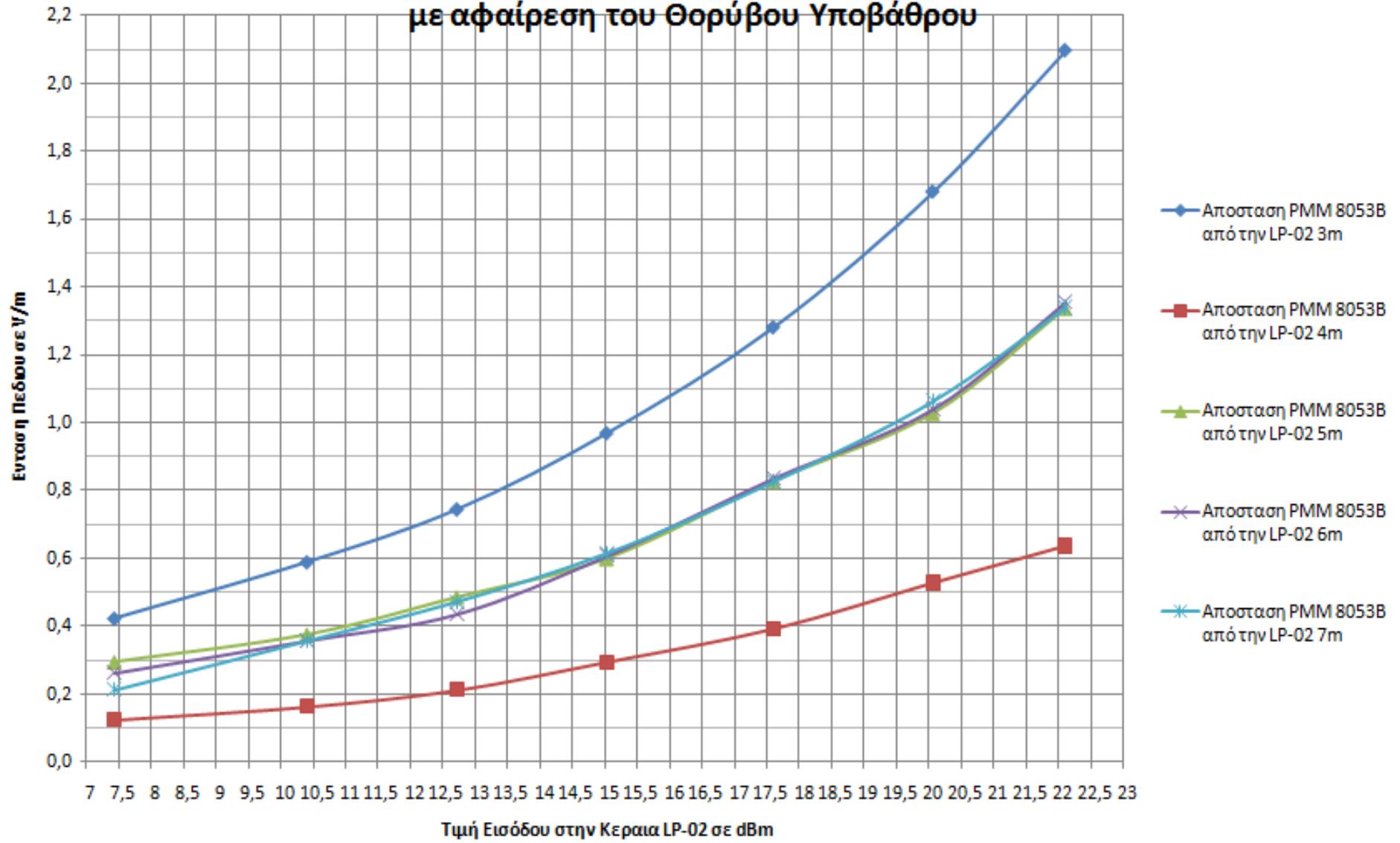
**Πίνακας με σήμα συχνότητας 780 MHz με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου**

Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
7,44	0,4225	0,1237	0,2939	0,2625	0,2117
10,41	0,5886	0,1628	0,3747	0,3579	0,3568
12,72	0,7441	0,2117	0,4847	0,4363	0,4725
15,03	0,9685	0,2946	0,5991	0,6079	0,6148
17,6	1,2806	0,3924	0,8273	0,8364	0,8258
20,06	1,6798	0,5280	1,0271	1,0410	1,0632
22,1	2,0957	0,6362	1,3367	1,3553	1,3387

## Γράφημα με σήμα συχνότητας 780 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου



Γράφημα με σήμα συχνότητας 780 MHz  
με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου



## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΛΗΨΕΙΣ ΜΕ ΣΗΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ 780MHz ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 3m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 4m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 5m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 6m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 7m





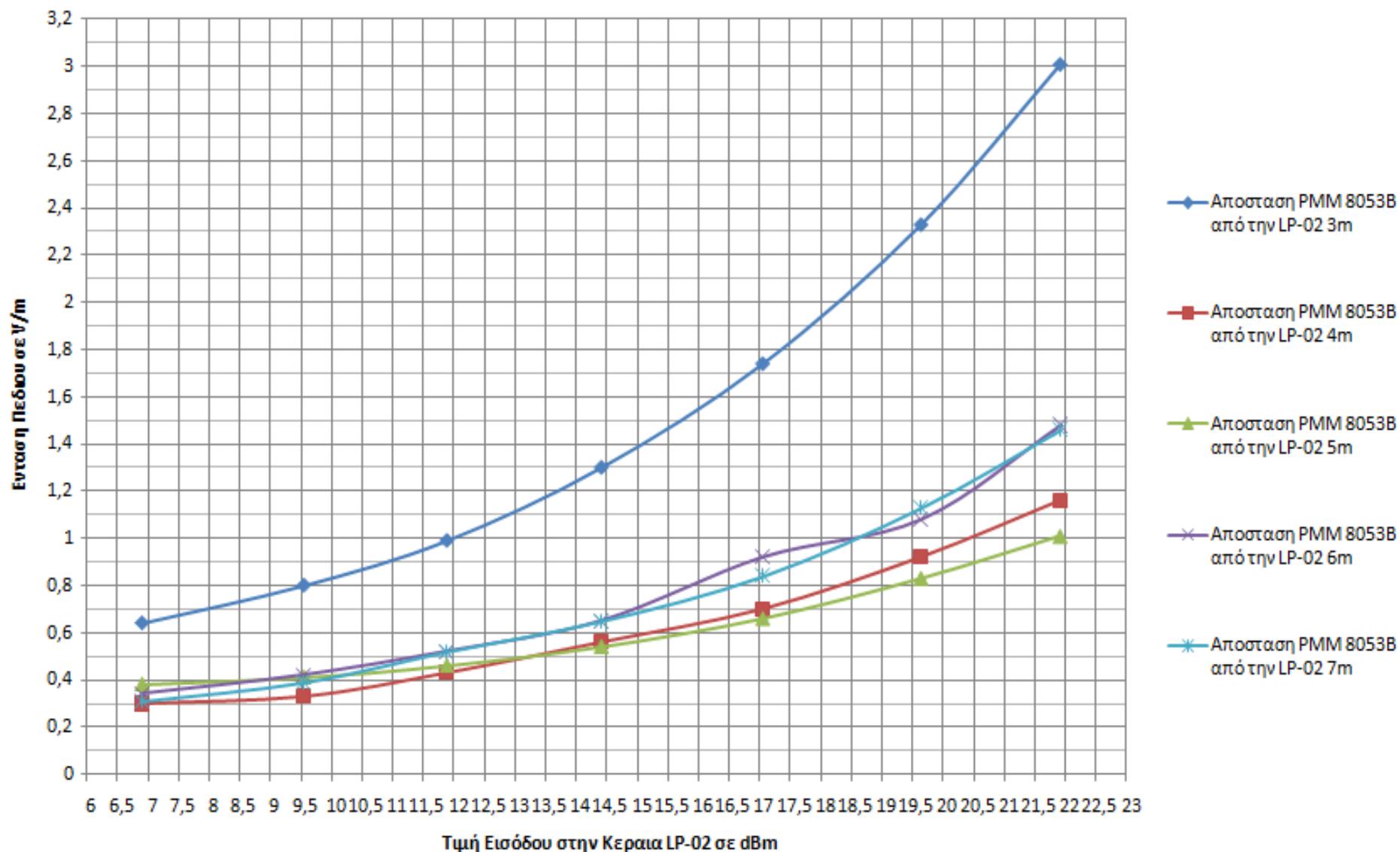
**Πίνακας με σήμα συχνότητας 840 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου**

Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
6,89	0,64	0,3	0,38	0,34	0,31
9,54	0,8	0,33	0,41	0,42	0,39
11,88	0,99	0,43	0,46	0,52	0,52
14,41	1,3	0,56	0,54	0,65	0,65
17,05	1,74	0,7	0,66	0,92	0,84
19,64	2,33	0,92	0,83	1,08	1,13
21,92	3,01	1,16	1,01	1,48	1,46
Background noise	0,32	0,22	0,34	0,21	0,23

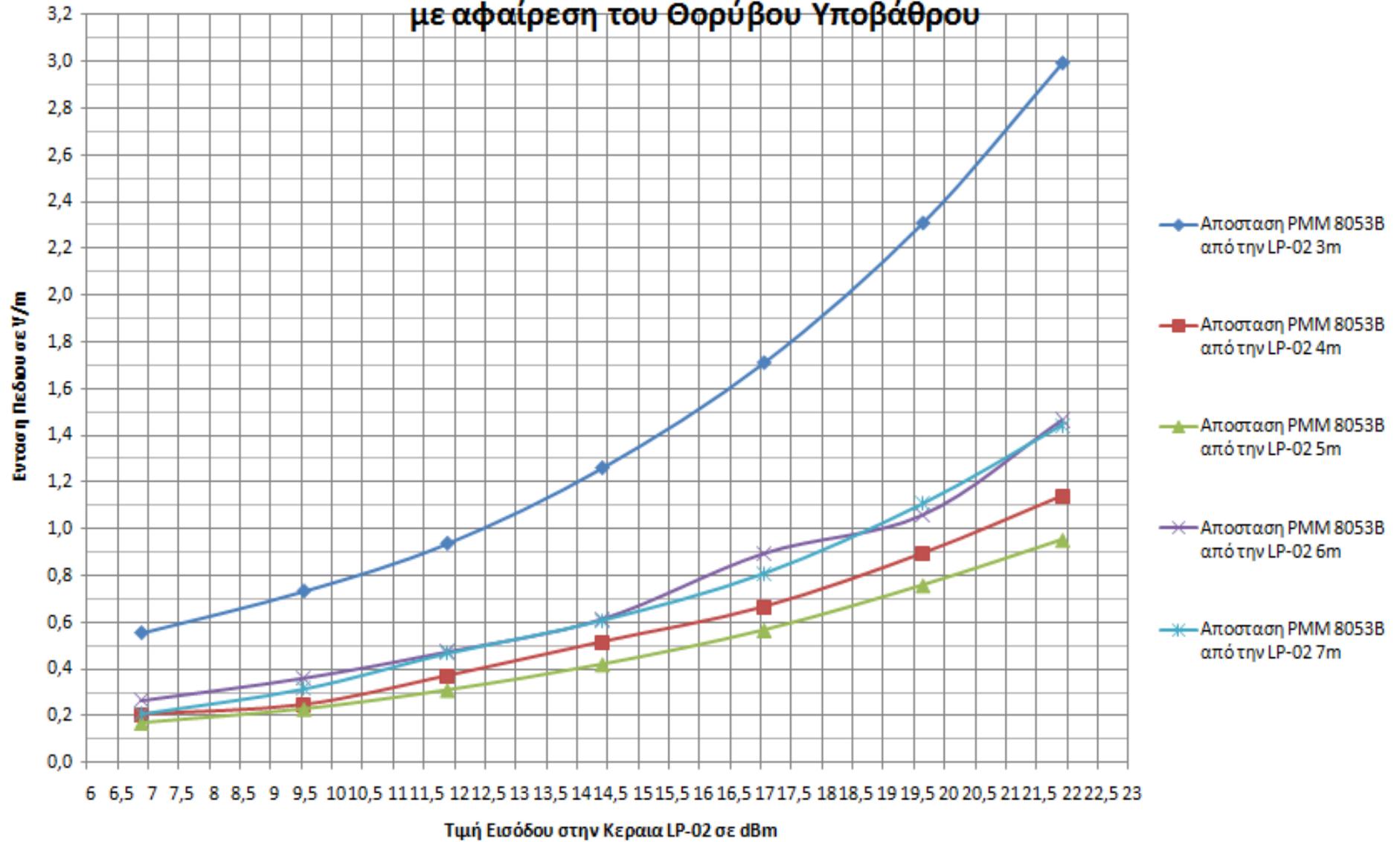
**Πίνακας με σήμα συχνότητας 840 MHz με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου**

Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
6,89	0,5543	0,2040	0,1697	0,2674	0,2078
9,54	0,7332	0,2460	0,2291	0,3637	0,3150
11,88	0,9369	0,3695	0,3098	0,4757	0,4664
14,41	1,2600	0,5150	0,4195	0,6151	0,6079
17,05	1,7103	0,6645	0,5657	0,8957	0,8079
19,64	2,3079	0,8933	0,7572	1,0594	1,1063
21,92	2,9929	1,1389	0,9511	1,4650	1,4418

## Γράφημα με σήμα συχνότητας 840 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου



## Γράφημα με σήμα συχνότητας 840 MHz με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου



## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΛΗΨΕΙΣ ΜΕ ΣΗΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ 840ΜΗz ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 3m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 4m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 5m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 6m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 7m



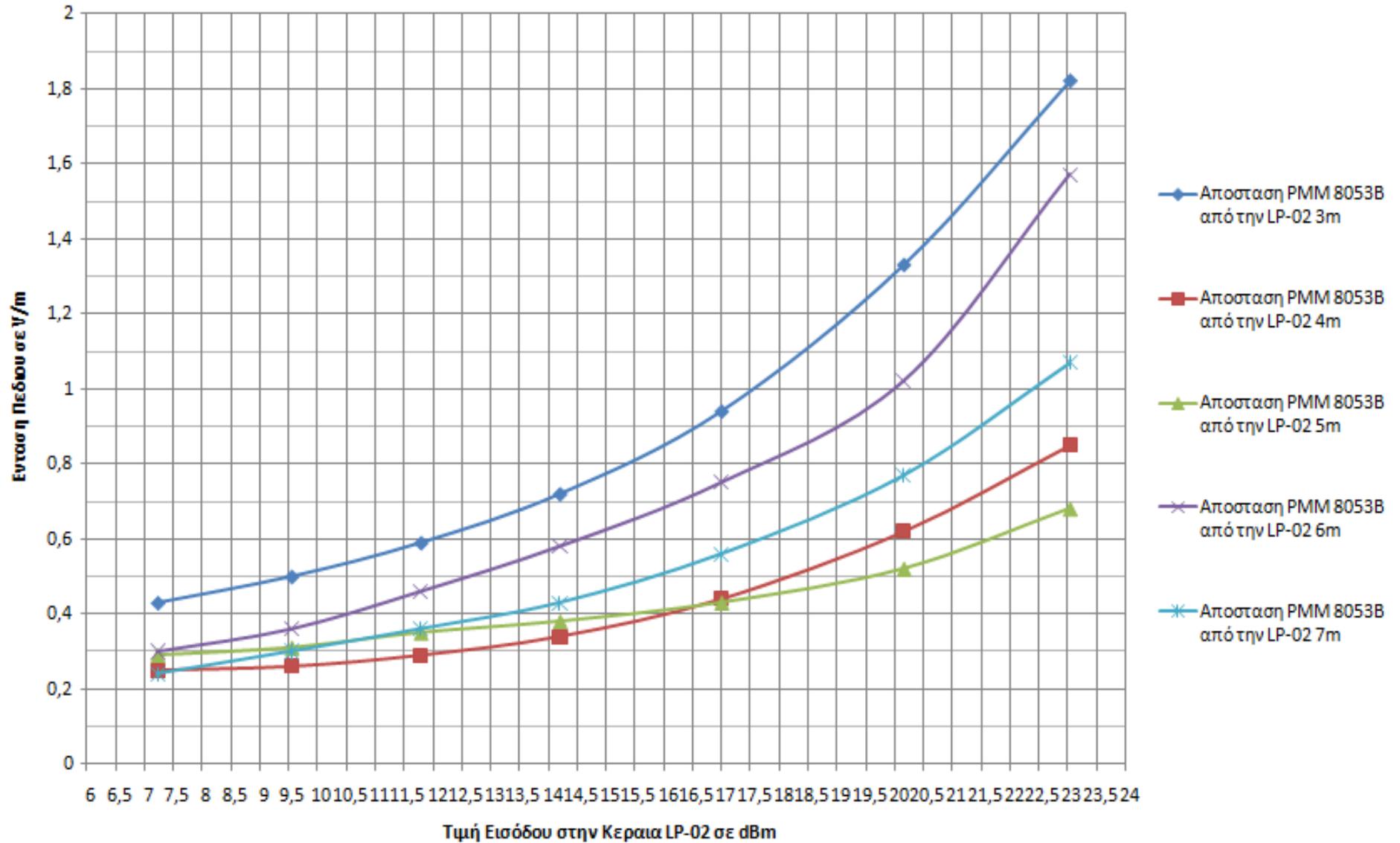
**Πίνακας με σήμα συχνότητας 900 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου**

Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
7,23	0,43	0,25	0,29	0,3	0,24
9,55	0,5	0,26	0,31	0,36	0,3
11,79	0,59	0,29	0,35	0,46	0,36
14,2	0,72	0,34	0,38	0,58	0,43
17	0,94	0,44	0,43	0,75	0,56
20,16	1,33	0,62	0,52	1,02	0,77
23,04	1,82	0,85	0,68	1,57	1,07
Background noise	0,32	0,22	0,28	0,21	0,2

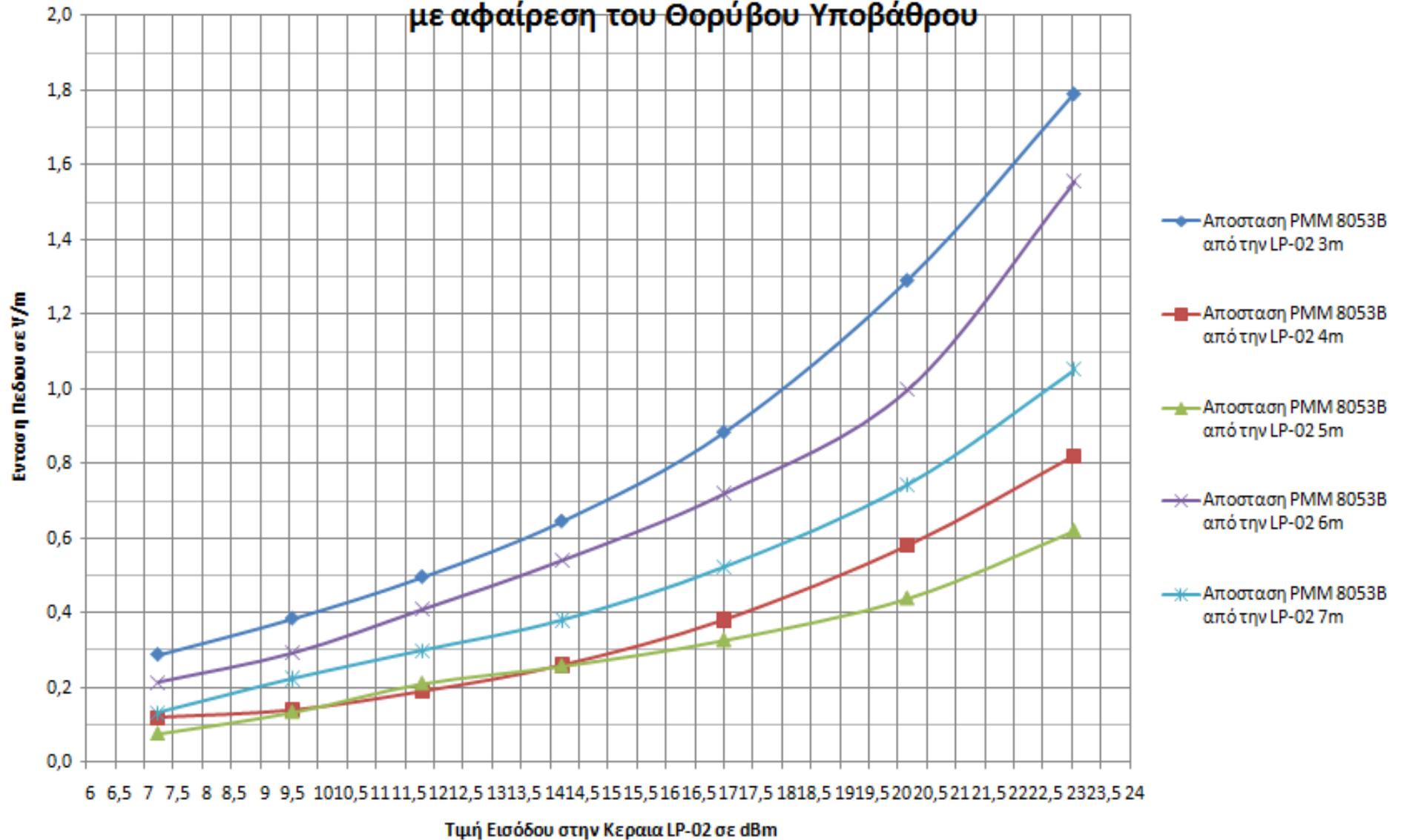
**Πίνακας με σήμα συχνότητας 900 MHz με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου**

Απόσταση από την LP-02	3m	4m	5m	6m	7m
ΙΣΧΥΣ που εκπέμπεται σε dBm από τον Ενισχυτή	ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ σε V/m				
7,23	0,2872	0,1187	0,0755	0,2142	0,1327
9,55	0,3842	0,1386	0,1330	0,2924	0,2236
11,79	0,4957	0,1889	0,2100	0,4093	0,2993
14,2	0,6450	0,2592	0,2569	0,5406	0,3807
17	0,8839	0,3811	0,3263	0,7200	0,5231
20,16	1,2909	0,5797	0,4382	0,9981	0,7436
23,04	1,7916	0,8210	0,6197	1,5559	1,0511

## Γράφημα με σήμα συχνότητας 900 MHz με Θόρυβο Υποβάθρου



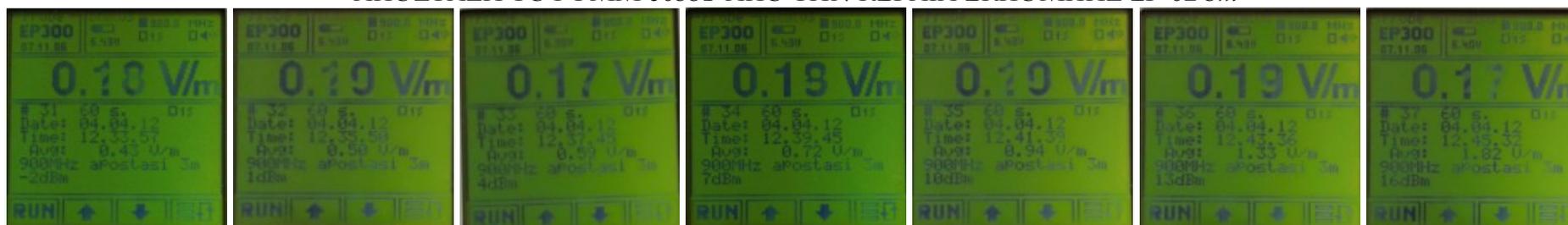
Γράφημα με σήμα συχνότητας 900 MHz  
με αφαίρεση του Θορύβου Υποβάθρου





## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΛΗΨΕΙΣ ΜΕ ΣΗΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ 900MHz ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 3m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 4m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 5m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 6m



ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΜΜ 8053Β ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΕΡΑΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ LP-02 7m

