

Υπολογιστικά Θέματα για Παράδοση στο Μάθημα

«Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών»

9ο Εξάμηνο Ροή Τ Ακαδημαϊκό Έτος 2022-23

Ονοματεπώνυμο :	Φραγκιαδάκη Αφροδίτη
AM :	03118042

Θέμα 1ο:

- $L_{\max} = 142 \text{ dB}$
- $H_r = H_{MS} = 1.42 \text{ m}$
- $P_{\text{thr}} = -142 \text{ dBm}$
- $F_c = 1850 \text{ MHz}$

A) Χρησιμοποιώντας το μοντέλο **COST 231-Hata** θα έχουμε τις παρακάτω εξισώσεις:

Για αστικές (urban) περιοχές:

$$L_{50}(\text{dB})_{\text{urban}} = A + B \log d + C$$

$$A_{\text{urban}} = 46.3 + 33.9 \log f_c - 13.82 \log h_{BS} - a(h_{MS})$$

$$a(h_{MS})_{\text{urban}} = 3.2 (\log(11.75h_{MS}))^2 - 4.97 \quad (f_c \geq 400 \text{ MHz})$$

$$B_{\text{urban}} = 44.9 - 6.55 \log h_{BS}$$

$$C_{\text{urban}} = 3 \text{ dB}$$

Για αγροτικές (rural) περιοχές:

$$L_{50}(\text{dB})_{\text{rural}} = A + B \log d + C$$

$$A_{\text{rural}} = 46.3 + 33.9 \log f_c - 13.82 \log h_{BS} - a(h_{MS})$$

$$a(h_{MS})_{\text{rural}} = 1.1(\log f_c - 0.7) * h_{MS} - (1.56 \log f_c - 0.8)$$

$$B_{\text{rural}} = 44.9 - 6.55 \log h_{BS}$$

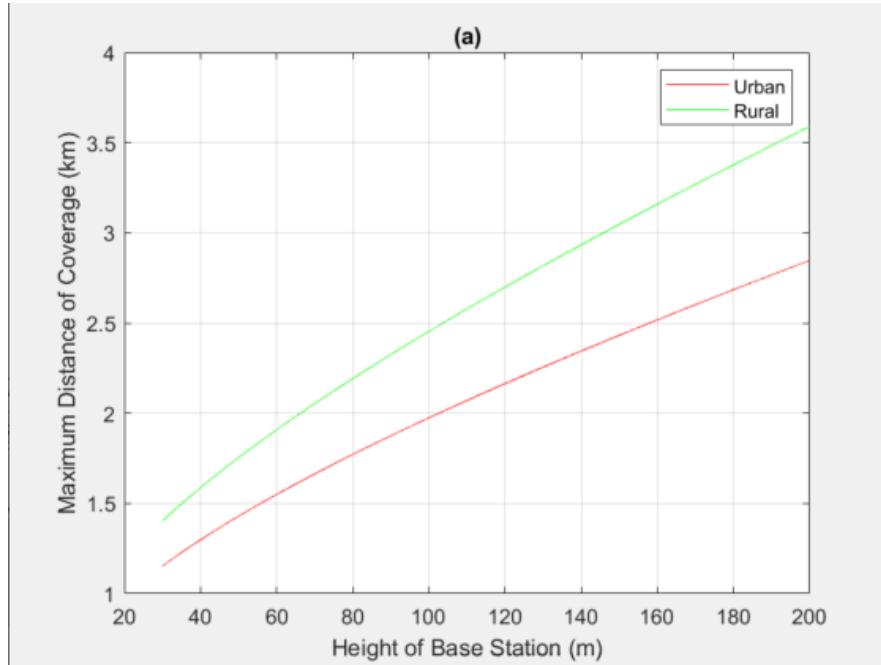
$$C_{\text{rural}} = 0 \text{ dB}$$

Και στις δύο περιπτώσεις η μέγιστη απόσταση κάλυψης (d) συναρτήσει του ύψους του Σταθμού Βάσης h_{BS} θα δίνεται από την εξίσωση:

$$L_{\max} = A + B \log d_{\max} + C \rightarrow$$

$$d_{\max} = 10^{\frac{L_{\max} - A - C}{B}}$$

Από την υλοποίηση του μοντέλου στο **MATLAB** εξάγουμε το παρακάτω διάγραμμα:



Σχόλια: Παρατηρούμε ότι η περιοχή κάλυψης στην rural περιοχή είναι μεγαλύτερη από ότι στην urban για ίδιο ύψος σταθμού βάσης.

B) Χρησιμοποιώντας τη σύσταση της **ITU-R P.1406-1**:

Για αγροτικές (rural) περιοχές:

$$\lambda = 300 / f_c \quad (f_c \text{ σε MHz})$$

$$\Delta h = 10 \text{ m} \quad (\text{από εκφώνηση})$$

$$\sigma_L = 6 + 0.69 \left(\frac{\Delta h}{\lambda} \right)^{1/2} - 0.0063 \text{ dB} \quad \text{για} \quad \frac{\Delta h}{\lambda} < 3000$$

$$\sigma_L = 25 \text{ dB} \quad \text{για} \quad \frac{\Delta h}{\lambda} > 3000$$

Για αστικές (urban) περιοχές:

$$\sigma_L = 5.25 + 0.42 \log \left(\frac{f_c}{100} \right) + 1.01 \log^2 \left(\frac{f_c}{100} \right)$$

Επιπλέον για την πιθανότητα κάλυψης ισχύει ότι:

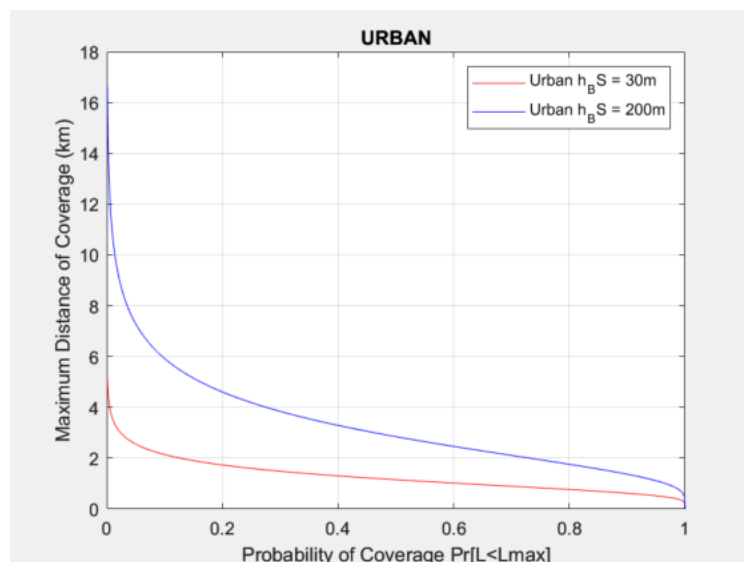
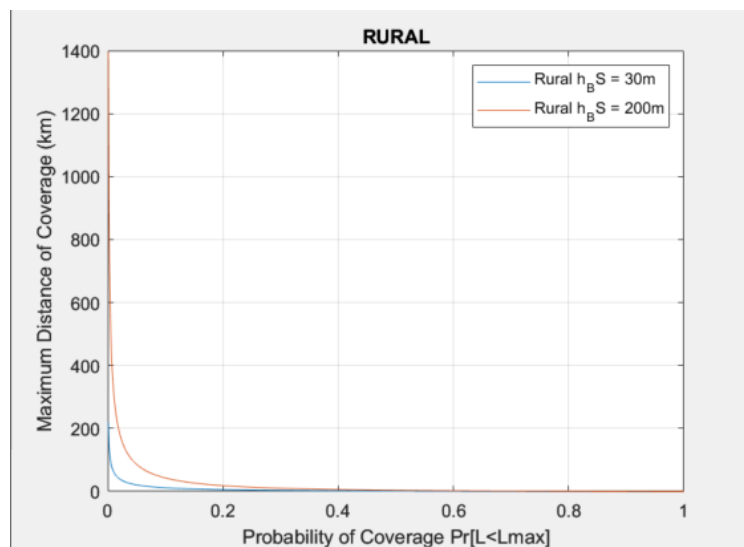
$$P[L < L_{\max}] = \frac{1}{2} \left(1 + \operatorname{erf} \left(\frac{L_{\max} - E(L)}{\sqrt{2}\sigma_L} \right) \right) \Rightarrow \text{όπου } L \sim N(\log(E(L)), \sigma_L^2)$$

$$E(L) = L_{\max} - \sqrt{2}\sigma_L \operatorname{erf}^{-1}(2P[L < L_{\max}] - 1)$$

Στη συνέχεια κάνουμε χρήση του μοντέλου COST 231-Hata για το ελάχιστο **h=30 m** και το μέγιστο **h=200 m** επιτρεπόμενο ύψος των Σταθμών Βάσης με βάση τη σχέση:

$$d = 10^{\frac{E(L) - A - C}{B}}$$

Οπότε προκύπτουν οι παρακάτω καμπύλες:



Σχόλια: Παρατηρούμε ότι καθώς αυξάνεται το ύψος του σταθμού βάσης, η περιοχή κάλυψης αυξάνεται και για urban και για rural περιοχή.

Γ)

- $G_t = 15 \text{ dBi}$
- $G_r = 2 \text{ dBi}$
- $P_{\text{coverage}} = [0.95, 0.97, 0.99, 0.995]$
- $P_{\text{thr}} = -142 \text{ dBm}$

$$P_{\text{thr}}(\text{dBm}) = P_t(\text{dBm}) + G_t(\text{dBi}) + G_r(\text{dBi}) - L(\text{dB})$$

Το $L(\text{dB})$ υπολογίζεται από την $L = A + B \log d + C$ για $d: [1,20] \text{m}$

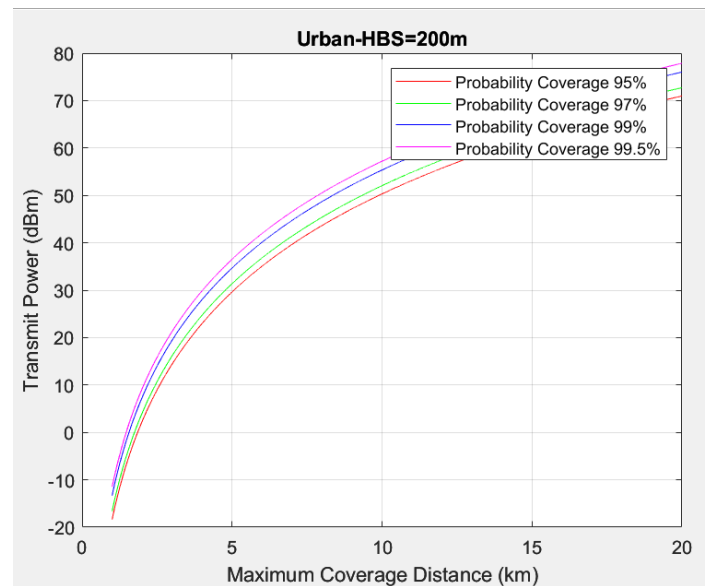
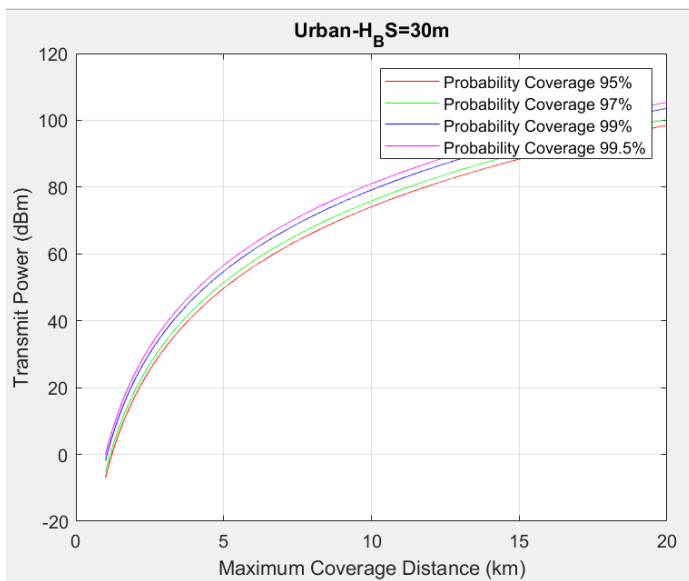
Επομένως για την εκπεμπόμενη ισχύ εξάγουμε την παρακάτω σχέση:

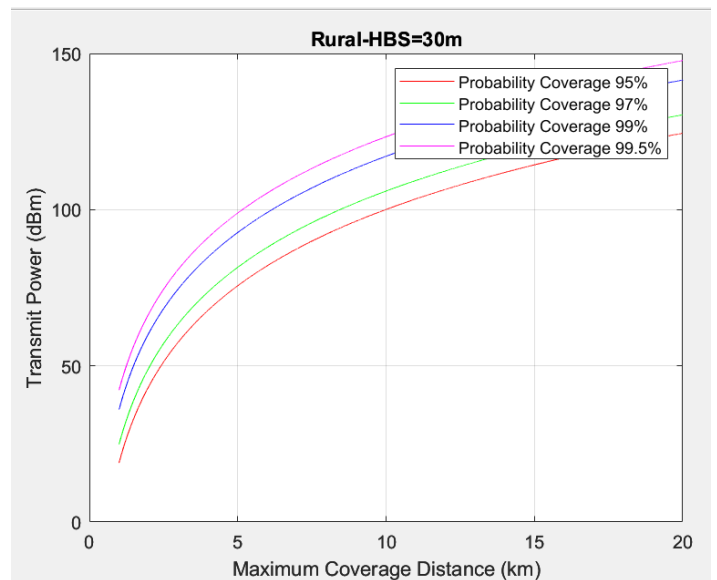
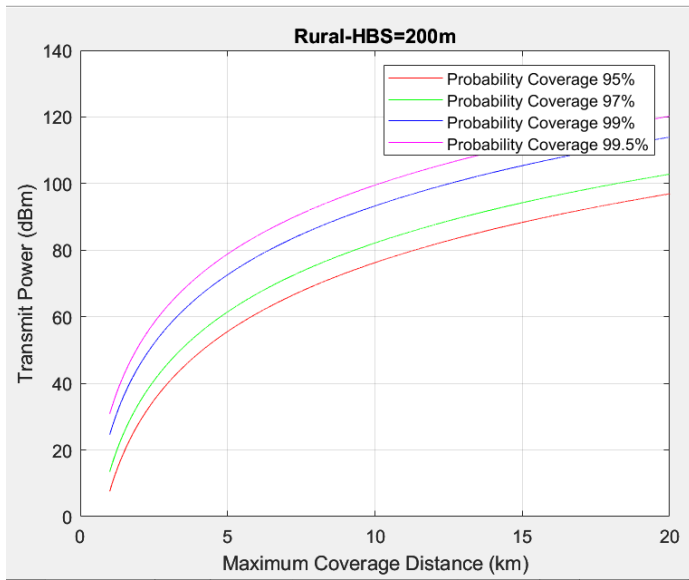
$$P_{\text{coverage}} = P_r[P > P_{\text{thr}}] = P_r[P_t + G_t + G_r - L > P_{\text{thr}}] = P_r[P_t + G_t + G_r - P_{\text{thr}} > L] \Rightarrow$$

$$P_{\text{coverage}} = \frac{1}{2} \left[1 + \text{erf} \left(\frac{P_t + G_t + G_r - P_{\text{thr}} - L}{\sqrt{2\sigma_L}} \right) \right] \Rightarrow$$

$$P_t = L + P_{\text{thr}} - G_t - G_r + \sqrt{2\sigma_L} \text{erf}^{-1}(2P_{\text{coverage}} - 1)$$

Οι καμπύλες που προκύπτουν είναι οι εξής:





Σχόλια: Παρατηρούμε ότι καθώς η διαθεσιμότητα αυξάνεται, αυξάνεται η εκπεμπόμενη ισχύς από το Σταθμό βάσης και για τις δύο περιοχές. Ωστόσο για μια δοσμένη πιθανότητα κάλυψης η περιοχή κάλυψης είναι μεγαλύτερη σε rural περιοχή και για μεγαλύτερο ύψος σταθμού βάσης,

Θέμα 2ο:

- $\bar{\gamma} = 2 \text{ dB}$
- $N = -102 \text{ dBmW}$

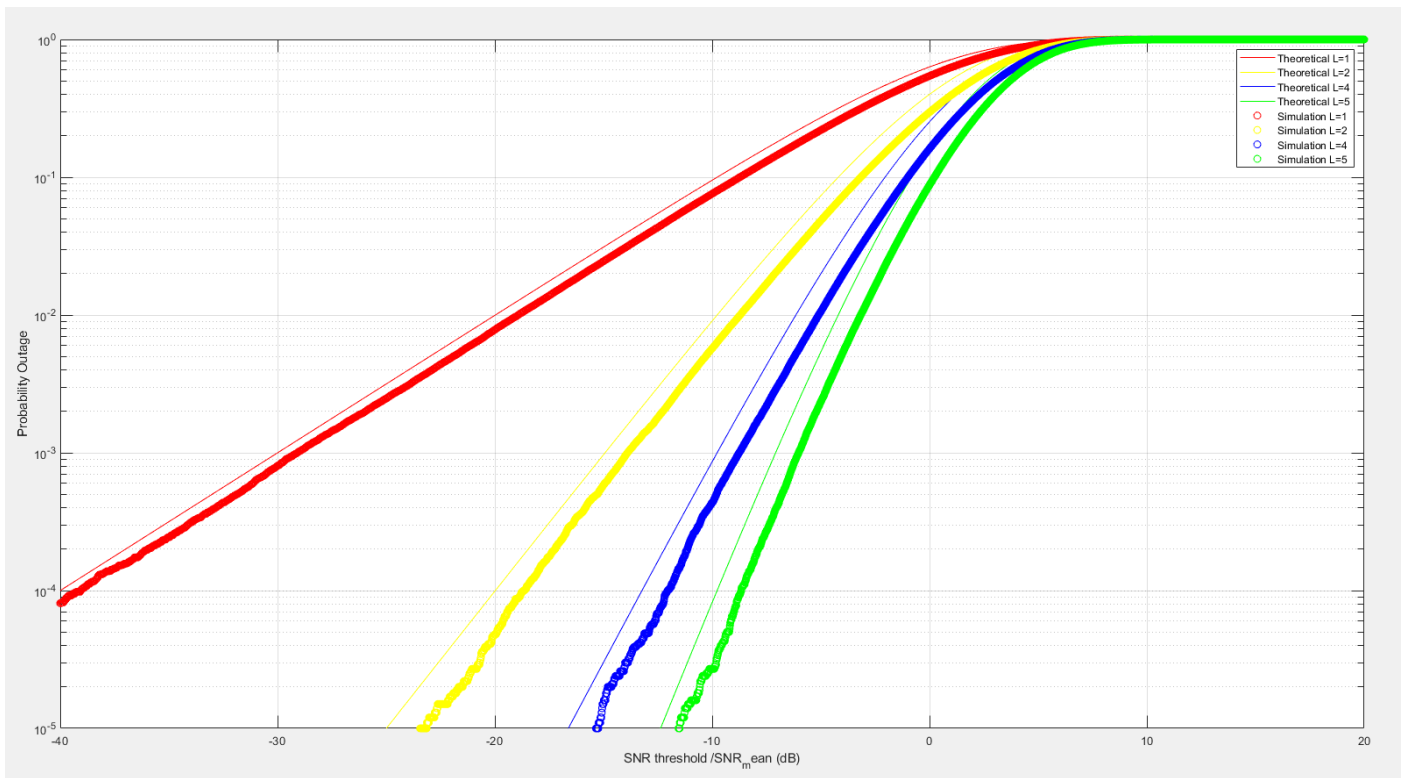
A)

Η πιθανότητα αποκοπής είναι η πιθανότητα να επιτευχθεί ένας σηματοθορυβικός λόγος SNR_{thr} (γ_{thr}) ή μεγαλύτερος. Η συνάρτηση αποκοπής για τα συστήματα SC είναι:

$$P_{\text{out}} = [1 - \exp(-\text{SNR}_{\text{thr}}/\text{SNR})]^L$$

Όπου L: ο αριθμός των branches.

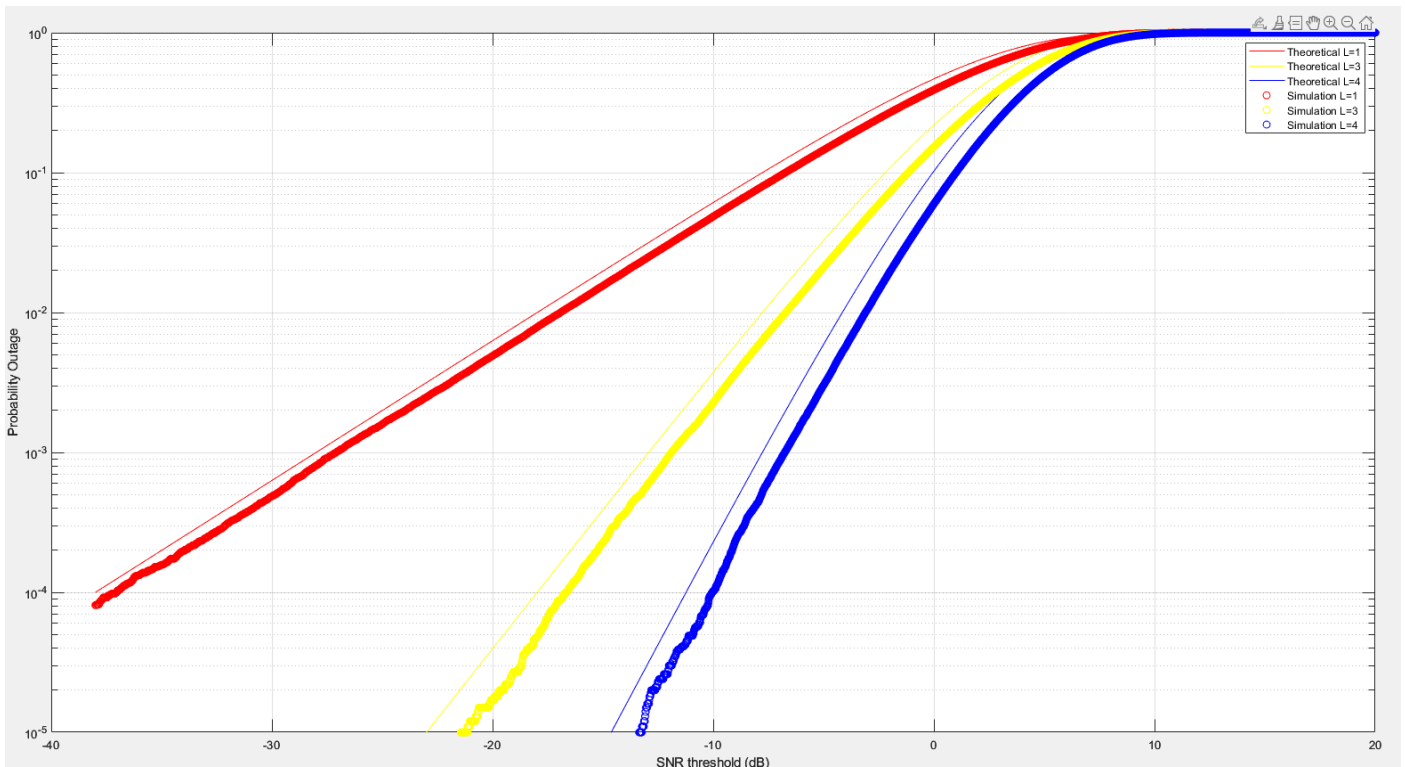
Το διάγραμμα που προκύπτει συναρτήσει του λόγου $\text{SNR}_{\text{thr}}/\text{SNR}_{\text{mean}}$ από την υλοποίηση φαίνεται παρακάτω:



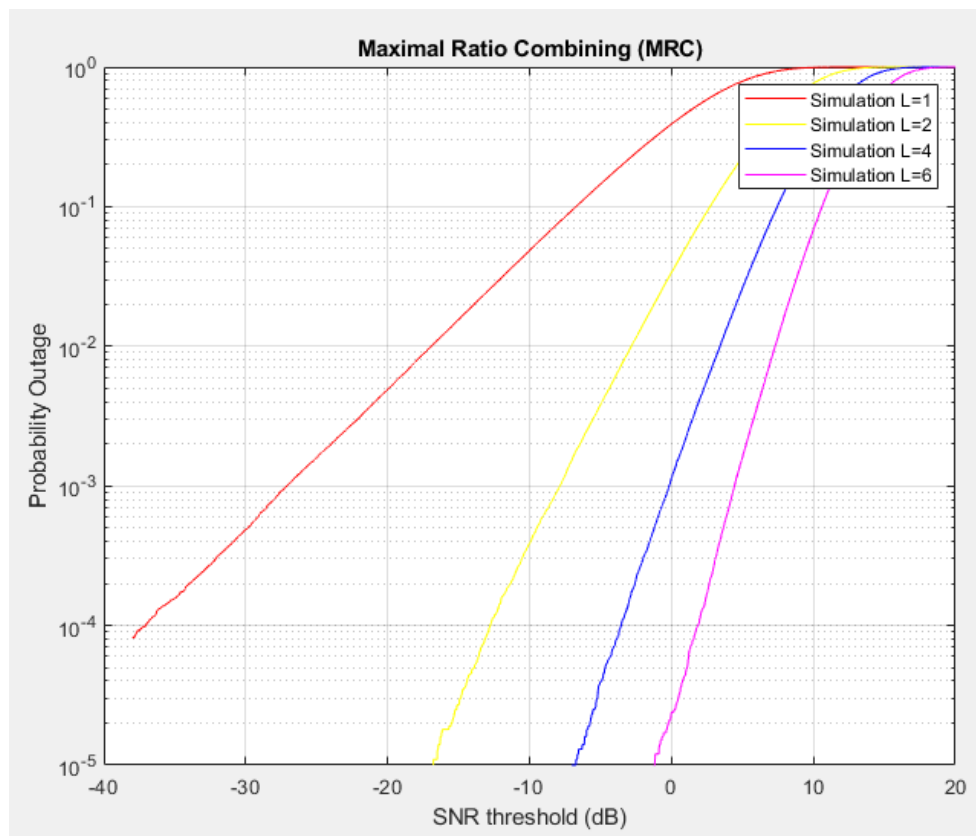
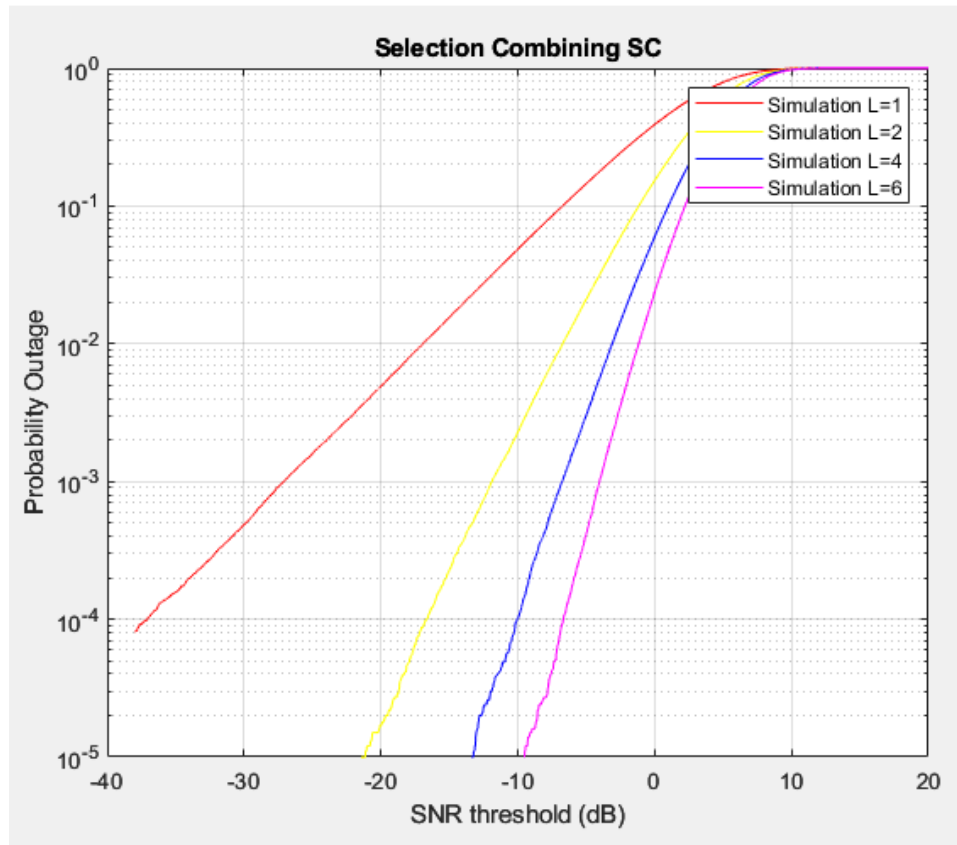
Σχόλια: Παρατηρούμε ότι καθώς αυξάνεται ο αριθμός των branches η πιθανότητα αποκοπής μειώνεται, κάτι το οποίο ήταν αναμενόμενο καθώς περισσότερα branches δίνουν περισσότερο diversity οδηγώντας σε μεγαλύτερη πιθανότητα επιτυχούς λήψης.

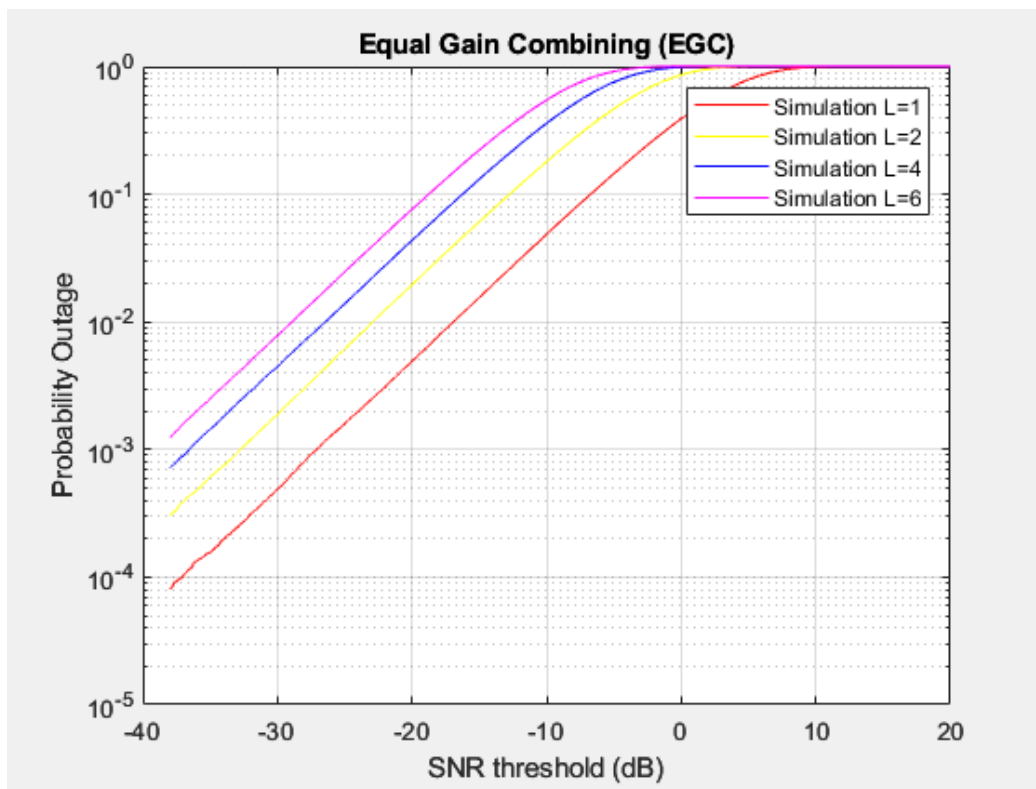
Επιπλέον, οι τιμές της προσομοίωσης δεν αποκλίνουν πολύ από τις αντίστοιχες θεωρητικές, που σημαίνει ότι έχουμε προσομοιώσει καλά το σύστημα.

Β) Η πιθανότητα αποκοπής του συστήματος διαφορισμού επιλεκτικού συνδυασμού συναρτήσει του σηματοθορυβικού λόγου κατωφλίου SNR_{thr} για 1, 3, και 4 branches φαίνεται παρακάτω:

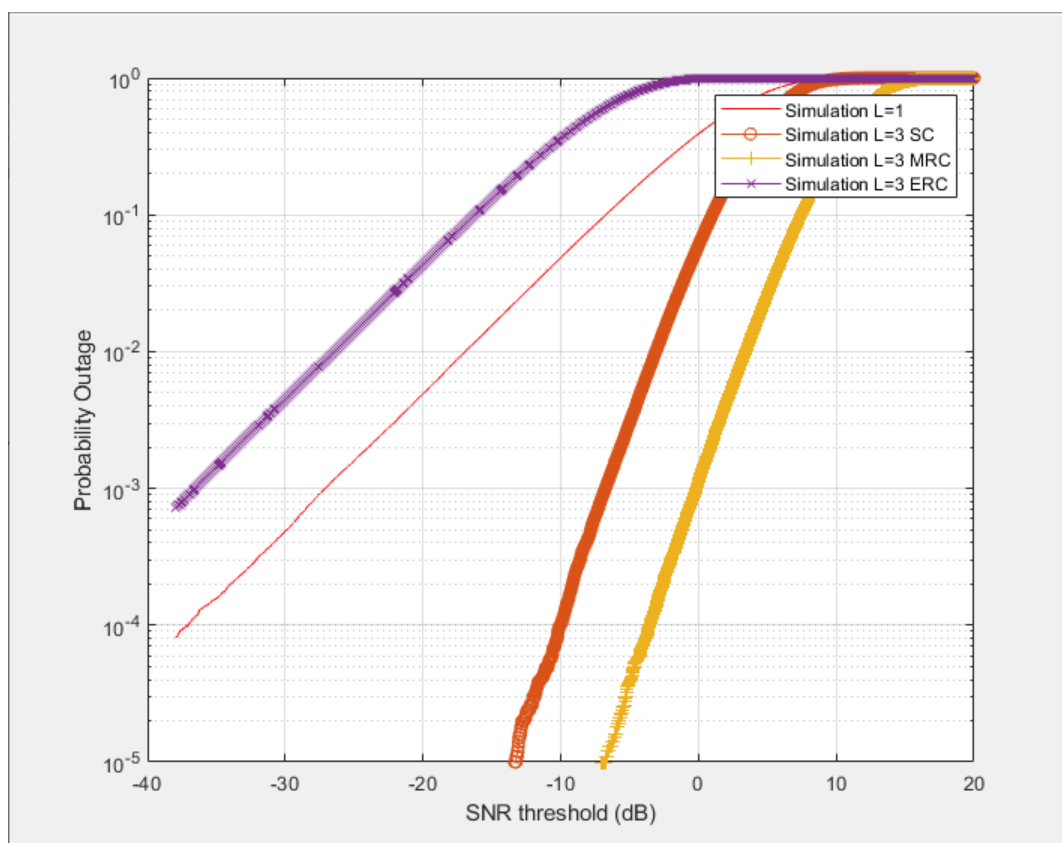


Γ) Τα διαγράμματα για τις 3 τεχνικές φαίνονται παρακάτω:



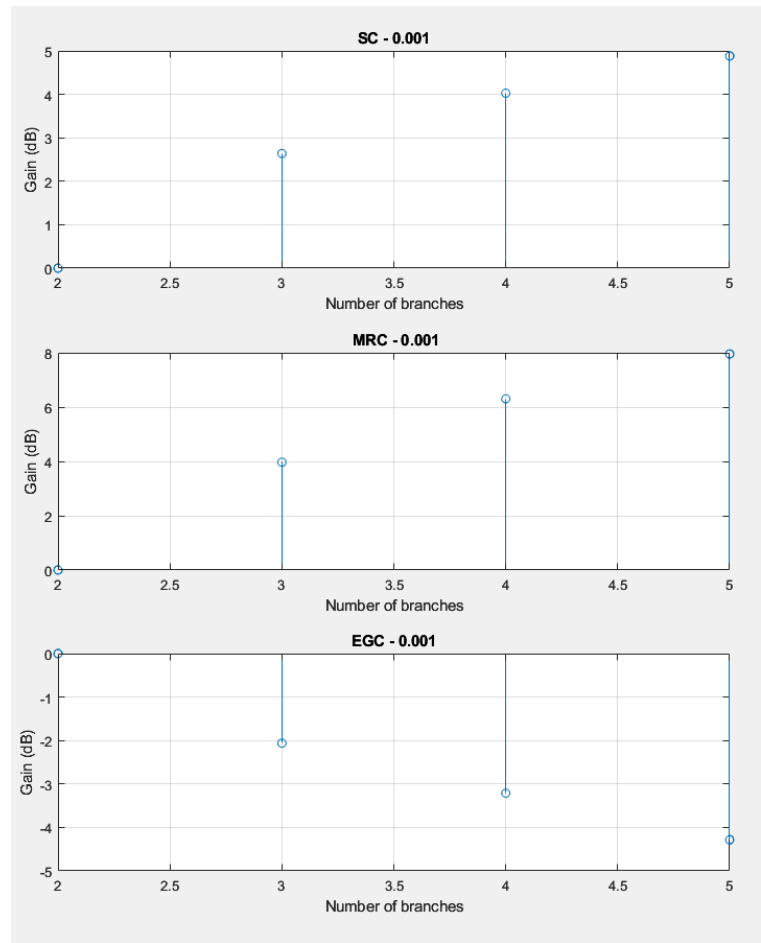
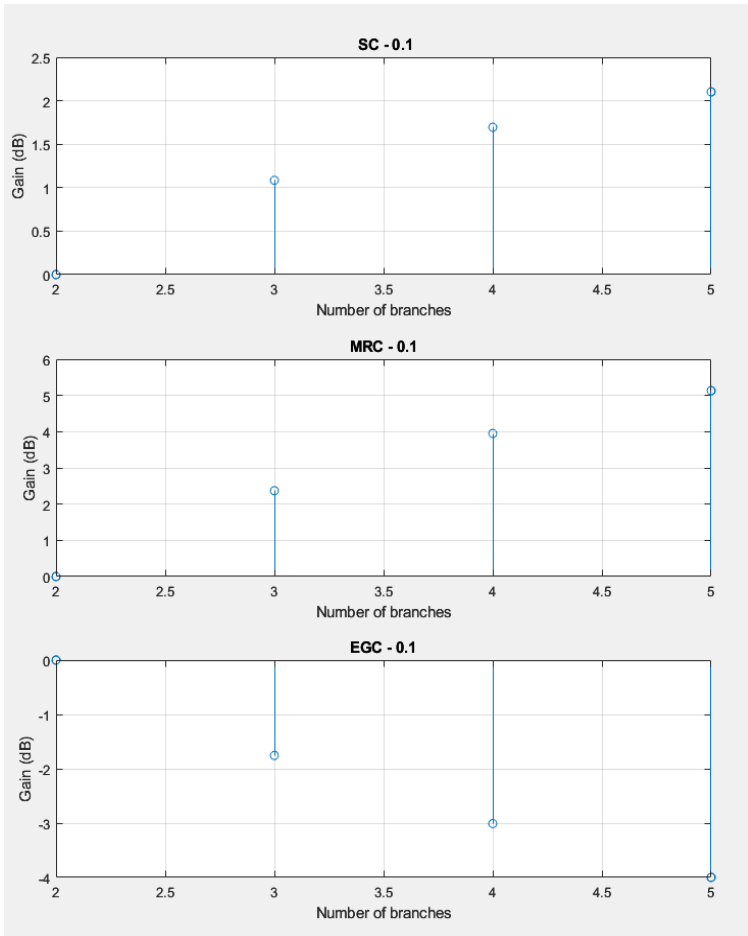


Το κοινό διάγραμμα για τις 3 τεχνικές για 3 κλάδους και την περίπτωση του ενός κλάδου φαίνεται παρακάτω:



Σχόλια: Στο τελευταίο διάγραμμα γίνεται μία σύγκριση του performance των τριών τεχνικών για ίδιο αριθμό branches ($L=3$) και συμπεραίνουμε ότι SC and MRC έχουν παρόμοια επίδοση ενώ το EGC έχει χειρότερη. Καθώς το L αυξάνεται, στο MRC και στο SC η Poutage μειώνεται ενώ στο EGC συμβαίνει το αντίστροφο.

Δ)

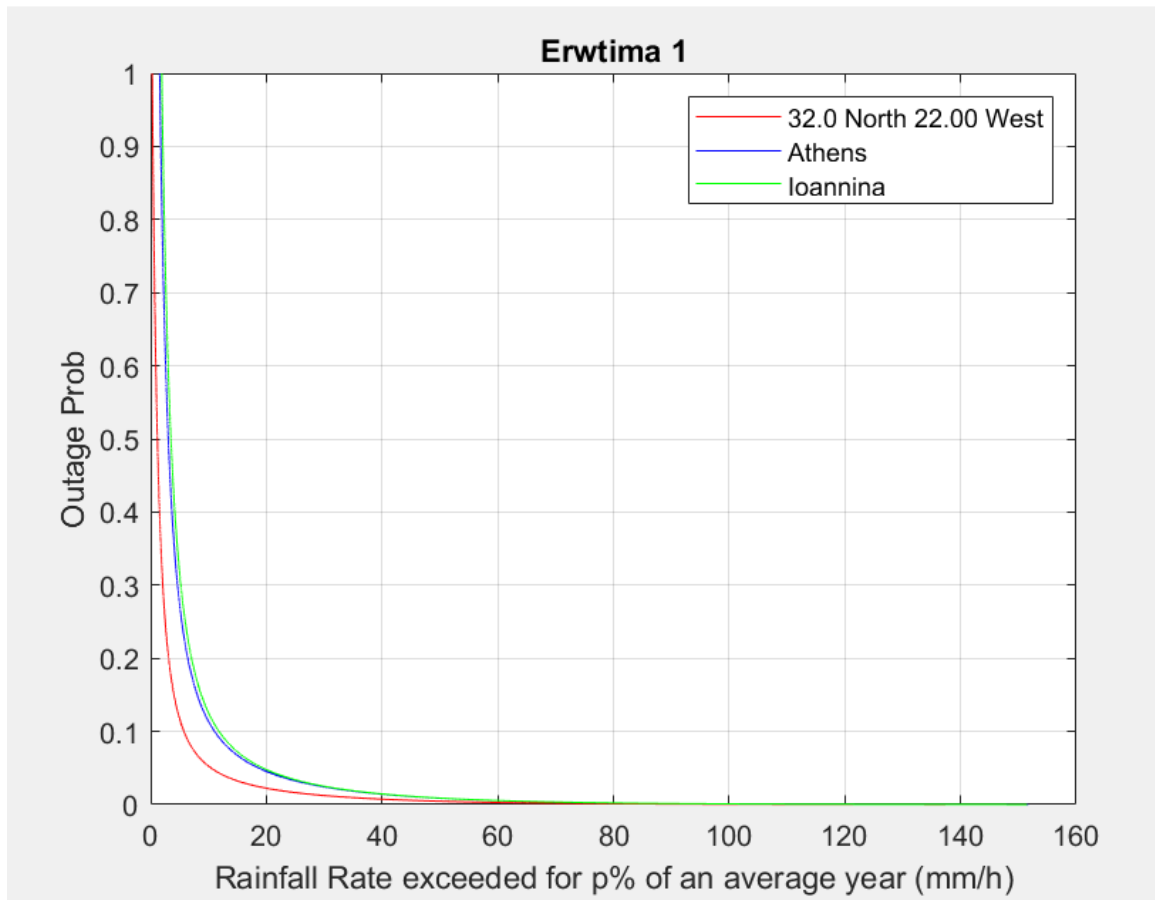


Όπως ήταν αναμενόμενο, το κέρδος αυξάνεται καθώς αυξάνεται ο αριθμός των branches και για τα τρία συστήματα. Επίσης, το κέρδος είναι υψηλότερο για υψηλότερο όριο, που συνεπάγεται μεγαλύτερη πιθανότητα ανίχνευσης αλλά και μεγαλύτερη πιθανότητα ψευδούς συναγερμού.

Όσον αφορά την απόδοση των συστημάτων, τα διαγράμματα υποδεικνύουν ότι το SC υπερτερεί των MRC και EGC, ειδικά για χαμηλότερο όριο. Αυτό συμβαίνει επειδή το SC συνδυάζει όλους τους κλάδους με ίση στάθμιση, και ως εκ τούτου, μπορεί να προσφέρει καλύτερο κέρδος διαφοροποίησης από τα άλλα δύο. Από την άλλη πλευρά, το MRC δίνει υψηλότερο κέρδος από το EGC για τον ίδιο αριθμό branches, καθώς συνδυάζει τους κλάδους με το μέγιστο SNR.

Θέμα 3ο:

A) Η καμπύλη πιθανότητας υπέρβασης σε συνάρτηση του ρυθμού βροχόπτωσης (mm/hr) για τις τρεις περιοχές φαίνεται παρακάτω:



Σχόλια: Η γραφική παράσταση δείχνει ότι η πιθανότητα διακοπής λειτουργίας αυξάνεται καθώς ο ρυθμός βροχόπτωσης υπερβαίνει ένα υψηλότερο ποσοστό ενός μέσου έτους. Αυτό είναι αναμενόμενο καθώς η βροχόπτωση μπορεί να προκαλέσει εξασθένηση των σημάτων ραδιοκυμάτων, γεγονός που οδηγεί σε μείωση της ισχύος του λαμβανόμενου σήματος.

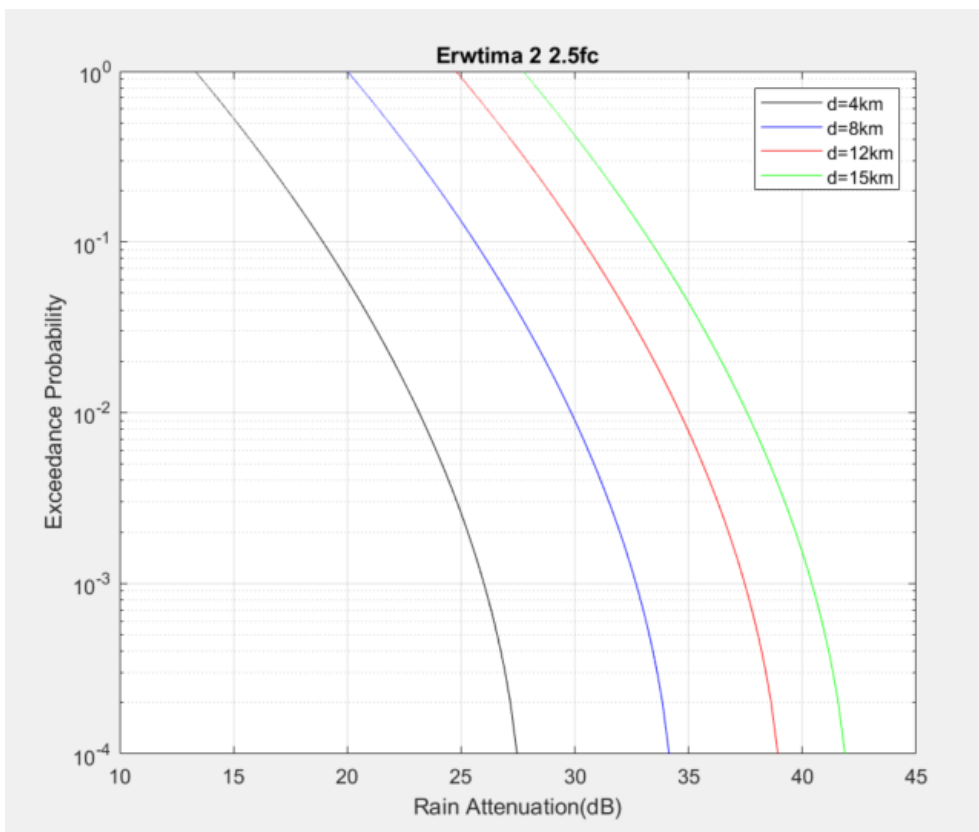
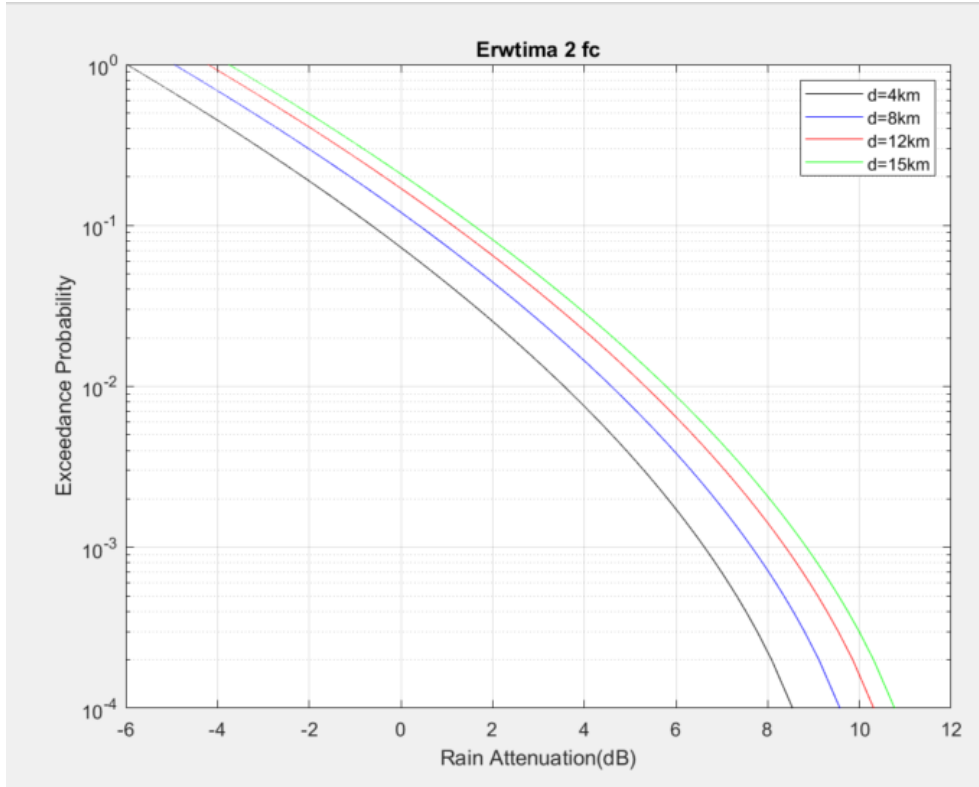
Η γραφική δείχνει επίσης ότι η Πιθανότητα Διακοπής για τη θέση 32 Βόρεια, 22 Δυτικά είναι χαμηλότερη από αυτή για την «Αθήνα» και τα «Ιωάννινα». Αυτό μπορεί να οφείλεται σε έναν συνδυασμό παραγόντων, όπως η θέση της κεραίας λήψης, η γωνία ανύψωσης της διαδρομής του σήματος, το ύψος των κεραιών και οι συγκεκριμένες ατμοσφαιρικές συνθήκες σε κάθε θέση.

B) Υπολογίζουμε την απώλεια διαδρομής και την εξασθένηση λόγω βροχοπτώσεων για διαφορετικές αποστάσεις, χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο διάδοσης. Ο κώδικας χρησιμοποιεί τους συντελεστές για το μοντέλο διάδοσης, οι οποίοι είναι συγκεκριμένοι για τη συχνότητα f_c και την πόλωση t . Ο κώδικας παρέχει συντελεστές για 2 διαφορετικές τιμές f_c .

Η απώλεια διαδρομής υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τον τύπο $L = 1/(0.477d^{0.633R*(f_c)^{0.123} - 10.579*(1-\exp(-0.024*d))})$, όπου d είναι η απόσταση σε μέτρα, f_c είναι η συχνότητα σε GHz και R είναι η ειδική εξασθένηση λόγω βροχής, η οποία υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τους συντελεστές για την καθορισμένη συχνότητα και το ρυθμό βροχόπτωσης. Ο ρυθμός βροχόπτωσης θεωρείται σταθερός στην τιμή που αντιστοιχεί σε πιθανότητα 0,01%, που είναι η τιμή του $rr(2)$ στον κώδικα.

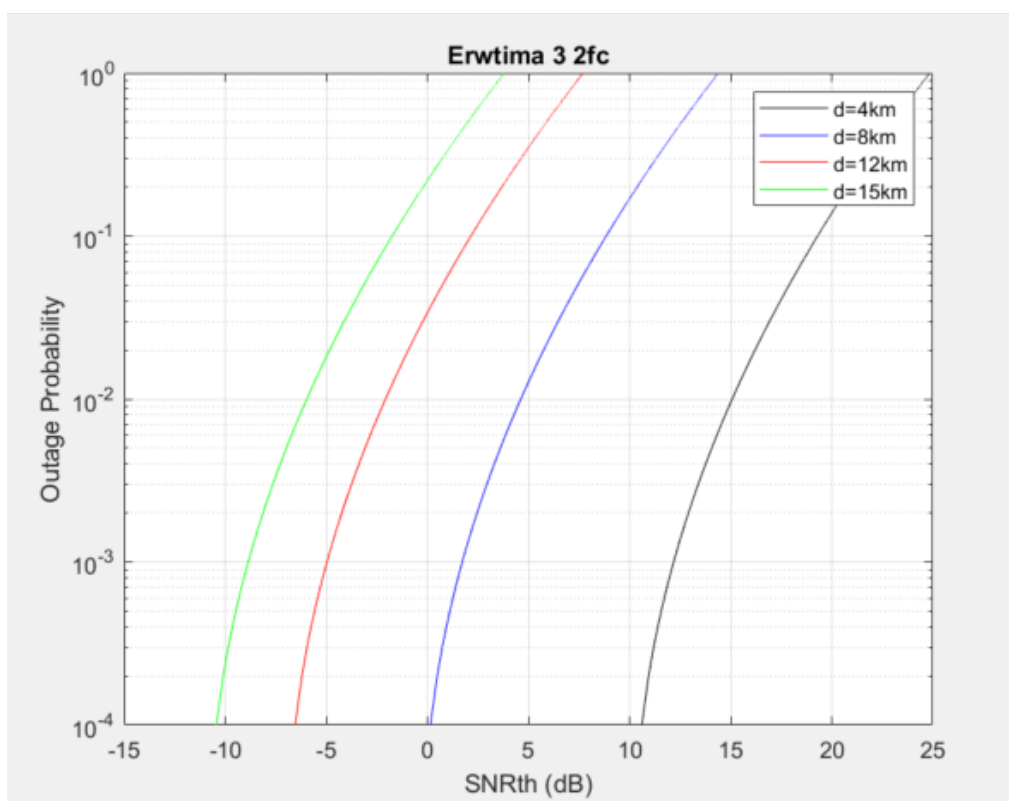
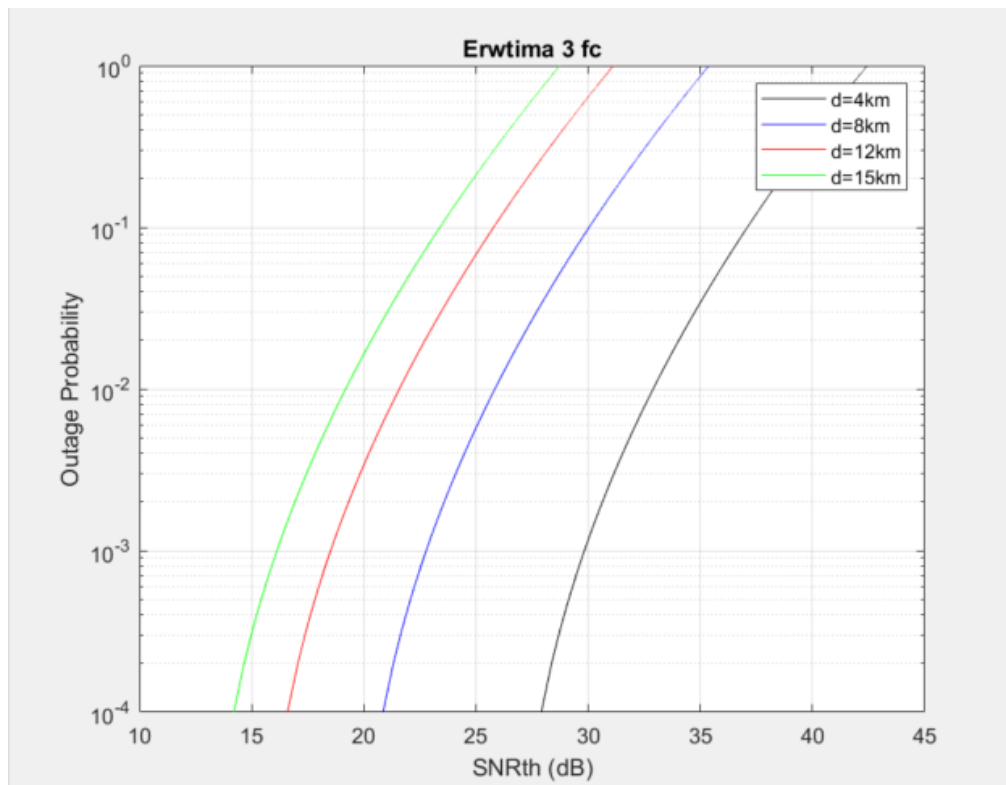
Η εξασθένηση λόγω βροχοπτώσεων υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τον τύπο $A = g_R d$, όπου g_R είναι ο ρυθμός βροχόπτωσης στην απόσταση αναφοράς, ο οποίος υπολογίζεται επίσης χρησιμοποιώντας τους συντελεστές για την καθορισμένη συχνότητα και τον ρυθμό βροχόπτωσης στην απόσταση αναφοράς. Η απόσταση αναφοράς θεωρείται ότι είναι 1 km, που αντιστοιχεί στην τιμή του $rr(2)$ στον κωδικό.

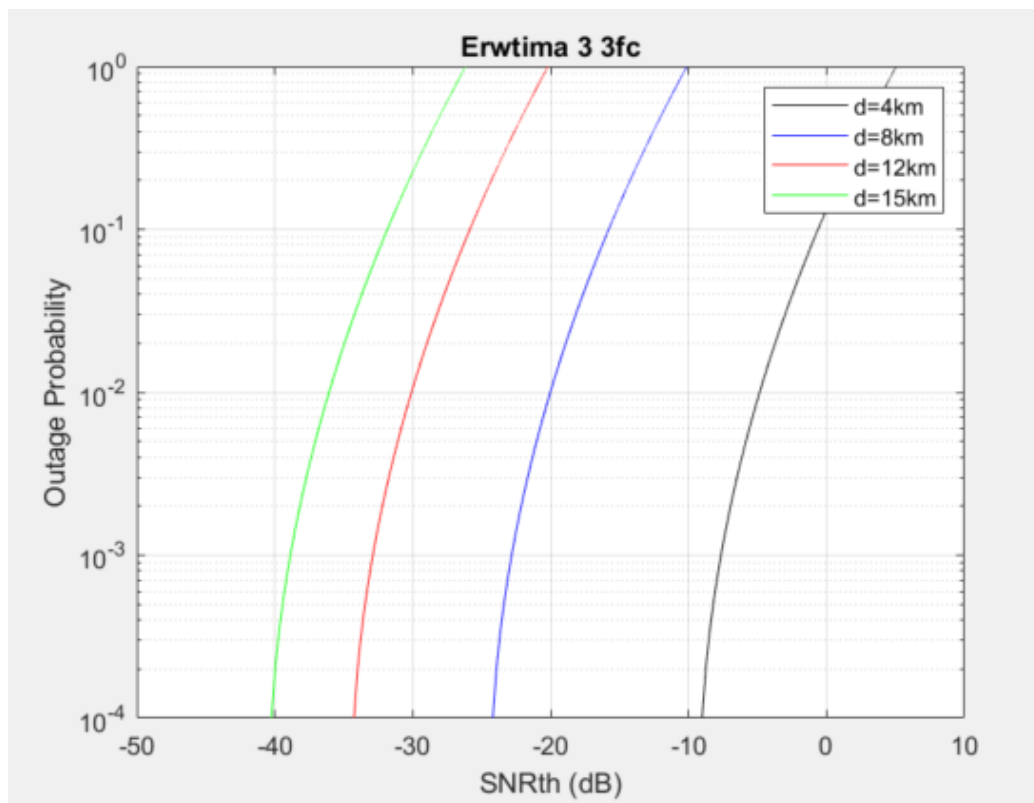
Οι καμπύλες πιθανότητας υπέρβασης για την απόσβεση λόγω βροχής για μήκη ζεύξης 4, 8, 12 και 15 km και για συχνότητες f , $2.5f$ φαίνονται παρακάτω:



Σχόλια: Τα γραφήματα δείχνουν τέσσερις διαφορετικές καμπύλες για τις τέσσερις διαφορετικές αποστάσεις, με την εξασθένηση λόγω της βροχής να αυξάνεται όσο αυξάνεται η απόσταση, με αποτέλεσμα μεγαλύτερες πιθανότητες διακοπής λειτουργίας.

Γ) Η πιθανότητα αποκοπής της ζεύξης συναρτήσει του SNR_{th} για τα παραπάνω μήκη για συχνότητα f και για συχνότητες f , $2f$ και $3f$ φαίνεται παρακάτω:





Σχόλια: Ο κώδικας υπολογίζει το θεωρητικό κατώφλι SNR για τέσσερις διαφορετικές αποστάσεις (4km, 8km, 12km και 15km) χρησιμοποιώντας το μοντέλο λογαριθμικής κανονικής σκίασης.

Αρχικά, υπολογίζει την απώλεια διαδρομής και την εξασθένηση της σκίασης για τρεις διαφορετικές συχνότητες (2fc, 3fc). Στη συνέχεια, υπολογίζει τη λαμβανόμενη ισχύ σε απόσταση d για κάθε συχνότητα, η οποία περιλαμβάνει την απώλεια διαδρομής, τη σκίαση και τα κέρδη της κεραίας.

Στη συνέχεια, δημιουργεί ένα πλέγμα συχνοτήτων και αποστάσεων για τον υπολογισμό της απώλειας ελεύθερου χώρου (FSL) και της ισχύος θορύβου (N) για κάθε σημείο. Χρησιμοποιώντας τη λαμβανόμενη ισχύ, FSL και N, υπολογίζει τον λόγο φορέα προς θόρυβο (CNR ή SNR) για κάθε σημείο συχνότητας και απόστασης.

Τέλος, υπολογίζει το θεωρητικό κατώφλι SNR (SNRth) για κάθε συνδυασμό απόστασης και συχνότητας αφαιρώντας το απαιτούμενο SNR για μια συγκεκριμένη πιθανότητα διακοπής (A_p) από το υπολογιζόμενο SNR (SNRcs) για κάθε σημείο. Οι τιμές A_p που χρησιμοποιούνται είναι 0,1%, 1% και 10%, που αντιστοιχούν σε A_{p4} , A_{p8} , A_{p12} και A_{p15} .

Το θεωρητικό κατώφλι SNR στη συνέχεια σχεδιάζεται σε μια ημιλογαριθμική κλίμακα έναντι της πιθανότητας διακοπής (p) για κάθε απόσταση.

Παρατηρούμε ότι όσο αυξάνεται η συχνότητα το SNR_thr μειώνεται για ίδιες τιμές P_{out}

Δ) Για να αυξήσουμε την πιθανότητα διαθεσιμότητας της ζεύξης υποστήριξης κορμού (backhaul link) μας, μπορούμε να λάβουμε υπόψη τις συστάσεις της ITU-R P.530, P.837 & P.838 που αφορούν στην πρόβλεψη διαλείψεων λόγω βροχής.

Οι διαλείψεις λόγω βροχής στη ζεύξη υποστήριξης κορμού μπορούν να μειωθούν με διάφορους τρόπους. Ορισμένοι από αυτούς είναι:

1. Επιλογή κατάλληλων συχνοτήτων: Σύμφωνα με την ITU-R P.530, οι συχνότητες που είναι επηρεασμένες από τις βροχοπτώσεις είναι αυτές που είναι μεγαλύτερες από 10 GHz. Επιλέγοντας μια συχνότητα λειτουργίας που είναι χαμηλότερη από αυτήν, μπορεί να μειωθεί η επίδραση των βροχοπτώσεων.
2. Χρήση συστημάτων αντιμετώπισης των διαλειπτικών παρεμβολών: Υπάρχουν συστήματα που μπορούν να αντιμετωπίσουν τις διαλειπτικές παρεμβολές από τις βροχοπτώσεις, όπως για παράδειγμα η τεχνολογία Adaptive Coding and Modulation (ACM) ή η χρήση επιπέδου παραμόρφωσης του σήματος (modulation level).
3. Χρήση κατάλληλων αντένας: Οι κατάλληλες αντένες μπορούν να βοηθήσουν στην αποφυγή των διαλειπτικών παρεμβολών λόγω βροχής. Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια αντίστροφη κλίσης (inverted slant).
4. Diversity τεχνικές περιλαμβάνουν τη χρήση πολλαπλών διαδρομών για τη μετάδοση της ίδιας πληροφορίας. Για παράδειγμα, η διαφοροποίηση του χώρου περιλαμβάνει τη χρήση πολλαπλών κεραιών σε κάθε άκρο της ζεύξης για τη μετάδοση του ίδιου σήματος σε διαφορετικές διαδρομές, γεγονός που μπορεί να μειώσει τον αντίκτυπο της εξασθένησης της βροχής στη ζεύξη.
5. Επιπλέον, η εφαρμογή τεχνικών προσαρμοστικής διαμόρφωσης μπορεί επίσης να βελτιώσει τη διαθεσιμότητα συνδέσμων. Η προσαρμοστική διαμόρφωση επιτρέπει την προσαρμογή του σχήματος διαμόρφωσης σε πραγματικό χρόνο με βάση τις τρέχουσες συνθήκες του καναλιού. Χρησιμοποιώντας ένα σχήμα χαμηλότερης διαμόρφωσης σε περιόδους υψηλής βροχόπτωσης, η σύνδεση μπορεί να διατηρήσει μια πιο αξιόπιστη σύνδεση.