



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ  
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

## ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ FTTH

ΜΑΡΙΑ Γ. ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΠΟΥΛΟΥ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΨΑΡΡΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Καθηγητής Τομέας Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων  
Αποφάσεων

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2021

1

ΜΑΡΙΑ Γ. ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΠΟΥΛΟΥ



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κατά την τελευταία περίπου δεκαετία, τα δίκτυα, οι υπηρεσίες και οι τεχνολογίες ΤΠΕ αποτελούν το κυριότερο μέσο των κοινωνικών, οικονομικών, πολιτιστικών και πολιτικών αλληλεπιδράσεων. Στις μέρες μας η αυξανόμενη διοχέτευση πληροφοριών μέσω των δικτύων επικοινωνίας μετατρέπει τα δίκτυα αυτά σε καταλύτες της σύγχρονης οικονομίας. Πράγματι, η πρόσβαση στα δίκτυα επικοινωνίας και η χρήση τους αποκτά συνεχώς αυξανόμενη βαρύτητα στην καθημερινή ζωή των πολιτών, όπου ακόμη και οι βασικότερες ανάγκες, όπως η εκπαίδευση, η ιατροφαρμακευτική περίθαλψη, οι μεταφορές, η ηλεκτρική ενέργεια κ.λπ., εξαρτώνται όλο και περισσότερο από την εύρυθμη λειτουργία, την ευρεία εμβέλεια και την προσβασιμότητα των δικτύων ΤΠΕ.

Η ραγδαία αύξηση της χρήσης του διαδικτύου έχει δημιουργήσει ολοένα και μεγαλύτερη ζήτηση για κατασκευή ευρυζωνικών δικτύων. Τα δίκτυα οπτικών ινών είναι μια κατηγορία ευρυζωνικών δικτύων που υπόσχονται να υποστηρίξουν πληθώρα υπηρεσιών με θεωρητικά απεριόριστη χωρητικότητα σε αρκετά μεγάλο εύρος ζώνης. Επιπλέον, τα οπτικά δίκτυα δεν καλύπτουν μόνο το βασικό δίκτυο κορμού, αλλά μπορούν να εκτείνονται μέχρι την κατοικία των τελικών χρηστών. Συνεπώς, τα οπτικά δίκτυα πρόσβασης FTTx και οι διάφορες τεχνολογίες τους εφαρμόζονται στις δικτυακές υποδομές που αναπτύσσονται από το κεντρικό γραφείο του δικτύου της περιοχής κάλυψης μέχρι το συνδρομητή. Η παρούσα εργασία μελετά τα FTTH δίκτυα και συγκεκριμένα τα οφέλη που προσφέρουν τόσο στην οικονομία όσο και στους χρήστες. Γίνεται, επίσης, αναφορά σε τεχνικά θέματα που αφορούν αυτά τα δίκτυα οπτικών ινών, όπως οι υποδομές, οι σωληνώσεις, τα καλώδια, οι τάφροι, κ.λπ. Τα στοιχεία αυτά προκαλούν τα υψηλότερα κόστη στο δίκτυο πρόσβασης (κόστη CAPEX), ενώ ταυτόχρονα παρουσιάζονται και τα OPEX κόστη. Τέλος, στην εργασία παρουσιάζεται μια οικονομική μελέτη σε υπό κατασκευή FTTH δίκτυο, στην οποία πραγματοποιείται ανάλυση του κόστους του έργου, καθώς και των χρηματοροών, προκειμένου να αξιολογηθεί η αποδοτικότητα του έργου. Το έργο κατασκευάζεται σε κεντρική περιοχή της Αθήνας και περιλαμβάνει εγκατάσταση οπτικής ίνας από το κεντρικό γραφείο (CO) μέχρι τους τελικούς χρήστες του δικτύου.

## ABSTRACT

In the past decade, ICT networks, services and technologies have been the main mean of social, economic, cultural and political interaction. Nowadays, the increasing flow of information through communication networks turns these networks into catalysts of modern economy. Indeed, access to and use of communication networks is becoming increasingly important in the daily lives of the citizens, where even the most basic needs, such as education, healthcare, transport, electricity, etc., increasingly depend on the erect operation, wide range and accessibility of ICT networks.

The rapid increase in internet use has created a growing demand for the construction of broadband networks. Fiber optic networks are a category of broadband networks that promise to support a variety of services with theoretically unlimited capacity over a large bandwidth. In addition, optical networks not only cover the core backbone network, but can extend to the final users' home. Therefore, FTTx optical networks and their various technologies are applied to the network infrastructure developed from the CO to the user. This paper examines the FTTH networks and especially the benefits they offer to both the economy and the users. Technical issues concerning these fiber optic networks are referred, such as infrastructure, piping, cables, trenches, etc. CAPEX and OPEX costs of optical networks are also presented. Finally, the paper presents an economic study on an FTTH network under construction, which analyzes the cost of the project, as well as the cash flows, in order to evaluate the efficiency of the project. The project is being built in the center of Athens and includes the installation of fiber optics from the central office (CO) to the final users' home.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Η ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ</b>	
1.1 Ορισμός της ευρυζωνικότητας .....	9
1.2 Η ανάγκη για Ευρυζωνικότητα .....	10
1.3 Από τα δίκτυα χαλκού στα οπτικά δίκτυα.....	11
1.4 Επίδραση ευρυζωνικότητας.....	13
1.4.1 Οικονομικά οφέλη .....	14
1.4.2 Κοινωνικά οφέλη .....	16
1.4.3 Οφέλη για τον δημόσιο τομέα και ιδιωτικό τομέα .....	17
1.4.4 Ευρυζωνικότητα και θέσεις εργασίας .....	18
1.4.5 Ευρυζωνικότητα και τρέχουσα οικονομική κρίση.....	20
1.5 Ρόλος EETT, BEREC και ITU.....	21
1.6 Η ευρυζωνικότητα στην Ελλάδα.....	24
1.7 Πολιτικές της ΕΕ για την ευρυζωνικότητα.....	32
1.7.1 Χρηματοδοτική στήριξη της ΕΕ για ευρυζωνικές υποδομές.....	33
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΟΠΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ</b>	
2.1 Οπτική τεχνολογία.....	36
2.1.1 Οπτικά στοιχεία.....	36
2.1.2 Οπτικές Τεχνολογίες.....	40
2.2 Τοπολογίες AON/PON οπτικών δικτύων.....	41
2.3 Ανάλυση Δικτύων FTTh.....	45
2.3.1 Κατηγορίες - τοπολογίες δικτύων FTTh .....	45
2.3.2 Οπτικές Τεχνολογίες.....	46
2.3.3 Τεχνολογική υποδομή ενός δικτύου FTTh .....	50
2.3.4 Μέθοδοι εγκατάστασης καλωδίων σωλήνων .....	51

2.3.5 Τύποι καλωδίων και σωλήνων .....	52
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΔΙΚΤΥΟΥ FTTH</b>	
3.1 Ανάλυση κόστους δικτύων FTTH.....	55
3.1.1 Κόστος CAPEX.....	57
3.1.2 Κόστος OPEX.....	61
3.2 Μείωση κόστους δικτύου FTTH.....	62
3.2.1 Συνιστώσες κόστους Οπτικού Δικτύου .....	62
3.2.2 Τρόποι μείωσης κόστους CAPEX και OPEX .....	63
3.3 Πολιτική τιμολόγησης υπηρεσιών FTTH στην Ευρώπη.....	65
3.4 Επιχειρησιακή μελέτη δικτύου FTTH.....	66
3.4.1 Φάση Σχεδιασμού.....	68
3.4.2 Φάση Μοντελοποίησης.....	79
3.4.3 Φάση Αξιολόγησης.....	87
3.4.4 Φάση Επέκτασης.....	92
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΙΚΤΥΟΥ FTTH ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΩΝ (ΑΚ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑΣ)</b>	
4.1 Περιγραφή έργου.....	98
4.2 Σχεδιασμός έργου.....	98
4.3 Κατασκευή έργου.....	100
4.4 Χρηματοοικονομική ανάλυση & αξιολόγηση της επένδυσης.....	106
4.4.1 Στόχοι χρηματοοικονομικής ανάλυσης και αξιολόγησης της επένδυσης.....	106
4.4.2 Υπολογισμός συνολικού οικονομικού κόστους.....	107
4.4.3 Ανάλυση λογιστικών καταστάσεων.....	111
4.4.4 Μέθοδος Επανείσπραξης του Κόστους Επένδυσης.....	114
4.4.5 Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ).....	115

4.4.6 Δείκτης απόδοσης (PI).....	118
4.4.7 Μέθοδος εσωτερικής απόδοσης (Internal Rate of Return (IRR)).....	119
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ..	123
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	125

## ***ΕΙΣΑΓΩΓΗ***

Η εποχή, την οποία διανύουμε, έχει χαρακτηριστεί δικαίως από πολλούς ως η εποχή της πληροφορίας. Οι μορφές πληροφόρησης που κατακλύζουν εδώ και κοντά έναν αιώνα την ανθρωπότητα είναι πολλές και ποικίλες. Η τηλεφωνία, το ραδιόφωνο, η τηλεόραση, το Internet κ.α. είναι μερικές από τις δυνατότητες επικοινωνίας και μεταφοράς πληροφορίας που πλαισιώνουν την καθημερινή μας ζωή. Η ανάπτυξη νέων μορφών πληροφόρησης και η περαιτέρω βελτίωση των δυνατοτήτων των ήδη γνωστών μορφών καθίσταται στις μέρες μας ως επιτακτική ανάγκη καθώς είναι γεγονός ότι η τάση της ανθρωπότητας για συνεχή και γρήγορη πληροφόρηση αυξάνει σε καθημερινή βάση. Χαρακτηριστική απόδειξη αυτής της ανάγκης είναι η ραγδαία εξάπλωση του Διαδικτύου που έχει εκπλήξει ακόμα και τους πιο αισιόδοξους αναλυτές. Πέρα όμως από την ραγδαία εξάπλωση, η συνεχής αύξηση των χρηστών καθώς και του χρόνου χρήσης του Διαδικτύου αποτελούν τον βασικότερο λόγο για τις ραγδαίες αλλαγές, που συμβαίνουν στην βιομηχανία των τηλεπικοινωνιών, καθώς η ανάγκη αυτή συντελεί στη συνεχή ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και στην κατασκευή δικτύων με πολύ υψηλές ταχύτητες μετάδοσης.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### Η ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ

#### 1.1 Ορισμός της ευρυζωνικότητας

Η ευρυζωνικότητα αφορά τον τρόπο μετάδοσης των δεδομένων και λόγω της συνεχόμενης αλλαγής των ευρυζωνικών τεχνολογιών, ο ορισμός της συνεχώς εξελίσσεται. Σύμφωνα με τη Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU), ως ευρυζωνικότητα ορίζεται η ικανότητα μετάδοσης δεδομένων σε ρυθμούς γρηγορότερους από τα αρχικά ψηφιακά δίκτυα ενοποιημένων υπηρεσιών (ISDN) κατά 1.5 ή 2.0 Mbps. Πλέον, ο όρος ευρυζωνικότητα αναφέρεται σε συνδέσεις με το διαδίκτυο (Internet), οι οποίες είναι από 5 έως 2000 φορές πιο γρήγορες από τις αρχικές dial-up τεχνολογίες σύνδεσης και δεν ανταποκρίνεται σε συγκεκριμένη ταχύτητα ή υπηρεσία. Η ευρυζωνικότητα συνδυάζει το εύρος ζώνης (χωρητικότητα) με την ταχύτητα μιας σύνδεσης. Επιπλέον, από κοινωνική, πολιτική, οικονομική και τεχνολογική άποψη, ως ευρυζωνικότητα ορίζεται το προηγμένο, εφικτό και καινοτόμο περιβάλλον που πρέπει να αποτελείται από:

- Παροχή γρήγορών και αποδοτικών συνδέσεων με το διαδίκτυο.
- Κατάλληλη δικτυακή υποδομή.
- Προσφερόμενες επιλογές στους πελάτες.
- Ρυθμιστικό πλαίσιο.

Πιο συγκεκριμένα, οι συνδέσεις με το διαδίκτυο θα πρέπει να καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος του εκάστοτε πληθυσμού και να έχουν τη μορφή καταναλωτικού αγαθού, δηλαδή να προσφέρονται σε ανταγωνιστικές τιμές, χωρίς να υπάρχουν περιορισμοί στα συστήματα μετάδοσης και στον τερματικό εξοπλισμό των άκρων. Ακόμα, η δικτυακή υποδομή θα πρέπει να μπορεί να ικανοποιεί τις όποιες ανάγκες εφαρμογών και χρηστών σε εύρος ζώνης, καθώς και να δέχεται συνεχείς αναβαθμίσεις χαμηλού κόστους, οι οποίες θα της επιτρέπουν να παρακολουθεί τις εξελίξεις και τις ραγδαίες αλλαγές στο χώρο της τεχνολογίας και της πληροφορικής με σκοπό να μπορεί πάντα να ικανοποιεί τις υπάρχουσες απαιτήσεις. Ιδιαίτερα σημαντική επίσης είναι η δυνατότητα του πελάτη να επιλέγει ανάμεσα σε:

- Διαφορετικές ταχύτητες σύνδεσης, ανάλογες με το κόστος και τις απαιτήσεις του.
- Διάφορες δικτυακές εφαρμογές.
- Διάφορες υπηρεσίες πληροφόρησης και ψυχαγωγίας

Με αυτό τον τρόπο δεν περιορίζεται σε επιλογές και του επιτρέπεται να επιλέξει αυτός σύμφωνα με τις ανάγκες και την οικονομική του δυνατότητα. Τέλος, ένα κατάλληλο ρυθμιστικό πλαίσιο πρέπει να διέπεται από μέτρα, πολιτικές, παρεμβάσεις άμεσες και έμμεσες, και ελέγχους μέσω ανεξάρτητης αρχής με σκοπό την προστασία του υγιούς ανταγωνισμού και την ισορροπημένη οικονομική ανάπτυξη και επένδυση όλων των συμμετεχόντων εταιρειών που εμπλέκονται στην εμπορική εκμετάλλευση της ευρυζωνικότητας.

### **1.2 Η ανάγκη για Ευρυζωνικότητα**

Οι πολύ γρήγορα αναπτυσσόμενες ανάγκες διακίνησης των δεδομένων, προκάλεσαν αλλαγές στις ανάγκες και στις απαιτήσεις των χρηστών, σε ότι αφορά κυρίως την ταχύτερη ανταλλαγή δεδομένων των οποίων ο όγκος αυξανόταν με ραγδαίους ρυθμούς.

Ωστόσο, στην όλο και αυξανόμενη ανάγκη για ευρυζωνικότητα συνέβαλαν επίσης:

1. Η ραγδαία εξέλιξη και ανάπτυξη του διαδικτύου σε σχέση με τον αριθμό των χρηστών αλλά και τον χρόνο χρήσης του.
2. Η βελτίωση της παροχής υπηρεσιών και εφαρμογών.
3. Η όλο κι αυξανόμενη χρήση του διαδικτύου στις εμπορικές συναλλαγές.
4. Η μείωση του κόστους παροχής εύρους ζώνης αφενός λόγω της προόδου των τηλεπικοινωνιών κι αφετέρου λόγω της απελευθέρωσης της αγοράς από το μονοπώλιο.
5. Η συνεχής επένδυση επιχειρήσεων σε δίκτυα μεταφοράς πολύ υψηλών ταχυτήτων. Τα δίκτυα αυτά χρησιμοποιούνται ευρέως είτε για εσωτερική αλληλοσύνδεση των διαφόρων τμημάτων της επιχείρησης, είτε για επικοινωνία διαφορετικών επιχειρήσεων μεταξύ τους.
6. Η εξάπλωση των προσωπικών υπολογιστών (PCs) και των τοπικών δικτύων (LANs), που προσφέρουν σύνδεση με το διαδίκτυο. Είναι προφανές ότι το χαμηλό κόστος και η ενισχυμένη επεξεργαστική ισχύς των υπολογιστών βοήθησε εκατομμύρια χρήστες να έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο μέσω των τοπικών δημόσιων δικτύων, των οποίων οι ανάγκες και οι απαιτήσεις για εφαρμογές είναι τελείως διαφορετικές.

Τη διαφορετικότητα αυτή σε εφαρμογές και απαιτήσεις έρχεται να επιλύσει η ευρυζωνικότητα μέσω ενός μεγάλου πλήθους υπηρεσιών που μπορεί να προσφέρει. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών είναι η τηλεφωνία με εικόνα (video telephony), οι χαμηλού κόστους τηλεδιασκέψεις, η τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας (High Definition TV), η διασύνδεση τοπικών δικτύων (LAN interconnection).

Συμπληρωματικά, υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που ενισχύουν την ανάγκη για ευρυζωνικότητα σε παγκόσμιο επίπεδο. Τα τελευταία χρόνια η φύση των ζητούμενων υπηρεσιών έχει αλλάξει, καθώς οι χρήστες θέλουν ολοένα και πιο εξειδικευμένες υπηρεσίες με χαρακτηριστικά, όπως: η κινητικότητα (mobility), το εύρος ζώνης μετά από ζήτηση (bandwidth on demand), η ευελιξία στη δημιουργία κι εγκατάσταση συνδέσεων, οι συνδέσεις από άκρο σε άκρο (end - to - end connectivity), η διαχείριση κλπ. Ένας ακόμη παράγοντας, που αξίζει να επισημανθεί, είναι οι ανταγωνιστικές αγορές, οι οποίες λειτουργούν με μεγαλύτερη απόδοση από ότι οι ρυθμιζόμενες. Αυτό απαιτεί να προσφέρουν ακόμη πιο σύγχρονες υπηρεσίες, οι οποίες δεν είναι δυνατόν να ικανοποιηθούν μέσα από τα παλαιότερα δίκτυα επικοινωνιών. Τέλος, η συνεχής μείωση του κόστους του εξοπλισμού που είναι απαραίτητος για την επεξεργασία και τη διακίνηση των πληροφοριών, δίνει σε ολοένα και περισσότερο κόσμο τη δυνατότητα να αποκτήσει διαδικτυακές συνδέσεις. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη συμφόρηση των υπαρχόντων δικτύων και την ανάγκη για δίκτυα με χαρακτηριστικά όπως αυτά που καθορίζει η σύσταση I.113 της ITU.

### **1.3 Από τα δίκτυα χαλκού στα οπτικά δίκτυα**

Η διαθεσιμότητα οπτικής ευρυζωνικής πρόσβασης στους πολίτες και τις επιχειρήσεις σε όλες τις γεωγραφικές αγορές και οικονομίες, κρίνεται απαραίτητη από τους σημαντικότερους ενδιαφερόμενους της ψηφιακής οικονομίας και της οικονομίας της γνώσης.

Η ανάγκη για όλο και μεγαλύτερη αύξηση των ταχυτήτων μετάδοσης, δηλαδή μεγαλύτερου εύρους συχνοτήτων, οδήγησε στην χρήση της οπτικής ίνας αντί του καλωδίου χαλκού. Η οπτική ίνα παρέχει σημαντικότερα πλεονεκτήματα σε σχέση με το απλό χάλκινο καλώδιο που χρησιμοποιείται εδώ και δεκαετίες στις ενσύρματες επικοινωνίες.

Η κατασκευή δικτύων πρόσβασης νέας γενιάς (Next Generation Access - NGA networks) παρουσιάζει διεθνώς μεγάλο ενδιαφέρον καθώς αποτελεί μία αποτελεσματική σχεδιαστική επιλογή για την αναβάθμιση των τηλεπικοινωνιακών δικτύων πρόσβασης και την επίτευξη ευρυζωνικών συνδέσεων πολύ υψηλών ταχυτήτων. Τα παραδοσιακά χάλκινα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα (Public Switched Telephone Networks – PSTN) δεν έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν συνδέσεις που μακροπρόθεσμα θα μπορούν να εξυπηρετήσουν αποτελεσματικά τους τελικούς χρήστες – καταναλωτές.

Η επιστημονική βιβλιογραφία αλλά και η επιχειρηματική πρακτική προτείνει τη χρήση διάφορων τεχνολογιών που αυξάνουν την ταχύτητα μετάδοσης σε καλώδια χαλκού

(τηλεφωνικό δίκτυα και δίκτυα καλωδιακής τηλεόρασης) με σημαντικούς όμως περιορισμούς: Οι υψηλές ταχύτητες μπορούν να επιτευχθούν μόνο σε μικρά τμήματα του δικτύου, ενώ οι υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης επηρεάζονται από τις φυσικές και φασματικές συνθήκες εντός του καλωδίου (π.χ. υγρασία, παρεμβολές από γειτονικές εκπομπές κτλ.). Αντίθετα, οι τεχνολογίες οπτικών ινών μπορούν να εξασφαλίσουν ιδεατά απεριόριστο εύρος ζώνης και ουσιαστικά να υπερκαλύψουν τις τεχνικές απαιτήσεις των σημερινών και των μελλοντικών ευρυζωνικών εφαρμογών και υπηρεσιών ενώ το κόστος κατασκευής έχει μειωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια με την υιοθέτηση νέων μεθόδων εγκατάστασης (Technology Task Group, 2000).

Η ανάπτυξη τέτοιων δικτύων έχει μεγάλη σημασία για τους πολίτες - τελικούς καταναλωτές, τις τηλεπικοινωνιακές εταιρείες, τις τοπικές κοινωνίες αλλά και τις εθνικές οικονομίες. Οι ποιοτικότερες και φθηνότερες υπηρεσίες αλλά και η γεφύρωση του ψηφιακού χάσματος εντός των κοινωνιών είναι στοιχεία που συνδέονται ευθέως με την εξέλιξη της τηλεπικοινωνιακής βιομηχανίας αλλά και των γεωγραφικών οικονομιών. Στο πλαίσιο αυτό, η παροχή ευρυζωνικών συνδέσεων υψηλών ταχυτήτων μακροπρόθεσμα επιτυγχάνεται μόνο με την κατασκευή οπτικών συνδέσεων μεταξύ των οικιών και των τηλεπικοινωνιακών δικτύων. Τα δίκτυα αυτά ονομάζονται Ίνα-μέχρι-το-Σπίτι (Fiber to the Home - FTTH), και αναφέρονται επίσης ως δίκτυα πρόσβασης νέας γενιάς (Next Generation Access – NGA). Τα δίκτυα FTTH χαρακτηρίζονται από μη ανακτήσιμες δαπάνες (sunk costs) που σχετίζονται με τη κατασκευή του φυσικού τμήματος του δικτύου (εκσκαφές, εγκατάσταση σωληνώσεων και οπτικών καλωδίων, κατασκευή φρεατίων και διατάξεων εισόδου στα κτίρια κ.ά.). Επίσης, η λειτουργία, διαχείριση και συντήρησή τους (Operation, Administration and Maintenance - OAM) απαιτεί την φυσική παρουσία των παρόχων δικτύου (network providers) στην περιοχή ενδιαφέροντος.

Συνοπτικά ορισμένα από αυτά τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας οπτικής είναι τα παρακάτω:

1. Το τεράστιο εύρος ζώνης. Η οπτική ίνα παρέχει εύρος 1000 φορές μεγαλύτερο από ολόκληρο το διαθέσιμο φάσμα ραδιοσυχνοτήτων.
2. Οι μικρές απώλειες κατά την διάδοση του σήματος. Η οπτική ίνα σε σχέση με το χάλκινο καλώδιο παρουσιάζει περιορισμένες απώλειες γεγονός που επιτρέπει την μετάδοση δεδομένων σε μεγάλες αποστάσεις χωρίς να είναι αναγκαία η ενδιάμεση ενίσχυση του σήματος.
3. Χαμηλό κόστος. Η δημιουργία ενός καλωδίου οπτικών ινών είναι πιο συμφέρουσα οικονομικά, σε σχέση με ένα χάλκινο καλώδιο ίδιας απόστασης και δυνατοτήτων. Αυτό ωφελεί αρχικά τους πάροχους υπηρεσιών τηλεπικοινωνιών, οι οποίοι με μικρότερο κόστος παρέχουν ποιοτικές υπηρεσίες. Τελικά αυτό μειώνει και τις ανάγκες απόσβεσης εξόδων των παροχών, επομένως ωφελεί και τον καταναλωτή, που επιβαρύνεται με μικρότερες χρεώσεις για τις υπηρεσίες που χρησιμοποιεί.

4. Υψηλή διαθεσιμότητα, που οφείλεται κυρίως στην ανθεκτική κατασκευή των σύγχρονων οπτικών καλωδίων, που μειώνει στο ελάχιστο το ενδεχόμενο εξωτερικής ζημιάς.
5. Αμιγώς ψηφιακό σήμα, που εξασφαλίζει υψηλότερη ποιότητα επικοινωνίας και αποφυγή προβλημάτων που θα προέκυπταν σε μια αναλογική μετάδοση. Οι οπτικές ίνες μεταδίδουν τις φωτεινές αναλαμπές με υψηλή αξιοπιστία, μεταφέροντας τα bytes με πολύ μικρότερες αλλοιώσεις σε σχέση με αυτές ενός κοινού καλωδίου δικτύου, ή μιας ασύρματης σύνδεσης δεδομένων.
6. Μικρές απαιτήσεις σε ενέργεια. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δεν παρατηρούνται σημαντικές απώλειες σήματος, καθώς και στον τρόπο μετάδοσης δεδομένων, δηλαδή με τη χρήση φωτεινής δέσμης, που απαιτεί πολύ μικρότερη κατανάλωση ενέργειας, σε σχέση με το ηλεκτρικό σήμα.

#### **1.4 Επίδραση ευρυζωνικότητας**

Η σημασία της ευρυζωνικότητας για την ανάπτυξη της Οικονομίας και γενικότερα της Κοινωνίας της Πληροφορίας προκύπτει από το γεγονός ότι οι περισσότερες χώρες του κόσμου έχουν θέσει ως ένα από τους βασικούς στόχους τους την όσο το δυνατό μεγαλύτερη ανάπτυξη της ευρυζωνικής πρόσβασης καθώς και την παροχή σε όσο το δυνατόν περισσότερους πολίτες και επιχειρήσεις. Σημαντική επίσης είναι η προσπάθεια για ανάπτυξη της ευρυζωνικότητας και σε απομακρυσμένες, επαρχιακές περιοχές. Παράλληλα η προώθηση της ευρυζωνικότητας έχει υιοθετηθεί και ως στόχος τόσο από την Ευρωπαϊκή Ένωση, όσο και από μεγάλους οργανισμούς, όπως ο ΟΟΣΑ (Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης).

Τόσο οι αναπτυσσόμενες όσο και οι ανεπτυγμένες χώρες αναγνωρίζουν ότι οι Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) παρέχουν μια πραγματική ευκαιρία για την βελτίωση των επιπέδων διαβίωσης μέσω της αύξησης παραγωγικότητας. Ελάχιστοι θα διαφωνούσαν με το επιχείρημα ότι οι τηλεπικοινωνίες και οι τεχνολογίες επεξεργασίας πληροφοριών χρησιμεύουν ως ισχυροί παράγοντες οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης με την βελτίωση της πρόσβασης στην πληροφόρηση, την ενίσχυση του εμπορίου σε αγαθά και υπηρεσίες, την μείωση του κόστους και την βελτίωση της αποτελεσματικότητας. Τα κράτη πρέπει να βελτιώνουν συνεχώς τις καινοτομίες στις ΤΠΕ και μία από αυτές είναι η βελτίωση της ευρυζωνικότητας. Σημαντικός παράγοντας στην βελτίωση αυτή είναι η χρήση βέλτιστων στρατηγικών και πρακτικών.

1.4.1 Οικονομικά οφέλη

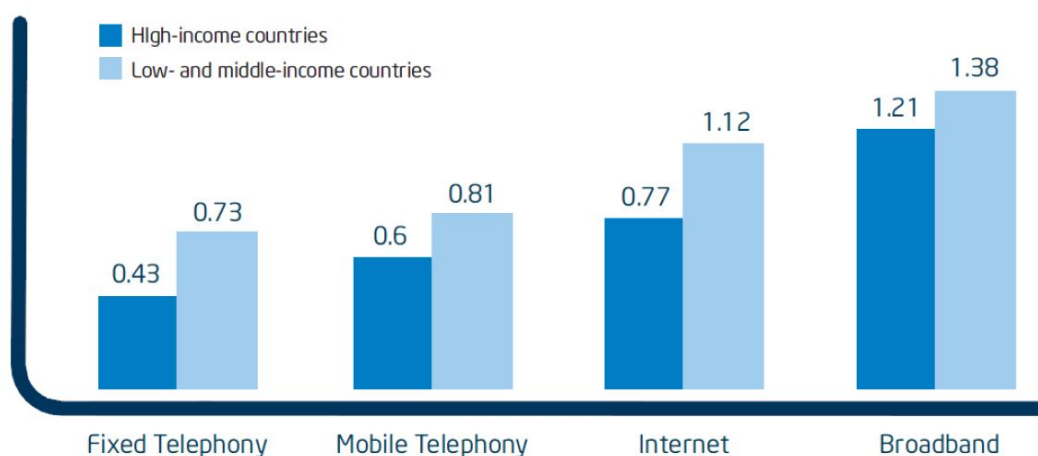
Είναι προφανής και διεθνώς αναγνωρισμένη η συσχέτιση μεταξύ ευρυζωνικότητας και οικονομικής ανάπτυξης. Χαρακτηριστικά, η Παγκόσμια Τράπεζα αναφέρει ότι οι δαπάνες υποδομής σε ευρυζωνική υποδομή έχουν ισχυρό αντίκτυπο στις δραστηριότητες των άλλων τομέων της Οικονομίας. Οι δικτυακές επενδύσεις είναι τυπικά παραδείγματα επενδύσεων, που έχει αποδειχθεί ότι συμβάλουν στην αύξηση της παραγωγικότητας σχεδόν σε κάθε τομέα της οικονομίας. Ο ΟΟΣΑ αναφέρει ότι η ευρυζωνικότητα απαιτείται ως συμπληρωματική επένδυση σε άλλες υποδομές όπως κτίρια, δρόμοι, συστήματα μεταφορών, υγείας και ηλεκτρικής ενέργειας. Το MIT υποστηρίζει ότι, ενώ η ευρυζωνική πρόσβαση ενισχύει την οικονομική ανάπτυξη, οι οικονομικές επιπτώσεις της ευρυζωνικότητας είναι πραγματικές και μετρήσιμες. Η ανάπτυξη της ευρυζωνικότητας είναι στρατηγικής σημασίας για τις σύγχρονες χώρες. Μπορεί να δώσει ώθηση στις οικονομικές δραστηριότητες (e - Commerce), στις καθημερινές συναλλαγές των πολιτών με δημόσιες και ιδιωτικές υπηρεσίες (e - Banking, e-Government), στην αναβάθμιση των υπηρεσιών μάθησης που παρέχονται σε απομονωμένες περιοχές μιας χώρας (e-Learning,) και στην εξασφάλιση της άμεσης πρόσβασης στην επιστημονική γνώση και την ενημέρωση (ηλεκτρονικά media, blogging, διαδικτυακές κοινότητες).

Στις αναπτυσσόμενες οικονομίες κάθε αύξηση κατά 10% της διείσδυσης της ευρυζωνικότητας, επιταχύνει την οικονομική ανάπτυξη κατά περίπου 1.38 ποσοστιαίες μονάδες (μεγαλύτερη αύξηση σε σχέση με άλλες τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες

Region	Fixed Si Wireless Broadband*	Market Penetration Rate
	Subscribers (million)	(per 100 population)
Africa	24.4	2.4
China	103.0	7.7
Rest of Asia & Pacific	292.7	12.0
Eastern Europe	55.0	16.2
Latin America	62.6	10.8
Middle East	42.4	13.4
U.S. & Canada	174.9	51.4
Western Europe	262.1	64.3
<b>Grand Total</b>	<b>1,017.1</b>	<b>15.0</b>

Εικόνα 1: Συνδρομητές και ποσοστό διείσδυσης ευρυζωνικότητας

Οι χώρες που βρίσκονται στη κορυφαία βαθμίδα της ευρυζωνικής διείσδυσης έχουν πετύχει μία αύξηση του ΑΕΠ 2% υψηλότερη σε σχέση με τις χώρες που βρίσκονται στην κατώτερη βαθμίδα. Πιο συγκεκριμένα, μία αύξηση του ΑΕΠ κατά μια ποσοστιαία μονάδα οφείλεται σε αντίστοιχη αύξηση 10 ποσοστιαίων μονάδων της διείσδυσης της ευρυζωνικότητας. Παρακάτω, παρουσιάζεται η επίδραση των τηλεπικοινωνιών στην αύξηση του ΑΕΠ, η οποία είναι μεγαλύτερη σε χώρες με χαμηλές και μεσαίες οικονομίες.



Εικόνα 2: Η επίδραση των τηλεπικοινωνιών στην αύξηση του ΑΕΠ κρατών με εισοδήματα διαφορετικής κλίμακας

Προκύπτει πως είναι προς όφελος των αναπτυσσόμενων χωρών να προωθήσουν την ανάπτυξη των ευρυζωνικών υποδομών τους για να βελτιώσουν την οικονομία τους μέσω της ανάπτυξης του ΑΕΠ. Άλλες οικονομικές επιπτώσεις της ευρυζωνικότητας περιλαμβάνουν τη δημιουργία και τη διευκόλυνση του εμπορίου, τη μείωση του κόστους με τις διεθνείς επικοινωνίες και τη μεγαλύτερη πρόσβαση στις διεθνείς αγορές.

Η ευρυζωνικότητα μπορεί επίσης να βοηθήσει τις χώρες να προσελκύσουν, να εκπαιδεύσουν και να διατηρήσουν μία δημιουργική τάξη εργαζομένων, καθώς η παρουσία της οδηγεί σε νέα επιχειρηματικά μοντέλα και νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες. Σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες τα ευρυζωνικά δίκτυα παρέχουν μοναδικά πλεονεκτήματα που επιτρέπουν στις αναδυόμενες οικονομίες να διέλθουν με ανταγωνιστικό τρόπο στις διεθνείς αγορές.

Μερικά ενδεικτικά οφέλη των ευρυζωνικών συνδέσεων περιγράφονται παρακάτω:

- Απανταχού πρόσβαση: τα ευρυζωνικά δίκτυα είναι πάντα σε λειτουργία και διαθέσιμα για χρήση,
- Προηγμένες εφαρμογές πολυμέσων: οι υψηλές ευρυζωνικές ταχύτητες επιτρέπουν την εύκολη πρόσβαση σε on-line βίντεο, διαδραστικές εφαρμογές, παιχνίδια και άλλες πολυμεσικές εφαρμογές,
- Μείωση κόστους: η περιήγηση στο Web, το e-mail και άλλες on-line δραστηριότητες μπορούν να αυξήσουν την παραγωγικότητα της εργασίας και να μειώσουν το κόστος συλλογής πληροφοριών,
- Βελτιωμένη επικοινωνία: Τα ευρυζωνικά δίκτυα επιτρέπουν επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο, μέσω e-mail, instant messaging, Voice-over-Internet Protocol (VoIP). Με τον τρόπο αυτό οι επιχειρήσεις μπορούν να επικοινωνούν πιο συχνά και με χαμηλότερο κόστος με τους πελάτες τους προμηθευτές και συνεργάτες σε όλο τον κόσμο,
- Βελτίωση της αποτελεσματικότητας της ενέργειας: η ευρυζωνικότητα μειώνει τις ανάγκες μετακίνησης και οδηγεί έτσι σε μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και μεγαλύτερη συνολική ενεργειακή απόδοση.

#### 1.4.2 Κοινωνικά οφέλη

Τα κοινωνικά οφέλη της ευρυζωνικής τεχνολογίας είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν, αλλά παρόλα αυτά αποτελούν σημαντικό μέρος της συνολική αξίας της ευρυζωνικότητας. Με τη σύνδεση των πολιτών μεταξύ τους, όπως επίσης και των επιχειρήσεων, των κοινωνικών υπηρεσιών αλλά και γενικότερα των κυβερνήσεων, οι ευρυζωνικές υπηρεσίες βοηθούν τους ανθρώπους να γίνουν πιο ενημερωμένοι και πιο ενεργοί, κάτι που οδηγεί σε καλύτερη ποιότητα ζωής και περισσότερες προσωπικές και επαγγελματικές ευκαιρίες. Τα οφέλη και οι ευκαιρίες που δημιουργεί η ευρυζωνικότητα για όλους τους ανθρώπους –ανεξάρτητα από την θέση, τον τρόπο ζωής, και το εισόδημα τους- μπορεί να βοηθήσει τα έθνη να μειώσουν το ψηφιακό χάσμα. Δεδομένου ότι η ευρυζωνική πρόσβαση γίνεται περισσότερο διαθέσιμη και λιγότερο ακριβή, οι πολίτες και οι επιχειρήσεις σε απομακρυσμένες αγροτικές περιοχές μπορούν να συμμετέχουν πιο άμεσα στην εθνική οικονομία. Η ευρυζωνικότητα αποτελεί μια πολιτική εξισορρόπηση, επειδή προσφέρει τη δυνατότητα σε όλους τους πολίτες να έχουν πρόσβαση σε βασικές κυβερνητικές υπηρεσίες (όπως π.χ. ηλεκτρονική υποβολή φορολογικών δηλώσεων, ηλεκτρονική ψηφοφορία κ.λ.π.) και να επωφεληθούν από νέες οικονομικές ευκαιρίες όπως η εργασία από το σπίτι (tele-working). Τα ευρυζωνικά δίκτυα παρέχουν επίσης ένα πιο αποτελεσματικό και λιγότερο δαπανηρό τρόπο για την παροχή βασικών δημόσιων υπηρεσιών,



όπως η κοινωνική περίθαλψη, η εκπαίδευση, η δημόσια ασφάλεια καθώς και υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης (όπως π.χ. παροχή ιατρικών συμβουλών από απόσταση σε απομακρυσμένα ιατρεία ή κέντρα υγείας). Η ευρυζωνική Τηλε-ιατρική παρέχει καλύτερη πρόσβαση σε εξειδικευμένη φροντίδα, μειώνει τις περιττές μετακινήσεις και διευκολύνει την ταχύτερη διάγνωση και θεραπεία. Κινητοί επαγγελματίες υγείας προσφέρουν υγειονομική περίθαλψη σε απομακρυσμένες περιοχές σε όλο τον κόσμο και συχνά βασίζονται σε κινητές ευρυζωνικές υπηρεσίες για να κοινοποιήσουν τα ευρήματά τους καθώς και τις ανησυχίες των ασθενών που βρίσκονται σε περιφερειακά ιατρεία. Η ευρυζωνικότητα μπορεί να μειώσει τις βλαβερές συνέπειες της αστικοποίησης με διάφορους τρόπους όπως: α) αύξηση των οικονομικών ευκαιριών στις αγροτικές περιοχές, παρέχοντας την δυνατότητα σε πολίτες απομακρυσμένων περιοχών να εργάζονται από το σπίτι β) βελτίωση της εκπαίδευσης, επειδή η ευρυζωνική πρόσβαση δίνει την δυνατότητα στους ανθρώπους της υπαίθρου να εκπαιδευτούν στις νέες τεχνολογίες χωρίς να απαιτείται η μετακίνηση τους σε αστικές περιοχές και γ) βελτίωση της αστικής ζωής, επειδή η ευρυζωνικότητα βελτιώνει την παραγωγικότητα, μειώνοντας παράλληλα τις απαιτήσεις σε ενέργεια, την ηχορύπανση και την εκπομπή καυσαερίων (λόγω της μείωσης των μετακινήσεων).

#### *1.4.3 Οφέλη για τον δημόσιο τομέα και ιδιωτικό τομέα*

Η διάδοση των ευρυζωνικών υποδομών και υπηρεσιών επιφέρει μεγάλες αλλαγές στη λειτουργία, την αποτελεσματικότητα και την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών του δημοσίου τομέα. Η ευρυζωνικότητα υποστηρίζει την ανάπτυξη υπηρεσιών του δημοσίου τομέα (e-government) που επιτρέπουν την αποδοτικότερη αλληλεπίδραση μεταξύ δημόσιων υπηρεσιών και πολιτών, μέσω αυτοματοποιημένων διαδικασιών. Με την εξασφάλιση των κατάλληλων υποδομών, παρέχεται η δυνατότητα αξιοποίησης νέων εφαρμογών και υπηρεσιών που έχει σημαντικές επιπτώσεις στις εκπαιδευτικές και ερευνητικές δραστηριότητες. Οι δημόσιες υπηρεσίες αποτελούν συνήθως το μεγαλύτερο πελάτη των τηλεπικοινωνιακών οργανισμών και καταβάλλουν σημαντικά τέλη. Με την ανάπτυξη και βελτίωση των ευρυζωνικών υποδομών δίνεται η δυνατότητα μείωσης αυτού του κόστους με την παράλληλη βελτίωση των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Συνοπτικά τα πλεονεκτήματα του Δημοσίου Τομέα λόγω της χρήσης της ευρυζωνικότητας είναι τα εξής:

- Εξοικονόμηση χρόνου με τη χρήση αυτόματων διαδικασιών
- Μείωση ανάγκης για εργασίες διαχείρισης
- Μείωση γραφειοκρατίας με παράλληλη αύξηση της ικανοποίησης των εργαζομένων
- Βελτίωση της εικόνας της Δημόσιας Διοίκησης

- Ενίσχυση της ομαδικότητας και συνεργασίας
- Καλύτερα εκπαιδευμένοι υπάλληλοι
- Ευκολότερη και ταχύτερη διάχυση της πληροφορίας.

Οι ιδιωτικές επιχειρήσεις μέσω των καινοτόμων χαρακτηριστικών των ευρυζωνικών δικτύων θα μπορέσουν να πετύχουν μια μεγαλύτερη οικονομική ανάπτυξη, η οποία θα βασιστεί στη χρήση των νέων υπηρεσιών της ευρυζωνικότητας. Θα μπορέσουν να πετύχουν την μεγαλύτερη προώθηση των προϊόντων και των υπηρεσιών τους ακόμα και σε απομακρυσμένες γεωγραφικές περιοχές. Η ανάπτυξη των δραστηριοτήτων στον τομέα του ηλεκτρονικού εμπορίου μπορεί να ανατρέψει τα σημερινά δεδομένα αναφορικά με την ανταγωνιστικότητα των επιχειρήσεων.

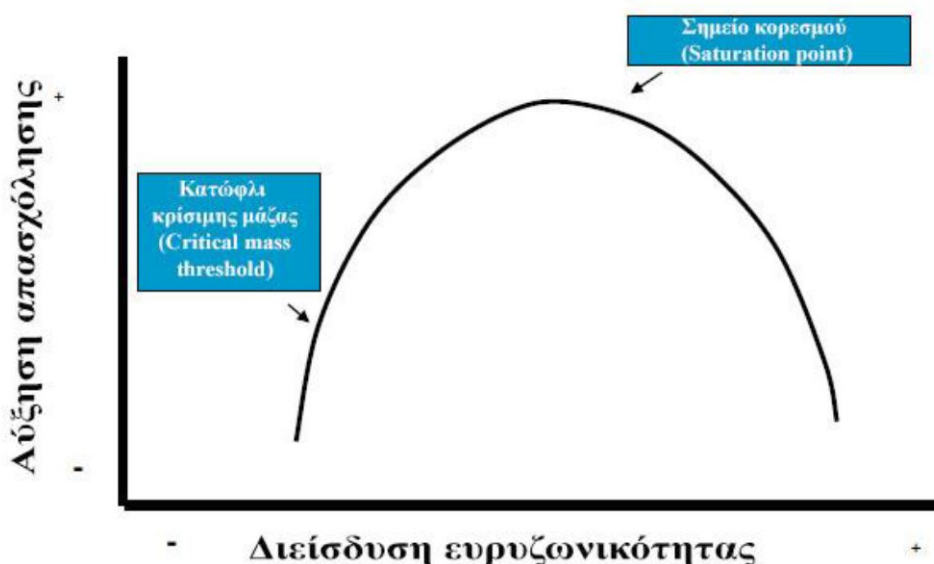
Ο δημόσιος και ο ιδιωτικός είναι συχνά αλληλεπιδρόμενοι με την έννοια ότι η ανάπτυξη του ενός μπορεί να επιδράσει θετικά και στους υπόλοιπους. Πιο συγκεκριμένα, η ευρυζωνική υποδομή μπορεί να οδηγήσει σε οικονομική ανάπτυξη, η οποία με τη σειρά της προκαλεί βελτίωση της παραγωγικότητας του δημοσίου τομέα και στην παροχή βελτιωμένων ηλεκτρονικών παροχών σε όλους τους πολίτες. Η παραγωγικότητα του Δημόσιου Τομέα μπορεί να έχει θετική επίδραση σε υπηρεσίες όπως ο Τουρισμός, οι μεταφορές, οι ηλεκτρονικές υπηρεσίες κ.λ.π.

#### *1.4.4 Ευρυζωνικότητα και θέσεις εργασίας*

Η αύξηση της διείσδυσης της ευρυζωνικότητας μπορεί να έχει θετικό αντίκτυπο στην παραγωγικότητα, μπορεί όμως να συμβάλει αρνητικά στην απασχόληση. Πιο συγκεκριμένα, οι ευρυζωνικές συνδέσεις ενδέχεται να διευκολύνουν την αντικατάσταση κεφαλαίου-εργασίας, με αποτέλεσμα την πιο αργή αύξηση των θέσεων εργασίας. Ωστόσο, αυτό το αρνητικό αποτέλεσμα αντισταθμίζεται από την αύξηση της καινοτομίας και των νέων υπηρεσιών, με αποτέλεσμα τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Τέλος η τρίτη επίδραση μπορεί να είναι τα αποτελέσματα δυο αντίρροπων τάσεων. Από τη μία πλευρά μία περιοχή που αυξάνει την διείσδυση της ευρυζωνικότητας μπορεί να αυξήσει την απασχόληση, αλλά από την άλλη πλευρά η αύξηση αυτή μπορεί να προκαλέσει την απώλεια θέσεων εργασίας, λόγω της εξωτερικής ανάθεσης θέσεων εργασίας, δηλαδή τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας στο εξωτερικό μιας χώρας. Για παράδειγμα, εάν μία ευρωπαϊκή βιομηχανία ηλεκτρονικού εξοπλισμού προχωρήσει σε ανάθεση θέσεων εργασίας στο εξωτερικό (π.χ. στην Ασία λόγω χαμηλότερου κόστους εργασίας), αυτό θα μειώσει τις εσωτερικές επενδύσεις καθώς ένα τμήμα τους θα διαρρεύσει στο εξωτερικό. Στη συνέχεια το ερώτημα που μελετάται είναι αν υπάρχει

μια γραμμική σχέση ανάμεσα στην υιοθέτηση (διείσδυση) των ευρυζωνικών τεχνολογιών και τη δημιουργία θέσεων εργασίας ή αν η σχέση αυτή είναι περισσότερο σύνθετη.

Στην επόμενη εικόνα παρουσιάζει τη σχέση ανάμεσα στην αύξηση της απασχόλησης (άξονας y) και τη διείσδυση της ευρυζωνικότητας (άξονας x). Φαίνεται ότι, αρχικά η αύξηση της ευρυζωνικότητας προκαλεί αντίστοιχη αύξηση της απασχόλησης μέχρι ενός σημείου κορεσμού (Saturation point), μετά το οποίο περαιτέρω αύξηση της ευρυζωνικότητας οδηγεί σε μείωση της απασχόλησης. Φαίνεται να υπάρχει –όπως υποδεικνύεται από την οικονομική θεωρία- μία μη – γραμμική σχέση μεταξύ ευρυζωνικής διείσδυσης και δημιουργίας θέσεων εργασίας. Στο αριστερό χαμηλό άκρο της καμπύλης υπάρχει το κατώφλι κρίσιμης μάζας (critical mass threshold), το οποίο δείχνει ότι αρχικά η επίδραση της ευρυζωνικότητας στην απασχόληση είναι ελάχιστη εξαιτίας της θεωρίας της κρίσιμης μάζας (critical mass theory). Στο άλλο άκρο της καμπύλης, το σημείο κορεσμού δείχνει ότι μετά από ένα ορισμένο επίπεδο διείσδυσης που δεν διευκρινίζεται, η επίδραση της ευρυζωνικότητας τείνει να χάνει δύναμη.



Εικόνα 3: Οι επιπτώσεις της ευρυζωνικότητας στην απασχόληση

Ο Atkinson et al. επισήμανε ότι οι εξωγενείς παράγοντες των δικτύων (ή αλλιώς δικτυακά φαινόμενα) μειώνονται με την κατασκευή των δικτύων και την ωρίμανση της τεχνολογίας με την πάροδο του χρόνου. Υπάρχουν σημαντικές ενδείξεις που θα μπορούσαν να υποστηρίξουν ένα τέτοιο επιχειρήμα: αυτοί που υιοθετούν πρώτοι την τεχνολογία (early adopters) είναι συνήθως εκείνοι που μπορούν να προκαλέσουν τις υψηλότερες αποδόσεις μιας δεδομένης καινοτομίας. Αντίθετα οι εξωγενείς παράγοντες των δικτύων έχουν την τάση να μειώνονται με το χρόνο, διότι οι συνέπειες δεν θα είναι τόσο ισχυρές για τα άτομα εκείνα που υιοθετούν

αργότερα μια τεχνολογία (late adopters). Επίσης, από τη στιγμή που μία τηλεπικοινωνιακή υποδομή έχει φτάσει σε ένα κρίσιμο σημείο μάζας, τα κέρδη της παραγωγικότητας θα οδηγήσουν σε μείωση της απασχόλησης εξαιτίας της αντικατάστασης κεφαλαίου – εργασίας. Η επίτευξη κρίσιμου σημείου μάζας θα επιταχύνει την μετατόπιση της εργασίας προς το εξωτερικό, δηλαδή προς χώρες με χαμηλότερα κόστη εργασίας.

#### *1.4.5 Ευρυζωνικότητα και τρέχουσα οικονομική κρίση*

Πολλοί οργανισμοί όπως π.χ. η Παγκόσμια Τράπεζα, ο ΟΟΣΑ και άλλοι έχουν διατυπώσει την άποψη ότι η ευρυζωνικότητα μπορεί να συμβάλει στην έξοδο από τη παρούσα οικονομική κρίση. Πιο συγκεκριμένα, τα ευρυζωνικά δίκτυα, τα οποία λειτουργούν ως πλατφόρμα επικοινωνίας και συναλλαγής, μπορούν να βελτιώσουν την παραγωγικότητα και να αυξήσουν τις δημόσιες και τις ιδιωτικές επενδύσεις, οι οποίες εξαρτώνται από τηλεπικοινωνίες υψηλής ταχύτητας. Η ευρυζωνικότητα σε συνδυασμό με άλλες υποδομές όπως κτίρια, δρόμοι, συστήματα μεταφοράς κ.λ.π. μπορεί να εξοικονομήσει ενέργεια και να βελτιώσει την ασφάλεια. Ο ΟΟΣΑ πιστεύει ότι οι επενδύσεις στο χώρο των ευρυζωνικών συνδέσεων και γενικότερα των τηλεπικοινωνιών μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στην αντιμετώπιση της κρίσης. Η κατάλληλη επιλογή επενδύσεων για την ανάπτυξη των υποδομών των τηλεπικοινωνιών μπορούν να επεκτείνουν τις παραγωγικές δυνατότητες της οικονομίας. Η ευρυζωνικότητα σήμερα είναι τόσο ζωτικής σημασίας όσο ήταν ο ηλεκτρισμός τη δεκαετία του 1930 και έχει σαν αποτέλεσμα τη βελτίωση της ποιότητας ζωής. Σε περιόδους οικονομικής κρίσης οι εθνικές κυβερνήσεις ψάχνουν για πολιτικές που μπορούν να πετύχουν ταχεία αντιμετώπιση της αύξησης της ανεργίας και της μείωσης της παραγωγής. Οι επενδύσεις σε έργα υποδομής έχουν αναγνωριστεί ως βασικά εργαλεία της οικονομικής πολιτικής για την καταπολέμηση της οικονομικής κρίσης. Η κατασκευή ευρυζωνικών δικτύων αποτελεί σημαντική επίδραση προς την κατεύθυνση της βελτίωσης της αποτελεσματικότητας και της τόνωσης της οικονομίας. Πολλές κυβερνήσεις έχουν αποφασίσει να αυξήσουν τις επενδύσεις τους και σε υποδομές, εκτός από την κατασκευή δρόμων, γεφυρών και τηλεπικοινωνιακών υποδομών.

Σε οικονομίες που εξαρτώνται από τη συλλογή και την επεξεργασία πληροφοριών, όπως π.χ. η γερμανική, όπου το 54% του οικονομικά ενεργού εργατικού δυναμικού θεωρείται ότι βασίζεται σε πληροφορίες, η κατασκευή υποδομών για τη διευκόλυνση της ροής των πληροφοριών στην οικονομία, μπορεί να έχει θετικές επιπτώσεις στην παραγωγικότητα, την καινοτομία και την ανάπτυξη των επιχειρήσεων. Διάφορες μελέτες επισημαίνουν ότι οι

κατατάξεις στην εθνική ανταγωνιστικότητα διαφόρων κρατών σχετίζεται άμεσα με την ετοιμότητα των δικτύων.

### **1.5 Ρόλος EETT, BEREC και ITU**

Σε εθνικό επίπεδο, η EETT (Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων) είναι ο εθνικός φορέας ρυθμιστικής αρχής των τηλεπικοινωνιών. Ιδρύθηκε το 1992 (Ν.2075/1992) και έχει ως σκοπό να προωθούνται τα συμφέροντα των συνδρομητών τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών εντός Ελλάδας και Ευρωπαϊκής Ένωσης, να βοηθά στην ανάπτυξη της εσωτερικής αγοράς των τηλεπικοινωνιών και ο ανταγωνισμός μεταξύ των διαφόρων παρόχων να αναπτύσσεται σε υγιή πλαίσια. Πιο συγκεκριμένα:

- Ρυθμίζει διάφορα θέματα του Διαδικτύου και τερματικού εξοπλισμού.
- Εκδίδει κανονισμούς για τον καθορισμό των αρχών κοστολόγησης και τιμολόγησης για τη χρήση του τοπικού βρόγχου, μισθωμένων γραμμών και διασύνδεσης.
- Ρυθμίζει θέματα απλών και ειδικών αδειών. Αυτό σημαίνει ότι φροντίζει για τη παροχή, ανάκληση, μερική ή ολική αναστολή, τροποποίηση, μεταβίβαση, συνεκμετάλλευση και ανανέωση των απλών αδειών και διενεργεί διαγωνισμούς όπου απαιτείται για τη παροχή ειδικών αδειών.
- Συντάσσει το Εθνικό Σχέδιο Αριθμοδότησης, παρέχει αριθμούς και ονόματα δικτυακών τόπων (domain names) και διαπιστεύει εκείνους τους φορείς που θα κάνουν χρήση ηλεκτρονικής υπογραφής.
- Καταρτίζει τους κανόνες χρήσης του φάσματος συχνοτήτων
- Εποπτεύει την αγορά τηλεπικοινωνιών και ταχυδρομείων, ελέγχοντας τις συμβάσεις παροχής φωνητικής και κινητής επικοινωνίας (για τηλεπικοινωνίες) και διάφορες άλλες συμβάσεις που εκείνη κρίνει, με στόχο να προασπίζεται το συμφέρον των συνδρομητών τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών και η διαλειτουργικότητα μεταξύ των δικτύων διαφόρων παρόχων.
- Επιβάλλει τη καθολική υπηρεσία σε όλη την ελληνική επικράτεια. Ως καθολική υπηρεσία νοείται η παροχή καθορισμένης και στοιχειώδους δέσμης υπηρεσιών

καθορισμένης ποιότητας, σε όλους τους τελικούς χρήστες, σε λογική τιμή (ορισμός EETT).

- Εφαρμόζει τη νομοθεσία ανταγωνισμού για το σύνολο της αγοράς των τηλεπικοινωνιών.
- Επιλύει διαφορές μεταξύ παρόχων τηλεπικοινωνιακών ή ταχυδρομικών υπηρεσιών (δημόσιων ή ιδιωτικών) ή μεταξύ παρόχων και τελικών χρηστών.
- Γνωμοδοτεί στη λήψη νομοθετικών μέτρων.
- Συνεργάζεται με τον αντίστοιχο ευρωπαϊκό (European Regulators Group for Postal Services – ERGP) και τη διεθνή ένωση τηλεπικοινωνιών (International Telecommunication Union – ITU).

Σε πανευρωπαϊκό επίπεδο, η ρυθμιστική αρχή είναι η BEREC (Body of European Regulators for Electronic Communication). Ιδρύθηκε στις 11 Δεκεμβρίου 2018 [σύσταση (EU) 2018/1971], αντικαθιστώντας την παλαιά ομάδα των ευρωπαϊκών ρυθμιστικών αρχών για δίκτυα και υπηρεσίες ηλεκτρονικών επικοινωνιών [συμβουλευτική ομάδα ιδρυόμενη το 2002 με τη σύσταση (EC) 1211/2009]. Η BEREC διασφαλίζει τη πιστή εφαρμογή του ευρωπαϊκού πλαισίου για τις αγορές ηλεκτρονικών επικοινωνιών προς όφελος της Ευρώπης και των ευρωπαίων πολιτών. Πιο συγκεκριμένα:

- Συμβάλλει στην ανάπτυξη της ευρωπαϊκής αγοράς τηλεπικοινωνιών, εφαρμόζοντας το νομικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις τηλεπικοινωνίες, αποφέροντας οφέλη στις επιχειρήσεις και τους πολίτες.
- Βοηθά την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και τις εθνικές επιτροπές τηλεπικοινωνιών κάθε μέλους-χώρας της Ευρωπαϊκής Ένωσης (για την Ελλάδα – EETT) στην τήρηση και εφαρμογή του νομικού πλαισίου για τις τηλεπικοινωνίες.
- Καθορίζει διάφορες συστάσεις και γνωμοδοτήσεις για τη ρύθμιση των τηλεπικοινωνιών, οι οποίες λαμβάνονται σοβαρά υπόψη από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και τις εθνικές επιτροπές τηλεπικοινωνιών κάθε κράτους-μέλους της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το νομικό πλαίσιο που καλείται να εφαρμόσει η BEREC, για τα έτη 2018-2020 είναι ο συνδυασμός των DAE και Gigabit Society. Η μεν DAE συντάχθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και ψηφίστηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο στις 26/8/2010 στις Βρυξέλες. Η δε Gigabit Society συντάχθηκε και αυτή από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και ψηφίστηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο το 2016 στις Βρυξέλες.

Τα κυριότερα σημεία των DAE και Gigabit Society έχουν ως εξής: Η DAE (Digital Agenda for Europe) περιλαμβάνει την υλοποίηση επτά βασικών πυλώνων:

1. Μείωση του ψηφιακού χάσματος μεταξύ των πολιτών της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
2. Ανάπτυξη των Τεχνολογιών Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών (ΤΠΕ).
3. Προώθηση της γρήγορης και εξαιρετικά γρήγορης πρόσβασης στο Διαδίκτυο για όλους.
4. Ενίσχυση της ασφάλειας του Διαδικτύου.
5. Ανάπτυξη της ενιαίας ψηφιακής αγοράς.
6. Συνεχής βελτίωση των υπαρχόντων προτύπων επικοινωνιών.
7. Συμβολή στην ανάπτυξη και τη καινοτομία.

Η Gigabit Society περιλαμβάνει την υλοποίηση τεσσάρων βασικών μέτρων:

1. Κοινοί ευρωπαϊκοί στόχοι από το 2025: Από το 2025 όλα τα σχολεία, μεταφορικές εταιρείες και οι δημόσιοι υπηρεσίες θα πρέπει να έχουν πρόσβαση σε συμμετρικές ταχύτητες 1 Gbps. Επίσης, όλα τα ευρωπαϊκά νοικοκυριά (αστικά και αγροτικά) θα πρέπει να μπορούν να κάνουν χρήση δικτύων που προσφέρουν ταχύτητες downloading τουλάχιστον 100 Mbps, με δυνατότητα αναβάθμισης σε 1 Gbps. Συν τοις άλλοις, οι αστικές περιοχές, μεγάλες οδικές αρτηρίες και σιδηροδρομικά δίκτυα θα πρέπει να υποστηρίζουν το 5G (δίκτυο κινητής τηλεφωνίας 5ης γενιάς).
2. Κατάρτιση νέου συνόλου κανόνων λειτουργίας των τηλεπικοινωνιακών παρόχων: Συμπεριλαμβάνει το νομικό πλαίσιο του ελέγχου των παρόχων από τις εθνικές ρυθμιστικές αρχές τηλεπικοινωνιών, με στόχο την χρήση νέων τεχνολογικών εξελίξεων στον τομέα των τηλεπικοινωνιών και στη δυνατότητα των τελικών χρηστών να επιλέξουν τις υπηρεσίες που εκείνοι επιθυμούν.
3. Παροχή κουπονιών χρηματοδότησης για δημιουργία δωρεάν δικτύων Wi-Fi γύρω από συγκεκριμένα σημεία: Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή είναι διατεθειμένη να προσφέρει 120 εκατομμύρια ευρώ σε τοπικές αρχές κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη δημιουργία δωρεάν δικτύων Wi-Fi γύρω από πάρκαπλατείες, δημόσια κτίρια, κέντρα υγείας κ.ά.

4. Σχέδιο για τη μετάβαση στο 5G: Αυτό περιλαμβάνει όλα τα αναγκαία βήματα για τη συνεργασία των κρατών-μελών και των βιομηχανιών παραγωγής τηλεπικοινωνιακού υλικού για την αύξηση των επενδύσεων προς τη μετάβαση στο 5G.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η ITU (International Telecommunication Union) εκδίδει τους κανόνες και πρότυπα τηλεπικοινωνιών που έχουν παγκόσμια ισχύ. Αυτοί οι κανόνες λαμβάνονται υπόψη από τις EETT και BEREC.

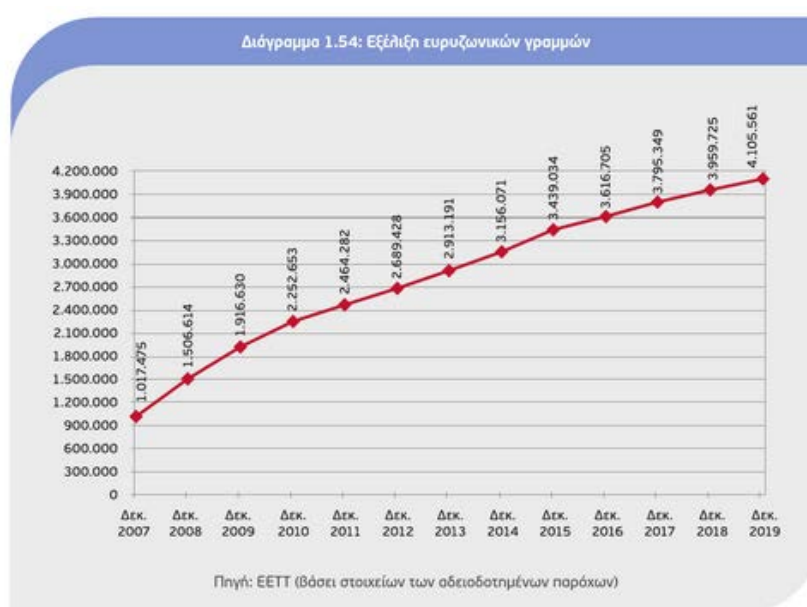
### **1.6 Η ευρυζωνικότητα στην Ελλάδα**

Η ανάγκη για Ευρυζωνικότητα στην Ελλάδα σε συνδυασμό πάντα με τη χρήση προηγμένων Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών (ΤΠΕ), είναι εξίσου δεδομένη όσο και στις άλλες χώρες. Τα πλεονεκτήματα από την εξάπλωση και χρήση των νέων τεχνολογιών αποτελούν ουσιαστικό εργαλείο για ανοιχτή και αποτελεσματική διακυβέρνηση, καθώς και για τη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας των επιχειρήσεων. Επίσης, δημιουργούν νέες μορφές εργασίας, νέες δεξιότητες και διασφαλίζουν τη συνεχή κατάρτιση και δια βίου μάθηση των πολιτών. Ταυτόχρονα, συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας ζωής με την παροχή προηγμένων υπηρεσιών υγείας, μεταφορών και προστασίας του περιβάλλοντος. Η εξάπλωση και χρήση της Ευρυζωνικότητας αναμένεται να αυξήσει την αποδοτικότητα και την ποιότητα υπηρεσιών στην κοινωνία, τον πολιτισμό και την οικονομία και ταυτόχρονα να εξασφαλίσει οικονομίες κλίμακας. Στην Ελλάδα μετά την απελευθέρωση της αγοράς τηλεπικοινωνιών, αρκετές εταιρείες έχουν αρχίσει να δραστηριοποιούνται στην παροχή τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Η συντονισμένη υλοποίηση των κατάλληλων ευρυζωνικών υποδομών αναμένεται να βελτιώσει σημαντικά τις συνθήκες της αγοράς, να προωθήσει την καινοτομία στην παροχή δικτυακών υπηρεσιών και εφαρμογών και να αυξήσει την επιχειρηματικότητα, κυρίως σε ότι σχετίζεται με τις νέες τεχνολογίες. Παράλληλα, με τις κατάλληλες υποδομές, αναμένεται μια σημαντική διευκόλυνση στη δραστηριοποίηση νέων μικρομεσαίων επιχειρήσεων, ανεξάρτητα από τη γεωγραφική τους θέση στο νέο ψηφιακό επιχειρηματικό περιβάλλον. Επομένως, η ανάπτυξη ευρυζωνικών υποδομών και υπηρεσιών είναι στρατηγικής σημασίας για την Ελλάδα, αφού μπορεί να δώσει σημαντική ώθηση στις οικονομικές δραστηριότητες αλλά και να συμβάλλει ουσιαστικά στην βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών. Η υστέρηση στην εκτέλεση τέτοιων έργων, ειδικά την περίοδο υλοποίησης άλλων σημαντικών αλλά και



συναφών δράσεων τεχνολογικής αναβάθμισης θα οδηγήσει τη χώρα σε δυσμενέστερη θέση στην παγκόσμια ανταγωνιστική οικονομία. Ο ρόλος της ευρυζωνικής πρόσβασης στην αποτελεσματική διαμόρφωση της Κοινωνίας της Πληροφορίας (ΚτΠ) είναι ουσιαστικός και σημαντικός. Έτσι, η υλοποίηση έργων του Επιχειρησιακού Σχεδίου της ΚτΠ πρέπει να δώσει τη δυνατότητα για την παροχή ευρυζωνικής πρόσβασης σε όλους τους πολίτες και σε όλους τους τομείς της δημόσιας και ιδιωτικής ζωής.

Σύμφωνα με τα τελευταία στοιχεία της ΕΕΤΤ στο τέλος του 2019, οι ευρυζωνικές συνδέσεις ανήλθαν σε 4.105.561 έναντι 3.959.725 στο τέλος του 2018, σημειώνοντας αύξηση 3,7% σε ετήσια βάση καταγράφοντας 38,1% διεξόδου στον πληθυσμό.



Εικόνα 4: Η εξέλιξη ευρυζωνικών γραμμών

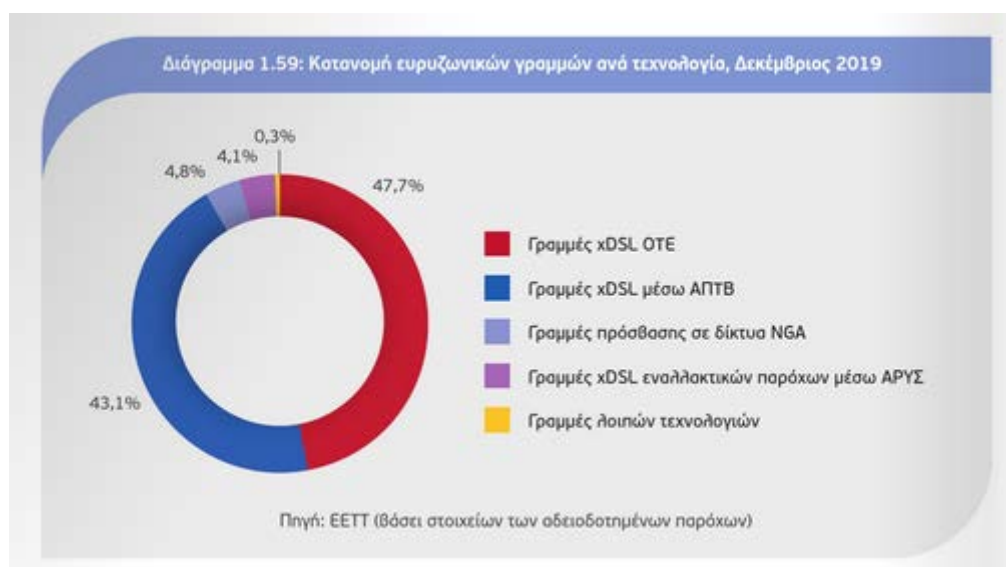
Αναλυτικότερα, οι εταιρείες τηλεπικοινωνιακών δικτύων που δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα, συνέχισαν την αναβάθμιση του δικτύου πρόσβασης σε NGA, μέσω της τεχνολογίας VDSL vectoring. Ειδικότερα εντός του 2019, υλοποιήθηκε δίκτυο NGA καλύπτοντας την περιοχή 4.926 υπαίθριων καμπινών του ΟΤΕ. Οι καμπίνες στην πλειονότητά τους αναβαθμίστηκαν σε αρχιτεκτονική FTTC (fiber to the cabinet) και τεχνολογία VDSL vectoring, ενώ μέρος αυτών σε αρχιτεκτονική FTTH (fiber to the home) και τεχνολογία GPON (Gigabit passive optical networks).

Συνολικά, έως το τέλος του 2019, το σύνολο των αναβαθμισμένων καμπινών έφτασε τις 18.656.



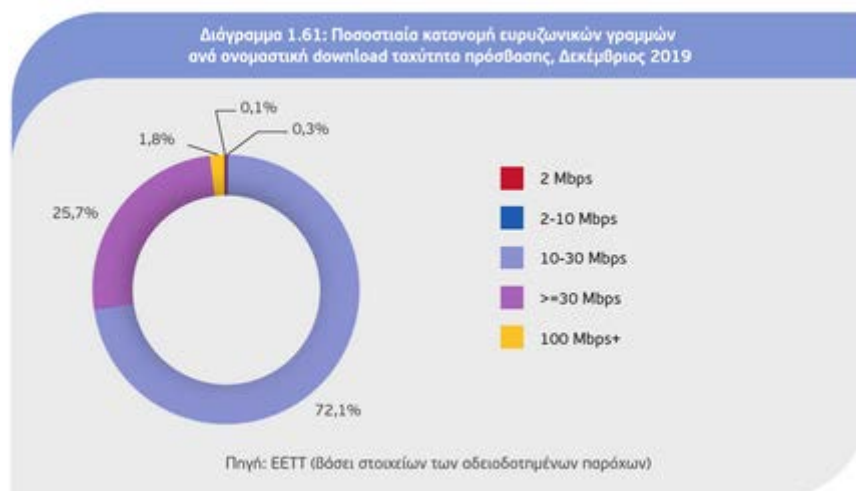
Εικόνα 5: Η εξέλιξη ευρυζωνικών γραμμών

Οι γραμμές πρόσβασης σε δίκτυα NGA ανήλθαν σε 195.427 έναντι 41.653 στο τέλος του 2018. Το μερίδιό τους επί του συνόλου των ευρυζωνικών γραμμών, αυξήθηκε στο 4,7% το 2019, έναντι 1% στο τέλος του 2018.



Εικόνα 6: Κατανομή ευρυζωνικών γραμμών ανά τεχνολογία

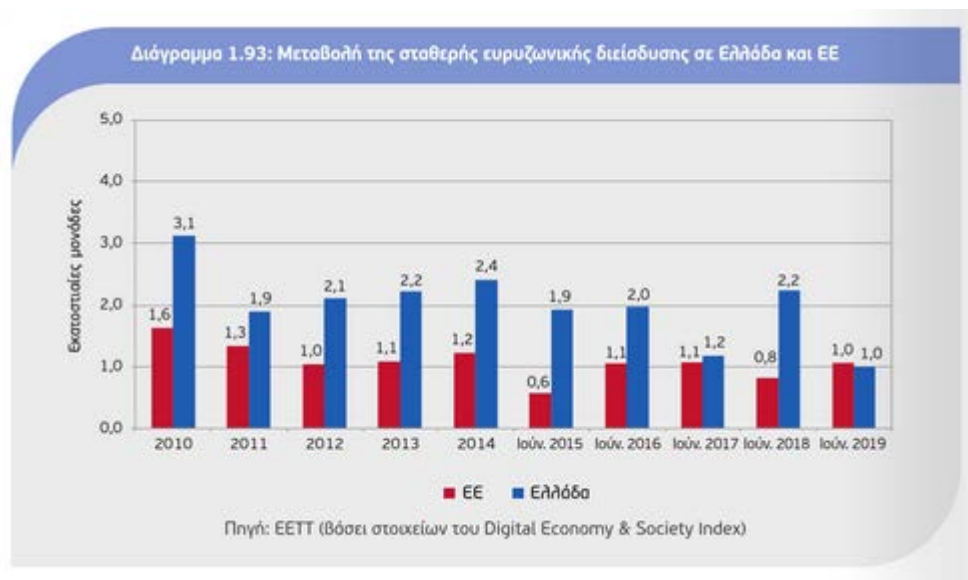
Σχεδόν το σύνολο των ευρυζωνικών γραμμών (άνω του 99%) αντιστοιχεί σε ονομαστικές download ταχύτητες πρόσβασης 10Mbps και άνω. Παράλληλα, αξιοσημείωτη είναι η αύξηση του ποσοστού των ευρυζωνικών γραμμών υψηλών ταχυτήτων σε ονομαστικές download ταχύτητες πρόσβασης από 30Mbps και άνω, οι οποίες συνιστούν πλέον το 27,5% των ευρυζωνικών γραμμών της χώρας (έναντι 19,2% στο τέλος του 2018). Από αυτές ένα σημαντικό ποσοστό της τάξης του 6,5% αναλογεί σε γραμμές με ταχύτητα πρόσβασης από 100Mbps και άνω (έναντι 3,4% στο τέλος του 2018).



Εικόνα 7: Ποσοστιαία κατανομή ευρυζωνικών γραμμών ανά ονομαστική download ταχύτητα πρόσβασης

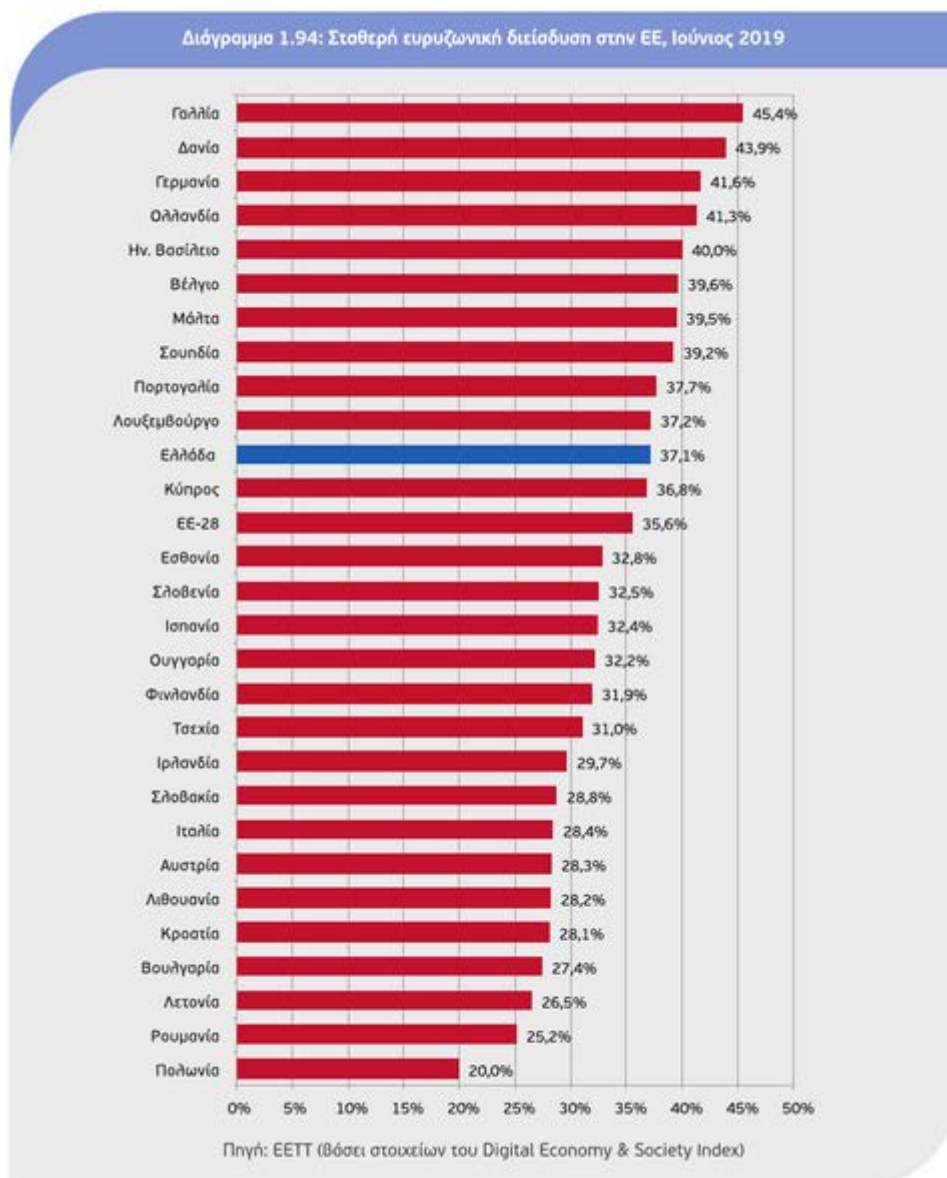
Συγκρίσεις μεγεθών της ελληνικής αγοράς με αντίστοιχες ευρωπαϊκές.

Η διείσδυση της σταθερής ευρυζωνικότητας στον πληθυσμό, δηλαδή ο αριθμός των ευρυζωνικών συνδέσεων ανά 100 κατοίκους, συνέχισε την ανοδική πορεία της στην Ελλάδα, με μικρότερη όμως δυναμική από τα προηγούμενα έτη.



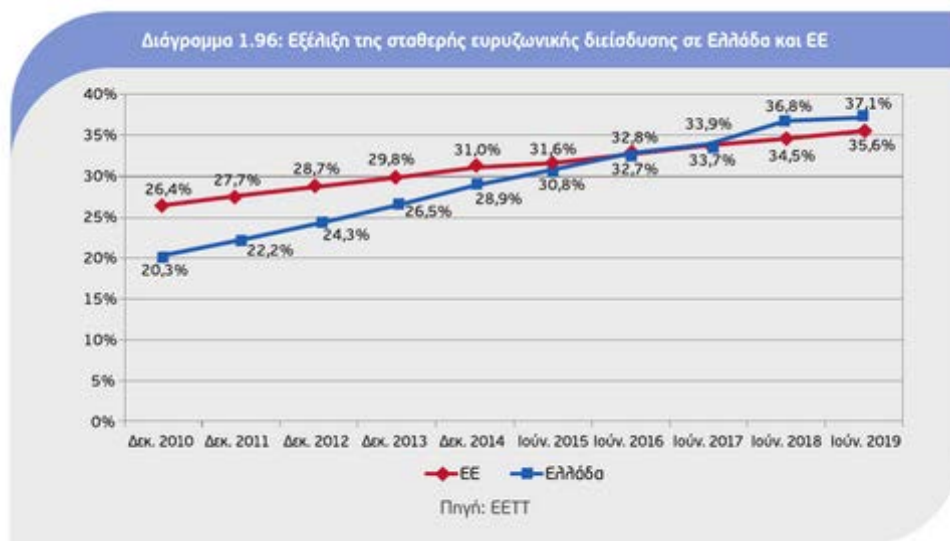
Εικόνα 8: Μεταβολή της σταθερής ευρυζωνικής διείσδυσης σε Ελλάδα και ΕΕ

Τον Ιούνιο του 2019, η διείσδυση της σταθερής ευρυζωνικότητας στην ΕΕ κυμάνθηκε από 35,6% έναντι 34,5% τον Ιούνιο του 2018. Τα αντίστοιχα μεγέθη για την Ελλάδα ήταν 37,1% και 36,2%, καταγράφοντας αύξηση περίπου μιας εκατοστιαίας μονάδας και κατατάσσοντάς την στην ενδέκατη θέση μεταξύ των κρατών μελών της ΕΕ.



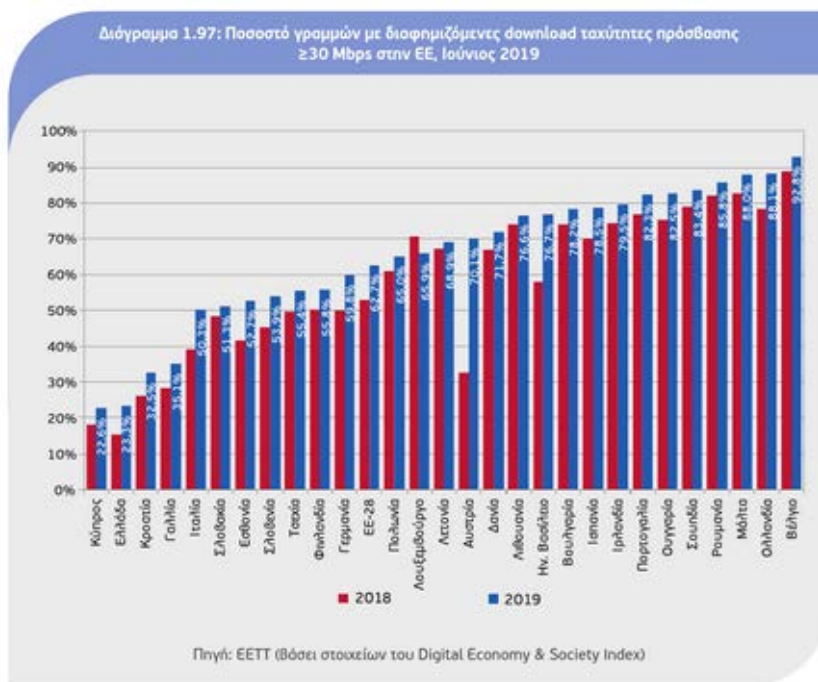
Εικόνα 9: Σταθερή ευρυζωνική διείσδυση στην ΕΕ, Ιούνιος 2019

Σημειώνεται ότι η διείσδυση της σταθερής ευρυζωνικότητας στην Ελλάδα υπερβαίνει τον αντίστοιχο ευρωπαϊκό μέσο όρο ήδη από τα μέσα του 2016.



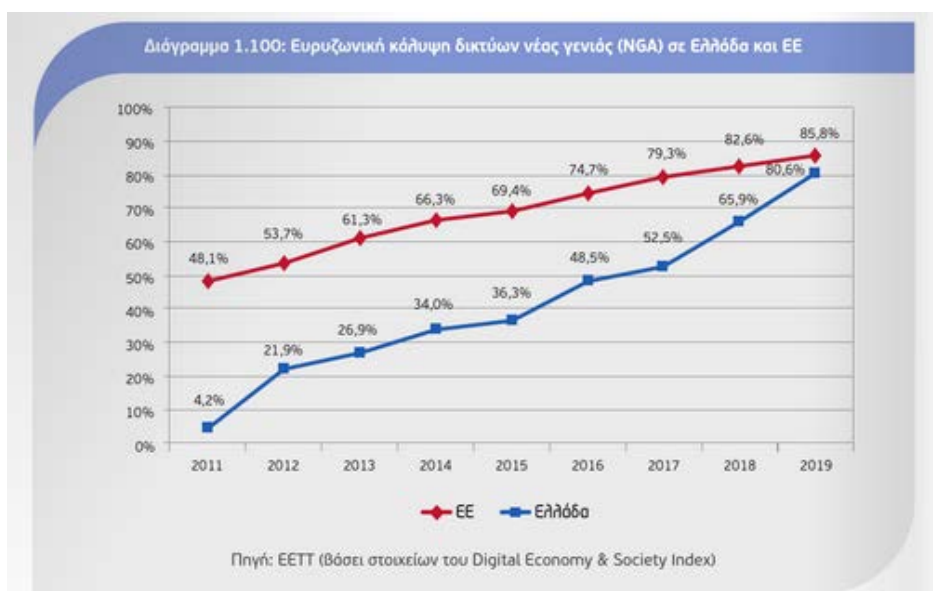
Εικόνα 10: Εξέλιξη της σταθερής ευρυζωνικής διείσδυσης σε Ελλάδα και ΕΕ

Επιπλέον, η ζήτηση ευρυζωνικών γραμμών υψηλών ταχυτήτων συνέχισε να αυξάνεται, με αποτέλεσμα τον Ιούνιο του 2019, οι ευρυζωνικές συνδέσεις με διαφημιζόμενες download ταχύτητες πρόσβασης μεγαλύτερες ή ίσες των 30Mbps στην ΕΕ να αποτελούν περίπου το 63% του συνόλου. Ωστόσο, η Ελλάδα εξακολουθεί να βρίσκεται μεταξύ των ουραγών, με 23.3% έναντι 15,4%, τον Ιούνιο του 2018. Συνεπώς, εξακολουθεί να υφίσταται η πρόκληση σύγκλισης με την ΕΕ σε θέματα σταθερής ευρυζωνικής διείσδυσης, καθώς στα μέσα του 2019 η διαφορά από τον μέσο όρο της ΕΕ φαίνεται να διευρύνθηκε, σε σχέση με τα μέσα του 2018.



Εικόνα 11: Ποσοστό γραμμών με διαφημιζόμενες download ταχύτητες πρόσβασης  $> 30$  Mbps στην ΕΕ, Ιούνιος 2019

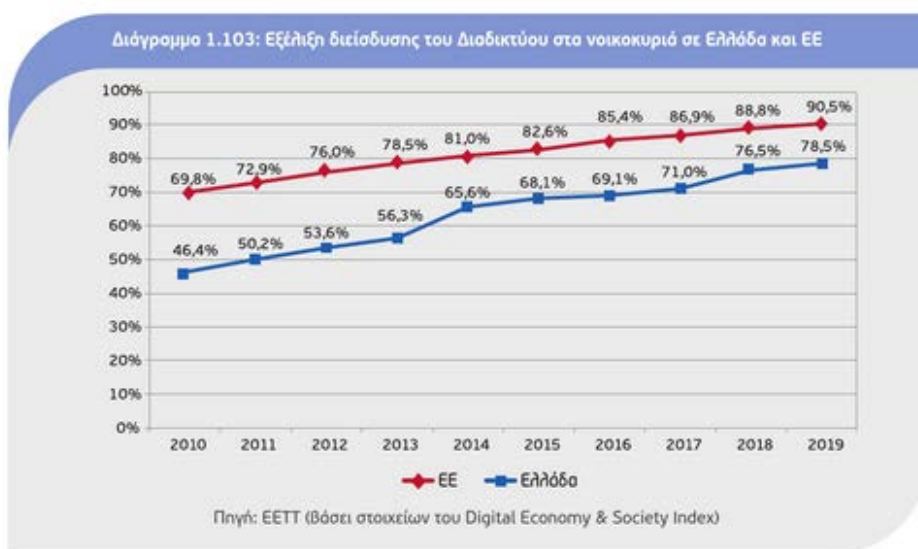
Η ευρυζωνική κάλυψη δικτύων πρόσβασης νέας γενιάς (Next Generation Access networks - NGA) στην ΕΕ έφτασε, στα μέσα του 2019, το 85,8% των νοικοκυριών έναντι 82,6% στα μέσα του 2018.



Εικόνα 12: Ευρυζωνική κάλυψη δικτύων νέας γενιάς (NGA) σε Ελλάδα και ΕΕ

Η Ελλάδα ωστόσο, υπολείπεται του ευρωπαϊκού μέσου όρου με κάλυψη 80,6%. Εντούτοις, φαίνεται να καλύπτει την απόσταση καθώς, εντός του 2019, μείωσε την απόστασή της από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο στο 5,2% έναντι του 16,7% στα μέσα του 2018.

Το 2019, το 78,5% των εγχώριων νοικοκυρών είχε πρόσβαση στο διαδίκτυο, με τον αντίστοιχο μέσο όρο να κυμαίνεται στο 90,5%. Ως αποτέλεσμα, η Ελλάδα υπολείπεται κατά 12% από την ΕΕ.



Εικόνα 13: Εξέλιξη διείσδυσης του Διαδικτύου στα νοικοκυριά σε Ελλάδα και ΕΕ



### 1.7 Πολιτικές της ΕΕ για την ευρυζωνικότητα

Η στρατηγική «Ευρώπη 2020», η οποία δρομολογήθηκε το 2010, είναι η μακροπρόθεσμη στρατηγική της ΕΕ για την έξυπνη, διατηρήσιμη και χωρίς αποκλεισμούς ανάπτυξη. Περιλαμβάνει επτά εμβληματικές πρωτοβουλίες. Μία εξ αυτών, το «Ψηφιακό θεματολόγιο για την Ευρώπη», θέτει στόχους για ταχεία και υπερταχεία πρόσβαση στο διαδίκτυο με σκοπό τη μεγιστοποίηση του κοινωνικού και οικονομικού δυναμικού των τεχνολογιών πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ), ιδίως του διαδικτύου, για τους πολίτες και τις επιχειρήσεις της ΕΕ. Το Ψηφιακό θεματολόγιο, το οποίο επικαιροποιήθηκε το 2012, ορίζει τρεις στόχους για τις ευρυζωνικές υπηρεσίες:

- έως το 2013 να υπάρχει βασική ευρυζωνική σύνδεση για όλους τους πολίτες της Ένωσης,
- έως το 2020, να διασφαλιστεί ταχεία ευρυζωνική κάλυψη για όλους τους πολίτες της Ένωσης (> 30 Mbps) και
- έως το 2020 να διασφαλιστεί η διείσδυση των υπερταχείων ευρυζωνικών συνδέσεων (> 100 Mbps) τουλάχιστον στο 50% των νοικοκυριών της ΕΕ.

Οι δύο πρώτοι στόχοι αφορούν την παροχή συγκεκριμένων ταχυτήτων, ενώ ο τρίτος αφορά τη ζήτηση από τους χρήστες. Οι εν λόγω στόχοι έχουν καταστεί σημείο αναφοράς για τις δημόσιες πολιτικές σε όλη την ΕΕ αλλά και σημείο εστίασης δημόσιων και ιδιωτικών επενδύσεων.

Το 2010 η Επιτροπή κατήρτισε επίσης ένα κοινό πλαίσιο δράσης σε ενωσιακό και εθνικό επίπεδο για την επίτευξη των εν λόγω στόχων. Οι απαιτήσεις που προβλέπονταν για τα κράτη μέλη περιλάμβαναν την ανάγκη:

- i) να καταρτιστούν και να τεθούν σε εφαρμογή έως το 2012 εθνικά σχέδια ευρυζωνικότητας
- ii) να ληφθούν μέτρα, συμπεριλαμβανομένων νομικών διατάξεων, για τη διευκόλυνση των επενδύσεων σε ευρυζωνικές υπηρεσίες και
- iii) να αξιοποιηθούν όσο το δυνατόν περισσότερο τα διαρθρωτικά ταμεία και το ταμείο αγροτικής ανάπτυξης.



Τον Σεπτέμβριο του 2016 η Επιτροπή παρουσίασε στην ανακοίνωσή της που είναι γνωστή ως «κοινωνία των Gigabit για το 2025» τρεις στρατηγικούς στόχους για το 2025, οι οποίοι συμπληρώνουν τους στόχους που έχουν τεθεί στο Ψηφιακό θεματολόγιο για το 2020:

- συνδεσιμότητα σε Gigabit, για όλους τους βασικούς κοινωνικοοικονομικούς κινητήριους μοχλούς (όπως τα σχολεία, οι συγκοινωνιακοί κόμβοι και οι βασικοί πάροχοι δημόσιων υπηρεσιών)·
- όλες οι αστικές περιοχές και όλες οι σημαντικές επίγειες διαδρομές μεταφορών να έχουν αδιάλειπτη κάλυψη 5G και
- όλα τα ευρωπαϊκά νοικοκυριά, αγροτικά ή αστικά, να έχουν πρόσβαση σε συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο, προσφέροντας ταχύτητα καταφόρτωσης τουλάχιστον 100 Mbps, με δυνατότητα αναβάθμισης σε ταχύτητα Gigabit.

#### *1.7.1 Χρηματοδοτική στήριξη της ΕΕ για ευρυζωνικές υποδομές*

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υπολόγισε το 2013 ότι, για την επίτευξη των στόχων ευρυζωνικότητας μέχρι το 2020, θα χρειαστούν έως και 250 δισεκατομμύρια ευρώ. Βέβαια, οι εν λόγω δαπάνες θα μπορούσαν να μειωθούν, με την επαναχρησιμοποίηση των υφιστάμενων υποδομών και την αποτελεσματική εφαρμογή της οδηγίας για τη μείωση του κόστους.

Το μεγαλύτερο μερίδιο των επενδύσεων σε ευρυζωνικές υποδομές από τον ιδιωτικό τομέα πραγματοποιείται από τον κλάδο των τηλεπικοινωνιών. Ορισμένα τμήματα της αγοράς, όπως οι αγροτικές περιοχές, δεν είναι ελκυστικά στους επενδυτές του ιδιωτικού τομέα. Προκειμένου, επομένως, να καταστεί δυνατή η παροχή ικανοποιητικής ευρυζωνικής σύνδεσης στις συγκεκριμένες περιοχές, απαιτείται χρηματοδότηση από τον δημόσιο τομέα, σε εθνικό, περιφερειακό ή τοπικό επίπεδο. Η ΕΕ αποτελεί μια πρόσθετη πηγή χρηματοδότησης, η οποία συμπληρώνει άλλες πηγές δημόσιας χρηματοδότησης (εθνικής, περιφερειακής ή τοπικής), σε περιοχές όπου παρατηρούνται αστοχίες της αγοράς. Σε ορισμένα κράτη μέλη μπορεί να αποτελεί την κύρια πηγή δημόσιας χρηματοδότησης.

Όσον αφορά την περίοδο προγραμματισμού 2014-2020, η ΕΕ θα διαθέσει στα κράτη μέλη για στήριξη της ευρυζωνικής κάλυψης σχεδόν 15 δισεκατομμύρια ευρώ, συμπεριλαμβανομένων 5,6 δισεκατομμυρίων ευρώ σε δάνεια της ΕΤΕπ, ποσό που αποτελεί σημαντική αύξηση αν

ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ FTTH

συγκριθεί με τα 3 δισεκατομμύρια ευρώ της περιόδου 2007-2013. Αντιστοιχεί σχεδόν στο 6 % των συνολικών αναγκαίων επενδύσεων. Οι κύριες πηγές χρηματοδότησης είναι πέντε όπως φαίνονται παρακάτω:

Πηγή χρηματοδότησης	Είδος στήριξης	Ποσό που διατέθηκε την περίοδο προγραμματισμού (σε εκατ. ευρώ)	
		2014-2020	2007-2013
Ευρωπαϊκά Διαρθρωτικά και Επενδυτικά Ταμεία (ΕΔΕΤ)			
Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ)	Επιχορηγήσεις	6 019	2 456
Ευρωπαϊκό Γεωργικό Ταμείο Αγροτικής Ανάπτυξης (ΕΓΤΑΑ)	Επιχορηγήσεις	921	282
Ευρωπαϊκό Ταμείο Στρατηγικών Επενδύσεων (ΕΤΣΕ) <sup>1</sup>	Δάνεια	2 032	-
Μηχανισμός «Συνδέοντας την Ευρώπη» (ΜΣΕ)			
Χρεωστικό μέσο ΜΣΕ	Δάνεια	16	
Πρωτοβουλία WiFi4EU	Επιχορηγήσεις	120	
Ταμείο ευρυζωνικών υπηρεσιών βάσει του μηχανισμού «Συνδέοντας την Ευρώπη» (CEBF), με πόρους προερχόμενους από την Επιτροπή από την ΕΤΕπ και το ΕΤΣΕ	Μετοχικό κεφάλαιο	240	-
		100	
		140	
Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων (ΕΤΕπ)	Δάνεια	5 600	
<b>Διαθέσιμο σύνολο</b>		<b>14 948</b>	<b>2 738</b>

Εικόνα 14: Σύνοψη των πηγών χρηματοδότησης για τις περιόδους προγραμματισμού 2007-2013 και 2014-2020

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΟΠΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Τα καλώδια ως μέσα μεταφοράς πληροφοριών, είναι κατασκευασμένα από χαλκό ή κράματα και παράγονται σε λίγες χώρες του κόσμου. Έτσι οι υπόλοιπες χώρες είναι εξαρτημένες από αυτές που τον παράγουν. Για τον λόγο αυτό οι ερευνητές ωθήθηκαν από πολύ νωρίς στο να προτείνουν πιο συμφέρουσες εναλλακτικές λύσεις για γρήγορη και αποδοτική μεταφορά πληροφοριών με σκοπό την προσπάθεια ανεξάρτησης από τις χώρες παραγωγής χαλκού, την αποτροπή υποκλοπών στις τηλεπικοινωνίες και την μεταφορά μεγαλύτερου όγκου πληροφοριών. Έτσι οδηγηθήκαμε στην κατασκευή των οπτικών ινών. Η χρήση του φωτός για τη μεταφορά πληροφορίας δεν αποτελεί μία καινούργια ιδέα καθότι ο άνθρωπος από πολύ νωρίς χρησιμοποίησε οπτικές περιοχές για να μεταδώσει πληροφορίες σε κοντινές ή μακρινές αποστάσεις. Οι οπτικές ίνες (optical fibers) αποτελούν ένα μεγάλο κεφάλαιο των τηλεπικοινωνιών, το οποίο προσφέρει μετάδοση ήχου εικόνας και video σε πολύ υψηλές ταχύτητες. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο σε τοπικά δίκτυα (local networks) όσο και σε δίκτυα ευρείας περιοχής (wide area networks).

Οι οπτικές ίνες είναι ειδικά νήματα που έχουν κατασκευαστεί από γυαλί με πάρα πολύ λεπτή διάμετρο και αποτελούν τα πλέον κατάλληλα μέσα για την οδήγηση της οπτικής δέσμης που μεταφέρει την πληροφορία σε ψηφιακή μορφή. Με τη χρήση τους μειώνεται το κόστος κατασκευής ενός δικτύου καθώς το γυαλί των οπτικών ινών κοστίζει λιγότερο από τα καλώδια χαλκού. Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται σε σύγχρονα επιστημονικά όργανα ανίχνευσης παραμορφώσεων, πίεσης, θερμοκρασίας (ηφαιστειών και πυρηνικών αντιδραστήρων) καθώς και άλλων μεγεθών. Τα οπτικά δίκτυα υψηλής χωρητικότητας έχουν γνωρίσει μεγάλη ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια σε σχέση με τις άλλες τεχνολογίες, γιατί προσφέρουν πολύ μεγάλο εύρος ζώνης (bandwidth), το οποίο δεν μπορεί να επιτευχθεί από καμία άλλη τεχνολογία. Η οπτική ίνα έχει αποδείξει ότι έχει τη δυνατότητα να υποστηρίξει πολύ υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης κατά μήκος μεγάλων αποστάσεων. Συνεπώς τα δίκτυα που χρησιμοποιούν οπτικές ίνες είναι σε θέση να ανταποκριθούν σε μεγάλες απαιτήσεις χωρητικότητας, ταχύτητας και απόστασης.

### 2.1 Οπτική τεχνολογία

Η επεξεργασία της πληροφορίας και η μεταγωγή των οπτικών σημάτων κατά μήκος της οπτικής ίνας γίνεται σε ηλεκτρική μορφή. Παλιότερα το ίδιο συνέβαινε και με την ενίσχυση του οπτικού σήματος, το οποίο αφού μετατρεπόταν σε ηλεκτρικό, ενισχυόταν και στη συνέχεια μετατρεπόταν ξανά σε οπτικό προκειμένου να συνεχίσει η μετάδοσή του δια μέσου της οπτικής ίνας. Σήμερα όμως όλες οι παραπάνω διαδικασίες γίνονται σε οπτική μορφή με τη χρήση κατάλληλων διατάξεων όπως π.χ. οπτικοί ενισχυτές και φίλτρα, με αποτέλεσμα την αύξηση του εύρους ζώνης της οπτικής ζεύξης. Αρχικά, η τεχνολογία των οπτικών ιών χρησιμοποιήθηκε για την μετάδοση υπεραστικών και υπερατλαντικών σημάτων ταχύτητας έως 560 Mbps. Στη συνέχεια όμως, η διείσδυση των οπτικών ιών στα δίκτυα κορμού επιταχύνθηκε με την υλοποίηση των πρώτων οπτικών ενισχυτών, οι οποίοι επέτρεψαν την ενίσχυση σημάτων απευθείας σε οπτικό επίπεδο, κάτι που έδωσε την δυνατότητα υλοποίησης οπτικών δικτύων σε μεγάλες αποστάσεις. Ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα οπτικών ιών δεν διαφέρει όσον αφορά τις βασικές αρχές λειτουργίας του σε σχέση με ένα αντίστοιχο συμβατικό. Η μεταδιδόμενη πληροφορία, μετατρέπεται από την αρχική ηλεκτρική της μορφή σε οπτικό σήμα, το οποίο οδηγείται στη συνέχεια μέσω της οπτικής ίνας. Σε μερικά σημεία της διαδρομής είναι δυνατόν να δρομολογηθεί σε άλλα κανάλια εάν χρειάζεται, με τη βοήθεια διατάξεων (κυκλωμάτων) μεταγωγής. Στην πραγματικότητα το οπτικό σήμα υφίσταται εξασθένιση κατά τη μετάδοση του, λόγω του ότι χρησιμοποιούνται ίνες μεγάλου μήκους. Τα βασικά συστατικά που διαμορφώνουν την οπτική τεχνολογία είναι οι οπτικές ίνες, οι πομποί και οι ενισχυτές.

#### 2.1.1 Οπτικά στοιχεία

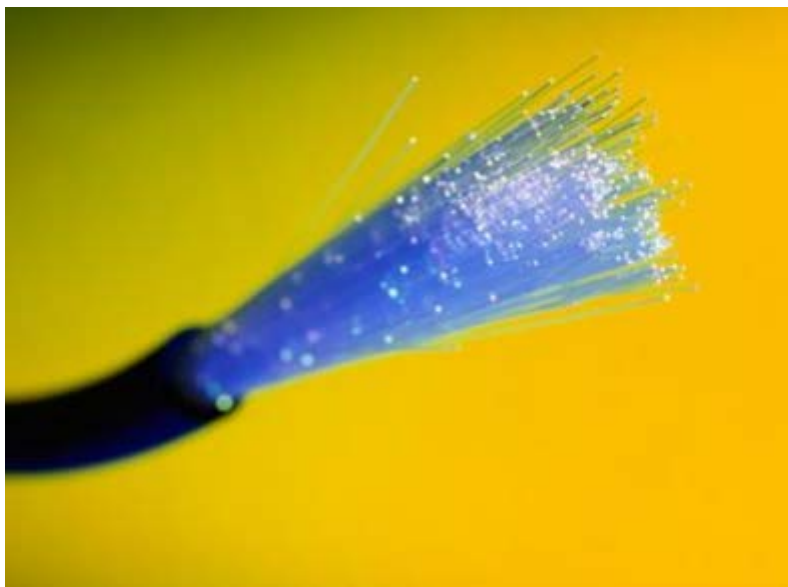
Ένας οπτικός πομπός χρησιμοποιεί ως τύπο πηγής για την εκπομπή οπτικών σημάτων και μπορεί να είναι

- α) LED (Light Emitting Diodes): έχει το πλεονέκτημα της μετατροπής ρεύματος σε φως σε ετεροεπαφές ημιαγωγού και το μειονέκτημα της χαμηλής παραγόμενης οπτικής ισχύος,
- β) Διοδικά laser: χαρακτηρίζονται από υψηλή παραγόμενη οπτική ισχύ, αλλά με μεγάλη χρωματική διασπορά και

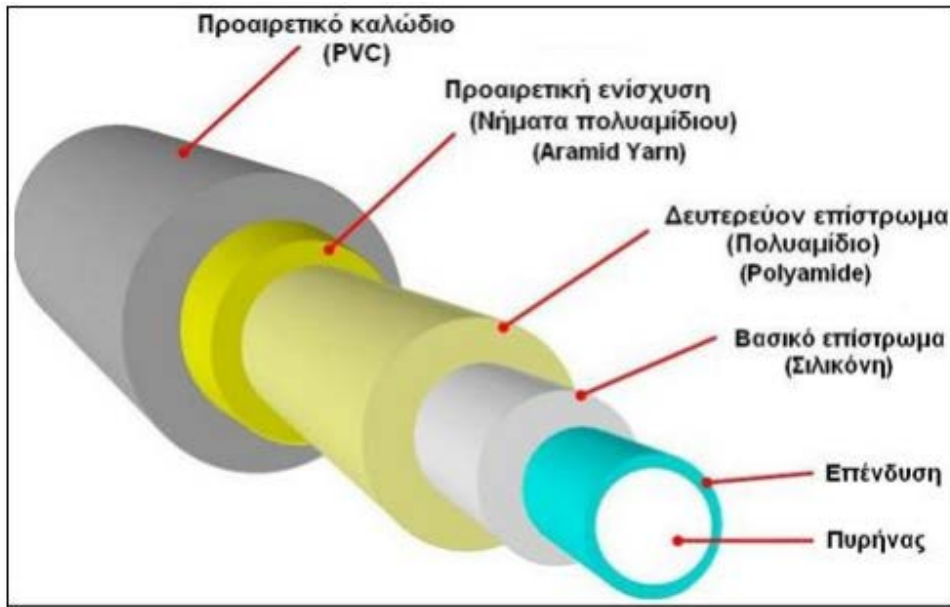
γ) Διοδικά laser κατανεμημένης διάστασης: έχουν το πλεονέκτημα του μικρού φασματικού εύρους, αλλά από την άλλη, διαθέτουν περιορισμένο εύρος ζώνης άμεσης διαμόρφωσης (10 Gbps).

Οι απώλειες της ισχύος κατά την διάδοση των σημάτων μέσα σε οπτικά συστήματα επικοινωνιών, επιβάλλουν την περιοδική ενίσχυσή τους. Οι οπτικοί ενισχυτές ενισχύουν το οπτικό σήμα εισόδου, αλλά προσθέτουν –όπως όλοι οι ενισχυτές- θόρυβο. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες οπτικών ενισχυτών, όπως π.χ. ο ενισχυτής ισχύος, ο ενισχυτής γραμμής (in-line amplifier) που χαρακτηρίζεται από χαμηλό θόρυβο και ο προενισχυτής (pre-amplifier) που χαρακτηρίζεται επίσης από χαμηλό θόρυβο και υψηλό κέρδος.

Η τεχνολογία που προσφέρουν οι οπτικές ίνες καθιστά εφικτή την οπτική διασύνδεση σε όλα τα είδη δικτύων, παρέχοντας τεράστιους ρυθμούς μετάδοσης και κοινή υποδομή για μια μεγάλη γκάμα υπηρεσιών. Η οπτική ίνα είναι ένας γυάλινος κυματοδηγός κυλινδρικής διατομής στον οποίο έχουμε μετάδοση φωτός. Το φως είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Η διεύθυνση μετάδοσης της ενέργειας του φωτός είναι πάντα ευθύγραμμη, εφόσον δεν παρεμβάλλονται εμπόδια και αποτελεί μία ακτίνα φωτός. Πολλές ακτίνες μαζί συγκροτούν μια δέσμη φωτός. Για τα κύματα του φωτός, ισχύουν τα φαινόμενα της ανάκλασης και της διάθλασης, όταν αυτά προσπίπτουν στη διαχωριστική επιφάνεια δύο μέσων. Η ακτίνα φωτός, που μεταφέρει την πληροφορία, μεταδίδεται μέσω του πυρήνα της οπτικής ίνας.

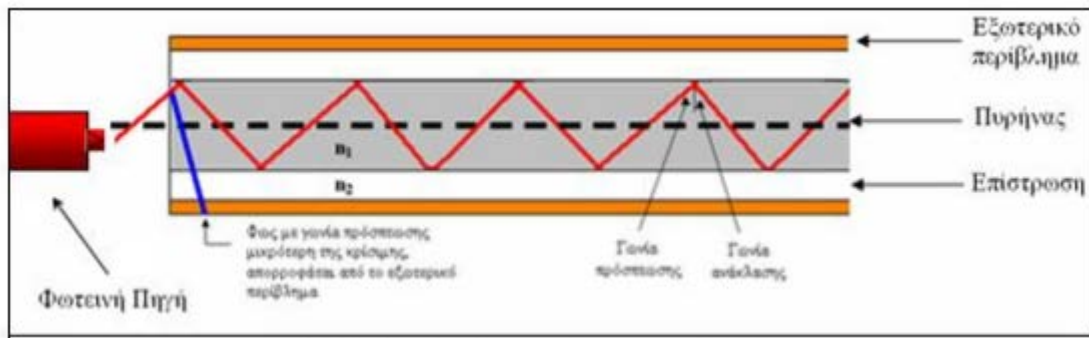


*Εικόνα 15: Καλώδιο οπτικών ινών*



Εικόνα 16: Δομή οπτικών ινών

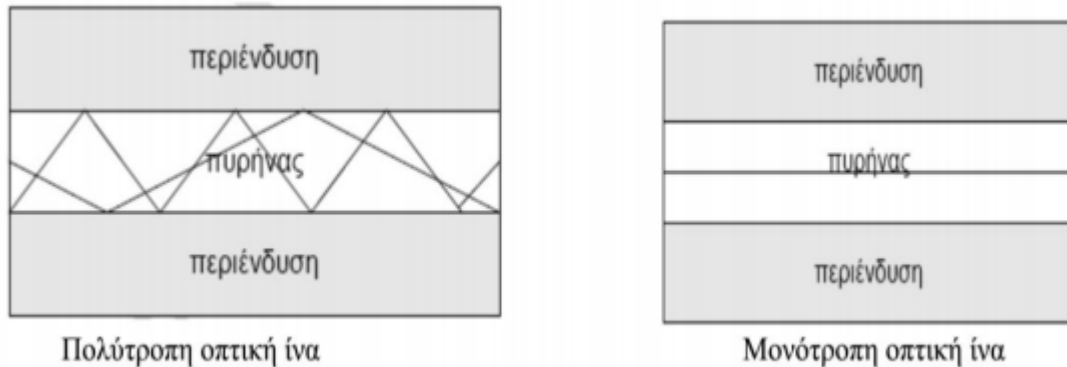
Η φωτεινή αυτή δέσμη οδεύει, με διαδοχικές ανακλάσεις στα τοιχώματα της ίνας, από το ένα προς το άλλο άκρο. Η επιτυχία της μετάδοσης αυτής οφείλεται στο γεγονός ότι το σήμα υφίσταται ολικές ανακλάσεις με αποτέλεσμα η ενέργεια της φωτεινής δέσμης να παραμένει εγκλωβισμένη στην οπτική ίνα. Βασική προϋπόθεση για να συμβεί η ολική ανάκλαση είναι ο δείκτης διάθλασης του εξωτερικού υλικού να είναι μικρότερος του εσωτερικού.



Εικόνα 17: Οδήγηση οπτικού κύματος μέσα στην οπτική ίνα

Υπάρχουν δυο βασικές κατηγορίες οπτικών ινών που χρησιμοποιούνται σήμερα: οι πολύτροπες (multimode) και οι μονότροπες (single-mode). Οι διαφορετικοί τρόποι αναγκάζουν

τις ακτίνες να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, με αποτέλεσμα να περιορίζεται ο μέγιστος ρυθμός από bits σε μία τέτοια ίνα. Στην επόμενη εικόνα φαίνονται οι δύο κατηγορίες οπτικών ινών:



Εικόνα 18: Κατηγορίες οπτικών ινών

Οι πολύτροπες οπτικές ίνες ήταν οι πρώτες που χρησιμοποιήθηκαν στο εμπόριο. Επιτρέπουν την ταυτόχρονη μετάδοση πολλών ρυθμών ταλάντωσης (modes) μέσω της οπτικής ίνας. Οι οπτικές ίνες αυτές χρησιμοποιούνται κυρίως σε συστήματα μετάδοσης για μικρές αποστάσεις, όπως τοπικά δίκτυα και δίκτυα πρόσβασης.

Οι μονότροπες οπτικές ίνες επιτρέπουν την μετάδοση μόνο ενός ρυθμού ταλάντωσης στον πυρήνα της οπτικής ίνας και έχουν μικρότερο πυρήνα από τις πολύτροπες με αποτέλεσμα να έχουν μεγαλύτερη χωρητικότητα σε σχέση με τις πολύτροπες και να μεταδίδουν ευθύγραμμα το οπτικό σήμα αλλά και σε μεγαλύτερες αποστάσεις.

Με βάση το υλικό κατασκευής τους, οι οπτικές ίνες διακρίνονται σε αυτές που είναι:

α) κατασκευασμένες εξ' ολόκληρου από γυαλί (δηλαδή τόσο ο πυρήνας όσο και το περίβλημα είναι κατασκευασμένα από συνθετικό γυαλί υψηλής καθαρότητας και αποτελούν το πιο διαδεδομένο είδος οπτικών ινών,

β) σε αυτές στις οποίες ο πυρήνας είναι γυάλινος αλλά το περίβλημα είναι πλαστικό (χρησιμοποιούνται κυρίως για μεταφορά εικόνας σε μικρές αποστάσεις) και

γ) σε αυτές που είναι κατασκευασμένες εξ' ολοκλήρου από πλαστικό (μειονεκτούν σε σχέση με τα άλλα είδη διότι παρουσιάζουν χαμηλότερες επιδόσεις όσον αφορά την απόσβεση, το εύρος ζώνης και την ευαισθησία σε θερμοκρασιακές μεταβολές).

### 2.1.2 Οπτικές Τεχνολογίες

Οι εταιρίες τηλεπικοινωνιών χρησιμοποιούσαν καλώδια οπτικών ινών από τα μέσα της δεκαετίας του '80. Η εξάπλωση της οπτικής ίνας ευνοήθηκε από την υιοθέτηση της τεχνολογίας υλοποίησης SONET/SDH (σύγχρονο οπτικό δίκτυο/σύγχρονη ψηφιακή ιεραρχία). Τα οπτικά δίκτυα διαιρούνται σε αμιγώς οπτικά (All-optical) και σε αδιαφανή (opaque). Επίσης ένα οπτικό δίκτυο μπορεί να είναι μονοκαναλικό ή πολυκαναλικό.

Οι οπτικές τεχνολογίες διαχωρίζονται ως εξής:

#### A. Πολυπλεξία μήκους κύματος (WDM)

Η πολυπλεξία Μήκους Κύματος (WDM) αποτελεί μια αξιόπιστη τεχνική για την αύξηση του συνολικού ρυθμού μετάδοσης μέσα σε μία οπτική ζεύξη καθώς και την αποδοτικότερη διαχείριση του διαθέσιμου εύρους ζώνης. Η συγκεκριμένη πολυπλεξία παρέχει συμβατότητα μεταξύ του εύρους ζώνης του οπτικού μέσου (οπτική ίνα) και του εύρους ζώνης του τερματικού εξοπλισμού που απαρτίζεται κυρίως από ηλεκτρονικές διατάξεις. Η ιδέα της χρήσης των συστημάτων WDM σε μητροπολιτικά δίκτυα κορμού (regional WDM systems) είναι σχετικά νέα. Επιτρέποντας την μεταφορά των απλών WDM καναλιών πάνω από μία οπτική ίνα, επιτυγχάνεται πλήρης αξιοποίηση του διαθέσιμου εύρους ζώνης, ενώ παράλληλα είναι ευκολότερο να υλοποιηθούν τα δομικά στοιχεία των δικτύων WDM, επειδή υποστηρίζουν υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης ανά κανάλι

#### B. Πολυπλεξία με διαίρεση μήκους κύματος (DWDM)

Στην τεχνολογία WDM είναι εφικτή μόνο η παράλληλη μετάδοση δεδομένων σε δύο μήκη κύματος με μεγάλο διάστημα μεταξύ τους και με μικρές σχετικά αποστάσεις διάδοσης του σήματος. Για να ξεπεραστούν αυτοί οι περιορισμοί, χρειάζονται βελτιώσεις στην υπάρχουσα τεχνολογία. Οι εξελίξεις στην τεχνολογία των οπτικών φίλτρων, έκαναν εφικτή την πολύπλεξη περισσότερων από δύο μηκών κύματος ανά ίνα, κάτι που οδήγησε στην τεχνολογία της πυκνής πολυπλεξίας με διαίρεση μήκους κύματος (Dense wavelength division multiplexing - DWDM) που επιτρέπει μετάδοση video, πολυμέσων, δεδομένων και φωνής πάνω στην οπτική ίνα. Η ικανοποίηση της ανάγκης των χρηστών για υψηλό εύρος ζώνης θα πρέπει να συνοδεύεται απαραίτητα κι από τη βελτίωση των δικτύων των Παρόχων Υπηρεσιών Διαδικτύου. Τα DWDM συστήματα προσφέρουν μεγάλη χωρητικότητα με αυξημένο κόστος και έτσι



χρησιμοποιούνται συνήθως για τη κατασκευή μητροπολιτικών δικτύων και όχι δικτύων πρόσβασης. Σήμερα ωστόσο, είναι διαθέσιμες διάφορες τεχνολογίες οπτικής δικτύωσης ανάλογα με τις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής. Για παράδειγμα, τα δίκτυα μεγάλων αποστάσεων υιοθετούν τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον, για την τηλεπικοινωνιακή ζεύξη αστικών κέντρων μεταξύ απομακρυσμένων πόλεων (οι ενδεικτικές αποστάσεις ξεπερνούν τα 600 χλμ.).

#### Γ. Πολυπλεξία μήκους κύματος ευρύτερων διαστημάτων (CWDM)

Η συγκεκριμένη τεχνολογία (Coarse Wavelength Division Multiplexing -CWDM) είναι μία μορφή πολυπλεξίας διαίρεσης μήκους κύματος που εμφανίζει μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ των φερόντων μηκών κύματος σε σχέση με την DWDM. Χρησιμοποιεί διαφορετικά μήκη κύματος (χρώματα) του φωτός για την εκτέλεση κάθε επιμέρους σήματος και παρουσιάζει σημαντική ανάπτυξη στην αγορά λόγω του χαμηλότερου κόστους και της απλότητας στον σχεδιασμό της. Ακολουθεί την WDM αρχιτεκτονική με μεγαλύτερα όμως διαστήματα μεταξύ των μηκών κύματος και υλοποιείται πάνω από μονότροπες και πολύτροπες οπτικές ίνες με χαμηλότερες δαπάνες από τις άλλες μορφές WDM και μεγαλύτερη απλότητα στο σχεδιασμό της. Τα σύγχρονα CWDM συστήματα χρησιμοποιούν μόλις 18 κανάλια, τα οποία βρίσκονται μεταξύ των ορίων 1270 nm - 1610 nm και η απόσταση μεταξύ των καναλιών είναι 20 nm (ως απόσταση ορίζεται η διαφορά των κεντρικών συχνοτήτων των δύο καναλιών).

Λόγω της απόστασής τους, τα κανάλια επηρεάζουν ελάχιστα τα γειτονικά κανάλια, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα χρήσης φθηνών οπτικών στοιχείων, όπως laser, φωτοδιόδοι κλπ. Η δυνατότητα της παροχής πολλαπλών μηκών κύματος με λογικό κόστος οδηγεί τις εταιρείες παροχής υπηρεσιών τηλεπικοινωνιών να την επιλέγουν. Στον πίνακα 6 φαίνονται οι διαφορές μεταξύ των τεχνολογιών CWDM, Wide-WDM και DWDM [22].

Το βασικότερο μειονέκτημα της CWDM τεχνικής είναι ότι λόγω της μεγάλης απόστασης μεταξύ των καναλιών δεν μπορεί να γίνει μαζική ενίσχυση. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα είτε να μην γίνεται ενίσχυση και να περιορίζεται η απόσταση σε μερικές δεκάδες χιλιόμετρα, είτε να ενισχύονται χωριστά τα κανάλια, κάτι που ανεβάζει όμως κατακόρυφα το κόστος του δικτύου.

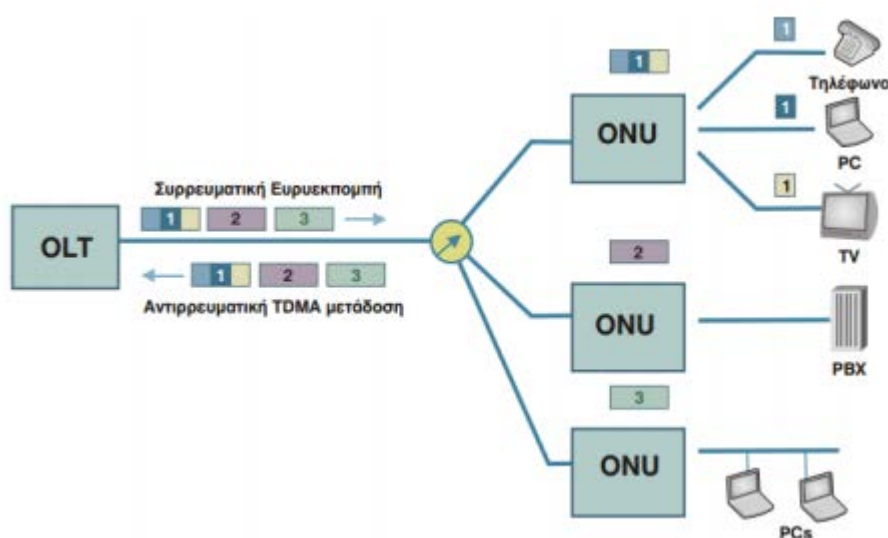
## 2.2 Τοπολογίες AON/PON οπτικών δικτύων

Οι τηλεπικοινωνιακοί φορείς/πάροχοι καλούνται να καλύψουν τις ανάγκες των τελικών χρηστών επικεντρωμένοι στη χρήση δύο διαθέσιμων τοπολογιών οπτικών δικτύων που αφορά τη χρήση ενεργού εξοπλισμού (Active Ethernet) ή τη χρήση παθητικού εξοπλισμού (Passive

Optical Networks - PONs) στο τμήμα από το κεντρικό καταναλωτή του δικτύου μέχρι τον τελικό καταναλωτή. Στη συνέχεια περιγράφονται οι δύο τοπολογίες:

A. Παθητικά οπτικά δίκτυα πρόσβασης (PONs - passive optical networks):

Πρόκειται για οπτικά δίκτυα σημείου προς πολλαπλά σημεία, τα οποία δεν περιέχουν ενεργά στοιχεία, δηλαδή δεν γίνεται μετατροπή του σήματος από οπτικό σε ηλεκτρικό, από την πηγή μέχρι τον προορισμό του. Τα μόνα στοιχεία που χρησιμοποιούνται είναι παθητικοί ζεύκτες (couplers) και διαχωριστές (splitters) στους κόμβους διανομής για την πολλαπλή μετάδοση ενός σήματος σε πολλές οπτικές μονάδες δικτύου και δεν απαιτούν την ύπαρξη ενεργών στοιχείων μεταξύ του τελικού χρήστη και του κέντρου μεταγωγής (Central Office). Οι κυριότερες γενιές της τεχνολογίας των παθητικών οπτικών δικτύων (PON) είναι: ATM παθητικών οπτικών δικτύων (APON), Broadband PON (BPON), Ethernet PON (EPON) και Gigabit (GPON). Οι κυριότερες διαφορές μεταξύ αυτών των τεχνολογιών είναι η ταχύτητα λειτουργίας και ο τύπος της επεξεργασίας των πακέτων.



Εικόνα 19: Αρχή λειτουργίας ενός Παθητικού Οπτικού Δικτύου (PON)

Ένα παθητικό οπτικό δίκτυο PON αποτελείται:

- α) από μια Μονάδα Οπτικού Τερματισμού OLT (Optical Line Terminal) που είναι στο κέντρο μεταγωγής του τηλεπικοινωνιακού φορέα/παρόχου και
- β) από έναν αριθμό οπτικών δικτυακών μονάδων τερματισμού που αποτελούν τη λεγόμενη Οπτική Μονάδα Δικτύου ONU (Optical Network Unit) ή αλλιώς Οπτικό Τερματικό Δικτύου

ONT (Optical Networking Terminal) που είναι στην πλευρά των τελικών χρηστών. Ωστόσο οι μονάδες ONU και ONT δεν είναι ακριβώς ίδιες, διότι το ONU χρησιμοποιείται όταν η οπτική ίνα καταλήγει σε τηλεπικοινωνιακές καμπίνες (cabinets), ενώ το ONT χρησιμοποιείται όταν η οπτική ίνα φτάνει μέχρι το σπίτι του συνδρομητή. Για τα FTTH δίκτυα που αναφέρονται στην οπτική ίνα μέχρι το σπίτι, χρησιμοποιείται πάντα Οπτικό Τερματικό Δικτύου (ONT) στο άκρο της οπτικής ίνας του δικτύου. Τυπικά μια Μονάδα Οπτικού Τερματισμού (OLT) μπορεί να εξυπηρετήσει μέχρι Οπτικές Μονάδες Δικτύου (ONU). Στα παθητικά οπτικά δίκτυα ανήκουν τρεις βασικές κατηγορίες δικτύων που είναι τα APON (ATM PON)/ BPON (Broadband PON), τα GPON (Giga bit PON) και τα EPON (Ethernet PON).

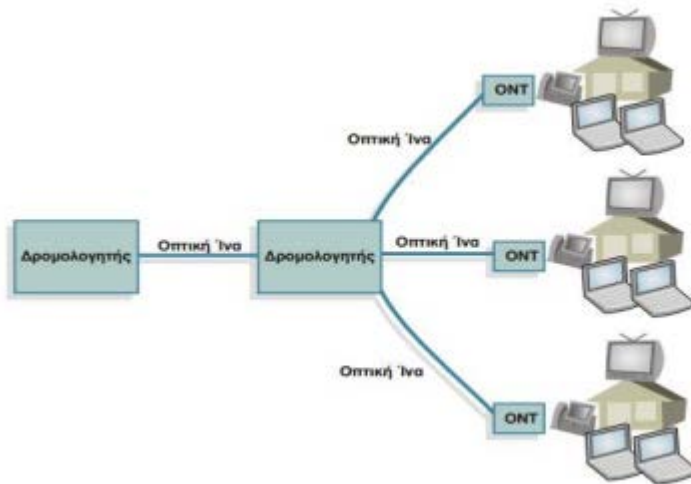
Τα πλεονεκτήματα των παθητικών οπτικών δικτύων είναι:

- α) Καλύπτουν πλήρως τις ανάγκες για υπηρεσίες των τελικών χρηστών και ελαχιστοποιούν τις κεφαλαιουχικές δαπάνες και
- β) περιορίζουν την πολυπλοκότητα και τις λειτουργικές δαπάνες.

B. Ενεργά οπτικά δίκτυα πρόσβασης (AONs – active optical networks):

Η τεχνολογία AON κερδίζει συνεχώς έδαφος στην Ευρώπη και πολλές μεγάλες πόλεις όπως π.χ. το Άμστερνταμ και η Βιέννη την έχουν υιοθετήσει. Η ομοιότητα των τεχνολογιών AON και PON έγκειται στην κατασκευή της υποδομής πρόσβασης και η διαφορά τους εντοπίζεται κυρίως στον τρόπο υλοποίησης της διάταξης όπου τερματίζει το δίκτυο διανομής και από την οποία ξεκινούν οι υψηλού εύρους ζώνης συνδέσεις και φτάνουν μέχρι το συνδρομητή. Πιο συγκεκριμένα, στην τεχνολογία AON, η υποδομή αποτελείται από στοιχεία που χρησιμοποιούνται για την μετάδοση των δεδομένων πάνω από την παθητική υποδομή και τέτοια στοιχεία είναι μεταγωγείς (switches), διαχωριστή ή διαμεριστή (splitter) και δρομολογητές (routers) οι οποίοι εγκαθίστανται στο κέντρο μεταγωγής και παρέχουν ένα πλήθος από αξιόπιστες και γρήγορες υπηρεσίες, διασφαλίζοντας ένα μεγάλο εύρος ζώνης που έχει την ικανότητα να υποστηρίξει όλες τις μελλοντικές απαιτήσεις. Επίσης, η τεχνολογία AON επιτρέπει τη δημιουργία οπτικών δακτυλίων, όπου παρέχεται η δυνατότητα προστασίας του δικτύου μέσω της μετάδοσης του σήματος σε δυο διαδρομές (η προστασία συνίσταται στην εξασφάλιση της δυνατότητας μετάδοσης δεδομένων ακόμη και αν εμφανιστεί βλάβη στη μια διαδρομή) και παρόλο που απαιτούν μεγαλύτερο αριθμό οπτικών ινών, παρέχουν την δυνατότητα μίας ανεξάρτητης και μεμονωμένης πρόσβασης σε κάθε χρήστη. Στην παγκόσμια

αγορά οι απόψεις διαφέρουν αναφορικά με το κόστος υλοποίησης ενός δικτύου PON και ενός δικτύου AON. Στην πράξη, τη μεγαλύτερη εγκατεστημένη βάση την διαθέτουν τα παθητικά οπτικά δίκτυα. Παρόλα αυτά εκτιμάται ότι το κόστος του ενεργού εξοπλισμού που απαιτείται για την υλοποίηση ενός δικτύου AON είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό ενός PON και επίσης το κόστος αυτό θεωρείται μεγάλο σε σύγκριση με τις παρεχόμενες υπηρεσίες και το απαιτούμενο εύρος ζώνης.



Εικόνα 20: Αρχιτεκτονική Ενεργού Δικτύου AON

Το γεγονός ότι χρησιμοποιούνται μονάδες ONT (και όχι ONU όπως στην περίπτωση των παθητικών δικτύων), σημαίνει ότι η οπτική ίνα φτάνει μέχρι το σπίτι του τελικού χρήστη - πελάτη (home ή building) και αν χρειαστεί, διαμοιράζεται με τον κατάλληλο εξοπλισμό.

### 2.3 Ανάλυση Δικτύων FTTx

Τα οπτικά δίκτυα υψηλής χωρητικότητας έχουν γνωρίσει αξιοσημείωτη ανάπτυξη διότι παρέχουν εύρος ζώνης, το οποίο δεν είναι δυνατόν να προσεγγιστεί από οποιαδήποτε άλλη τεχνολογία μετάδοσης. Σημαντικοί παράγοντες οι οποίοι συντέλεσαν στην ανάπτυξη των οπτικών δικτύων είναι η αύξηση της κίνησης του Διαδικτύου και του Παγκόσμιου Ιστού, αφενός λόγω της αύξησης του τελικού αριθμού χρηστών και αφετέρου λόγω της αύξησης του παρεχόμενου εύρους ζώνης σε κάθε χρήστη. Ο βασικότερος λόγος που οδήγησε στην χρήση οπτικών δικτύων είναι το υψηλό κόστος του χαλκού σε συνδυασμό με τις ανάγκες των χρηστών για μεγαλύτερη ταχύτητα και μεγαλύτερο εύρος ζώνης. Τα κύρια χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν τα καλώδια οπτικών ινών από τα προηγούμενα είδη καλωδίων είναι το μεγαλύτερο εύρος ζώνης, το μικρό μέγεθος και βάρος τους, η μικρή εξασθένηση σήματος, η μεγάλη προστασία από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και τέλος η μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ των οπτικών επαναληπτών (optical repeaters). Τα κίνητρα που οδήγησαν στη χρήση της οπτικής ίνας για την κατασκευή δικτύων πρόσβασης είναι συνοπτικά τα εξής:

- i. Γρήγορη παροχή υπηρεσιών όπως τηλεφωνία και video,
- ii. Μειωμένα κόστη που οδηγούν σε οικονομικά υλοποιήσιμα δίκτυα,
- iii. Καλύτερος ανταγωνισμός στην αγορά (λόγω της κατάργησης μονοπωλίων).

#### 2.3.1 Κατηγορίες - τοπολογίες δικτύων FTTx

Τα FTTx δίκτυα παρέχουν πρόσβαση σε αρκετά μεγαλύτερες αποστάσεις σε σχέση με τις προηγούμενες τεχνολογίες. Ο όρος x στο FTTx δίκτυο αναφέρεται στη τοποθεσία που καταλήγει το τελικό σημείο της οπτικής ίνας. Το σημείο αυτό αποτελεί την οπτικοηλεκτρονική διασύνδεση και συνήθως βρίσκεται μέσα στην Οπτική Μονάδα Δικτύου (ONU). Ο όρος FTTx συμπεριλαμβάνει τις τεχνολογίες FTTH, FTTB, FFTN, FTTC. Οι πιο σημαντικές από αυτές περιγράφονται παρακάτω:

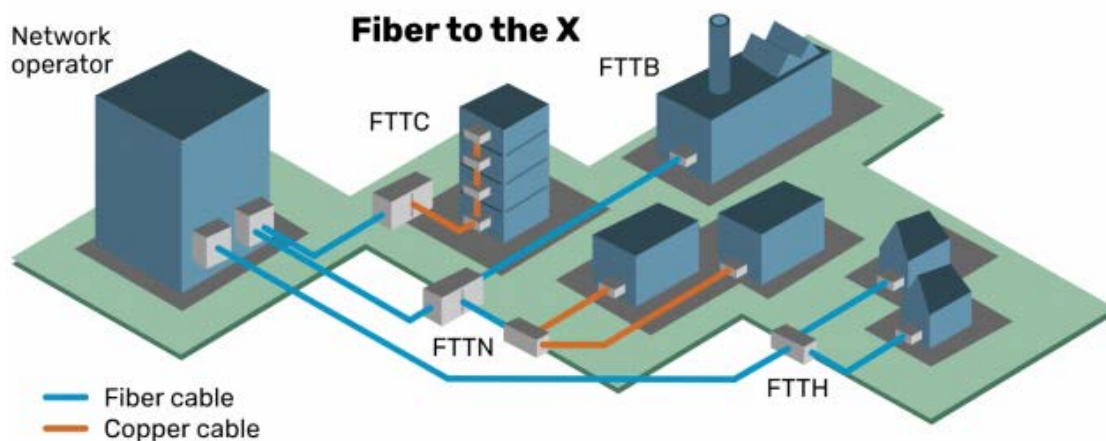
- FTTH (Οπτική ίνα μέχρι το σπίτι - Fiber to the home): υποδηλώνει την πλήρη ανάπτυξη οπτικού δικτύου μέχρι την ιδιοκτησία του συνδρομητή, όπου και τοποθετείται η τερματική οπτικοηλεκτρική διάταξη για τη μετατροπή του οπτικού σήματος σε ηλεκτρικό. Έχουν

φτιαχτεί ειδικά για την ενίσχυση σημάτων δικτύων που χρησιμοποιούν οπτικές ίνες (στις οποίες προφανώς αντί για ηλεκτρικά σήματα, μεταδίδεται φως).

- FTTB (Οπτική ίνα μέχρι το κτίριο - Fiber to the building): η ίνα τερματίζει σε κατάλληλο χώρο κοντά στην είσοδο μεγάλων κτιριακών συγκροτημάτων και από εκεί οι συνδρομητές εξυπηρετούνται με την εσωτερική καλωδίωση του κτιρίου.

-FTTN (Fiber to the node / neighborhood / Fiber to the cabinet (FTTCab) Με την χρήση FTTN (node or neighborhood) ή FTTC(cabinet) η ίνα τερματίζει στην τηλεπικοινωνιακή καμπίνα που εξυπηρετεί μια γειτονιά και ο συνδρομητής συνδέεται με ομοαξονικό ή δισύρματο καλώδιο. Η περιοχή κάλυψης έχει ακτίνα συνήθως μικρότερη των 1500 μέτρων και μπορεί να εξυπηρετήσει εκατοντάδες συνδρομητές. Η υλοποίηση αυτή είναι πιο οικονομική χρησιμοποιώντας την προϋπάρχουσα υποδομή προς τον τελικό συνδρομητή, αλλά η υποστηριζόμενη ταχύτητα επηρεάζεται από την απόσταση και το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται, καθώς και το bandwidth που προσφέρεται.

- FTTC (Οπτική ίνα μέχρι το διακλαδωτή - Fiber to the cabinet ή curb): η ίνα φθάνει μέχρι τον υπαίθριο κατανομητή (τηλεπικοινωνιακή καμπίνα) και οι συνδρομητές εξυπηρετούνται από εκεί με το υπάρχον δίκτυο χαλκού.



Εικόνα 21: Αρχιτεκτονικές δικτύων FTTx

### 2.3.2 Δομή δικτύων FTTx

Ένα δίκτυο FTTx αποτελείται από τέσσερα διακριτά τμήματα που ξεκινούν από το κεντρικό γραφείο (CO) και φτάνουν μέχρι το συνδρομητή. Η τεχνική που ακολουθείται είναι η διάνοιξη τάφρων μεταξύ τους, ο αριθμός και το μέγεθος των οποίων διαφέρει κατά περίπτωση.

Τα τέσσερα τμήματα είναι τα εξής:

α) Τμήμα Τροφοδοσίας (Feeder Segment), όπου οι οπτικές ίνες ξεκινούν από το Κεντρικό Γραφείο (CO) μέχρι το Δίκτυο Διανομής,

β) Δίκτυο Διανομής (Distribution Network), όπου το οπτικό σήμα υπόκειται σε κάποια επεξεργασία πριν μεταφέρει τις υπηρεσίες προς τους συνδρομητές,

γ) Τμήμα Καλωδίων Πρόσβασης Συνδρομητών (Drop Cable Segment) που αποτελεί το τελικό τμήμα του δικτύου ανάμεσα στο Δίκτυο Διανομής και το κτίριο του συνδρομητή και

δ) Τμήμα ανάμεσα στην υπάρχουσα οπτική ίνα και το συνδρομητή (Lead In). Το τμήμα αυτό περιέχει ένα συνδετήρα, τα τελευταία μέτρα εκσκαφής μέχρι την είσοδο της οπτικής ίνας στο κτίριο του συνδρομητή και το υπόγειο του κτηρίου.

Στην επόμενη εικόνα φαίνεται η χρήση αυτών των τμημάτων από τις επιμέρους αρχιτεκτονικές οπτικών δικτύων.

	<b>FTTH</b>	<b>FTTB</b>	<b>FTTC</b>
Feeder Segment (τμήμα με τα καλώδια τροφοδοσίας)	<b>x</b>	<b>X</b>	<b>x</b>
Distribution Network (τμήμα με τα καλώδια διανομής)	<b>x</b>	<b>X</b>	
Drop Cable Segment (τμήμα με τα καλώδια πρόσβασης συνδρομητών)	<b>x</b>	<b>X</b>	
Lead In (τμήμα ανάμεσα στην υπάρχουσα ίνα και το συνδρομητή)	<b>x</b>		

Εικόνα 22: Τμήματα δικτύων FTTx

Στην περίπτωση των δικτύων FTTH υπάρχει και τμήμα της εσωτερικής καλωδίωσης (Internal cabling) από την οπτική ίνα μέχρι το χώρο του συνδρομητή.

Ο βασικός παράγοντας διαφοροποίησης των ανωτέρω κατηγοριών είναι ο τελικός προορισμός της τελικής ίνας. Σε κάθε περίπτωση πλην της κατηγορίας FTTH, χρησιμοποιείται ως υλικό ο χαλκός, ο οποίος περιορίζει τις δυνατότητες του δικτύου. Αντίθετα στην περίπτωση των δικτύων FTTH υλοποιείται με οπτική ίνα ακόμη και το τελικό τμήμα ανάμεσα στην υπάρχουσα ίνα και το συνδρομητή (Lead In). Η κατασκευή αυτού του τμήματος είναι συνήθως χρονοβόρα και μπορεί να απλοποιηθεί αν υπάρχει σχετική νομική πρόβλεψη υποχρεωτικής άδειας κατασκευής του Lead In για τα παλαιότερα κτήρια καθώς και πολεοδομική πρόβλεψη υποχρεωτικού οπτικού Lead In για τα νεότερα κτήρια.

Σε ένα δίκτυο FTTx το μεγαλύτερο κομμάτι του κόστους κατασκευής του οφείλεται σε έργα εκσκαφής/αποκατάστασης σε δημόσιους κοινόχρηστους χώρους (οδικό δίκτυο). Υπολογίζεται ότι περίπου τα  $\frac{3}{4}$  του κόστους κατασκευής ενός δικτύου FTTx αναλώνεται στα έργα εκσκαφής/αποκατάστασης. Ως εκ τούτου, η εύρεση μεθόδων οι οποίες να μπορούν να μειώσουν το εν λόγω κόστος επιφέρει σημαντική μείωση στη κατασκευή ολόκληρου του οπτικού δικτύου πρόσβασης. Οι εξελίξεις στις μεθόδους κατασκευής οπτικών υποδομών μείωσαν το συνολικό κόστος και τον χρόνο εκτέλεσης ενός έργου FTTx. Σε σταθερά δίκτυα πρόσβασης τα καλώδια τρέχουν κάτω από τα πεζοδρόμια σε τάφρους (trenches) που χρησιμοποιούν το οδικό δίκτυο ως ένα φυσικό οδηγό για την προσέγγιση των πελατών. Η πρόσβαση των κόμβων του δικτύου, καθώς και οι συνδέσεις εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την πραγματική γεωγραφία του υποκείμενου δικτύου αστικών οδών.

Οι σημαντικότερες μέθοδοι κατασκευής τάφρων και εγκατάστασης οπτικών υποδομών που χρησιμοποιούνται από τους κατασκευαστές δικτύων πρόσβασης είναι οι εξής:

α) Mini-Trenching (μέθοδος μικροτάφρου): επιτρέπει την εγκατάσταση υπόγειων καλωδίων οπτικών ινών σε αγωγούς και δημιουργεί μικρές τομές πάνω στον δρόμο. Τα πλεονεκτήματά της είναι η ταχύτητα εκτέλεσης, το χαμηλό κόστος, οι σημαντικά λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον και η περιορισμένη αναστάτωση στις οδικές μεταφορές και, ως συνέπεια των προηγούμενων στοιχείων, η ευκολία απόκτησης αδειών για την ανάληψη της σε δημόσιο χώρο.

β) Micro-Trenching (μέθοδος κάθετης ένθετης οπτικής καλωδίωσης): επιτρέπει την εγκατάσταση υπογείων καλωδίων σε ένα ρηχό βάθος, σε μικρές εγκοπές και έχει πλεονεκτήματα παρόμοια με αυτά της πρώτης τεχνικής.



Αναφορικά με την επιλογή της τοπολογίας ενός δικτύου FTTH, υπάρχουν δύο εναλλακτικές περιπτώσεις:

α) P2P ή PtP (Point-to-Point): Υπάρχει απευθείας σύνδεση ανάμεσα στο Κεντρικό Γραφείο (CO) και το συνδρομητή με μία οπτική ίνα. Το πλεονέκτημα αυτής της τοπολογίας είναι ότι γίνεται καλύτερη αξιοποίηση της οπτικής ίνας, αφού σε αυτή αντιστοιχεί μόνο ένας συνδρομητής, ενώ το μειονέκτημα είναι ότι απαιτεί μεγαλύτερο αριθμό οπτικών ινών και κατά συνέπεια περισσότερες εργασίες διάνοιξης τάφρων. Δεν υπάρχει δίκτυο διανομής με την αυστηρή έννοια του όρου, διότι η οπτική ίνα φτάνει στον τελικό χρήστη χωρίς την ύπαρξη ενδιάμεσου εξοπλισμού. Αρχικά οι οπτικές ίνες εξερχόμενες του CO τοποθετούνται σε μεγάλες τάφρους, αλλά στη συνέχεια διακλαδίζονται σε μικρότερες για να φτάσουν στους συνδρομητές, οπότε αυτή η περιοχή διακλάδωσης μπορεί να θεωρηθεί ως δίκτυο διανομής. Η τοπολογία αυτή εμφανίζεται μόνο σε FTTH δίκτυα, διότι σε όλες τις υπόλοιπες περιπτώσεις υπάρχουν σημεία διανομής.

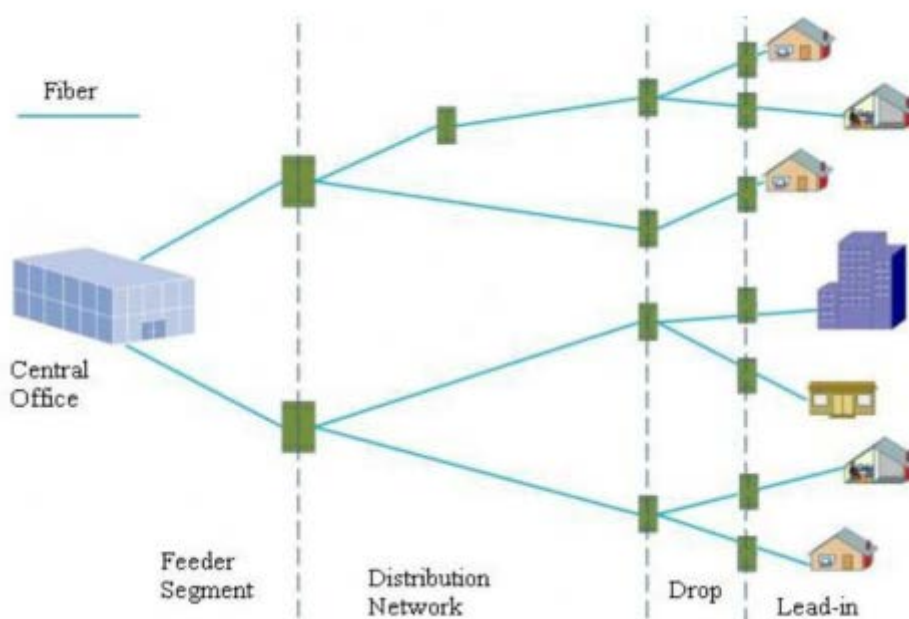
β) PtMP (Point-to-MultiPoint): Η οπτική ίνα που ξεκινά από το Κεντρικό Γραφείο και φτάνει μέχρι το δίκτυο διανομής αντιστοιχεί σε περισσότερους συνδρομητές (συνήθως 16-32). Το πλεονέκτημα αυτής της τοπολογίας είναι ότι έχει μικρότερο κόστος, ενώ το μειονέκτημα είναι ότι αφενός υπάρχουν τεχνολογικοί περιορισμοί λόγω της χρήσης κάποιου κοινού μέσου και αφετέρου προκύπτουν θέματα ασφάλειας των μεταφερόμενων δεδομένων.

Όσον αφορά τις προαναφερθέντες τοπολογίες οπτικών δικτύων Point-to-Point και Point-to-MultiPoint, θα πρέπει να τονιστεί ότι στην πρώτη δεν υπάρχει δίκτυο διανομής με την αυστηρή έννοια του όρου, από την άποψη ότι η οπτική ίνα κατευθύνεται απευθείας στο συνδρομητή χωρίς ενδιάμεσο εξοπλισμό, ενώ στην δεύτερη (που παρουσιάζεται μόνο σε FTTH δίκτυα) υπάρχει. Επίσης, η τοπολογία Point-to-Point (P2P) -που αποτελεί παράδειγμα ενεργού οπτικού δικτύου- απαιτεί περισσότερα (σε αριθμό) στοιχεία (Οπτικές Ίνες, μικρές και μεγάλες τάφροι, δίκτυο διανομής) σε σχέση με τη δεύτερη τοπολογία. Στην πρώτη τοπολογία απαιτείται η διάνοιξη περισσότερων μεγάλων τάφρων και λιγότερων μικρών, διότι οι οπτικές ίνες που φεύγουν από το Κεντρικό Γραφείο (CO) τοποθετούνται αρχικά σε μεγάλες τάφρους και στη συνέχεια διακλαδίζονται σε μικρότερες για να καταλήξουν τελικά στον προορισμό τους. Το ακριβώς αντίθετο συμβαίνει στην δεύτερη

τοπολογία, στην οποία απαιτείται και δίκτυο διανομής (κάτι που δεν υπάρχει στην τοπολογία Point-to-Point).

### 2.3.3 Τεχνολογική υποδομή ενός δικτύου FTTx

Σε ένα δίκτυο FTTx υπάρχει το εσωτερικό δίκτυο (inside plant) που τοποθετείται στο γεωγραφικό κέντρο της περιοχής που θα καλυφθεί και με βάση το πλήθος των συνδρομητών και της απόστασης μεταξύ τους, θα περιλαμβάνει το Κεντρικό Γραφείο (CO) και τις τηλεπικοινωνιακές καμπίνες του δικτύου που αποτελούνται από ενεργό εξοπλισμό και χρησιμοποιούνται στα ενεργά οπτικά δίκτυα. Το εξωτερικό δίκτυο (outside plant) είναι το βασικό τμήμα του δικτύου FTTH που έχει την ιδιότητα να συνδέει το εσωτερικό δίκτυο με τους πελάτες και αποτελείται αποκλειστικά από παθητικό (passive) εξοπλισμό. Στην περίπτωση των ενεργών οπτικών δικτύων (AON), το παθητικό εξωτερικό δίκτυο περιβάλλει το εσωτερικό σε σημείο που βρίσκονται το κεντρικό γραφείο και οι ενεργές καμπίνες δρόμου.



Εικόνα 23: Δομή δικτύου FTTH

Το εξωτερικό δίκτυο περιλαμβάνει σωληνώσεις (ducts), υποσωληνώσεις (subducts), συστοιχίες μικρο-σωληνώσεων, καλώδια οπτικών ινών και διάφορες παθητικές υποδομές για την μελλοντική συντήρηση/επέκταση του δικτύου. Ο εξοπλισμός περιλαμβάνει κιβώτια διακλάδωσης και συνένωσης καλωδίων, φρεάτια όπως θυρίδες χειρός, καμπίνες δρόμου (street cabinets) κ.λ.π. Στη περίπτωση της επέκτασης του δικτύου, ο εξοπλισμός θα πρέπει να εγκατασταθεί στους δρόμους της περιοχής που θα καλυφθεί και συνήθως οι εργασίες αυτές αντιπροσωπεύουν ένα μεγάλο μέρος του κόστους όλων των εργασιών.

#### 2.3.4 Μέθοδοι εγκατάστασης καλωδίων σωλήνων

Η συμβατική υποδομή σωληνώσεων/σωλήνων/αγωγών περιλαμβάνει τη δημιουργία ενός δικτύου σωληνώσεων ώστε να επιτρέπεται η μετέπειτα εγκατάσταση καλωδίων με τεχνικές έλξης (pulling), εμφύσησης (blowing) και επίπλευσης (floating). Κατά την εγκατάσταση καλωδίων με έλξη πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι μηχανικές και περιβαλλοντικές τους αντοχές σύμφωνα με τις προδιαγραφές του προμηθευτή. Για να υπάρχει δυνατότητα εγκατάστασης μεγάλου μήκους καλωδίου, το καλώδιο οπτικών ινών θα πρέπει να έχει επαρκή ονομαστική αντοχή για το πρόσθετο απαιτούμενο φορτίο έλξης ή να υπάρχουν ενδιάμεσα σημεία πρόσβασης στο καλώδιο κατά την εγκατάσταση, από όπου θα πραγματοποιείται βοηθητική έλξη ή θα υπάρχουν ενδιάμεσες βοηθητικές διατάξεις έλξης, όπως π.χ. καστάνιες ή προωθητές καλωδίων. Η εγκατάσταση καλωδίων με εμφύσηση μπορεί να είναι γρηγορότερη από την έλξη και να επιτρέπει μεγαλύτερα μήκη. Θα πρέπει το δίκτυο σωλήνων να είναι αεροστεγές σε όλο το μήκος, κάτι που πρέπει να θεωρείται δεδομένο για μια νέα κατασκευή, αλλά μπορεί να χρειάζεται έλεγχο σε υφιστάμενες σωληνώσεις, ειδικά εάν αυτές είναι παλιές κατασκευής.

#### Υποδομή σωληνώσεων

Η υποδομή περιλαμβάνει μια μεγάλη κύρια σωλήνωση που περιέχει μικρότερες υποσωληνώσεις για τη μεμονωμένη εγκατάσταση των καλωδίων. Η εγκατάσταση των σωληνώσεων απαιτεί να λάβει υπόψη της τη μελλοντική επέκταση του δικτύου, η οποία θα πρέπει να πραγματοποιηθεί με τρόπο ασφαλή. Η αποδοτικότητα στην εγκατάσταση των καλωδίων στις σωληνώσεις βασίζεται σημαντικά στην ποιότητα της τοποθέτησης των ίδιων των σωληνώσεων. Τα σημαντικά στοιχεία της υποδομής αυτής είναι οι σωληνώσεις και πιθανές υποσωληνώσεις, τα καλώδια εντός των σωληνώσεων και τα κιβώτια διακλάδωσης (branch-off closures). Η συμβατική υποδομή σωληνώσεων μπορεί να

χρησιμοποιηθεί σε όλη την έκταση ενός FTTx δικτύου, όσον αφορά την υπόγεια ανάπτυξη του. Συγκεκριμένα, στις κύριες σωληνώσεις τροφοδοσίας που κατευθύνονται από το κεντρικό γραφείο μέχρι το τοπικό σημείο σύγκλισης, το πλήθος θα πρέπει να αποφασίζεται από το μέγεθος της περιοχής του δικτύου, αλλά και το πλήθος των καλωδίων που χρησιμοποιούνται. Θα πρέπει να γίνεται εκτίμηση για χρήση μίας σωλήνωσης με δυνατότητα να εγκαθίσταται περισσότερα από ένα καλώδια ώστε να εξασφαλίζεται επαρκής χωρητικότητα.

#### Συστοιχίες μικρο-σωληνώσεων (Microduct bundles)

Η συστηματική χρήση μικρο-σωληνώσεων εφαρμόζεται σε εκείνο το μέρος του δικτύου που προορίζεται για να ικανοποιήσει άμεσα ή και μελλοντικά μια αυξημένη πυκνότητα συνδέσεων μεταξύ κύριων κόμβων, μεταξύ κόμβων διανομής και πρόσβασης αλλά και μεταξύ μεμονωμένων χρηστών. Χρησιμοποιείται η μέθοδος της εμφύσησης καλωδίων οπτικών ινών μικρής διαμέτρου μέσω δικτύου σωληνώσεων προς τους τελικούς χρήστες, διότι με αυτή την μέθοδο ελαχιστοποιείται ο αριθμός των συνδέσμων καλωδίων των οπτικών ινών. Η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με υποδομή σωλήνα, άμεσου ενταφιασμού ή εναέρια. Σε αντίθεση με τη συμβατική σωλήνωση, η μικροσωλήνωση πρέπει να ταιριάζει με τα καλώδια των χρησιμοποιούμενων οπτικών ινών προκειμένου να εξασφαλιστεί η συμβατότητα κατά την εγκατάσταση.

Η συστοιχία μικρο-σωληνώσεων (micro-duct) με πολλούς σωληνίσκους (microtubes) έχει το πλεονέκτημα ότι σε καθένα σωληνίσκο μπορεί να εμφυσηθεί μικροκαλώδιο που περιέχει από 4 μέχρι 96 ίνες και είναι κατάλληλη για χρήση χωρίς προστατευτικό σωλήνα για άμεσο ενταφιασμό. Τα πλεονεκτήματα των μικρο-καλωδίων είναι ο μεγάλος αριθμός οπτικών ινών που μπορούν να περιέχουν, το μικρό βάρος τους (14kg/km για μικρο-καλώδιο 24, 28 kg/km για μικρο-καλώδιο 72 ινών και 40 kg/km για μικρο-καλώδιο 96 ινών), η άριστη θερμική συμπεριφορά τους και τέλος η εύκολη και γρήγορη εγκατάσταση. Τα χαρακτηριστικά αυτά καθιστούν εύκολη, γρήγορη, και οικονομική την εγκατάσταση, προσδίδουν μεγάλη διάρκεια ζωής με άριστη θερμική και μηχανική συμπεριφορά και μεγάλη πυκνότητα οπτικών ινών, ώστε να καλύπτουν άνετα τις μελλοντικές ανάγκες.

#### 2.3.5 Τύποι καλωδίων και σωλήνων

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία καλωδίων για χρήση σε δίκτυο σωλήνων ενός οπτικού δικτύου και οι πιο σημαντικοί είναι οι εξής:

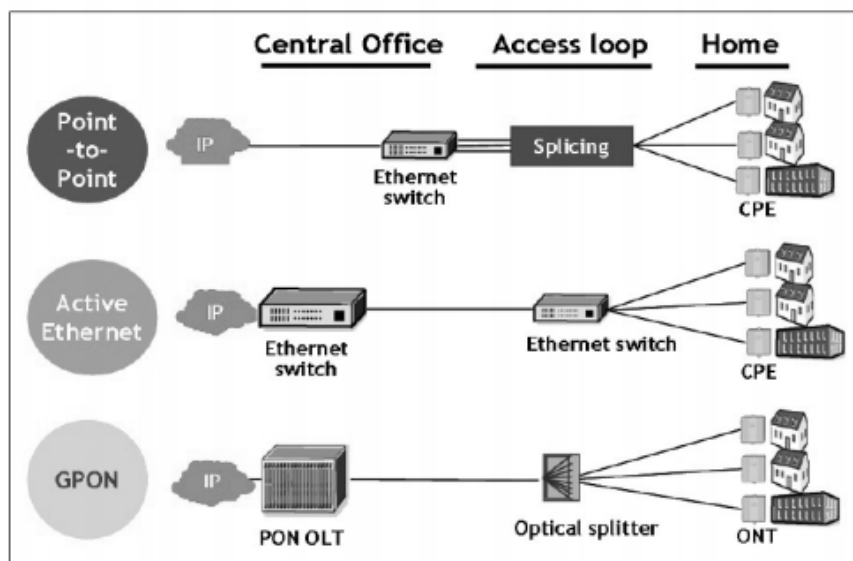
- Τύποι καλωδίων για υποδομή με σωλήνες: αναφορικά με τους τύπους καλωδίων που χρησιμοποιούνται μέσα στις σωληνώσεις, θα πρέπει όταν τα καλώδια έλκονται να είναι ανθεκτικότερα από τα καλώδια που εμφυσούνται, λόγω της μεγαλύτερης πίεσης που ασκείται. Τα εμφυσημένα καλώδια θα πρέπει να είναι σχετικά ελαφριά σε βάρος και με κατάλληλο βαθμό ακαμψίας, έτσι ώστε να εμφυσούνται με ευκολία η ύπαρξη του σωλήνα προσφέρει μεγάλο βαθμό προστασίας σύνθλιψης, με εξαίρεση τα σημεία εισόδου του καλωδίου στα φρεάτια. Τα καλώδια για τοποθέτηση εντός του σωλήνα συνήθως έχουν περίβλημα μη μεταλλικό, αλλά όμως μπορεί να περιέχουν μεταλλικά στοιχεία για καλύτερη αντοχή και προστασία από υγρασία και σχεδιάζονται για να αντέχουν σε μακροχρόνιο πλημμύρισμα με νερό και σποραδικό πάγωμα. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία καλωδίων, όλα όμως βασίζονται σε συγκεκριμένους τύπους. Πιο συνηθισμένος τύπος είναι ο θάλαμος ελεύθερης τοποθέτησης που αποτελείται από έναν πλαστικό θάλαμο με τον απαιτούμενο αριθμό ινών μαζί με μια επίστρωση που προστατεύει τις ίνες και τις βοηθά να κινούνται εντός του θαλάμου καθώς το καλώδιο διαστέλλεται η συστέλλεται λόγω των περιβαλλοντικών συνθηκών.
- Τύποι καλωδίων για υποδομή σε μικρο-σωλήνες: αναφορικά με τους τύπους καλωδίων που χρησιμοποιούνται μέσα σε μικρό-σωλήνες, πρέπει να είναι μικρά και ελαφριά και να απαιτούν για προστασία το σωλήνα. Θα πρέπει επίσης ο σωλήνας και το καλώδιο να συμπεριφέρονται ως σύστημα και το μέγεθος του σωλήνα που επιλέγεται να ταιριάζει με το καλώδιο και τον απαιτούμενο αριθμό ινών. Τα καλώδια τοποθετούνται με εμφύσηση. Το μέγεθος του μικρο-σωλήνα επιλέγεται για να ταιριάζει με το καλώδιο

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

#### **ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΔΙΚΤΥΟΥ FTTx**

Υπάρχουν διαφορετικές τεχνολογικές επιλογές για του τηλεπικοινωνιακούς φορείς οι οποίες και επιλέγονται βάσει της εκάστοτε στρατηγικής ανάπτυξης δικτύων FTTH. Οι πιο σημαντικές από αυτές, όπως έχουν ήδη αναφερθεί, είναι οι τοπολογίες GPON, EPON, Active Ethernet και P2P και υπάρχει ένας αριθμός τεχνικών, οικονομικών και επιχειρηματικών κριτηρίων για την κατάλληλη επιλογή μεταξύ αυτών.

Όταν μοντελοποιούνται τα οικονομικά στοιχεία ενός οπτικού δικτύου, είναι προτιμότερη η θεώρηση ενός μοντέλου συνολικού κόστους ιδιοκτησίας (TCO – Total Cost of Ownership) παρά η σύγκριση μεμονωμένων στοιχείων κόστους. Σε ένα μοντέλο δικτύου με μεγάλο αριθμό κόμβων είναι πρόκληση η αναγνώριση εκείνων των παραμέτρων - κλειδιών για τη λήψη σωστών οικονομικών αποφάσεων. Πιο συγκεκριμένα, ένας τηλεπικοινωνιακός φορέας που θα κατασκευάσει ένα οπτικό δίκτυο, διατρέχει τον κίνδυνο επιλογής μιας ακατάλληλης τεχνολογικής στρατηγικής, αν δεν αναγνωριστούν οι παράμετροι-κλειδιά και δεν βελτιωθούν ως προς το κόστος.



Εικόνα 24: Βασικές επιλογές τεχνολογίας FTTH

Ο αριθμός των οικιακών συνδέσεων με δίκτυο οπτικών ινών αυξάνεται συνεχώς, γεγονός το οποίο οδηγεί τους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους σε αναζήτηση της καταλληλότερης κατά περίπτωση υποδομής FTTH δικτύων τεχνολογικά αλλά και οικονομικά.

Ο αριθμός των νοικοκυριών με συνδέσεις οπτικού δικτύου αυξάνεται με γρήγορους ρυθμούς και ως εκ τούτου δεν αποτελεί έκπληξη ότι όλοι οι φορείς εκμετάλλευσης δικτύων σε όλο τον κόσμο αξιολογούν τις διαφορετικές τεχνολογικές υποδομές δικτύων FTTH για να επιλέξουν την καλύτερη κατά περίπτωση.

Η ανάπτυξη ενός τέτοιου δικτύου απαιτεί σημαντικές επενδύσεις κεφαλαίων εκ των προτέρων και είναι ζωτικής σημασίας για μία επιχείρηση η επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας που βελτιστοποιεί τις κεφαλαιουχικές δαπάνες της (capital expenses) αλλά και τις δαπάνες απόσβεσης. Οι απαιτήσεις και οι τοπολογίες των τηλεπικοινωνιακών παρόχων ποικίλουν σημαντικά και ως εκ τούτου η μοντελοποίηση του δικτύου πρέπει να είναι προσαρμοσμένη στα χαρακτηριστικά των παρόχων.

Οι τοπολογίες GPON και EPON βελτιώνουν τον εξωτερικό εξοπλισμό με τη χρήση ενός παθητικού διαχωριστή (optical splitter), ο οποίος παρέχει ολοκλήρωση εύρους ζώνης, απαιτεί λιγότερη συντήρηση και δεν έχει τις απαιτήσεις ισχύος που έχει ένα ενεργό στοιχείο δικτύου. Η λύση του Active Ethernet πετυχαίνει βελτιστοποίηση στον εξωτερικό εξοπλισμό με τη χρήση ενός Ethernet μεταγωγέα (Ethernet switch) για ολοκλήρωση, αλλά απαιτεί συμπαγείς καμπίνες και απομακρυσμένη παροχή ισχύος. Η τοπολογία P2P (Point-to-Point) χρησιμοποιεί επίσης Ethernet μεταγωγείς, παρόλ' αυτά όμως όλοι αυτοί οι μεταγωγείς αναπτύσσονται μέσα στο

κεντρικό γραφείο (CO) και στη συνέχεια μέσω συγκολλήσεων (splicing) συνδέονται με τον εξοπλισμό εγκατάστασης των συνδρομητών (CPE - Customer Premises Equipment).

### **3.1 Ανάλυση κόστους δικτύων FTTH**

Η κατασκευή και η λειτουργία ενός οπτικού δικτύου πρόσβασης, αποτελεί ένα δύσκολο έργο, ιδιαίτερα από την στιγμή που απαιτεί τη μεγαλύτερη δυνατή και ταυτόχρονα αξιόπιστη προσέγγιση της πραγματικότητας. Πολλοί συντελεστές μπορούν να θεωρηθούν επίπεδοι (flat) και να μη ληφθούν υπόψη. Αυτό μπορεί να οδηγήσει όμως σε σημαντικές αστοχίες και για το λόγο αυτό, η όσο το δυνατόν λεπτομερής περιγραφή περισσότερων παραγόντων μπορεί να οδηγήσει σε πιο αξιόπιστα αποτελέσματα. Τα δύο βασικά σκέλη ενός οπτικού δικτύου πρόσβασης είναι τα έσοδα και τα έξοδα. Είναι χαρακτηριστικό ότι αν και τα οπτικά δίκτυα αποτελούν πλέον την τρέχουσα τεχνολογία, εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από έργα χαμηλής τεχνολογίας, όπως η διάνοιξη τάφρων, τα οποία εκτιμάται ότι διαμορφώνουν το 70% του συνολικού κόστους κατασκευής. Κατά κανόνα, τα έσοδα πρέπει να ξεπερνούν τα έξοδα σε κάποια μορφή, αφού υπεισέρχονται διάφοροι παράγοντες όπως αποσβέσεις, φόροι, τόκοι, πληθωρισμός, κ.λ.π. Μόνο εάν αναλυθούν με αποτελεσματικό τρόπο τόσο τα έξοδα όσο και τα έσοδα, μπορεί να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για το εάν και το κατά πόσο αξίζει οικονομικά η κατασκευή ενός οπτικού δικτύου πρόσβασης. Το πρόβλημα είναι ότι ενώ σε γενικές γραμμές τα έξοδα είναι αναμενόμενα και μέχρι ενός βαθμού προβλέψιμα (αν και αυτό δεν είναι απόλυτο διότι μπορεί για παράδειγμα τα τέλη διέλευσης να αλλάξουν αν δεν καθορίζονται δια νόμου ή επίσης το εργατικό κόστος να αλλάζει από χρόνο σε χρόνο), τα έσοδα πολλές φορές δεν μπορούν να προσδιοριστούν με ακρίβεια, διότι διαμορφώνονται με βάση το τελικό ύψος της συνδρομής των χρηστών. Υπάρχει επίσης διαφορά στην κατασκευή ενός δικτύου FTTH και ενός δικτύου FTTB, διότι στην πρώτη περίπτωση ο τελικός χρήστης είναι ένας, ενώ στη δεύτερη περίπτωση είναι πολλοί, αφού πρόκειται για ενοίκους πολυκατοικιών (θα απαιτηθούν επιπρόσθετες εργασίες για να τραβηχτούν καλώδια από την είσοδο του κτιρίου μέχρι τα διαμερίσματα των ενοίκων, κάτι που συνεπάγεται μεγαλύτερο κόστος κατασκευής αλλά και εγείρει και ζητήματα συμφωνίας μεταξύ των ενοίκων για τις εργασίες που θα πραγματοποιηθούν).



Δύο βασικά οικονομικά μεγέθη που σχετίζονται με τα δίκτυα FTTH είναι τα κόστη CAPEX και OPEX, τα οποία αναλύονται στη συνέχεια.

Οι παράγοντες που συνεισφέρουν είτε ως έσοδα είτε ως έξοδα στο δίκτυο FTTH είναι οι εξής:

- Παθητική υποδομή: αποτελεί τη φυσική υποδομή η οποία χρησιμοποιείται για την παροχή ευρυζωνικής πρόσβασης και αποτελείται συνήθως από αγωγούς, σωληνώσεις, φρεάτια καλώδια οπτικών ινών, οπτικούς κατανεμητές, χώρους φιλοξενίας των κόμβων διασύνδεσης, κ.λ.π.
- Ενεργή υποδομή: αποτελείται από τα στοιχεία τα οποία χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση δεδομένων πάνω στην παθητική υποδομή, όπως μεταγωγείς (switches) και δρομολογητές (routers).
- Παροχή υπηρεσιών: μερικές από τις παρεχόμενες στους πελάτες υπηρεσίες είναι η πρόσβαση στο διαδίκτυο με υψηλές ταχύτητες, η τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας κ.λ.π.
- Εταιρία λειτουργίας του δικτύου: η εταιρία αυτή αξιοποιεί την παθητική και ίσως και την ενεργή υποδομή του δικτύου. Ανάλογα με το επιχειρηματικό μοντέλο, η εταιρία αυτή μπορεί να πουλά πρόσβαση σε άλλες εταιρίες, οι οποίες με την σειρά τους παρέχουν υπηρεσίες στους πελάτες ή μπορεί να παρέχει και η ίδια απευθείας υπηρεσίες στους πελάτες. Επίσης, η εταιρία αυτή μπορεί να είναι ο ιδιοκτήτης της παθητικής υποδομής ή μπορεί να έχει σχετικό συμβόλαιο με τον ιδιοκτήτη της υποδομής.
- Πάροχοι τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών και πάροχοι περιεχομένου: Οι εταιρίες αυτές παρέχουν υπηρεσίες και περιεχόμενο στους τελικούς χρήστες.
- Δημόσιος τομέας, οικιακοί/εταιρικοί χρήστες: αποτελούν τους τελικούς χρήστες (συνδρομητές) και αποτελούνται από όλες εκείνες τις επιχειρήσεις, τους κατοίκους και τους οργανισμούς του δημόσιου τομέα στην περιοχή εκείνη την οποία εξυπηρετεί το ευρυζωνικό δίκτυο.

### 3.1.1 Κόστος CAPEX

Ως CAPEX (Capital Expenditure) ορίζονται οι δαπάνες/κόστη που σχετίζονται με την κατασκευή ή την επέκταση του πάγιου ενεργητικού (δηλαδή των σταθερών πόρων, όπως για παράδειγμα η υποδομή του δικτύου), οι οποίες υπόκεινται σε μείωση κατά τη διάρκεια της οικονομικής ζωής ενός προγράμματος έργου. Το CAPEX είναι απαραίτητο για τη δημιουργία νέων υπηρεσιών ή για τη βελτίωση των ήδη υπαρχόντων, αλλά και γενικότερα για την

αναβάθμιση και επέκταση των δραστηριοτήτων των εταιριών. Η κατασκευή ενός δικτύου, η υλοποίηση δικτυακών συσκευών αλλά και η απόκτηση συστημάτων λογισμικού, απαιτούν σημαντικά χρηματικά ποσά. Εναλλακτικά ο όρος CAPEX αφορά στα κεφάλαια που χρησιμοποιούνται από μια εταιρεία για την απόκτηση ή την αναβάθμιση υλικών περιουσιακών στοιχείων, όπως ακίνητα, βιομηχανικά κτίρια ή εξοπλισμός. Αυτό το είδος της δαπάνης γίνεται από τις εταιρείες προκειμένου να διατηρήσουν ή να αυξήσουν το πεδίο των δραστηριοτήτων τους.

Το δίκτυο οπτικών ινών έχει αρκετά σημαντικό αρχικό κόστος κατασκευής και εγκατάστασης παθητικού εξοπλισμού, το οποίο κατ'επίκτηση αγγίζει το 70% του συνολικού κόστους. Το κόστος CAPEX για την κατασκευή του παθητικού εξοπλισμού περιλαμβάνει:

- Το κόστος κατασκευής του δικτύου, το οποίο περιλαμβάνει τις εργασίες εκσκαφής, την κατασκευή φρεατίων, την προμήθεια και εγκατάσταση σωληνώσεων/μικροσωληνώσεων και την προμήθεια και εγκατάσταση οπτικών ινών.
- Το κόστος κατασκευής των κόμβων του δικτύου, το οποίο περιλαμβάνει την προμήθεια και εγκατάσταση των χώρων στέγασης των κόμβων, των κριωμάτων παθητικού και ενεργού, τον απαραίτητο ενεργό εξοπλισμό, διατάξεις κλιματισμού και UPS και συστήματα ελέγχου πρόσβασης.
- Το κόστος τοποθέτησης παθητικού εξοπλισμού στους χρήστες, το οποίο περιλαμβάνει την προμήθεια επιτοίχιων κιβωτίων τερματισμού (BEP/FLOOR BOXES).
- Το κόστος εγκατάστασης ασύρματου εξοπλισμού για τη διασύνδεση κάποιων σημείων στο δίκτυο. Περιλαμβάνει το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης ιστών, κεραιών καθώς και τον απαραίτητο ενεργό εξοπλισμό.

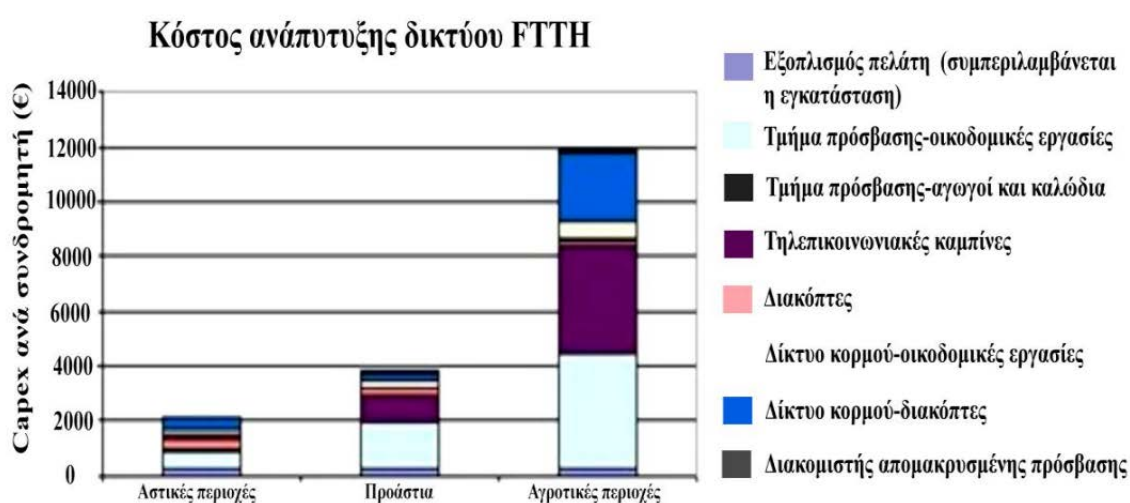
Το συνολικό κόστος κατασκευής του δικτύου προκύπτει από το άθροισμα όλων των παραπάνω.

Οι τεχνολογικές εξελίξεις έχουν οδηγήσει σε σημαντική μείωση του κόστους CAPEX και ενδεικτικά αναφέρεται ότι τα τελευταία 5 χρόνια το κόστος αυτό έχει μειωθεί κατά μεγάλο ποσοστό. Σ' αυτή τη μείωση συνέβαλαν σημαντικά οι νέες γενιάς υψηλής χωριτικότητας συσκευές διασύνδεσης, η τεχνολογία tube-in-tube με τη χρήση μικροσωληνώσεων αλλά και οι end-to-end λύσεις για την υλοποίηση των ευρυζωνικών δικτύων.

Παράγοντες που διαμορφώνουν το κόστος CAPEX ενός δικτύου FTTH.

Όταν εγκαθίσταται ένα νέο δίκτυο FTTH, τα κυρίαρχα κόστη θα είναι αναπόφευκτα αυτά των οικοδομικών εργασιών, των αγωγών και των καλωδίων.

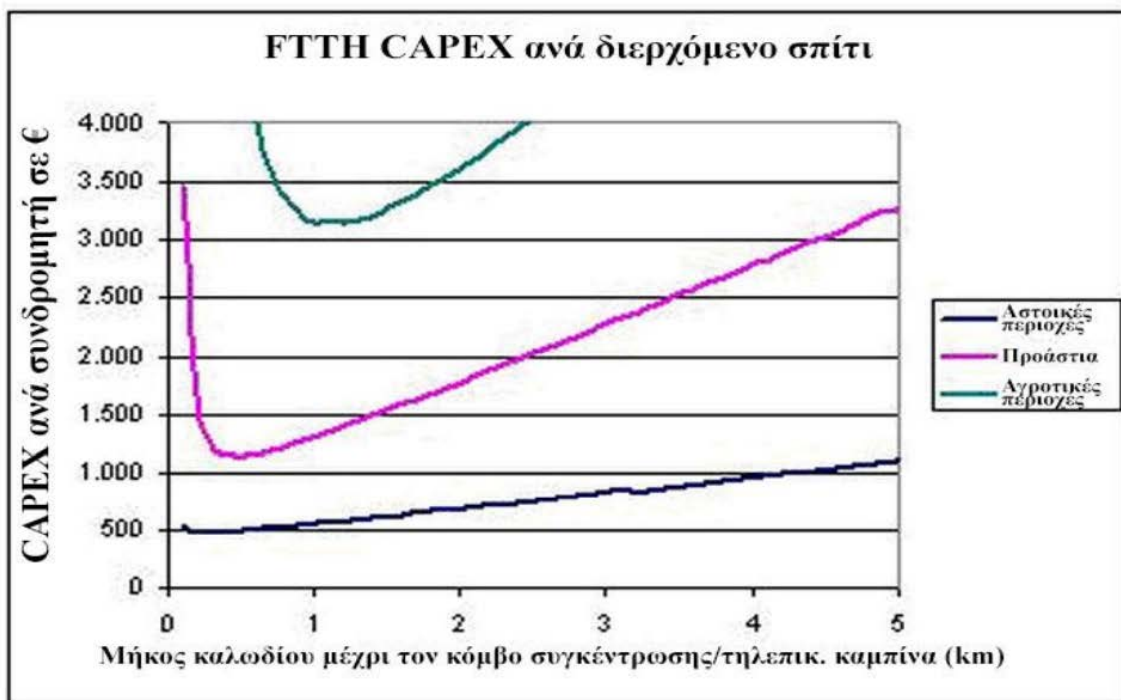
Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, τα κόστη οικοδομικών εργασιών και καλωδίων στο τμήμα πρόσβασης, κλιμακώνονται σε ημιαστικές και αγροτικές περιοχές εξαιτίας των μεγαλύτερων αποστάσεων. Επιπλέον, στις αγροτικές περιοχές τα καλώδια και οι αγωγοί στο τμήμα κορμού συνεπάγονται ένα υψηλότερο CAPEX από ότι το συνολικό κόστος ανάπτυξης του FTTH σε αστικό περιβάλλον.



Εικόνα 25: Ανάλυση των δομών του κόστους δικτύου FTTH

Σε γενικές γραμμές κατά τον σχεδιασμό και την υλοποίηση μίας τέτοιας υποδομής, υπάρχουν διάφοροι παράμετροι οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά το κόστος δικτύου. Για τα δίκτυα FTTH, μια από τις παραμέτρους αυτές είναι το μέσο μήκος των ινών στους κόμβους συγκέντρωσης. Ανάλογα με το κόστος του εξοπλισμού του κόμβου συγκέντρωσης, υπάρχει μία απόσταση ινών που ελαχιστοποιεί το κόστος εγκατάστασης και το μήκος αυτό ποικίλει.

Παρακάτω παρουσιάζεται το κόστος εγκατάστασης του δικτύου FTTH σε σχέση με το μήκος των οπτικών ινών προς τον πρώτο κόμβο συγκέντρωσης/τηλεπικοινωνιακή καμπίνα.



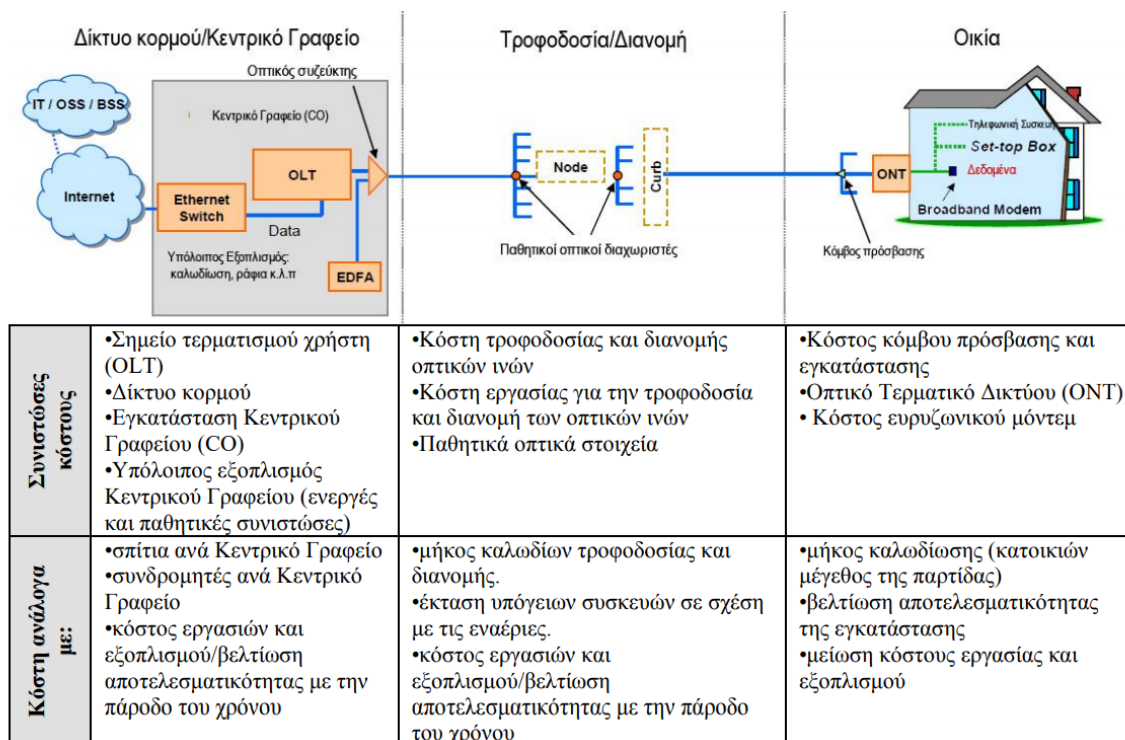
Εικόνα 26: Βελτιστοποίηση κόστους για την σχεδίαση δικτύου FTTH

Κατά την ανάπτυξη μίας υποδομής FTTH, όλα τα σπίτια που βρίσκονται στην περιοχή ανάπτυξης συνδέονται μεταξύ τους με ένα καλώδιο οπτικών ινών, ανεξάρτητα από το ποσοστό διείσδυσης. Αυτό σημαίνει, ότι το κυρίαρχο στοιχείο του κόστους των οικοδομικών εργασιών, των καλωδίων και των αγωγών είναι σταθερό. Επομένως, όσο περισσότερους συνδρομητές έχει μια εταιρία παροχής υπηρεσιών δικτύου FTTH, τόσο μικρότερο είναι το κόστος ανά συνδρομητή.

Ένας άλλος τρόπος για την μέτρηση του κόστους του δικτύου FTTH είναι το κόστος ανά διερχόμενο σπίτι αντί ανά συνδρομητή (με την έννοια ότι σε ένα σπίτι μπορούν να υπάρχουν περισσότεροι συνδρομητές). Σε αντίθεση με τα μέσα μετάδοσης, η ανάπτυξη των οπτικών ινών δεν έχει σχέση με το ποσοστό με τον τύπο της κυκλοφορίας του δικτύου και της απόστασης κατά συνέπεια δεν υπάρχει διάκριση μεταξύ των υπηρεσιών κατά την σύγκριση κόστους. Οι FTTH επενδυτικές ανάγκες ανάπτυξης για τις αγροτικές περιοχές είναι δύσκολο να εκτιμηθούν λόγω των διακυμάνσεων στις διανομές οικιακής χρήσης (ομαδοποίηση) εντός ακόμα και των πιο αραιοκατοικημένων περιοχών.

Τα κόστη αυτά ποικίλουν ανάλογα με το τμήμα του δικτύου που μελετάται, όπως π.χ. το κεντρικό γραφείο, η διανομή ή τα έξοδα εγκατάστασης μίας οικίας. Οι παράγοντες που

αυξάνουν τα κόστη επένδυσης ενός τέτοιου δικτύου είναι μεταξύ άλλων η χαμηλότερη πυκνότητα νοικοκυριών, οι υψηλότερες γραμμικές αποστάσεις μεταξύ τους, τα λιγότερα σπίτια που υποστηρίζονται ανά κεντρικό γραφείο (CO), οι περισσότερες υπόγειες συσκευές και οι ακριβότερες τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες. Το τελευταίο κόστος μπορεί να μειωθεί ανάλογα με το πακέτο προσφοράς που επιλέγει ο συνδρομητής. Στην επόμενη εικόνα φαίνονται οι παράγοντες κόστους ενός δικτύου FTTH.



Εικόνα 27: Συνιστώσες κόστους δικτύων FTTH

### 3.1.2 Κόστος OPEX

Ως OPEX (Operational Expenditure) ορίζονται όλες εκείνες οι λειτουργικές δαπάνες/κόστη μιας επιχείρησης, οι οποίες έχουν άμεση σχέση με τα προσφερόμενα προϊόντα/ υπηρεσίες. Διαφορετικά, με τον όρο OPEX αναφερόμαστε σε όλα εκείνα τα είδη δαπανών που δεν περιλαμβάνονται στο CAPEX. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί ότι τα όρια ανάμεσα στο CAPEX και στο OPEX δεν είναι σαφώς καθορισμένα, διότι ορισμένες δαπάνες όπως π.χ. αυτές που σχετίζονται με το λογισμικό είναι ανάμεσα στο CAPEX και στο OPEX, επειδή συσχετίζονται και με τα δύο.

Πιο συγκεκριμένα το OPEX αποτελείται από:

- Κόστη σχετιζόμενα με το χρήστη, όπως π.χ. εγκατάσταση εξοπλισμού (υφίσταται μία φορά), χρέωση (επαναλαμβανόμενο κόστος), κέντρο λειτουργίας δικτύου (επαναλαμβανόμενο κόστος) κ.λ.π.
- Κόστη σχετιζόμενα με τον εξοπλισμό, όπως π.χ. συντήρηση (επαναλαμβανόμενο κόστος), κατανάλωση ενέργειας (επαναλαμβανόμενο κόστος), κόστος χρήσης χώρων (επαναλαμβανόμενο κόστος).

Παράγοντες που διαμορφώνουν το κόστος OPEX ενός δικτύου FTTH

Τα έξοδα λειτουργίας (OPEX) αποτελούν έναν εν γένει μικρότερο παράγοντα κόστους από τα έξοδα κατασκευής ενός οπτικού δικτύου πρόσβασης. Περιλαμβάνουν τα έξοδα για διάφορα μισθώματα, έξοδα συντήρησης, μισθοδοσίας, παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, κλιματισμού κ.λ.π. Τα ετήσια έξοδα συντήρησης θεωρούνται πρακτικά σταθερά. Συγκεκριμένα για παθητικό εξοπλισμό υπολογίζονται στο 0,5% της συνολικής αξίας του αντίστοιχου εξοπλισμού, ενώ για ενεργό οπτικό εξοπλισμό στο 8%. Τα έξοδα ηλεκτρικής ενέργειας για την πλευρά των συνδρομητών είναι πολύ εύκολο να υπολογιστούν. Οι διάφοροι κατασκευαστές εξοπλισμού ανακοινώνουν την κατανάλωση με βάση τον αριθμό των θυρών που λειτουργούν. Σε αυτό το κόστος θα πρέπει να προστεθεί επίσης και η κατανάλωση ρεύματος των ενεργών στοιχείων των εξωτερικών μονάδων (OSP - Outsider Plan), όπως είναι για παράδειγμα οι μεταγωγείς (switches) Ethernet. Κρίνεται επίσης σκόπιμο να αναφερθεί, ότι η κατανάλωση ανά θύρα διαφοροποιείται ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία. Έτσι, μια θύρα WDM PON έχει μεγαλύτερη κατανάλωση από μία αντίστοιχη θύρα GPON, ενώ μία θύρα 10 Gbps Active Ethernet έχει μεγαλύτερη κατανάλωση από μία θύρα 1 Gbps Active Ethernet. Στην καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια δεν υπολογίζεται αυτή του εξοπλισμού των συνδρομητών (CPE), αφού επιβαρύνει το συνδρομητή. Στο ολικό ποσό πρέπει να προστεθεί και η καταναλωθείσα ενέργεια από τον πάροχο για την κάλυψη λοιπών αναγκών, όπως για παράδειγμα η ψύξη και η θέρμανση. Τα μισθώματα αναφέρονται στη μίσθωση του κεντρικού γραφείου (CO) και σε πιθανή ετήσια πληρωμή κάποιου ΟΤΑ για τα δικαιώματα διέλευσης (τέλη χρήσης). Για τον ακριβή υπολογισμό αρκεί η γνώση των τετραγωνικών μέτρων που καταλαμβάνουν και του μέσου ετήσιου μισθώματος ανά τετραγωνικό μέτρο και το γινόμενο τους δίνει το ολικό κόστος. Για τα δικαιώματα διέλευσης (αν υπάρχουν) χρειάζεται η γνώση του ποσού, το οποίο προσδιορίζεται είτε μέσω της νομοθεσίας είτε μετά από διαπραγμάτευση με τον ΟΤΑ. Το κόστος μισθοδοσίας εξαρτάται από το πλήθος των εργαζομένων και προκύπτει

από το άθροισμα των επιμέρους ετήσιων αποδοχών όλων των εργαζομένων. Σε αυτό πρέπει να προστεθεί το ετήσιο κόστος λιανικής, το οποίο επιμερίζεται σε κόστος απόκτησης πελατών, κόστος διαφήμισης και Marketing, χρέωση τηλεφωνικής και τεχνικής υποστήριξης (τιμολόγηση συν το κόστος αποστολής λογαριασμού) και εξυπηρέτηση πελατών.

### **3.2 Μείωση κόστους δικτύου FTTH**

#### *3.2.1 Συνιστώσες κόστους Οπτικού Δικτύου*

Από τεχνο-οικονομικής άποψης το πλεονέκτημα των δικτύων FTTH σε σχέση με άλλα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα είναι η μεγάλη εμβέλεια και η χωρητικότητα που παρουσιάζουν. Οι οπτικές ίνες διαθέτουν μία σχεδόν απεριόριστη δυνατότητα εύρους ζώνης και ως εκ τούτου είναι σε θέση να ανταποκριθούν σε μία αυξανόμενη ζήτηση κυκλοφορίας πολυμεσικών υπηρεσιών και να παρέχουν ένα ασφαλές μέσο που ξεπερνά όλα τα άλλα. Με τις τιμές των καλωδίων των οπτικών ινών να κυμαίνονται κάτω από τις αντίστοιχες των καλωδίων χαλκού, οι οπτικές ίνες παρέχουν μία φυσική επιλογή για πράσινη ανάπτυξη. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, υπάρχουν πολλές αρχιτεκτονικές δικτύου αλλά και τεχνικές εφαρμογής του FTTH καθώς η τεχνολογία αναπτύσσεται και τελειοποιείται. Ωστόσο, σε γενικές γραμμές οι παραλλαγές μπορούν να ταξινομηθούν είτε ως ενεργά οπτικά δίκτυα (Active Star) είτε ως παθητικά οπτικά δίκτυα (PON). Τα ενεργά δίκτυα είναι πιο ακριβά τόσο από την άποψη του επενδύσεων κεφαλαίου (CAPEX) όσο και των επενδυτικών εξόδων (OPEX), αλλά προσφέρουν πλεονεκτήματα αναφορικά με την διαχείριση και την λειτουργία τους. Επιπλέον, ενδέχεται να υπάρχουν και λειτουργικά κόστη για τη συντήρηση του δικτύου. Οι κυριότερες συνιστώσες κόστους διαφέρουν ανάλογα με την τεχνική λύση που έχει επιλεγεί.

Θεωρώντας ως επιλογή τη λύση Active Star, η επένδυση περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία:

- Εξοπλισμός εγκατάστασης πελατών (ONU): μια οπτική μονάδα δικτύου τερματίζει τα οπτικά σήματα στην πλευρά του πελάτη. Ανάλογα με τη λύση και τις προσφερόμενες υπηρεσίες, μπορούν να απαιτηθούν και άλλες συσκευές.
- Κόμβος συγκέντρωσης (Aggregation node): περιλαμβάνονται οι τηλεπικοινωνιακές καμπίνες και οι διακόπτες που τερματίζουν την σύνδεση οπτικών ινών και στην συνέχεια τις συγκεντρώνουν στο κεντρικό γραφείο (CO).

- Δίκτυο προσπέλασης οπτικών ινών: περιλαμβάνονται καλώδια, αγωγοί και αστικές εργασίες που απαιτούνται για τη σύνδεση κάθε σπιτιού σε ένα κόμβο συγκέντρωσης.
- Δίκτυο κορμού οπτικών ινών: περιλαμβάνονται καλώδια, αγωγοί και αστικές εργασίες για την σύνδεση των κόμβων συγκέντρωσης στο κεντρικό γραφείο (CO).
- Εξοπλισμός κόμβων: περιλαμβάνονται διακόπτες και δρομολογητές για τη σύνδεση των κόμβων των δικτύων. Λόγω της εξάπλωσης του υλικού γύρω από την περιοχή ανάπτυξης και συγκεκριμένα γύρω από τους κόμβους συγκέντρωσης, τα επενδυτικά έξοδα (OPEX) της λύσης Active Star είναι μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα της αρχιτεκτονικής PON.

### 3.2.2 Τρόποι μείωσης κόστους CAPEX και OPEX

Τα έξοδα λειτουργίας ενός οπτικού δικτύου αποτελούν εν γένει μικρότερο παράγοντα κόστους από τα έξοδα κατασκευής του και περιλαμβάνουν τα έξοδα για διάφορα μισθώματα, έξοδα συντήρησης, μισθοδοσίας, παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, κλιματισμού κ.τ.λ. Το κόστος μισθοδοσίας εξαρτάται από το πλήθος των εργαζομένων και υπολογίζεται από την πρόσθεση όλων των επιμέρους ετήσιων αποδοχών των εργαζομένων. Συνήθως προστίθεται και ένα ποσοστό της τάξης του 10% όλων των προαναφερόμενων λειτουργικών εξόδων για τα λοιπά λειτουργικά έξοδα (management, διοίκηση ανθρωπίνων πόρων κ.λ.π.). Το πλαίσιο της οικονομικής μοντελοποίησης περιλαμβάνει βελτιστοποίηση τόσο των επενδύσεων κεφαλαίου (CAPEX) όσο και των επενδυτικών εξόδων (OPEX) για τις τεχνολογικές επιλογές που είναι εφαρμόσιμες σε τυπικά δίκτυα. Τα έσοδα των υπηρεσιών που υποστηρίζονται από τις επιλογές πρόσβασης είναι κοινά και ως εκ τούτου δεν συμπεριλαμβάνονται σε αυτό το μοντέλο. Επίσης ο σκοπός του μοντέλου και το πεδίο εφαρμογής του σχετίζονται με οικονομικά στοιχεία και δεν καλύπτουν άλλες πλευρές όπως π.χ. η απόδοση, τα πρότυπα κ.λ.π.

Τυπικά σενάρια λειτουργίας περιλαμβάνουν:

- Τον τύπο του συνδρομητή: ως συνδρομητές θεωρούνται μονοκατοικίες (SFR - Single Family Residential), πολυκατοικίες (MDU – Multi-Dwelling Unit) και επιχειρήσεις.
- Τα τετραγωνικά μέτρα της κατοικίας του συνδρομητή.
- Τον τύπο κατασκευής του δικτύου.



- Τον τύπο κόστους των οπτικών ινών: μισθωμένες γραμμές, γραμμές μίας χρήσης κ.λ.π.
- Το είδος των εξωτερικών μονάδων: εναέριες, μέσα σε αγωγούς ή μέσα στο έδαφος.
- Τα επίπεδα διαχωρισμού που είναι μιας βαθμίδας (συγκεντρωτικά) ή δύο βαθμίδων (κατανεμημένα).

Τυπικά στοιχεία κόστους είναι τα εξής :

- Το υλικό (Hardware) και το λογισμικό (Software) που απαιτείται για το κεντρικό γραφείο (CO), οι εξωτερικές μονάδες (OSP - Outsider Plan), ο εξοπλισμός των εγκαταστάσεων των χρηστών (CPE-Customer Premises Equipment), ο ενεργός εξοπλισμός και τα συστήματα υποστήριξης λειτουργίας. Οι τιμές κόστους προϋπολογίζονται με βάση την εμπειρία (μέσος όρος αγοράς και μέχρι 10% ετήσια μείωση κόστους).
- Το κόστος των εξωτερικών μονάδων όπως π.χ. τροφοδότες, κατανεμητές, οι εργασίες για τη διάνομιξη των τάφρων, η εγκατάσταση τηλεπικοινωνιακών καμπίνων (cabinets), η διαχείριση των οπτικών ινών κ.λ.π.
- Κόστη χώρων στέγασης όπως π.χ. δαπάνες για την εγκατάσταση ενεργών κόμβων, μεσιτική αμοιβή, παροχή ρεύματος, μίσθωση χώρων και ενεργειακά κόστη.
- Κόστη ενεργοποίησης όπως π.χ. ενεργοποίηση υπηρεσιών στο Κεντρικό Γραφείο (CO), υπηρεσία επίσκεψης πελατών κ.λ.π.
- Αλλά λειτουργικά κόστη όπως π.χ. εργασίες συντήρησης.

Για να διατηρηθεί σε χαμηλά επίπεδα το κόστος CAPEX, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη διάφοροι παράγοντες, όπως η χρήση του outsourcing για εκείνες τις υπηρεσίες που έχουν σχέση με το περιεχόμενο, η χρήση ασφαλών πολιτικών στην εγκατάσταση οπτικών ινών (π.χ. υλοποίηση του δικτύου με χρήση μικρο-σωληνώσεων), να γίνει ένας προσεκτικός σχεδιασμός του δικτύου (planning) και των απαιτούμενων υλικών του (logistics) και στη συνέχεια να υπάρξει μία ισχυρή διεύθυνση του δικτύου σε μεγάλο αριθμό χρηστών/συνδέσεων, προκειμένου να μειωθεί το κόστος OPEX/πελάτη κ.λ.π.

Οι Εθνικές Ρυθμιστικές Αρχές κάθε χώρας καθορίζουν το ύψος των αμοιβών και των επιτρεπόμενων κερδών στα πλαίσια του υγιούς ανταγωνισμού. Ενδεικτικά, στην οδηγία

97/33/ΕΚ, διατυπώνεται η αντίληψη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για τη διασύνδεση στον τηλεπικοινωνιακό τομέα, με στόχο την εξασφάλιση της παροχής της καθολικών υπηρεσιών και της διαλειτουργικότητας μέσω της εφαρμογής των αρχών της παροχής ανοικτού δικτύου (Open Network Provision - ONP).

### **3.3 Πολιτική τιμολόγησης υπηρεσιών FTTH στην Ευρώπη**

Η εφαρμογή μιας ρυθμιστικής πολιτικής (κανονισμού) εκ μέρους της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για το FTTH αποτελεί ένα σημαντικό ζήτημα για τους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους, προκειμένου να καθοριστεί ένα κατάλληλο ασφάλιστρο (προμήθεια) κινδύνου κατά την διαμόρφωση των τελών πρόσβασης των οπτικών ινών σε τιμές χονδρικής. Σε αυτό το πλαίσιο θα πρέπει να τονιστεί ότι πέρα από αυτή την προμήθεια, είναι απαραίτητη και μία δέσμευση από την πλευρά της Επιτροπής ότι αυτή η πριμοδότηση θα συνεχιστεί και στο μέλλον, έτσι ώστε να αποτελεί κίνητρο για επιχειρήσεις και οργανισμούς να επενδύσουν στις οπτικές ίνες. Οι προσδοκίες σε σχέση με τον τρόπο με τον οποίο οι κανονισμοί θα εφαρμοστούν στα δίκτυα επόμενης γενιάς (NGN-Next Generation Networks), έχουν σημαντικές επιπτώσεις για τις επιχειρήσεις εκείνες που ασχολούνται με την ανάπτυξη των οπτικών ινών. Οι Πάροχοι Υπηρεσιών Δικτύου που έχουν οριστεί από τις εκάστοτε Εθνικές Ρυθμιστικές Αρχές ως φορείς εκμετάλλευσης του δικτύου, πρέπει να παρέχουν πρόσβαση με ένα κοστολόγιο που να καθορίζεται τόσο με βάση το κόστος χρήσης του δικτύου όσο και με τις αποδόσεις που οι Πάροχοι αυτοί αναμένεται να κερδίσουν ως επενδυτές. Οι Ρυθμιστικές Αρχές προτιμούν να χρησιμοποιούν κοστολογικά πρότυπα όπως το Μακροπρόθεσμο Μέσο Επαυξητικό Κόστος (LRAIC - Long Run Average Incremental Cost) καθώς και το Μέσο Συνολικό Κόστος (ATC – Average Total Cost) που αναλύονται στη συνέχεια.

Προκειμένου να αξιολογηθεί το κατά πόσο ένας ανταγωνιστής με καταχρηστική τιμολογιακή συμπεριφορά θα αποκλειόταν από μια διαδικασία επιλογής παρόχων οπτικών δικτύων, εξετάζεται το κόστος και οι τιμές πώλησης και ιδιαίτερα, αν η επιχείρηση με δεσπόζουσα θέση προβαίνει σε πωλήσεις κάτω του κόστους. Ειδικότερα, αν η επιχείρηση με δεσπόζουσα θέση στην αγορά, πουλά κάτω από το μέσο αποτρεπτό κόστος (AAC - Average Avoidable Cost), σημαίνει ότι θυσιάζει βραχυχρόνια κέρδη και ότι ένας εξίσου αποτελεσματικός ανταγωνιστής δεν θα μπορούσε να εφοδιάζει τους συγκεκριμένους πελάτες, χωρίς να πραγματοποιεί ζημιές. Επίσης, αν η επιχείρηση με δεσπόζουσα θέση στην αγορά πουλά κάτω από το (συνήθως υψηλότερο) μακροπρόθεσμο μέσο επαυξητικό κόστος (LRAIC), σημαίνει ότι δεν καλύπτει το συνολικό πάγιο κόστος παραγωγής των υπό εξέταση προϊόντων/υπηρεσιών. Ένα μοντέλο LRIC χρησιμοποιείται συχνά στις τηλεπικοινωνίες για τον καθορισμό της τιμής που

καταβάλλεται από τους ανταγωνιστές για τις υπηρεσίες που παρέχονται από έναν φορέα εκμετάλλευσης με σημαντική ισχύ στην αγορά που είναι συνήθως το μονοπώλιο.

Οι Nitsche και Wiethaus ανέπτυξαν ένα απλό μοντέλο για την εκτίμηση των κινήτρων για επενδύσεις στα δίκτυα επόμενης γενιάς (NGN), στο πλαίσιο διαφορετικών ρυθμιστικών διατάξεων. Τα σημαντικότερα σημεία του μοντέλου αυτού, συνοψίζονται παρακάτω:

- Τα τέλη πρόσβασης ορίζονται σε Μακροπρόθεσμο Επαυξητικό Κόστος (LRIC), το οποίο αποτελεί μια μεθοδολογία κοστολόγησης για τον υπολογισμό του αποτελεσματικού κόστους που προκύπτει από την παραγωγή μιας συγκεκριμένης μακροπρόθεσμης αύξησης και βασίζεται στην υπόθεση ότι έχει προκύψει ήδη συγκεκριμένη παραγωγή. Ο όρος μακροπρόθεσμη αναφέρεται στο χρονικό ορίζοντα στον οποίον όλα τα κόστη (συμπεριλαμβανομένων των κεφαλαιουχικών δαπανών) θεωρούνται μεταβλητά.
- Τα τέλη πρόσβασης ορίζονται σε πλήρως κατανεμημένο κόστος (FDC). Μια δαπάνη που δεν θα προέκυπτε αν δεν εκτελεστεί μια συγκεκριμένη δραστηριότητα. Το κόστος αυτό αναφέρεται στο μεταβλητό κόστος που μπορεί να αποφευχθεί, σε αντίθεση με τα περισσότερα πάγια έξοδα, τα οποία είναι συνήθως αναπόφευκτα. Κάτι που σημαίνει ότι το κόστος επένδυσης είναι ανακτήσιμο από τα τέλη πρόσβασης, ανεξάρτητα από το εάν η επένδυση αποδεικνύεται επιτυχημένη.
- Υπάρχει επιμερισμός κινδύνου, κάτι που σημαίνει ότι τόσο ένας νεοεισερχόμενος στις τηλεπικοινωνίες οργανισμός όσο και ένας που κατέχει ήδη μία σημαντική ισχύ στην αγορά, μπορούν να επενδύσουν από κοινού στο δίκτυο για την μεγιστοποίηση του κέρδους τους.

### **3.4 Επιχειρησιακή μελέτη δικτύου FTTH**

Η ανάγκη να κρατηθούν χαμηλά τα κόστη των στοιχείων CAPEX και OPEX, οδηγεί τις επιχειρήσεις στη χρήση μεθοδολογιών για την κατασκευή επιχειρησιακού πλάνου για την ανάπτυξη ενός δικτύου FTTH. Ως επιχειρησιακό πλάνο ή επιχειρησιακή μελέτη (business case) ορίζεται η συλλογή των περιγραφικών και αναλυτικών πληροφοριών σχετικά με την επένδυση σε πόρους και οι δυνατότητες για την κατασκευή και συντήρηση ενός έργου. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη ενός έργου FTTH προσαρμόζει τον κύκλο του Deming στην τεχνοοικονομική αποτίμηση ενός επιχειρησιακού πλάνου (business case).



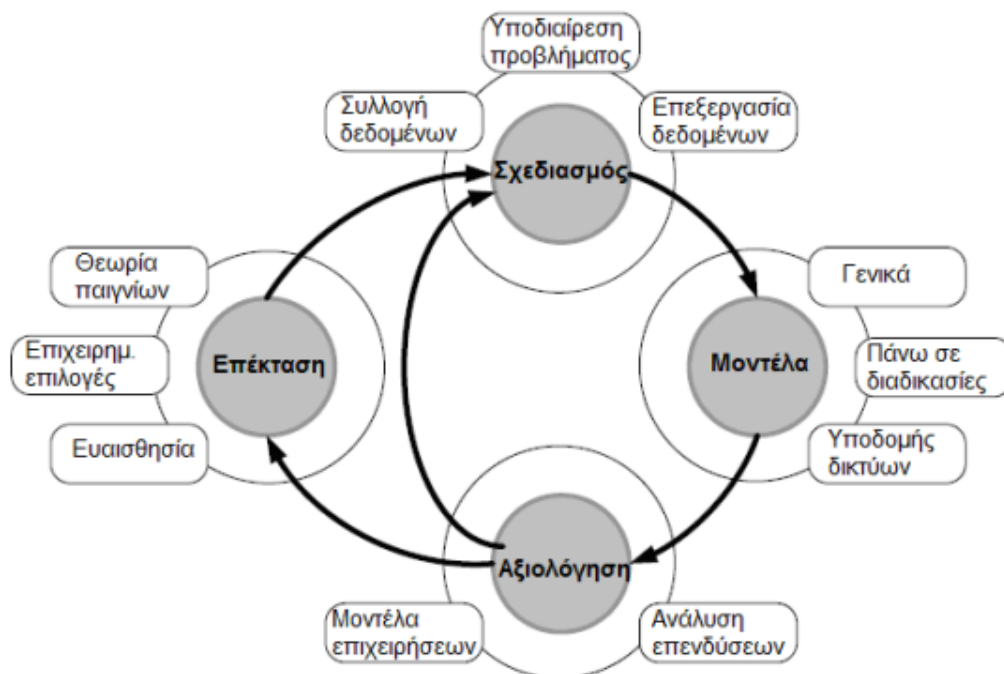
Εικόνα 28: Κύκλος του Deming

Βασίζεται κυρίως στον κύκλο πλάνο-ενέργεια-έλεγχος-δράση (PDCA Cycle – plan, do, check, act), που περιγράφηκε αρχικά από τον Shewhart και επεκτάθηκε από τον Deming. Η κυκλική φύση των προσεγγίσεων είναι σημαντική, διότι επιτρέπει τη σταδιακή βελτίωση των επιχειρησιακών πλάνων μέσω έρευνας. Κατά την ανάπτυξη των διάφορων επιχειρησιακών σχεδίων, γίνεται προσπάθεια να υπάρχει μεγάλη λεπτομέρεια σε κάθε κύκλο βελτίωσης. Ωστόσο, εστιάζουμε περισσότερο στα αποτελέσματα αυτών των σχεδίων, παρά τις διαδικασίες που γίνονται για να επιτευχθούν αυτά.

Ο κύκλος Deming αποτελείται από τέσσερις φάσεις: πλάνο (plan), ενέργεια (do), έλεγχος (check) και δράση (act). Στόχος είναι να αυξάνεται η ποιότητα της παραγωγικής διαδικασίας με αλλαγές πάνω σε αυτή. Ξεκινάει με ένα πλάνο/σχέδιο για κάποια αλλαγή και προχωράει στην υλοποίησή της. Στη φάση του ελέγχου τα αποτελέσματα της αλλαγής μετρώνται ώστε να φανεί αν υπάρχει βελτίωση. Τέλος, στο τελικό στάδιο οι δυνατότητες για βελτίωση εξάγονται και ανατροφοδοτούν τον κύκλο ώστε να υπάρχει ένας συνεχής κύκλος βελτίωσης του αρχικού επιχειρησιακού σχεδίου.

Το πλάνο (plan) συμπίπτει με τη φάση του σχεδιασμού ενώ η επόμενη φάση είναι η μοντελοποίηση, η οποία αναφέρεται στις απαραίτητες υλοποιήσεις των υπολογιστικών μοντέλων και συμπίπτει με τη φάση ενέργεια (do) του κύκλου Deming. Ο έλεγχος (check) από την άποψη των επιχειρησιακών πλάνων, περιλαμβάνει την τεχνοοικονομική αξιολόγηση. Στη φάση αυτή έχουμε είτε παραδοσιακές μεθόδους αξιολόγησης είτε προηγμένες μεθόδους (επέκταση). Σε πολλές περιπτώσεις οι παραδοσιακές μέθοδοι αξιολόγησης είναι επαρκείς για την εκτίμηση ενός επιχειρησιακού πλάνου κι έτσι ο κύκλος σταματάει σε αυτή τη φάση. Το

στάδιο της επέκτασης είναι αναγκαίο όταν θέλουμε βελτίωση του πλάνου. Τέλος, το στάδιο δράση (*act*) του κύκλου Deming θα μπορούσε να σχετιστεί με την αναφορά ή δημοσίευση των αποτελεσμάτων. Στο επόμενο σχήμα φαίνονται τα στάδια της μεθοδολογίας.



Εικόνα 29: Μεθοδολογία τεχνοοικονομικής μελέτης δικτύων FTTH

### 3.4.1 Φάση Σχεδιασμού (*plan*)

Ένα πλάνο περιέχει τον σκοπό του σχεδίου, ποια στοιχεία πρέπει να ληφθούν υπόψη και από που θα προέρχονται όλα τα δεδομένα εισόδου. Επιπλέον, το αρχικό πρόβλημα μπορεί να χωριστεί σε επιμέρους υποπροβλήματα. Επίσης, το σύνολο των δεδομένων χωρίζεται σε λογικά μέρη όπως χρόνια, υποπεριοχές κτλ. Τέλος, σε ένα προκαταρκτικό σχέδιο επεξεργασίας, κάποια τεράστια σύνολα δεδομένων σχετίζονται με υφιστάμενα μοντέλα. Τα μοντέλα αυτά δεν συνδέονται άμεσα με το κύριο πεδίο της έρευνας, αλλά λειτουργούν σαν είσοδος για την οικοδόμηση άλλων μεγαλύτερων επιχειρησιακών σχεδίων. Τέτοια παραδείγματα είναι η εισροή πελατών σε ένα δίκτυο και η κοστολογική εξέλιξη των εξοπλισμών που εγκαθίστανται.

Στη φάση αυτή επίσης, ορίζονται το επίπεδο λεπτομέρειας και ο χρονικός ορίζοντας σχεδιασμού του έργου. Υπάρχει συμβιβασμός μεταξύ του χρονικού ορίζοντα και του επιπέδου

εμπιστοσύνης του μοντέλου, αφού ένα μακροχρόνιο πλάνο σε ένα έργο μπορεί να οδηγήσει σε συσσωρευμένα λάθη και λιγότερο αξιόπιστα αποτελέσματα.



Εικόνα 30: Φάση σχεδιασμού

#### Α. Συλλογή δεδομένων εισόδου

Η συλλογή δεδομένων εισόδου και η ανάπτυξη του γνωστικού υπόβαθρου για τη μελέτη του επιχειρησιακού σχεδίου είναι δύσκολη εργασία. Διαθέσιμες πηγές δεδομένων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην έρευνα είναι οι εξής:

- Συζητήσεις με παρόχους εξοπλισμού και φορείς εκμετάλλευσης τηλεπικοινωνιών (telecom operators) στο πλαίσιο διάφορων ευρωπαϊκών και εθνικών ερευνητικών έργων.
- Πληροφορίες που υπάρχουν στη βιβλιογραφία από διάφορους συντάκτες στο πεδίο εφαρμογής τεχνοοικονομικής έρευνας.
- Πηγές πληροφοριών που είναι διαθέσιμες στο ευρύ κοινό (FTTH Council, IDATE, Point Topic, υπηρεσίες στατιστικών δεδομένων κτλ).

Τα δεδομένα εισόδου που μας ενδιαφέρουν για την ανάπτυξη ενός δικτύου FTTH αφορούν κυρίως τρεις κατηγορίες:

#### Περιοχή:

Σε μια μελέτη συνήθως επικεντρωνόμαστε σε στοιχεία που αφορούν μια δεδομένη περιοχή όπως:

- Γεωγραφικά, δημογραφικά, δημοσιονομικά στοιχεία: Περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά όπως ο τύπος της περιοχής (αγροτική, ημιαστική, αστική), η πυκνότητα πληθυσμού, το επίπεδο εκπαίδευσης των κατοίκων, το εισόδημά τους.
- Νομικά στοιχεία: απαραίτητες άδειες για εγκαταστάσεις, δικαιώματα ορθής χρήσης, ρύθμιση του ανταγωνισμού.
- Υποδομές: υπάρχοντα δίκτυα και εξοπλισμοί, επαναχρησιμοποίηση εγκαταστάσεων όπως στύλοι ή κτίρια.

#### Αγορά:

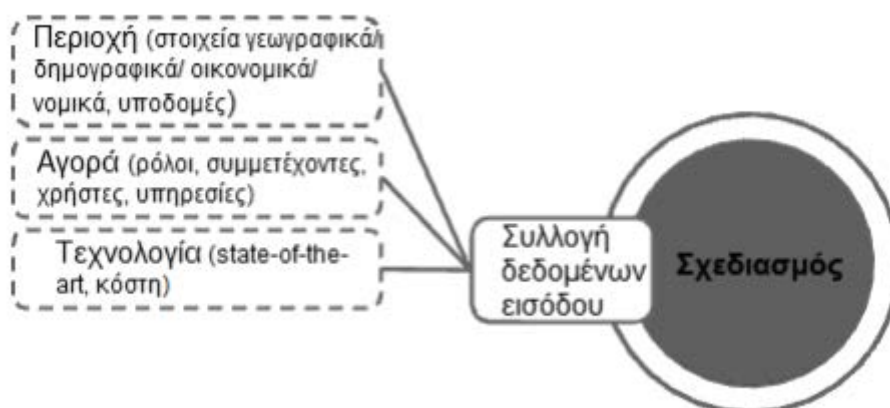
Μια άλλη κατηγορία δεδομένων εισόδου προέρχονται από την αγορά που πρόκειται να εξυπηρετηθεί και είναι:

- Ρόλοι: ποιες είναι ακριβώς οι ενέργειες που θα γίνουν (π.χ. κατασκευή δικτύου, συντήρηση, διαχείριση, αδειοδότηση, εξυπηρέτηση, εξωτερική διασύνδεση κτλ.).
- Συμμετέχοντες: ποιοι συμμετέχουν σε ένα τέτοιο δίκτυο (πελάτες, ενοικιαστές δικτύου, διαχειριστές δικτύου, πάροχοι περιεχομένου, κυβέρνηση, εθνικές κανονιστικές επιτροπές).
- Χρήστες: τι είδους χρήστες θα καλύπτει το δίκτυο (οικιακούς, εμπορικούς ή βιομηχανικούς).
- Υπηρεσίες: οι τύποι υπηρεσιών που μπορεί να παρέχει το δίκτυο (triple play, εύρος δεδομένων κτλ.).

#### Τεχνολογία:

Τέλος, μας απασχολούν δεδομένα που αφορούν την τεχνολογία των υποδομών:

- State-of-the-art: Πρόκειται για τα διαθέσιμα τεχνολογικά πρότυπα με τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους, τα εμπορικά προϊόντα προς εγκατάσταση και οι τεχνικές προδιαγραφές.
- Δαπάνες: είναι πο μορφές δαπανών για κάθε διαφορετική τεχνολογία (π.χ. κόστη εξοπλισμών, κόστη εγκαταστάσεων, λειτουργικά κόστη κτλ.).



Εικόνα 31: Συλλογή δεδομένων εισόδου

#### B. Υποδιαίρεση του αρχικού προβλήματος

Καθώς εισάγονται νέες πληροφορίες, το πρόβλημα αυξάνεται γρήγορα σε μέγεθος και πολυπλοκότητα. Είναι σαφές ότι όσο περισσότερη πληροφορία είναι διαθέσιμη, τόσο περισσότερο ρεαλιστική είναι η παρουσίαση του προβλήματος και πιο αξιόπιστη η βέλτιστη λύση που τελικά θα αντικατοπτρίσει και την πραγματική βελτίωση.

Στο στάδιο αυτό πρέπει να φιλτραριστούν δεδομένα ώστε να περιοριστεί ο χώρος αναζήτησης και κάποιες λύσεις να μπορούν να διερευνηθούν περαιτέρω. Ο κύριος λόγος που γίνονται αυτές οι αφαιρέσεις είναι η μείωση της πολυπλοκότητας στην κατανόηση, υλοποίηση και εκτέλεση των απαραίτητων υπολογισμών.

Υπάρχουν διάφορες τεχνικές για τη συγκέντρωση και το φιλτράρισμα των δεδομένων που περιέχονται σε μεγάλα σύνολα πληροφοριών. Σε πολύ μεγάλα σύνολα εφαρμόζονται τεχνικές ομαδοποίησης (clustering) κι ως επέκταση τεχνικές εξόρυξης πληροφοριών (data mining). Τέλος, χρησιμοποιούνται δεδομένα στατιστικών αναλύσεων όταν υπάρχουν περιορισμένες παράμετροι των πληροφοριών και επιλέγονται νέες μέσω λογικών θεωρήσεων. Παραδείγματα είναι ο υπολογισμός των μέσων οικονομικών αποδόσεων ανα χρήστη για μια εταιρεία τηλεπικοινωνιών με βάση πληροφορίες από όλες τις ευρωπαϊκές χώρες, η κατασκευή κατανομών των δαπανών για ειδικό εξοπλισμό που βασίζονται σε διαφορετικές τιμές καταλόγου.





Εικόνα 32: Υποδιαίρεση προβλήματος

Έχουμε τις εξής κατηγορίες δεδομένων εισόδου που μπορούν να διαχωριστούν:

Περιοχές:

Είναι πρακτικά αδύνατο να αναπτυχθεί ένα δίκτυο σε ολόκληρη την περιοχή απευθείας (π.χ. σε επίπεδο πόλης ή χώρας) λόγω:

- Πρακτικών περιορισμών (περιορισμοί χρόνου και εργατικού δυναμικού)
- Νομικών περιορισμών

Έτσι, πρέπει να γίνει προσεκτική επιλογή της σειράς των περιοχών όπου γίνεται η ανάπτυξη του δικτύου αλλά και της ταχύτητας ανάπτυξης. Η ομαδοποίηση των περιοχών γίνεται βάσει των εξής παραγόντων:

- Απόσταση
- Δυναμικό αγοράς:
  - ✓ Τύπος κτιρίων (μονοκατοικίες, πολυκατοικίες)
  - ✓ Πυκνότητα χρηστών (αγροτικές/αστικές περιοχές κτλ.)
  - ✓ Κοινωνική θέση
  - ✓ Βαθμός απασχόλησης
  - ✓ Οικιστική και εμπορική πυκνότητα
- Βέλτιστη αξιοποίηση εξοπλισμού (π.χ. θέση κεντρικού γραφείου (CO), καμπινών, οπτικών ινών κτλ.)

Χρήστες/Υπηρεσίες:

Μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τους τύπους χρηστών σε ένα δίκτυο FTTH ως εξής:

- Οικιακοί ή βιομηχανικοί
- Συχνοί ή περιστασιακοί

Αντίστοιχα για τους τύπους υπηρεσιών:

- Δεδομένα (data) ή triple play
- Ακίνητες (fixed), κινητές (mobile), νομαδικές (nomadic)

Συμμετέχοντες:

Όσον αφορά τους συμμετέχοντες σε ένα έργο υποδομών δικτύων, θέλουμε να αξιολογήσουμε τη διαδικασία σχεδιασμού του πλάνου από την οπτική πλευρά ενός συμμετέχοντα (π.χ. από την πλευρά του κατασκευαστή και διαχειριστή του εξωτερικού μέρους του δικτύου).

Τεχνολογίες:

Πρέπει να γίνουν επιλογές για τις τεχνολογίες που θα εξεταστούν στην ανάλυση. Αυτό εξάρταται από τους συμμετέχοντες στην εγκατάσταση (π.χ. επαναχρησιμοποίηση διαθέσιμων υποδομών), την περιοχή εγκατάστασης, τη μελλοντική κατεύθυνση των τεχνολογιών κτλ.

Δαπάνες/Εσοδα:

Μια λογική διάκριση που μπορεί να γίνει για τα κόστη σε ένα δίκτυο είναι:

- Δαπάνες για κάποιο τμήμα του κύκλου ζωής (έξοδα εγκατάστασης, λειτουργίας και αποσυναρμολόγησης δικτύου).
- CAPEX (κεφαλαιουχικές δαπάνες) και OPEX (λειτουργικές δαπάνες). Με τη σειρά τους οι δύο τύποι δαπανών χωρίζονται σε:
  - ✓ Δαπάνες εξοπλισμού (CAPEX: γη, κτίρια, παθητικές συσκευές, εξοπλισμός, OPEX: κατανάλωση ενέργειας)
  - ✓ Δαπάνες δραστηριοτήτων (CAPEX: εγκατάσταση δικτύου, OPEX: συντήρηση, επιδιόρθωση).

Μια επιπλέον διάκριση που μπορεί να γίνει για τα κόστη αλλά και τα έσοδα σε ένα δίκτυο είναι αν είναι άμεσα ή έμμεσα, τα οποία διακρίνονται ως εξής:

- Άμεσα κόστη (εξοπλισμοί, δραστηριότητες, κόστη παροχής ενέργειας)
- Έμμεσα κόστη (περιβαλλοντικές συνέπειες, αντίκτυπο στην απασχόληση)

Και

- Άμεσα έσοδα (συνδρομές)
- Έμμεσα έσοδα (όφελος για την κοινωνία)

Μια πιο λεπτομερής προσέγγιση μπορεί να γίνει αφού αποφασιστεί η τεχνολογία, χρησιμοποιώντας μια υψηλού επιπέδου επισκόπηση του προβλήματος ανάπτυξης, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα. Σκοπός είναι να επικεντρωθούμε στα πιο σημαντικά μέρη με ένα βήμα επιλογής και προτεραιότητας. Με αυτό τον τρόπο εστιάζουμε στη μοντελοποίηση του κόστους και εσόδων βάσει των σημαντικότερων παραγόντων.



Εικόνα 33: Ταξινόμηση των εκτιμήσεων για το κόστος ανάπτυξης ενός δικτύου FTTH

### Γ. Επεξεργασία δεδομένων

Αποτελεί το τελικό βήμα για την προετοιμασία των πληροφοριών εισόδου για την επιχειρησιακή μελέτη. Σε αυτή τη φάση επεξεργάζονται οι πληροφορίες εισόδου με λογικά μοντέλα εισόδου ώστε να γίνουν περαιτέρω υπολογισμοί. Για παράδειγμα, δεδομένα εισόδου όπως προτιμήσεις πελατών και δυναμική της αγοράς ομαδοποιούνται από μοντέλα υιοθέτησης πελατών (μοντέλα Bass, Gompertz). Επίσης, ορίζονται τα εταιρικά μοντέλα στα οποία θα

βασίζεται το έργο και τέλος γίνονται κάποια τεχνικά σχέδια όσον αφορά τις υποδομές που θα χρειαστούν.

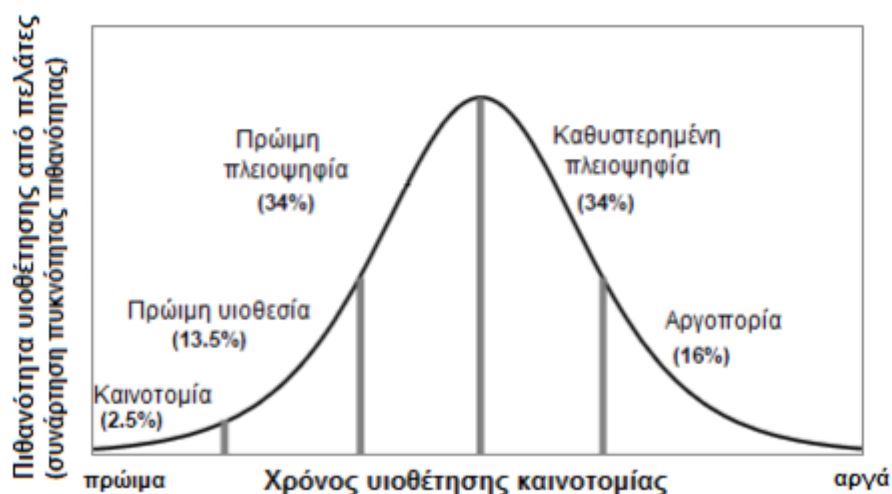


Εικόνα 34: Επεξεργασία δεδομένων

Τα βήματα σε αυτή τη φάση είναι τα εξής:

Διείσδυση έργου:

Οι πελάτες είναι από τα βασικότερα σημεία που εστιάζει μια μελέτη κι έτσι η εκτίμηση της διείσδυσης που θα έχει το έργο σε αυτούς (customer adaption) είναι ίσως η πιο σημαντική είσοδος στο επιχειρησιακό πλάνο. Η διείσδυση πελατών σε ένα έργο κατηγοριοποιείται σε πέντε διακριτές κλάσεις: καινοτομία, πρόωμη υιοθεσία, πρόωμη πλειοψηφία, καθυστερημένη μειοψηφία και αργοπορία.



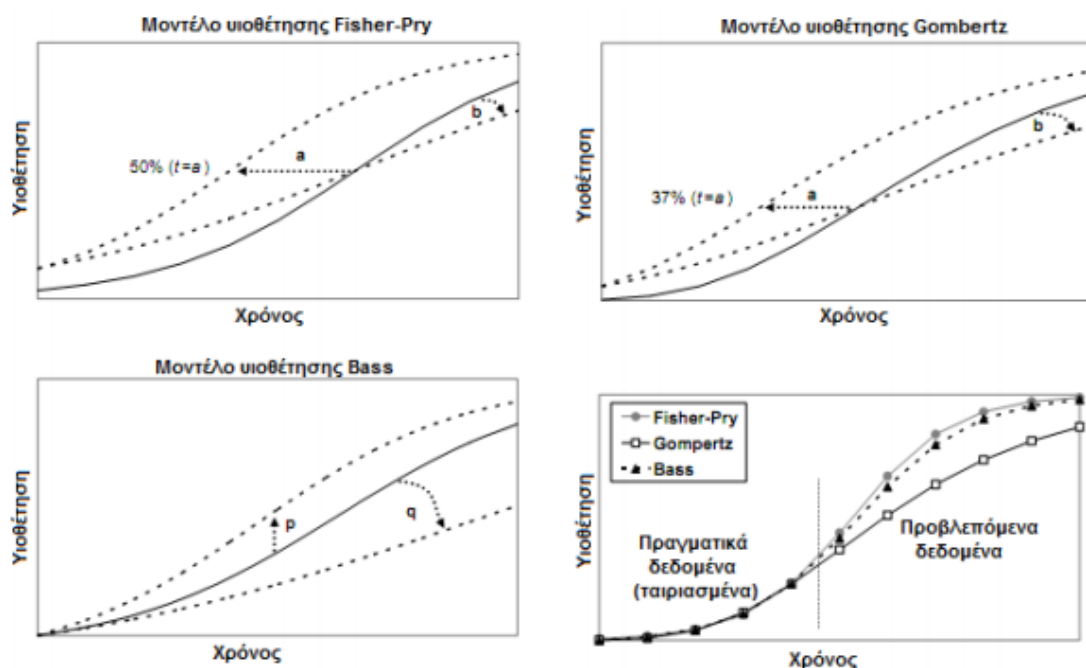
Εικόνα 35: Διανομή για την υιοθέτηση από τους πελάτες σε 5 κλάσεις

Η παραπάνω καμπύλη συνδυάζεται με το χρονοδιάγραμμα που χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη των πωλήσεων καθώς μπορεί να εκτιμηθεί η διείσδυση των πελατών σε μια υπηρεσία ή τεχνολογία. Τα μοντέλα που αναπτύσσονται για όλα τα μοντέλα διείσδυσης χρησιμοποιούν όλα τον ίδιο σχηματισμό S καμπύλης, έχοντας διαφορά στο μαθηματικό τύπο τους. Η υλικοτεχνική καμπύλη που χρησιμοποιείται στην κατανομή Rogers και έχει τον απλούστερο μαθηματικό τύπο είναι η εξής:

$$S(t) = \frac{1}{1 + e^{-t}}$$

όπου S (t) οι αθροιστικές πωλήσεις μέχρι το χρονικό σημείο t.

Στην επόμενη εικόνα παρουσιάζονται μοντέλα υιοθέτησης πελατών, τα οποία μπορούν να είναι είσοδοι σε μια επιχειρησιακή μελέτη. Όλα ακολουθούν τη διείσδυση πελατών (καμπύλη S) σε συνάρτηση με τον χρόνο. Όλες οι καμπύλες υιοθέτησης έχουν μια παράμετρο υπεύθυνη για την κλίμακα της καμπύλης (άξονας y), που ονομάζεται δυναμικό αγοράς (market potential) και συμβολίζεται m. Το δυναμικό αγοράς είναι η υψηλότερη διείσδυση που μπορεί να φτάσει μια καινοτομία. Επίσης, όλες οι καμπύλες διείσδυσης μπορούν να ολισθήσουν ή να επεκταθούν χρονικά (στον άξονα x).



Εικόνα 36: Μοντέλα υιοθέτησης

Κάποια γνωστά μοντέλα υιοθέτησης είναι τα εξής:

Μοντέλο υιοθέτησης Gombertz:

Βασίζεται σε μια γενική μαθηματική καμπύλη όπως περιγράφεται από τη σχέση:

$$S(t) = m e^{-e^{-b(t-a)}}$$

Είναι κατάλληλη για την πρόβλεψη διείσδυσης πελατών. Στο προηγούμενο σχήμα φαίνεται πως μεταβάλλεται καθώς μειώνονται οι δύο παράμετροί της. Η παράμετρος  $a$  είναι το σημείο καμπής της καμπύλης υιοθέτησης (περίπου 37%) και η  $b$  ο ρυθμός υιοθέτησης της καμπύλης. Όσο υψηλότερο το  $b$ , τόσο ταχύτερα συμβαίνει υιοθέτηση με  $b \in [0, \infty]$ . Ρεαλιστικές τιμές για το  $b$  είναι  $[0.3, 0.4]$  για ευρυζωνικές προσβάσεις.

Μοντέλο υιοθέτησης Bass:

Σε αντίθεση με το προηγούμενο μοντέλο, το μοντέλο Bass ξεκινάει από δύο ξεχωριστές κλάσεις υιοθεσίας: την καινοτομία, όπου οι πελάτες αρχικά υιοθετούν κάποιο έργο χωρίς να επηρεάζονται από άλλους και τη μίμηση, όπου μαθαίνουν από προηγούμενους πελάτες. Ο συνολικός αριθμός των πελατών που υιοθετούν την καινοτομία είναι μια καμπύλη  $S$  σχήματος και δίνεται από τη σχέση:

$$S(t) = m \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}}$$

Όλοι οι πελάτες που υιοθετούν, εκτός από αυτούς που ανήκουν στην κλάση καινοτομία (innovators), θα ανήκουν στην κλάση μίμηση (imitators). Εδώ, το μέγεθος των διάφορων κλάσεων δεν ορίζεται από σταθερά ποσοστά. Στην προηγούμενη εικόνα, φαίνεται πως η καμπύλη επηρεάζεται από αλλαγές στις παραμέτρους (αύξηση της  $p$  και μείωση της  $q$ ).

Η παράμετρος  $p$  είναι η επιρροή των καινοτόμων πελατών στην υιοθέτηση με  $p \in [0, \infty]$ . Ένα μεγάλο  $p$  θα οδηγήσει σε ταχύτερη υιοθέτηση ειδικά στην αρχική φάση. Όταν δεν υπάρχει συνδυασμός του παράγοντα μίμησης, ο παράγοντας καινοτομίας οδηγεί σε ένα ίσο κλάσμα για την υιοθέτηση από το υπόλοιπο δυναμικό αγοράς κάθε χρόνο. Ρεαλιστικές τιμές για την παράμετρο  $p$  είναι στο διάστημα  $[0.005, 0.03]$ . Η παράμετρος  $q$  είναι η επιρροή των «μιμητών» πελατών στην υιοθέτηση. Ένα μεγαλύτερο  $q \in [0, \infty]$ , θα οδηγήσει σε ταχύτερη υιοθέτηση. Δεδομένου ότι η μίμηση εξαρτάται από την υπάρχουσα υιοθέτηση, με  $p=0$ , δηλαδή καθόλου

καινοτόμοι πελάτες, δεν θα υπάρξει υιοθεσία, ανεξαρτήτως  $q$ . Ρεαλιστικές τιμές για την παράμετρο  $q$  είναι στην περιοχή  $[0.3, 0.6]$  για ευρυζωνικές προσβάσεις.

Σε όλα τα μοντέλα, η ακριβής μαθηματική διατύπωση θέτει έναν περιορισμό όσον αφορά το πόσο ένα μοντέλο μπορεί να προσεγγίσει τα πραγματικά δεδομένα και ειδικά πόσο αξιόπιστα μπορεί να προβλέψει τη διείσδυση σε μεταγενέστερο στάδιο. Ουσιαστικά, οι πληροφορίες που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των παραμέτρων των μοντέλων μπορούν να αποκτηθούν με δύο τρόπους:

- Συνδυασμός των μαθηματικών μοντέλων σε υπάρχοντα πραγματικά δεδομένα. Αυτό απαιτεί επαρκή δεδομένα, άρα και υπάρχουσα καταναλωτική βάση. Για παράδειγμα, στα FTTH δίκτυα, και ειδικά σε PON και AON δίκτυα που δεν γνωρίζουμε σε μεγάλο βαθμό τη βάση των πελατών από την αρχή του έργου, είναι δύσκολο να γίνει αξιόπιστος συνδυασμός.
- Εξαγωγή συμπερασμάτων από υπάρχουσες συγκρίσιμες τεχνολογίες. Στην περίπτωση του FTTH, μπορούμε να πάρουμε πληροφορίες από υιοθετήσεις σε γενικά έργα τηλεπικοινωνιών και ευρυζωνικών υποδομών. Έτσι, για ένα έργο FTTH μπορούμε για παράδειγμα να δούμε πως ήταν η υιοθέτηση ενός δικτύου VDSL ή υπηρεσιών όπως IPTV για να καταλήξουμε σε επιθυμητές πληροφορίες.

#### Εταιρικά μοντέλα:

Ένα ακόμα στάδιο της τελικής επεξεργασίας των δεδομένων εισόδου στη φάση του σχεδιασμού είναι ο καθορισμός κάποιων εταιρικών μοντέλων όσον αφορά τη διοίκηση του έργου προς υλοποίηση. Έτσι, έχουμε τους παρακάτω τύπους εταιρικών ή επιχειρησιακών μοντέλων (business models):

- Μοντέλο έμμεσα εμπλεκομένων (third party model): Τον κύριο ρόλο στο έργο έχει ένας πελάτης με το σύνολο των ρόλων να αναλαμβάνονται από εξωτερικές εταιρείες.
- Μοντέλο ενοποίησης (integrator model): Ένας συμμετέχοντας (integrator) καθοδηγεί το έργο. Για παράδειγμα, ένας πάροχος εξοπλισμού που αναλαμβάνει να κατασκευάσει το δίκτυο για έναν διαχειριστή δικτύου.
- Μοντέλο κοινοπραξίας (consortium model): Στο μοντέλο αυτό υπάρχει μια κοινοπραξία από συμμετέχοντες, οι οποίοι αναλαμβάνουν τη διοίκηση του έργου και έχουν ο καθένας ρόλο στο έργο.

Τέλος, σε ένα εταιρικό μοντέλο μπορούν να πραγματοποιούνται αλλαγές είτε με νέες συμμετοχές είτε με τροποποιήσεις των ρόλων.

#### Τεχνικά σχέδια:

Ένα τελευταίο βήμα στη φάση σχεδιασμού για την επιχειρησιακή μελέτη είναι η σύνταξη των τεχνικών σχεδίων που αφορούν μια δικτυακή υποδομή οπτικών ινών. Τα σχέδια αυτά περιλαμβάνουν τεχνικές πληροφορίες και προδιαγραφές για το έργο. Επίσης, πρέπει να συμπεριλαμβάνονται όλες οι απαιτήσεις σε διαθέσιμο εύρος ζώνης καθώς και το εύρος των υπηρεσιών που θα καλύπτει το νέο δίκτυο πρόσβασης.

#### 3.4.2 Φάση Μοντελοποίησης

Η φάση μοντελοποίησης ακολουθεί τη φάση σχεδιασμού και είναι απαραίτητη για τον ακριβή προσδιορισμό των δαπανών αλλά και των εσόδων του έργου. Υπάρχουν δύο προσεγγίσεις, η top – down και η bottom – up. Τόσο η προσέγγιση της μοντελοποίησης όσο και το επίπεδο λεπτόμερεις, επηρεάζονται από τη διαθεσιμότητα των δεδομένων. Λεπτομερείς πληροφορίες για το ανθρώπινο δυναμικό, το χρονοδιάγραμμα των εργασιών κτλ επιτρέπουν πιο εξειδικευμένη μοντελοποίηση, αν και δεν είναι απαραίτητο να έχουν μεγάλο βαθμό λεπτόμερειας όλες οι συνιστώσες. Η καλύτερη στρατηγική επικεντρώνεται αρχικά στην ακριβή μοντελοποίηση των στοιχείων που έχουν το μεγαλύτερο κόστος κι επομένως μεγαλύτερο αντίκτυπο στην κοστολόγηση του έργου. Επειδή είναι δύσκολο να καθοριστεί εκ των προτέρων ποιες είναι οι σημαντικότερες συνιστώσες του κόστους, συνήθως χρησιμοποιούνται εμπειρικές και θεωρητικές προβλέψεις. Η επαναληπτική προσέγγιση με μικρά βήματα βοηθάει στην προσαρμογή των μοντέλων και την απόκτηση εμπειρίας.

##### A. Top – down

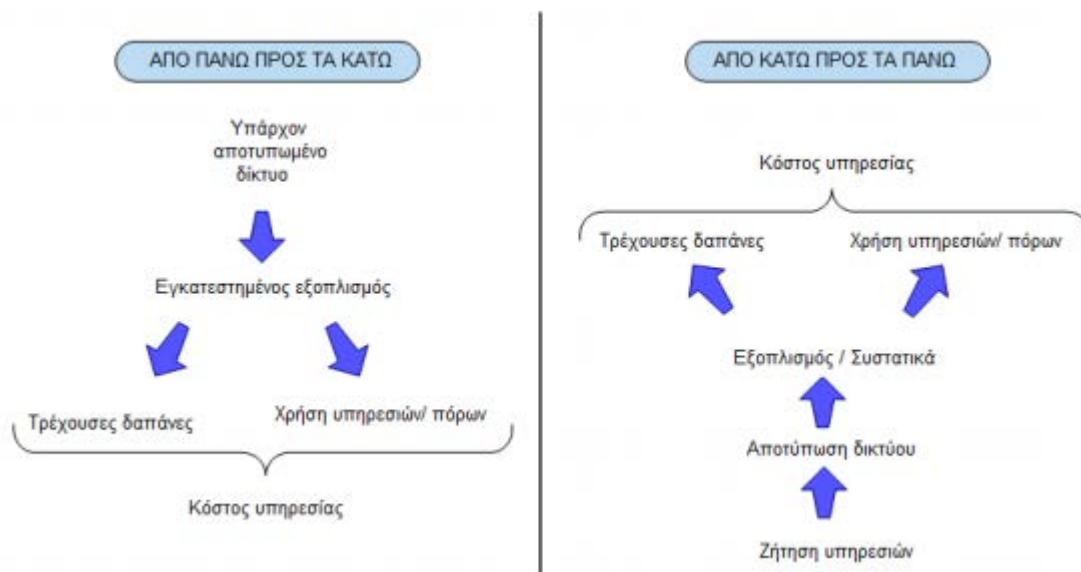
Η προσέγγιση top - down ξεκινά από την υπάρχουσα υποδομή του δικτύου. Σε αυτή την περίπτωση, η πραγματική αποτύπωση του δικτύου είναι αποτέλεσμα διακύμανσεων της τρέχουσας και της παλαιότερης ζήτησης, όπως ο αυξανόμενος αριθμός πελατών και κίνησης για διάφορες υπηρεσίες αλλά και η φθίνουσα ζήτηση υπηρεσιών για άλλες υπηρεσίες (π.χ.



σταθερές τηλεφωνικές γραμμές). Το κόστος του υφιστάμενου εξοπλισμού επιμερίζεται με τα στοιχεία που απαιτούνται για την παροχή της υπηρεσίας μέσω της χρήσης οδηγών κόστους (cost drivers), για τους οποίους απαιτείται ακριβής προσδιορισμός. Δύο σημαντικές βάσεις κόστους μπορούν να διακριθούν, η ιστορική λογιστική κόστους (historical cost accounting - HCA), που χρησιμοποιεί τα κόστη απόκτησης περυσιακών στοιχείων ως λογιστική αξία, λαμβάνοντας υπόψη τις αποσβέσεις και η τρέχουσα λογιστική κόστους (current cost accounting – CCA), που κοστολογεί τα περυσιακά στοιχεία βάσει των τωρινών τιμών της αγοράς. Αυτή η βάση κόστους αντιπροσωπεύει τα κόστη αντικατάστασης των πόρων, για παράδειγμα πόσο θα κοστίζει σήμερα η αγορά τους. Ωστόσο, ως αποτέλεσμα της συνεχούς τεχνολογικής εξέλιξης, δεν είναι πάντα εφικτό να βρεθεί ίδιος εξοπλισμός στην αγορά με αυτόν που είχε εγκατασταθεί παλαιότερα στο δίκτυο. Μια πιθανή λύση στο πρόβλημα δίνεται με τη μοντέρνα ισοδύναμη βάση κόστους πόρων (modern equivalent asset), όπου τα κόστη εξοπλισμών αποτιμώνται με το κόστος νέων τεχνολογιών, προσφέροντας παρόμοια λειτουργικότητα με τους ήδη εγκατεστημένους.

#### B. Bottom - up

Η προσέγγιση bottom – up απαιτεί ως εναρκτήριο σημείο τη ζήτηση για υπηρεσίες. Το δίκτυο αποτυπώνεται με τέτοιο τρόπο που να είναι ιδανικό για την τρέχουσα κατάσταση, δηλαδή να μπορεί να εξυπηρετήσει όλους τους πελάτες για τις ζητούμενες υπηρεσίες σε προτεινόμενη ποιότητα. Τα κόστη υπηρεσιών προσδιορίζονται σύμφωνα με τους απαιτούμενους εξοπλισμούς και τη χρήση τους. Η συγκεκριμένη προσέγγιση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό δαπανών όταν σχεδιάζεται μια νέα αρχιτεκτονική δικτύου όπως και σε συγκρίσεις δαπανών σε ένα υπάρχον δίκτυο, λαμβάνοντας υπόψη βέλτιστες αρχιτεκτονικές που παρέχουν τις ίδιες υπηρεσίες. Οι ιδιότητες και οι πόροι μιας εταιρείας αξιολογούνται με βάση το μελλοντικά προσανατολισμένο κόστος (forward looking cost).



Εικόνα 37: Προσεγγίσεις μοντελοποίησης δαπανών

### Γ. Επίπεδο λεπτομέρειας στη μοντελοποίηση

Μια άλλη κατηγοριοποίηση των μοντέλων βασίζεται στο επίπεδο λεπτομέρειας. Συγκεκριμένα, έχουμε τα εξής μοντέλα:

- Γενικά μοντέλα:
  - Αναλογικά μοντέλα (proportional).
  - Οδηγούμενα μοντέλα (driver based).
- Ειδικά μοντέλα (dedicated):
  - Βασιζόμενα σε διαδικασίες (process based).
  - Μοντέλα ανάπτυξης υποδομών (dimensioning).

Ένα τεχνοοικονομικό μοντέλο μπορεί να περιέχει διαφορετικούς τύπους μοντέλων που συνδυάζονται σε ένα μεγαλύτερο και πιο ολοκληρωμένο μοντέλο.



Εικόνα 38: Φάση μοντελοποίησης δαπανών

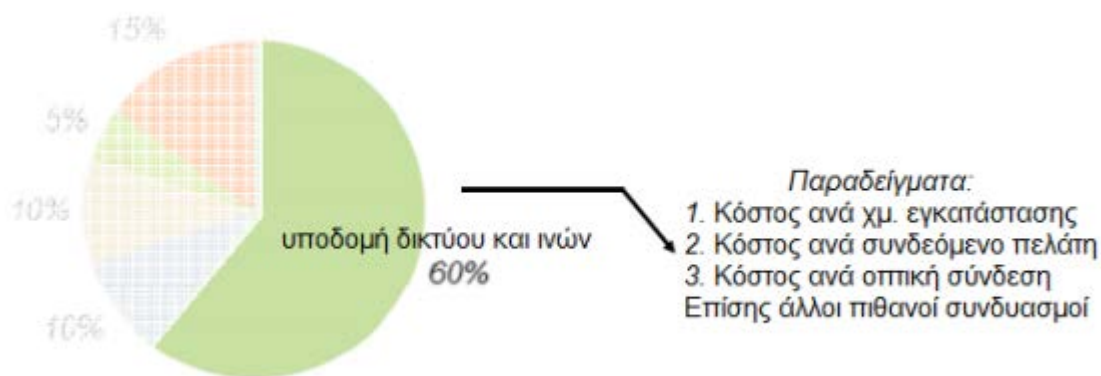
Στα αναλογικά ή κλασματικά (*fractional*) μοντέλα, μικρές συνιστώσες του κόστους εκφράζονται σε σχέση με μεγαλύτερες. Τα κόστη για τη συντήρηση και αντικατάσταση ηλεκτρονικού εξοπλισμού μοντελοποιούνται συνήθως με αυτό τον τρόπο. Για παράδειγμα, τα κόστη μοντελοποιούνται ως το 20% της αρχικής επένδυσης (ανά έτος) για τον πραγματικό εξοπλισμό. Επίσης, τα κόστη που δεν είναι άμεσα με την τηλεπικοινωνιακή εταιρεία (διαχείριση, συντήρηση κτιρίων, πάγια έξοδα κτλ.), κόστη τιμολόγησης και χρέωσης, εργασίες σύνδεσης πελάτη. Στα μοντέλα αυτά δεν υπάρχουν πληροφορίες για την πηγή του κόστους και πως πρόκειται να εξελιχθεί, για αυτό και δεν είναι κατάλληλα για μεγαλύτερους παράγοντες κόστους, ειδικά όταν υπάρχουν σημαντικές διαφορές ως προς το κόστος μεταξύ εναλλακτικών τεχνολογιών, περιοχών κτλ. Τα μοντέλα αυτά ακολουθούν την προσέγγιση top – down, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα.



Εικόνα 39: Προσέγγιση top – down για αναλογικά μοντέλα

Στα οδηγούμενα μοντέλα χρησιμοποιούμε ένα ή κάποιο μικρό μέγεθος από «οδηγούς» που μοντελοποιούν και κάνουν υπολογισμούς σε ένα μέρος του δικτύου. Ένα οδηγούμενο μοντέλο είναι ουσιαστικά μια συνάρτηση που δέχεται ένα μικρό μέγεθος από παραμέτρους-οδηγούς και υπολογίζει μέσω αυτών το κόστος στοιχείων. Επιπλέον παράμετροι μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο μοντέλο. Για παράδειγμα, το κόστος στο τηλεφωνικό κέντρο και το κέντρο εξυπηρέτησης πελατών σε αυτό το μοντέλο σχετίζονται με το πλήθος των πελατών, που είναι ο οδηγός-παράμετρος για το κόστος. Με υπολογισμούς και στατιστικά στοιχεία μπορούν να βρεθούν στοιχεία όπως οι κλήσεις ανά έτος και το κόστος για την εξυπηρέτηση χρηστών. Έτσι, μπορούν να βρεθούν τα κόστη για το έργο. Μπορούμε να έχουμε πιο λεπτομερή μοντέλα με δύο οδηγούς.

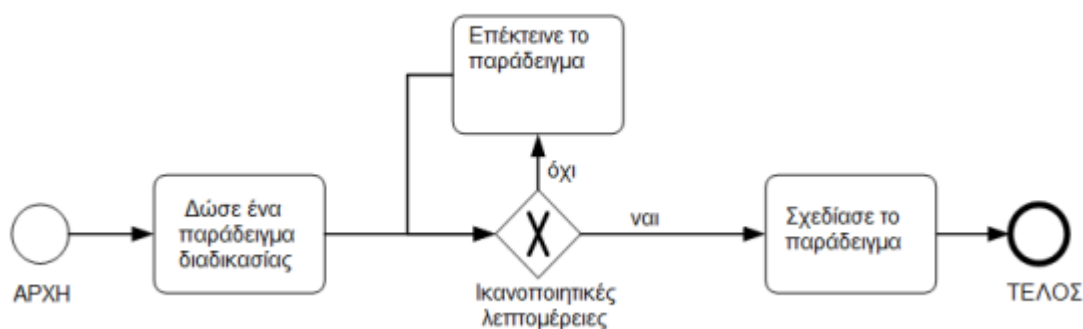
Τα οδηγούμενα μοντέλα μοιάζουν με άλλους τύπους μοντέλων τροποποιώντας κάθε φορά τους οδηγούς και τη συνάρτηση. Έτσι, συγχέονται με τα αναλογικά μοντέλα όταν ο οδηγός σχετίζεται με το κόστος κάποιας άλλης συνιστώσας του κόστους και με τα ειδικά μοντέλα, όταν υπάρχει μεγαλύτερη πολυπλοκότητα στη συνάρτηση και περισσότεροι οδηγοί. Αν και τα οδηγούμενα μοντέλα μπορούν να αναπαραστήσουν τα ειδικά μοντέλα, υπάρχει διαφορά στη λογική δομή και την προσέγγιση της λύσης. Τα οδηγούμενα μοντέλα μπορούν να ανολοκληθούν τόσο την top – down όσο και την bottom – up προσέγγιση.



Εικόνα 40: Προσέγγιση top – down για οδηγούμενα μοντέλα

Στην bottom – up προσέγγιση, στόχος είναι να εκτιμήσουμε το κόστος χρησιμοποιώντας απλούς τύπους. Για παράδειγμα, το κόστος για το εξωτερικό δίκτυο είναι το άθροισμα των καλωδιώσεων μέχρι τον πελάτη, των οπτικών συνδέσεων και των εξοπλισμών του δικτύου.

Τα *βασισόμενα σε διαδικασίες μοντέλα* είναι μια εξειδικευμένη προσέγγιση που μοντελοποιεί τα κόστη μέσω επαναληπτικών εκτελέσεων μιας διαδικασίας. Αρχικά, εντοπίζεται και τεκμηριώνεται η διαδικασία που θα εκτελεστεί. Υπάρχουν πολλοί τύποι παραδειγμάτων μοντελοποίησης, γλωσσών και γραφικών αναπαραστάσεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αυτό το έργο. Ένας αρκετά συνηθισμένος τρόπος είναι η προσέγγιση της μοντελοποίησης με χρήση διαγράμματος ροής, καθώς επιτρέπει επαρκώς λεπτομερή τεκμηρίωση και είναι κατανοητή. Ένα πρότυπο αναπαράστασης είναι το BPMN (Business Process Modeling Notation) και μια αντίστοιχη γλώσσα η XPDLL (XML Process Definition Language).



Εικόνα 41: Μοντελοποίηση με διάγραμμα ροής

Μόλις η διαδικασία είναι απόλυτα τεκμηριωμένη, το κόστος για την εκτέλεσή της εκτιμάται χρησιμοποιώντας για παράδειγμα κοστολόγηση βάσει δραστηριοτήτων. Έτσι, σε ένα διάγραμμα ροής, στα ορθογώνια σχήματα θα έχουμε τις διάφορες εργασίες που ανατίθενται σε πρόσωπα ή ομάδες και οι κόμβοι θα αναπαριστούν τη διάσπαση στις εκτελέσεις των επόμενων βημάτων. Ορίζοντας ένα κόστος για την εκτέλεση μιας εργασίας ή πόρους (όπως χρόνος και εργαλεία) που καταναλώνονται, μπορούμε με αναλυτικά μοντέλα να εκτιμήσουμε το συνολικό κόστος εκτέλεσης της διαδικασίας.

Αναλυτικότερες πληροφορίες στις τεκμηριωμένες διαδικασίες σε συνδυασμό με προσεγγίσεις σύνθετων υπολογισμών και προσομοιώσεων επιτρέπουν κάτι περισσότερο από απλώς μια εκτίμηση του κόστους. Ανάλογα με τις πρόσθετες πληροφορίες, μπορεί να επιτραπεί συντονισμός σημείων συμφόρησης και αδιεξόδων, υπολογισμός βέλτιστων κανόνων χρονοδιαγραμμάτων κτλ. Το e TOM (enhanced Telecom Operations Map) είναι ένα πλαίσιο επιχειρηματικών διαδικασιών, που αναπτύχθηκε από την TMF (TeleManagement Forum) και περιγράφει διάφορες επιχειρησιακές διαδικασίες και υποδιαδικασίες που ομαδοποιούνται σε τρεις «επιπέδου 0» διαδικασίες:

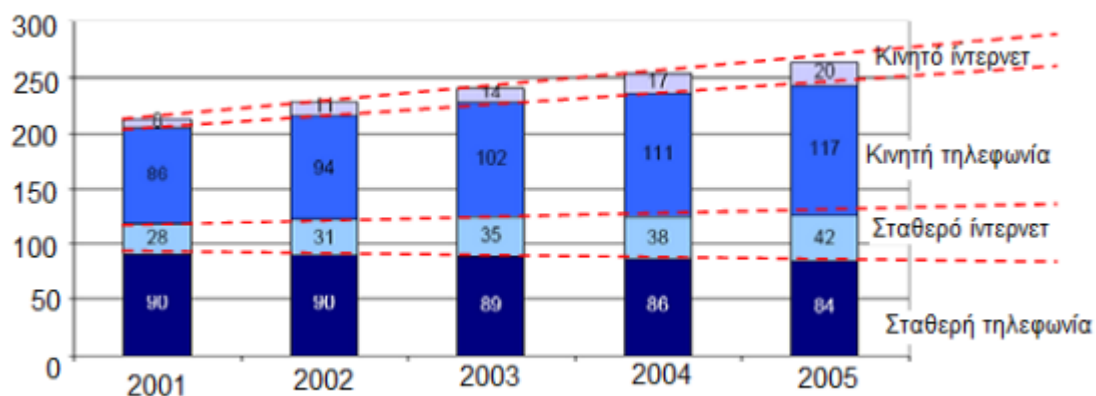
- Στρατηγική, υποδομές και προϊόν, που καλύπτουν τον σχεδιασμό και τη διαχείριση του κύκλου ζωής.
- Λειτουργίες, που είναι ο πυρήνας των λειτουργικών διαχειρίσεων
- Διαχείριση επιχειρήσεων, που καλύπτει την εταιρική διαχείριση υποστήριξης.



Εικόνα 42: Κατάλογος υλικών

Δ. Μοντελοποίηση εσόδων

Όπως τα κόστη, έτσι και τα έσοδα σε ένα επιχειρησιακό πλάνο μπορούν να μοντελοποιηθούν με τις ίδιες προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται για τα κόστη. Έτσι, μπορούμε να έχουμε top-down προσέγγιση με μοντελοποίηση των εσόδων με αναλογικό τρόπο όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 43: Χρήση top-down προσέγγισης και αναλογική μοντελοποίηση

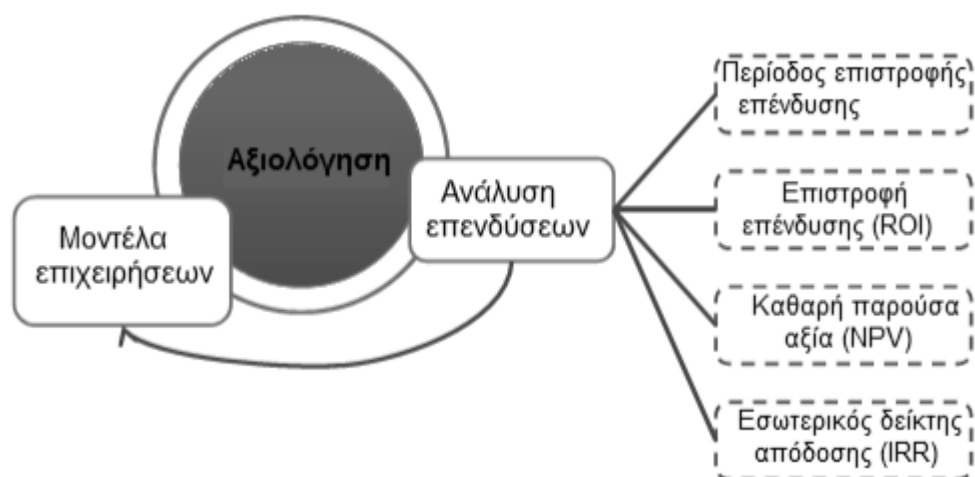
Επίσης, μπορούμε κι εδώ να έχουμε οδηγούμενα μοντέλα εσόδων που να ακολουθούν την top-down προσέγγιση. Σε αυτά τα μοντέλα παράγοντες που μοντελοποιούν τα έσοδα είναι ο μέσος όρος των εσόδων για κάποια υπηρεσία, ο μέρος όρος του χρόνου χρήσης της υπηρεσίας, τα διαφορετικά κοστολόγια για χρήση υπηρεσιών βάσει περιοχών ή τύπου χρήσης.

Στην bottom-up προσέγγιση για τα οδηγούμενα μοντέλα εσόδων, εκτιμούμε τα έσοδα χρησιμοποιώντας απλούς αθροιστικούς τύπους. Για παράδειγμα, τα έσοδα από μια συνδρομητική υπηρεσία τηλεόρασης, προκύπτουν από το γινόμενο του πλήθους των συνδρομητών και του ποσού που αντιστοιχεί στην υπηρεσία μαζί με τα έσοδα από διαφημίσεις ή διάφορες άλλες εισφορές του χρήστη.



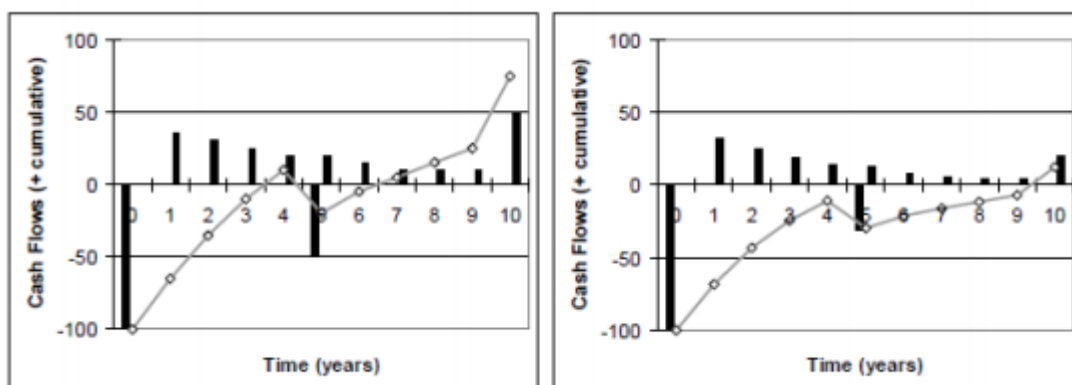
### 3.4.3 Φάση Αξιολόγησης

Τα στάδια της φάσης αξιολόγησης αναλύονται ως εξής:



Εικόνα 44: Φάση αξιολόγησης

Σαν είσοδο για τη φάση αξιολόγησης (evaluation phase) υποθέτουμε ένα μοντέλο κόστους και εσόδων όπως αναπτύχθηκε στα προηγούμενα μοντέλα και το οποίο μπορεί να υπολογίζει ταμειακές ροές (κόστη και έσοδα) για κάθε χρονική στιγμή. Με βάση τις πληροφορίες που έχουμε, αξιολογείται αν πρέπει να υλοποιηθεί ή όχι η επιχειρησιακή μελέτη. Η απόφαση επίσης, περιλαμβάνει τη σύγκριση διάφορων πιθανών σεναρίων έργων. Στο επόμενο σχήμα φαίνονται ταμειακές ροές, οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν για να αναλυθεί η παραδοσιακή ανάλυση επενδύσεων.



Εικόνα 45: Ταμειακές και προεξοφλημένες ροές

#### A. Ανάλυση επενδύσεων

Η ανάλυση των ταμειακών ροών δίνει μια εικόνα για την αποδοτικότητα του έργου, το ετήσιο κόστος της επένδυσης και τα κέρδη. Το άθροισμα του συνόλου των ταμειακών ροών δίνει την αποδοτικότητα του σχεδίου αλλά και το σημείο εξισορρόπησης εσόδων και επενδυτικού κόστους.

Επενδύοντας μεγάλα χρηματικά ποσά σε ένα έργο, ένας πάροχος αξιώνει ανάκτηση των ποσών μετά το τέλος του έργου (με τη μορφή κερδών). Το κέρδος αυτό εκφράζεται ως ποσοστό % για κάθε χρόνο. Το κέρδος που αναμένει κάποιος όταν επενδύει σε ένα τέτοιο έργο εξαρτάται από το ρίσκο του έργου και το μέγεθος της επένδυσης. Λαμβάνοντας υπόψη τις επενδύσεις μιας εταιρείας, το ελάχιστο κέρδος καθορίζεται από το επιτόκιο που η εταιρεία είναι διαθέσιμη να πληρώσει για να χρηματοδοτήσει τους πόρους της. Σύμφωνα με το CommissionAmsterdamFTTH, το κέρδος είναι μεταξύ 8 – 11%.

Το κέρδος αυτό αντικατοπτρίζεται στα αποτελέσματα μέσω ταμειακών ροών προεξόφλησης (Discounted Cash Flow -DCF), που συνυπολογίζουν την αξία των ροών με την πάροδο του χρόνου, χρησιμοποιώντας το κέρδος αυτό σαν το προεξοφλητικό επιτόκιο  $r$ . Οι ταμειακές ροές προεξόφλησης δίνονται από τη σχέση:

$$DCF_t = \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

όπου  $t$  κάποια χρονική στιγμή,

$CF_t$  οι ταμειακές ροές τη στιγμή  $t$  και

$r$  το προεξοφλητικό επιτόκιο

Από αυτές προκύπτουν η προεξοφλητική περίοδος επιστροφής επένδυσης (discounted payback period) και η προεξοφλητική σάρευση ταμειακών ροών (discounted commulative of cash flows).

*Περίοδος επιστροφής της επένδυσης:*

Η στιγμή  $n$  που έχουμε ισορροπία μεταξύ αρνητικών και θετικών ταμειακών ροών λέγεται περίοδος αποπληρωμής ή περίοδος επιστροφής επένδυσης και είναι ένας σημαντικός περιοριστικός παράγοντας για το έργο. Ένα έργο μπορεί να συνεχιστεί όταν η περίοδος αποπληρωμής είναι μικρότερη ή ίση από κάποιες προκαθορισμένες περιόδους. Επίσης, προσδιορίζει και το συνολικό κέρδος του έργου. Όσο συντομότερη είναι η περίοδος αυτή, τόσο μικρότερο και το ρίσκο της επένδυσης.

Αν  $CF_t$  είναι οι ταμειακές ροές, τότε:

Payback Period:

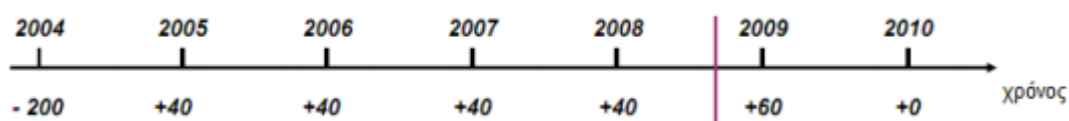
$$n = \sum_{t=0}^{n-1} CF_t < 0, \sum_{t=0}^n CF_t \geq 0$$

η προεξοφλητική περίοδος επιστροφής επενδύσεων δίνεται από τη σχέση:

Discounted Payback Period:

$$n = \sum_{t=0}^{n-1} \frac{CF_t}{(1+r)^t} < 0, \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} \geq 0$$

Στο παράδειγμα που ακολουθεί, φαίνεται πως η περίοδος αποπληρωμής είναι 4,66 ~ 5 έτη.



Εικόνα 46: Επιστροφή της επένδυσης

*Επιστροφή της επένδυσης:*

Η επιστροφή της επένδυσης (Return of Investment – ROI) είναι μέγεθος που υπολογίζεται από τις ταμειακές ροές διαιρώντας τον μέσο όρο των μελλοντικών ταμειακών ροών με τον μέσο όρο της αρχικής επένδυσης (και τα δύο υπολογίζονται στη διάρκεια του οικονομικού κύκλου ζωής ή του ορίζοντα προγραμματισμού του έργου).

Η σχέση είναι:

$$ROI = \sum_{t=0}^N \frac{CF_t}{ICF_t}$$

όπου N οι συνολικές χρονικές περιόδους του κύκλου ζωής του έργου,

$CF_t$  οι ταμειακές ροές τη στιγμή t και

$ICF_t$  οι επενδυμένες ταμειακές ροές

Η σχέση αυτή χρησιμοποιείται συνήθως σε επενδύσεις μικρού χρονικού εύρους (λιγότερο από ένα έτος). Είναι λιγότερο ακριβής σε επενδύσεις με ταμειακές ροές που αφορούν πολλά έτη επένδυσης και τότε εφαρμόζεται η προεξοφλητική επιστροφή επένδυσης που δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Discounted ROI} = \sum_{t=0}^N \frac{\frac{CF_t}{(1+r)^t}}{\frac{ICF_t}{(1+r)^t}}$$

Σε περίπτωση που η ανάλυση επενδύσεων χρησιμοποιείται στη διαδικασία αποφάσεων, το έργο πραγματοποιείται μόνο αν η επιστροφή της επένδυσης ROI υπερβαίνει ένα προκαθορισμένο ελάχιστο ποσό.

*Καθαρή Παρούσα Αξία:*

Η προεξοφλητική σώρευση ταμειακών ροών είναι γνωστή και ως καθαρή παρούσα αξία (Net Present Value – NPV) και υπολογίζει την παρούσα αξία για κάθε σειρά ταμειακών ροών και τις προσθέτει για υπολογισμό της καθαρής παρούσας αξίας. Ο τύπος είναι:

$$NPV = \sum_{t=1}^N DCF_t = \sum_{t=1}^N \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

Όπου N οι συνολικές χρονικές περιόδους του κύκλου ζωής του έργου,

$CF_t$  οι ταμειακές ροές τη στιγμή  $t$  και

$r$  το προεξοφλητικό επιτόκιο

$t$  οι μονάδες του χρόνου (π.χ. έτη)

*Εσωτερικός Δείκτης Απόδοσης:*

Τέλος, υπάρχει ο εσωτερικός δείκτης απόδοσης (Internal Rate of Return -IRR), που ορίζεται ως το προεξοφλητικό επιτόκιο για το οποίο η καθαρή παρούσα αξία είναι 0, δηλαδή

$$IRR = r: \sum_{t=0}^N \frac{CF_t}{(1+r)^t} = 0$$

Όταν όλες οι αρνητικές ταμειακές ροές συμβούν προγενέστερα από τις θετικές ταμειακές ροές ή όταν η ακολουθία ταμειακών ροών ενός έργου περιέχει μόνο μία αρνητική ταμειακή ροή, το IRR επιστρέφει μια μοναδική τιμή. Τα περισσότερα έργα κεφαλαιακών επενδύσεων αρχίζουν με μια μεγάλη αρνητική ταμειακή ροή (την αρχική επένδυση) και ακολουθεί μια σειρά θετικών ταμειακών ροών, συνεπώς υπάρχει ένα μοναδικό IRR. Ωστόσο, μερικές φορές μπορεί να υπάρχουν περισσότερα από ένα αποδεκτά IRR ή και κανένα. Τέλος, υπάρχουν ο εκτεταμένος και τροποποιημένος δείκτης απόδοσης (XIRR και MIRR αντίστοιχα) που χρησιμοποιούνται λόγω κάποιων μειονεκτημάτων του IRR.

Η καθαρή παρούσα αξία θεωρείται γενικά το πιο αξιόπιστο για συγκρίσεις κριτήριο επιλογής. Ένα έργο μπορεί να επιλεγεί μόνο υπό την προϋπόθεση ότι θα έχει θετική καθαρή παρούσα αξία. Το NPV καθορίζει εάν ένα έργο κερδίζει περισσότερο ή λιγότερο από την επιθυμητή απόδοση και είναι κατάλληλο για να αξιολογηθεί η εν δυνάμει κερδοφορία του. Το IRR πηγαίνει ένα βήμα μακρύτερα από το NPV και καθορίζει μια συγκεκριμένη απόδοση για ένα έργο. Τα NPV και IRR δίνουν αριθμούς που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να συγκριθούν τα ανταγωνιζόμενα έργα και να γίνει η καλύτερη επιλογή για μια εταιρεία.

## B. Μοντέλα επιχειρήσεων

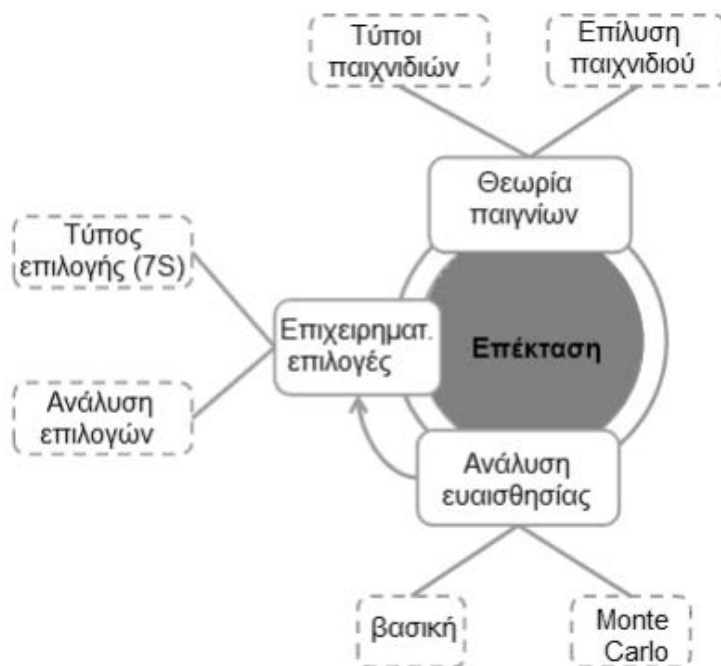
Μια επιχειρησιακή μελέτη εξετάζει την αποδοτικότητα ενός έργου και μπορεί να έχει ενδιαφέρον ή όχι για την εταιρεία. Στην επιχειρησιακή μοντελοποίηση εξετάζουμε έξω από το πλάνο και σε ευρύτερο πλαίσιο. Αρχικά, είναι καλή πρακτική να αναγνωρίζονται οι διαφορετικής σημασίας ρόλοι που υπάρχουν στην επιχειρησιακή μελέτη. Ένας ρόλος ορίζεται από μια εργασία ή λειτουργία σε μια επιχείρηση. Παραδείγματα ρόλων σε τηλεπικοινωνιακές

εταιρείες είναι η παραγωγή και πώληση εξοπλισμών, η ανάπτυξη και λειτουργία δικτύων, η ρύθμιση των τιμών τους, οι υπηρεσίες λιανικής πώλησης, οι χονδρικές υπηρεσίες, οι πελάτες λιανικής κτλ. Το επίπεδο λεπτομέρειας είναι σημαντικό, αφού κάποιιο ρόλοι μπορούν να χωριστούν σε μικρότερους.

Αρκετοί φορείς που σχετίζονται με την επιχείρηση μπορούν να συνδέονται με την εκτέλεση κάποιου συνόλου ρόλων, που έχουν οριστεί εκ των προτέρων. Μετά από το βήμα αυτό, οι πιο σημαντικοί φορείς κατηγοριοποιούνται, δημιουργώντας μια ανάλυση αλυσίδας αξίας. Ο συνδυασμός διάφορων ρόλων, φορέων και της αλυσίδας αξιών δίνουν σημαντική πληροφορία για την επιχείρηση και τη στρατηγική της απέναντι στο έργο καθώς και πληροφορίες για ανάλυση SWOT, ένα εργαλείο για την αξιολόγηση των στρατηγικών επιλογών της επιχείρησης.

#### *3.4.4 Φάση Επέκτασης*

Με τις προηγούμενες φάσεις οδηγούμαστε σε μια επιχειρηματική μελέτη που μας ενδιαφέρει. Συνεπώς, μπορεί να κλείσει ο κύκλος PDCA, αφού υπολογίζονται οι ταμειακές ροές και η καθαρή παρούσα αξία και μπορούν να γίνουν οι απαραίτητες συγκρίσεις με άλλες μελέτες για να βρούμε πόσο αποδοτικό είναι το έργο. Ωστόσο, μπορούν να γίνουν επεκτάσεις/εκλεπτόνσεις σε διάφορες κατευθύνσεις. Μια κατεύθυνση προέρχεται από το γεγονός ότι δεν έχουμε πληροφορίες για αβεβαιότητες και κινδύνους στο έργο (π.χ. θα αυξηθούν/μειωθούν οι τιμές του εξοπλισμού, θα υπάρχουν περισσότεροι/λιγότεροι πελάτες, κτλ). Έτσι, γίνεται χρήση της ανάλυσης ευαισθησίας. Ένα άλλο θέμα είναι η αβεβαιότητα και οι εσκεμμένες ενέργειες που γίνονται για την αντιμετώπισή της. Τότε, χρησιμοποιούνται αναλύσεις πραγματικών επιχειρηματικών επιλογών (Real options valuation). Τέλος, εφαρμόζονται μέθοδοι θεωρίας παιγνίων (game theory), αφού μια εταιρεία λειτουργεί σε ανταγωνιστικό αλλά και συνεργατικό επίπεδο και πρέπει να διαλέγει μια συγκεκριμένη υπόθεση στον τρόπο που υλοποιεί κάποιο έργο της.



Εικόνα 47: Φάση επέκτασης

#### Α. Ανάλυση ευαισθησίας

Χρησιμοποιούμε την ανάλυση ευαισθησίας (sensitivity analysis) όταν θέλουμε περισσότερη πληροφορία πάνω σε πιθανές παραλλαγές της έκβασης των διακυμάνσεων της εισόδου. Η ανάλυση ευαισθησίας είναι απαιτούμενη ειδικά όταν είμαστε αβέβαιοι για κάποιες παραμέτρους εισόδου (διείσδυση έργου, κόστη CAPEX και OPEX, έσοδα), ενώ δίνει μια ευρύτερη άποψη πάνω στους κινδύνους του έργου. Κάνουμε διάκριση μεταξύ βασικής ανάλυσης ευαισθησίας και σφαιρικής.

Στη βασική ανάλυση ευαισθησίας, διερευνούμε τις επιπτώσεις από τη διακύμανση μιας παραμέτρου εισόδου σε μια χρονική στιγμή (διατηρώντας τις άλλες παραμέτρους σταθερές). Η πληροφορία που προκύπτει είναι η διακύμανση του αποτελέσματος για την αντίστοιχη παραλλαγή της εισόδου – παραμέτρου. Όταν εκτελέσουμε τη διαδικασία για όλες τις παραμέτρους εισόδου, μπορούμε να υπολογίσουμε την κανονικοποιημένη διακύμανση για κάθε παράμετρο διαιρώντας τη διακύμανση της κάθε μιας με τη συνολική διακύμανση όλων των παραμέτρων. Αυτή η μέθοδος είναι κατάλληλη για μια πρώτη εξέταση και απαιτεί λίγους υπολογιστικούς πόρους. Ο τύπος για την κανονικοποιημένη διακύμανση είναι:

$$p_j = \frac{\sigma_j^2}{\sum_{j=1}^m \sigma_j^2} = \frac{\frac{1}{n}}{\sum_{j=1}^m [\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \mu)^2]} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \mu)^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \mu)^2}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \mu)^2}$$

Όπου  $\sigma_j^2$  είναι η διακύμανση που προέρχεται από την τροποποίηση της παραμέτρου εισόδου j,

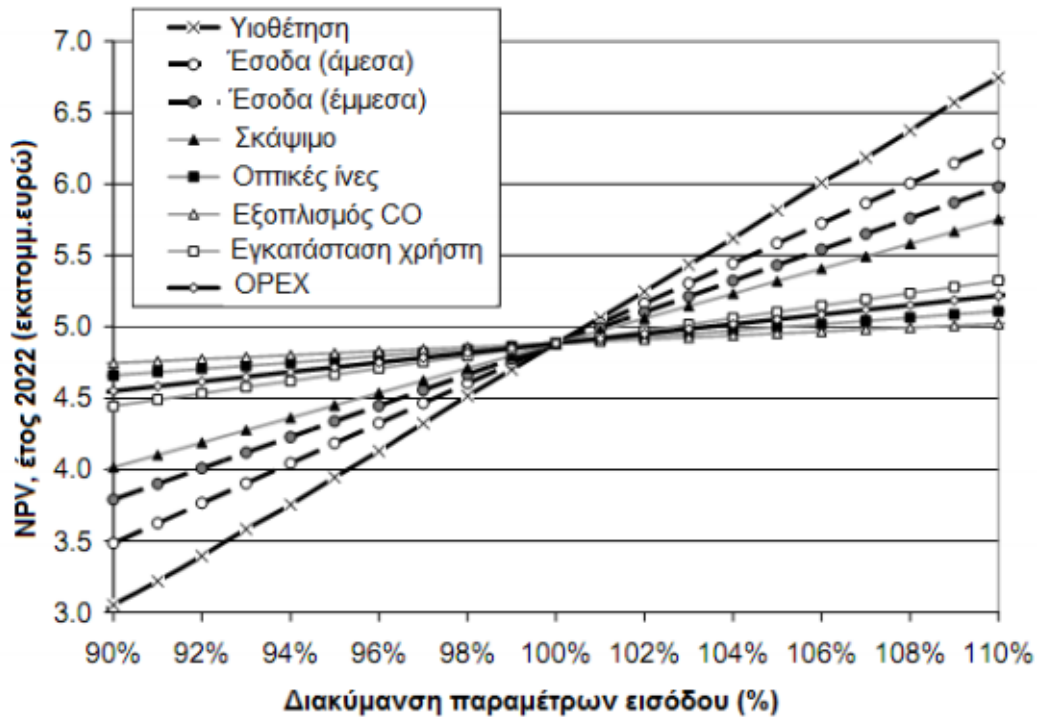
m το πλήθος των παραμέτρων εισόδου

n το πλήθος των δοκιμών/διακυμάνσεων που παίρνουμε,

$x_{ij}$  το εξαγόμενο μιας δοκιμής i τροποποιώντας την παράμετρο j

$\mu$  το μέσο εξαγόμενο

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται πως προβλέπεται η καθαρή παρούσα αξία (NPV) για διακύμανση των παραμέτρων εισόδου σε ένα έργο FTTH το 2022.





*Εικόνα 48: Πρόβλεψη NPV έργου FTTH με διακύμανση των παραμέτρων εισόδου*

Για πιο λεπτομερείς αναλύσεις χρησιμοποιείται η σφαιρική ανάλυση ευαισθησίας, όπου οι διάφορες βασικές παράμετροι εισόδου ποικίλλουν ανάλογα με μια προκαθορισμένη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας, π.χ. μέσω κανονικής (Gaussian), τριγωνικής (triangular) ή ομοιόμορφης (uniform) κατανομής. Είναι σαφές ότι η επιλογή της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας και του εύρους για κάθε παράμετρο εισόδου έχουν μεγάλη σημασία. Στη συνέχεια, μια Monte Carlo μέθοδος χρησιμοποιείται για τη δειγματοληψία ενός μεγάλου αριθμού πιθανών αποτελεσμάτων για την επιχειρησιακή μελέτη. Σε κάθε βήμα της προσομοίωσης μια τυχαία πιθανή τιμή για κάθε βασική παράμετρο εισόδου παράγεται σύμφωνα με τη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας. Το κύριο αποτέλεσμα της σφαιρικής ανάλυσης ευαισθησίας είναι η κατανομή όλων των πιθανών αποτελεσμάτων. Χρησιμοποιώντας την κατανομή αυτή, μπορούμε να βρούμε την πιθανότητα για μια θετική καθαρή παρούσα αξία. Επίσης, η σφαιρική ανάλυση ευαισθησίας μπορεί να δώσει λεπτομερείς πληροφορίες για την επιρροή των βασικών παραμέτρων εισόδου και την εξέλιξη (συναρτήσε του χρόνου) της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων.

#### B. Ανάλυση επιχειρηματικών επιλογών

Η μέθοδος ανάλυσης επιχειρηματικών επιλογών (real option valuation) προσπαθεί να συλλάβει και συμπεριλάβει την αξία της διοικητικής ευελιξίας, που παρουσιάζεται σε μια επιχειρησιακή μελέτη, με παρόμοιο τρόπο που η ευελιξία αυτή υπάρχει στην αποτίμηση διάφορων επιχειρηματικών επιλογών. Μια επιχειρηματική επιλογή δίνει το δικαίωμα για αγορά ή πώληση για ένα περιορισμένο διάστημα της βασικής αξίας σε μια επιλεγμένη και προκαθορισμένη τιμή. Καθώς οι επιλογές είναι δικαίωμα κι όχι υποχρέωση της επιχείρησης, η αξία τους είναι πάντα θετική. Η ανάλυση επιχειρηματικών επιλογών είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στις αποφάσεις για επενδύσεις που αποτελούνται από διαφορετικές φάσεις. Επίσης, ελαφρύνει την εκτίμηση του κινδύνου μέσω του προεξοφλητικού επιτοκίου και του υπολογισμού της καθαρής παρούσας αξίας, προσφέροντας ευελιξία στο επιχειρησιακό πλάνο. Η προσέγγιση που ακολουθείται στα τεχνικά έργα περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

- Προσδιορισμός των βασικών αβεβαιοτήτων
- Προσδιορισμός των επιχειρηματικών επιλογών
- Ανάλυση των επιλογών βάσει των αβεβαιοτήτων

Για τον προσδιορισμό των βασικών αβεβαιοτήτων σε ένα έργο χρησιμοποιείται η τεχνική ανάλυσης ευαισθησίας. Έπειτα, χρησιμοποιώντας το πλαίσιο 7-S, μπορούν να εντοπιστούν έγκυρες διαθέσιμες επιλογές σε ένα έργο από ένα δοσμένο τύπο επιλογών. Η αξία του έργου μπορεί τώρα να επεκταθεί λόγω της αξίας των επιλογών και ορίζεται σαν το άθροισμα της αρχικής καθαρής πρόσθετης αξίας του έργου με την αξία των διάφορων επιλογών.

Τέλος, για την ανάλυση των επιλογών χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές που αναφέρονται στην οικονομική βιβλιογραφία. Οι τεχνικές Black και Sholes και η ανάλυση επιλογών διωνυμικών δένδρων (και οι επεκτάσεις τους) χρησιμοποιούνται συχνά σε θεωρητικές μελέτες χωρίς όμως να μπορούν να ανταπεξέλθουν σε μεγαλύτερα έργα όπου περισσότερες επιλογές και αβεβαιότητες λαμβάνονται υπόψη. Τότε, χρησιμοποιούνται προσομοιώσεις Monte Carlo.

### Γ. Θεωρία παιγνίων

Με τη βοήθεια της θεωρίας παιγνίων βλέπουμε τα αποτελέσματα της αλληλεπίδρασης μεταξύ διαφορετικών ανταγωνιστών που λέγονται παίκτες. Για τον σκοπό αυτό, κατασκευάζουμε ένα ολοκληρωμένο μοντέλο, στο οποίο το αποτέλεσμα κάθε παίκτη εξαρτάται από τις δικές του ενέργειες αλλά και από τις δράσεις των άλλων παικτών.

Η αλληλεπίδραση δύο παικτών περιλαμβάνει ανταγωνισμό ή συνεργασία. Οι παίκτες ανταγωνίζονται ή συνεργάζονται για κάποια αμοιβή. Για παράδειγμα, δύο ασύρματοι παίκτες ανταγωνίζονται για πρόσβαση σε ένα κοινόχρηστο κανάλι. Σε επιχειρησιακές μελέτες ο πελάτης είναι ο σκοπός του ανταγωνισμού. Έτσι, πολλές φορές θέλουμε να αναπτύξουμε ένα ολοκληρωμένο ανταγωνιστικό μοντέλο, που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ανταπόκρισης των πελατών στις δράσεις δύο επιχειρήσεων/φορέων με τη βοήθεια της θεωρίας των παιγνίων.

Όπως αναφέρθηκε, διάφοροι παίκτες σε ένα παιχνίδι επιλέγουν μεταξύ διαφορετικών ενεργειών, που ονομάζονται στρατηγικές. Σε τεχνοοικονομικές μελέτες τέτοιες στρατηγικές για παράδειγμα είναι η εγκατάσταση νέων τεχνολογιών, η αναμονή για τεχνολογίες νέας γενιάς πριν ξεκινήσουν ενέργειες, η διακοπή εγκαταστάσεων, η αύξηση εγκαταστάσεων σε μια συγκεκριμένη περιοχή.

Μόλις οριστούν οι παίκτες και οι στρατηγικές και το μοντέλο υπολογίσει οικονομικά αποτελέσματα (αναφέρονται ως εξοφλήσεις – payoffs), χρησιμοποιούνται αρχές της θεωρίας

παιγνίων για την αναγνώριση των πιθανών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των παικτών. Ισορροπία σε ένα παιχνίδι είναι η έννοια που χρησιμοποιείται για την επισήμανση του συνόλου των στρατηγικών όπου κανένας παίκτης δεν είναι διαθέσιμος να αλλάξει τη στρατηγική του. Υπάρχουν διάφοροι ορισμοί της ισορροπίας με πιο γνωστή την ισορροπία Nash (Nash equilibrium), όπου ένας παίκτης δεν είναι διατεθειμένος να αλλάξει τη στρατηγική του, όταν αυτή δεν αυξάνει τις εξοφλήσεις που διακρίνονται. Υπάρχουν διάφορες προσεγγίσεις για να βρούμε την ισορροπία σε ένα παιχνίδι με τις περισσότερες μελέτες στη θεωρία παιγνίων να στηρίζονται σε μαθηματικά μοντέλα. Τέτοιες μαθηματικές προσεγγίσεις έχουν όμως σημαντικούς περιορισμούς σχετικά με την πολυπλοκότητα του προβλήματος κι έτσι μεγαλύτερα θέματα όπως ένα τεχνοοικονομικό μοντέλο δεν μπορούν να προσεγγιστούν με ευκολία.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΙΚΤΥΟΥ FTTH ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΩΝ (ΑΚ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑΣ)**

#### **4.1 Περιγραφή έργου**

Στην παρούσα εργασία αναλύεται μία μελέτη περίπτωσης για την κατασκευή και εμπορική αξιοποίηση ενός μελλοντικού δικτύου FTTH στην περιοχή των Αμπελοκήπων (ΑΚ Αλεξάνδρας), που βρίσκεται στο κέντρο της Αθήνας.

Το νέο δίκτυο οπτικής πρόσβασης ακολουθεί την αρχιτεκτονική GPON. Για την υλοποίηση της κατασκευής του συγκεκριμένου έργου θα χρησιμοποιηθούν υλικά νέας τεχνολογίας (πολυσωλήνια, μικροσωληνώσεις και μικροκαλώδια). Στη διαδρομή του οπτικού καλωδίου κατασκευάζεται μικροτάφρος με δυνατότητες ικανοποίησης μελλοντικών τηλεπικοινωνιακών αναγκών. Κατά μήκος του δικτύου όπως επίσης και σε κάθε κομβικό σημείο του υπάρχουν εγκατεστημένα φρεάτια που εξυπηρετούν τις ανάγκες πρόσβασης σε αυτά. Τέλος, θα αξιοποιηθούν και κάποιες από τις υφιστάμενες σωληνώσεις.

Μετά την υλοποίηση της μελέτης οι υπηρεσίες ευρυζωνικότητας θα παρέχονται από το οπτικό δίκτυο.

#### **4.2 Σχεδιασμός έργου**

##### *4.2.1 Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών*

Για τον σχεδιασμό ενός τηλεπικοινωνιακού δικτύου χρησιμοποιείται ένα πρόγραμμα γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών (ΓΠΣ) ή GIS (geographical information system). Τέτοιου είδους προγράμματα έχουν ως πλεονέκτημα, σε σχέση με τη χρήση χάρτη σε ψηφιακή μορφή, την είσοδο και επεξεργασία χωρικών δεδομένων με χρήση Η/Υ για τη βέλτιστη κατασκευή ενός τηλεπικοινωνιακού δικτύου και την εύκολη τροποποίηση του για μελλοντική χρήση, πραγματοποιώντας όπου χρειάζεται διάφορες προσομοιώσεις. Τα αποτελέσματα που εξάγονται μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη πραγματική κατασκευή του τηλεπικοινωνιακού

δικτύου. Τέτοιου είδους προγράμματα υπάρχουν πάρα πολλά στην αγορά. Χαρακτηριστικότερα παραδείγματα είναι το ArcGIS, QGIS κτλ.

Κάθε GIS πρόγραμμα χρησιμοποιεί διάφορα συστήματα συντεταγμένων. Το απλούστερο όλων είναι αυτό του γεωγραφικού μήκους και πλάτους. Το GIS πρόγραμμα είναι σε θέση να μετατρέπει τις γεωγραφικές πληροφορίες από το ένα σύστημα συντεταγμένων στο άλλο.

Τα δεδομένα στο GIS πρόγραμμα είναι δύο κατηγοριών. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τα περιγραφικά ή στατιστικά δεδομένα (attribute data). Τα περιγραφικά δεδομένα περιγράφουν τα φαινόμενα που συμβαίνουν στην εξεταζόμενη περιοχή, όπως η χρήση γης, η κατάσταση ενός κτιρίου κτλ. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τα χωρικά ή γεωγραφικά ή χαρτογραφικά δεδομένα (chartographic data). Τα χαρτογραφικά δεδομένα είναι τα δεδομένα όπου δίνουν την ικανότητα να αναπαρασταθεί η εξεταζόμενη περιοχή, με τα διάφορα χαρακτηριστικά της, υπό κλίμακα στην οθόνη ενός Η/Υ. Τα χαρτογραφικά δεδομένα αναπαρίστανται είτε μέσω διανυσμάτων (vectors), δηλαδή με σημεία, γραμμές και πολύγωνα, είτε μέσω πλέγματος (raster), δηλαδή σε κελιά – όπως γίνεται με μία ψηφιακή εικόνα. Επίσης, τα χαρτογραφικά δεδομένα χωρίζονται με τη σειρά τους σε δεδομένα γεωμετρίας χώρου και σε δεδομένα τοπολογίας χώρου. Τα μεν δεδομένα γεωμετρίας χώρου περιγράφουν τα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα στο έδαφος της υπό μελέτης περιοχής, όπως υψόμετρο, είδος εδάφους (ορεινό ή πεδινό) κτλ. Τα δε δεδομένα τοπολογίας χώρου περιγράφουν τις συνδέσεις και τη γειτνίαση των διαφόρων στοιχείων της εξεταζόμενης περιοχής. Γενικότερα, σε ένα GIS πρόγραμμα, τα δεδομένα ίδιων ή παρόμοιων κατηγοριών αναπαριστούνται μέσω επιπέδων (layers) στον ψηφιακό χάρτη.

Αρχικά, σε ένα GIS πρόγραμμα πρέπει να επιλεγεί η γεωγραφική περιοχή στην οποία θα κατασκευαστεί το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο. Αυτή η περιοχή μπορεί να είναι σε ενιαία μορφή ή σε κομμάτια που θα συνδέονται μεταξύ τους. Έπειτα, πρέπει να επιλεγούν τα οικοδομικά τετράγωνα που περιέχουν τα κτίρια, στα οποία βρίσκονται τα σπίτια ή οι χώροι εργασίας των τελικών χρηστών. Τα οικοδομικά τετράγωνα έχουν τη μορφή πολυγώνων (polygons) (ορθογώνια παραλληλόγραμμα, τετράγωνα ή τραπέζια) και περιλαμβάνουν επιπλέον πληροφορίες για αυτά, όπως ονομασία περιοχής (δήμος, προάστιο κτλ) ταχυδρομικός κώδικας, αριθμός κτιρίου κα. Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα να επιλεγούν συγκεκριμένα κτίρια σύμφωνα με συγκεκριμένα κριτήρια. Το αμέσως επόμενο στοιχείο που πρέπει να οριοθετηθεί είναι το οδικό δίκτυο της εξεταζόμενης περιοχής. Το οδικό δίκτυο είναι ζωτικής σημασίας, διότι σε αυτό θα ενταφιαστεί το δίκτυο οπτικών ινών αρχιτεκτονικής FTTH. Το οδικό δίκτυο έχει τη μορφή γραμμών (lines) και περιλαμβάνει και αυτό χρήσιμες πληροφορίες, όπως

ονομασία κεντρικών και μικρότερων δρόμων κα. Και εδώ γίνεται η επιλογή των κατάλληλων δρόμων σύμφωνα με συγκεκριμένα κριτήρια για το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο. Να τονιστεί πως το μήκος του δικτύου οπτικών ινών θα είναι ίσο ή μικρότερο από το συνολικό οδικό δίκτυο. Αφού οριστεί και το οδικό δίκτυο της εξεταζόμενης περιοχής, σειρά έχει ο καθορισμός των κτιρίων που υπάρχουν εντός των οικοδομικών τετραγώνων και του οδικού δικτύου. Τα κτίρια αναπαριστάνονται με τη μορφή σημείων (points) και μπορούν να είναι τα σημεία διαμονής ή οι χώροι εργασίας των τελικών χρηστών του τηλεπικοινωνιακού δικτύου. Σε αυτό το σημείο να τονιστεί πως το κάθε κτίριο μπορεί να είναι ενός ή πολλών ορόφων, μικρό ή μεγάλο σε γεωγραφική έκταση. Όμως το κάθε κτίριο αναπαρίσταται με ένα μόνο σημείο (point). Για την κατασκευή του τηλεπικοινωνιακού δικτύου θα πρέπει να επιλεγούν όλα τα κτήρια της εξεταζόμενης περιοχής.

Αφού συγκεντρωθούν οι απαραίτητες πληροφορίες για τη περιοχή, το οδικό δίκτυο και τα κτίρια της περιοχής, σειρά έχει η έναρξη κατασκευής του τηλεπικοινωνιακού δικτύου αρχιτεκτονικής FTTH. Τότε τοποθετείται στο κέντρο της περιοχής του τηλεπικοινωνιακού δικτύου η ενεργή καμπίνα. Η τοποθέτηση της στο κέντρο της περιοχής έχει ως στόχο να ελαχιστοποιηθούν τα μήκη των οπτικών ινών στα απολύτως απαραίτητα μήκη. Αν τώρα η εξεταζόμενη περιοχή είναι πυκνοκατοικημένη μπορούν να υπάρχουν περισσότερες της μίας ενεργής καμπίνας, που θα συγκεντρώνουν την τηλεπικοινωνιακή κίνηση του κάθε τμήματος της συνολικά εξεταζόμενης περιοχής. Τότε όμως οι καμπίνες αυτές πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους. Στη συνέχεια, θα πρέπει να επιλεγούν όλα τα κτήρια της εξεταζόμενης περιοχής. Τότε εφαρμόζοντας ανάλυση δικτύου (network analyst) και δέντρα Steiner, το σύνολο σχεδόν του οδικού δικτύου χρησιμοποιείται για την εναπόθεση οπτικών ινών. Σε αυτό το σημείο να τονιστεί πως κοντά στην ενεργή καμπίνα υπάρχουν τάφροι οπτικών ινών που φιλοξενούν μεγάλο πλήθος οπτικών ινών. Αντιθέτως, κοντά στους τελικούς χρήστες οι τάφροι που υπάρχουν φιλοξενούν μικρό πλήθος οπτικών ινών.

#### **4.3 Κατασκευή έργου**

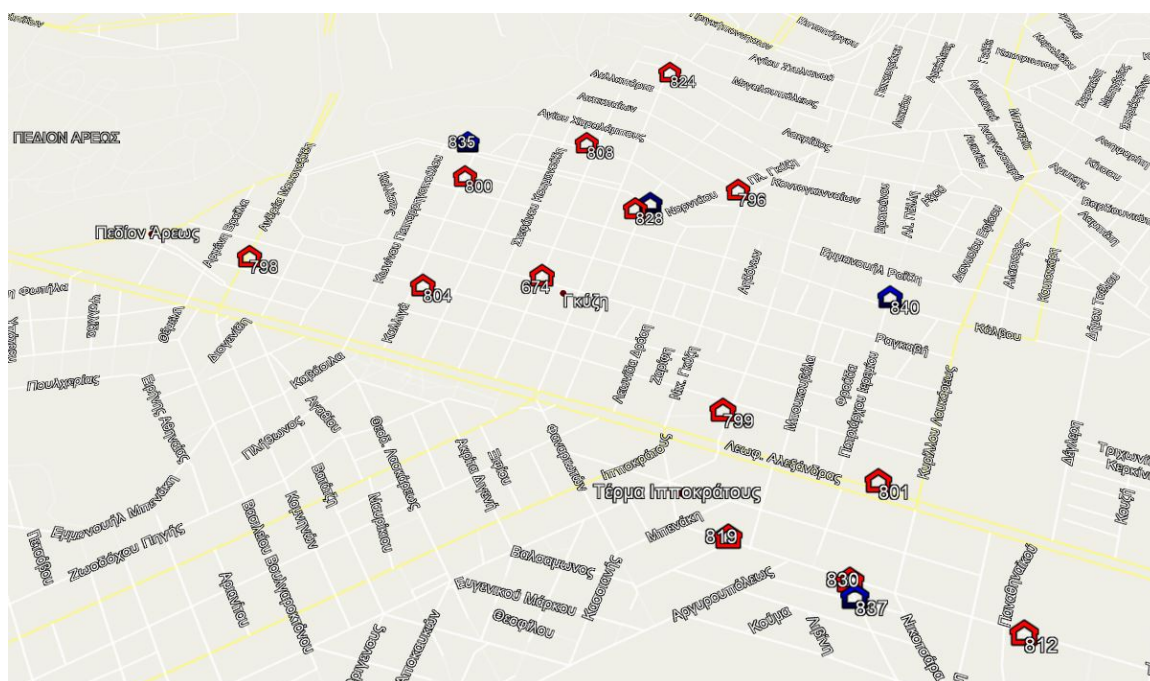
Για τη συγκεκριμένη περίπτωση, το δίκτυο έχει χωριστεί σε επιμέρους τμήματα, με βάση ορισμένες παραδοχές του FTTH Council, τα οποία είναι τα εξής:

- Κύριο Δίκτυο (Feeder network): Προωθεί την οπτική καλωδίωση από τον κόμβο του δικτύου διανομής DAP μέχρι το κεντρικό γραφείο (Central Office-CO).
- Δίκτυο διανομής (Distribution network): Καλύπτει μία περιοχή της πόλης που συναθροίζει περισσότερες της μιας γειτονιές (δηλαδή πολλαπλά τοπικά σημεία

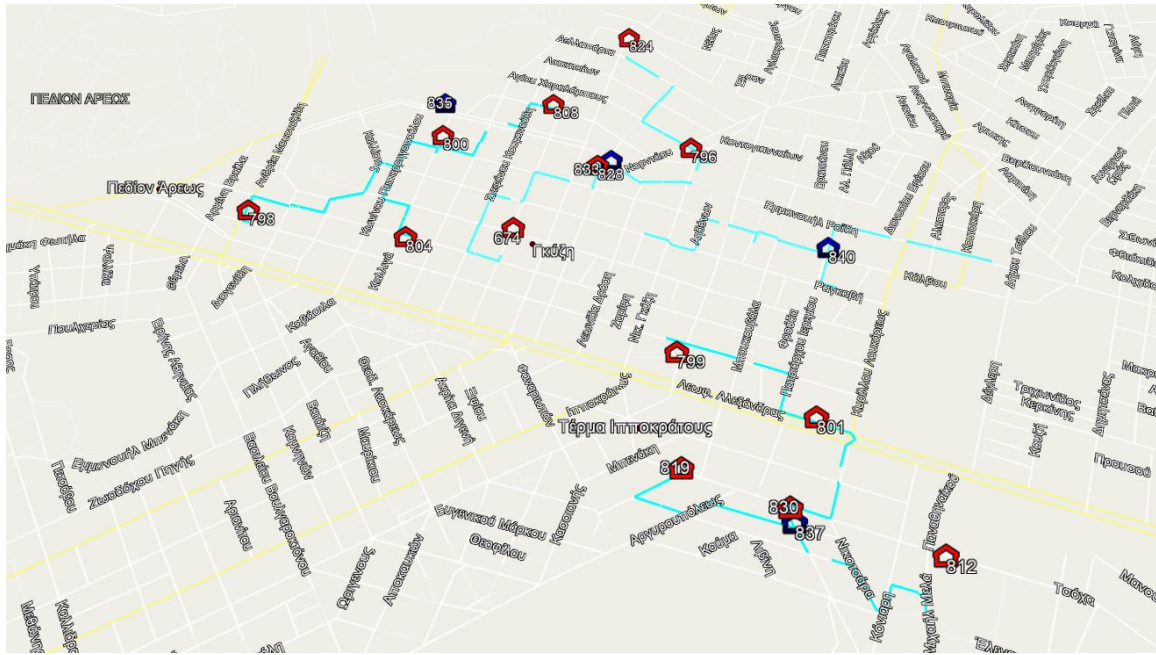
συγκέντρωσης LAPs). Εκτείνεται από τον οπτικό κόμβο πρόσβασης (LAP) και φτάνει μέχρι το δίκτυο διανομής (Distribution Access Point – DAP).

- Δίκτυο εισόδου κτιρίου (Drop/Lead-in network): Αφορά το τμήμα που συνδέει τα κτίρια με το δίκτυο οπτικής πρόσβασης. Τυπικά ξεκινά από το ONT και εκτείνεται μέχρι το σημείο εισόδου του κτιρίου (Multiple Households). Το δίκτυο μπορεί να εξυπηρετεί περισσότερα του ενός κτίρια και στην περίπτωση μονοκατοικίας, ταυτίζονται το σημείο συγκέντρωσης και ο εξοπλισμός του τελικού πελάτη.
- Δίκτυο εσωτερικής καλωδίωσης κτιρίου (Building Cabling): Αφορά την απαιτούμενη καλωδίωση για τη σύνδεση των διαμερισμάτων αλλά και των τελικών χρηστών με το δίκτυο. Ξεκινά από το σημείο τερματισμού (Access Network Termination), όπου εγκαθίσταται το Οπτικό Τερματικό Δικτύου ONT (Optical Networking Terminal) και καταλήγει μέχρι το NTU (Network Terminal Unit), όπου υπάρχει ο εξοπλισμός των εγκαταστάσεων των χρηστών (CPE - Customer Premises Equipment).

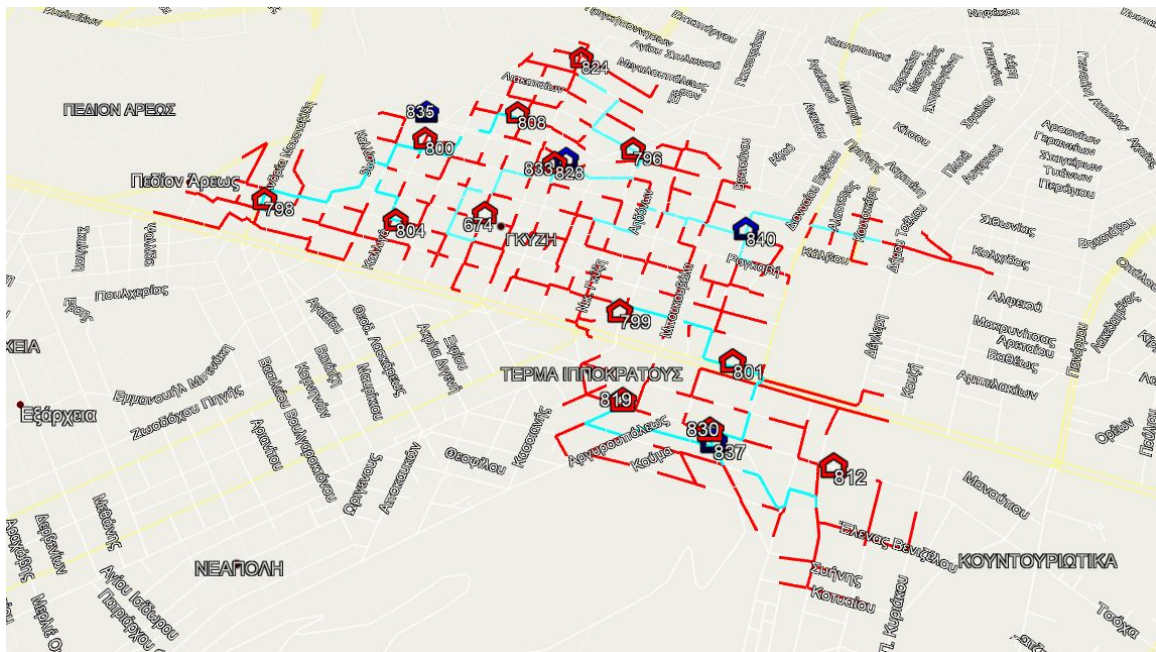
Στις εικόνες παρακάτω φαίνονται αναλυτικά τα δίκτυα όπως σχεδιάστηκαν για το έργο FTTH στο ΑΚ Αλεξάνδρας:



Εικόνα 49: Θέσεις παθητικών και ενεργών καμπινών

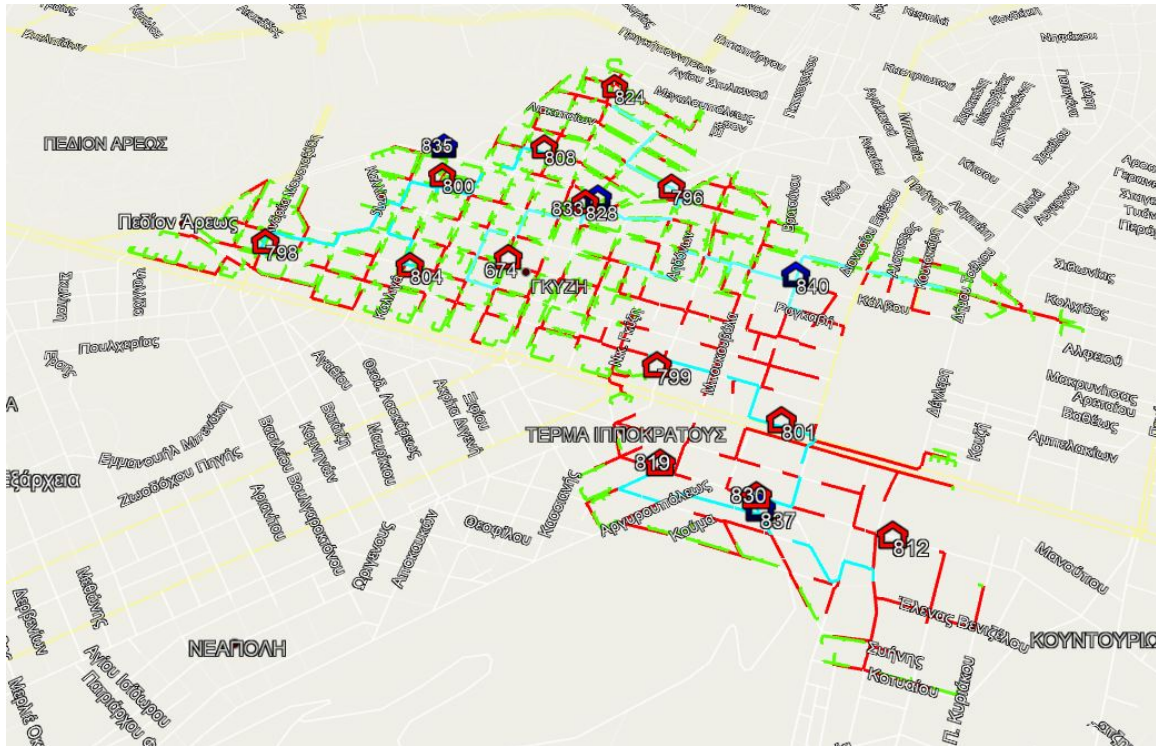


Εικόνα 50: Διασύνδεση των καμπινών (feeder)

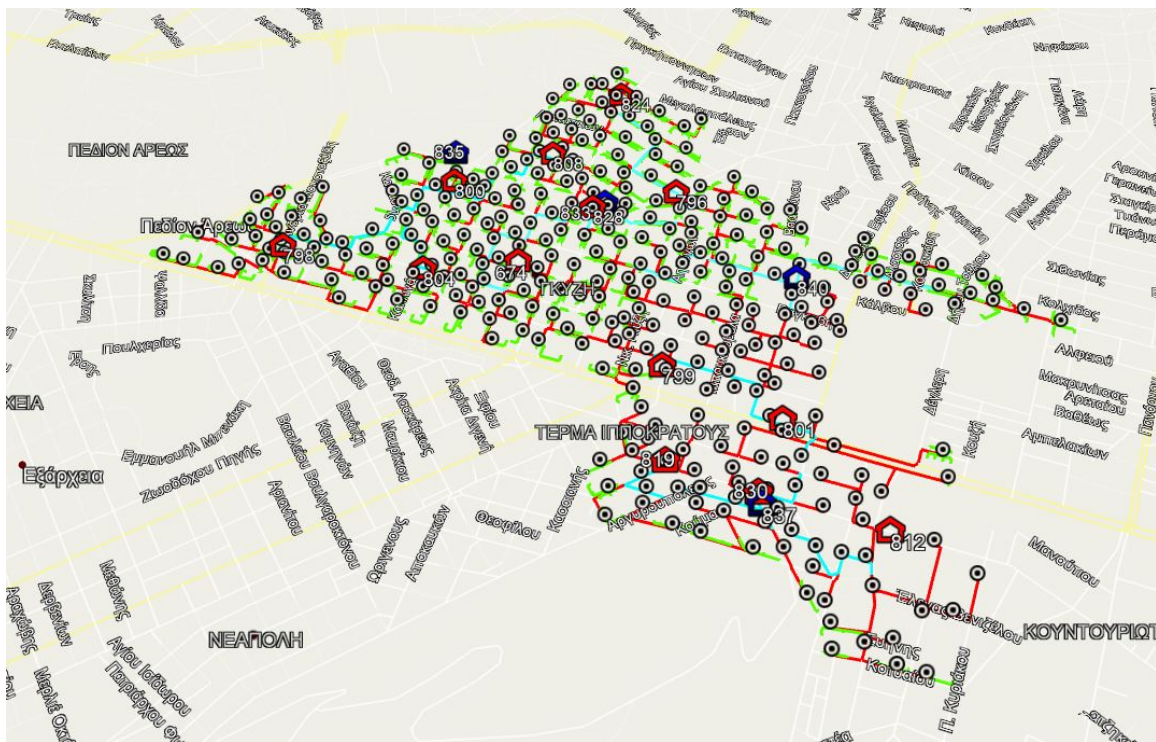


Εικόνα 51: Διαμοιρασμός του δικτύου από τις καμπίνες στην περιοχή ενδιαφέροντος (distribution)





Εικόνα 52: Επέκταση δικτύου στα κτίρια ενδιαφέροντος (drop/phase a)

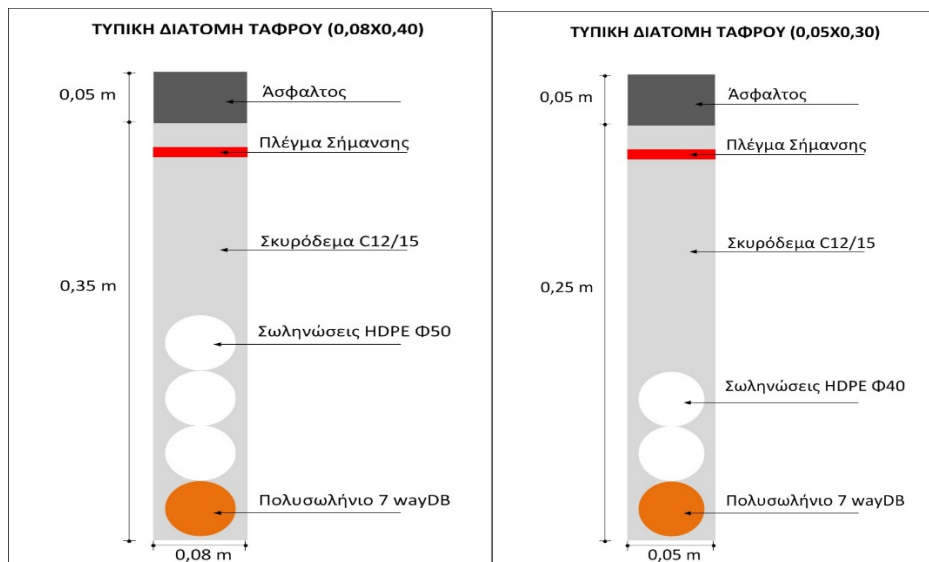


Εικόνα 53: Σημεία ενδιαφέροντος (κόμβοι/φρεάτια)



Η διάνοιξη της τάφρου έγινε με την εφαρμογή μεθόδων εξελιγμένης τεχνολογίας, με χρήση εξειδικευμένων μηχανημάτων (micro-trenchers), με κοπτικό τροχό.

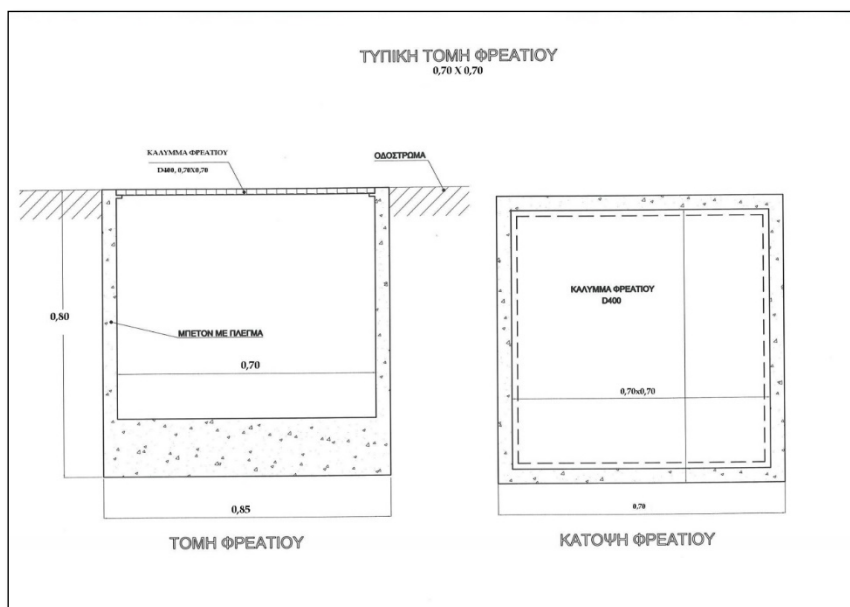
Στις εικόνες παρακάτω οι τυπικές διατομές των τάφρων που κατασκευάστηκαν:



Εικόνα 55: Τυπικές διατομές τάφρων

Σε όλο το μήκος του δικτύου κατασκευάστηκαν φρεάτια ευκολίας για την εγκατάσταση του παθητικού οπτικού εξοπλισμού. Τα φρεάτια αποτελούν ένα ιδιαίτερα σημαντικό κομμάτι της υποδομής και έχουν εξέχων ρόλο αναφορικά με την αποτελεσματική και εύρυθμη διαχείρισή της. Μέσω αυτών διασυνδέθηκαν τα κτίρια.

Η εγκατάστασή τους έγινε σε σημεία που υπήρχαν αλλαγές κατεύθυνσης και σε σημεία όπου απαιτείται η εγκατάσταση διακλαδωτικών συνδέσμων (οπτικός σύνδεσμος).

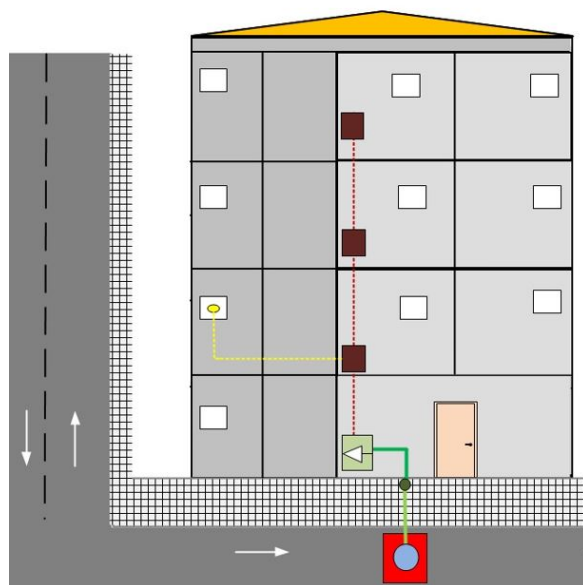


Εικόνα 56: Τυπική τομή φρεατίου

Αφού ολοκληρώθηκαν οι χωματουργικές εργασίες του δικτύου ακολούθησε η 2<sup>η</sup> φάση υλοποίησης, η οποία και αφορά τις εργασίες εγκατάστασης των καλωδίων οπτικών ινών με τη μέθοδο της εμφύσησης ή με τη μέθοδο της έλξης από φρεάτιο σε φρεάτιο.

Κατά την 3<sup>η</sup> φάση υλοποίησης πραγματοποιήθηκαν όλες οι απαραίτητες εργασίες κατασκευής της διασύνδεσης του κτιρίου με το υφιστάμενο δίκτυο, όπως απεικονίζεται αναλυτικά στο παρακάτω σχέδιο. Πιο συγκεκριμένα, περιλαμβάνεται η εκσκαφή πεζοδρομίου ή οδοστρώματος για την εύρεση της υποδομής (stand by connection), η τοποθέτηση της ίνας μέχρι το ΒΕΡ, καθώς επίσης και η εγκατάσταση αυτού. Τέλος, ακολουθεί η εγκατάσταση οπτικής ίνας μέχρι το floor box του κάθε ορόφου, όπως επίσης και η εγκατάσταση αυτού.





Εικόνα 57: Διασύνδεση των κτιρίων με το νέο δίκτυο (drop/phase b)

#### **4.4 Χρηματοοικονομική ανάλυση & αξιολόγηση της επένδυσης**

##### *4.4.1 Στόχοι χρηματοοικονομικής ανάλυσης και αξιολόγησης της επένδυσης*

Στο παρόν κεφάλαιο επιχειρείται η χρηματοοικονομική ανάλυση και η αξιολόγηση του επενδυτικού σχεδίου το οποίο περιγράφεται. Στόχος της ανάλυσης αυτής είναι ο εντοπισμός των ενδεχόμενων αδυναμιών σε χρηματοοικονομικό επίπεδο και η εφαρμογή των απαραίτητων βελτιώσεων, ώστε να αντισταθμιστεί ο επιχειρηματικός κίνδυνος.

Σε πρώτη φάση, η χρηματοοικονομική ανάλυση περιλαμβάνει την εκτίμηση των απαιτούμενων εισροών, καθώς και των προβλεπόμενων εκροών που συνεπάγονται της επένδυσης. Ο κυριότερος παράγοντας στην περίπτωση αυτή είναι η μεταμόρφωση των χρηματοοικονομικών πόρων σε παραγωγικό ενεργητικό, το οποίο θα αντιπροσωπεύεται από τις πάγιες επενδύσεις και το καθαρό κεφάλαιο κίνησης, καθώς και η δημιουργία ρευστότητας κάνοντας χρήση αυτού του ενεργητικού.

Εν συνεχεία, η μετατροπή των χρηματοοικονομικών πόρων σε παραγωγικό ενεργητικό, που αντιστοιχεί στη χρηματοδότηση της επένδυσης, περιλαμβάνει το σχεδιασμό κατάλληλης χρηματοοικονομικής δομής, λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες κάτω από τις οποίες τα κεφάλαια θα μπορούσαν να διατεθούν. Η αξιολόγηση, λοιπόν, της επένδυσης αποτελείται από

το σχεδιασμό και την ανάλυση εναλλακτικών σχεδίων εκροών με στόχο την επιλογή εκείνου που προσφέρει τη μέγιστη δυνατή απόδοση επί του επενδυσόμενου κεφαλαίου.

Σε τελική ανάλυση, η αξιολόγηση της επένδυσης παρέχει μια συνολική εικόνα, ώστε να διαπιστωθεί κατά πόσο το επενδυτικό πρόγραμμα είναι χρηματοοικονομικά εφικτό και εναρμονίζεται με το υπάρχον επιχειρηματικό περιβάλλον, στα πλαίσια του οποίου προβλέπεται να υλοποιηθεί. Με τον τρόπο αυτό, εκτιμάται η βιωσιμότητα του επενδυτικού σχεδίου και κατ' επέκταση, προσδιορίζεται η ελκυστικότητα της περιγραφόμενης επένδυσης για τον επενδυτή.

#### 4.4.2 Υπολογισμός συνολικού οικονομικού κόστους

Η αξιολόγηση του παρόντος έργου προϋποθέτει τις αξιόπιστες εκτιμήσεις του κόστους, ώστε να ελεγχθούν όλα εκείνα τα στοιχεία του, που έχουν επίδραση στη χρηματοοικονομική εφικτότητα του επενδυτικού σχεδίου.

Για τον προσδιορισμό του συνολικού οικονομικού κόστους του τηλεπικοινωνιακού δικτύου, οι υπολογισμοί ξεκινούν από την άθροιση του κόστους της κάθε κατηγορίας εξαρτημάτων του δικτύου. Πιο συγκεκριμένα, τα κόστη για τα καλώδια οπτικών ινών αποδίδονται σε χρηματικό κόστος ανά μέτρο ή χιλιόμετρο. Στα κόστη των καλωδίων οπτικών ινών συμπεριλαμβάνονται τα κόστη για τη τοποθέτηση των οπτικών καλωδίων σε ειδικούς αγωγούς μέσα σε τάφρους, τη διακλάδωση των καλωδίων οπτικών ινών, την εμφύσηση νέων οπτικών ινών μέσα σε οπτικά καλώδια κα. Τα κόστη για τις τάφρους αποδίδονται και αυτά σε χρηματικό κόστος ανά μέτρο ή χιλιόμετρο. Στα κόστη των τάφρων συμπεριλαμβάνονται τα κόστη για τη χρησιμοποίηση ειδικών μηχανημάτων για τη διάνοιξη των τάφρων, τα κόστη για την αποκατάσταση της δρόμων και πεζοδρομίων που θα διέρχονται οι τάφροι κα. Τα κόστη για τη συγκόλληση των οπτικών ινών παίζουν και αυτά σημαντικό ρόλο και αποδίδονται ως προς το πλήθος συγκολλήσεων σε κάποιο συγκεκριμένο σημείο, όπως φρεάτιο ή σε κάποια διακλάδωση. Επίσης, τα κόστη για την αγορά καμπινών, πολυπλεκτών-αποπολυπλεκτών, διατάξεων κλιματισμού (για τις καμπίνες) κτλ υπολογίζονται ανά μονάδα εξαρτήματος. Σε αυτό στο σημείο να τονιστεί ότι πρέπει να γίνεται και πρόβλεψη, όσο μπορεί να γίνει, για το οικονομικό κόστος της μελλοντικής επέκτασης και αναβάθμισης του τηλεπικοινωνιακού δικτύου για να καλύπτει τις μελλοντικές ανάγκες των τελικών χρηστών του. Ειδικά ένα τηλεπικοινωνιακό δίκτυο NGA θα πρέπει να κατασκευαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να υποστηρίξει στο μέλλον περισσότερους τελικοί χρήστες, καθώς και η μετάβασή του σε NGN μορφή, να γίνονται με την ελάχιστη περεταίρω οικονομική επιβάρυνση για τον τηλεπικοινωνιακό πάροχο.

Αναλυτικότερα, το συνολικό κόστος της επένδυσης προκύπτει από την παρακάτω σχέση:

**Κόστος Επένδυσης = Πάγιο Ενεργητικό + Καθαρό Κεφάλαιο Κίνησης**

Το Πάγιο Ενεργητικό αποτελείται από τις πάγιες επενδύσεις (πόροι για την κατασκευή του οπτικού δικτύου και την αγορά αντίστοιχου τεχνολογικού εξοπλισμού). Ο υπολογισμός του κόστους για την κάλυψη των απαιτούμενων σημείων προϋποθέτει να σκαφτούν χαντάκια μέσα στα οποία θα τοποθετηθούν σωληνώσεις, οι οποίες θα περιέχουν τα απαιτούμενα καλώδια από το κεντρικό γραφείο (CO) μέχρι τα σημεία συγκέντρωσης. Στον υπολογισμό του κόστους προστίθεται επιπλέον από το κόστος ανάπτυξης καλωδίωσης στο δίκτυο, οι χωματουργικές και δικτυακές εργασίες, καθώς και το κόστος του νέου εξοπλισμού. Το πάγιο ενεργητικό του υπό μελέτη έργου μέσω περαιτέρω έρευνας αναλύεται στον πίνακα 1 που ακολουθεί, όπου παρουσιάζονται αναλυτικά τα χρηματοοικονομικά κόστη υλοποίησης του δικτύου FTTH στην περιοχή των Αμπελοκήπων.

<b>A. ΚΟΣΤΟΣ ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗΣ</b>				
<b>ΤΕΛΗ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ (km)</b>	40	406,95 €	16.278,00 €	
<b>ΤΕΛΗ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ ΦΡΕΑΤΙΩΝ (pc)</b>	400	244,17 €	97.668,00 €	
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>113.946,00 €</b>	
<b>B. ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ</b>				
<b>ΕΡΓΑΣΙΑ</b>	<b>ΜΕΤΡΑ</b>	<b>ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ</b>	<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	

ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ FTTH

ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΜΙΚΡΟΤΑΦΡΟΥ FEEDER	6000	8,00 €	48.000,00 €
ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΜΙΚΡΟΤΑΦΡΟΥ DISTRIBUTION	17000	6,00 €	102.000,00 €
ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΜΙΚΡΟΤΑΦΡΟΥ DROP	17000	14,00 €	238.000,00 €
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΦΡΕΑΤΙΟΥ	400	170,00 €	68.000,00 €
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ	45000	0,45 €	20.250,00 €
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΟΠΤΙΚΟΥ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥ	300	135,00 €	40.500,00 €
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ HYBRID CAB	4	1.200,00 €	4.800,00 €
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ PASSIVE CAB	17	1.000,00 €	17.000,00 €
ΣΥΝΟΛΟ			538.550,00 €
<b>Γ. ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ/ΥΛΙΚΩΝ</b>			
ΣΩΛΗΝΕΣ τ. HDPE			50.000,00 €
ΠΟΛΥΣΩΛΗΝΙΑ			43.000,00 €
ΦΡΕΑΤΙΑ			54.000,00 €
ΟΠΤΙΚΑ ΚΑΛΩΔΙΑ			40.000,00 €
ΟΠΤΙΚΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ			12.000,00 €
ΟΠΤΙΚΟΙ ΚΑΤΑΝΕΜΗΤΕΣ / SPLITTERS			80.000,00 €
ΚΑΜΠΙΝΕΣ			15.000,00 €
		ΣΥΝΟΛΟ	294.000,00 €
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΟΥ (Α+Β+Γ)</b>			<b>946.496,00 €</b>

Πίνακας 1: Κόστος έργου

Για την εκτέλεση των εργασιών αυτών με βάση τα ανωτέρω προκύπτει ότι χρειάζεται δαπάνη αξίας 946.496,00€. Στον προϋπολογισμό αυτό δεν συμπεριλαμβάνονται οι μισθοί του μόνιμου προσωπικού και τα έκτακτα ημερομίσθια.



Το Καθαρό Κεφάλαιο Κίνησης αντιστοιχεί στους πόρους που χρειάζονται για να λειτουργήσει μια εταιρεία ολικά ή μερικά (αγορά πρώτων υλών, εφοδίων κλπ.) και προκύπτει από την παρακάτω σχέση:

$$\text{Καθαρό Κεφάλαιο Κίνησης} = \text{Τρέχον Ενεργητικό} - \text{Τρέχον Παθητικό}$$

Το Τρέχον Ενεργητικό ισούται με το άθροισμα των αποθεμάτων, των προπληρωμένων στοιχείων, των εισπρακτέων λογαριασμών και των μετρητών, ενώ το Τρέχον Παθητικό αποτελείται από τους πληρωτέους λογαριασμούς.

Στο σημείο αυτό, όμως, κρίνεται σκόπιμο να υπολογιστούν οι συνολικές ετήσιες αποσβέσεις του πάγιου ενεργητικού, οι οποίες ακολουθούν τη γραμμική (σταθερή) μέθοδο, κατά την οποία το αποσβεστέο κόστος (ισούται με το συνολικό αρχικό κόστος κτήσεως, αφού σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία η υπολειμματική αξία των παγίων θεωρείται ότι είναι ίση με το μηδέν) διαιρείται με τον αριθμό των ετών της ωφέλιμης διάρκειας ζωής (5 έτη) και το ποσό που προκύπτει αποτελεί το ετήσιο ποσό της απόσβεσης.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα ανωτέρω, παρατίθεται ο ακόλουθος τύπος υπολογισμού της ετήσιας απόσβεσης:

$$\text{Ετήσια Απόσβεση} = \text{Αξία Κτήσης Παγίου Στοιχείου} / \text{Ωφέλιμη Ζωή}$$

Αντικαθιστώντας τις αντίστοιχες τιμές του τύπου, προκύπτει ότι η ετήσια απόσβεση θα είναι ίση με:

$$\text{Ετήσια Απόσβεση} = 946.496,00 \text{ €} / 10 = 94.649,60 \text{ €}$$

#### 4.4.3 Ανάλυση λογιστικών καταστάσεων

Προκειμένου να λάβει χώρα η χρηματοοικονομική ανάλυση του υπό ανάλυση έργου, κρίνεται απαραίτητη η παρουσίαση των πιθανών εσόδων από τις πωλήσεις που αφορούν το συγκεκριμένο δίκτυο. Η αξία της συνδρομής προκύπτει με βάση την τιμολόγηση αντίστοιχων δικτύων σε άλλες περιοχές της Ελλάδας, υπολογίζοντας ένα μέσο όρο ανάμεσα σε επιλογές προγραμμάτων με ταχύτητες από 30 έως 100 Mbps. Ο αριθμός των χρηστών έχει υπολογισθεί να αυξάνεται σταδιακά από χρόνο σε χρόνο, λαμβάνοντας υπόψη τη ζήτηση που έχουν τα δίκτυα αυτά από τους χρήστες/συνδρομητές μέχρι να φτάσουν το μέγιστο αριθμό, που μπορούν

ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ FTTH

να εξυπηρετήσουν οι νέου τύπου καμπίνες. Τα αποτελέσματα των εσόδων για τα πρώτα δέκα έτη αποτυπώνονται στον παρακάτω πίνακα:

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
ΧΡΗΣΤΕΣ	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
ΝΕΟΙ ΧΡΗΣΤΕΣ	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
ΣΥΝΔΡΟΜΗ	600.00 €	600.00 €	600.00 €	600.00 €	600.00 €	600.00 €	600.00 €	600.00 €	600.00 €	600.00 €
ΕΣΟΔΑ	600,000.00 €	1,200,000.00 €	1,800,000.00 €	2,400,000.00 €	3,000,000.00 €	3,600,000.00 €	4,200,000.00 €	4,800,000.00 €	5,400,000.00 €	6,000,000.00 €

Πίνακας 2: Έσοδα από πωλήσεις

Στους επόμενους πίνακες αποτυπώνονται τα ετήσια έξοδα, τα οποία αφορούν νέες συνδέσεις αλλά και τη συντήρηση του δικτύου.

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
ΧΡΗΣΤΕΣ	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
ΝΕΟΙ ΧΡΗΣΤΕΣ	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΝΕΟΥ ΧΡΗΣΤΗ	270.00 €	270.00 €	270.00 €	270.00 €	270.00 €	270.00 €	270.00 €	270.00 €	270.00 €	270.00 €
ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΝΕΩ ΧΡΗΣΤΩΝ	270,000.00 €	270,000.00 €	270,000.00 €	270,000.00 €	270,000.00 €	270,000.00 €	270,000.00 €	270,000.00 €	270,000.00 €	270,000.00 €

Πίνακας 3: Έσοδα από νέες συνδέσεις

ΣΚΟΠΟΣ	ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ
ΔΙΑΘΕΣΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΔΙΚΤΥΟΥ	250,000.00 €
ΝΕΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ	270,000.00 €
	<b>520,000.00 €</b>

Πίνακας 4: Συνολικό ετήσιο κόστος

Επιπροσθέτως, για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης, θεωρείται εξαιρετικά χρήσιμη η κατασκευή ενός Πίνακα Χρηματικών Ροών, ο οποίος να περιγράφει τις μεταβολές τόσο των μονίμων κεφαλαίων, όσο και των προσωρινών ή μεταβλητών κεφαλαίων (αν υπάρχουν), διευκολύνοντας έτσι το χρηματοδοτικό προγραμματισμό του σχεδίου. Υπό αυτό το πρίσμα, οι προβλεπόμενες χρηματικές ροές, που αφορούν το υπό κατασκευή έργο (και όχι το σύνολο της εταιρείας διαχείρισης του οπτικού δικτύου πρόσβασης) παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ FTTH

ΕΤΟΣ	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Α. ΧΡΗΜΑΤΙΚΕΣ ΕΙΣΡΟΕΣ</b>	600,000.00 €	1,200,000.00 €	1,800,000.00 €	2,400,000.00 €	3,000,000.00 €	3,600,000.00 €	4,200,000.00 €	4,800,000.00 €	5,400,000.00 €	6,000,000.00 €
ΣΥΝΟΛΟ ΧΡΗΜΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €
ΕΣΟΔΑ ΑΠΟ ΠΩΛΗΣΕΙΣ	600,000.00 €	1,200,000.00 €	1,800,000.00 €	2,400,000.00 €	3,000,000.00 €	3,600,000.00 €	4,200,000.00 €	4,800,000.00 €	5,400,000.00 €	6,000,000.00 €
<b>Β. ΧΡΗΜΑΤΙΚΕΣ ΕΚΡΟΣΕΣ</b>	946,496.00 €	811,849.60 €	985,849.60 €	1,159,849.60 €	1,333,849.60 €	1,507,849.60 €	1,681,849.60 €	1,855,849.60 €	2,029,849.60 €	2,203,849.60 €
ΣΥΝΟΛΟ ΠΑΓΙΟΥ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟΥ	946,496.00 €									
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	0.00 €	520,000.00 €	520,000.00 €	520,000.00 €	520,000.00 €	520,000.00 €	520,000.00 €	520,000.00 €	520,000.00 €	520,000.00 €
ΑΠΟΣΒΕΣΗ ΠΑΓΙΟΥ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟΥ	94,649.60 €	94,649.60 €	94,649.60 €	94,649.60 €	94,649.60 €	94,649.60 €	94,649.60 €	94,649.60 €	94,649.60 €	94,649.60 €
ΦΟΡΟΣ ΕΙΣΟΔΗΜΑΤΟΣ	23,200.00 €	197,200.00 €	371,200.00 €	545,200.00 €	719,200.00 €	893,200.00 €	1,067,200.00 €	1,241,200.00 €	1,415,200.00 €	1,589,200.00 €
<b>ΠΛΕΟΝΑΣΜΑ</b>	<b>-946,496.00 €</b>	<b>388,150.40 €</b>	<b>814,150.40 €</b>	<b>1,240,150.40 €</b>	<b>1,666,150.40 €</b>	<b>2,092,150.40 €</b>	<b>2,518,150.40 €</b>	<b>2,944,150.40 €</b>	<b>3,370,150.40 €</b>	<b>3,796,150.40 €</b>
<b>ΣΥΣΣΟΡΕΥΜΕΝΟ ΤΕΜΕΛΙΑΚΟ ΥΠΟΛΟΙΠΟ</b>	<b>-37,849.60 €</b>	<b>350,300.80 €</b>	<b>1,164,451.20 €</b>	<b>2,404,601.60 €</b>	<b>4,070,752.00 €</b>	<b>6,162,902.40 €</b>	<b>8,681,052.80 €</b>	<b>11,625,203.20 €</b>	<b>14,995,353.60 €</b>	<b>18,791,504.00 €</b>

Πίνακας 5: Χρηματικές ροές

4.4.4 Μέθοδος Επανείσπραξης του Κόστους Επένδυσης

Η μέθοδος Επανείσπραξης του Κόστους της Επένδυσης (payback period method) δίνει τον αριθμό των ετών που απαιτούνται για να επανεισπραχθεί το κόστος του κεφαλαίου της αρχικής επένδυσης, μέσω των καθαρών ταμειακών ροών του προγράμματος. Η συγκεκριμένη μέθοδος παρέχει μια ένδειξη του κινδύνου και της ρευστότητας της επένδυσης, σύμφωνα με την οποία όσο βραχύτερη είναι η περίοδος επανείσπραξης τόσο λιγότερο επικίνδυνη είναι η επένδυση. Ωστόσο, η μέθοδος αυτή δε λαμβάνει υπόψη το μέγεθος και το χρόνο πραγματοποίησης των καθαρών ταμειακών ροών (ΚΤΡ) κατά τη διάρκεια της περιόδου επανείσπραξης, την οποία θεωρεί ως ενιαίο σύνολο και για το λόγο αυτό θα ήταν χρήσιμο να χρησιμοποιείται παράλληλα με άλλες μεθόδους αξιολόγησης της επένδυσης.

Αρχικά υπολογίζονται οι ετήσιες καθарές ταμειακές ροές (ΚΤΡ) που προβλέπεται να εμφανίσει το υπό μελέτη έργο. Η ΚΤΡ της επένδυσης για κάθε εξεταζόμενο έτος ορίζεται ως εξής:

$$\text{Καθαρή Ταμειακή Ροή} = \text{Ταμειακές Εισροές} - \text{Ταμειακές Εκροές} \text{ ή}$$

$$\text{Καθαρή Ταμειακή Ροή} = \text{Καθαρά Κέρδη} + \text{Αποσβέσεις}$$

Οι ταμειακές εισροές περιλαμβάνουν τα διάφορα οφέλη που προσδοκούνται από την επένδυση (πωλήσεις), ενώ στις ταμειακές εκροές περιλαμβάνεται κάθε ταμειακή εκροή που πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια ζωής του επενδυτικού σχεδίου. Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα ανωτέρω, ακολουθούν οι πίνακες υπολογισμού των καθαρών κερδών και των καθαρών ταμειακών ροών της επιχείρησης, όπως προβλέπεται να διαμορφωθούν κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου:

ΕΤΟΣ	ΠΩΛΗΣΕΙΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΚΕΡΔΗ ΠΡΟ ΦΟΡΩΝ	ΦΟΡΟΣ	ΚΑΘΑΡΑ ΚΕΡΔΗ
2021	600.000,00 €	520.000,00 €	80.000,00 €	23.200,00 €	56.800,00 €
2022	1.200.000,00 €	520.000,00 €	680.000,00 €	197.200,00 €	482.800,00 €
2023	1.800.000,00 €	520.000,00 €	1.280.000,00 €	371.200,00 €	908.800,00 €
2024	2.400.000,00 €	520.000,00 €	1.880.000,00 €	545.200,00 €	1.334.800,00 €
2025	3.000.000,00 €	520.000,00 €	2.480.000,00 €	719.200,00 €	1.760.800,00 €
2026	3.600.000,00 €	520.000,00 €	3.080.000,00 €	893.200,00 €	2.186.800,00 €
2027	4.200.000,00 €	520.000,00 €	3.680.000,00 €	1.067.200,00 €	2.612.800,00 €
2028	4.800.000,00 €	520.000,00 €	4.280.000,00 €	1.241.200,00 €	3.038.800,00 €
2029	5.400.000,00 €	520.000,00 €	4.880.000,00 €	1.415.200,00 €	3.464.800,00 €
2030	6.000.000,00 €	520.000,00 €	5.480.000,00 €	1.589.200,00 €	3.890.800,00 €

Πίνακας 6: Συνολικά Καθαρά Κέρδη

ΕΤΟΣ	ΚΑΘΑΡΑ ΚΕΡΔΗ	ΠΡΟΣΘΕΤΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗ	ΚΤΡ	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΚΤΡ
2021	56,800.00 €	94,649.60 €	-37,849.60 €	-37,849.60 €
2022	482,800.00 €	94,649.60 €	388,150.40 €	350,300.80 €
2023	908,800.00 €	94,649.60 €	814,150.40 €	1,164,451.20 €
2024	1,334,800.00 €	94,649.60 €	1,240,150.40 €	2,404,601.60 €
2025	1,760,800.00 €	94,649.60 €	1,666,150.40 €	4,070,752.00 €
2026	2,186,800.00 €	94,649.60 €	2,092,150.40 €	6,162,902.40 €
2027	2,612,800.00 €	94,649.60 €	2,518,150.40 €	8,681,052.80 €
2028	3,038,800.00 €	94,649.60 €	2,944,150.40 €	11,625,203.20 €
2029	3,464,800.00 €	94,649.60 €	3,370,150.40 €	14,995,353.60 €
2030	3,890,800.00 €	94,649.60 €	3,796,150.40 €	18,791,504.00 €

Πίνακας 7: Καθαρές Ταμειακές Ροές

Όπως λοιπόν προκύπτει από τον ανωτέρω πίνακα, η περίοδος επανείσπραξης του κόστους της επένδυσης θα είναι από το δεύτερο κιάλας έτος. Συνεπώς, βάσει της μεθόδου επανείσπραξης του κόστους, η παρούσα επένδυση κρίνεται ιδιαίτερα ελκυστική και πλέον αρχίζει να αποφέρει κέρδη από τον δεύτερο χρόνο.

#### 4.4.5 Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) / Net Present Value (NPV)

Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) είναι το άθροισμα των παρούσων αξιών των ταμειακών ροών κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου. Μετράει το πλεόνασμα ή την έλλειψη ταμειακών ροών, σε όρους παρούσας αξίας, σε σχέση με το κόστος κεφαλαίων (cost of funds) που χρησιμοποιήθηκαν για μια επένδυση. Παρούσα αξία είναι η αξία μιας αναμενόμενης ταμειακής εισροής κατά την ημερομηνία της αποτίμησης. Η παρούσα αξία είναι πάντα μικρότερη ή ίση με την μελλοντική αξία του ποσού λόγω της μεταβολής του χρήματος κατά τη διάρκεια του

χρόνου, δηλαδή την διαχρονική αξία του χρήματος. Μία ταμειακή ροή σήμερα δεν έχει την ίδια αξία με μία ισόποση ταμειακή ροή στο μέλλον.

Η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) είναι ένα χρήσιμο εργαλείο που χρησιμοποιείται στην οικονομική επιστήμη (economics), στα χρηματοοικονομικά (finance) και στη λογιστική (accounting) για να καθοριστεί αν μια επένδυση κρίνεται συμφέρουσα για να χρηματοδοτηθεί ή όχι. Η παρούσα αξία των αναμενόμενων ταμειακών ροών υπολογίζεται με την προεξόφληση τους χρησιμοποιώντας το κατάλληλο προεξοφλητικό επιτόκιο (discount rate).

- Μηδενική ΚΠΑ σημαίνει ότι τα έσοδα από το έργο αποπληρώνουν την αρχική επένδυση, χωρίς όφελος ή ζημιά για τον επενδυτή.
- Θετική ΚΠΑ σημαίνει ότι η επένδυση είναι κερδοφόρα.
- Αρνητική ΚΠΑ σημαίνει ότι η επένδυση καταλήγει σε ζημιά.
- Άρα αποδεκτή επένδυση είναι αυτή όπου  $NPV \geq 0$

Για να υπολογισθεί η καθαρή παρούσα αξία (NPV) μιας σειράς καθαρών ταμειακών ροών, προσθέτονται, αφού υπολογισθούν, οι παρούσες αξίες των ταμειακών ροών. Το άθροισμα που προκύπτει αφαιρείται από το κόστος επένδυσης και το τελικό αποτέλεσμα οδηγεί στο συμπέρασμα για το αν η επένδυση είναι κερδοφόρα ή μη.

$$ΚΠΑ = \sum_{t=1}^N \frac{\text{Ταμειακές Εισροές}}{(1+r)^t} - \text{Αρχική Επένδυση}$$

Όπου  $t$  η χρονική περίοδος

$N$  η χρονική διάρκεια της επένδυσης

$r$  το προεξοφλητικό επιτόκιο

Όπως προαναφέρθηκε πρέπει οι ΚΤΡ κάθε έτους να προεξοφληθούν. Αυτό συμβαίνει καθώς δεν μπορούν να συγκριθούν ποσά διαφορετικών χρονικών περιόδων λόγω του ότι η αξία του χρήματος δεν είναι ίδια με τη πάροδο του χρόνου (διαχρονική). Για το λόγο αυτό, όλα τα ποσά προεξοφλούνται και μεταφέρονται στο χρόνο 0 (t0) δηλαδή τη στιγμή που λαμβάνει χώρα η επένδυση. Τη στιγμή δηλαδή που εκταμιεύεται το ποσό της επένδυσης και με το ποσό αυτό θα γίνει και η σύγκριση για να καταλήξουμε στο εάν μας συμφέρει ή όχι η επένδυση αυτή. Η έννοια της χρονικής αξίας του χρήματος είναι συνδεδεμένη με την έννοια του τόκου (ή του πληθωρισμού) και αυτού που οι οικονομολόγοι ονομάζουν κόστος ευκαιρίας του χρήματος. Όπως θα φανεί πιο κάτω, όπου θα προεξοφληθούν οι ΚΤΡ, οι ονομαστικές ΚΤΡ είναι πολύ μεγαλύτερες από τις πραγματικές (προεξοφλημένες).

Για να προεξοφληθεί κάθε Καθαρή Ταμειακή Ροή, γίνεται χρήση του κάτωθι τύπου :

$$1\text{o έτος: } PV1 = KTP1 / (1+r)^1$$

$$2\text{o έτος: } PV2 = KTP2 / (1+r)^2$$

$$3\text{o έτος: } PV3 = KTP3 / (1+r)^3 \text{ κ.ο.κ. μέχρι το } 10\text{o έτος.}$$

Όπου  $r$  είναι ο συντελεστής προεξόφλησης. Στην περίπτωση αυτή είναι 7% (πηγή <https://finbox.com/>), συντελεστής προεξόφλησης κλάδου Τηλεπικοινωνιών για χώρες της Ευρώπης.

ΕΤΟΣ	ΚΤΡ	ΣΥΝΤ ΠΡΟΕΞΟΦΛΗΣΗΣ ( $r = 7\%$ )	ΚΠΑ
2021	-37,849.60 €	1.07	-35,373.46 €
2022	388,150.40 €	1.1449	339,025.59 €
2023	814,150.40 €	1.2250	664,589.24 €
2024	1,240,150.40 €	1.3108	946,104.80 €
2025	1,666,150.40 €	1.4026	1,187,942.21 €
2026	2,092,150.40 €	1.5007	1,394,088.15 €
2027	2,518,150.40 €	1.6058	1,568,177.51 €
2028	2,944,150.40 €	1.7182	1,713,522.34 €
2029	3,370,150.40 €	1.8385	1,833,138.52 €
2030	3,796,150.40 €	1.9672	1,929,770.37 €
		<b>ΣΥΝ ΚΠΑ</b>	<b>11,540,985.28 €</b>

Πίνακας 8: Καθαρή Παρούσα Αξία

Απομένει λοιπόν να υπολογισθεί το άθροισμα των προεξοφλημένων ταμειακών ροών και αυτό να συγκριθεί με το κόστος της επένδυσης, αν και είναι εμφανές ότι είναι κατά πολύ μεγαλύτερο,



άρα η επένδυσή είναι σίγουρα προσοδοφόρα και συμφέρουσα για την επιχείρηση που μελετάται.

Οπότε:

$$NPV = \Sigma(PVn) - \text{κόστος επένδυσης} \Rightarrow$$

$$NPV = 11.540985,28 \text{ €} - 946.496,00 \text{ €} = 10.594.489,28 \text{ €}$$

$$10.594.489,28 \text{ €} > 0$$

Συμπερασματικά, η επένδυση, κάνοντας χρήση της μεθόδου υπολογισμού της ΚΠΑ, αποδεικνύεται ιδιαίτερος κερδοφόρα και ελκυστική για την επιχείρηση.

#### 4.4.6 Δείκτης απόδοσης (PI)

Ο Δείκτης απόδοσης εκφράζει τη σχετική αποδοτικότητα της επένδυσης, ήτοι την απόδοση που αναλογεί σε κάθε επενδυόμενο € και είναι σημαντικός δείκτης στη λήψη της τελικής απόφασης.

Για να υπολογισθεί ο δείκτης απόδοσης υπάρχουν δύο τρόποι:

1. Αρκεί να διαιρεθεί το άθροισμα των παρούσων αξιών των μελλοντικών ταμειακών ροών με το κόστος επένδυσης. Αν το αποτέλεσμα είναι  $\geq 1$  τότε αυτομάτως η επένδυση γίνεται αποδεκτή.

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^N \frac{NCF}{(1+K)^t}}{IO}$$

2. Εδώ διαιρείται το άθροισμα των καθαρών μελλοντικών ταμειακών ροών (ΚΠΑ) με το κόστος επένδυσης. Στη περίπτωση αυτή μας ενδιαφέρει το γινόμενο να είναι  $\geq 0$ .

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^N \frac{NCF}{(1+K)^t} - IO}{IO}$$

Εφόσον όλοι αριθμοί που χρειάζονται για τον υπολογισμό του δείκτη έχουν υπολογισθεί προηγουμένως είναι σχετικά εύκολο να βρεθεί και ο δείκτης απόδοσης.

Μέθοδος 1η :  $11.540.985,28 \text{ €} / 946.496,00 \text{ €} = 12,19 \geq 1$

Μέθοδος 2η :  $10.554.489,28 \text{ €} / 946.496,00 \text{ €} = 11,19 \geq 0$

Διαπιστώνεται λοιπόν ότι οποιαδήποτε από τις δύο μεθόδους και αν χρησιμοποιηθεί, η επένδυση γίνεται αποδεκτή καθώς το αποτέλεσμα είναι κατά πολύ μεγαλύτερο των προαπαιτούμενων της κάθε μεθόδου. Επίσης, όσο τα εξαγόμενα αποτελέσματα είναι μεγαλύτερα των προαπαιτούμενων τόσο πιο δελεαστική και αποδοτικότερη είναι η επένδυση.

#### 4.4.7 Μέθοδος εσωτερικής απόδοσης (*Internal Rate of Return (IRR)*)

Η μέθοδος του εσωτερικού βαθμού απόδοσης (IRR) δείχνει την απόδοση ενός επενδυτικού προγράμματος. Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο το οποίο εξισώνει το άθροισμα των παρούσων αξία των ετήσιων ταμειακών ροών μετά από φόρους οι οποίες προέρχονται από την επένδυση, με το αρχικό κόστος του προγράμματος.

Άρα ο IRR είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο το οποίο μηδενίζει την καθαρή παρούσα αξία του προγράμματος.

Για τον υπολογισμό του IRR γίνεται χρήση του κάτωθι τύπου και λύνουμε ως προς IRR:

$$0 = C_0 + \frac{C_1}{(1 + IRR)^1} + \frac{C_2}{(1 + IRR)^2} + \dots + \frac{C_t}{(1 + IRR)^t}$$

#### **Προκύπτει:**

IRR = 1126% κατά πολύ μεγαλύτερο από το 7% (WACC).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### Συμπεράσματα και αξιολόγηση αποτελεσμάτων

Κρίνεται σαφές, σύμφωνα με τα εξαγόμενα συμπεράσματα, ότι η εν λόγω επένδυση, δηλαδή η δημιουργία δικτύου παροχής υπηρεσιών ευρυζωνικότητας με χρήση οπτικής ίνας έως το σπίτι του τελικού χρήστη (FTTH), είναι συμφέρουσα. Φαίνεται ότι θα είναι μελλοντικά εξαιρετικά επικερδής για την επιχείρηση, αυξάνοντας σημαντικά τη κερδοφορία της και το κύρος της στην εγχώρια και όχι μόνο αγορά των τηλεπικοινωνιών. Όσες μέθοδοι αξιολόγησης επένδυσης χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη αποδεικνύουν το προαναφερθέν. Ενδεικτικά να αναφέρουμε ότι το IRR υπολογίστηκε κατά πολύ μεγαλύτερο του WACC ενώ ο δείκτης απόδοσης είναι αισθητά μεγαλύτερος από το προαπαιτούμενο ώστε να κριθεί μία επένδυση συμφέρουσα. Αναφορικά με τη ΚΠΑ, μέθοδος που μεταφράζεται σε κέρδος ή ζημία, στην παρούσα περίπτωση το αποτέλεσμα είναι εντυπωσιακό σε βάθος 10ετίας και κατά πολύ μεγαλύτερο του αρχικού ποσού επένδυσης, κάτι που αποδεικνύει ότι η επιχείρηση μόνο κερδισμένη μπορεί να βγει από την επένδυση αυτή. Αν αναλογιστούμε ότι η επένδυση αναφέρεται σε δίκτυα τηλεπικοινωνιών, και ότι ένα μεγάλο ποσό της επένδυσης έχει χρησιμοποιηθεί για το μέσο μετάδοσης, την οπτική ίνα, αλλά και για τους τηλεπικοινωνιακούς εξοπλισμούς, είναι εύκολα αντιληπτό ότι και πέραν της 10ετίας, η επιχείρηση θα συνεχίσει να κερδίζει από την επένδυση αυτή, δεδομένου του ότι το υλικό από μόνο του είναι εξαιρετικά ανθεκτικό και πολύ εύκολα επεκτάσιμο και οι εξοπλισμοί ικανοί να είναι λειτουργικοί μακροπρόθεσμα. Επίσης, έχει γίνει μία πελατειακή πρόβλεψη η οποία ενδεχομένως εύκολα μπορεί να είναι μεγαλύτερη, καθώς πρόκειται για τεχνολογίες που με την πάροδο των ετών θα τυγχάνουν όλο και μεγαλύτερης αποδοχής από τον καταναλωτή.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. URL: <https://www.eett.gr/opencms/opencms/EETT/>
2. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΑΓΟΡΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ & ΤΑΧΥΔΡΟΜΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ. ΕΕΤΤ, 2019
3. Αξιολόγηση επένδυσης δημιουργίας δικτύου και παροχής υπηρεσιών ευρυζωνικότητας”, Διπλωματική εργασία, Δημήτριος Εμμανουήλ Αγγελάκης, Ιούνιος 2020
4. FTTH network economics: Key parameters impacting technology decisions, Network Planning - Bell Labs, Alcatel-Lucent Technologies S.Kulkarni, M.El-Sayed, P.Gagen, B.Polonsky, USA 2010
5. Μελέτη FTTH δικτύου σε επιλεγμένες περιοχές της Αθήνας με χρήση λογισμικού GIS, Διπλωματική εργασία, Λεωνίδα Κ. Αδαμόπουλος, Ιανουάριος 2020
6. URL: , 2015
7. URL: [Shaping Europe’s digital future | Shaping Europe’s digital future \(europa.eu\)](#)
8. URL: <http://www.vodafone.com>
9. Μοντέλο για Τεχνο-οικονομική ανάλυση δικτύων οπτικών ινών, Διπλωματική εργασία, Σπυρόνης Ιωάννης, 2011
10. Socio-economic impact of Fiberto-the-home (FTTH) in Sweden, Diploma thesis, Syed Aal-e-Raza, 2012
11. Οπτικές Υποδομές Δικτύων Πρόσβασης Νέας Γενιάς: Στρατηγικές Δημοτικής Ανάμειξης, Διδακτορική Διατριβή, Κωνσταντίνος Τρούλος, Αθήνα Φεβρουάριος 2012.
12. The socio-economic impact of FTTH, Dr René Arnold, Peter Kroon, Serpil Tas, Dr Sebastian Tenbrock, 2018
13. The Socio-Economic Benefits of FTTH, Dr. Iris Henseler-Unger, FTTH Conference 2018
14. Μοντέλο για Τεχνο-οικονομική ανάλυση Δικτύων Οπτικών Ινών, Διπλωματική εργασία, Αθανασοπούλου Αλεξία.
15. Casier K., "Techno-Economic Evaluation of a Next Generation Access Network Deployment in a Competitive Setting", PhD degree at the Faculty of engineering of the Ghent University, 2009