



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
"ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ"**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Τεχνοοικονομική μελέτη του mmWave 5G: Περίπτωση της
νήσου Αμοργού**

**Δημήτριος Θ. Παπούλης
Άγγελος Γ. Βανάκας**

Επιβλέπων

Δημήτριος Κατσιάνης, Επίκουρος Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ

ΙΟΥΛΙΟΣ 2024

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τεχνοοικονομική μελέτη του mmWave 5G: Περίπτωση της νήσου Αμοργού

Δημήτριος Θ. Παπούλης

A.M.: M1572

Άγγελος Γ. Βανάκας

A.M.: M1568

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: **Δημήτριος Κατσιάνης, Επίκουρος Καθηγητής**

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ: **Δημήτριος Κατσιάνης, Επίκουρος Καθηγητής**
Δημήτριος Βαρουτάς, Καθηγητής
Αριστείδης Τσίπουρας, Ε.ΔΙ.Π.

Ιούλιος 2024

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτης της τεχνολογίας mmWave 5G ήταν να αναλύσει τις δυνατότητες, τα οφέλη και τις προκλήσεις που σχετίζονται με αυτήν την προηγμένη τεχνολογία επικοινωνιών. Η εν λόγω επιχειρηματική πρωτοβουλία στοχεύει στην ανάπτυξη και εφαρμογή της τεχνολογίας 5G, με προσανατολισμό την επιτάχυνση της εξάπλωσης του δικτύου 5G σε περιφερειακές και λιγότερο ανεπτυγμένες περιοχές, όπου η υπάρχουσα κάλυψη τηλεπικοινωνιακών δικτύων είναι ελλιπής. Βάσει των προϋποθέσεων που ορίστηκαν, ως ιδανική τοποθεσία εγκατάστασης για πρώτη εφαρμογή του επενδυτικού πλάνου επιλέχθηκε η Αμοργός. Το νησί αυξάνει χρόνο με το χρόνο την επισκεψιμότητα του και πιο συγκεκριμένα το 2023 δέχτηκε περισσότερους από 10.000 τουρίστες (νεαρής ηλικίας επί το πλείστον), την ώρα που οι υφιστάμενες υποδομές του μπορούν να καλύψουν ανάγκες τουλάχιστον για τους διπλάσιους. Ταυτόχρονα, στο νησί τη δεδομένη χρονική στιγμή απουσιάζει δίκτυο 5G. Το IRR=27,1% έδειξε πως στην επένδυση αυτή για κάθε ευρώ που επενδύεται, αναμένεται να αποδώσει 27,1% πάνω από το κόστος κεφαλαίου, αν επιβεβαιωθούν οι προβλέψεις. Τέλος, προέκυψε ότι το Νεκρό Σημείο της παραγωγής είναι 316.390Gb internet, που αντιστοιχούν στο 40% των προβλεπόμενων πωλήσεων, επιβεβαιώνοντας ότι πρόκειται για μια ασφαλή επένδυση με σημαντικά περιθώρια κέρδους. Το 5G mmWave αποτελεί μια σημαντική εξέλιξη στην τεχνολογία κινητής τηλεφωνίας και αναμένεται να προσφέρει αναβαθμισμένες επικοινωνίες και νέες εφαρμογές που θα επηρεάσουν την κοινωνία, την οικονομία και την τεχνολογία.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: τεχνολογία επικοινωνιών, mmWave, 5G, εφαρμογές

ABSTRACT

The purpose of this mmWave 5G technology study was to analyze the potential, benefits and challenges associated with this advanced communications technology. This business initiative aims at the development and application of 5G technology, with the aim of accelerating the spread of the 5G network in regional and less developed areas, where the existing coverage of telecommunications networks is insufficient. Based on the conditions defined, Amorgos was chosen as the ideal installation location for the first implementation of the investment plan. The island is increasing its visitations year by year and more specifically in 2023 it received more than 10,000 tourists (mostly young), while its existing infrastructure can meet the needs of at least twice as many. At the same time, there is no 5g network on the island at the given time. The IRR=27.1% showed that in this investment for every euro invested, it is expected to produce a profit of about 27.1%, if things go according to the forecasts. End. it turned out that the Dead Point of the production is 316,390Gb of internet, corresponding to 40% of the projected sales, confirming that it is a safe investment with significant profit margins. 5G mmWave is a major evolution in mobile technology and is expected to deliver upgraded communications and new applications that will impact society, economy and technology.

KEYWORDS: communication technology, mmWave, 5G, applications

Το παρόν αφιερώνεται στους γονείς μας που μας στηρίζουν σε κάθε απόφασή μας και πρόκληση που παρουσιάζεται.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Προς τον καθηγητή μας κ. Κατσιάνη, που ανέλαβε να μας καθοδηγήσει όλο το χρονικό διάστημα εκπόνησης της παρούσας εργασίας, δίνοντάς μας τις κατάλληλες κατευθύνσεις και επισημάνσεις

Προς όλους τους καθηγητές με τους οποίους συνεργαστήκαμε καθ' όλη τη διάρκεια της φοίτησής μας στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών.

Προς τους συμφοιτητές μας Άγγελο, Γρηγόρη και Σάββα, για τις κοινές ανησυχίες και την αλληλοϋποστήριξη.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	11
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	12
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	13
2.1 Τοπίο κινητής τηλεφωνίας στην Ελλάδα.....	13
2.2 Η τεχνολογία mmWave	14
2.3 Πλεονεκτήματα	15
2.4 Μειονεκτήματα	15
2.5 Η τεχνολογία mmWave 5G στη βιομηχανία 4.0 (Industry 4.0).....	21
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	26
3.1 Τεχνοοικονομική μελέτη.....	26
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	40
ΑΝΑΦΟΡΕΣ	44

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Απεικόνιση δεκαετούς εξέλιξης κύκλου εργασιών και EBITDA.....	36
Σχήμα 2: Απεικόνιση κύκλου εργασιών, σταθερών εσόδων και εξόδων.....	38

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Εφαρμογές της τεχνολογίας mmWave.....	17
Εικόνα 2: Σαρωτές ανθρώπινου σώματος.....	17
Εικόνα 3: Εικονική πραγματικότητα.....	18
Εικόνα 4: Απαιτήσεις τοπίου και απόδοσης 5G.....	20
Εικόνα 5: Εφαρμογές της τεχνολογίας mmWave 5G.....	20
Εικόνα 6: Απεικόνιση κάλυψης δικτύων Vodafone.....	28
Εικόνα 7: Απεικόνιση κάλυψης δικτύων Cosmote.....	28
Εικόνα 8: Απεικόνιση κάλυψης δικτύων Nova.....	29
Εικόνα 9: Απεικόνιση της νήσου Αμοργού.....	29
Εικόνα 10: Μέση μηνιαία χρήση δεδομένων ίντερνετ.....	30

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Αριθμός συνδρομητών κινητής τηλεφωνίας ανά πάροχο στην Ελλάδα	13
Πίνακας 2: Μερίδια αγοράς παρόχων κινητής στην Ελλάδα τα προηγούμενα έτη	13
Πίνακας 3: Εξέλιξη αριθμών συνδέσεων κινητής στην Ελλάδα τα προηγούμενα έτη	13
Πίνακας 4: Χρήση ίντερνετ κατά κεφαλήν ανά ημέρα σε βάθος δεκαετίας	30
Πίνακας 5: Πρόβλεψη επισκεψιμότητας της Νήσου Αμοργού σε βάθος δεκαετίας	31
Πίνακας 6: Πρόβλεψη διανυκτερεύσεων των τουριστών που θα επισκεφούν τη Νήσο Αμοργό σε βάθος δεκαετίας	31
Πίνακας 7: Πρόβλεψη ημερών χρέωσης των τουριστών της Νήσου Αμοργού σε βάθος δεκαετίας	31
Πίνακας 8: Δυνητικά έσοδα επένδυσης για δέκα έτη	31
Πίνακας 9: Προυπολογισμός έργου	32
Πίνακας 10: Εκτίμηση αμοιβών και εξόδων προσωπικού	33
Πίνακας 11: Εκτίμηση ενεργειακής κατανάλωσης ανά έτος	34
Πίνακας 12: Πρόβλεψη εξόδων συντήρησης για δέκα έτη	34
Πίνακας 13: Πρόβλεψη ασφαλιστρων παγίων για δέκα έτη	35
Πίνακας 14: Πρόβλεψη εξόδων διάθεσης για δέκα έτη	35
Πίνακας 15: Πρόβλεψη ροών σε βάθος δεκαετίας	36
Πίνακας 16: Υπολογισμός IRR & NRR	37
Πίνακας 17: Απεικόνιση σταθερών και μεταβλητών εξόδων	37
Πίνακας 18: Υπολογισμός Νεκρού σημείου	38
Πίνακας 19: Υπολογισμός ταμειακών ροών χωρίς και με προεξόφληση	39

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σε ένα διαρκώς και ραγδαία μεταβαλλόμενο τεχνολογικά περιβάλλον, οι τηλεπικοινωνίες δεν θα μπορούσαν να μένουν στάσιμες, καθώς οφείλουν να ανταποκρίνονται στις όλο και αυξανόμενες απαιτήσεις του καταναλωτικού κοινού. Με γνώμονα αυτό, και την αδιάκοπη ζήτηση σε όγκο δεδομένων, αλλά και ταχύτητες διασύνδεσης, οι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι ανά τον κόσμο καλούνται να εξελίσσουν συνεχώς όχι μόνο τις ήδη υφιστάμενες υποδομές τους, αλλά και εν γένει την τεχνολογία επικοινωνίας που χρησιμοποιούν.

Η παρούσα εργασία αφορά σε μια διερευνητική προσέγγιση της όλο και περισσότερο αναπτυσσόμενης τεχνολογίας mmWave 5G, ενώ παράλληλα περιλαμβάνει και μια μελέτη αυτής, με απώτερο σκοπό να αναλύσει τις δυνατότητες, τα οφέλη και τις όποιες προκλήσεις της.

Έτσι, παρουσιάζεται μια προσπάθεια μεθοδολογικής απάντησης στο ερώτημα της αποτελεσματικής αξιοποίησης της εν λόγω τεχνολογίας, μέσω της τεχνοοικονομικής μελέτης μίας εικονικής επιχειρηματικής πρωτοβουλίας που έχει ως σκοπό την εξάπλωση του δικτύου mmWave 5G σε περιφερειακές και λιγότερο αναπτυγμένες περιοχές. Συγκεκριμένα, λόγω της γεωμορφολογίας της, με το χαρακτηριστικό επίμηκες σχήμα της, αλλά και της μεγάλης τουριστικής κίνησης που γνωρίζει το νησί τους θερινούς μήνες λόγω αυξανόμενης επισκεψιμότητας -κάτι που συνεπάγεται την αύξηση ζήτησης από τα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα-, επιλέχθηκε ως πεδίο μελέτης η περίπτωση της Αμοργού.

Το παρόν εκπονήθηκε και ολοκληρώθηκε στην Αθήνα τον Ιούλιο του 2024 από τους μεταπτυχιακούς φοιτητές Παπούλη Δημήτριο και Βανάκα Άγγελο, στο πλαίσιο του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα και Δικτυακές Τεχνολογίες», του τμήματος Πληροφορικής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Επιβλέπων καθηγητής του εν λόγω πονήματος ήταν ο κ. Κατσιάνης Δημήτριος.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τεχνολογία mmWave 5G αναμένεται να επανασχεδιάσει το τοπίο των επικοινωνιών, προσφέροντας ασύγκριτες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων, απίστευτη χωρητικότητα και εξαιρετική απόκριση χρόνου. Η τεχνολογία mmWave 5G αναπτύσσεται για να ανταποκριθεί στις αυξανόμενες απαιτήσεις της σύγχρονης κοινωνίας, που απαιτεί υψηλές ταχύτητες δεδομένων και ασφαλείς επικοινωνίες σε πολλούς τομείς όπως η υγεία, η εκπαίδευση, οι μεταφορές και η βιομηχανία. Η τεχνολογία mmWave 5G εκμεταλλεύεται τις υψηλές συχνότητες των mmWaves για να προσφέρει αξιοσημείωτη απόδοση. Τα mmWaves έχουν μεγάλη δυνατότητα μετάδοσης δεδομένων, αλλά παρουσιάζουν προκλήσεις όσον αφορά την κάλυψη και την παρεμβολή. [1]

Η επιτυχία της τεχνολογίας mmWave 5G εξαρτάται από την αποτελεσματική σχεδίαση και διαχείριση του δικτύου, καθώς και από τη χρήση προηγμένων τεχνικών όπως το beamforming και τη χρήση πολλαπλών κεραιών (MIMO). Στην παρούσα εργασία, θα εξετάσουμε την τεχνολογία mmWave 5G και τις δυνατότητές της, καθώς και τις εφαρμογές της σε διάφορους τομείς. Θα αναλύσουμε επίσης τα οφέλη και τις προκλήσεις που σχετίζονται με την εγκατάσταση και την αξιοποίηση της τεχνολογίας mmWave 5G, καθώς και τους απαραίτητους πόρους και το συνολικό κόστος της. Τέλος, θα εξετάσουμε τις προοπτικές και τις ευκαιρίες που προσφέρει η τεχνολογία mmWave 5G για την ανάπτυξη και την πρόοδο της κοινωνίας μας. [2]

Ο σκοπός της μελέτης της τεχνολογίας mmWave 5G είναι να αναλύσει τις δυνατότητες, τα οφέλη και τις προκλήσεις που σχετίζονται με αυτήν την προηγμένη τεχνολογία επικοινωνιών. Μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, αναζητούνται απαντήσεις σε ερωτήματα όπως:

1. Ποιες είναι οι βασικές τεχνολογικές αρχές και λειτουργίες της τεχνολογίας mmWave 5G;
2. Ποια είναι τα οφέλη και οι προοπτικές που προσφέρει η τεχνολογία mmWave 5G σε διάφορους τομείς όπως η υγεία, η εκπαίδευση, οι μεταφορές και η βιομηχανία;
3. Ποιες είναι οι προκλήσεις και οι περιορισμοί που συνδέονται με την εγκατάσταση και τη χρήση της τεχνολογίας mmWave 5G;
4. Ποιος είναι ο αναμενόμενος αντίκτυπος της τεχνολογίας mmWave 5G στην κοινωνία, την οικονομία και την καθημερινή ζωή των ανθρώπων;
5. Ποιοι είναι οι απαραίτητοι πόροι και το συνολικό κόστος που σχετίζονται με την εγκατάσταση και την αξιοποίηση της τεχνολογίας mmWave 5G;
6. Ποιες είναι οι προοπτικές και οι ευκαιρίες που προσφέρει η τεχνολογία mmWave 5G για την ανάπτυξη και την πρόοδο της κοινωνίας μας.

Με βάση αυτές τις απαντήσεις, η μελέτη της τεχνολογίας mmWave 5G βοηθά να κατανοήσουμε το πλήρες δυναμικό της τεχνολογίας και να αποκομίσουμε συμπεράσματα και συστάσεις για την αποτελεσματική αξιοποίησή της στην κοινωνία μας. Για την απάντηση βέβαια στο κύριο ερευνητικό ζήτημα, μεθοδολογικά στην παρούσα εργασία, θα γίνει η προσέγγιση με μια τεχνοοικονομική μελέτη μέσω μίας εικονικής επιχειρηματικής πρωτοβουλίας που έχει ως σκοπό την εξάπλωση του δικτύου 5G σε περιφερειακές και λιγότερο ανεπτυγμένες περιοχές.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Τοπίο κινητής τηλεφωνίας στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, την δεδομένη στιγμή της εκπόνησης του παρόντος, δραστηριοποιούνται ενεργά τρεις πάροχοι υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας. Λαμβάνοντας υπόψη τη συνδρομητική τους βάση, αυτοί κατά σειρά είναι: Cosmote, Vodafone και Nova. [3, 4, 5]

Πάροχοι	Cosmote	Vodafone	Nova
Συνδρομητές	7.157.000	4.309.000	3.200.000

Πίνακας 1: Αριθμός συνδρομητών κινητής τηλεφωνίας ανά πάροχο στην Ελλάδα

Πάροχοι	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Cosmote	45,7	44,5	45,2	45,6	46,3	47,9	46,6	46	46	47,8
Vodafone	28,8	30,4	35,1	35,3	30,9	30,3	28,9	29,2	30,2	30,2
Wind/Nova	25,5	25	19,5	18,7	22,4	21,4	24,5	24,8	23,8	21,9

Πίνακας 2: Μερίδια αγοράς παρόχων κινητής στην Ελλάδα τα προηγούμενα έτη

Λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω στοιχεία και κυρίως τον πίνακα 1, διαπιστώνουμε ότι ο αριθμός συνδρομητών υπερβαίνει τον πληθυσμό της χώρας, κάτι που δείχνει σαφώς την διεισδυτικότητα που έχει η κινητή τηλεφωνία στη χώρα μας εδώ και αρκετά έτη, κάτι που διαπιστώνεται από τον ακόλουθο πίνακα. Η πτώση που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια μπορεί να εξηγηθεί πιθανώς από την οικονομική ύφεση καθώς και την υποχρεωτική πλέον ταυτοποίηση στοιχείων της κάθε σύνδεσης.[6]

Έτος	Συνδέσεις κινητής
2010	14,815,705
2011	14,557,672
2012	15,151,742
2013	15,722,476
2014	15,473,683
2015	15,353,553
2016	15,934,294
2017	16,167,273
2018	15,354,388
2019	14,458,145
2020	13,650,884
2021	13,813,026
2022	13,826,201

Πίνακας 3: Εξέλιξη αριθμών συνδέσεων κινητής στην Ελλάδα τα προηγούμενα έτη

Οι τρεις πάροχοι κατέχουν ολόκληρες σειρές με προθέματα αριθμών κινητής: 690 & 693 (Nova) 694 & 695 (Vodafone) 697 & 698 (Cosmote) και 699 (Nova). Ωστόσο, λόγω του νόμιμου δικαιώματος φορητότητας των συνδρομητών κινητής τηλεφωνίας, δεν ανήκουν πάντα όλοι οι αριθμοί, απαραίτητα, στο φάσμα της εκάστοτε εταιρείας.

Μέχρι το 2007 τέσσερις εταιρείες εκμεταλλεύονταν αποκλειστικά το φάσμα της κινητής τηλεφωνίας στην Ελλάδα. Η Q-Telecom ήταν ο τέταρτος πάροχος κινητής τηλεφωνίας στην Ελλάδα. Ξεκίνησε τη λειτουργία της το 2002 ενώ από το 2005, λειτουργεί με το εμπορικό σήμα "Q" και τις υπηρεσίες της "MyQ". Τον Μάιο του 2007 ενοποιήθηκε με την TIM Hellas η οποία ένα μήνα μετά (5 Ιουνίου) μετονομάστηκε σε WIND Hellas. Οι αριθμοί της ξεκινάνε από 699.

Επίσης στην Ελλάδα, λειτουργούσε μέχρι το 2018, δίκτυο MVNO (Mobile virtual network operator – Εικονικός πάροχος κινητής τηλεφωνίας), η Cyta Hellas, νοικιάζοντας φάσμα και αριθμοσειρές από την Vodafone, η οποία είχε από ελάχιστο έως μικρό αριθμό συνδρομητών. Ενδιαφέρον κατά καιρούς σε δίκτυο MVNO, εξέφρασαν και άλλες εταιρείες.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στη χώρα μας η χρήση υπηρεσιών δεδομένων (data) μέσω δικτύων κινητής τηλεφωνίας όλο και αυξάνεται καθώς το 2021 καταναλώθηκαν 544 εκατομμύρια GB, ενώ το 2022 έγινε κατανάλωση 844 εκατ. GB, που σημαίνει αύξηση σχεδόν 50% σε ένα χρόνο.

Μέσα σε αυτό το τηλεπικοινωνιακό τοπίο καλείται να δημιουργηθεί και να δραστηριοποιηθεί η εικονική εταιρεία μας, με σκοπό την προσπάθεια μεθοδολογικής απάντησης στο ερώτημα της αποτελεσματικής αξιοποίησης της τεχνολογίας mmWave 5G σε περιφερειακές και λιγότερο αναπτυγμένες περιοχές. Εν προκειμένω, η μοντελοποίηση του επιχειρηματικού μας πλάνου θα υλοποιηθεί στο νησί της Αμοργού.

2.2 Η τεχνολογία mmWave

Η τεχνολογία mmWave (millimeter wave) αναφέρεται σε ένα εύρος συχνοτήτων στο φάσμα των ραδιοκυμάτων, το οποίο κυμαίνεται από 30 GHz έως 300 GHz. Οι συχνότητες αυτές είναι υψηλότερες από εκείνες που χρησιμοποιούνται συνήθως για τις ασύρματες επικοινωνίες σήμερα. Η τεχνολογία mmWave χρησιμοποιείται κυρίως για την ασύρματη επικοινωνία υψηλής ταχύτητας, όπως η ασύρματη επικοινωνία 5G. Οι συχνότητες mmWave προσφέρουν πολύ μεγαλύτερο εύρος ζώνης από εκείνες σε χαμηλότερες συχνότητες, επιτρέποντας τη μετάδοση μεγάλου όγκου δεδομένων με πολύ υψηλές ταχύτητες [7].

Ωστόσο, η τεχνολογία mmWave έχει ορισμένες προκλήσεις. Σε αυτές τις υψηλές συχνότητες υπάρχει περιορισμένη εμβέλεια και απορρόφηση από εμπόδια, όπως κτίρια και δέντρα. Αυτό σημαίνει ότι οι σταθμοί βάσης mmWave πρέπει να είναι πολύ κοντά μεταξύ τους για να δημιουργήσουν ένα αξιόπιστο δίκτυο. Για να αντιμετωπιστούν αυτές οι προκλήσεις, οι προμηθευτές εξοπλισμού και οι πάροχοι υπηρεσιών επικοινωνιών αναπτύσσουν νέες τεχνολογίες όπως το beamforming και οι κεραίες πολλαπλών εισόδων-εξόδων (MIMO), που βοηθούν στην αύξηση της εμβέλειας και της αξιοπιστίας των συνδέσεων mmWave [8].

Αν και υπάρχουν προκλήσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψη, η τεχνολογία mmWave αναμένεται να παίξει σημαντικό ρόλο στην επόμενη γενιά ασύρματων επικοινωνιών και να παρέχει ακόμη μεγαλύτερες ταχύτητες και αποδόσεις στις ασύρματες συνδέσεις [9].

2.3 Πλεονεκτήματα

Η τεχνολογία mmWave έχει αρκετά πλεονεκτήματα που την καθιστούν ελκυστική για διάφορες εφαρμογές. Ορισμένα από αυτά τα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν [10]:

1. Υψηλές ταχύτητες: Η τεχνολογία mmWave μπορεί να παρέχει εξαιρετικά υψηλές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στον τομέα των ασύρματων επικοινωνιών, όπου οι χρήστες απαιτούν γρήγορη πρόσβαση σε μεγάλους όγκους δεδομένων, όπως βίντεο υψηλής ανάλυσης και streaming περιεχομένου.
2. Μεγάλη εύρος ζώνης: Οι συχνότητες mmWave προσφέρουν μεγάλη εύρος ζώνης, που επιτρέπει τη μετάδοση μεγάλου όγκου δεδομένων ταυτόχρονα. Αυτό συμβάλλει στη βελτίωση της απόδοσης και της αποτελεσματικότητας του δικτύου.
3. Χαμηλή καθυστέρηση: Η τεχνολογία mmWave παρουσιάζει χαμηλή καθυστέρηση στη μετάδοση δεδομένων, γεγονός που είναι ιδιαίτερα σημαντικό για εφαρμογές πραγματικού χρόνου, όπως τα αυτοκίνητα αυτόνομης οδήγησης, τα οποία απαιτούν αποκρίσεις σε πραγματικό χρόνο.
4. Απευθείας επικοινωνία: Η τεχνολογία mmWave επιτρέπει την απευθείας επικοινωνία μεταξύ συσκευών, χωρίς την ανάγκη δικτύου υποδομής. Αυτό απλοποιεί την εγκατάσταση και τη χρήση της τεχνολογίας και επιτρέπει νέες εφαρμογές, όπως τα ατομικά δίκτυα επικοινωνιών (mesh networks) και η ασύρματη φόρτιση συσκευών.
5. Υψηλή ανάλυση και ακρίβεια: Η τεχνολογία mmWave επιτρέπει υψηλή ανάλυση και ακρίβεια στις ασύρματες επικοινωνίες. Αυτό είναι σημαντικό για εφαρμογές όπως τα ραντάρ, η ιατρική απεικόνιση και οι αισθητήρες περιβάλλοντος.

Αυτά είναι μερικά από τα κύρια πλεονεκτήματα της τεχνολογίας mmWave. Ωστόσο, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, υπάρχουν και προκλήσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψη, όπως η περιορισμένη εμβέλεια και η απορρόφηση από εμπόδια.

2.4 Μειονεκτήματα

Παρά τα πλεονεκτήματα που αναφέρθηκαν προηγουμένως, η τεχνολογία mmWave επίσης αντιμετωπίζει ορισμένα μειονεκτήματα. Αυτά περιλαμβάνουν [11]:

1. Περιορισμένη εμβέλεια: Οι συχνότητες mmWave έχουν περιορισμένη εμβέλεια σε σύγκριση με τις χαμηλότερες συχνότητες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα ραδιοκύματα σε αυτές τις υψηλές συχνότητες απορροφούνται ευκολότερα από εμπόδια, όπως κτίρια, δέντρα και ακόμη και από τον αέρα. Αυτό σημαίνει ότι οι σταθμοί βάσης mmWave πρέπει να είναι σχετικά κοντά μεταξύ τους για να δημιουργηθεί ένα αξιόπιστο δίκτυο.
2. Απορρόφηση από εμπόδια: Οι υψηλές συχνότητες των mmWave επηρεάζονται σημαντικά από εμπόδια όπως τοίχοι, παράθυρα, δέντρα και βροχή. Αυτό μπορεί να προκαλέσει απώλεια σήματος και παρεμβολές, με αποτέλεσμα να μειώνεται η απόδοση και η αξιοπιστία των συνδέσεων.
3. Υψηλό κόστος υποδομής: Η υλοποίηση της τεχνολογίας mmWave απαιτεί την εγκατάσταση πυκνής δικτύωσης σταθμών βάσης λόγω της περιορισμένης εμβέλειας. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερο κόστος για την ανάπτυξη του δικτύου και την αγορά του απαραίτητου εξοπλισμού.

Αυτά είναι μερικά από τα μειονεκτήματα που συνδέονται με την τεχνολογία mmWave. Παρά τα προκλήσεις αυτές, οι επιχειρήσεις και οι ερευνητικοί φορείς συνεχίζουν να

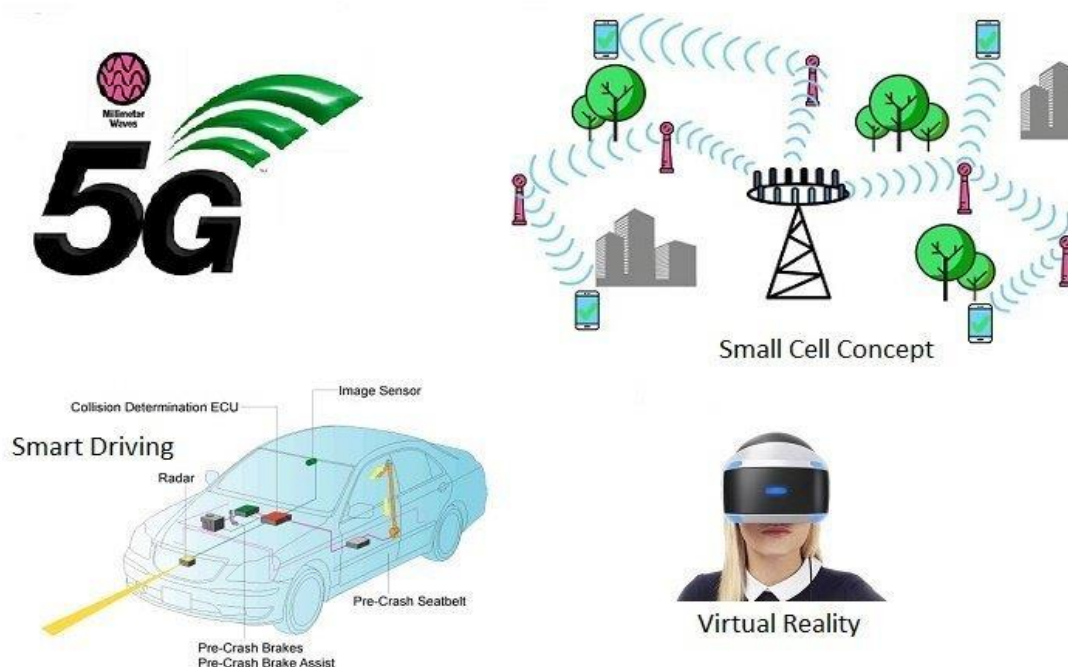
αναπτύσσουν την τεχνολογία και να αντιμετωπίζουν αυτά τα προβλήματα για την επίτευξη βελτιωμένων ασύρματων επικοινωνιών.

Εφαρμογές της τεχνολογίας mmWave

Η τεχνολογία mmWave έχει εφαρμογές σε πολλούς τομείς. Ορισμένες από αυτές περιλαμβάνουν [12, 13]:

1. Ασύρματες επικοινωνίες 5G: Η τεχνολογία mmWave χρησιμοποιείται στα δίκτυα 5G για την παροχή υψηλών ταχυτήτων μετάδοσης δεδομένων. Οι υψηλές συχνότητες επιτρέπουν τη μετάδοση μεγάλου όγκου δεδομένων, επιτρέποντας γρήγορη πρόσβαση σε βίντεο, απεικόνιση υψηλής ανάλυσης και εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας.
2. Αυτοκίνητα αυτόνομης οδήγησης: Οι συχνότητες mmWave χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία ανάμεσα στα αυτοκίνητα αυτόνομης οδήγησης και την υποδομή δικτύου. Αυτό επιτρέπει την ανταλλαγή δεδομένων σχετικά με τη θέση, την ταχύτητα και άλλες πληροφορίες για να επιτευχθεί ασφαλής και αποτελεσματική οδήγηση.
3. Ραντάρ: Η τεχνολογία mmWave χρησιμοποιείται σε ραντάρ για ανίχνευση και απεικόνιση αντικειμένων. Οι υψηλές συχνότητες προσφέρουν υψηλή ανάλυση και ακρίβεια, καθιστώντας τα χρήσιμα για εφαρμογές όπως ο εντοπισμός αντικειμένων σε αυτοκίνητα, η αποτύπωση περιβάλλοντος και η αποφυγή συγκρούσεων.
4. Ιατρική απεικόνιση: Η τεχνολογία mmWave χρησιμοποιείται στην ιατρική απεικόνιση, όπως η μαγνητική τομογραφία υψηλής ανάλυσης. Οι υψηλές συχνότητες επιτρέπουν την αποτύπωση λεπτών δομών και την εντοπισμό παθήσεων σε μικρής κλίμακας επίπεδο.
5. Ασύρματη φόρτιση: Η τεχνολογία mmWave χρησιμοποιείται για την ασύρματη φόρτιση συσκευών. Οι υψηλές συχνότητες επιτρέπουν την αποτελεσματική μεταφορά ισχύος σε ασύρματη βάση, επιτρέποντας τη φόρτιση συσκευών χωρίς την ανάγκη καλωδίων.

Αυτές είναι μόνο μερικές από τις εφαρμογές της τεχνολογίας mmWave, καθώς η έρευνα και η ανάπτυξη συνεχίζονται για να ανακαλύψουν νέους τρόπους χρήσης αυτής της υψηλής συχνότητας.



Εικόνα 1: Εφαρμογές της τεχνολογίας mmWave

Οι σαρωτές ανθρώπινου σώματος με την τεχνολογία mmWave γίνονται δημοφιλείς στις μέρες μας. Έχει την ικανότητα να σαρώνει με υψηλή ακρίβεια και να προκαλεί λιγότερη βλάβη στον ανθρώπινο οργανισμό. Κολοσσοί τεχνολογίας όπως η Rohde&Schwarz παρουσίασαν πρόσφατα έναν σαρωτή ανθρώπινου σώματος για την ασφάλεια του αεροδρομίου. Χρησιμοποιεί ισχύ εκπομπής 1 mW και λειτουργεί σε εύρος συχνοτήτων μεταξύ 70 GHz και 80 GHz.



Εικόνα 2: Σαρωτές ανθρώπινου σώματος

Η τεχνολογία mmWave χρησιμοποιείται στην εικονική πραγματικότητα για να δημιουργήσει μια ρεαλιστική και καθηλωτική εμπειρία για τον χρήστη. Αυτά τα κύματα μπορούν να δημιουργήσουν ρεαλιστικές τρισδιάστατες εικόνες διεγείροντας τις οπτικές και ακουστικές αισθήσεις του χρήστη. Επιπλέον, μπορούν να παρέχουν απτική ανάδραση, η οποία μπορεί να βελτιώσει περαιτέρω την εμπειρία εικονικής πραγματικότητας.



Εικόνα 3: Εικονική πραγματικότητα

Πυκνή δικτύωση σταθμών βάσης

Η πυκνή δικτύωση σταθμών βάσης είναι μια απαίτηση για την αποτελεσματική χρήση της τεχνολογίας mmWave. Λόγω της φύσης των υψηλών συχνοτήτων, τα κύματα mmWave έχουν περιορισμένη εμβέλεια και δυσκολία στη διείσδυση μέσω εμποδίων, όπως κτίρια και δέντρα. Αυτό σημαίνει ότι οι σταθμοί βάσης mmWave πρέπει να είναι πιο κοντά μεταξύ τους σε σχέση με χαμηλότερες συχνότητες. Η πυκνή διάταξη των σταθμών βάσης mmWave επιτρέπει την αποτελεσματική κάλυψη της περιοχής και την παροχή σταθερής σύνδεσης στους χρήστες. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της εγκατάστασης μικρών κεραιών mmWave σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους, προσφέροντας υψηλή πυκνότητα κάλυψης σε μια περιοχή [14].

Η πυκνή δικτύωση σταθμών βάσης mmWave είναι σημαντική για να αντιμετωπιστούν οι προκλήσεις που συνδέονται με την εμβέλεια και την απώλεια σήματος σε αυτές τις υψηλές συχνότητες. Με περισσότερους σταθμούς βάσης στην περιοχή, επιτυγχάνεται μεγαλύτερη κάλυψη και βελτιωμένη ποιότητα σύνδεσης για τους χρήστες. Ωστόσο, η πυκνή δικτύωση σταθμών βάσης απαιτεί περαιτέρω προκλήσεις σε θέματα όπως το κόστος, ο σχεδιασμός και η διαχείριση του δικτύου, η παροχή επαρκούς παροχής ισχύος και η αποφυγή των παρεμβολών μεταξύ των σταθμών βάσης. Οι προσεκτικές σχεδιαστικές και διαχειριστικές πρακτικές είναι απαραίτητες για την αποτελεσματική υλοποίηση της πυκνής δικτύωσης σταθμών βάσης σε τεχνολογία mmWave [15].

Είναι σημαντικός ο σωστός σχεδιασμός για την αποτελεσματική λειτουργία του δικτύου. Οι κυριότεροι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τη μελέτη του περιβάλλοντος της τεχνολογίας mmWave περιλαμβάνουν τους εξής [16, 17]:

1. Τοπολογία του δικτύου: Πρέπει να μελετηθεί η γεωμετρία του δικτύου, δηλαδή οι τοποθεσίες των σταθμών βάσης και οι περιοχές κάλυψης. Αυτό περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των βέλτιστων σημείων τοποθέτησης των σταθμών βάσης, λαμβάνοντας υπόψη τα εμπόδια και τις απαιτήσεις κάλυψης.
2. Χαρακτηριστικά εμποδίων: Πρέπει να αναλυθούν τα εμπόδια στο περιβάλλον, όπως κτίρια, δέντρα, φυτά και γεωμετρία εδάφους. Αυτό είναι σημαντικό για να

κατανοήσουμε την απορρόφηση, τις ανακλάσεις και την εξάπλωση των κυμάτων mmWave στο περιβάλλον.

3. Συχνότητες και εύρος ζώνης: Η μελέτη πρέπει να περιλαμβάνει την ανάλυση των διαθέσιμων συχνοτήτων και εύρους ζώνης για την τεχνολογία mmWave στη συγκεκριμένη περιοχή. Αυτό μπορεί να επηρεάσει την απόδοση και την αποτελεσματικότητα του δικτύου.
4. Στατικές και δυναμικές παρεμβολές: Οι παρεμβολές από άλλα δίκτυα και συσκευές στην περιοχή πρέπει να αναλυθούν, τόσο στα στατικά όσο και στα δυναμικά επίπεδα. Αυτό περιλαμβάνει τις παρεμβολές από άλλα δίκτυα επικοινωνιών, αλλά και από παρεμβολές που μπορεί να προκληθούν από κίνηση και αλληλεπίδραση με άλλα αντικείμενα στο περιβάλλον.

Η μελέτη του περιβάλλοντος στην τεχνολογία mmWave επιτρέπει τον σχεδιασμό ενός αξιόπιστου και αποδοτικού δικτύου, με ελαχιστοποίηση των παρεμβολών και την εξασφάλιση της βέλτιστης κάλυψης και σύνδεσης για τους χρήστες.

Εξασφάλιση της βέλτιστης κάλυψης στην τεχνολογία mmWave

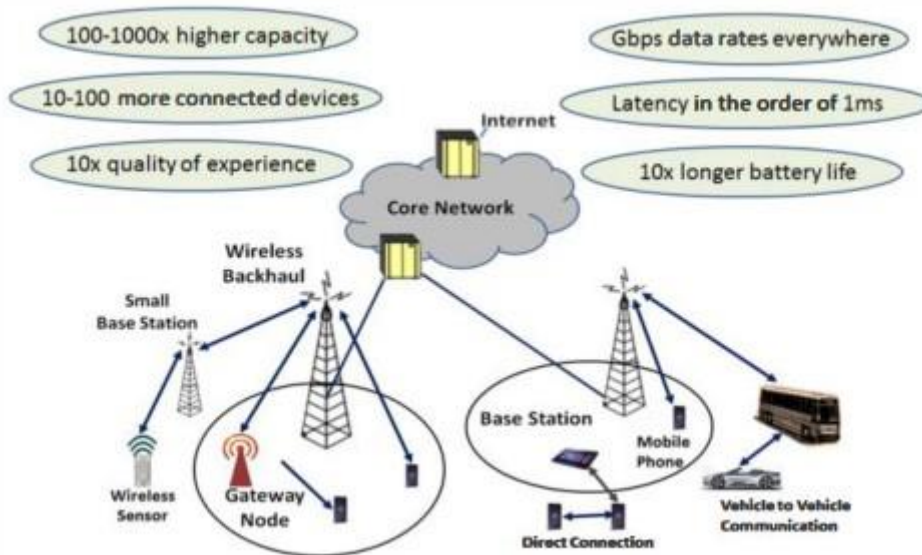
Η εξασφάλιση της βέλτιστης κάλυψης στην τεχνολογία mmWave περιλαμβάνει τη λήψη μέτρων για να εξασφαλιστεί η αξιόπιστη σύνδεση και η υψηλή ποιότητα υπηρεσιών για τους χρήστες. Οι κύριες πτυχές που πρέπει να ληφθούν υπόψη για τη βέλτιστη κάλυψη είναι οι εξής [18]:

1. Σχεδιασμός και τοποθέτηση σταθμών βάσης: Οι σταθμοί βάσης mmWave πρέπει να τοποθετηθούν σε σημεία που εξασφαλίζουν την καλύτερη εμβέλεια και κάλυψη για τους χρήστες. Αυτό περιλαμβάνει τη μελέτη της γεωμετρίας του δικτύου, την ανάλυση του εδάφους και των εμποδίων, καθώς και τη χρήση κατάλληλων αλγορίθμων για τον βέλτιστο σχεδιασμό του δικτύου.
2. Κατεύθυνση των κεραιών: Οι κεραιές των σταθμών βάσης πρέπει να εστιάσουν το σήμα στις επιθυμητές περιοχές κάλυψης και να μειώσουν τις ανεπιθύμητες ανακλάσεις και παρεμβολές. Ο σχεδιασμός της κατεύθυνσης των κεραιών πρέπει να βασίζεται σε μελέτες περιβαλλοντικών παραμέτρων και αλγορίθμους βελτιστοποίησης.
3. Συνδυασμός με άλλες τεχνολογίες: Η τεχνολογία mmWave μπορεί να συνδυαστεί με άλλες τεχνολογίες επικοινωνιών, όπως η τεχνολογία Sub-6 GHz, για να επιτευχθεί καλύτερη κάλυψη και απόδοση. Ο σωστός σχεδιασμός και η διαχείριση της συνεργασίας μεταξύ των διαφορετικών τεχνολογιών είναι σημαντικοί παράγοντες για τη βέλτιστη κάλυψη.
4. Διαχείριση απορροφήσεων και ανακλάσεων: Η τεχνολογία mmWave μπορεί να αντιμετωπίζει προκλήσεις λόγω των απορροφήσεων και ανακλάσεων των κυμάτων σε αντικείμενα και εμπόδια. Η διαχείριση αυτών των φαινομένων μπορεί να περιλαμβάνει τη χρήση προηγμένων αλγορίθμων σήματος, την προσαρμογή της κατεύθυνσης των κεραιών και τη χρήση πολλαπλών κεραιών για να επιτευχθεί βέλτιστη κάλυψη.

Ο συνδυασμός των παραπάνω παραγόντων και ο σχεδιασμός του δικτύου με βάση τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος είναι απαραίτητοι για να εξασφαλιστεί η βέλτιστη κάλυψη της τεχνολογίας mmWave και η άριστη απόδοση του δικτύου.

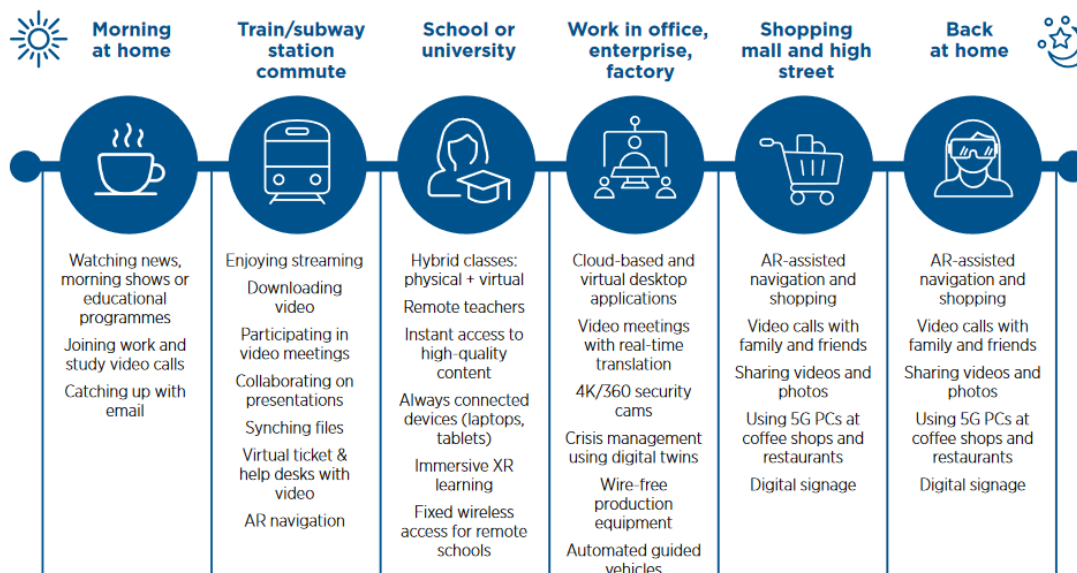
Το τοπίο του συστήματος επικοινωνιών 5G, που απεικονίζεται στην εικόνα 4. περιλαμβάνει ετερογενή δικτυακή υποδομή, ασύρματο backhaul, πύλες πολλαπλών συχνοτήτων και άμεσες επικοινωνίες από συσκευή σε συσκευή. Προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι απαιτήσεις 5G, απαιτείται έρευνα τόσο από την πλευρά της συσκευής

όσο και από την πλευρά του δικτύου. Οι συσκευές πρέπει να μπορούν να μεταδίδουν και να λαμβάνουν υψηλότερους ρυθμούς δεδομένων με χαμηλότερο ή ίσο κόστος με τις σημερινές συσκευές και το δίκτυο πρέπει να μπορεί να ενσωματώνει και να διαχειρίζεται ετερογενή στοιχεία δικτύου με απρόσκοπτο τρόπο για να παρέχει τη βέλτιστη εμπειρία εξυπηρέτησης.



Εικόνα 4: Απαιτήσεις τοπίου και απόδοσης 5G

Η τεχνολογία 5G mmWave μπορεί να χρησιμοποιηθεί σχεδόν σε οποιαδήποτε τοποθεσία, για παράδειγμα στο σπίτι, σε κόμβους μεταφορών, πανεπιστήμια, γραφεία και χώρους ψυχαγωγίας (GSMA).



Εικόνα 5: Εφαρμογές της τεχνολογίας mmWave 5G

Τεχνικές για την κάλυψη του δικτύου mmWave 5G

Η κάλυψη του δικτύου mmWave 5G αποτελεί μια πρόκληση λόγω της χαμηλής διείσδυσης και της περιορισμένης εμβέλειας των υψηλών συχνοτήτων mmWave.

Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένες τεχνικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βελτιστοποιηθεί η κάλυψη του δικτύου mmWave 5G [19]:

1. Χρήση πολλαπλών κεραιών (MIMO): Η τεχνική MIMO επιτρέπει τη χρήση πολλαπλών κεραιών για τη μετάδοση και τη λήψη σημάτων. Αυτό μπορεί να βελτιώσει την απόδοση και την κάλυψη του δικτύου, επιτρέποντας τη μετάδοση διαφορετικών δεδομένων από διάφορες κεραιές και την αύξηση της χωρητικότητας.
2. Τεχνικές beamforming: Το beamforming είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται για να στείλει στενά διαμορφωμένα σήματα σε συγκεκριμένες κατευθύνσεις. Με το beamforming, οι σταθμοί βάσης μπορούν να προσανατολίσουν την ενέργεια του σήματος προς συγκεκριμένους αποδέκτες, βελτιώνοντας έτσι την κάλυψη και την ποιότητα του σήματος.
3. Χρήση επαναλαμβανόμενων σταθμών βάσης: Οι επαναλαμβανόμενοι σταθμοί βάσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ενισχύσουν το σήμα και να επεκτείνουν την κάλυψη του δικτύου. Μπορούν να τοποθετηθούν σε σημεία με κακή κάλυψη και να λειτουργούν ως ενισχυτές σήματος για να διασφαλίσουν την καλή σύνδεση των χρηστών.
4. Σωστή τοποθέτηση κεραιών: Η σωστή τοποθέτηση των κεραιών είναι σημαντική για την εξασφάλιση βέλτιστης κάλυψης. Οι κεραιές πρέπει να τοποθετούνται σε θέσεις που εξασφαλίζουν την καλύτερη δυνατή ορατότητα και γωνία κάλυψης, λαμβάνοντας υπόψη τα εμπόδια και τη γεωγραφία της περιοχής.

Αυτές είναι μερικές από τις τεχνικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της κάλυψης του δικτύου mmWave 5G. Καθένας από αυτούς τους παράγοντες πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη του δικτύου για να εξασφαλιστεί η βέλτιστη απόδοση της τεχνολογίας mmWave 5G.

Συνολικά, ο σωστός σχεδιασμός και η τοποθέτηση των κεραιών σε κατάλληλες θέσεις είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη αξιόπιστης κάλυψης και απόδοσης στην τεχνολογία mmWave 5G.

2.5 Η τεχνολογία mmWave 5G στη βιομηχανία 4.0 (Industry 4.0)

Οι εφαρμογές Industry 4.0, όπως ο έλεγχος διαδικασιών, η αυτοματοποίηση και η έξυπνη παραγωγή, μπορούν να επωφεληθούν από τις δυνατότητες της τεχνολογίας mmWave 5G για να επιτύχουν υψηλή απόδοση, αξιοπιστία και ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στον τομέα της κινητής τηλεφωνίας και της επικοινωνίας. Η τεχνολογία mmWave 5G μπορεί να υποστηρίξει πολλές εφαρμογές στο πλαίσιο της Industry 4.0. Ορισμένα παραδείγματα είναι τα εξής [20, 21]:

1. Έξυπνη Παραγωγή (Smart Manufacturing): Η τεχνολογία mmWave 5G μπορεί να επιτρέψει τη συνεργασία μεταξύ αισθητήρων, μηχανών και ρομπότ για την αυτοματοποίηση και τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών παραγωγής. Μέσω της ασύρματης επικοινωνίας mmWave 5G, μπορούν να διακομιστούν αυτόματα δεδομένα και εντολές μεταξύ των συσκευών, επιτρέποντας την πραγματοποίηση προηγμένων διαδικασιών όπως η παραγωγή με βάση τη ζήτηση και η ευέλικτη προσαρμογή της γραμμής παραγωγής.
2. Έξυπνη Διακίνηση Εμπορευμάτων (Smart Logistics): Η τεχνολογία mmWave 5G μπορεί να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα των λογιστικών διαδικασιών μέσω της ασύρματης επικοινωνίας υψηλής ταχύτητας. Αυτό μπορεί να συμπεριλαμβάνει την παρακολούθηση και διαχείριση του αποθέματος, την αυτόματη καταγραφή και ανταλλαγή δεδομένων για τις παραδόσεις και τον έλεγχο ποιότητας, καθώς και την αυξημένη ακρίβεια στην πρόβλεψη των αναγκών σε προϊόντα και υλικά.

3. Έξυπνα Συνδεδεμένοι Κόσμοι (Smart Connected Worlds): Η τεχνολογία mmWave 5G μπορεί να ενισχύσει τη σύνδεση μεταξύ ανθρώπων, συσκευών και αντικειμένων, δημιουργώντας έξυπνα συνδεδεμένους κόσμους. Μέσω της υψηλής ταχύτητας και της χαμηλής καθυστέρησης της τεχνολογίας mmWave 5G, μπορεί να επιτευχθεί η πραγματοποίηση προηγμένων εφαρμογών όπως η εικονική πραγματικότητα, η αυτόνομη οδήγηση, η εξομοίωση και ο τηλεχειρισμός μηχανημάτων.
4. Έξυπνες Πόλεις (Smart Cities): Η τεχνολογία mmWave 5G μπορεί να συμβάλει στην ανάπτυξη έξυπνων πόλεων, βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής των κατοίκων και την αποτελεσματικότητα των υπηρεσιών. Μέσω της υψηλής ταχύτητας και της αποτελεσματικής συνδεσιμότητας της τεχνολογίας mmWave 5G, μπορούν να επιτευχθούν εφαρμογές όπως η έξυπνη διαχείριση των κυκλοφοριακών συμφορήσεων, η ενεργειακή αποδοτικότητα, η ασφάλεια της πόλης και η διαχείριση των απορριμμάτων.

Αυτά είναι μερικά παραδείγματα εφαρμογών που μπορούν να αξιοποιηθούν με τη χρήση της τεχνολογίας mmWave 5G στο πλαίσιο της Industry 4.0. Η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας ανοίγει το δρόμο για νέες και πρωτοποριακές εφαρμογές που μπορούν να ενισχύσουν την απόδοση και την ανταγωνιστικότητα των επιχειρήσεων σε διάφορους τομείς.

Η τεχνολογία mmWave 5G σε παγκόσμιο επίπεδο

Η τεχνολογία mmWave 5G έχει εισαχθεί και δοκιμαστεί σε πολλές χώρες παγκοσμίως. Ορισμένες από τις χώρες που έχουν επενδύσει σημαντικά στην ανάπτυξη της τεχνολογίας mmWave 5G περιλαμβάνουν τις Ηνωμένες Πολιτείες, την Κίνα, την Νότια Κορέα, την Ιαπωνία και την Αυστραλία. Συγκεκριμένα, οι Ηνωμένες Πολιτείες έχουν επιδείξει μεγάλο ενδιαφέρον και πρωτοπορία στην ανάπτυξη της τεχνολογίας mmWave 5G. Οι αμερικανικοί πάροχοι τηλεπικοινωνιών έχουν ξεκινήσει εμπορικές δοκιμές και αναπτύσσουν επικοινωνιακά δίκτυα mmWave 5G σε πόλεις όπως η Νέα Υόρκη, η Λος Άντζελες, η Σαν Φρανσίσκο και άλλες. Παράλληλα, η Κίνα έχει επίσης επενδύσει σημαντικά στην ανάπτυξη της τεχνολογίας mmWave 5G. Κινεζικές εταιρείες τηλεπικοινωνιών έχουν πραγματοποιήσει δοκιμές και εισάγουν εμπορικά δίκτυα mmWave 5G σε πόλεις όπως Πεκίνο, Σαγκάη, Γκουανγκζού και άλλες μεγάλες αστικές περιοχές. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η τεχνολογία mmWave 5G εξαπλώνεται συνεχώς σε περισσότερες χώρες καθώς οι πάροχοι τηλεπικοινωνιών συνεχίζουν να επενδύουν σε αυτήν τη νέα γενιά δικτύων [22].

Η Νότια Κορέα είναι μία από τις πρωτοπόρες χώρες στην εφαρμογή και ανάπτυξη της τεχνολογίας mmWave 5G. Οι κορεατικοί πάροχοι τηλεπικοινωνιών έχουν κάνει σημαντικές επενδύσεις στην ανάπτυξη και εγκατάσταση δικτύων mmWave 5G σε πολλές πόλεις της χώρας. Η τεχνολογία mmWave 5G έχει εφαρμοστεί ευρέως στη Νότια Κορέα, ειδικά σε αστικές περιοχές όπως Σεούλ, Πουσάν, Ιντσέον και άλλες. Οι πάροχοι τηλεπικοινωνιών έχουν εγκαταστήσει μεγάλο αριθμό κεραιών mmWave 5G για να παρέχουν υψηλές ταχύτητες και απόδοση δεδομένων στους χρήστες. Η Νότια Κορέα έχει υιοθετήσει την τεχνολογία mmWave 5G για να υποστηρίξει προηγμένες υπηρεσίες και εφαρμογές, όπως εικονική πραγματικότητα, αυτόνομα οχήματα, αυξημένη πραγματικότητα, υγεία από απόσταση και άλλες προηγμένες τεχνολογίες που απαιτούν υψηλές ταχύτητες δεδομένων και χαμηλή καθυστέρηση δικτύου [23].

Η Ιαπωνία είναι μία από τις χώρες που έχει επενδύσει σημαντικά στην τεχνολογία mmWave 5G. Οι ιαπωνικοί πάροχοι τηλεπικοινωνιών έχουν αναπτύξει δίκτυα mmWave 5G σε πολλές περιοχές της χώρας. Συγκεκριμένα, η Ιαπωνία έχει εφαρμόσει την τεχνολογία mmWave 5G σε αστικές περιοχές όπως Τόκιο, Οσάκα, Ιοκοχάμα και άλλες

μεγάλες πόλεις. Οι πάροχοι τηλεπικοινωνιών έχουν επενδύσει σε κεραιές mmWave 5G και έχουν εγκαταστήσει αρκετές από αυτές για να δημιουργήσουν εκτεταμένα δίκτυα. Η τεχνολογία mmWave 5G στην Ιαπωνία έχει επιτρέψει την εξέλιξη πολλών καινοτόμων εφαρμογών και υπηρεσιών, όπως έξυπνες πόλεις, αυτόνομα οχήματα, εικονική πραγματικότητα, υγεία από απόσταση και άλλες προηγμένες τεχνολογίες που απαιτούν υψηλές ταχύτητες δεδομένων και αξιόπιστη συνδεσιμότητα [24].

Η τεχνολογία mmWave 5G στην Αυστραλία αναπτύσσεται επί του παρόντος και έχει πολλές προοπτικές για μελλοντική εφαρμογή. Οι αυστραλιανές τηλεπικοινωνιακές εταιρείες έχουν δεσμευτεί να επενδύσουν στην ανάπτυξη της τεχνολογίας mmWave 5G, προκειμένου να προσφέρουν υψηλές ταχύτητες δεδομένων και νέες υπηρεσίες στους καταναλωτές. Η Αυστραλία έχει περιβάλλοντα που ευνοούν την εφαρμογή της τεχνολογίας mmWave 5G, καθώς η μεγάλη ευρυζωνική ζήτηση και η αυξανόμενη κίνηση δεδομένων καθιστούν απαραίτητη την εξέλιξη των δικτύων. Η υψηλή συχνότητα λειτουργίας της τεχνολογίας mmWave 5G επιτρέπει τη μετάδοση μεγάλου όγκου δεδομένων σε σύντομο χρονικό διάστημα, καθιστώντας την κατάλληλη για απαιτητικές εφαρμογές όπως την εικονική πραγματικότητα, τα αυτόνομα οχήματα και τις προηγμένες υπηρεσίες υγείας. Παρόλο που η τεχνολογία mmWave 5G είναι αναπτυσσόμενη στην Αυστραλία, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η επέκταση της κάλυψης και η επιτυχής εφαρμογή της εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, όπως η διαθεσιμότητα συχνοτήτων, οι υποδομές και οι ρυθμιστικές προδιαγραφές [25].

Η τεχνολογία mmWave 5G στην Ελλάδα

Η τεχνολογία mmWave 5G είναι μια προηγμένη τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας που υπόσχεται υψηλές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων και χαμηλή καθυστέρηση στην επικοινωνία. Στην Ελλάδα, η εισαγωγή της τεχνολογίας mmWave 5G είναι στα πρώτα στάδια και οι πάροχοι τηλεπικοινωνιών εργάζονται για την ανάπτυξη και επέκταση των δικτύων τους με χρήση αυτής της τεχνολογίας. Η τεχνολογία mmWave 5G απαιτεί την χρήση υψηλής συχνότητας ζώνης, που επιτρέπει τη μετάδοση μεγάλου όγκου δεδομένων, αλλά έχει περιορισμένη εμβέλεια και επηρεάζεται από εμπόδια όπως κτίρια και φυσικά στοιχεία. Για την αποτελεσματική χρήση της τεχνολογίας mmWave 5G, είναι απαραίτητος ο σχεδιασμός και η τοποθέτηση των κεραιών με προσοχή, καθώς και η πυκνή δικτύωση των σταθμών βάσης. Οι πάροχοι τηλεπικοινωνιών στην Ελλάδα επενδύουν στην ανάπτυξη των δικτύων mmWave 5G για να προσφέρουν υψηλές ταχύτητες και προηγμένες υπηρεσίες στους χρήστες. Η εφαρμογή της τεχνολογίας mmWave 5G στην Ελλάδα αναμένεται να επιτρέψει την ανάπτυξη νέων εφαρμογών και υπηρεσιών, όπως έξυπνες πόλεις, αυτόνομα οχήματα, επικοινωνία με υψηλή ανάλυση, εικονική και επαυξημένη πραγματικότητα, υπηρεσίες υγείας και πολλές άλλες [26].

Η επιτυχημένη εφαρμογή της τεχνολογίας mmWave 5G στην Ελλάδα απαιτεί την υποστήριξη και υλοποίηση διάφορων στοιχείων και υποδομών. Ορισμένα από τα βασικά πράγματα που χρειάζονται περιλαμβάνουν [27]:

1. Υποδομή δικτύου: Η ανάπτυξη ενός αξιόπιστου και αποτελεσματικού δικτύου mmWave 5G απαιτεί την εγκατάσταση σταθμών βάσης και κεραιών με επαρκή κάλυψη και χωρητικότητα. Οι πάροχοι τηλεπικοινωνιών πρέπει να επενδύσουν σε αυτήν την υποδομή για να διασφαλίσουν την ευρεία κάλυψη της τεχνολογίας σε διάφορες περιοχές.
2. Συχνότητες ζώνης mmWave: Η εκχώρηση επαρκών συχνοτήτων ζώνης mmWave από τις αρμόδιες αρχές είναι απαραίτητη. Οι υψηλές συχνότητες αυτής της τεχνολογίας επιτρέπουν μεγάλη ταχύτητα μετάδοσης, αλλά έχουν περιορισμένη

εμβέλεια. Επομένως, η κατάλληλη διαχείριση και εκχώρηση των συχνοτήτων αυτών είναι σημαντική για την αποτελεσματική χρήση της τεχνολογίας.

3. Επέκταση οπτικών ινών: Η ανάπτυξη μιας γρήγορης και αξιόπιστης υποδομής οπτικών ινών είναι απαραίτητη για τη μεταφορά του υψηλού όγκου δεδομένων που απαιτεί η τεχνολογία mmWave 5G. Η επέκταση των οπτικών ινών στις περιοχές με κεραιές mmWave 5G είναι σημαντική για να διασφαλιστεί η υψηλή απόδοση και η αξιοπιστία του δικτύου.
4. Αναβάθμιση εξοπλισμού: Οι πάροχοι τηλεπικοινωνιών πρέπει να αναβαθμίσουν τον εξοπλισμό τους για να υποστηρίξουν την τεχνολογία mmWave 5G. Αυτό περιλαμβάνει την αναβάθμιση των σταθμών βάσης, των κεραιών, του περιφερειακού εξοπλισμού και των συσκευών των χρηστών για να είναι συμβατά με την νέα τεχνολογία.

Η επιτυχής εφαρμογή της τεχνολογίας mmWave 5G στην Ελλάδα απαιτεί συνεργασία μεταξύ των παρόχων τηλεπικοινωνιών, των κυβερνητικών φορέων και των αρμόδιων αρχών για την ανάπτυξη και υλοποίηση των αναγκαίων υποδομών και κανονιστικών πλαισίων.

Πώς το 5G μεταμορφώνει τα αθλήματα για τους θεατές

Σε μεγάλα αθλητικά γεγονότα, δεκάδες χιλιάδες άνθρωποι είναι πιθανό να θέλουν να έχουν πρόσβαση σε διαδικτυακές υπηρεσίες ταυτόχρονα. Οι ομάδες του NFL είχαν κατά μέσο όρο 67.254 οπαδούς στους εντός έδρας αγώνες το 2021, αύξηση 1% σε σχέση με την περίοδο πριν από την πανδημία του 2019. Αυτό το καθιστά το αθλητικό πρωτάθλημα με τις περισσότερες επισκέψεις στον κόσμο. Για να εμπλουτίσει την εμπειρία των θεατών από ζωντανά αθλήματα, η Verizon ανέπτυξε δίκτυα κυμάτων χιλιοστών 5G σε 25 γήπεδα του National Football League (NFL) στις ΗΠΑ. Η συνδεσιμότητα μπορεί να επιτρέψει στους θαυμαστές να παρακολουθούν τη δράση από πολλές γωνίες στα τηλέφωνα τους και να απολαμβάνουν παιχνίδια επαυξημένης πραγματικότητας και υπηρεσίες, ενώ διευκολύνει την αγορά τροφίμων, ποτών και εμπορευμάτων. Η Verizon χρησιμοποιεί επίσης το δίκτυό της 5G Ultra Wideband χαμηλής καθυστέρησης, σε συνδυασμό με υπολογιστές αιχμής για φορητές συσκευές, για να επιτρέπει στους θαυμαστές να απολαμβάνουν στατιστικά στοιχεία σε πραγματικό χρόνο. Διευκολύνει επίσης τους θεατές να αγοράζουν εμπορεύματα, τρόφιμα και ποτά, ενώ δυναμικά επιτρέπει στα στάδια του NFL να φιλοξενούν πρόσθετες εκδηλώσεις που μπορούν να επωφεληθούν από προηγμένη συνδεσιμότητα, όπως τουρνουά ηλεκτρονικών αθλημάτων με στατιστικά σε πραγματικό χρόνο για να βοηθήσουν τους θαυμαστές να ενημερώνονται [28].

Πώς το 5G υψηλής χωρητικότητας θα μπορούσε να μεταμορφώσει τα ταξίδια στο μετρό

Μια δοκιμή στη γραμμή 2 του μετρό Seongsu Branch της Σεούλ, διαπίστωσε ότι ένα οπισθοζευκτικό κύκλωμα κυμάτων χιλιοστών 5G (mmWave) μπορεί να αυξήσει τις ταχύτητες του δημόσιου Wi-Fi έως και 25 φορές. Τώρα το Υπουργείο Επιστημών και ΤΠΕ της Νότιας Κορέας συνεργάζεται με τις εταιρείες κινητής τηλεφωνίας της Κορέας για την παροχή κάλυψης 5G mmWave στις γραμμές 2, 5, 6, 7 και 8 του μετρό. Το Υπουργείο Επιστημών και ΤΠΕ της Νότιας Κορέας πιστεύει ότι το δίκτυο 5G θα πρέπει να υποστηρίζει τουλάχιστον 700 Mbps σε κάθε βαγόνι, αυξάνοντας την ικανότητα κινητής ευρυζωνικής σύνδεσης των επιβατών κατά 10 φορές. Η αξιοποίηση των υπηρεσιών 5G mmWave θα βελτιώσει δραματικά τη συνδεσιμότητα σε τοποθεσίες όπου εκατομμύρια Κορεάτες περνούν σημαντικό μέρος της ημέρας τους: Πέντε εκατομμύρια άνθρωποι χρησιμοποιούν το μετρό της Σεούλ καθημερινά και περίπου το 90% από αυτούς έχουν smartphone. Τα στοιχεία της πόλης της Σεούλ δείχνουν ότι ο μέσος επιβάτης ξοδεύει 35,9 λεπτά την ημέρα στο μετρό. Αν και το δίκτυο υψηλής χωρητικότητας 5G θα χρησιμοποιηθεί κυρίως για την παροχή πρόσβασης στο Διαδίκτυο στους επιβάτες, θα

μπορούσε τελικά να αντικαταστήσει το LTE-R, το οποίο χρησιμοποιείται από τον χειριστή του τρένου για τη μετάδοση εικόνων τηλεόρασης CC μέσα από τα βαγόνια του μετρό. Αυτοί οι αποκλειστικοί σύνδεσμοι χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση της ασφάλειας των επιβατών [29].

Πώς το 5G μεταμορφώνει το θέατρο

Το Εθνικό Θέατρο και το Μέγαρο Μουσικής στην Ταϊβάν χρησιμοποίησε ένα ιδιωτικό δίκτυο 5G mmWave για να παρέχει ζωντανές ροές υψηλής ευκρίνειας της παράστασής του από πολλές τοποθεσίες. Η συνδεσιμότητα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να βοηθήσει στη δημιουργία μιας συναρπαστικής τρισδιάστατης εμπειρίας «στυλ Metaverse», στην οποία το κοινό μπορεί να αισθάνεται σαν να βρίσκεται πραγματικά μέσα στην παραγωγή. Η παράσταση είχε 2,5 εκατομμύρια προβολές στο διαδίκτυο. Το Εθνικό Θέατρο και Μέγαρο Μουσικής εκτιμά ότι περισσότερο από το 80% των ανθρώπων που παρακολούθησαν την παραγωγή δεν είχαν πιάει ποτέ σε θέατρο για να απολαύσουν παραστάσεις. Ως αποτέλεσμα, η συνδεσιμότητα 5G βοηθά το Εθνικό Θέατρο και το Μέγαρο Μουσικής να προσεγγίσει νέο κοινό και ενδεχομένως να αυξήσει τα έσοδα και τη συνάφειά του στην Ταϊβάν. Το 5G θα ενισχύσει το ζωντανό θέατρο με τρεις βασικούς τρόπους. Το πρώτο αφορά τη δημιουργία ειδικών εφέ για το κοινό στο θέατρο. Για παράδειγμα, εάν το κοινό φοράει ακουστικά συνδεδεμένα με 5G, οι ψηφιακές πληροφορίες θα μπορούσαν να τοποθετηθούν πάνω από τις ζωντανές εικόνες που βλέπουν οι επισκέπτες. Η δεύτερη ευκαιρία είναι η χρήση του 5G για τη λήψη και παράδοση όλων των ειδών ψηφιακού περιεχομένου, συμπεριλαμβανομένων των ζωντανών ροών παραγωγών, σε άτομα που δεν μπορούν να βρισκονται φυσικά στο κτίριο. Αυτό θα μπορούσε να επιτρέψει στους ανθρώπους να παρακολουθήσουν την παραγωγή σε πολύ μεγάλες οθόνες σε ένα φυσικό θέατρο ή σε ένα εικονικό θέατρο στο Metaverse. Η τρίτη ευκαιρία είναι η χρήση της συνδεσιμότητας 5G για τη δημιουργία ενός εικονικού κόσμου όπου το κοινό μπορεί να βιώσει το θέατρο τόσο σωματικά όσο και εικονικά. Οι επισκέπτες θα χρησιμοποιούσαν ένα avatar για να επισκεφτούν μια εικονική αναπαράσταση ενός θεάτρου στο Metaverse [30,31].

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Τεχνοοικονομική μελέτη

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας θεωρούμε ότι δημιουργείται μία εταιρεία – τηλεπικοινωνιακός πάροχος. Η εν λόγω εικονική επιχειρηματική πρωτοβουλία που στοχεύει στην ανάπτυξη και εφαρμογή της τεχνολογίας 5G, με προσανατολισμό την επιτάχυνση της εξάπλωσης του δικτύου 5G σε περιφερειακές και λιγότερο ανεπτυγμένες περιοχές, όπου η υπάρχουσα κάλυψη τηλεπικοινωνιακών δικτύων είναι ελλιπής. Αντί για την απευθείας προσφορά δικτυακών υπηρεσιών στον τελικό καταναλωτή, η στρατηγική εστιάζει στην ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου δικτύου 5G που θα παρέχεται σε επιχειρήσεις κινητής τηλεφωνίας μέσω συμβάσεων B2B (Business-to-Business). Αυτή η προσέγγιση επιδιώκει την επίτευξη του μέγιστου δυνατού κέρδους με το ελάχιστο δυνατό ρίσκο, μέσω της διασφάλισης σταθερών εσόδων και της εκμετάλλευσης των ευκαιριών που προκύπτουν από την υποεξυπηρετούμενη ζήτηση για υψηλής ταχύτητας δικτυακές υπηρεσίες σε συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές. Αυτό το επιχειρηματικό σχέδιο θα είναι αντικείμενο της τεχνοοικονομικής μελέτης.

Με την υιοθέτηση αυτής της προσέγγισης, η εταιρεία στοχεύει να καταστεί ένας προτιμητέος πάροχος υποδομών 5G για εταιρείες κινητής τηλεφωνίας που επιδιώκουν την επέκταση της κάλυψής τους σε λιγότερο αστικοποιημένες και απόκεντρες περιοχές. Η επιλογή αυτή επιτρέπει την αξιοποίηση υπάρχουσας ζήτησης με μικρότερο κόστος και ρίσκο σε σύγκριση με την ανάπτυξη και λειτουργία δικτύων σε πιο κορεσμένες αγορές, ενώ παράλληλα προσφέρει τη δυνατότητα για σημαντικά κέρδη μέσω της εξασφάλισης μακροχρόνιων συμβατικών σχέσεων. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η επιχείρηση προσδοκά να ενισχύσει την υποδομή τηλεπικοινωνιών σε περιοχές όπου υπάρχει ανάγκη, να μην χαμηλή αλλά υπαρκτή, επιτυγχάνοντας έτσι σταθερά έσοδα και μειωμένο επιχειρηματικό ρίσκο.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, με δεδομένα:

➤ Την απουσία δικτύων υψηλών ταχυτήτων

Η ελλιπής κάλυψη από υψηλής ταχύτητας δίκτυα σε αραιοκατοικημένες και δύσβατες περιοχές, λόγω της απροθυμίας των μεγάλων τηλεπικοινωνιακών εταιρειών να πραγματοποιήσουν επενδύσεις με χαμηλή αναμενόμενη απόδοση.

➤ Τον βαθμό δυσκολίας και ρίσκου

Η πρόκληση για μια νεοσύστατη εταιρεία να προσφέρει ανταγωνιστικές τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες σε περιοχές που δεν εξυπηρετούνται επαρκώς, αντιμετωπίζοντας σημαντικά εμπόδια εισόδου και λειτουργικά ρίσκα. μία νεοσύστατη εταιρεία να εισέλθει καθετοποιημένα στον κλάδο των τηλεπικοινωνιών και να «κατακτήσει» περιοχές).

Αποφασίζεται η σύσταση ενός νέου επιχειρηματικού φορέα που θα εστιάζει στην κατασκευή και συντήρηση δικτύων 5G σε αραιοκατοικημένες και δύσβατες περιοχές. Αυτή η επιχειρηματική κίνηση στοχεύει στην κάλυψη ενός ουσιαστικού κενού στην αγορά, προσφέροντας προστιθέμενη αξία τόσο στις τοπικές κοινότητες όσο και στις εταιρείες τηλεπικοινωνιών, μέσω της ανάπτυξης υποδομών που θα επιτρέπουν την πρόσβαση στις υπηρεσίες 5G σε περιοχές που οι μεγάλοι παίκτες δε βρίσκουν ελκυστικό να επενδύσουν, παρά το κάνουν λόγω ανάγκης ανταγωνισμού. Η στρατηγική αυτή ενσαρκώνει την επιδίωξη για B2B συνεργασίες με εδραιωμένους παρόχους της αγοράς, οι οποίοι καλύπτουν τη διανομή της υπηρεσίας στον τελικό καταναλωτή μέσω B2C σχέσεων (που ήδη διαθέτουν).

Αξίζει να σημειωθεί πως με την υιοθέτηση της επιχειρηματικής αυτής στρατηγικής, η εταιρεία μας επιλέγει να αποφύγει πλήρως τις σχέσεις Business-to-Consumer (B2C), μετατοπίζοντας την επικέντρωσή της σε συνεργασίες Business-to-Business (B2B). Αυτή η προσέγγιση σημαίνει ότι θα αποφευχθούν σημαντικές δαπάνες για μάρκετινγκ, διαφήμιση ή την ανάπτυξη ενός εκτεταμένου δικτύου τηλεφωνικής υποστήριξης, καθώς αυτές οι λειτουργίες και η ευθύνη για την αλληλεπίδραση με τον τελικό καταναλωτή θα βαραινούν τους εδραιωμένους εταιρικούς συνεργάτες. Επιπλέον, αυτό το μοντέλο επιχειρηματικής λειτουργίας διασφαλίζει ότι η εταιρεία μας δεν θα αντιμετωπίσει τα συνηθισμένα εμπόδια εισόδου στην αγορά που συνδέονται με τον ανταγωνισμό. Αντίθετα, θα αντιμετωπιστεί ως ένας πολύτιμος συνεργάτης από τις μεγάλες εταιρείες, προσφέροντας έναν αξιόπιστο και εξειδικευμένο πόρο για την επέκταση της κάλυψης των υπηρεσιών 5G, χωρίς να θεωρείται ως άμεσος ανταγωνιστής. Αυτός ο συνεργατικός ρόλος επιτρέπει στην εταιρεία μας να επικεντρωθεί στην ανάπτυξη και βελτίωση της τεχνολογικής υποδομής, αξιοποιώντας τις δυνατότητες που προσφέρει η αγορά για την κάλυψη ανεκπλήρωτων αναγκών, ενώ παράλληλα παραμένει περιθωριοποιημένη.

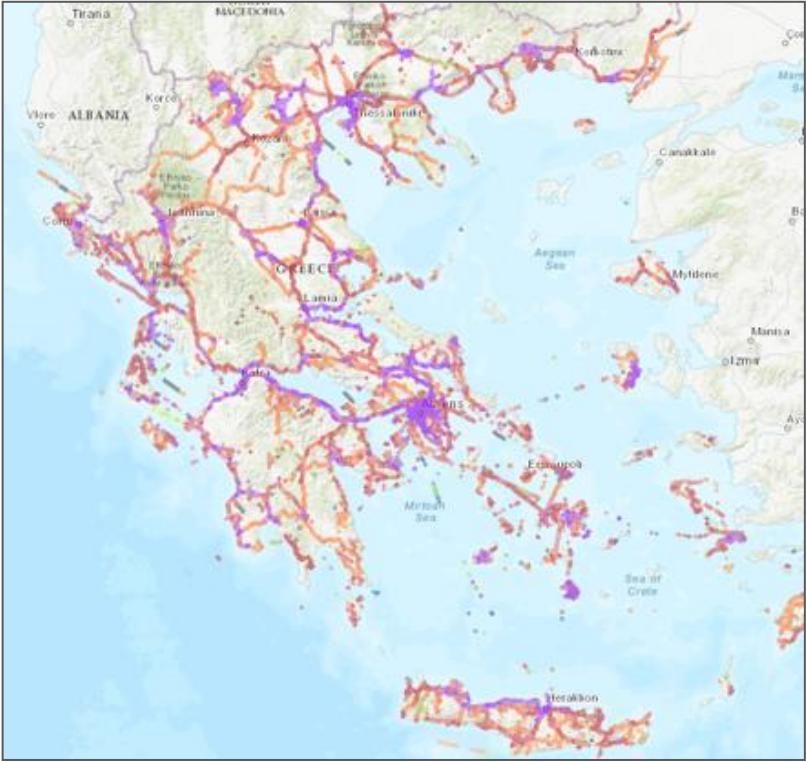
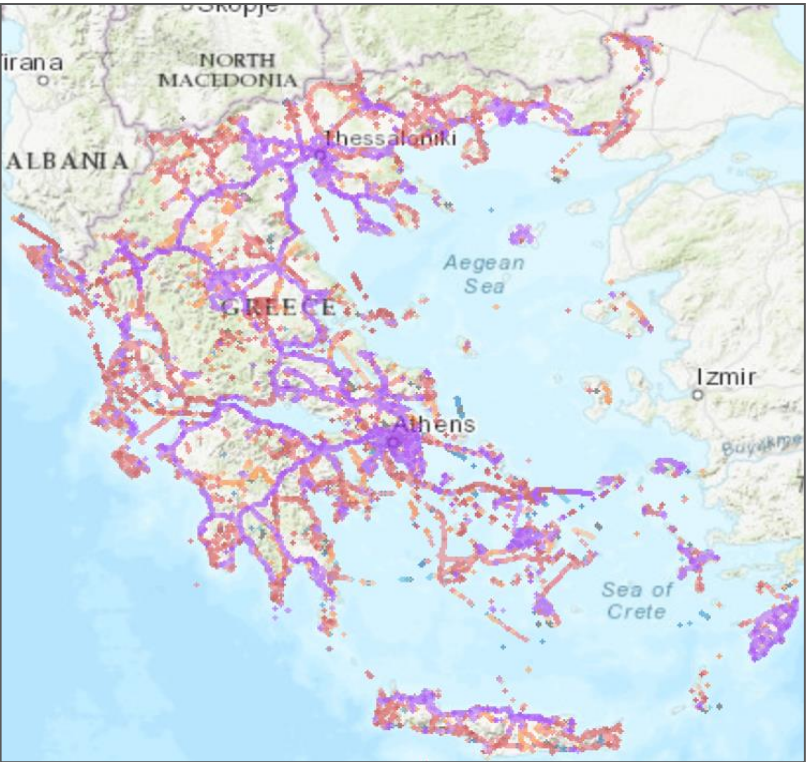
ΤΟΠΟΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

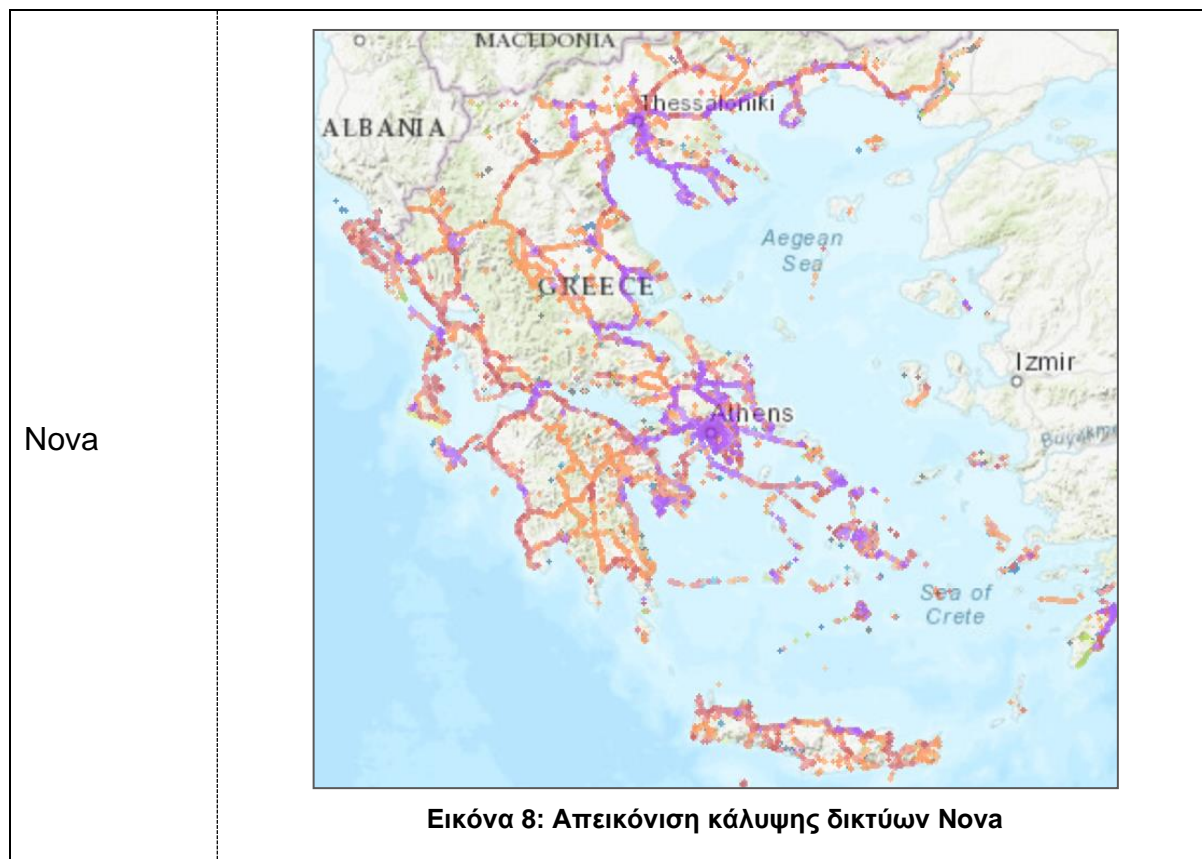
Η επιλογή της τοποθεσίας για την εκτέλεση μιας προτεινόμενης επένδυσης είναι μια από τις πιο σημαντικές και στρατηγικές αποφάσεις στη διαδικασία σχεδιασμού ενός έργου. Αυτή η επιλογή, για τη συγκεκριμένη επένδυση ορίζει τη γεωγραφική θέση όπου θα τοποθετηθεί η κεραία και το ευρύτερο περιβάλλον εμβέλειας του σήματος, καθορίζοντας την περιοχή εξυπηρέτησης των χρηστών. Αυτή η απόφαση επηρεάζει άμεσα την επιτυχία ή όχι του εγχειρήματος, αποτελώντας έτσι ένα κρίσιμο στοιχείο για την επιτυχία της επένδυσης. Πρωταγωνιστικό ρόλο στη διαδικασία επιλογής γεωγραφικού τόπου εγκατάστασης, κατείχαν τα επακόλουθα σημεία κλειδιά:

➤ Απουσία υπάρχοντος δικτύου 5G

Αποτελεί απαραίτητη και απαραίσιστη προϋπόθεση για την επιτυχία της εν δυνάμει επένδυσης η απουσία υπάρχοντος δικτύου 5G από τον τόπο εγκατάστασης που θα επιλεγεί.

Ακολουθεί η δορυφορική απεικόνιση των χωροθετημένων δικτύων 5G από τους υφιστάμενους παρόχους:

ΠΑΡΟΧΟΣ	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ
Vodafone	 <p data-bbox="579 1025 1219 1059">Εικόνα 6: Απεικόνιση κάλυψης δικτύων Vodafone</p>
Cosmote	 <p data-bbox="579 1877 1219 1910">Εικόνα 7: Απεικόνιση κάλυψης δικτύων Cosmote</p>



➤ Η μέγιστη δυνατή πυκνότητα πληθυσμού

Η στρατηγική τιμολόγησης που θα ακολουθηθεί από την εταιρεία, η οποία θα αναλυθεί περαιτέρω, εστιάζει στον προσανατολισμό των τιμών βάσει των συνθηκών της αγοράς (τιμολόγηση προσανατολισμένη στην αγορά). Κεντρικό στοιχείο αυτής της πολιτικής είναι η προσφορά Gigabyte δεδομένων ίντερνετ σε τιμή που θα είναι ανταγωνιστικά χαμηλότερη από αυτήν που χρεώνουν οι πάροχοι στους τελικούς χρήστες. Σε γενικές γραμμές, περιοχές με υψηλή πυκνότητα πληθυσμού και μικρό μέσο όρο ηλικίας παρουσιάζουν τις ιδανικότερες προϋποθέσεις για αυξημένη χρήση διαδικτύου, καθώς νεαρότεροι άνθρωποι τείνουν να είναι πιο ενεργοί διαδικτυακοί χρήστες. Επομένως, αυτές οι περιοχές αποτελούν πρωταρχικούς στόχους για την εγκατάσταση της επένδυσης.

Βάσει των παραπάνω προϋποθέσεων, ως ιδανική τοποθεσία εγκατάστασης για πρώτη εφαρμογή του επενδυτικού πλάνου επιλέγεται η Αμοργός. Το νησί αυξάνει χρόνο με τον χρόνο την επισκεψιμότητά του και πιο συγκεκριμένα το 2023 δέχτηκε περισσότερους από 10.000 τουρίστες (νεαρής ηλικίας επί το πλείστον), την ώρα που οι υφιστάμενες υποδομές του μπορούν να καλύψουν ανάγκες τουλάχιστον για τους διπλάσιους. Ταυτόχρονα, στο νησί τη δεδομένη χρονική στιγμή απουσιάζει δίκτυο 5G.

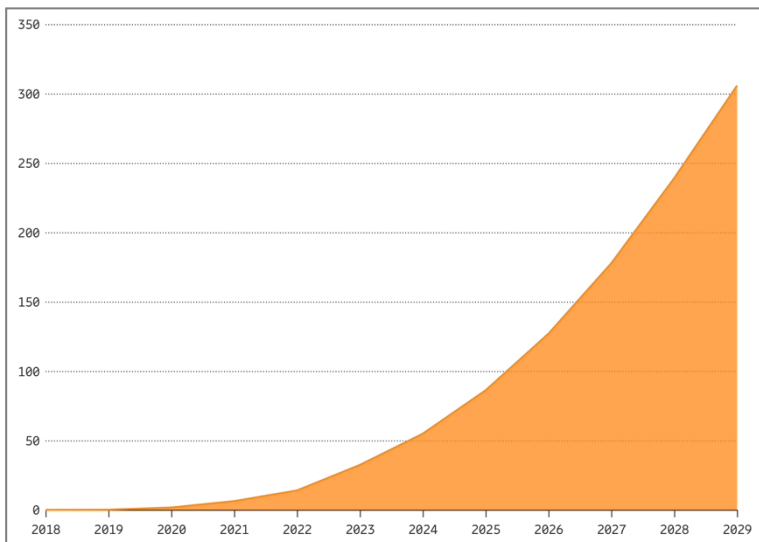
Έτσι, έχοντας δεδομένα την ακμάζουσα τουριστική βιομηχανία του νησιού και το κενό στην αγορά δικτύου 5G σε αυτό, αποφασίζεται η εγκατάσταση δικτύου που θα εκτείνεται κατά μήκος της Αμοργού.



Εικόνα 9: Απεικόνιση της νήσου Αμοργού

ΜΕΛΕΤΗ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ

Η προοπτική της κατανάλωσης δεδομένων στον τομέα της κινητής τηλεφωνίας διαγράφεται ακόμη πιο φωτεινή για το έτος 2024, καθώς αναμένεται να φτάσει κατά μέσο όρο σχεδόν τα 2GB ανά χρήστη, σύμφωνα με τις προβλέψεις του ericson.com. Αυτό αντικατοπτρίζει μια εντυπωσιακή αύξηση της κατανάλωσης σε σχέση με το προηγούμενο έτος, 2023.



Εικόνα 10: Μέση μηνιαία χρήση δεδομένων ίντερνετ

Αυτή η τάση αποτυπώνει τη διαρκώς αυξανόμενη χρήση δεδομένων και υπογραμμίζει την αναγκαιότητα για στρατηγική προσαρμογή των επιχειρήσεων στις διαφοροποιημένες ανάγκες των διαφόρων γεωγραφικών αγορών. Το παραπάνω γράφημα, αποτελεί πηγή δεδομένων για την παρούσα μελέτη.

Όσον αφορά στο κοινό-στόχο της εταιρείας μας είναι τόσο οι μόνιμοι κάτοικοι του νησιού, όσο και οι τουρίστες που αναμένεται να είναι όλο και αυξανόμενοι, δεδομένου της αναδυόμενης φύσης της τουριστικής βιομηχανίας στο νησί. Οι μόνιμοι κάτοικοι κατά το 2021 ανέρχονταν σε 2.188, ενώ το 2023 οι τουρίστες που επισκέφθηκαν το νησί υπολογίζεται πως ξεπέρασαν τους 10.000.

Όσον αφορά στο κοινό-στόχο της εταιρείας μας είναι τόσο οι μόνιμοι κάτοικοι του νησιού, όσο και οι τουρίστες που αναμένεται να είναι όλο και αυξανόμενοι, δεδομένου της αναδυόμενης φύσης της τουριστικής βιομηχανίας στο νησί. Οι μόνιμοι κάτοικοι κατά το 2021 ανέρχονταν σε 2.188, ενώ το 2023 οι τουρίστες που επισκέφθηκαν το νησί υπολογίζεται πως ξεπέρασαν τους 10.000.

Το τελευταίο στοιχείο που είναι απαραίτητο για τη μελέτη σκοπιμότητα είναι η χρέωση ανά Gb ίντερνετ του παρόχου στους καταναλωτές. Σύμφωνα με σχετικά στατιστικά δεδομένα (<https://www.cable.co.uk/mobiles/worldwide-data-pricing/>) η Ελλάδα κατέχει μία από τις χειρότερες θέσεις στον πίνακα τιμής διάθεσης δεδομένων ίντερνετ και πιο συγκεκριμένα, διαθέτει μέση τιμή πώλησης προς τον καταναλωτή € 2,58. Παρ' όλ' αυτά στην παρούσα μελέτη θα ληφθεί υπόψιν η χαμηλότερη τιμή παροχής, ήτοι € 1/Gb.

Συμπερασματικά λοιπόν λαμβάνονται υπόψιν οι κάτωθι παραδοχές:

- Η κατά κεφαλήν χρήση ίντερνετ ανά ημέρα ανέρχεται για το 2023 σε 2Gb και αυξάνεται ετησίως, σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα, ήτοι:

ΕΤΟΣ	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
GB/ΗΜΕΡΑ	2	3	4,2	6	8,3	10	10	10	10	10

Πίνακας 4: Χρήση ίντερνετ κατά κεφαλήν ανά ημέρα σε βάθος δεκαετίας

- Οι μόνιμοι κάτοικοι της Αμοργού εξακολουθούν να είναι 2.188 και ο αριθμός αυτός θα παραμείνει σταθερός καθ' όλη τη διάρκεια της 10ετίας. Παρ' όλ' αυτά λόγω του ανεβασμένου μέσου όρου ηλικίας στο νησί, υποθέτουμε πως ίντερνετ χρησιμοποιούν οι 2.000 (μείωση της τάξης του 10%).
- Οι τουρίστες που επισκέφθηκαν την Αμοργό για το 2023 ήταν 10.000 και στον αριθμό αυτός θα αυξάνεται κατά 1.000 επισκέψεις κάθε έτος

ΕΤΟΣ	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
ΤΟΥΡΙΣΤΕΣ	10.000	11.000	12.000	13.000	14.000	15.000	16.000	17.000	18.000	19.000

Πίνακας 5: Πρόβλεψη επισκεψιμότητας της Νήσου Αμοργού σε βάθος δεκαετίας

- Μέση διάρκεια διαμονής ανά τουρίστα είναι οι έξι (6) ημέρες.
- Κόστος ανά παρεχόμενο gb ίντερνετ είναι το € 0,7, το οποίο θα παραμείνει σταθερό καθ' όλη τη διάρκεια της 10ετίας.

Βάσει των παραπάνω παραδοχών, οι συνολικές διανυκτερεύσεις τουριστών στο νησί της Αμοργού υπολογίζονται ως εξής:

ΕΤΟΣ	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
ΔΙΑΝ/ΣΕΙΣ ΤΟΥΡΙΣΤΩΝ	40.000	44.000	48.000	52.000	56.000	60.000	64.000	68.000	72.000	76.000

Πίνακας 6: Πρόβλεψη διανυκτερεύσεων των τουριστών που θα επισκεφθούν τη Νήσο Αμοργό σε βάθος δεκαετίας

Ενώ, οι συνολικές ημέρες χρέωσης (συνολικές διανυκτερεύσεις τουριστών + συνολικές διανυκτερεύσεις μόνιμων κατοίκων) υπολογίζονται ως εξής:

ΕΤΟΣ	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
ΣΥΝΟΛΙΚΕ Σ ΗΜΕΡΕΣ	770.000	774.000	778.000	782.000	786.000	790.000	794.000	798.000	802.000	806.000

Πίνακας 7: Πρόβλεψη ημερών χρέωσης των τουριστών της Νήσου Αμοργού σε βάθος δεκαετίας

Έτσι λοιπόν τα δυνητικά έσοδα της εν λόγω επένδυσης υπολογίζονται:

ΕΤΟΣ	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
ΕΣΟΔΑ(€)	616.000	928.800	1.307.040	1.876.800	2.609.520	3.160.000	3.176.000	3.192.000	3.208.000	3.224.000

Πίνακας 8: Δυνητικά έσοδα επένδυσης για δέκα έτη

ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΡΓΟΥ

Υπολογίζεται ότι η κάθε κεραία για την προμήθεια και την εγκατάσταση της απαιτεί περίπου € 200.000 και κάθε μικροσταθμός για τις παραπάνω διαδικασίες περίπου € 10.000. Ακόμη, υπολογίζεται κόστος περαιτέρω εξοπλισμού της τάξης των € 200.000 και έξοδα αδειοδότησης ανερχόμενα σε € 100.000. Έτσι ο συνολικός προϋπολογισμός του έργου διαμορφώνεται στα € 1.100.000.

ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΚΟΣΤΟΣ
ΚΕΡΑΙΑ	2	400.000	800.000
ΜΙΚΡΟΣΤΑΘΜΟΣ	40	10.000	400.000
ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	-	200.000	200.000
ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗ	1	100.000	100.000
ΣΥΝΟΛΟ			1.500.000

Πίνακας 9: Προϋπολογισμός έργου

ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Το κεφάλαιο αυτό αποτελεί την ανάλυση των εξόδων που απαιτούνται για την καθημερινή χρήση της εταιρείας, ώστε αυτή να δύναται να παρέχει τις υπηρεσίες που παρέχει.

Αμοιβές & Έξοδα Προσωπικού

Προγραμματίζεται η πρόσληψη και αξιοποίηση προσωπικού, ώστε να εξυπηρετείται τόσο η ομαλή, εύρυθμη και απρόσκοπτη λειτουργία της επένδυσης, όσο και η δυνατόν μεγαλύτερη εξοικονόμηση πόρων. Έτσι, οι θέσεις εργασίας που κρίνονται απαραίτητες, έχουν ως εξής:

- Διευθυντής/Γενικός Διαχειριστής (1 άτομο): Ο ρόλος αυτός είναι υπεύθυνος για τη συνολική διαχείριση και την επιχειρησιακή στρατηγική της εταιρείας.
- Οικονομικός Διευθυντής/Λογιστής (1 άτομο): Αρμόδιος για τη διαχείριση των οικονομικών, τον προγραμματισμό και την επιμέλεια των λογιστικών εγγράφων.
- Τεχνικός Διευθυντής (1 άτομο): Επικεφαλής της τεχνικής ομάδας, υπεύθυνος για τον σχεδιασμό, την εγκατάσταση και τη συντήρηση του δικτύου.
- Τεχνική Ομάδα Συντήρησης και Επισκευών (4 άτομα): Τεχνικοί που εκτελούν τις επιτόπιες εργασίες εγκατάστασης, επισκευής και συντήρησης του εξοπλισμού.

Αυτές οι θέσεις είναι βασικές για την αρχική λειτουργία και ανάπτυξη της εταιρείας. Ανάλογα με την ανάπτυξη και τις αλλαγές στις ανάγκες της αγοράς, μπορεί να χρειαστεί να προσαρμοστεί ο αριθμός των θέσεων εργασίας και να προστεθούν νέες ειδικότητες.

Διευκρινίζεται ότι για τον υπολογισμό του συνολικού κόστους απασχόλησης έχουν συνυπολογιστεί και οι εργοδοτικές εισφορές ενώ το κόστος τυχόν εξωτερικών συνεργατών δεν συνυπολογίζεται.

ΑΜΟΙΒΕΣ & ΕΞΟΔΑ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ					
ΘΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Ε.Μ.Ε.	ΜΙΚΤΟΣ ΜΗΝΙΑΙΟΣ ΜΙΣΘΟΣ (€)	ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΜΟΙΒΕΣ (€)	ΕΡΓΟΔΟΤΙΚΕΣ ΕΙΣΦΟΡΕΣ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΑΣΧ/ΣΗΣ (€)
ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΟ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ	3		74.200,00	16.724,68	90.924,68
ΓΕΝΙΚΟΣ ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ	1	2.000,00	28.000,00	6.311,20	34.311,20
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΣ ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ	1	1.800,00	25.200,00	5.680,08	30.880,08
ΤΕΧΝΙΚΟΣ ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ	1	1.500,00	21.000,00	4.733,40	25.733,40
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ/ΕΠΙΣΚΕΥΗ	4		56.000,00	12.622,40	68.622,40
ΤΕΧΙΚΟΣ	4	1.000,00	56.000,00	12.622,40	68.622,40
ΣΥΝΟΛΟ	7		130.200,00	29.347,08	159.547,08

Πίνακας 10: Εκτίμηση αμοιβών και εξόδων προσωπικού

Κατανάλωση Ενέργειας

Παρακάτω παρατίθενται ποσοτικά στοιχεία καταναλώσεων και οι αξίες αναλώσεων των χρησιμοποιούμενων πηγών ενέργειας, καθ' όλη την εξεταζόμενη δεκαετία. Σημειώνεται ότι οι μορφές ενέργειας, οι οποίες πρόκειται να χρησιμοποιούνται είναι οι εξής:

- Ηλεκτρική ενέργεια, για την εκπομπή και λήψη ραδιοφωνικών σημάτων μεταξύ των κεραιών/μικροσταθμών και των συσκευών των χρηστών
- Πετρέλαιο για τη μετακίνηση του συνεργείου για συντήρηση του δικτύου και την επισκευή βλαβών σε αυτό.

Οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν βάσει των εξής παραδοχών:

- Οι κεραίες και οι μικροσταθμοί που θα προμηθευτεί ο φορέας, εξοπλισμένοι με τεχνολογία MIMO για ενίσχυση της απόδοσης και κάλυψης του δικτύου, σε συνθήκες έντονου φορτίου θα καταναλώνουν ισχύ 2kw και 0,4kw αντίστοιχα.
- Το δίκτυο λειτουργεί πάντοτε υπό συνθήκες έντονου φορτίου.
- Για τον υπολογισμό της αξίας των αναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιήθηκε η συνολική χρέωση (με τις ρυθμιζόμενες χρεώσεις: του συστήματος μεταφοράς, του δικτύου διανομής, των υπηρεσιών κοινής ωφελείας, τα ειδικά και πάγια τέλη, τους φόροι και τις λοιπές χρεώσεις, κλπ.) του ισχύοντος Τιμολογίου ΒΥ για εμπορικούς & βιομηχανικούς πελάτες, μέσης τάσης, με υψηλό συντελεστή χρησιμοποίησης της ΔΕΗ, ήτοι χρέωση ενέργειας € 0,10148/kWh συμπεριλαμβανομένων και των ρυθμιζόμενων χρεώσεων.
- Οι ανάγκες κίνησης ανέρχονται σε 10.000 χλμ./έτος και το μεταφορικό μέσο της εταιρείας κινείται με μέση κατανάλωση 8 λίτρα/100χλμ

- Για τον υπολογισμό της αξίας των αναλώσεων πετρελαίου ντίζελ για σκοπούς μετακίνησης χρησιμοποιήθηκε η χρέωση € 1,5/λίτρο.

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την κάλυψη του συνόλου των αναγκών των ειδικών υποδομών καλλιέργειας, λόγω της 24ωρης και καθημερινής λειτουργίας των κεραιών και μικροσταθμών εκτιμάται σε:

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ			
ΚΕΡΑΙΕΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	2	TMX
	ΙΣΧΥΣ / TMX	2	kW
	ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ/TMX	17.520	kWh/ΕΤΟΣ
	ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	35.040	kWh/ΕΤΟΣ
ΜΙΚΡΟΣΤΑΘΜΟΙ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	40	TMX
	ΙΣΧΥΣ / TMX	0,4	kWh
	ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ/TMX	3.504	kWh/ΕΤΟΣ
	ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	140.160	kWh/ΕΤΟΣ
ΣΥΝΟΛΟ		175.200	kWh/ΕΤΟΣ

Πίνακας 11: Εκτίμηση ενεργειακής κατανάλωσης ανά έτος

Επομένως, το ετήσιο κόστος κατανάλωσης ενέργειας της μονάδας για την εξεταζόμενη δεκαετία, παραμένει σταθερό και υπολογίζεται σε:

$$\{(175.200 \text{ kWh}) \times (\text{€ } 0,10148/\text{kWh})\} + \{(\text{€ } 1,5) \times (800\text{lt}) = \text{€ } 18.979,00 / \text{έτος}$$

Λοιπά Έξοδα

- Έξοδα Συντήρησης: Έχουν υπολογιστεί ως ποσοστό, επί της αξίας κτήσης των παγίων, ήτοι € 800.000. Καθώς μεγαλώνει η ηλικία του πάγιου εξοπλισμού, αυξάνεται και το αντίστοιχο ποσοστό (κατά 15,00%) που λαμβάνεται υπόψη για τον υπολογισμό του κόστους συντήρησής του, όπως παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα.

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΠΑΓΙΩΝ									
1 ^ο ΕΤΟΣ	2 ^ο ΕΤΟΣ	3 ^ο ΕΤΟΣ	4 ^ο ΕΤΟΣ	5 ^ο ΕΤΟΣ	6 ^ο ΕΤΟΣ	7 ^ο ΕΤΟΣ	8 ^ο ΕΤΟΣ	9 ^ο ΕΤΟΣ	10 ^ο ΕΤΟΣ
0,60%	0,69%	0,79%	0,91%	1,05%	1,21%	1,39%	1,60%	1,84%	2,11%

Πίνακας 12: Πρόβλεψη εξόδων συντήρησης για δέκα έτη

- **Ασφάλιστρα Παγίων**, τα οποία έχουν υπολογιστεί ως ποσοστό επί της αξίας κτήσης των παγίων. Με την πάροδο των ετών απομειώνεται η αξία των παγίων, μειώνεται (κατά 10,00%) και το αντίστοιχο ποσοστό που λαμβάνεται υπόψη για τον υπολογισμό του κόστους των ασφαλίσεων, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

ΑΣΦΑΛΙΣΤΡΑ ΠΑΓΙΩΝ									
1 ^ο ΕΤΟΣ	2 ^ο ΕΤΟΣ	3 ^ο ΕΤΟΣ	4 ^ο ΕΤΟΣ	5 ^ο ΕΤΟΣ	6 ^ο ΕΤΟΣ	7 ^ο ΕΤΟΣ	8 ^ο ΕΤΟΣ	9 ^ο ΕΤΟΣ	10 ^ο ΕΤΟΣ
2,00%	1,80%	1,62%	1,46%	1,31%	1,18%	1,06%	0,96%	0,86%	0,77%

Πίνακας 13: Πρόβλεψη ασφαλίσεων παγίων για δέκα έτη

- **Απρόβλεπτα Έξοδα**: Αφορούν διάφορα έκτακτα έξοδα, τα οποία υπολογίζονται ως ποσοστό επί του κύκλου εργασιών της μονάδας και ανέρχεται σε 2,00%, σταθερό για όλη την εξεταζόμενη δεκαετία.

Έξοδα Διάθεσης

Στο πλαίσιο της επιχειρηματικής λειτουργίας και με σκοπό την ενίσχυση και διατήρηση θετικών επαγγελματικών σχέσεων με τις κορυφαίες εταιρείες του κλάδου (παρόχους), είναι απαραίτητη η προσεκτική επένδυση σε δραστηριότητες που ενισχύουν το δίκτυο επικοινωνιών και συνεργασιών. Αυτό συμπεριλαμβάνει τα ταξιδιωτικά έξοδα του Γενικού Διευθυντή για επαγγελματικές συναντήσεις, καθώς και την οργάνωση και διεξαγωγή εκδηλώσεων προώθησης, όπως επαγγελματικά δείπνα και άλλες σχετικές δραστηριότητες.

Τα παραπάνω περιγράφουν έξοδα διάθεσης και ανέρχονται στο 5% του των εσόδων.

ΕΞΟΔΑ ΔΙΑΘΕΣΗΣ (€)									
1 ^ο ΕΤΟΣ	2 ^ο ΕΤΟΣ	3 ^ο ΕΤΟΣ	4 ^ο ΕΤΟΣ	5 ^ο ΕΤΟΣ	6 ^ο ΕΤΟΣ	7 ^ο ΕΤΟΣ	8 ^ο ΕΤΟΣ	9 ^ο ΕΤΟΣ	10 ^ο ΕΤΟΣ
30,800	46,440	65,352	93,840	130,476	158,000	158,800	159,600	160,400	161,200

Πίνακας 14: Πρόβλεψη εξόδων διάθεσης για δέκα έτη

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΕΙΚΤΕΣ

Κέρδη προ Τόκων, Φόρων & Αποσβέσεων (EBITDA)

	ΚΥΚΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ (€)	(-): ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΜΙΚΤΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	(-): ΈΞΟΔΑ ΔΙΑΘΕΣΗΣ	EBITDA (€)
1ο έτος	616,000.00	211,646.38	404,353.62	30,800.00	373,553.62
2ο Έτος	928,800.00	221,011.05	707,788.95	46,440.00	661,348.95
3ο Έτος	1,307,040.00	232,052.25	1,074,987.75	65,352.00	1,009,635.75
4ο Έτος	1,876,800.00	247,294.25	1,629,505.75	93,840.00	1,535,665.75
5ο Έτος	2,609,520.00	266,172.65	2,343,347.35	130,476.00	2,212,871.35
6ο Έτος	3,160,000.00	281,794.53	2,878,205.47	158,000.00	2,720,205.47
7ο Έτος	3,176,000.00	287,130.74	2,888,869.26	158,800.00	2,730,069.26
8ο Έτος	3,192,000.00	292,891.48	2,899,108.52	159,600.00	2,739,508.52
9ο Έτος	3,208,000.00	299,102.71	2,908,897.29	160,400.00	2,748,497.29
10ο Έτος	3,224,000.00	305,796.27	2,918,203.73	161,200.00	2,757,003.73

Πίνακας 15: Πρόβλεψη ροών σε βάθος δεκαετίας



Σχήμα 1: Απεικόνιση δεκαετούς εξέλιξης κύκλου εργασιών και EBITDA

Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης μιας επένδυσης, είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο το οποίο εξισώνει την παρούσα αξία των πρόσθετων ετήσιων ταμειακών ροών, οι οποίες προέρχονται από την επένδυση, με το αρχικό κόστος της επένδυσης. Ουσιαστικά αποτελεί τον βαθμό απόδοσης της επένδυσης.

Έτος	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	- 1,500, 000	373,55 4	661,349	1,009, 636	1,535,6 66	2,212,8 71	2,720,2 05	2,730,0 69	2,739,5 09	2,748,4 97	2,757,0 04
IRR:	62.02%										
NPV:	8,191,487.19 €										

Πίνακας 16: Υπολογισμός IRR & NPV

Το IRR υπολογίζεται σε 62,02%, το οποίο σημαίνει πως στην επένδυση αυτή για κάθε ευρώ που επενδύεται, αναμένεται να παράγει περίπου 62% κέρδος, αν τα πράγματα πάνε σύμφωνα με τις προβλέψεις.

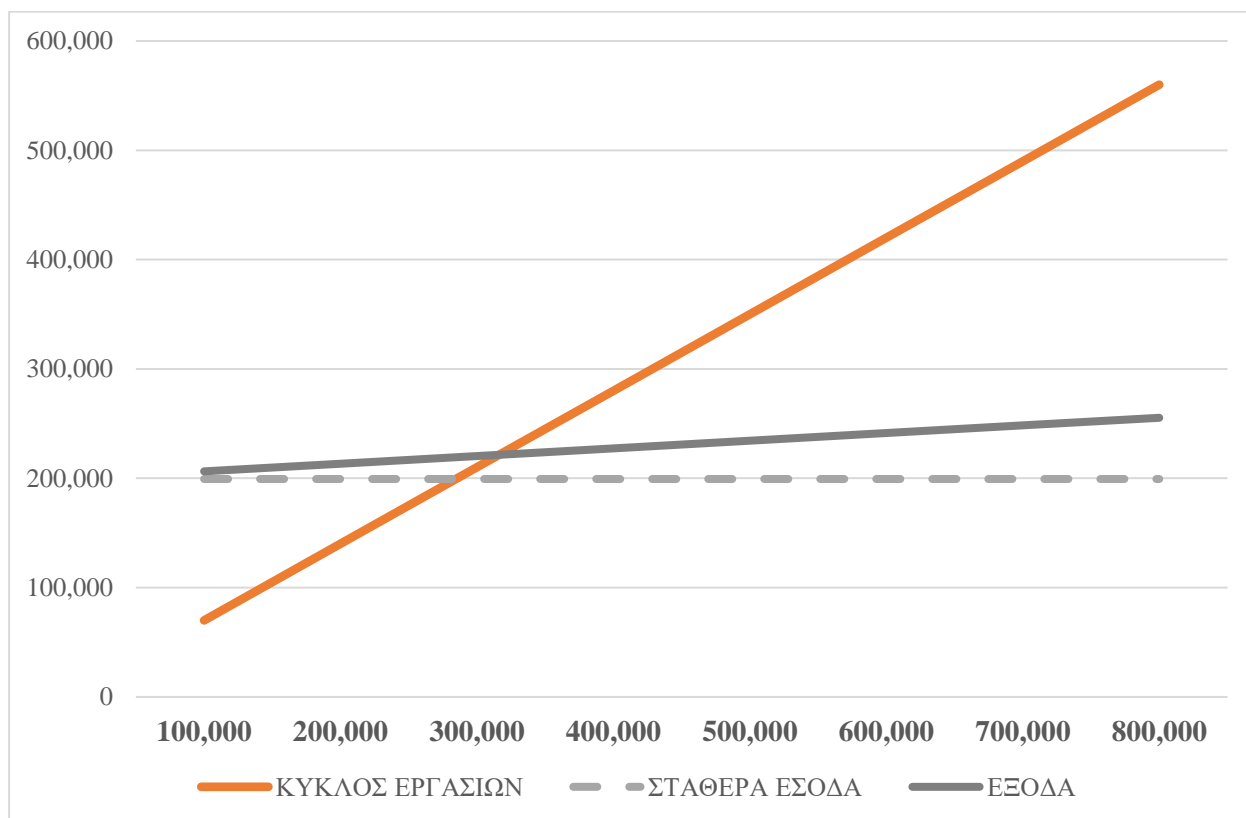
Εύρεση Νεκρού Σημείου

Για την εύρεση του Νεκρού Σημείου, λαμβάνονται υπόψη οι παραδοχές, τα έσοδα και τα έξοδα τα οποία προκύπτουν από την λειτουργία της εταιρείας.

Προκειμένου να προσδιοριστεί το μοναδιαίο κόστος της παραγωγικής διαδικασίας της μονάδας, προσδιορίζονται τα σταθερά και μεταβλητά έξοδα λειτουργίας της.

ΕΞΟΔΑ	ΣΤΑΘΕΡΑ	ΜΕΤΑΒΛΗΤΑ
ΜΙΣΘΟΙ ΥΠΑΛΛΗΛΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	X	
ΕΝΕΡΓΕΙΑ	X	
ΈΞΟΔΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΠΑΓΙΩΝ	X	
ΑΣΦΑΛΙΣΤΡΑ ΠΑΓΙΩΝ	X	
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ		X
ΈΞΟΔΑ ΔΙΑΘΕΣΗΣ		X

Πίνακας 17: Απεικόνιση σταθερών και μεταβλητών εξόδων



Σχήμα 2: Απεικόνιση κύκλου εργασιών, σταθερών εσόδων και εξόδων

ΕΞΟΔΑ	ΣΤΑΘΕΡΑ
ΣΤΑΘΕΡΑ ΕΞΟΔΑ	199326.08
ΜΕΤΑΒΛΗΤΑ ΕΞΟΔΑ	0.07
ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ	0.7
ΝΕΚΡΟ ΣΗΜΕΙΟ	316390.6032

Πίνακας 18: Υπολογισμός Νεκρού σημείου

Σύμφωνα με τα παραπάνω, προκύπτει ότι το **Νεκρό Σημείο** της παραγωγής είναι **316.390Gb internet**, που αντιστοιχούν στο 40% των προβλεπόμενων πωλήσεων, επιβεβαιώνοντας ότι πρόκειται για μια ασφαλή επένδυση με σημαντικά περιθώρια κέρδους.

Καθαρή παρούσα αξία (NPV)

Η καθαρή παρούσα αξία ορίζεται για να περιγράψει κατά πόσο είναι επικερδής μία επιχείρηση. Αντιπροσωπεύει την διαφορά μεταξύ της τρέχουσας τιμής των ταμειακών εισροών και ταμειακών εκροών. Το NPV συμβάλλει στο να διαπιστώσουμε την αξία των μελλοντικών ταμειακών ροών μιας επένδυσης στη σημερινή αξία τους.

Η καθαρή παρούσα αξία με συντελεστή προεξόφλησης (discount rate) στο 10% υπολογίζεται στα 8,191,487.19 €.

Περίοδος απόσβεσης (Payback period)

Η περίοδος απόσβεσης χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του χρόνου που απαιτείται για μια επένδυση ώστε να παράγει αρκετές ταμειακές ροές ώστε να καλύψει το αρχικό της κόστος. Είναι ένας τρόπος για την αξιολόγηση του ρίσκου της επιχείρησης δίνοντας βάση στο πόσο γρήγορα η επένδυση θα επιστέψει το κόστος της.

Η περίοδος απόσβεσης εκτιμάται σε 2,5 χρόνια ενώ αν συμπεριλάβουμε τον ίδιο συντελεστή προεξόφλησης, η περίοδος υπολογίζεται σε 2,8 χρόνια.

	Ταμειακές ροές	Συνολικές ταμειακές ροές	Ταμειακές ροές με προεξόφληση	Συνολικές ταμειακές ροές με προεξόφληση
Έτος 0	-1,500,000	-1,500,000	-1,500,000	-1,500,000
Έτος 1	373,554	-1,126,446	339,595	-1,160,405
Έτος 2	661,349	-465,097	546,569	-613,836
Έτος 3	1,009,636	544,539	758,554	144,718
Έτος 4	1,535,666	2,080,205	1,048,881	1,193,599
Έτος 5	2,212,871	4,293,076	1,374,019	2,567,618
Έτος 6	2,720,205	7,013,281	1,535,485	4,103,103
Έτος 7	2,730,069	9,743,350	1,400,957	5,504,060
Έτος 8	2,739,509	12,482,859	1,278,001	6,782,061
Έτος 9	2,748,497	15,231,356	1,165,631	7,947,692
Έτος 10	2,757,004	17,988,360	1,062,944	9,010,636

Πίνακας 19: Υπολογισμός ταμειακών ροών χωρίς και με προεξόφληση

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το 5G mmWave είναι μια καινοτόμος τεχνολογία κινητής τηλεφωνίας που αποτελεί μέρος του πρότυπου της πέμπτης γενιάς κινητών επικοινωνιών (5G). Η τεχνολογία mmWave αναφέρεται στη χρήση υψηλών συχνοτήτων στο εύρος των χιλιομέτρων (mmWave) για τη μετάδοση δεδομένων. Το 5G mmWave προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα, όπως υψηλές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων, χαμηλή καθυστέρηση, μεγάλη χωρητικότητα δικτύου και υψηλή απόδοση. Αυτό το εύρος συχνοτήτων επιτρέπει τη μετάδοση μεγάλου όγκου δεδομένων με υψηλές ταχύτητες, κάνοντας το ιδανικό για εφαρμογές όπως το streaming υψηλής ανάλυσης, η εικονική πραγματικότητα και η αυτόνομη οδήγηση. Ωστόσο, η τεχνολογία mmWave έχει και μειονεκτήματα, όπως περιορισμένη εμβέλεια σήματος και ευαισθησία στην εμπόδιση από φυσικά αντικείμενα. Αυτό σημαίνει ότι η κάλυψη του δικτύου mmWave απαιτεί την εγκατάσταση πυκνοκατοικημένων σταθμών βάσης για να διατηρηθεί η σύνδεση. Παρόλα αυτά, το 5G mmWave αποτελεί μια σημαντική εξέλιξη στην τεχνολογία κινητής τηλεφωνίας και αναμένεται να προσφέρει αναβαθμισμένες επικοινωνίες και νέες εφαρμογές που θα επηρεάσουν την κοινωνία, την οικονομία και την τεχνολογία.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφική ανασκόπηση αλλά και την τεχνοοικονομική μελέτη πρέπει να υπάρξει εστίαση στα θετικά (Δυνατότητες - Opportunities):

- Υψηλές ταχύτητες και μεγάλη χωρητικότητα: Η τεχνολογία mmWave 5G προσφέρει πολύ υψηλές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων και μεγάλη χωρητικότητα, ιδανική για εφαρμογές υψηλής ευκρίνειας, εικονικής πραγματικότητας, αυτόνομων οχημάτων, κλπ.
- Προηγμένες εφαρμογές και υπηρεσίες: Η τεχνολογία mmWave 5G επιτρέπει την ανάπτυξη προηγμένων εφαρμογών και υπηρεσιών όπως έξυπνες πόλεις, ιατρική τηλεϊατρική, βιομηχανία 4.0, κλπ.
- Βελτιωμένη συνδεσιμότητα και εμπειρία χρήστη: Η τεχνολογία mmWave 5G παρέχει βελτιωμένη συνδεσιμότητα και εμπειρία χρήστη, εξαλείφοντας την καθυστέρηση και προσφέροντας αμεσότερη απόκριση σε εφαρμογές πραγματικού χρόνου.
- Αναβαθμισμένη υποδομή επικοινωνιών: Η εισαγωγή της τεχνολογίας mmWave 5G θα απαιτήσει την αναβάθμιση της υποδομής επικοινωνιών στην Ελλάδα, προσφέροντας έτσι βελτιωμένες υπηρεσίες σε όλη τη χώρα.

Επίσης, η αντιμετώπιση των αρνητικών πτυχών (Αδυναμίες - Weaknesses), στο μέτρο του δυνατού:

- Υψηλό κόστος εγκατάστασης: Η τεχνολογία mmWave 5G απαιτεί την εγκατάσταση πολλών κεραιών για να επιτευχθεί η απαιτούμενη κάλυψη, πράγμα που μπορεί να οδηγήσει σε υψηλό κόστος εγκατάστασης.
- Περιορισμένη εμβέλεια μετάδοσης: Οι συχνότητες mmWave έχουν περιορισμένη εμβέλεια μετάδοσης και μπορούν να επηρεαστούν από εμπόδια όπως κτίρια και φυσικά εμπόδια, προκαλώντας μειωμένη κάλυψη σε ορισμένες περιοχές.
- Ευαισθησία στην ατμοσφαιρική συνθήκη: Οι συχνότητες mmWave μπορεί να επηρεαστούν από μεταβολές της ατμόσφαιρας, όπως βροχή, ομίχλη και άλλες καιρικές συνθήκες, προκαλώντας δυνητικά πτώση της ποιότητας της σύνδεσης.

Επιπλέον, πρέπει η χώρα να αδράξει τις ευκαιρίες (Opportunities):

- Ανάπτυξη της ψηφιακής οικονομίας: Η τεχνολογία mmWave 5G θα συμβάλλει στην ανάπτυξη της ψηφιακής οικονομίας, επιτρέποντας την ανάπτυξη νέων εφαρμογών, υπηρεσιών και τεχνολογικών επιχειρήσεων.
- Αναβάθμιση των τομέων υγείας και εκπαίδευσης: Η τεχνολογία mmWave 5G θα επιτρέψει την αναβάθμιση των τομέων υγείας και εκπαίδευσης, με προηγμένες τηλεϊατρικές λύσεις, εξ αποστάσεως μάθηση και άλλες εφαρμογές.
- Προώθηση του τουρισμού και της εμπειρίας των επισκεπτών: Η τεχνολογία mmWave 5G μπορεί να συνεισφέρει στην προώθηση του τουρισμού και τη βελτίωση της εμπειρίας των επισκεπτών μέσω προηγμένων εφαρμογών και υπηρεσιών, όπως εικονική πραγματικότητα, εντυπωσιακές παρουσιάσεις και αποδείξεις.

Τέλος, στο μέτρο και πάλι του δυνατού να αντιμετωπιστούν οι απειλές (Threats):

- Ανταγωνισμός και παγκόσμια προώθηση: Άλλες χώρες και παγκόσμιοι πάροχοι τηλεπικοινωνιών επίσης αναπτύσσουν την τεχνολογία mmWave 5G, δημιουργώντας έντονο ανταγωνισμό στην αγορά. Η απειλή προέρχεται από το γεγονός ότι η Ελλάδα ίσως μην είναι σε θέση να παραμείνει στην πρώτη γραμμή της τεχνολογίας αυτής και να αδυνατήσει να αξιοποιήσει πλήρως τα οφέλη της.
- Νομοθετικά και ρυθμιστικά ζητήματα: Η εισαγωγή της τεχνολογίας mmWave 5G μπορεί να αντιμετωπίσει νομοθετικά και ρυθμιστικά ζητήματα, σχετικά με την εκπομπή ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, την απορρύπανση, την ιδιωτικότητα δεδομένων και άλλα.

Η εκμετάλλευση της ευκαιρίας της τεχνολογίας 5G mmWave μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους, ανάλογα με τον τομέα και τον σκοπό χρήσης. Ορισμένοι τρόποι που μπορεί να εκμεταλλευτεί κάποιος την ευκαιρία της τεχνολογίας 5G mmWave περιλαμβάνουν:

1. Ανάπτυξη προηγμένων επικοινωνιακών υπηρεσιών: Η τεχνολογία 5G mmWave προσφέρει υψηλές ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων και χαμηλή καθυστέρηση, προσφέροντας ένα ευρύ φάσμα δυνατοτήτων για την ανάπτυξη προηγμένων επικοινωνιακών υπηρεσιών. Υπάρχει η ευκαιρία δημιουργώντας νέες εφαρμογές, όπως εικονική πραγματικότητα, αυτόνομα οχήματα, ασύρματη αυξημένη πραγματικότητα και πολλά άλλα.
2. Βελτίωση της επικοινωνίας σε βιομηχανικά περιβάλλοντα: Η τεχνολογία 5G mmWave μπορεί να εκμεταλλευτεί για τη βελτίωση της επικοινωνίας και της συνδεσιμότητας σε βιομηχανικά περιβάλλοντα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία για την αναβάθμιση των συστημάτων αυτοματισμού, την απομακρυσμένη παρακολούθηση και τον έλεγχο εξοπλισμού και διαδικασιών.
3. Ανάπτυξη έξυπνων πόλεων: Η τεχνολογία 5G mmWave μπορεί να επιτρέψει την ανάπτυξη έξυπνων πόλεων με βελτιωμένη συνδεσιμότητα, αισθητήρες και διαχείριση δεδομένων. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία για να αναπτυχθούν λύσεις σε πεδία όπως η κυκλοφορία, η διαχείριση ενέργειας, η διαχείριση απορριμμάτων και η ασφάλεια.
4. Επαυξημένη πραγματικότητα και εικονική πραγματικότητα: Η τεχνολογία 5G mmWave μπορεί να υποστηρίξει την ανάπτυξη επαυξημένης πραγματικότητας (AR) και εικονικής πραγματικότητας (VR) εφαρμογών. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ευκαιρία για τη δημιουργία παιχνιδιών, εκπαιδευτικών εφαρμογών, πειραματικής σχεδίασης και πολλών άλλων εφαρμογών AR/VR.

5. **Αυτόνομη και συνδεδεμένη κινητικότητα:** Η τεχνολογία 5G mmWave μπορεί να επιτρέψει την ανάπτυξη αυτόνομων οχημάτων και συνδεδεμένης κινητικότητας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ευκαιρία για την ανάπτυξη αυτόνομων οχημάτων, τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας, την απομακρυσμένη διαχείριση οχημάτων και πολλών άλλων σχετικών εφαρμογών.

Αυτοί είναι μερικοί τρόποι χρήσης της ευκαιρία της τεχνολογίας 5G mmWave. Ωστόσο, ανάλογα με τον τομέα και τον σκοπό χρήσης, μπορεί να υπάρχουν και άλλες ευκαιρίες που μπορούν να εξερευνηθούν. Σημαντικό είναι να αναλυθούν οι ανάγκες της αγοράς και να δημιουργηθούν καινοτόμες λύσεις που αξιοποιούν τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας 5G mmWave.

Τέλος, αναφορικά με τους καταναλωτές και τις επιχειρήσεις, απορρέουν τα εξής:

- **Οφέλη mmWave 5G για τους καταναλωτές**

Μέχρι τώρα, μεγάλο μέρος του μάρκετινγκ γύρω από το 5G έχει επικεντρωθεί στα οφέλη του για τους καταναλωτές. Εδώ είναι μερικοί από τους τρόπους που θα μπορούσε να βοηθήσει:

1. **Εξαιρετικά γρήγορες ταχύτητες λήψης:** Με το 5G, μπορεί ένα επεισόδιο μιας σειράς να κατέβει σε δευτερόλεπτα. Η εκπληκτική ταχύτητα των 5G mmWave θα κάνει πολύ πιο γρήγορη την πρόσβαση σε περιεχόμενο HD κατά παραγγελία.

2. **Ευρύτερο φάσμα ζώνης = πολύ μεγαλύτερη πρόσβαση:** Ενώ τα σημερινά δίκτυα 4G είναι ισχυρά, δυσκολεύονται να προσφέρουν μεγάλες ποσότητες περιεχομένου όταν χρησιμοποιούνται έντονα – το 4G φτάνει στο μέγιστο περίπου 4.000 συσκευές ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο. Αντίθετα, το 5G mmWave θα υποστηρίζει έως και ένα εκατομμύριο συσκευές ανά km². Αυτό σημαίνει ότι σε πολυάσχολες εκδηλώσεις όπως μουσικά φεστιβάλ, καρναβάλια, συναυλίες ή ακόμα και σε κέντρα πόλεων ένα Σαββατοκύριακο, οι άνθρωποι δεν θα δυσκολεύονται να συνδεθούν.

3. **Δυνατότητα σταθερής ασύρματης πρόσβασης (FWA):** Το FWA θα μπορούσε να χρησιμεύσει ως εναλλακτική λύση για τις οικιακές συνδέσεις στο Διαδίκτυο μέσω καλωδίου. Αντί να χρειάζεται να έρθει ένας μηχανικός και να συνδέσει το σπίτι στο φυσικό δίκτυο, θα μπορούσε απλώς να συνδεθεί σε δίκτυα 5G υψηλής ταχύτητας για να τροφοδοτήσει όλες τις συσκευές στο σπίτι.

4. **Εικονική πραγματικότητα και «metaverse»:** Εάν πρόκειται να γίνει πραγματικότητα το «metaverse» (εικονικοί κόσμοι στους οποίους έχουν πρόσβαση με ακουστικά VR), εξαρτάται από το ότι πολλοί άνθρωποι έχουν εξαιρετικά γρήγορο Διαδίκτυο για να έχουν ομαλή και ενδιαφέρουσα εμπειρία. Έτσι, το mmWave 5G θα μπορούσε κάλλιστα να είναι ζωτικής σημασίας για να καταστεί δυνατό το μετασύμπαν.

- **Οφέλη mmWave 5G για τις επιχειρήσεις**

Ενώ οι περιπτώσεις χρήσης καταναλωτών είναι σίγουρα ενδιαφέρουσες, τα οφέλη του mmWave 5G για τις επιχειρήσεις είναι αναμφισβήτητα μεγαλύτερα. Εδώ είναι μερικές από τις πιθανές εφαρμογές:

1. **Αυτόνομα οχήματα και ρομπότ:** Για να λειτουργούν πραγματικά τα οχήματα και τα ρομπότ με τεχνητή νοημοσύνη, θα είναι ζωτικής σημασίας οι απίστευτα υψηλής ταχύτητας συνδέσεις με διακομιστές. Τα δίκτυα mmWave 5G θα μπορούσαν να προσφέρουν την απαιτούμενη ταχύτητα.

2. **Βαριά βιομηχανία:** Η λεγόμενη «τέταρτη βιομηχανική επανάσταση», η οποία βασίζεται σε συνδεδεμένα μηχανήματα, θα μπορούσε επίσης να ωφεληθεί σοβαρά από το mmWave 5G. Αυτή η ραδιοσυχνότητα υψηλής ταχύτητας θα μπορούσε να βοηθήσει στη λειτουργία εργοστασίων, ορυχείων και άλλων βαρέων βιομηχανικών μονάδων.

3. Υγειονομική περίθαλψη: Χρησιμοποιώντας απτικές τεχνολογίες και τεχνολογία φορητών συσκευών, ορισμένοι υποστήριξαν ότι το 5G mmWave θα επιτρέψει πράγματα όπως η εξ αποστάσεως χειρουργική επέμβαση και η ιατρική περίθαλψη.

4. Διαδίκτυο των πραγμάτων – Internet of Things: Το IoT θα βλέπει εκατομμύρια συσκευές να συνδέονται συνεχώς στο διαδίκτυο για να στέλνουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Τα δίκτυα 5G θα βοηθήσουν δυνητικά να υπερφορτίσουν την «έξυπνη πόλη»/«έξυπνη φάρμα»/«έξυπνο εργοστάσιο» και παρόμοιες ιδέες.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Dangi, R., Lalwani, P., Choudhary, G., You, I., & Pau, G. (2021). Study and investigation on 5G technology: A systematic review. *Sensors*, 22(1), 26.
- [2] Jijo, B. T., Zeebaree, S. R., Zebari, R. R., Sadeeq, M. A., Sallow, A. B., Mohsin, S., & Ageed, Z. S. (2021). A comprehensive survey of 5G mm-wave technology design challenges. *Asian Journal of Research in Computer Science*, 8(1), 1-20.
- [3] Οικονομικά Αποτελέσματα Ομίλου ΟΤΕ Α' Τρίμηνο 2024. Διαθέσιμο στο https://www.cosmote.gr/cs/otegroup/gr/oikonomikes_katastaseis_omilou_ote_kai_ae.html
- [4] Έσπασαν το φράγμα του 1 δισ. ευρώ τα έσοδα της Vodafone Ελλάδας. Διαθέσιμο στο <https://www.euro2day.gr/news/enterprises/article/2245095/espasan-to-fragma-toy-1-dis-eyro-ta-esoda-ths-voda.html>
- [5] Nova: Ταχύτερα αναπτυσσόμενος πάροχος κινητής στην Ελλάδα. Διαθέσιμο στο <https://www.euro2day.gr/news/enterprises/article/2208026/nova-tahytera-anaptyssomenos-parohos-kinhths-sthn.html>
- [6] ΕΕΤΤ – Επισκόπηση αγορών ηλεκτρονικών επικοινωνιών και ταχυδρομικών υπηρεσιών 2022. Διαθέσιμο στο <https://www.eett.gr/stoicheia-agogas/apologistika-stoicheia/ilektronikes-epikoinonies/stoicheia-ellinikis-agogas/episkopisi-agoron/>
- [7] Hong, W., Jiang, Z. H., Yu, C., Hou, D., Wang, H., Guo, C., ... & Zhou, J. Y. (2021). The role of millimeter-wave technologies in 5G/6G wireless communications. *IEEE Journal of Microwaves*, 1(1), 101-122.
- [8] Lopez, A. V., Chervyakov, A., Chance, G., Verma, S., & Tang, Y. (2019). Opportunities and Challenges of mmWave NR. *IEEE Wireless Communications*, 26(2), 4-6.
- [9] Boccardi, F., Shokri-Ghadikolaei, H., Fodor, G., Erkip, E., Fischione, C., Kountouris, M., ... & Zorzi, M. (2016). Spectrum pooling in mmWave networks: Opportunities, challenges, and enablers. *IEEE Communications Magazine*, 54(11), 33-39.
- [10] Wang, X., Kong, L., Kong, F., Qiu, F., Xia, M., Arnon, S., & Chen, G. (2018). Millimeter wave communication: A comprehensive survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 20(3), 1616-1653.
- [11] Kong, L., Ye, L., Wu, F., Tao, M., Chen, G., & Vasilakos, A. V. (2017). Autonomous relay for millimeter-wave wireless communications. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 35(9), 2127-2136.
- [12] Busari, S. A., Huq, K. M. S., Mumtaz, S., Dai, L., & Rodriguez, J. (2017). Millimeter-wave massive MIMO communication for future wireless systems: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 20(2), 836-869.
- [13] Sakaguchi, K., Haustein, T., Barbarossa, S., Strinati, E. C., Clemente, A., Destino, G., ... & Heath Jr, R. W. (2017). Where, when, and how mmWave is used in 5G and beyond. *IEICE Transactions on Electronics*, 100(10), 790-808.
- [14] Maamari, D., Devroye, N., & Tuninetti, D. (2016). Coverage in mmWave cellular networks with base station co-operation. *IEEE transactions on Wireless Communications*, 15(4), 2981-2994.
- [15] Kulkarni, M. N., Singh, S., & Andrews, J. G. (2014, December). Coverage and rate trends in dense urban mmWave cellular networks. In *2014 IEEE Global Communications Conference* (pp. 3809-3814). IEEE.
- [16] Na, W., Dao, N. N., Kim, J., Ryu, E. S., & Cho, S. (2020). Simulation and measurement: Feasibility study of Tactile Internet applications for mmWave virtual reality. *ETRI Journal*, 42(2), 163-174.
- [17] Zhou, P., Cheng, K., Han, X., Fang, X., Fang, Y., He, R., ... & Liu, Y. (2018). IEEE 802.11 ay-based mmWave WLANs: Design challenges and solutions. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 20(3), 1654-1681.
- [18] Niu, Y., Li, Y., Jin, D., Su, L., & Vasilakos, A. V. (2015). A survey of millimeter wave communications (mmWave) for 5G: opportunities and challenges. *Wireless networks*, 21, 2657-2676.
- [19] Uwaechia, A. N., & Mahyuddin, N. M. (2020). A comprehensive survey on millimeter wave communications for fifth-generation wireless networks: Feasibility and challenges. *IEEE Access*, 8, 62367-62414.

- [20] Moerman, A., Van Kerrebrouck, J., Caytan, O., de Paula, I. L., Bogaert, L., Torfs, G., ... & Lemey, S. (2022). Beyond 5G without obstacles: mmWave-over-fiber distributed antenna systems. *IEEE Communications Magazine*, 60(1), 27-33.
- [21] Silva, M. M. D., & Guerreiro, J. (2020). On the 5G and Beyond. *Applied Sciences*, 10(20), 7091.
- [22] Attar, H., Issa, H., Ababneh, J., Abbasi, M., Solyman, A. A., Khosravi, M., & Said Agieb, R. (2022). 5G System Overview for Ongoing Smart Applications: Structure, Requirements, and Specifications. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022.
- [23] Hong, W., Choi, J., Park, D., Kim, M. S., You, C., Jung, D., & Park, J. (2020). mmWave 5G NR cellular handset prototype featuring optically invisible beamforming antenna-on-display. *IEEE Communications Magazine*, 58(8), 54-60.
- [24] Juneja, S., Pratap, R., & Sharma, R. (2021). Semiconductor technologies for 5G implementation at millimeter wave frequencies—Design challenges and current state of work. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 24(1), 205-217.
- [25] Awan, W. A., Naqvi, S. I., Naqvi, A. H., Abbas, S. M., Zaidi, A., & Hussain, N. (2021). Design and characterization of wideband printed antenna based on DGS for 28 GHz 5G applications. *Journal of Electromagnetic Engineering and Science*, 21(3), 177-183.
- [26] Lavdas, S., Gkonis, P. K., Zinonos, Z., Trakadas, P., Sarakis, L., & Papadopoulos, K. (2022). A machine learning adaptive beamforming framework for 5G millimeter wave massive MIMO multicellular networks. *IEEE Access*, 10, 91597-91609.
- [27] Gotsis, A., Stefanatos, S., & Alexiou, A. (2016). UltraDense networks: The new wireless frontier for enabling 5G access. *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 11(2), 71-78.
- [28] GSMA. How 5G is transforming sports for spectators. Διαθέσιμο στο: <https://www.gsma.com/5GHub/stadiums>
- [29] GSMA. How high-capacity 5G could transform subway travel. Διαθέσιμο στο: <https://www.gsma.com/5GHub/subways>
- [30] GSMA. How 5G is transforming live theatre. Διαθέσιμο στο: <https://www.gsma.com/5GHub/5gtheatre>
- [31] GSMA. 5G mmWave—Unlocking the Full Potential of 5G. Διαθέσιμο στο: <https://www.gsma.com/futurenetworks/wp-content/uploads/2022/04/GSMA-5G-mmWave-Factsheet-Unlocking-the-Full-Potential-of-5G.pdf>