



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Η/Υ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**"Μοντέλο για Τεχνο-οικονομική ανάλυση  
Δικτύων Οπτικών Ινών**

**Αθανασοπούλου Αλεξία**

**A.M. 4078**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: κ. Χ.Μπούρας**

## **Ευχαριστίες**

Ξεκινώντας θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους εκείνους, που με μοναδικό τρόπο ο καθένας συντέλεσαν στην περάτωση των προπτυχιακών μου σπουδών.

Ευχαριστώ τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Χ. Μπούρα, για τη συνεχή καθοδήγηση και ενθάρρυνση. Τα σχόλια και οι υποδείξεις του αποτέλεσαν πολύτιμα εφόδια, καθώς και τον Δρ. Μηχανικό Ευάγγελο Καπούλα για τον χρόνο που μου διέθεσε απλόχερα σε κάθε βήμα εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας,όπως και για τις πολύτιμες συμβουλές του.

Ευχαριστώ όλους τους καθηγητές μου στο τμήμα Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Πατρών.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και όλους όσους με στήρηξαν, για την αμέριστη, ανιδιοτελή ψυχολογική και οικονομική συμπαράστασή τους σε όλα τα φοιτητικά μου χρόνια.



# Πίνακας Περιεχομένων

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>6</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ....</b>	<b>7</b>
2.1 Εισαγωγή .....	7
2.2 Βέλτιστες στρατηγικές για εξάπλωση της ευρυζωνικότητας.....	8
2.2.1 Το παράδειγμα των ΗΠΑ .....	10
2.2.2 Το παράδειγμα του Καναδά .....	11
2.2.3 Το παράδειγμα της Κορέας.....	11
2.2.4 Το παράδειγμα της Ιαπωνίας.....	12
2.3 Πλεονεκτήματα - Επίδραση Ευρυζωνικότητας .....	13
2.3.1 Οικονομικά οφέλη .....	14
2.3.2 Κοινωνικά οφέλη.....	16
2.3.3 Οφέλη για τον δημόσιο τομέα και ιδιωτικό τομέα .....	17
2.4 Επίδραση των δημογραφικών χαρακτηριστικών στην υιοθέτηση ευρυζωνικών υπηρεσιών .....	18
2.5 Επιπτώσεις ευρυζωνικότητας στην Οικονομία .....	20
2.5.1 Ευρυζωνικότητα και θέσεις εργασίας .....	20
2.5.2 Ευρυζωνικότητα και τρέχουσα οικονομική κρίση .....	23
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΟΠΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ .....</b>	<b>25</b>
3.1 Εισαγωγή .....	25
3.2 Οπτική τεχνολογία.....	26
3.3 Οπτικά στοιχεία - τεχνολογίες.....	27
3.3.1 Οπτικά στοιχεία .....	27
3.3.2 Οπτικές Τεχνολογίες .....	30
3.3.2 Τοπολογίες AON/PON οπτικών δικτύων .....	32
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ FTTX .....</b>	<b>36</b>
4.1 Εισαγωγή .....	36
4.2 Κατηγορίες - τοπολογίες δικτύων FTTx .....	36
4.3 Δομή δικτύων FTTx .....	37
4.4 Τεχνολογική υποδομή ενός δικτύου FTTx .....	40
4.4.1 Μέθοδοι εγκατάστασης καλωδίων σωλήνων .....	42
4.4.2 Υποδομή σωληνώσεων.....	42
4.4.3 Συστοιχίες μικρο-σωληνώσεων (Microduct bundles).....	43
4.4.4 Τύποι καλωδίων σωλήνων .....	44
4.5 Παρούσα κατάσταση δικτύων FTTx στην Ευρώπη και τον Κόσμο .....	45
4.6 Μελλοντική εξέλιξη δικτύων FTTH στην Ευρώπη και τον κόσμο .....	47
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΔΙΚΤΥΟΥ FTTX ...51</b>	
5.1 Εισαγωγή .....	51
5.2 Ανάλυση κόστους δικτύων FTTH .....	52
5.3 Κόστος CAPEX .....	54
5.3.1 Εισαγωγή.....	54
5.3.2 Παράγοντες που διαμορφώνουν το κόστος CAPEX ενός δικτύου FTTH .....	54
5.4 Κόστος OPEX .....	57
5.4.1 Εισαγωγή.....	57
5.4.2 Παράγοντες που διαμορφώνουν το κόστος OPEX ενός δικτύου FTTH .....	58
5.5 Μείωση κόστους δικτύου FTTH .....	59
5.5.1 Συνιστώσες κόστους Οπτικού Δικτύου .....	59
5.5.2 Τρόποι μείωσης κόστους CAPEX και OPEX .....	60
5.6 Πολιτική τιμολόγησης υπηρεσιών FTTH στην Ευρώπη.....	62
5.7 Επιχειρησιακή μελέτη δικτύου FTTH.....	64
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ FTTH .....</b>	<b>67</b>

6.1 Εισαγωγή .....	67
6.2 Μελέτη περίπτωσης (Case Study): Κατασκευή δικτύου FTTH στην πόλη της Λειβαδιάς .....	67
6.2.1 Περιγραφή του χρησιμοποιημένης τοπολογίας.....	67
6.2.2 Οικονομικό κόστος του δικτύου FTTH.....	70
6.3 Μελέτη Περίπτωσης (Case Study) 2: Κατασκευή δικτύου FTTH στην περιοχή του Κοσσόβου .....	74
6.3.1 Περιγραφή του χρησιμοποιημένης τοπολογίας.....	74
6.3.2 Οικονομικό κόστος του δικτύου FTTH.....	76
6.4 Μελέτη περίπτωσης (Case Study) 3: Κατασκευή δικτύου FTTH στην πόλη Γάνδη του Βελγίου.....	78
6.4.1 Περιγραφή του χρησιμοποιούμενου μοντέλου υπολογισμού .....	78
6.4.2 Οικονομικό κόστος του δικτύου FTTH.....	82
6.5 Μελέτη Περίπτωσης(Case Study) 4: Σύγκριση τοπολογιών GPON και P2P πυκνοκατοικημένης αστικής πόλης .....	87
6.6 Μελέτη Περίπτωσης (Case Study) 4: Σύγκριση τοπολογιών GPON και Active Ethernet για μία πυκνοκατοικημένη αστική πόλη .....	91
6.7 Συμπεράσματα από τα Case Studies .....	92

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 - ΧΡΟΝΟΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ FTTH** .....97

7.1 Εισαγωγή .....	97
7.2 Ανάλυση βασικών δεικτών επιδόσεων για δίκτυο FTTx.....	98
7.3 Μοντέλο για την τεχνο- οικονομική ανάλυση ενός δικτύου FTTx.....	101
7.3.1 Εισαγωγή.....	101
7.3.2 Χρήση του μοντέλου σε διαφορετικές πληθυσμιακές περιοχές .....	102
7.3.3 Συμπεράσματα.....	105
7.4 Χρήση του μοντέλου στο Επιχειρησιακό Πλάνο της εταιρίας B4RN.....	107
7.4.1 Εισαγωγή.....	107
7.4.2 Προτάσεις από την εταιρία B4RN για την υλοποίηση δικτύου FTTx .....	109
7.4.3 Χρήση του Μοντέλου για την κοστολόγηση/βιωσιμότητα του δικτύου .....	111

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ..... 113**

### **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α - ΕΘΝΙΚΕΣ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΟΔΗΓΙΑ 97/33/ΕΚ115**

### **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β- ΠΗΓΑΙΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ .....** 118

### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....** 122

## Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή

Τα δίκτυα νέας γενιάς και οι ψηφιακές υποδομές αποτελούν το μέλλον της τηλεπικοινωνιών και της πληροφορικής, κυρίως λόγω του τεράστιου εύρους ζώνης και των υψηλών ρυθμών μετάδοσης που παρέχουν, υποστηρίζοντας τόσο τις σημερινές, όσο και τις μελλοντικές εφαρμογές καθώς και τις προσφερόμενες μέσα από αυτές υπηρεσίες. Τα δίκτυα νέας γενιάς μπορούν να αναπτυχθούν οικονομικά και αποδοτικά χρησιμοποιώντας σύνθετες λύσεις κυρίως για την εγκατάσταση της παθητικής τους υποδομής. Στην ερώτηση για το αν είναι απαραίτητα τέτοια σύγχρονα δίκτυα νέας γενιάς και νέες ψηφιακές υποδομές, η απάντηση είναι η χρήση τους είναι όχι μόνο απαραίτητη αλλά και επιβεβλημένη.

Οι τεχνολογίες αιχμής, τα δίκτυα νέας γενιάς και οι ψηφιακές υποδομές είναι απολύτως απαραίτητα για την αναβάθμιση της ποιότητας ζωής, εξασφαλίζοντας αποδοτικότερες υποδομές, οι οποίες θα κληθούν να ικανοποιήσουν όλες τις μελλοντικές απαιτήσεις σε εύρος ζώνης και σε ταχύτητα όλων των σύγχρονων εφαρμογών που απαιτούν ένα τεράστιο πλήθος συναλλαγών. Διεθνείς εξειδικευμένοι φορείς και οργανισμοί όπως π.χ. ο Ο.Ο.Σ.Α<sup>1</sup> συμφωνούν απόλυτα ότι το μέλλον ανήκει στα δίκτυα πρόσβασης οπτικών ινών (FTTX)<sup>2</sup>. Πιο συγκεκριμένα διαπιστώθηκε ότι τα FTTH<sup>3</sup> δίκτυα παρέχουν την καλύτερη απόδοση ανά τελικό χρήστη αναφορικά με το εύρος ζώνης και την διατηρησιμότητα τους και ως εκ τούτου θα επικρατήσουν στο μέλλον έναντι όλων των άλλων εναλλακτικών λύσεων.

Ο καταίγισμός των πληροφοριών και η ολοένα αυξανόμενη ζήτηση για νέες υπηρεσίες με μεγάλο εύρος ζώνης οδήγησαν τους τηλεπικοινωνιακούς φορείς/παρόχους στην αλλαγή του τηλεπικοινωνιακού τους δικτύου πρόσβασης από το παραδοσιακό δίκτυο διανομής χαλκού σε εκείνο που χρησιμοποιεί τις σύγχρονες λύσεις των οπτικών ινών. Η ίνα φθάνει πλέον στο χώρο του και ανοίγει νέους ορίζοντες για την ανάπτυξη της επιχειρηματικότητας αλλά και με την πρόσβαση σε νέες υπηρεσίες και σε υψηλό επίπεδο ψυχαγωγία.

---

1 Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (Organization for Economic Co-operation and Development - OECD): διεθνής οργανισμός εκείνων των αναπτυγμένων χωρών που υποστηρίζουν τις αρχές της αντιπροσωπευτικής δημοκρατίας και της οικονομίας της ελεύθερης αγοράς.

2 FTTx (Fiber to the x): οποιαδήποτε αρχιτεκτονική που χρησιμοποιεί οπτική ίνα για την αντικατάσταση μέρους ή όλου του χαλκού ή άλλων τεχνολογιών σε ένα δίκτυο.

3 FTTH (Fiber-to-the-Home): Οπτική ίνα μέχρι το σπίτι.

## Κεφάλαιο 2 - Ευρυζωνικότητα και οικονομικές επιπτώσεις

### 2.1 Εισαγωγή

Gordon Brown (πρώην πρωθυπουργός του Ηνωμένου Βασιλείου): *"Μία γρήγορη σύνδεση στο Internet θεωρείται πλέον από την μεγάλη πλειοψηφία του κοινού ως μια βασική υπηρεσία το ίδιο απαραίτητη όσο και η ηλεκτρική ενέργεια, το φυσικό αέριο και το νερό"*.

Αρχικά ο όρος *ευρυζωνικότητα (broadband)* αναφερόταν στη ποσότητα της πληροφορίας που μπορούσε να μεταφερθεί μέσω ενός τηλεπικοινωνιακού καναλιού. Σήμερα ο όρος αυτός γίνεται αντιληπτός ως μία υπηρεσία που επιτρέπει αξιόπιστη, υψηλής ταχύτητας μετάδοση δεδομένων, φωνής και βίντεο μέσω του Internet. Η συνδεσιμότητα των παρεχόμενων ευρυζωνικών υπηρεσιών αποτελεί ένα βασικό στοιχείο έτσι ώστε να καταστούν οι ΤΠΕ<sup>4</sup> διαθέσιμοι πόροι οικονομικά προσιτοί και ταυτόχρονα αξιόπιστοι για πολίτες και επιχειρήσεις σε όλο τον κόσμο [1].

Ένας εναλλακτικός ορισμός είναι αυτός που αναφέρει ότι η ευρυζωνικότητα είναι ένα προηγμένο και καινοτόμο περιβάλλον αποτελούμενο από γρήγορες συνδέσεις με το διαδίκτυο και κατάλληλες δικτυακές υποδομές για την ανάπτυξη νέων προϊόντων και υπηρεσιών [2]. Η ευρυζωνικότητα αποτελεί ένα περιβάλλον παροχής γρήγορων συνδέσεων στο Διαδίκτυο σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού, με ανταγωνιστικές τιμές, χωρίς εγγενείς περιορισμούς στα συστήματα μετάδοσης και τον τερματικό εξοπλισμό των επικοινωνούντων άκρων. Με την κατάλληλη δικτυακή υποδομή, μπορεί να επιτρέπεται η κατανομημένη ανάπτυξη δικτυακών εφαρμογών και πληροφοριακών υπηρεσιών, να δίνεται η δυνατότητα αδιάλειπτης σύνδεσης των χρηστών σε αυτές και ταυτόχρονα να ικανοποιούνται οι διαφορετικές ανάγκες των εφαρμογών σε εύρος ζώνης, αναδραστικότητα και διαθεσιμότητα. Επίσης είναι σημαντική η δυνατότητα του πολίτη να επιλέγει ανάμεσα σε εναλλακτικές προσφορές σύνδεσης που ταιριάζουν στον εξοπλισμό του, μεταξύ διαφορετικών δικτυακών εφαρμογών και επίσης διαφορετικών υπηρεσιών πληροφόρησης και ψυχαγωγίας.

Καθώς η εξέλιξη της ευρυζωνικότητας συνεχίζεται, ο ολοένα και αυξανόμενος ανταγωνισμός στην αγορά ευρυζωνικών υπηρεσιών, αναγκάζει τους Παρόχους Υπηρεσιών Διαδικτύου τέτοιων υπηρεσιών να σχεδιάσουν τις στρατηγικές τους με τέτοιο

---

<sup>4</sup> ΤΠΕ (ICT): Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών (Information and Communication Technology) είναι το σύνολο των επαγγελματικών χώρων οι οποίοι σχετίζονται με τη μελέτη, σχεδίαση, ανάπτυξη, υλοποίηση, συντήρηση και διαχείριση υπολογιστικών πληροφοριακών συστημάτων, κυρίως αναφορικά με εφαρμογές λογισμικού και υλικού υπολογιστών.

τρόπο έτσι ώστε να παρέχουν ταυτόχρονα υπηρεσίες φωνής, δεδομένων και video μέσω μιας απλής σύνδεσης. Τα τελευταία χρόνια με την εξέλιξη του Internet , αυξάνονται αντίστοιχα και οι απαιτήσεις για εφαρμογές μεγάλου εύρους ζώνης, όπως π.χ. ο διαμοιρασμός αρχείων και Τηλεργασία.

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 [3].

Η ευρυζωνικότητα μπορεί να επιτευχθεί με διάφορες τεχνικές, αλλά ξεχωρίζει η τεχνική των οπτικών ινών που παρέχει απεριόριστες δυνατότητες εύρους ζώνης, έχει μεγάλη αξιοπιστία και είναι σχετικά φθηνή στην εγκατάσταση της. Για το λόγο αυτό φαίνεται να υπερισχύει έναντι των άλλων ευρυζωνικών τεχνολογιών. Ωστόσο υπάρχουν και πολλές ασύρματες τεχνολογίες, όπως και τεχνολογίες χαλκού οι οποίες αναπτύσσονται επίσης με μεγάλους ρυθμούς και μερικές εξ' αυτών έχουν μέχρι στιγμής καταφέρει να ανταποκριθούν στις συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις από την μεριά των καταναλωτών [4].

## **2.2 Βέλτιστες στρατηγικές για εξάπλωση της ευρυζωνικότητας**

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.

Με τον όρο αυτό νοούνται όλες εκείνες οι ενέργειες, οι στρατηγικές, οι πρακτικές και οι νόμοι που έχουν θεσπιστεί από χώρες, πόλεις ή κοινότητες και αφορούν την



εξάπλωση και τη διάχυση της ευρυζωνικότητας σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερα τμήματα πληθυσμών. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη και εξάπλωση της ευρυζωνικότητας είναι πολλοί με πιο σημαντικούς τους εξής: το ρυθμιστικό πλαίσιο αλλά και το τεχνολογικό επίπεδο των χωρών στις οποίες αναπτύσσεται η ευρυζωνικότητα, τις τεχνολογικές εξελίξεις και την ανάγκη των χρηστών για γρηγορότερη πρόσβαση στις επιθυμητές πληροφορίες, το κόστος των παρεχόμενων υπηρεσιών, τις εξελίξεις και βελτιώσεις των ευρυζωνικών υπηρεσιών κ.λ.π.

Για την αξιολόγηση των βέλτιστων πρακτικών ευρυζωνικότητας, χρησιμοποιούνται δύο δείκτες: (α) ο δείκτης βέλτιστων πρακτικών (Best Practice Index - BPI) που δείχνει ότι μια χώρα ακολούθησε μερικές από τις καλύτερες πρακτικές σε όλο τον κόσμο για την υποστήριξη της ανάπτυξης ευρυζωνικών υπηρεσιών και (β) ο δείκτης καλών πρακτικών (Good Practice Index - GPI) που δείχνει ότι μια χώρα ακολούθησε μερικές από τις καλές πρακτικές σε όλο τον κόσμο για την υποστήριξη της ανάπτυξης της ευρυζωνικότητας. Οι δείκτες αυτοί καθορίζονται με τη βοήθεια διαφορετικών κριτηρίων όπως:

- Η διείσδυση της ευρυζωνικότητας και του Διαδικτύου ανά 100 κατοίκους καθώς και ο ρυθμός αύξησης της διείσδυσης των ανωτέρω,
- Οι επενδύσεις των κρατών σε ΤΠΕ,
- Το επίπεδο ανταγωνισμού στις τηλεπικοινωνίες,
- Η οικονομική δυνατότητα ενός χρήστη για αγορά ευρυζωνικότητας (εκφράζεται από το κόστος 1 Kbps/\$),
- Τα ετήσια μέσα ποσοστά αύξησης του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος (ΑΕΠ) ανά ώρα εργασίας,
- Η βαθμολογία μιας χώρας σε σχέση με την ψηφιακή ετοιμότητα (e-readiness) [5].

Στη συνέχεια παρουσιάζονται και επεξηγούνται παραδείγματα τέτοιων βέλτιστων πρακτικών που έχουν υιοθετηθεί από τις κυβερνήσεις διαφόρων χωρών (όπως π.χ. Ιαπωνία, Η.Π.Α, Καναδάς) με σκοπό την ανάπτυξη της ευρυζωνικότητας τόσο μέσω ενσύρματων όσο και ασύρματων τρόπων πρόσβασης. Σε αυτά, αποδεικνύεται ότι οι κυβερνήσεις πρέπει να δημιουργήσουν και να ενισχύσουν ένα ευνοϊκό επιχειρηματικό περιβάλλον που θα οδηγήσει στην ανάπτυξη των τεχνολογιών ΤΠΕ και κατ' επέκταση στην ευρυζωνικότητα.

### 2.2.1 Το παράδειγμα των ΗΠΑ

Παρά το γεγονός ότι το κράτος αυτό υστερεί σημαντικά σε αρκετούς δείκτες της ανάπτυξης των υποδομών ΤΠΕ, έχει πετύχει μια παγκόσμια κυριαρχία σε αρκετές αγορές ΤΠΕ με τη βοήθεια της κυβέρνησης. Το μοντέλο των ΗΠΑ για την ανάπτυξη των ΤΠΕ και συγκεκριμένα της ευρυζωνικότητας ευνοεί τον επιχειρηματικό κόσμο και τις ιδιωτικές επιχειρήσεις σε συνδυασμό με την άμεση και έμμεση οικονομική ενίσχυση από την κυβέρνηση. Εστίες υψηλής τεχνολογίας όπως η Silicon Valley στην Καλιφόρνια, έχουν αποδείξει την ύπαρξη σημαντικών παραγόντων για την ανάπτυξη της ευρυζωνικότητας. Παρακάτω αναφέρονται οι πιο σημαντικοί από αυτούς.

- Το ανοιχτό περιβάλλον που υπάρχει στον χώρο των επιχειρήσεων έχει ως αποτέλεσμα τον ισχυρότερο ανταγωνισμό αλλά και την ανταλλαγή γνώσεων. Η δικτύωση των επιχειρήσεων αποτελεί μια σημαντική τεχνολογική καινοτομία, επειδή απαρτίζεται από δίκτυα υψηλής ευρυζωνικότητας.
- Πανεπιστήμια και ερευνητικά ιδρύματα αλληλεπιδρούν με την βιομηχανία και έτσι ενθαρρύνεται η γρήγορη ανταλλαγή δεδομένων μέσω δικτύων υψηλής ευρυζωνικότητας.
- Η συνεργασία μεταξύ επιχειρήσεων, κυβέρνησης και μη κυβερνητικών οργανώσεων απαιτεί την χρήση δικτύων υψηλών ταχυτήτων.
- Η εξειδικευμένη υποδομή πολλών επιχειρήσεων πρέπει να παρέχει πρόσβαση σε συμβούλους, δικηγόρους, επιχειρηματικά κεφάλαια αλλά και ανθρώπους ανειδίκευτους. Μια επιτυχημένη συνεργασία όλων των ανωτέρω απαιτούνται δίκτυα υψηλής ευρυζωνικότητας

Αλλά έθνη, όπως ο Καναδάς, η Ιαπωνία και η Κορέα θεωρούν ότι για να επιτευχθεί η μέγιστη ανάπτυξη της ευρυζωνικότητας, πρέπει οι κυβερνήσεις να έχουν το σημαντικότερο λόγο στην ανάπτυξη των τεχνολογιών ΤΠΕ, ενώ στις ΗΠΑ θεωρούν ότι είναι πιο αποτελεσματικό να θεσπιστεί ένα ευέλικτο επιχειρηματικό περιβάλλον χωρίς μεγάλη συμμετοχή του κράτους. Τα έθνη μπορούν να πετύχουν μια σημαντική ανάπτυξη των ΤΠΕ αν δημιουργήσουν, ελέγξουν και ενισχύσουν ένα ευνοϊκό επιχειρηματικό περιβάλλον. Αυτό το περιβάλλον πέρα από την ικανότητα ανάπτυξης τεχνολογικών πάρκων, θα μπορέσει επίσης να πετύχει τα εξής:

- τη συνεργασία τόσο σε βασική όσο και σε εφαρμοσμένη έρευνα με ερευνητικά ινστιτούτα και εργαστήρια,
- τη διευκόλυνση της πρόσβασης σε επιχειρηματικά κεφάλαια,

- τη διαθεσιμότητα επαγγελματικής, τεχνικής, διοικητικής και νομικής βοήθειας,
- μια δίκαιη και διαφανή επιχειρηματική υποδομή.

### 2.2.2 Το παράδειγμα του Καναδά

Η Καναδική κυβέρνηση είχε ξεκινήσει ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 μια σειρά πρωτοβουλιών για την ανάπτυξη των ΤΠΕ. Το Υπουργείο Βιομηχανίας της χώρας κατάστρωσε μία στρατηγική που θα καθιστούσε τη χώρα αυτή την πιο συνδεδεμένη στον κόσμο. Για την επίτευξη της ανάπτυξης των ΤΠΕ, προωθήθηκε η on-line πρόσβαση, και αναπτύχθηκε το ηλεκτρονικό εμπόριο και η παροχή υπηρεσιών ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.

Η ομάδα εργασίας (Task Force) που είχε συσταθεί για το σκοπό αυτό, ανέπτυξε μία σειρά δραστηριοτήτων έτσι ώστε όλες οι κοινωνικές ομάδες της χώρας, συμπεριλαμβανομένων των μικρών επιχειρήσεων και των οικιακών χρηστών, να μπορούν να έχουν πρόσβαση στο Διαδίκτυο με ταχύτητες διέλευσης άνω των 1.5 Mbits/sec. Επίσης διατύπωσε την άποψη ότι η τοπική ευρυζωνική υποδομή πρέπει να επεκταθεί σε σχολεία, δημόσιες βιβλιοθήκες και άλλα δημόσια σημεία πρόσβασης μέσω δύο μοντέλων:

- ένα κυβερνητικό μοντέλο που ακολουθεί την σχεδίαση top-down<sup>5</sup> και το οποίο δημιουργεί υποδομές ευρυζωνικών δικτύων και κίνητρα επενδύσεων προς την κατεύθυνση αυτή.
- ένα συγκεντρωτικό μοντέλο που ακολουθεί την σχεδίαση bottom-up<sup>6</sup> όπου η κυβέρνηση χρηματοδότησε πιλοτικά προγράμματα και η παροχή ηλεκτρονικών δημόσιων υπηρεσιών βοήθησε στην ανάπτυξη επαρκούς ζήτησης τόσο για την υπάρχουσα χωρητικότητα του δικτύου όσο και την κατασκευή νέων καταστάσεων.

### 2.2.3 Το παράδειγμα της Κορέας

Η Κορεάτικη κυβέρνηση κατήρτισε ένα πλάνο δράσης, όταν το Υπουργείο Πληροφοριών και Επικοινωνιών διατύπωσε ένα όραμα για μία οικονομία βασισμένη στη γνώση, όπου κάθε πολίτης θα έχει πρόσβαση σε ένα προσωπικό υπολογιστή, η κυβέρνηση θα επισπεύσει την ανάπτυξη της πληροφοριακής υποδομής και όλοι οι

<sup>5</sup> Top-down: Η διαδικασία της σχεδίασης ενός συστήματος, προσδιορίζοντας τις σημαντικές συνιστώσες, χρησιμοποιώντας σε χαμηλότερο επίπεδο τις συνιστώσες και διαδοχικές προσεγγίσεις έως ότου επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο λεπτομερειών.

<sup>6</sup> Bottom-up: Η διαδικασία της σχεδίασης ενός συστήματος, προσδιορίζοντας τα χαμηλού επιπέδου στοιχεία. Η σχεδίαση κάθε στοιχείου γίνεται χωριστά και στη συνέχεια γίνεται η σχεδίαση μιας δομής για την ενσωμάτωση του χαμηλού επιπέδου στοιχείων σε υποσυστήματα, μέχρι να ολοκληρωθεί η σχεδίαση.

εμπλεκόμενοι φορείς στον τομέα των ΤΠΕ θα συνεργαστούν για την αύξηση της παραγωγικότητας, της απασχόλησης, των εξαγωγών. Για την επίτευξη αυτών των στόχων, προτάθηκε μια σειρά πρωτοβουλιών όπως:

- προσπάθειες των αρχών για ενθάρρυνση των επενδύσεων υποδομής από υπάρχοντες αλλά και νεοεισερχόμενους στην αγορά φορείς,
- άμεση χρηματοδότηση, δάνεια και ευνοϊκή φορολογική μεταχείριση για την κατασκευή νέων ευρυζωνικών δικτύων υψηλής χωρητικότητας,
- οικονομική ενίσχυση για ερευνητικά, αναπτυξιακά και τεχνολογικά project,
- επιδότηση για αγορά προσωπικών υπολογιστών από πολίτες με χαμηλά εισοδήματα,
- προώθηση ψηφιακού αναγραμματισμού, συμπεριλαμβανομένης της ικανότητας χρήσης τεχνολογιών πληροφορικής για την αλληλεπίδραση για την κυβέρνηση και την απόκτηση πληροφοριών, επικοινωνίας και ψυχαγωγίας,
- Υποστήριξη ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, ηλεκτρονικής εκπαίδευσης, ηλεκτρονικού εμπορίου και άλλων βασισμένων στις ΤΠΕ υπηρεσιών.

#### **2.2.4 Το παράδειγμα της Ιαπωνίας**

Η Ιαπωνία ανέπτυξε μία στρατηγική για υψηλού επιπέδου πληροφορίες, με φιλόδοξους στόχους όπως την βελτίωση των υποδομών, των ανθρώπινων πόρων, το ηλεκτρονικό εμπόριο, την ηλεκτρονική διακυβέρνηση και την ασφάλεια των δικτύων. Σε αντίθεση με την Κορέα, η Ιαπωνία πέτυχε μία ταχεία ανάπτυξη των πλέων προηγμένων τηλεπικοινωνιών στο κόσμο και των δικτύων πληροφόρησης. Η στρατηγική αυτή πέτυχε τη σύνδεση 30 εκατομμυρίων νοικοκυριών σε υψηλές ταχύτητες πρόσβασης στο Internet και την παροχή των υψηλότερων ταχυτήτων σύνδεσης στο κόσμο σε συνδυασμό με το χαμηλότερο κόστος ανά Mbit.

Το κλειδί επιτυχίας στον τομέα της ευρυζωνικότητας από έθνη όπως ο Καναδάς, η Κορέα, η Ιαπωνία βρίσκεται στην αποτελεσματική αλλαγή του κανονιστικού περιβάλλοντος χωρίς να προκληθεί μια παρατεταμένη δαπανηρή περίοδος, όπως αυτή που είχε ανατρέψει την πρόοδο στις ΗΠΑ. Τα έθνη μπορούν να χρησιμοποιήσουν ρυθμιστικές διατάξεις για να προωθήσουν τον ανταγωνισμό με σταδιακή απελευθέρωση κλειστών τομέων όπως οι τηλεπικοινωνίες. Προοδευτικές φορολογικές πολιτικές, συμπεριλαμβανομένων των επενδύσεων και των εκπτώσεων φόρου τονώνουν την αγορά και δίνουν κίνητρα σε υποδομές H/Y. Οι εθνικές ρυθμιστικές αρχές πρέπει να βρουν ένα

τρόπο για να δημιουργήσουν κίνητρα για επενδύσεις σε υποδομές που απαιτούνται για την παροχή υψηλής ταχύτητας ευρυζωνικών υπηρεσιών.

Η βασική κινητήρια δύναμη έγκειται στην ανάπτυξη ενός βιώσιμου ανταγωνισμού σε κάθε μία από τις τεχνολογίες που παρέχουν ευρυζωνικές υπηρεσίες, όπως π.χ. οι τεχνολογίες χαλκού και η χρήση οπτικών ινών αλλά και οι επιχειρήσεις καλωδιακής τηλεόρασης. Ως αποτέλεσμα του ανταγωνισμού από τις παραδοσιακές τηλεφωνικές υπηρεσίες, οι υφιστάμενοι φορείς έχουν μικρά περιθώρια και περιορισμένες δυνατότητες για την τιμολόγηση των βασικών προϊόντων τους και όντας αντιμέτωπες με τέτοιο ανταγωνισμό, πρέπει να διαφοροποιήσουν τις υπηρεσίες τους και να ακολουθήσουν νέους δρόμους κέρδους όπως οι ασύρματες υπηρεσίες καθώς και υπηρεσίες δεδομένων.

Οι αναπτυγμένες χώρες, όπως οι Η.Π.Α. και η Γερμανία, πρέπει να βασίζονται περισσότερο στις ΤΠΕ αγορές για να αποκτήσουν ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα που παράγουν πλούτο και στηρίζουν τα υφιστάμενα πρότυπα διαβίωσης. Αυτά τα έθνη δεν θα πρέπει απλά να υποθέσουν ότι οι αναπτυσσόμενες χώρες θα χρησιμοποιηθούν σε ένα μεγάλο βαθμό ως ανεκμετάλλευτες αγορές ή ως χαμηλού κόστους έθνη συναρμολόγησης και κατασκευής προϊόντων.

Για αυτές τις χώρες, η ανάπτυξη των ΤΠΕ δημιουργεί νέους κινδύνους και ανασφάλεια υπό το πρίσμα της απώλειας πολλών θέσεων απασχόλησης, αλλά από την άλλη μεριά οι τεχνολογίες ΤΠΕ τις βοηθούν να γίνουν καινοτόμες και να έχουν ένα χαμηλό κόστος συναρμολόγησης. Επίσης αναπτυσσόμενα έθνη όπως η Κίνα, έχουν ήδη καταξιωθεί ως κατασκευαστές ελάχιστου κόστους, χρησιμοποιώντας την πνευματική ιδιοκτησία που αναπτύχθηκε αλλού. Η ανάπτυξη των ΤΠΕ παρέχει για ορισμένες αναπτυσσόμενες χώρες τη δυνατότητα να γίνουν κάτι περισσότερο από απλοί δικαιούχοι και χρήστες μιας υπάρχουσας τεχνολογίας και επιτρέπει στις αναπτυγμένες χώρες να διατηρήσουν το συγκριτικό τους πλεονέκτημα έναντι των αναπτυσσόμενων αλλά και να προωθήσουν την έρευνα και την επιχειρηματικότητα. Με λίγα λόγια οι ΤΠΕ παρέχουν ευκαιρίες για όλα τα έθνη [6].

### **2.3 Πλεονεκτήματα - Επίδραση Ευρυζωνικότητας**

*"Η ευρυζωνικότητα δεν είναι απλά μια υποδομή, αλλά είναι μια τεχνολογία ειδικού σκοπού που μπορεί ουσιαστικά να αναδιαρθρώσει μία οικονομία". (World Bank, 2009).*

Τα ευρυζωνικά δίκτυα μπορούν να προσπελαστούν μέσω μίας ποικιλίας ενσύρματων και ασύρματων υπηρεσιών, κάθε μία από τις οποίες προσφέρει μοναδικά πλεονεκτήματα στην ταχύτητα, την αξιοπιστία και το προσιτό κόστος. Οι χρήστες

μπορούν να έχουν πρόσβαση στις ευρυζωνικές υπηρεσίες μέσω μιας μεγάλης ποικιλίας εξοπλισμού, όπως επιτραπέζιοι και φορητοί υπολογιστές, netbook, κινητά τηλέφωνα και smartphones. Στον πίνακα 1 που ακολουθεί [1], φαίνονται οι συνδρομητές ευρυζωνικότητας και το ποσοστό διείσδυσης της σε διάφορες χώρες περί τα τέλη του 2009.

### 2.3.1 Οικονομικά οφέλη

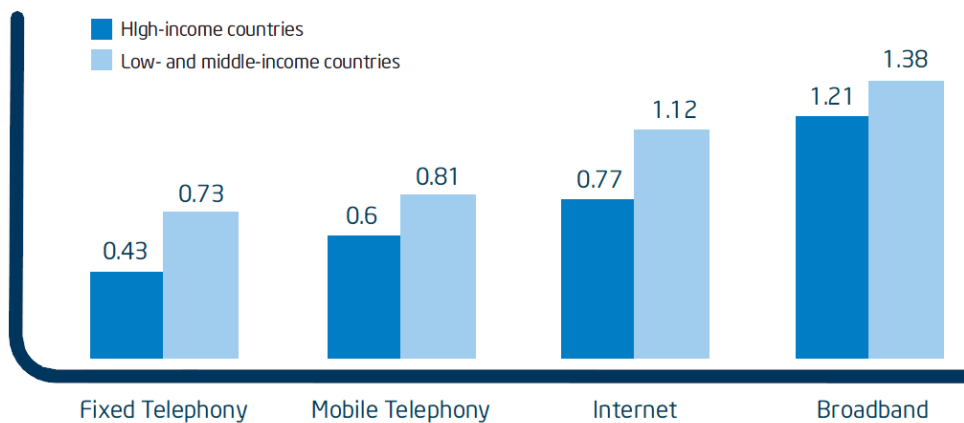
Στην συνέχεια εστιάζουμε στα οικονομικά πλεονεκτήματα της ευρυζωνικότητας. Στις αναπτυσσόμενες οικονομίες κάθε αύξηση κατά 10% της διείσδυσης της ευρυζωνικότητας, επιταχύνει την οικονομική ανάπτυξη κατά περίπου 1.38 ποσοστιαίες μονάδες (μεγαλύτερη αύξηση σε σχέση με άλλες τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες [1]).

**Πίνακας 1 Συνδρομητές και ποσοστό διείσδυσης ευρυζωνικότητας (TeleGeography, ©2010 PriMetrica, Inc.)**

Region	Fixed & Wireless Broadband* Subscribers (million)	Market Penetration Rate (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>

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. Στην εικόνα 1 που ακολουθεί, παρουσιάζεται η επίδραση των τηλεπικοινωνιών στην αύξηση του ΑΕΠ [16], η οποία είναι μεγαλύτερη σε χώρες με χαμηλές και μεσαίες οικονομίες. Έτσι προκύπτει το συμπέρασμα ότι 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<sup>7</sup>. 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.

<sup>7</sup> Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (Α.Ε.Π) είναι η συνολική αξία σε χρηματικές μονάδες των τελικών αγαθών και υπηρεσιών που παράγονται σε μια χώρα σε ένα συγκεκριμένο έτος. Ο όρος "εγχώριο" σημαίνει ότι η παραγωγή θα πρέπει να γίνεται μέσα στην επικράτεια της χώρας, ασχέτως αν ο παραγωγός μπορεί να είναι μόνιμος κάτοικος μιας άλλης χώρας.



**Εικόνα 1: Η επίδραση των τηλεπικοινωνιών στην αύξηση του ΑΕΠ κρατών με εισοδήματα διαφορετικής κλίμακας**

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]

### 2.3.2 Κοινωνικά οφέλη

Τα κοινωνικά οφέλη της ευρυζωνικής τεχνολογίας είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν, αλλά παρόλα αυτά αποτελούν σημαντικό μέρος της συνολικής 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].

### **2.3.3 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 [7]:

- 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. Στην εικόνα 2 [7], παρουσιάζεται η διείσδυση της ευρυζωνικής υποδομής σε διάφορους τομείς του Δημοσίου και του Ιδιωτικού τομέα. Οι τομείς αυτοί 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 Δημοσίου Τομέα μπορεί να έχει θετική επίδραση σε υπηρεσίες όπως ο Τουρισμός, οι μεταφορές, οι ηλεκτρονικές υπηρεσίες κ.λ.π.

## 2.4 Επίδραση των δημογραφικών χαρακτηριστικών στην υιοθέτηση ευρυζωνικών υπηρεσιών

Στη συγκεκριμένη ενότητα εξετάζεται η επίδραση διάφορων δημογραφικών χαρακτηριστικών, όπως π.χ. το εισόδημα, η ηλικία, η εκπαίδευση κ.λ.π. στην επιλογή των ευρυζωνικών υπηρεσιών.



Εικόνα 2: Διεϊσδυση της ευρυζωνικότητας στο Δημόσιο και Ιδιωτικό τομέα

Πραγματοποιήθηκε μια έρευνα στην Αγγλία και κατασκευάστηκε ένα σχετικό ερωτηματολόγιο στο οποίο οι ερωτηθέντες απαντούσαν σε ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και ερωτήσεις κλίμακας. Ο πίνακας 2 [8], παρουσιάζει τα ποσοστά διεϊσδυσης των ευρυζωνικών τεχνολογιών σε βασικές δημογραφικές ομάδες στην Αγγλία[8].

Τα δημογραφικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν, ήταν τα εξής:

- *Εισόδημα νοικοκυριών:* η πιθανότητα χρήσης ευρυζωνικών υπηρεσιών αυξάνεται με το εισόδημα. Πιο συγκεκριμένα σε περιπτώσεις μεσαίων εισοδημάτων παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη υιοθέτηση της ευρυζωνικής τεχνολογίας εκ μέρους των νοικοκυριών.
- *Ηλικία:* το ποσοστό χρήσης ευρυζωνικών υπηρεσιών αυξάνεται στις μέσες ηλικίες (45-54) και μειώνεται δραστικά στις μεγαλύτερες ηλικίες (>75), ενώ μόνο το 43% των ηλικιωμένων (ηλικίας 65+) έκανε χρήση αυτής της υπηρεσίας.

- *Φύλο:* Παρατηρήθηκε μια ισορροπία στο ποσοστό χρήσης ευρυζωνικών υπηρεσιών εκ μέρους αντρών και γυναικών κάτι που σημαίνει ότι και τα δύο φύλα είναι εξίσου εξοικειωμένα με την τεχνολογία.
- *Εκπαίδευση:* Το ποσοστό χρήσης ευρυζωνικών υπηρεσιών αυξάνεται ανάλογα με το ποσοστό εκπαίδευσης. Τα υψηλότερα ποσοστά παρατηρήθηκαν σε άτομα πανεπιστημιακής εκπαίδευσης, κάτι αναμενόμενο αφού αυτά έχουν και την μεγαλύτερη εξοικείωση με την χρήση του Διαδικτύου και των νέων τεχνολογιών.

**Πίνακας 2: Δημογραφικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την αφομοίωση της ευρυζωνικότητας για νοικοκυριά της Αγγλίας**

Μεταβλητή	Κατηγορία	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
<b>Ηλικιακή ομάδα</b>	17-24	19	11.0
	25-34	28	16.3
	35-44	28	16.3
	45-54	30	17.4
	55-64	29	16.9
	65-74	26	15.1
	75+	12	7.0
<b>Φύλο</b>	Άνδρας	87	50.58
	Γυναίκα	85	49.41
<b>Επίπεδο Εκπαίδευσης</b>	Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση	38	22.1
	Μεταλυκειακή Εκπαίδευση	24	14.0
	Δια βίου Εκπαίδευση	11	6.4
	Πτυχίο Πανεπιστημίου	34	19.8
	Διδακτορικό	22	12.8
	Άλλα πτυχία	29	16.9
	ΔΓ/ΔΑ	14	8.1
<b>Ετήσιο εισόδημα</b>	<10K	19	11.0

<b>νοικοκυριού (Κ=1000€)</b>	10 - 19	20	11.6
	20 - 29	25	14.5
	30 - 39	25	14.5
	40 - 49	15	8.7
	50 - 59	17	9.9
	60 - 69	12	7.0
	>= 70	16	9.3
	ΔΓ/ΔΑ	23	13.4

## 2.5 Επιπτώσεις ευρυζωνικότητας στην Οικονομία

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 συμβάλλουν 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.

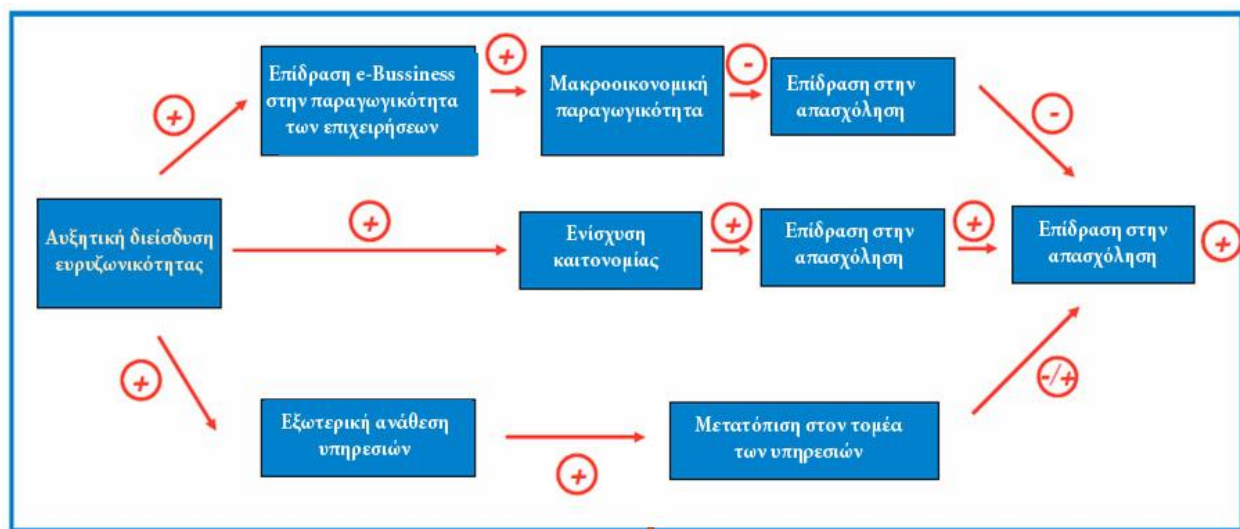
Η ανάπτυξη της ευρυζωνικότητας είναι στρατηγικής σημασίας για τις σύγχρονες χώρες. Μπορεί να δώσει ώθηση στις οικονομικές δραστηριότητες (e - Commerce), στις καθημερινές συναλλαγές των πολιτών με δημόσιες και ιδιωτικές υπηρεσίες (e - Banking, e-Government), στην αναβάθμιση των υπηρεσιών μάθησης που παρέχονται σε απομονωμένες περιοχές μιας χώρας (e-Learning,) και στην εξασφάλιση της άμεσης πρόσβασης στην επιστημονική γνώση και την ενημέρωση (ηλεκτρονικά media, blogging, διαδικτυακές κοινότητες).

### 2.5.1 Ευρυζωνικότητα και θέσεις εργασίας

Όπως δείχνει η εικόνα 3 [9], η αύξηση της διείσδυσης της ευρυζωνικότητας μπορεί να έχει θετικό αντίκτυπο στην παραγωγικότητα, αλλά όμως μπορεί να συμβάλει αρνητικά στην απασχόληση. Πιο συγκεκριμένα, οι ευρυζωνικές συνδέσεις ενδέχεται να διευκολύνουν την αντικατάσταση κεφαλαίου-εργασίας [10], με αποτέλεσμα την πιο αργή αύξηση των θέσεων εργασίας (1<sup>η</sup> σειρά εικόνας 3). Ωστόσο, αυτό το αρνητικό

αποτέλεσμα αντισταθμίζεται από την αύξηση της καινοτομίας και των νέων υπηρεσιών, με αποτέλεσμα τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας (2<sup>η</sup> σειρά εικόνας 3). Τέλος η τρίτη επίδραση μπορεί να είναι τα αποτέλεσμα 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 (3<sup>η</sup> σειρά εικόνας 3), δηλαδή τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας στο εξωτερικό μιας χώρας.

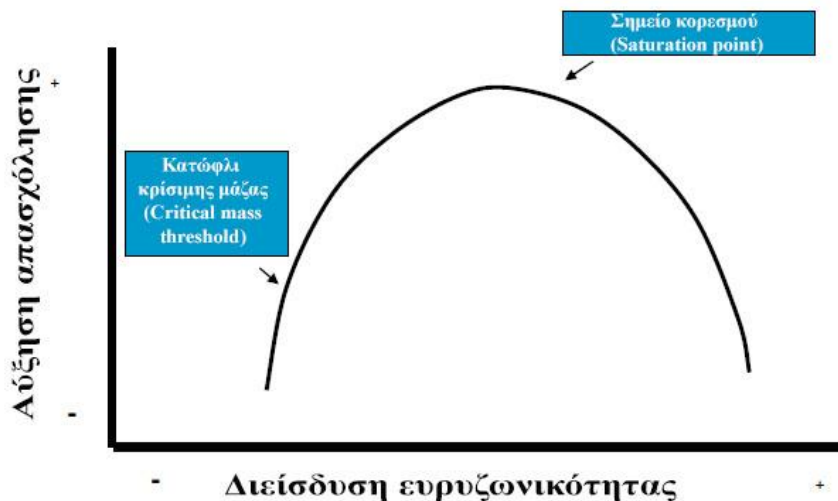


**Εικόνα 3: Επιπτώσεις ευρυζωνικών δικτύων για την απασχόληση**

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. Η εικόνα 4 [9] 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<sup>8</sup> (critical mass theory) [11]. 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 4: Οι επιπτώσεις της ευρυζωνικότητας στην απασχόληση

Ο Atkinson et al. [12] επισήμανε ότι οι εξωγενείς παράγοντες των δικτύων (ή αλλιώς δικτυακά φαινόμενα)<sup>9</sup> 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 επιχείρημα: 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.

<sup>8</sup> Η θεωρία αυτή αναφέρει ότι η επίδραση της τηλεπικοινωνιακής υποδομής στην οικονομική απόδοση αυξάνεται όταν η υποδομή φτάσει σε ένα κρίσιμο σημείο μάζας και σχετίζεται με τα επίπεδα της διείσδυσης των βιομηχανικών χωρών οδηγώντας σε αύξηση της ανάπτυξης.

<sup>9</sup> Με τον όρο αυτό (Network externality) ονομάζεται εκείνο το χαρακτηριστικό γνώρισμα κατά το οποίο η αξία ενός αγαθού μιας υπηρεσίας εξαρτάται από τον αριθμό των ατόμων που κατέχουν το συγκεκριμένο αγαθό ή υπηρεσία, όπως π.χ. το τηλέφωνο του οποίου η αξία αυξάνεται ανάλογα με τον αριθμό των ατόμων που το χρησιμοποιούν.

## 2.5.2 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 την 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 [9], 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. Στους πίνακες 3 και 4 [17], παρουσιάζονται οι επιπτώσεις της κατασκευής ευρυζωνικών δικτύων στην απασχόληση της Γερμανίας και επίσης οι επιπτώσεις της ανάπτυξης ευρυζωνικών δικτύων στο γερμανικό ΑΕΠ.

Η κατασκευή δικτύων έχει υπολογιστεί ότι θα δημιουργήσει συνολικά 304.000 θέσεις για τα έτη 2010-2014 και επιπλέον 237.000 θέσεις εργασίας για τα έτη 2015-2020. Επιπλέον, όταν η ευρυζωνική υποδομή αναπτυχθεί περαιτέρω, θα προκύψουν και νέες υπηρεσίες που θα οδηγήσουν στη δημιουργία επιπλέον θέσεων εργασίας.

**Πίνακας 3: Οι επιπτώσεις της ανάπτυξης ευρυζωνικών δικτύων στην απασχόληση για την Γερμανία, σε χιλιάδες θέσεις εργασίας.**

	Network Construction				Network externalities	Total
	Direct	Indirect	Induced	Total		
2010-14	158	71	75	304	103	407
2015-20	123	55	59	237	324	561
Total	281	126	134	541	427	968

Εκτιμάται επίσης ότι μπορούν να προκύψουν 427.000 νέες θέσεις εργασίας έως το έτος 2020, με συνολικό αριθμό θέσεων εργασίας τις 968.000.

**Πίνακας 4: Οι επιπτώσεις της ανάπτυξης ευρυζωνικών δικτύων στο γερμανικό ΑΕΠ, (σε δισ. Ευρώ).**

	Network Construction	Network Externalities	Total	Percentage Change
2010-14	18.8	43.3	62.1	0.49 %
2015-20	14.6	94.2	108.8	0.70 %
Total	33.4	137.5	170.9	0.60 %

Σε όρους παραγωγής, η κατασκευή του ευρυζωνικού δικτύου θα οδηγήσει σε επιπλέον ΑΕΠ κατά 18.8 δισ. ευρώ για τα έτη 2010-2014 και κατά 14.6 δισ. ευρώ για τα έτη 2015-2020 επιπλέον, η προκύπτουσα σταδιακή διείσδυση της ευρυζωνικότητας θα προσθέσει 137.5 δισ. ευρώ στο ΑΕΠ και συνολικά προβλέπεται μία συνολική αύξηση του γερμανικού ΑΕΠ κατά 60%.



## Κεφάλαιο 3 – Οπτική Τεχνολογία

### 3.1 Εισαγωγή

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 το 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 απεξάρτησης 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 [13]. 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. Σε πολλά εγκατεστημένα οπτικά δίκτυα επιτυγχάνονται ρυθμοί της τάξης των 2.5 Gbps<sup>10</sup>, 5 Gbps και 10 Gbps ανά κανάλι, ενώ σε ερευνητικό επίπεδο ακόμα βρίσκονται τεχνικές μετάδοσης που υποστηρίζουν ρυθμούς 40

---

<sup>10</sup> Η μονάδα Gbps (Giga bits per second) αποτελεί μια μονάδα μέτρησης ταχύτητας μέσω δικτύων που ισούται με  $10^9$  bits/second.

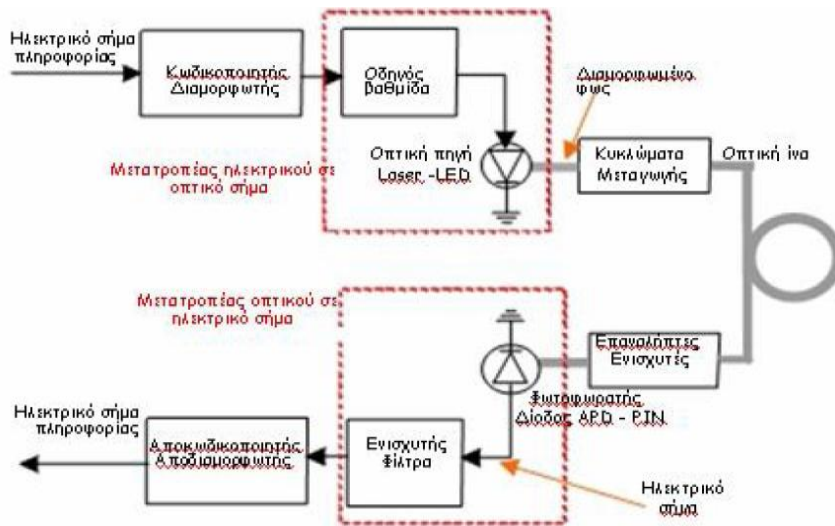
Gbps ανά κανάλι.

### 3.2 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 [14].

Στην αρχή η τεχνολογία των οπτικών ινών χρησιμοποιήθηκε για την μετάδοση υπεραστικών και υπερατλαντικών σημάτων ταχύτητας έως 560 Mbps. Στη συνέχεια όμως η διείσδυση των οπτικών ινών 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 ινών δεν διαφέρει όσον αφορά τις βασικές αρχές λειτουργίες του σε σχέση με ένα αντίστοιχο συμβατικό. Στην εικόνα 5 [14], παρουσιάζεται ένα βασικό οπτικό σύστημα Τηλεπικοινωνιών.

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. Στα πραγματικά συστήματα 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.



Εικόνα 5: Βασικό οπτικό σύστημα τηλεπικοινωνιών

### 3.3 Οπτικά στοιχεία - τεχνολογίες

#### 3.3.1 Οπτικά στοιχεία

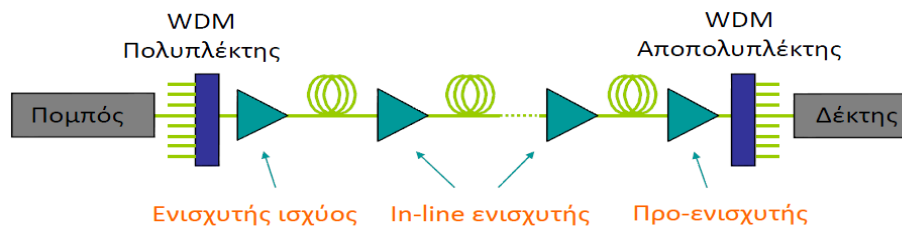
Ένας οπτικός πομπός χρησιμοποιεί ως τύπο πηγής για την εκπομπή οπτικών σημάτων και μπορεί να είναι α) LED (Light Emitting Diodes): έχει το πλεονέκτημα της μετατροπής ρεύματος σε φως σε ετεροεπαφές ημιαγωγού και το μειονέκτημα της χαμηλής παραγόμενης οπτικής ισχύος, β) Διοδικά laser: χαρακτηρίζονται από 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). Στον πίνακα 5 συνοψίζονται τα πλεονεκτήματα των τεχνολογιών Laser/Led.

Πίνακας 5: Πλεονεκτήματα τεχνολογιών Laser και Led οπτικού πομπού

Πλεονεκτήματα τεχνολογίας Laser	Πλεονεκτήματα τεχνολογίας Led
Μεγαλύτερη ισχύς εκπομπής.	Χαμηλότερο κόστος.
Υψηλότερος ρυθμός μετάδοσης (bit)	Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.
Στενή δέσμη φωτός.	Μικρή ευαισθησία σε μεταβολές της θερμοκρασίας
Ταιριάζει σε τύπο multimode/ single οπτικής ίνας.	
Δεν υπόκειται σε χρωματική	

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 προ-ενισχυτής(*pri-amplifier*) που χαρακτηρίζεται επίσης από χαμηλό θόρυβο και υψηλό κέρδος. Στην εικόνα 6 [15], φαίνεται η κατηγοριοποίηση των οπτικών ενισχυτών:



**Εικόνα 6: Κατηγοριοποίηση των οπτικών ενισχυτών**

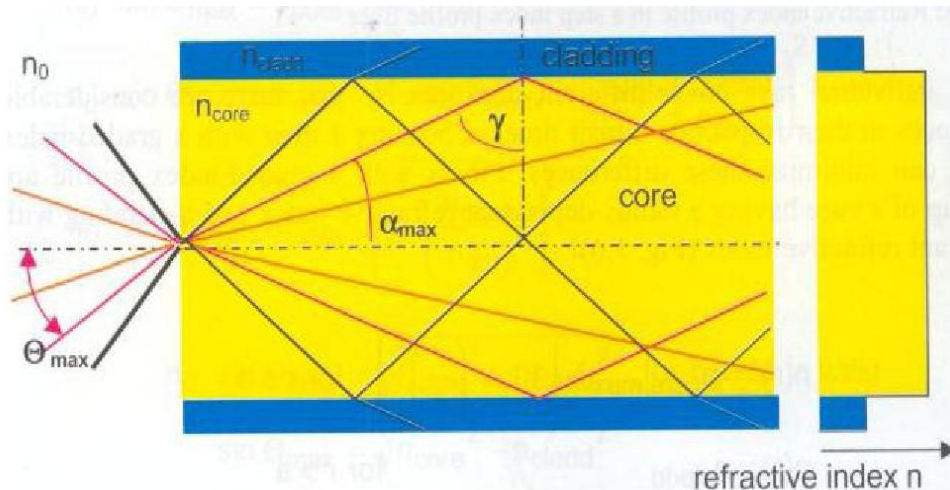
Η τεχνολογία που προσφέρουν οι οπτικές ίνες καθιστά εφικτή την οπτική διασύνδεση σε όλα τα είδη δικτύων, παρέχοντας τεράστιους ρυθμούς μετάδοσης και κοινή υποδομή για μια μεγάλη γκάμα υπηρεσιών. Η οπτική ίνα είναι ένας γυάλινος κυματοδηγός κυλινδρικής διατομής στον οποίο έχουμε μετάδοση φωτός. Το φως 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. Στην εικόνα 7, φαίνονται τα βασικά χαρακτηριστικά της οπτικής ίνας [21].



**Εικόνα 7: Δομή οπτικής ίνας**

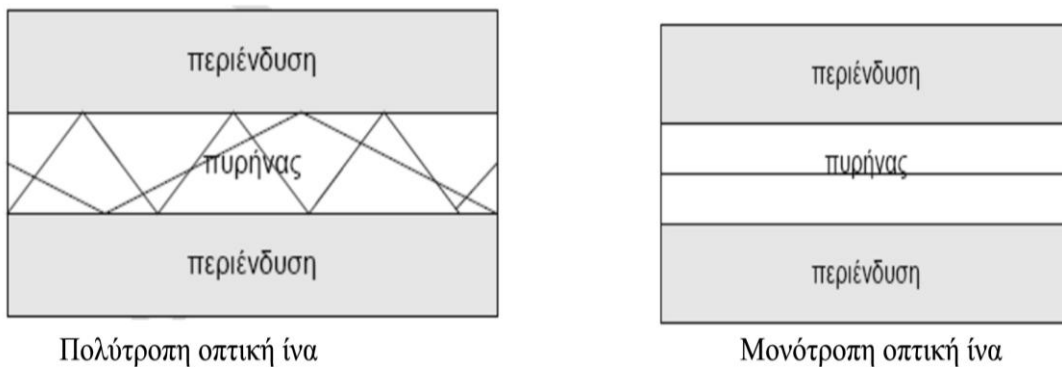
Η φωτεινή αυτή δέσμη οδεύει, με διαδοχικές ανακλάσεις στα τοιχώματα της ίνας, από το ένα προς το άλλο άκρο. Η επιτυχία της μετάδοσης αυτής οφείλεται στο γεγονός ότι το σήμα υφίσταται ολικές ανακλάσεις με αποτέλεσμα η ενέργεια της φωτεινής δέσμης να παραμένει εγκλωβισμένη στην οπτική ίνα. Βασική προϋπόθεση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

εσωτερικού. Η διέλευση της ακτίνας μέσα από την οπτική ίνα παρουσιάζεται στην εικόνα 8.



**Εικόνα 8: 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 εικόνα 9 φαίνονται οι δύο κατηγορίες οπτικών ινών:



**Εικόνα 9: 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).

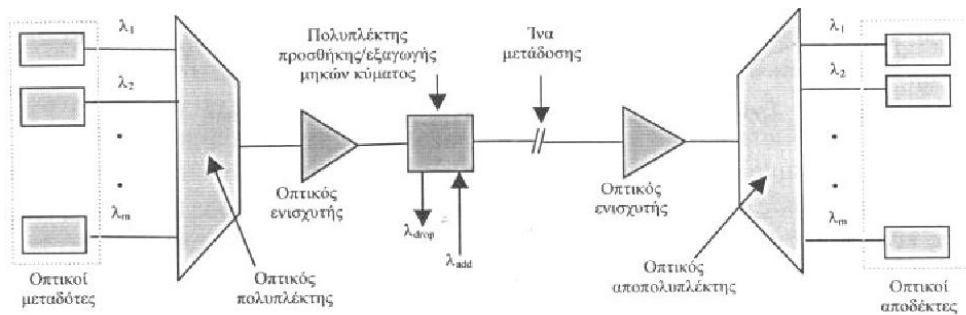
### **3.3.2 Οπτικές Τεχνολογίες**

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 [20].

Στη συνέχεια αναπτύσσονται οι σημαντικότερες οπτικές τεχνολογίες:

#### **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. Στην εικόνα 10 που ακολουθεί, εμφανίζεται το διάγραμμα ενός συστήματος WDM, στο οποίο κυριαρχεί η πολύπλεξη από την πλευρά του αποστολέα και η αποπολύπλεξη από την πλευρά του αποδέκτη [20].



**Εικόνα 10: Δομή ενός συστήματος μετάδοσης WDM**

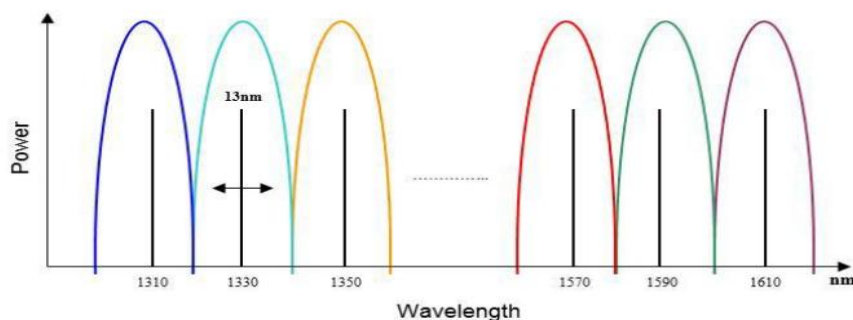
## **Β. Πολυπλεξία με διαίρεση μήκους κύματος (DWDM)**

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 τραχύς μήκους κύματος διαίρεση πολυπλεξία (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, όπως φαίνεται και στην επόμενη εικόνα 11 [22]).



**Εικόνα 11: Κατανομή των CWDM 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].

**Πίνακας 6: Μορφές πολυπλεξίας με διαίρεση μήκους κύματος**

	<b>Coarse WDM</b>	<b>Wide-WDM</b>	<b>DWDM</b>
<b>Απόσταση μεταξύ των συχνοτήτων</b>	Μεγάλη, από 1,6nm έως 25 nm	1310 nm και 1550 nm laser	Μικρή, 200GHz και μικρότερη
<b>Αριθμός παραθύρων</b>	O,E,S,C και L	OC	CL
<b>Κόστος ανά κανάλι</b>	χαμηλό	χαμηλό	υψηλό
<b>Αριθμός καναλιών</b>	17 - 18	2	Μεγάλος αριθμός
<b>Εφαρμογές</b>	Short-haul,metro	Passive Optical Networks	Long-Haul

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.

### 3.3.2 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

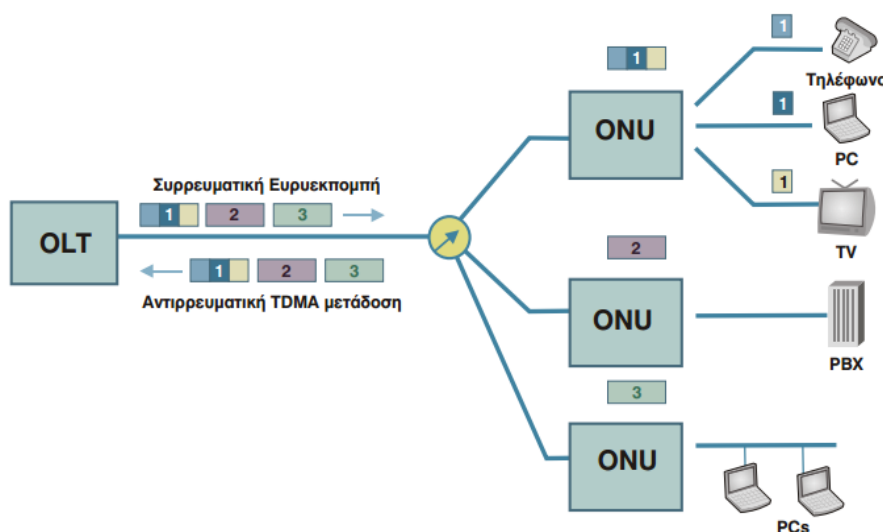


παθητικού εξοπλισμού (Passive Optical Networks - PONs) στο τμήμα από το κεντρικό καταναλωτή του δικτύου μέχρι τον τελικό καταναλωτή.

Στη συνέχεια περιγράφονται οι δύο τοπολογίες:

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

Στην εικόνα 12 [23], παρουσιάζεται η τοπολογία PON με οπτικούς διαχωριστές σε ένα κόμβο:



**Εικόνα 12: 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 32 Οπτικές Μονάδες Δικτύου (ONU). Κάθε οπτική τερματική μονάδα διαβάζει μόνο τα πακέτα που αναφέρονται σε αυτή και για την αποτροπή επιθέσεων από εισβολείς χρησιμοποιείται κρυπτογράφηση. 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). Παρόλο που τα δίκτυα APON/BPON διαθέτουν χαμηλές ταχύτητες μετάδοσης, δεν υπάρχει σήμερα κανένα PON που να κυριαρχεί σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι τεχνολογίες PON ευδοκμούν στην Αμερική και ιδιαίτερα στην Ασία που υπάρχει μεγάλη κατάλληλη υποδομή. 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 [24]:

**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 [36].

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)<sup>11</sup>, 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 υποστηρίζει όλες τις μελλοντικές απαιτήσεις<sup>12</sup>. [24]. 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

---

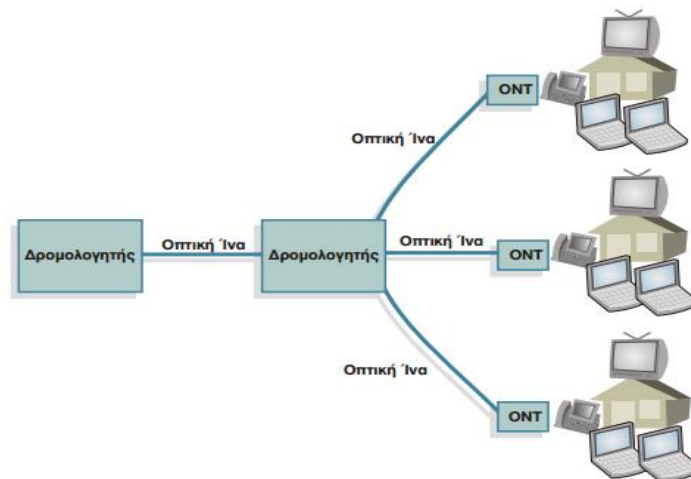
11 Ο μεταγωγέας είναι ένα στοιχείο δικτύου (πολύπριζο), το οποίο συνδέει περισσότερους τομείς του δικτύου ή υπολογιστές μεταξύ τους (αυξάνει δηλαδή τον αριθμό των συνδέσεων του δικτύου). Μερικές φορές οι μεταγωγείς αναφέρονται και ως έξυπνοι διανομείς (intelligent hubs).

12 Ο δρομολογητής είναι μια συσκευή που συνδέει τους υπολογιστές και τις περιφερειακές συσκευές του τοπικού δικτύου με το Διαδίκτυο, το οποίο μπορεί π.χ. να παρέχεται μέσω ενός μόντεμ Ethernet.

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. Στην εικόνα 13 [23] παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική AON:

δρομολογητής που βρίσκεται στο κέντρο μεταγωγής επικοινωνεί μέσω οπτικής ίνας με το Οπτικό Τερματικό Δίκτυο (ONT) που είναι στην πλευρά των τελικών χρηστών.



**Εικόνα 13: 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.

## Κεφάλαιο 4 – Ανάλυση Δικτύων FTTx

### 4.1 Εισαγωγή

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 εξασθένιση σήματος, η μεγάλη προστασία από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και τέλος η μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ των οπτικών επαναληπτών (optical repeaters)<sup>13</sup>. 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).

### 4.2 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 οπτικο-ηλεκτρονική 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 ινο-οπτικού δικτύου μέχρι την ιδιοκτησία του συνδρομητή, όπου και τοποθετείται η τερματική οπτικοηλεκτρική διάταξη για τη μετατροπή του οπτικού σήματος σε ηλεκτρικό.

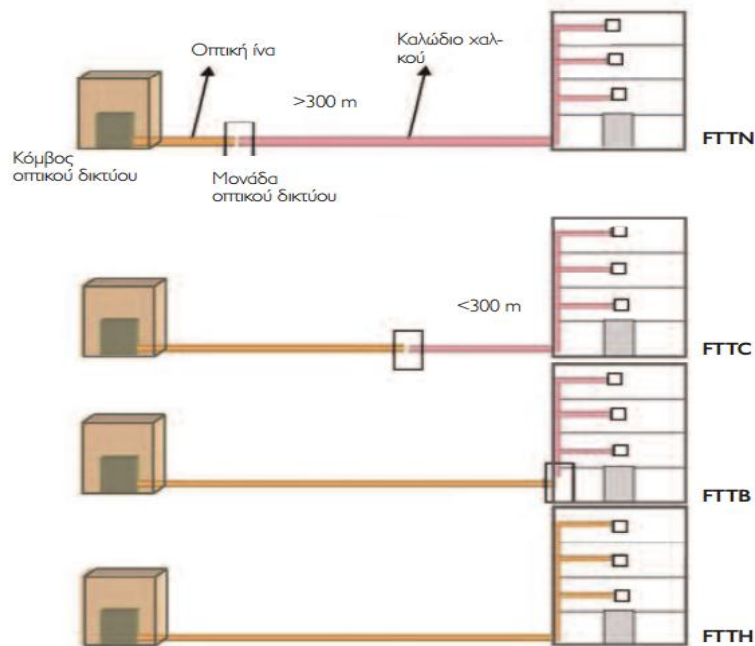
---

<sup>13</sup> 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.

- 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.

Στην εικόνα 14 που ακολουθεί [28], παρουσιάζονται οι ανωτέρω αρχιτεκτονικές:



Εικόνα 14: Αρχιτεκτονικές δικτύων FTTx

Ο βασικός παράγοντας διαφοροποίησης των ανωτέρων αρχιτεκτονικών είναι το σημείο τερματισμού της οπτικής ίνας. Πιο συγκεκριμένα, όσο πιο κοντά φτάνει στο συνδρομητή, τόσο περισσότερο αξιοποιούνται τα πλεονεκτήματά της. Σε όλες τις αρχιτεκτονικές εκτός της FTTH, χρησιμοποιείται ως υλικό ο χαλκός, ο οποίος περιορίζει τις δυνατότητες του δικτύου.

### 4.3 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. Στον πίνακα 7, φαίνεται η χρήση αυτών των τμημάτων από τις επιμέρους αρχιτεκτονικές οπτικών δικτύων καθώς και μια σύντομη περιγραφή τους. Στην περίπτωση των δικτύων FTTH υπάρχει και τμήμα της εσωτερικής καλωδίωσης (Internal cabling) από την οπτική ίνα μέχρι το χώρο του συνδρομητή.

**Πίνακας 7: Τμήματα δικτύων FTTx**

	<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>		

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 νεώτερα κτήρια.

Σε ένα δίκτυο FTTx το μεγαλύτερο κομμάτι του κόστους κατασκευής του οφείλεται σε έργα εκσκαφής/αποκατάστασης σε δημόσιους κοινόχρηστους χώρους (δρόμοι). 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 FTTx, 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<sup>14</sup> 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). Στην εικόνα 15 [29], παρουσιάζεται η βασική δομή ενός δικτύου FTTH με τα τέσσερα προαναφερθέντα τμήματα.

#### **4.4 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<sup>15</sup> που αποτελούνται από ενεργό εξοπλισμό και χρησιμοποιούνται στα ενεργά οπτικά δίκτυα.

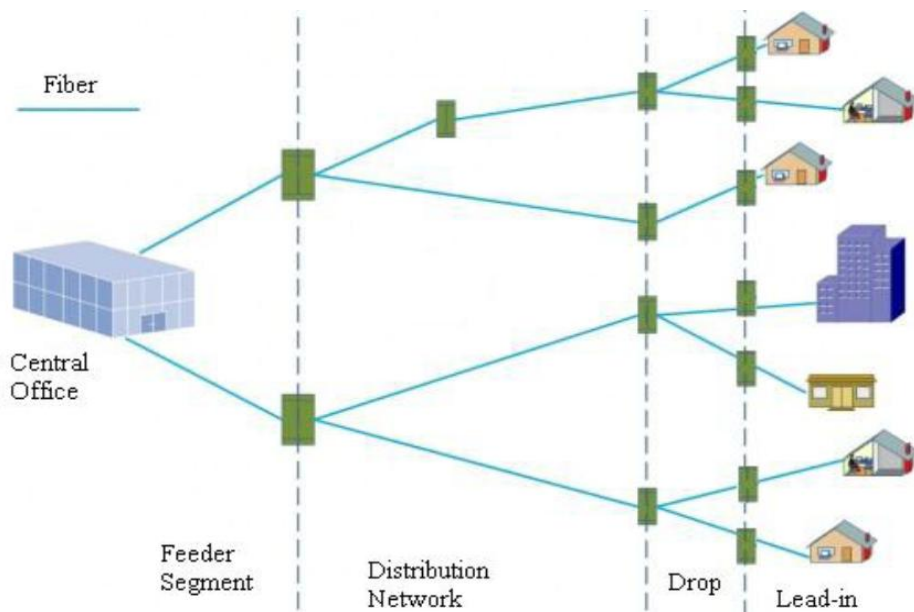
Το εξωτερικό δίκτυο (outside plant) είναι το βασικό τμήμα του δικτύου FTTH που έχει την ιδιότητα να συνδέει το εσωτερικό δίκτυο με τους πελάτες και αποτελείται αποκλειστικά από παθητικό (passive) εξοπλισμό. Στην περίπτωση των ενεργών οπτικών δικτύων (AON), το παθητικό εξωτερικό δίκτυο περιβάλλει το εσωτερικό σε σημείο που βρίσκονται το κεντρικό γραφείο και οι ενεργές καμπίνες δρόμου.

---

<sup>14</sup> Το δίκτυο διανομής είναι το δίκτυο που διασυνδέει τους κόμβους διανομής με τους κύριους κόμβους και μεταξύ τους.

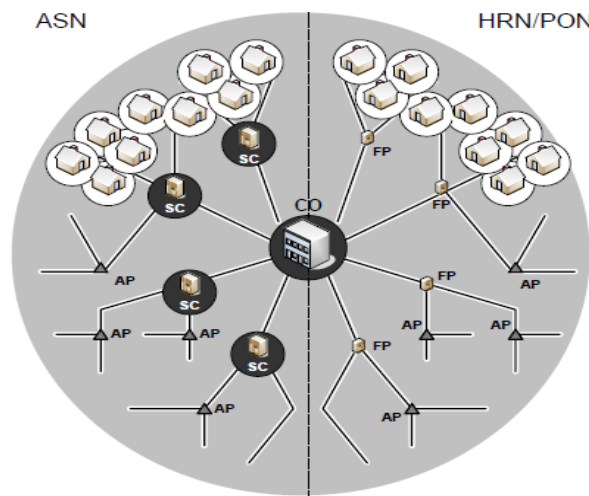
<sup>15</sup> Αποτελούν μικρά κεντρικά τοπικά γραφεία που τοποθετούνται σε δρόμους και περιέχουν παρόμοιο εξοπλισμό με αυτό των κεντρικών γραφείων, κλιματισμό, παροχή ηλεκτρικού κ.λ.π





**Εικόνα 15: Δομή δικτύου FTTH**

Στην εικόνα 16 [27], παρουσιάζεται ο διαχωρισμός ενός FTTx. Συγκεκριμένα στο αριστερό τμήμα της εικόνας παρουσιάζεται η τεχνολογία FTTH AON και στο δεξί τμήμα η τεχνολογία FTTH PON.



**Εικόνα 16: Διαχωρισμός FTTH δικτύου σε εσωτερικό και σε εξωτερικό**

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.

#### **4.4.1 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. κασάνιες 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 παλιάς κατασκευής.

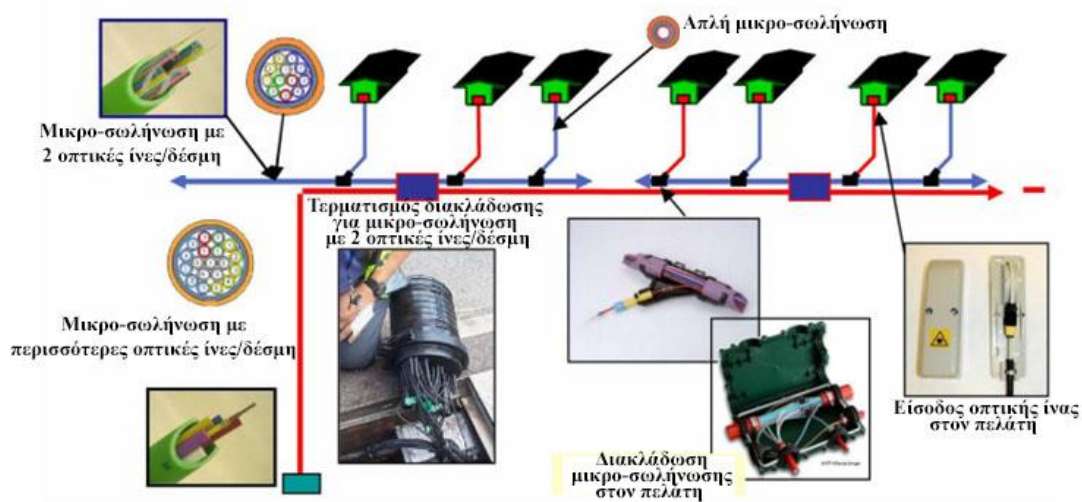
#### **4.4.2 Υποδομή σωληνώσεων**

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 διακλαδώσεων (branch-off closures).

Η συμβατική υποδομή σωληνώσεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλη την έκταση ενός FTTx δικτύου, όσον αφορά την υπόγεια ανάπτυξή 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.

### 4.4.3 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 συνδέσεων 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. Στην εικόνα 17 που ακολουθεί [28], φαίνεται μία συμβατική υποδομή με συστοιχίες μικρο-σωληνώσεων. Είναι εμφανής η χρήση μικρο-σωληνώσεων με καλώδιο δύο οπτικών ινών ανά δέσμη αλλά και μικρο-σωληνώσεων με καλώδιο περισσότερων οπτικών ινών ανά δέσμη.



Εικόνα 17: Συμβατική υποδομή με συστοιχίες μικρο-σωληνώσεων

Η συστοιχία μικρο-σωληνώσεων (micro-duct) με πολλούς σωληνίσκους (micro-tubes) έχει το πλεονέκτημα ότι σε καθένα σωληνίσκο μπορεί να εμφυσηθεί μικρο-καλώδιο 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.

#### 4.4.4 Τύποι καλωδίων σωλήνων

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία καλωδίων για χρήση σε δίκτυο σωλήνων ενός οπτικού δικτύου και οι πιο σημαντικοί είναι οι εξής [28]:

- 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 και τον απαιτούμενο αριθμό ινών. Στον πίνακα 8 [28] αναγράφονται τυπικοί συνδυασμοί μεγέθους καλωδίου και μεγέθους σωλήνα, μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν και άλλα μεγέθη και συνδυασμοί πέραν των τυπικών. Οι μικρο-σωλήνες διαστασιοποιούνται σύμφωνα με τον κύριο σωλήνα υποδοχής και τα καλώδια που θα εγκατασταθούν. Σε αντίθεση με την συμβατική σωλήνωση, η μικρο-σωλήνωση πρέπει να ταιριάζει με τα καλώδια οπτικών ινών που θα χρησιμοποιηθούν προκειμένου να εξασφαλιστεί

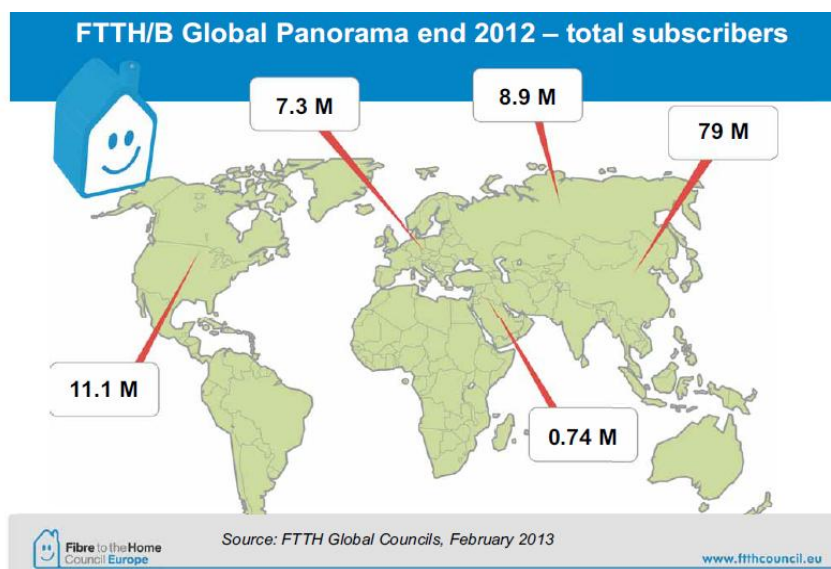
η συμβατότητα κατά την εγκατάσταση. Οι μικρο-σωλήνες μπορεί να προσφέρονται ως ανεξάρτητοι ελεύθερης τοποθέτησης σε σωλήνα, σε συστοιχίες ή για άμεσο ενταφιασμό.

**Πίνακας 8: Συνδυασμοί μεγέθους καλωδίου και μεγέθους σωλήνα**

Εξωτερική διάμετρος μικροσωλήνα (mm)	Εσωτερική διάμετρος μικροσωλήνα (mm)	Τυπικός αριθμός οπτικών ινών	Τυπική διάμετρος καλωδίου (mm)
12	10	72 - 96	7 - 8
10	8	48 - 72	6 - 6.5
7	5.5	6 - 12	2.5
5	3.5	2 - 1 - 12	1-1.6
4	3	2 - 6	1.8-2

#### 4.5 Παρούσα κατάσταση δικτύων FTTx στην Ευρώπη και τον Κόσμο

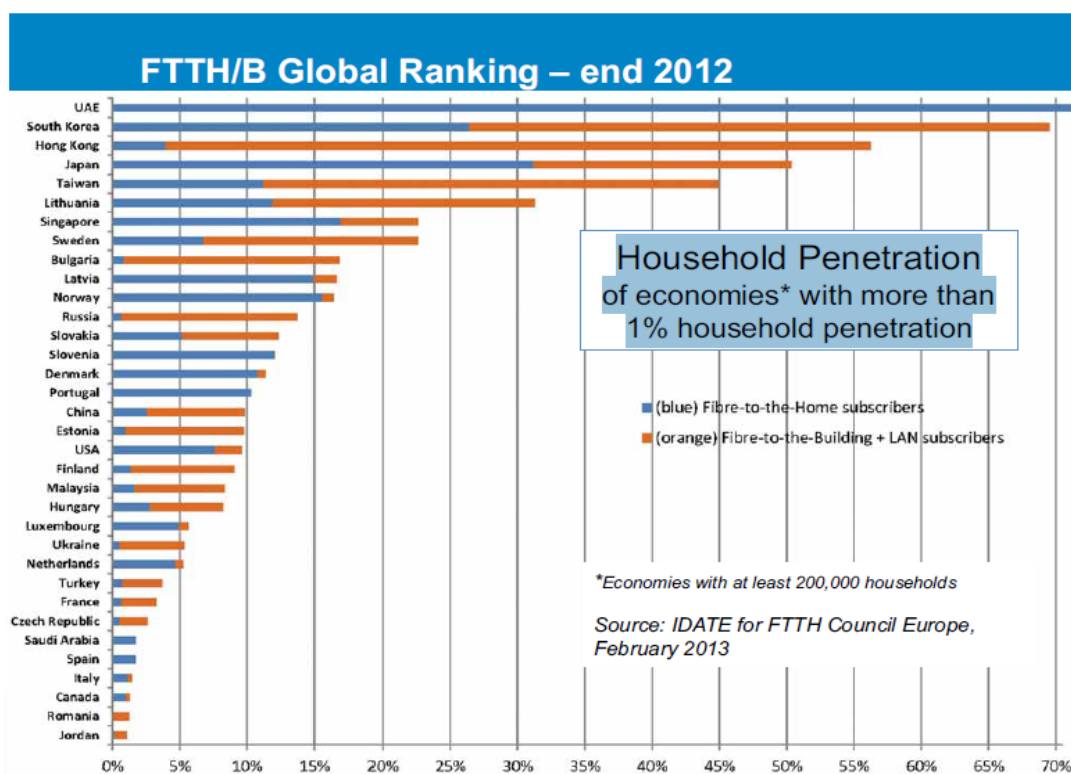
Η αρχιτεκτονική FTTH ξεκίνησε να εφαρμόζεται από το 1995 και αν και αρχικά δεν προτιμήθηκε λόγω του μεγάλου αρχικού κόστους και της δυσκολίας εγκατάστασης των οπτικών συνεχίζει να αναπτύσσεται μέχρι και σήμερα. Στην συνέντευξη τύπου (press conference) του FTTH Council Europe που πραγματοποιήθηκε στο Λονδίνο στις 20 Φεβρουαρίου 2013 [49] παρουσιάστηκαν στοιχεία για την διείσδυση των FTTH/B παγκοσμίως αλλά και στην Ευρώπη περί τα τέλη του 2012. Όπως φαίνεται στην εικόνα 18, στα τέλη του 2012 υπήρχαν περισσότεροι από 107.6 εκατομμύρια FTTx συνδρομητές σε όλο τον κόσμο με την Ασία να κατέχει το μεγαλύτερο ποσοστό διείσδυσης με σχεδόν 80 εκατομμύρια συνδρομητές.



**Εικόνα 18: Παγκόσμιος αριθμός συνδρομητών FTTH/B υπηρεσιών**

Όσον αφορά την Αμερική η διείσδυση έχει φτάσει τα 11 εκατομμύρια συνδρομητές, ενώ η Ευρώπη με 7,3 εκατομμύρια συνδρομητές έρχεται τρίτη. Τέλος παρατηρούμε ότι στην Μέση Ανατολή η αναπτυξη FTTH δικτύων είναι ακόμα χαμηλή

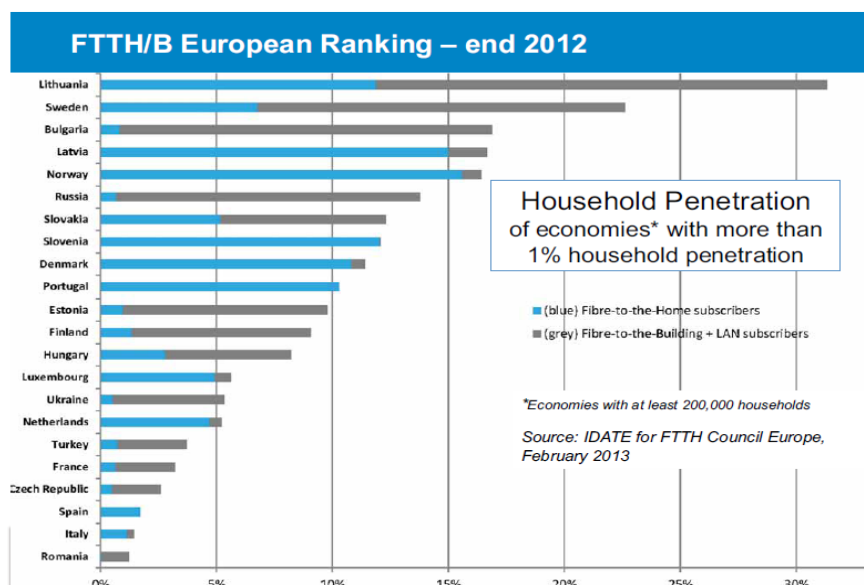
αφού δεν έχει ξεπεράσει ούτε το 1 εκατομμύριο. Επίσης παρουσιάστηκαν γραφήματα που αφορούν την διείσδυση στα νοικοκυριά χωρών στις οποίες η διείσδυση ξεπέρασε το 1% (εικόνα 19) του κόσμου.



**Εικόνα 19: Ποσοστά διείσδυσης στα νοικοκυριά των 34<sup>ων</sup> χωρών σε υπηρεσίες FTTH/B και LAN**

Παρατηρούμε ότι τα μεγαλύτερα ποσοστά διείσδυσης σε υπηρεσίες FTTH τα κατέχουν χώρες της Ασιατικής ηπείρου με τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα να είναι πρώτα με ποσοστό 72%, το χάσμα μεταξύ αυτών των χωρών και του υπόλοιπου κόσμου είναι φανερό. Πρώτη χώρα στην Ερώπη είναι η Λιθουανία με ποσοστό 31%. Αναλυτικά τα ποσοστά των Ευρωπαϊκών χωρών φαίνονται στην εικόνα 20.

Στο γράφημα παρουσιάζονται συνολικά 22 χώρες με ποσοστό διείσδυσης πάνω από 1%. Για πρώτη φορά ξεπέρασαν αυτό το ποσοστό η Ισπανία και το Λουξεμβούργο ενώ τα μεγαλύτερα ποσοστά συνεχίζουν να τα κατέχουν χώρες της Σκανδιναβικής Χερσονήσου στην αγορά. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η Σουηδία που κατατάσσεται δεύτερη ενώ και η Νορβηγία βρίσκεται στην πέμπτη θέση. Αξίζει να σημειωθούν οι πολύ διαφορετικές καταστάσεις μεταξύ Ανατολικών και Δυτικών χωρών της Ευρώπης όπου – σε αντίθεση με ότι θα περίμενε κανείς- οι χώρες της Δύσης βρίσκονται είτε πολύ χαμηλά στην κατάταξη όπως η Ιταλία και Ισπανία είτε απουσιάζουν εντελώς, αφού τα ποσοστά διείσδυσης τους είναι κάτω από το 1% (π.χ. Γερμανία 0,51%, Ηνωμένο Βασίλειο 0,06%).



**Εικόνα 20: Ποσοστά διείσδυσης στα νοικοκυριά των 22 χωρών της Ευρώπης σε υπηρεσίες FTTH/B και LAN**

Αντίθετα οι χώρες της Ανατολής καταλαμβάνουν τις περισσότερες θέσεις στην κατάταξη. Όπως έχει αναφερθεί, πρώτη στην κατάταξη παραμένει η Λιθουανία, διατηρώντας τη θέση της ενώ και άλλες χώρες της Ανατολικής Ερώπης βρίσκονται σε υψηλές θέσεις αν λάβουμε υπόψη μας και τον πολύ μεγάλο πληθυσμό (Ρωσία 6<sup>η</sup>, Ουκρανία 15<sup>η</sup>). FTTH/B αγοράς διατηρείται κυρίως από τις χώρες της κεντρικής και ανατολικής Ευρώπης. Ειδικά η Ρωσία αποτελεί –όπως προαναφέρθηκε- μια αγορά που έχει αυξηθεί πάρα πολύ τον τελευταίο καιρό, εξαιτίας των πρωτοβουλιών της ER Telecom<sup>16</sup> και της Vimpelcom/Beeline<sup>17</sup> Τέλος, παρατηρούμε ότι ούτε η Ελλάδα βρίσκεται στην κατάταξη των χωρών που έχουν ξεπεράσει το 1% της διείσδυσης και αυτό δείχνει την ανάγκη να υπάρξει σχεδιασμός ανάπτυξης δικτύων FTTH/B στον ελλαδικό χώρο.

#### 4.6 Μελλοντική εξέλιξη δικτύων FTTH στην Ευρώπη και τον κόσμο

Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζεται η ρύθμιση των τιμών χονδρικής των υπηρεσιών παροχής οπτικών ινών και η σημασία τους για τις επενδύσεις στην ανάπτυξη της τεχνολογίας FTTH. Εξετάζεται η υφιστάμενη πολιτική στην Ευρώπη σε σχέση με τα δίκτυα επόμενης γενιάς, με ιδιαίτερη έμφαση στις αρχές που περιέχονται στη σύσταση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την πρόσβαση επόμενης γενιάς (NGA - Next Generation

<sup>16</sup> Ρωσική εταιρεία τηλεπικοινωνιών που παρέχει ένα ευρύ φάσμα υπηρεσιών σε ιδιώτες και επιχειρήσεις.

<sup>17</sup> Ρωσική εταιρεία τηλεπικοινωνιών που κατέχει την τρίτη θέση αναφορικά με την παροχή ασύρματων συνδέσεων και την δεύτερη θέση αναφορικά με το συνολικό όγκο των παρεχόμενων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών.

Access)<sup>18</sup>. Η Ευρωπαϊκή Ένωση θεωρεί ως δίκτυα επόμενης γενιάς (NGN - Next Generation Networks) εκείνα τα ενσύρματα δίκτυα που αποτελούνται είτε συνολικά είτε εν' μέρει από οπτικά στοιχεία, τα οποία είναι ικανά να παρέχουν ευρυζωνικές υπηρεσίες πρόσβασης με βελτιωμένα χαρακτηριστικά (π.χ. υψηλότερη ταχύτητα σε σύγκριση με τα υφιστάμενα δίκτυα χαλκού). Η αρχιτεκτονική των Δικτύων Νέας Γενιάς ενσωματώνει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Υποστήριξη πολλαπλών τεχνολογιών πρόσβασης: η λειτουργική αρχιτεκτονική των Δικτύων Νέας Γενιάς πρέπει να προσφέρει ευελιξία στην αναγκαία παραμετροποίηση για την υποστήριξη πολλαπλών τεχνολογιών πρόσβασης,
- Κατανεμημένος έλεγχος: δίνει τη δυνατότητα προσαρμοστικότητας στην κατανεμημένη φύση επεξεργασίας των δικτύων που στηρίζονται σε πακέτα πληροφοριών (packet-based networks).
- Ανοιχτός έλεγχος: το περιβάλλον ελέγχου του δικτύου είναι ανοιχτό να υποστηρίξει τη δημιουργία, ανανέωση και την ενσωμάτωση νέων υπηρεσιών από τρίτους,
- Ανεξάρτητη παροχή υπηρεσίας: η διαδικασία παροχής υπηρεσιών διαχωρίζεται από τη λειτουργία του δικτύου μεταφοράς,
- Υποστήριξη υπηρεσιών σε συγκεκριμένο δίκτυο: απαιτείται για την παροχή ευέλικτων και εύκολων στη χρήση υπηρεσιών πολυμέσων, με αξιοποίηση των τεχνολογικών χαρακτηριστικών και της αρχιτεκτονικής των δικτύων νέας γενιάς,
- Βελτιωμένη ασφάλεια και προστασία: είναι επιτακτική ανάγκη η διαφύλαξη της δικτυακής υποδομής με την παροχή μηχανισμών για ασφάλεια και επίβλεψη των σχετικών επιπέδων του δικτύου.

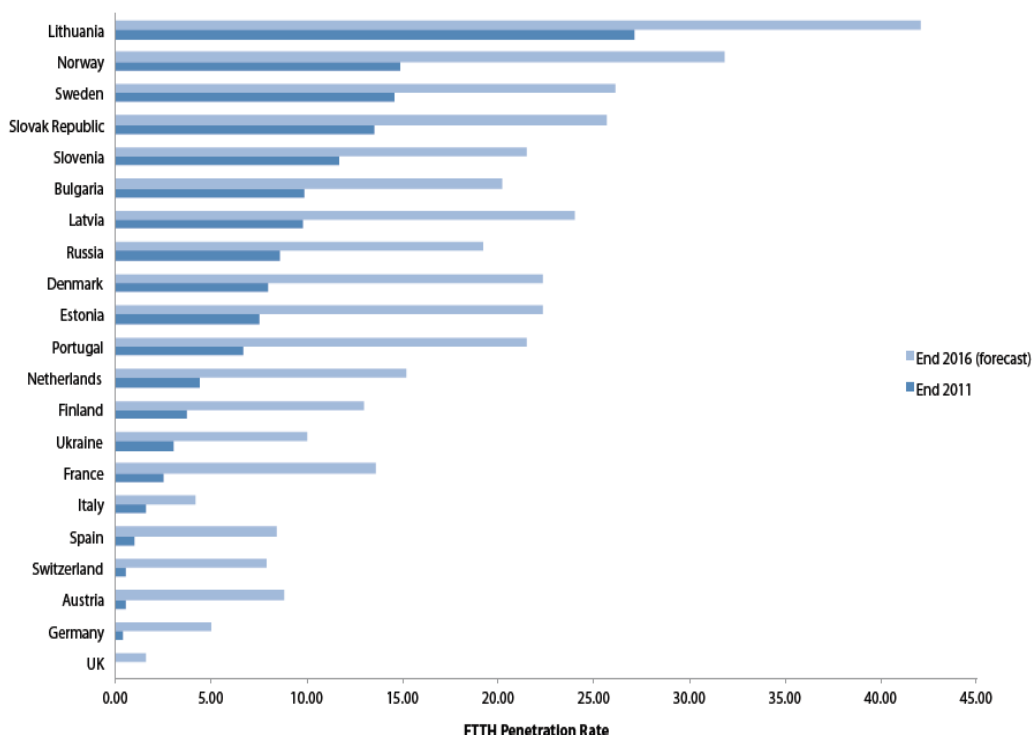
Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζεται επίσης το σημαντικό ζήτημα του πώς θα μπορούσε να εφαρμοστεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο η σύσταση της συγκεκριμένης επιτροπής που αναφέρει ότι κατά τον καθορισμό των τελών χονδρικής πρόσβασης των οπτικών ινών θα πρέπει να συμπεριληφθεί και ένα κατάλληλο ασφάλιστρο κινδύνου. Οι προσδοκίες για τον τρόπο με τον οποίο οι ρυθμίσεις θα εφαρμοστούν στα δίκτυα επόμενης γενιάς έχουν σημαντικές επιπτώσεις για την ανάπτυξη των οπτικών ινών. Οι φορείς εκμετάλλευσης των δικτύων που έχουν οριστεί από τις Εθνικές Ρυθμιστικές Αρχές κάθε χώρας (βλ. Παράρτημα), πρέπει να παρέχουν πρόσβαση στο Διαδίκτυο. Η ανάπτυξη των οπτικών ινών διαφέρει σημαντικά από την μία χώρα στην άλλη μέσα στην

---

<sup>18</sup> Περιγράφει μια σημαντική αναβάθμιση στην ευρυζωνική διαθεσιμότητα κάνοντας μια σημαντική αλλαγή στην ταχύτητα και την ποιότητα των υπηρεσιών, έτσι ώστε αυτές να θεωρούνται συμμετρικές με ταχύτητα λήψης των 24MB και επίσης με μια γρήγορη ταχύτητα για upload.



Ευρώπη. Στη προηγούμενη παράγραφο παρουσιάστηκε η τωρινή κατάσταση σε σχέση με τα δίκτυα FTTx. Στην εικόνα 21 παρουσιάζεται μια πρόβλεψη για την διείσδυση των δικτύων FTTx στην Ευρώπη στα τέλη του 2016 [31].

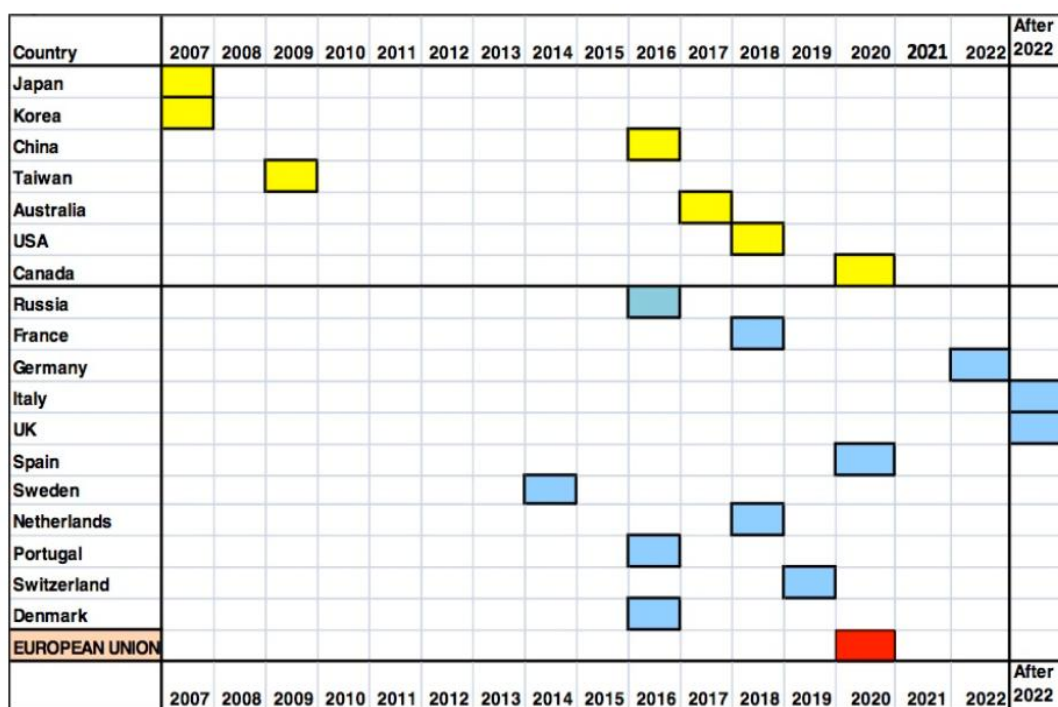


**Εικόνα 21: διείσδυσης οπτικών ινών στην Ευρώπη κατά τα έτη 2011 και 2016**

Παρατηρούμε ότι η τωρινή εικόνα δεν προβλέπεται να αλλάξει μέχρι το τέλος του 2016 και οι χώρες που σήμερα υστερούν (όπως π.χ. Ελλάδα, Ρουμανία κ.λ.π.) δεν αναμένεται να καλύψουν άμεσα το κενό αυτό.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προβλέπει για το FTTH (FTTH Council Europe) ότι η κάλυψη των οπτικών ινών θα φτάσει σε ένα ποσοστό της τάξης του 10.6% των νοικοκυριών στην Ευρωπαϊκή Ένωση μέχρι το 2016 και ότι η Ευρώπη θα συνεχίσει να υστερεί πίσω από τις πρωτοπόρες χώρες της Ασίας και της Βόρειας Αμερικής [32], από την άποψη του χρόνου που απαιτείται για την ωρίμανση της τεχνολογίας των οπτικών ινών (που ορίζεται ως ένα ποσοστό 20% οικιακής διείσδυσης οπτικών ινών FTTH ή FTTB).

Στην εικόνα 22 [31], απεικονίζεται ο απαιτούμενος χρόνος για την επίτευξη της προαναφερόμενης ωρίμανσης εντός και εκτός Ευρώπης. Με κίτρινο χρώμα συμβολίζονται οι χώρες εκτός Ευρώπης, με μπλε συμβολίζονται οι Ευρωπαϊκές χώρες και με κόκκινο συμβολίζεται η Ευρωπαϊκή Ένωση στο σύνολο της.



Εικόνα 22: Χρόνος για την ωρίμανση της τεχνολογίας των οπτικών ινών εντός και εκτός Ευρώπης

Ακόμα και όταν είναι διαθέσιμες υψηλότερες ταχύτητες διασύνδεσης η αφομοίωση της τεχνολογίας των οπτικών ινών είναι περιορισμένη. Έρευνες που διεξήχθησαν από τον οργανισμό *IDATE Consulting and Research*<sup>19</sup> –και παρουσιάστηκαν το 2012 στο Μόναχο-, έδειξαν ότι στο τέλος Δεκεμβρίου του 2011 υπήρχαν στην Ευρωπαϊκή Ένωση μόνο 4.500.000 FTTH/FTTB συνδρομητές. Ωστόσο, υπήρχαν 25.8 εκατομμύρια νοικοκυριά στα οποία πέρασε η τεχνολογία των οπτικών ινών, γεγονός που υποδηλώνει ένα μέσο ποσοστό απορρόφησης της τάξης του 17%<sup>20</sup>. Αν και η αφομοίωση της τεχνολογίας των οπτικών ινών ήταν υψηλή σε ορισμένες χώρες [33], όπως π.χ. Σουηδία, Νορβηγία, πολλές χώρες εμφάνισαν χαμηλά ποσοστά απορρόφησης, όπως η Γαλλία (<11%), Ελβετία (<4%) και το Ηνωμένο Βασίλειο (<2%). Όπως επισημάνθηκε σχετικά με το όραμα της ευρυζωνικότητας, είναι σημαντικές όχι μόνο οι ταχύτητες κατεβάσματος (download) από το Διαδίκτυο, αλλά απαιτείται επίσης υψηλότερη συμμετρία (πολύ υψηλότερες ταχύτητες ανεβάσματος) και μικρότερη καθυστέρηση για καινοτόμες υπηρεσίες και εφαρμογές. Υπάρχουν ήδη παραδείγματα υπηρεσιών που εξαρτώνται από τέτοιες συνδέσεις, όπως π.χ. έξυπνα ηλεκτρικά δίκτυα που απαιτούν χαμηλή καθυστέρηση και μπορούν να μειώσουν τις δαπάνες των καταναλωτών και το κόστος παραγωγής, cloud computing για μεταφορά αρχείων κ.λ.π.

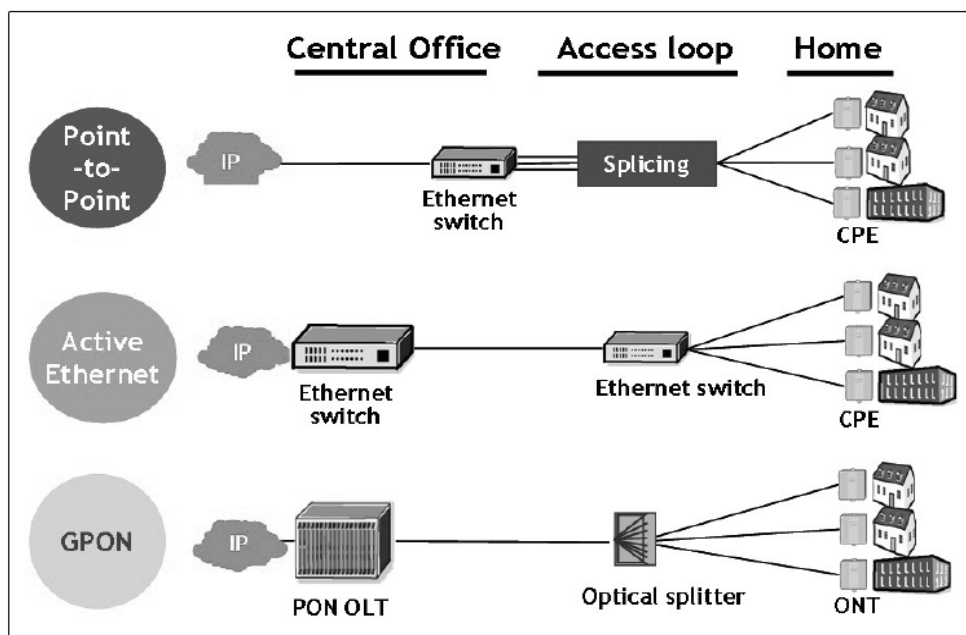
<sup>19</sup> Αποτελεί μια από τις μεγαλύτερες συμβουλευτικές εταιρείες της Ευρώπης με κύρια αποστολή την παροχή βοήθειας στην λήψη στρατηγικών αποφάσεων για τους πελάτες της στις βιομηχανίες Τηλεπικοινωνιών, Διαδικτύου και ΜΜΕ.

<sup>20</sup> Αριθμός συνδρομητών ως ποσοστό του συνολικού αριθμού νοικοκυριών.

## Κεφάλαιο 5 – Στοιχεία διαμόρφωσης κόστους δικτύου FTTx

### 5.1 Εισαγωγή

Υπάρχουν διαφορετικές τεχνολογικές επιλογές που είναι διαθέσιμες σε εκείνες τις επιχειρήσεις (Τηλεπικοινωνιακοί φορείς) που πρέπει να επιλέξουν την στρατηγική ανάπτυξης των δικτύων FTTH. Οι πιο σημαντικές από αυτές έχουν αναλυθεί σε προηγούμενα κεφάλαια και είναι οι τοπολογίες GPON, EPON, Active Ethernet και P2P και υπάρχει ένας αριθμός τεχνικών, οικονομικών και επιχειρηματικών κριτηρίων για την κατάλληλη επιλογή κάποιας από αυτές. 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. Η εικόνα 23 που ακολουθεί [30], παρουσιάζει τις βασικές επιλογές της τεχνολογίας FTTH που υπάρχουν σήμερα παγκοσμίως και έχουν ήδη εγκατασταθεί και χρησιμοποιούνται από επιχειρήσεις και νοικοκυριά.



Εικόνα23:Βασικές επιλογές τεχνολογίας FTTH

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 Παρόχων υπηρεσιών δικτύων 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, παρόλα 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).

## 5.2 Ανάλυση κόστους δικτύων FTTH

Η κατασκευή και η λειτουργία ενός οπτικού δικτύου πρόσβασης, αποτελεί ένα δύσκολο έργο, ιδιαίτερα από την στιγμή που απαιτεί 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 π.χ. η διάνοιξη τράφων, τα οποία εκτιμάται ότι διαμορφώνουν τα  $\frac{3}{4}$  του συνολικού κόστους κατασκευής. Κατά κανόνα, ο βασικός κανόνας είναι τα έσοδα 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 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.

## **5.3 Κόστος CAPEX**

### **5.3.1 Εισαγωγή**

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 των δραστηριοτήτων των εταιριών. Η κατασκευή ενός δικτύου, η υλοποίηση δικτυακών συσκευών αλλά και η απόκτηση συστημάτων λογισμικού, απαιτούν σημαντικά χρηματικά ποσά. Ένας εναλλακτικός ορισμός του όρου CAPEX είναι τα 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. Πιο συγκεκριμένα, το κόστος CAPEX αποτελείται από:

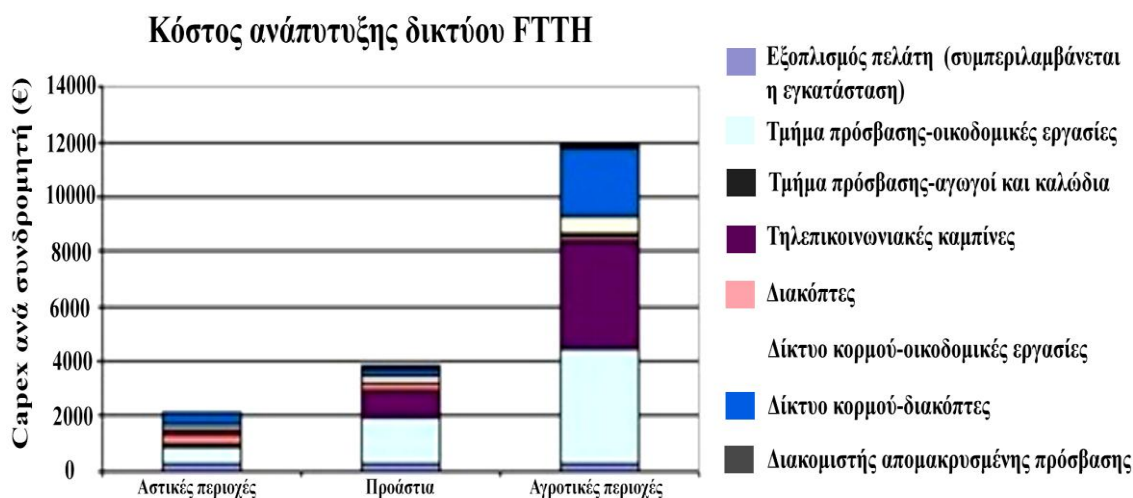
- Παθητικό εξοπλισμό: εργασίες εκσκαφής, δημιουργία φρεατίων, προμήθεια και εγκατάσταση σωληνώσεων, μικρο-σωληνώσεων, κατανεμητών και οπτικών ινών.
- Ενεργό εξοπλισμό: μεταγωγείς (switches), δρομολογητές (routers) και δέκτες (transceivers).
- Εργασίες: εκσκαφές, συγκολλήσεις, αποκαταστάσεις.

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 50%.

### **5.3.2 Παράγοντες που διαμορφώνουν το κόστος CAPEX ενός δικτύου FTTH**

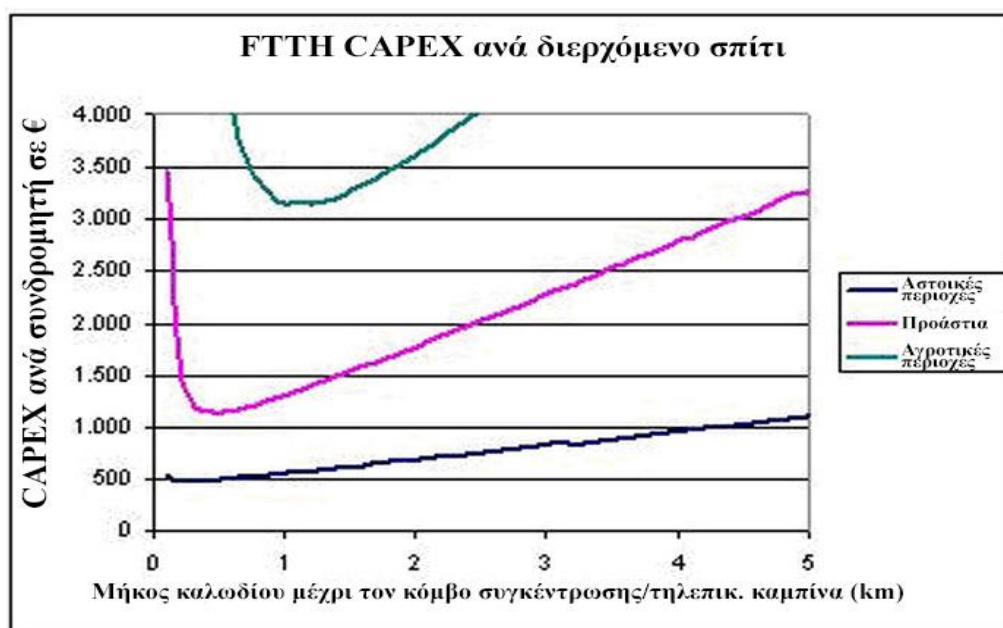
Στη συνέχεια περιγράφονται οι σημαντικότεροι παράγοντες που διαμορφώνουν το κόστος επενδύσεων κεφαλαίου (CAPEX) για την περίπτωση εγκατάστασης ενός νέου δικτύου FTTH. Όταν εγκαθίσταται ένα νέο δίκτυο FTTH, τα κυρίαρχα κόστη θα είναι αναπόφευκτα αυτά των οικοδομικών εργασιών, των αγωγών και των καλωδίων. Η επόμενη εικόνα 25 [38], παρουσιάζει τα κόστη οικοδομικών εργασιών και καλωδίων στο

τιμήμα πρόσβασης, τα οποία -όπως φαίνεται- 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 απόφασης που 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. Στην εικόνα 26 [38], 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<sup>21</sup>. Το αποτέλεσμα είναι ότι 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. Στην εικόνα 27 [43] που ακολουθεί, φαίνονται τρεις διαφορετικές πυκνότητες νοικοκυριών σε διαφορετικές αγροτικές περιοχές των ΗΠΑ. Η μεγαλύτερη πυκνότητα παρατηρείται στην περιοχή του Tennessee με 13.4 νοικοκυριά ανά τετραγωνικό μίλι και η μικρότερη στην περιοχή της Nebraska με 1.4 νοικοκυριά ανά τετραγωνικό μίλι.

Example Locality	Burwell, NE	Lancaster, NH	Jamestown, TN
County Name	Garfield County, Nebraska	Coos County, New Hampshire	Fentress County, Tennessee
County HH Density	1.4 HHs per sq. mi.	7.8 HHs per sq. mi.	13.4 HHs per sq. mi.

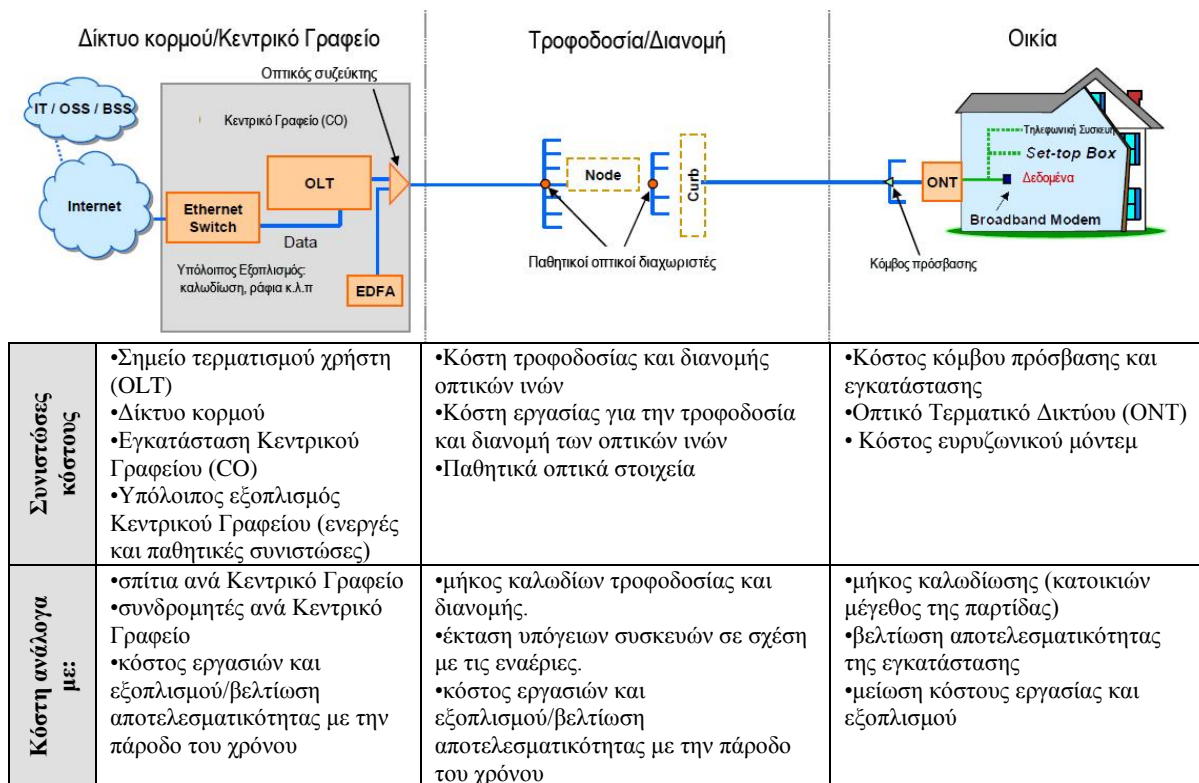
**Εικόνα 27: Παραδείγματα αγροτικών περιοχών και πυκνότητας κατοικιών στις ΗΠΑ**

Στην εικόνα 28 [43] φαίνονται οι παράγοντες κόστους ενός δικτύου FTTH. 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

<sup>21</sup> Μια οικονομική ανάλυση αποδεικνύει ότι το 60% του CAPEX για δίκτυα FTTH οφείλεται σε οικοδομικές εργασίες, αγωγούς και καλώδια.



συσκευές και οι ακριβότερες τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες. Το τελευταίο κόστος μπορεί να μειωθεί ανάλογα με το πακέτο προσφοράς που επιλέγει ο συνδρομητής.



Εικόνα 28: Συνιστώσες κόστους δικτύων FTTH

## 5.4 Κόστος OPEX

### 5.4.1 Εισαγωγή

Ως OPEX (Operational Expenditure) ορίζονται όλες εκείνες οι λειτουργικές δαπάνες/κόστη μιας επιχείρησης, οι οποίες έχουν άμεση σχέση με τα προσφερόμενα προϊόντα/ υπηρεσίες. Ένας εναλλακτικός ορισμός του όρου OPEX είναι ότι περιέχει 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).

#### 5.4.2 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), μιας και 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. 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.

## 5.5 Μείωση κόστους δικτύου FTTH

### 5.5.1 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 μία 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 πέφτουν 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). Η κύρια διαφορά όπως υπονοεί το όνομά τους είναι ότι τα ενεργά δίκτυα συνδέουν κάθε σπίτι με την εγκατάσταση του ηλεκτρικού ρεύματος, ενώ στη περίπτωση των παθητικών δικτύων, αρκετές ίνες είναι παθητικά συζευγμένες μεταξύ τους και για το λόγο αυτό η τελευταία τεχνολογία είναι η προτιμώμενη λύση των τηλεπικοινωνιών. 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 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.

### 5.5.2 Τρόποι μείωσης κόστους CAPEX και OPEX

Τα έξοδα λειτουργίας του οπτικού δικτύου αποτελούν έναν 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. Με μια σύντομη καταγραφή των εξόδων, τα ετήσια έξοδα συντήρησης θεωρούνται πρακτικά σταθερά και συγκεκριμένα για παθητικό εξοπλισμό και υπολογίζονται στο 0.5% της συνολικής αξίας του αντίστοιχου εξοπλισμού, ενώ για ενεργό οπτικό εξοπλισμό στο 8%. Τα έξοδα ηλεκτρικής ενέργειας από την πλευρά των συνδρομητών είναι εύκολο να υπολογιστούν και αυτό διότι οι διάφοροι κατασκευαστές εξοπλισμού ανακοινώνουν την κατανάλωση ανά θύρα OLT (κεντρικού τερματισμού των οπτικών ινών), οπότε πολλαπλασιάζοντας την εν λόγω κατανάλωση με τον αριθμό των θυρών που λειτουργούν, προκύπτει η ολική κατανάλωση. Τα μισθώματα αναφέρονται τόσο στη μίσθωση του Κεντρικού Γραφείου όσο και σε πιθανή ετήσια πληρωμή κάποιου Δήμου για τα δικαιώματα διέλευσης. 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 έξοδα 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. τροφοδοτές, κατανεμητές, οι εργασίες για τη διάνοιξη των τάφρων, η εγκατάσταση των 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, υπηρεσία επίσκεψης πελατών κ.λ.π.
- Αλλά λειτουργικά κόστη όπως π.χ. εργασίες συντήρησης.

Για να κρατηθεί σε χαμηλά επίπεδα το κόστος CAPEX, θα πρέπει να γίνει ένας προσεκτικός σχεδιασμός του δικτύου (planning) και των απαιτούμενων υλικών του (logistics) και στη συνέχεια να υπάρξει μία ισχυρή διείδυση του δικτύου σε μεγάλο αριθμό χρηστών/συνδέσεων, προκειμένου να μειωθεί το κόστος CAPEX/πελάτη κ.λ.π. Για να διατηρηθεί σε χαμηλά επίπεδα το κόστος CAPEX, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη

διάφοροι παράγοντες, όπως η χρήση του outsourcing<sup>22</sup> 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), η ισχυρή διείσδυση του δικτύου προκειμένου να μειωθεί το κόστος OPEX/πελάτη.

Οι Εθνικές Ρυθμιστικές Αρχές κάθε χώρας καθορίζουν το ύψος των αμοιβών και των επιτρεπόμενων κερδών στα πλαίσια του υγιούς ανταγωνισμού. Στο Παράρτημα Α αναφέρεται ενδεικτικά η οδηγία 97/33/ΕΚ, στην οποία 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).

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

Στη συνέχεια του κεφαλαίου εξετάζεται η πολιτική τιμολόγησης των υπηρεσιών FTTH. Πιο συγκεκριμένα, εξετάζεται το σημαντικό ζήτημα εφαρμογής μιας ρυθμιστικής πολιτικής (κανονισμού) εκ' μέρους της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για το FTTH προς τις εταιρίες που επενδύουν σε οπτικές ίνες, 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 περιπτώσεις 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

---

<sup>22</sup> Με τον όρο outsourcing νοείται η εξωτερικευση δραστηριοτήτων που εφαρμόζεται σε μια επιχείρηση. Πρόκειται ουσιαστικά για την ανάθεση κάποιων λειτουργιών της επιχείρησης σε εξωτερικούς συνεργάτες (οι οποίοι αναφέρονται και ως πάροχοι υπηρεσιών outsourcing), με σκοπό την μείωση του λειτουργικού της κόστους, και την επίτευξη υψηλότερης απόδοσης για την επιχείρηση. Η αποδοτικότητα είναι και ο βασικότερος στόχος μιας επιχείρησης μέσα από την υιοθέτηση του outsourcing.

Μακροπρόθεσμο Μέσο Επαυξητικό Κόστος (LRAIC - Long Run Average Incremental Cost)<sup>23</sup> καθώς και το Μέσο Συνολικό Κόστος (ATC – Average Total Cost) που αναλύονται στη συνέχεια.

Προκειμένου να αξιολογηθεί του 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 δεσπύζουσα θέση προβαίνει σε πωλήσεις κάτω του κόστους.

Ειδικότερα, αν η επιχείρηση με δεσπύζουσα θέση στην αγορά, πουλά κάτω από το μέσο αποτρεπτό κόστος (AAC - Average Avoidable Cost)<sup>24</sup>, 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 δεσπύζουσα 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 [34] 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.

---

<sup>23</sup> Ο όρος αυτός αναφέρεται σε μια προσέγγιση μοντελοποίησης κόστους. Δοθέντων συγκεκριμένων αρχικών συνθηκών, το LRAIC υπολογίζει το κόστος της παροχής μιας προκαθορισμένης αύξησης. Με άλλα λόγια κατά τον υπολογισμό του, κάποιος αναρωτιέται πιο θα ήταν το κόστος – από μακροπρόθεσμη άποψη – της προσθήκης μίας υπηρεσίας/προϊόντος στο υπάρχον σύνολο προϊόντων υπηρεσιών. Σε γενικές γραμμές η αύξηση αυτή μπορεί να οριστεί ως η παροχή οποιασδήποτε επιπρόσθετης ποσότητας οικονομικής εξόδου που μπορεί να είναι μια απλή υπηρεσία ή προϊόν ένα ολόκληρο σύνολο προϊόντων/υπηρεσιών απλώς μία αύξηση χωρητικότητας.

<sup>24</sup> 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.

- Τα τέλη πρόσβασης ορίζονται σε πλήρως κατανεμημένο κόστος (FDC)<sup>25</sup>, 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.

## 5.7 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. Ο κύκλος Deming αποτελείται από 4 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 υλοποίηση της. Στην εικόνα 29 φαίνεται ο κύκλος του Deming.



Εικόνα 17: Κύκλος του Deming

Στο πρώτο στάδιο (Plan) καθορίζεται το πεδίο δράσης του επιχειρησιακού σχεδίου. Ένα πλάνο περιέχει το σκοπό του σχεδίου, τα στοιχεία που θα ληφθούν υπόψη και την προέλευση των δεδομένων εισόδου. Το αρχικό σύνολο των δεδομένων χωρίζεται σε λογικά τμήματα ανάλογα με την περίπτωση, όπως π.χ. χρόνια, υποπεριοχές, κ.λ.π. και κάποια σύνολα δεδομένων σχετίζονται με υφιστάμενα μοντέλα. Τα μοντέλα αυτά δε συνδέονται άμεσα με το κύριο πεδίο της έρευνας, αλλά λειτουργούν σαν είσοδος για την

<sup>25</sup> Είναι η μεθοδολογία λογιστικής κοστολόγησης στην οποία το συνολικό κόστος ενός οργανισμού κατανέμετε πλήρως, άμεσα ή έμμεσα, σε όλα τα προϊόντα ή και υπηρεσίες του οργανισμού.



οικοδόμηση άλλων μεγαλύτερων επιχειρησιακών σχεδίων. Επίσης στο στάδιο αυτό ορίζεται το επίπεδο λεπτομέρειας και ο χρονικός ορίζοντας σχεδιασμού του έργου. Η συλλογή δεδομένων και η ανάπτυξη του γνωστικού υποβάθρου για την μελέτη του επιχειρησιακού σχεδίου είναι δύσκολη και επίμονη εργασία. 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. Τα δεδομένα εισόδου που ενδιαφέρουν για την ανάπτυξη ενός δικτύου FTTH αφορούν κυρίως τρεις κατηγορίες:

- **Περιοχή:** είναι πρακτικά αδύνατο ένα δίκτυο να αναπτυχθεί σε μία μεγάλη περιοχή εξαιτίας πρακτικών (περιορισμός χρόνου και εργατικού δυναμικού) και νομικών περιορισμών και για το λόγο αυτό πρέπει να γίνει προσεκτική επιλογή των περιοχών όπου θα αναπτυχθεί το δίκτυο.
- **Αγορά:** εδώ ανήκουν οι χρήστες (οικιακοί, εμπορικοί, βιομηχανικοί) που θα εξυπηρετούνται από το οπτικό δίκτυο καθώς και οι προσφερόμενες υπηρεσίες του δικτύου (π.χ. triple play, τηλεδιάσκεψη κ.λ.π)
- **Τεχνολογία:** επιλέγεται η τεχνολογία του οπτικού δικτύου που θα χρησιμοποιηθεί (π.χ. Home Run, AON, PON κ.λ.π). Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και οι δαπάνες του δικτύου, τόσο οι κεφαλαιουχικές (CAPEX) όσο και οι λειτουργικές (OPEX), οι οποίες με τη σειρά τους υποδιαιρούνται σε κατηγορίες όπως δαπάνες εξοπλισμού (π.χ. CAPEX: γη, κτίρια, παθητικές συσκευές, εξοπλισμός και OPEX: κατανάλωση ενέργειας) και δραστηριοτήτων (π.χ. CAPEX: εγκατάσταση δικτύου και OPEX: συντήρηση και επιδιόρθωση δικτύου).

Το δεύτερο στάδιο (Do) είναι αυτό της μοντελοποίησης. Η μοντελοποίηση είναι απαραίτητη για τον ακριβή προσδιορισμό των δαπανών αλλά και εσόδων στο έργο. Χρησιμοποιούνται δύο προσεγγίσεις. Η προσέγγιση από πάνω προς τα κάτω (top - down) και η προσέγγιση από κάτω προς τα πάνω (bottom - up), οι οποίες έχουν αναλυθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Το τρίτο στάδιο (check) είναι αυτό της αξιολόγησης. Σε αυτό γίνεται η ανάλυση των επενδύσεων, δηλαδή η ανάλυση των ταμειακών ροών για να αξιολογηθεί η αποδοτικότητα του έργου, το ετήσιο κόστος της επένδυσης και τα κέρδη. 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 επενδύσει σε ένα τέτοιο έργο εξαρτάται από το ρίσκο του έργου και το μέγεθος της επένδυσης. Λαμβάνοντας υπόψη τις επενδύσεις μιας

εταιρίας, το ελάχιστο κέρδος καθορίζεται από το επιτόκιο που η εταιρία είναι διαθέσιμη να πληρώσει για να χρηματοδοτήσει τους πόρους της.

Το τέταρτο στάδιο (act) είναι αυτό της δράσης. Εδώ γίνονται οι απαραίτητες συγκρίσεις με άλλες μελέτες για να βρούμε πόσο αποδοτικό είναι το έργο. Ωστόσο, μπορούν να γίνουν επεκτάσεις/εκλεπτύνσεις 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 των εξοπλισμών, θα υπάρχουν περισσότεροι/λιγότεροι πελάτες κ.λ.π). Έτσι γίνεται χρήση της ανάλυσης ευαισθησίας. Ένα άλλο θέμα είναι η αβεβαιότητα και οι εσκεμμένες ενέργειες που γίνονται για την αντιμετώπιση της. Τότε χρησιμοποιούνται αναλύσεις πραγματικών επιχειρηματικών επίλογων.

## Κεφάλαιο 6 – Μελέτες περιπτώσεων τεχνο-οικονομικής ανάλυσης δικτύων FTTH

### 6.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό μελετώνται διεξοδικά πέντε διαφορετικές μελέτες περιπτώσεων (Case Studies) αναφορικά με το κόστος κατασκευής οπτικών δικτύων σε αστικές, ημιαστικές και αγροτικές περιοχές με χρήση διαφορετικών αρχιτεκτονικών και τοπολογιών. Στο τέλος κάθε μελέτης αναφέρονται και συνοψίζονται τα αποτελέσματα που έχει η χρήση τοπολογίας για τη διαμόρφωση του κόστους CAPEX και OPEX και προκύπτουν χρήσιμα συμπεράσματα αναφορικά με την ιδανική κατά περίπτωση τοπολογία. Παράλληλα αναγνωρίζονται οι παράμετροι-κλειδιά που επηρεάζουν τα οικονομικά της τεχνολογίας FTTH.

### 6.2 Μελέτη περίπτωσης (Case Study): Κατασκευή δικτύου FTTH στην πόλη της Λειβαδιάς

#### 6.2.1 Περιγραφή του χρησιμοποιημένης τοπολογίας

Τα στοιχεία που περιγράφονται, έχουν ληφθεί από την Διδακτορική Διατριβή του Δρος Κωνσταντίνου Τρούλου και έχει χρησιμοποιηθεί το μοντέλο κόστους που αναπτύχθηκε στο Εργαστήριο Διαχείρισης και Βέλτιστου Σχεδιασμού Δικτύων του ΕΜΠ.

Πίνακας 9: Τύποι ηλεκτρονικών Παρόχων

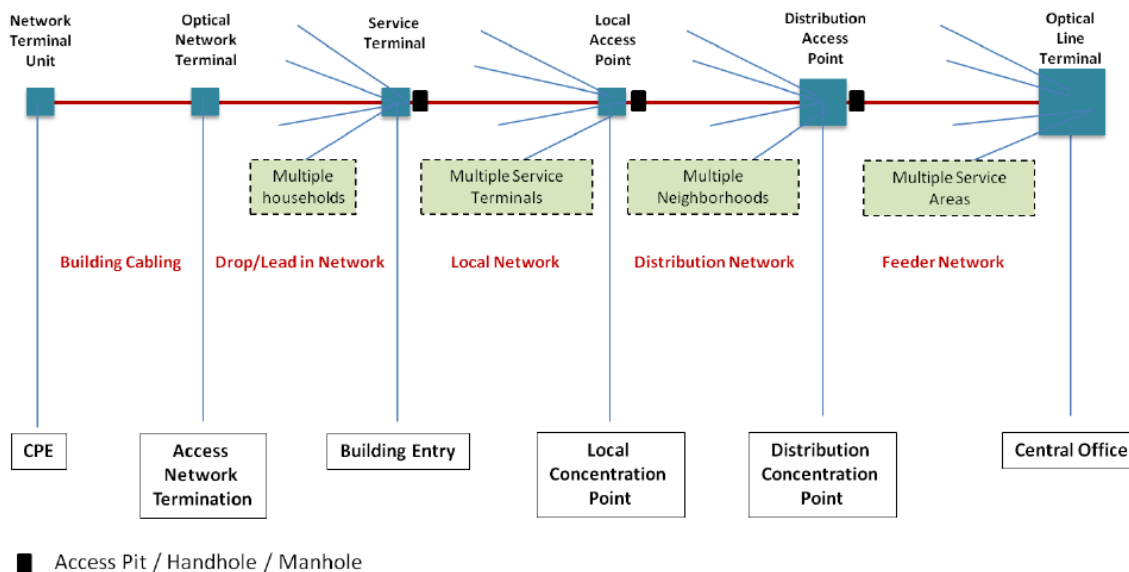
Κριτήριο		
Γεωγραφική Περιοχή	<b>α) Αγροτικοί ευρυζωνικοί Πάροχοι</b> Δραστηριοποιούνται σε αγροτικές και ημιαστικές περιοχές με περιορισμένη οικονομική δραστηριότητα και χαμηλή πυκνότητα πληθυσμού.	<b>β) Αστικοί ευρυζωνικοί Πάροχοι</b> Δραστηριοποιούνται σε αστικές και μητροπολιτικά κέντρα, όπου η ζήτηση για ευρυζωνικές υπηρεσίες είναι υψηλή.
Επιχειρηματικό μοντέλο και βαθμός ολοκλήρωσης Παρόχου <sup>26</sup>	<b>α) Πάροχοι ανοιχτής πρόσβασης</b> Προσφέρουν υπηρεσίες σε όλο το φάσμα της ευρυζωνικής αγοράς και με όρους ίσης και δίκαιης πρόσβασης προς όλους, ανεξάρτητα από το επίπεδο του δικτύου στο οποίο παρέχεται η υπηρεσία.	<b>β) Πάροχοι κάθετης ολοκλήρωσης</b> Προσφέρουν υπηρεσίες μόνο σε λιανικούς πελάτες, ενώ δεν προσφέρουν υπηρεσίες σε άλλους Παρόχους οι οποίοι θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν τις υποδομές τους για να τους ανταγωνιστούν στην λιανική αγορά

<sup>26</sup> Με τον όρο αυτό νοείται η επιχειρηματική διάσταση του Παρόχου τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Για παράδειγμα το μοντέλο ενός ενιαίου Παρόχου που παρέχει όχι μόνο την φυσική υποδομή του δικτύου, αλλά επίσης πρόσβαση και υπηρεσίες στο Internet; όπως επίσης και ευρυζωνικές υπηρεσίες. Αντίθετα το μοντέλο Παρόχου σε Πάροχο προσφέρει μόνο τη φυσική υποδομή και την χωρητικότητα του δικτύου, ενώ το μοντέλο της παθητικής υποδομής προσφέρει μόνο τη φυσική υποδομή.

<b>Προσφερόμενες υπηρεσίες</b>	<b>α) Πάροχοι υπηρεσιών και περιεχομένου</b> Προσφέρουν ηλεκτρονικές υπηρεσίες και περιεχόμενο.	<b>β) Πάροχοι επικοινωνιών</b> Προσφέρουν υπηρεσίες διασύνδεσης σε Παρόχους υπηρεσιών και	<b>γ) Πάροχοι υποδομών</b> Προσφέρουν υπηρεσίες φυσικής υποδομής στους Παρόχους.
--------------------------------	--	--	---

Υπάρχουν διάφοροι τύποι Παρόχων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών, οι οποίοι διαχωρίζονται με βάση συγκεκριμένα κριτήρια, όπως φαίνεται από τον πίνακα 11.

Στη συνέχεια, αναλύεται μία μελέτη περίπτωσης για την κατασκευή και εμπορική αξιοποίηση ενός μελλοντικού δικτύου FTTH στην πόλη της Λιβαδειάς που αποτελεί μία τυπική περιφερειακή πόλη. Η ανάπτυξη ενός δικτύου Ethernet γίνεται με βάση την δομή ενός ενεργού οπτικού δικτύου και γίνεται η παραδοχή ότι ο Δήμος έχει το πλεονέκτημα της διαχείρισης των υφιστάμενων πηγών της ηλεκτρικής ενέργειας για τους κόμβους συγκέντρωσης. Η μελέτη λαμβάνει υπόψη τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της πόλης και αναλύει την επιχειρηματική περίπτωση με βάση την εκτιμούμενη διείσδυση των υπηρεσιών και την πληθυσμιακή πυκνότητα των διαφόρων περιοχών της πόλης. Γίνεται μελέτη του κόστους κατασκευής ενός δικτύου FTTH με κριτήρια: α) τις διαφορετικές πληθυσμιακές πυκνότητες ανά περιοχή της πόλης, β) το ποσοστό ευρυζωνικής διείσδυσης (penetration rate) και γ) δύο τύπους τοπολογίας: P2P (Point-to-Point) και PtMP (Point-to MultiPoint). Για τη συγκεκριμένη περίπτωση, το δίκτυο έχει χωριστεί σε επιμέρους τμήματα, με βάση ορισμένες παραδοχές του FTTH Council, τα οποία παρουσιάζονται στην εικόνα 30 [40]:



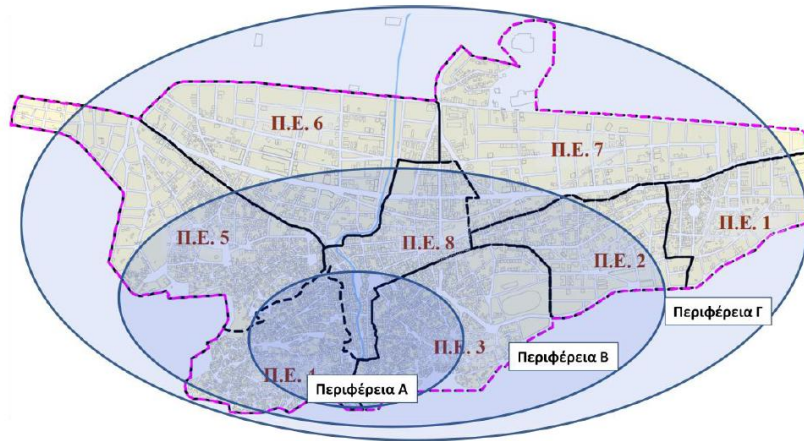
**Εικόνα 30: Χρησιμοποιούμενη ιεραρχία δικτύου FTTH**

Τα τμήματα αυτά είναι τα εξής:

- 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).
- 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.
- Τοπικό δίκτυο πρόσβασης (Local network): Καλύπτει το επίπεδο της γειτονιάς μιας περιοχής και εκτείνεται από τον οπτικό κόμβο πρόσβασης (Local Access Point - LAP) μέχρι την είσοδο των κτιρίων (Service Terminals).
- 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).
- Κύριο Δίκτυο (Feeder network): Προωθεί την οπτική καλωδίωση από τον κόμβο του δικτύου διανομής DAP μέχρι το κεντρικό γραφείο (Central Office-CO).

Κατά μήκος του δικτύου FTTH όπως επίσης και σε κάθε κομβικό σημείο του (όπως π.χ. DAP, LAP, Service Terminal) υπάρχουν εγκατεστημένα φρεάτια που εξυπηρετούν τις ανάγκες πρόσβασης σε αυτά. Ως γειτονιά θεωρείται ένα μέρος της πόλης που περιέχει 192 τελικούς χρήστες και ανάλογα με την πυκνότητα του πληθυσμού της κάθε περιοχής, η γειτονιά έχει μεγαλύτερη ή μικρότερη έκταση, επομένως και μεγαλύτερο ή μικρότερο ανάπτυγμα δρόμων. Οι πληθυσμιακές πυκνότητες εκφράζονται σε επίπεδο κτιρίων και νοικοκυριών ανά δρόμο και όχι ανά επιφάνεια και έτσι επιτυγχάνεται σωστότερη εκτίμηση του μήκους του δικτύου και κατ' επέκταση και του αντίστοιχου κόστους του. Στη συγκεκριμένη πόλη έχουν

χρησιμοποιηθεί πραγματικά στοιχεία τόσο για τον αριθμό των κτιρίων (καθώς και τον τύπο τους με βάση τον αριθμό των διαμερισμάτων που περιέχουν), όσο και για το μήκος των δρόμων της πόλης. Έτσι καθίσταται δυνατή η εύρεση του μέσου αριθμού ανά μέτρο, ένα μέγεθος που θα χρησιμοποιηθεί στην συνέχεια. Το συνολικό μήκος των δρόμων της πόλης της Λιβαδειάς είναι 87.194 μέτρα και σε αυτή την έκταση υπάρχουν 7.290 πελάτες και 5.120 κτίρια. Η πόλη διαιρείται σε τρεις διαφορετικές περιφέρειες (ζώνες), όπως φαίνεται στην εικόνα 31 [40].



**Εικόνα 31: Οι τρεις περιφέρειες της πόλης της Λειβαδειάς**

Η περιφέρεια Α είναι η περιφέρεια υψηλής πληθυσμιακής πυκνότητας, η οποία διαθέτει πυκνό οπτικό δίκτυο και πολλά ιδιόκτητα κτήρια, τα οποία απαρτίζονται κυρίως από ισόγειες και μονώροφες κατοικίες καθώς και από καταστήματα. Η περιφέρεια Β είναι η περιοχή μέσης πυκνότητας πληθυσμού και απαρτίζεται κυρίως από διώροφα σπίτια, ενώ η περιφέρεια Γ είναι η περιοχή χαμηλής πυκνότητας πληθυσμού, διότι το μεγαλύτερο μέρος της δεν είναι ακόμα οικοδομημένο. Σε κάθε ζώνη διαφοροποιούνται οι μέσες αποστάσεις μεταξύ των εξωτερικών καμπινών του δικτύου διανομής (DAP's) και κάθε τέτοια καμπίνα καλύπτει 192 συνδρομητές. Σε κάθε όροφο αντιστοιχεί ένας τελικός χρήστης με 2 οπτικές ίνες. Το 60% του κόστους του δικτύου ανά διερχόμενο σπίτι (per home passed) είναι σταθερό και αναφέρεται στον εξοπλισμό που εγκαθίσταται εξ' αρχής και το υπόλοιπο 40% αφορά τη σύνδεση ενός νέου χρήστη [29].

### **6.2.2 Οικονομικό κόστος του δικτύου FTTH**

Οι χρησιμοποιούμενες τοπολογίες οπτικής πρόσβασης είναι *Point-to-Point* και *Point-to-Multipoint* και κάθε νέα σύνδεση ενός χρήστη/νοικοκυριού απαιτεί μία

θερμική συγκόλληση (fusion splicing)<sup>27</sup>. Ο υπολογισμός του κόστους για την κάλυψη των τελικών σημείων προϋποθέτει να σκαφτούν χαντάκια μέσα στα οποία θα τοποθετηθούν σωληνώσεις που θα περιέχουν τα απαιτούμενα καλώδια μέχρι τα σημεία συγκέντρωσης. Στον υπολογισμό του κόστους ανά συνδεδεμένο τελικό χρήστη προστίθεται επιπλέον και το κόστος ανάπτυξης καλωδίωσης στο δίκτυο εισόδου κτιρίου και το κόστος σύνδεσης του χρήστη με το δίκτυο (*Drop/Lead-in network* + εσωτερική καλωδίωση) καθώς και το κόστος κατασκευής των φρεατίων διασύνδεσης. Κάθε φρεάτιο εξυπηρετεί 4 πελάτες ανεξαρτήτως κτιρίου. Σε όλο το δίκτυο εισόδου κτιρίου προβλέπεται η ανάπτυξη μικρο-σωλήνων τύπου 24\*8 και καλωδίων 24 ινών. Στον πίνακα 10 [29] από περαιτέρω έρευνα, παρουσιάζονται αναλυτικά τα χρηματοοικονομικά κόστη υλοποίησης του δικτύου FTTH στην πόλη της Λειβαδιάς.

**Πίνακας 10: Χρηματοοικονομικό κόστος εφαρμογής δικτύου FTTH στη Λειβαδιά**

Στοιχείο	Τιμή	Στοιχείο	Τιμή
Τεχνική διάνοιξης τάφρων Mini trenching	12€/m	Οπτικός κατανεμητής (ODF) καλωδίωσης	11€
Τεχνική διάνοιξης τάφρων Micro trenching	6€/m	Συγκόλληση νέας σύνδεσης	15€
Κόστος εσωτερικής καλωδίωσης ανά όροφο	250€	Οπτικός κατανεμητής (ODF) ανά οικία/κτίριο	150€
Κόστος εξωτερικής καμπίνας του δικτύου διανομής (DAP)	5000€	Κόστος Διαχωριστή	30€
Καμπίνα NAP	8000€	Κεντρικός τερματισμός οπτικών ινών τοπολογίας Active Ethernet	1000€
Χαντάκια	400€	Θύρα Ethernet 10 Gbps	2000€
Τοποθέτηση οπτικών ινών στα κτίρια	300€	Θύρα Ethernet 1 Gbps	120€
Τάφρος X1 (περιέχει 6 σωλήνες)	15€	Θύρα ODF	15€
Τάφρος X2 (περιέχει 2 σωλήνες)	12€	Εξοπλισμός Ethernet των εγκαταστάσεων των χρηστών (CPE - Customer Premises Equipment)	100€
Τάφρος X3 εισόδου σε κτίριο (περιέχει 1 σωλήνα)	25€	Εξοπλισμός GPON των εγκαταστάσεων των χρηστών	100€
Εσωτερική καλωδίωση ανά όροφο	300€	GPON στο σημείο τερματισμού χρήστη (CTP - Customer Termination Point ή αλλιώς OLT – Optical Line Termination)	1000€
Εσωτερικός οπτικός κατανεμητής (ODF)	150€	GPON ONT	500€
Καλώδιο 2 οπτικών ινών	1€	ODF1 (NAP)	16.800€
Καλώδιο 8 οπτικών ινών	1.5€	ODF2 (DAP)	2.400€

<sup>27</sup> οι συγκολλήσεις (splices) μπορεί να είναι μηχανικές ή σύντηξης με τις πρώτες να είναι λιγότερο δαπανηρές αλλά να εμφανίζουν μικρότερη απώλεια εισαγωγής και οπίσθιες ανακλάσεις (back reflections).

Καλώδιο 24 οπτικών ινών	2€	1 x 1 Αγωγοί	2€
Καλώδιο 48 οπτικών ινών	2.5€	24 x 8 Αγωγοί s	2€
Καλώδιο 96 οπτικών ινών	3€	7 x 96 Αγωγοί	3€

Στη συνέχεια πραγματοποιείται μία αξιολόγηση του κόστους κατασκευής μεταξύ των δικτύων Point-to-Point Ethernet και Point-to-Multipoint GPON (η τεχνολογία αυτή λειτουργεί σε αρχιτεκτονικές τύπου FTTH και εξυπηρετεί του χρήστες διαχωρίζοντας τις οπτικές ίνες με χρήση παθητικών διαχωριστών σε συγκεκριμένα σημεία του δικτύου). Οι πίνακες 11 και 12 παρουσιάζουν το κόστος κάλυψης περιοχής και σύνδεσης νοικοκυριών καθώς και το κόστος ανάπτυξης για το δίκτυο Point-to-Point:

**Πίνακας 11: Κόστος κάλυψης περιοχής/σύνδεσης νοικοκυριών σε δίκτυο Point-to-Point**

Περιοχή	Κόστος για κάλυψη περιοχής 100% (€)	Κόστος ανά καλυπτόμενο νοικοκυριό (€)	Κόστος σύνδεσης νοικοκυριού (€)	Επίπλέον κόστος για σύνδεση νοικοκυριών 100% (€)
Υψηλή	1.550.424	589	436	1.333.566
Μέσης	1.761.928	670	444	1.029.824
Χαμηλής	2.267.552	862	450	852.846
Συνολικό κόστος	5.579.904	-	-	-
Μέσο κόστος	-	765€	441€	

**Πίνακας 12: Κόστος ανάπτυξης δικτύου τοπολογίας Point-to-Point**

Ζώνη (Ποικνότητα)	Κύριο Δίκτυο (€)	Δίκτυο Διανομής (€)	Δίκτυο Πρόσβασης (€)	Δίκτυο Εισόδου (€)	Εσωτερική ή Καλωδίωση (€)	Σύνολο (€)	Συνολικό Κόστος Κατασκευής (€)
Υψηλή	386.744	454.944	708.736	723.812	609.754	2.883.990	1.550.424
Μέση	328.496	315.896	1.117.536	476.013	553.810	2.791.752	1.761.928
Χαμηλή	328.496	328.496	1.556.560	306.497	546.348	3.120.398	2.267.552
Σύνολο	<b>1.097.736</b>	<b>1.099.336</b>	<b>3.382.832</b>	<b>1.506.323</b>	<b>1.709.913</b>	<b>8.796.140</b>	<b>5.579.904</b>

Οι πίνακες 13 και 14 παρουσιάζουν το αντίστοιχο κόστος κάλυψης περιοχής και σύνδεσης νοικοκυριών καθώς και το αντίστοιχο κόστος ανάπτυξης για το δίκτυο Point-to- Multipoint:

**Πίνακας 13: Κόστος κάλυψης περιοχής/σύνδεσης νοικοκυριών σε δίκτυο Point-to-Multi Point**

Περιοχή	Κόστος για κάλυψη περιοχής 100% (€)	Κόστος ανά καλυπτόμενο νοικοκυριό (€)	Κόστος σύνδεσης νοικοκυριού (€)	Επίπλέον κόστος για σύνδεση νοικοκυριών 100% (€)
Υψηλή	1.024.608	389€	436€	1.333.566€
Μέσης	1.294.272	492€	444€	1.029.824€
Χαμηλής	1.739.596	661€	450€	852.846€
Συνολικό	4.058.476	-	-	-



<b>κόστος</b>				
<b>Μέσο κόστος</b>	-	557€	441€	

**Πίνακας 14: Κόστος ανάπτυξης δικτύου τοπολογίας Point-to- Multi Point**

<b>Ζώνη (Πυκνότητα)</b>	<b>Κύριο Δίκτυο (€)</b>	<b>Δίκτυο Διανομής (€)</b>	<b>Δίκτυο Πρόσβασης (€)</b>	<b>Δίκτυο Εισόδου (€)</b>	<b>Εσωτερική Καλωδίωση (€)</b>	<b>Σύνολο (€)</b>	<b>Συνολικό Κόστος Κατασκευής (€)</b>
<b>Υψηλή</b>	66.016	290.176	1.077.376	723.812	609.754	2.767.134	1.433.568
<b>Μέση</b>	51.808	135.008	1.324.896	476.013	553.810	2.541.536	1.511.712
<b>Χαμηλή</b>	58.108	135.008	1.700.560	306.497	546.348	2.746.522	1.893.676
<b>Σύνολο</b>	<b>175.932</b>	<b>560.192</b>	<b>4.102.832</b>	<b>1.506.323</b>	<b>1.709.913</b>	<b>8.055.192</b>	<b>4.838.956</b>

Για όλους τους παραπάνω πίνακες, έχουν γίνει οι ακόλουθες υποθέσεις αναφορικά με το κόστος κατασκευής της παθητικής υποδομής και με δεδομένο ότι ο χρόνος οικονομικής ζωής κατά μέσο όρο είναι τα 35 έτη.

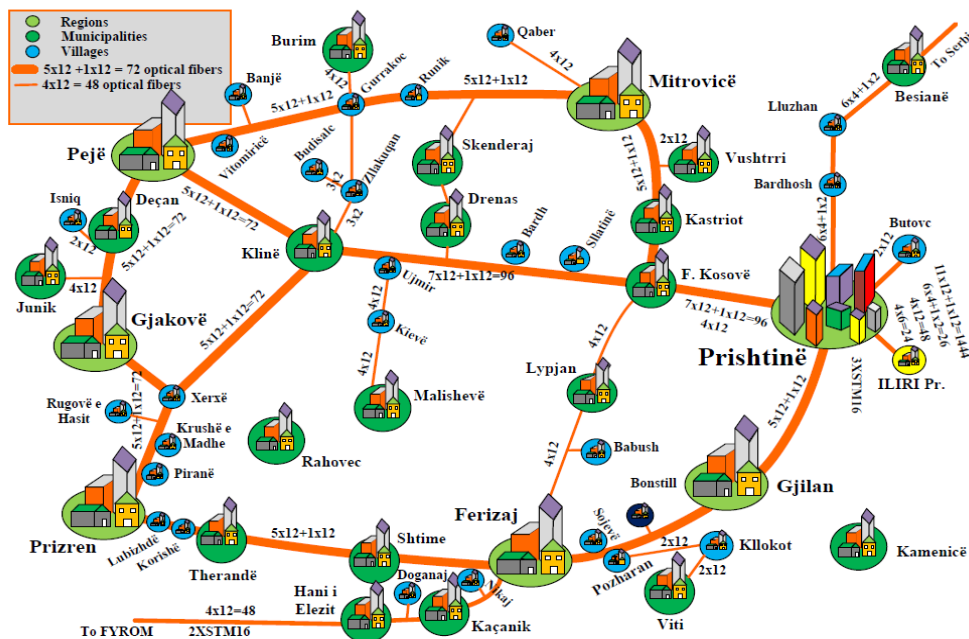
- i. Κόστος κατασκευής τάφρων και εγκατάστασης οπτικών υποδομών (τεχνολογία Mini-Trenching): 12€.
- ii. Εσωτερική καλωδίωση ανά όροφο: 250€
- iii. Εξωτερική Καμπίνα δικτύου διανομής (DAP): 5.000€.
- iv. Φρεάτια: 400€.

Από τη σύγκριση των παραπάνω πινάκων εξάγεται το συμπέρασμα ότι το κόστος κατασκευής του δικτύου εισόδου και της εσωτερικής καλωδίωσης είναι το ίδιο και στις δύο τοπολογίες. Όσον αφορά το κόστος του δικτύου πρόσβασης, αυτό είναι πολύ μεγαλύτερο στην περίπτωση της τοπολογίας Point-to-Multipoint, εξαιτίας της χρήσης περισσότερων παθητικών στοιχείων (PON splitters), προκειμένου οι εισερχόμενες οπτικές ίνες να τροφοδοτήσουν τους τελικούς χρήστες. Όσον αφορά το δίκτυο διανομής και το κύριο δίκτυο, συμπεραίνεται ότι οι απαιτήσεις τόσο σε καλώδια όσο και σε σωλήνες είναι πολύ μεγαλύτερες για την τοπολογία Point-to-Point, οπότε απαιτούνται και μεγαλύτερες επενδύσεις. Συνολικά, η τοπολογία Point-to-Point απαιτεί επενδύσεις 5.579.904€, ενώ η τοπολογία Point-to-Multipoint απαιτεί επενδύσεις 4.838.956€. Προκύπτει επομένως το συμπέρασμα ότι η δεύτερη τοπολογία είναι περισσότερο κατάλληλη για περιφερειακές πόλεις.

## 6.3 Μελέτη Περιπτώσεως (Case Study) 2: Κατασκευή δικτύου FTTH στην περιοχή του Κοσσόβου

### 6.3.1 Περιγραφή του χρησιμοποιημένης τοπολογίας

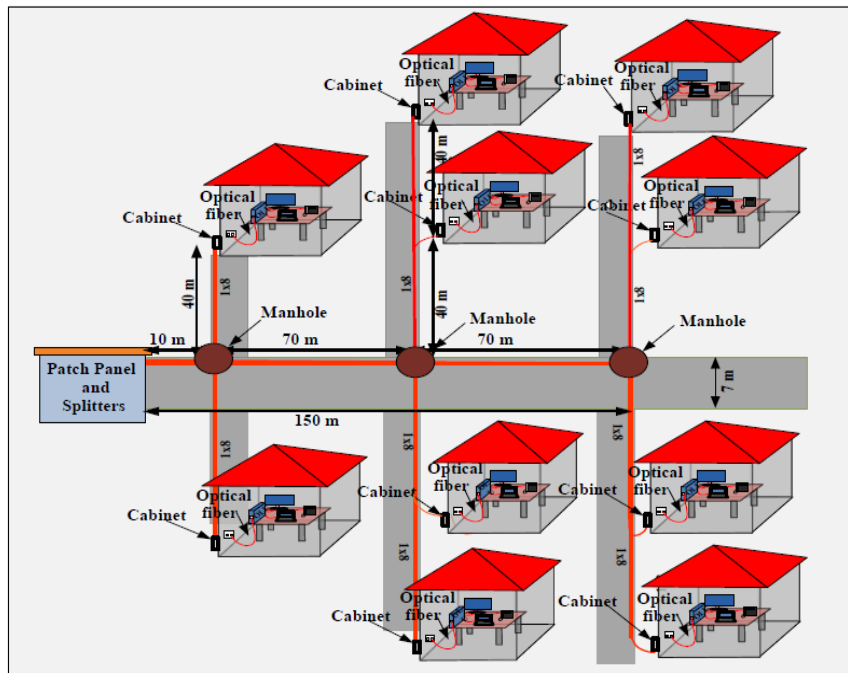
Στην περιοχή του Κοσσόβου (Κοσσυφοπεδίου) έχει επιτευχθεί τα τελευταία χρόνια μία μεγάλη αναβάθμιση των οπτικών ινών. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το 2002 υπήρχαν μόλις μερικά χιλιόμετρα οπτικών καλωδίων, ενώ στα τέλη του 2011 υπήρχαν περισσότερα από 1000 χιλιόμετρα. Ο οπτικός δακτύλιος που υλοποιήθηκε από την εταιρία *PTK*, συνδέει τις κυριότερες πόλεις του Κοσσόβου και ορισμένα χωριά μεταξύ τους, όπως φαίνεται στην εικόνα 32 [41]:



Εικόνα 32: Τρέχον οπτικό δίκτυο Κοσσόβου κατασκευασμένο από την εταιρία PTK

Στη συγκεκριμένη περιοχή υπάρχουν αυξημένες ανάγκες για μετάδοση ήχου, δεδομένων, video, τηλεόρασης υψηλής ευκρίνειας, οι οποίες αναμένεται να αυξηθούν τα επόμενα χρόνια. Για την ικανοποίηση των συγκεκριμένων αναγκών η πιο κατάλληλη αρχιτεκτονική για την υλοποίηση ενός δικτύου FTTH θα ήταν η PON, διότι έχοντας χαμηλότερο κόστος υλοποίησης (αφού χρησιμοποιείται το ίδιο μέσο μετάδοσης από περισσότερους πελάτες και το μόνο που απαιτείται είναι ο παθητικός διαχωριστής) υπερτερεί έναντι τόσο της τοπολογίας Point-to-Multipoint, η οποία χρησιμοποιεί μια τηλεοπτική ίνα για πολλαπλές εγκαταστάσεις όσο και της τοπολογίας Point-to-Point, η οποία απαιτεί ξεχωριστό καλώδιο για κάθε τελικό χρήστη. Όσον αφορά τις γενιές δικτύων PON –έχουν αναφερθεί στην παράγραφο 3.3.2 -, χρησιμοποιείται η GPON η οποία έχει σχεδιαστεί για δίκτυα πρόσβασης

λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες των φορέων παροχής τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Στην εικόνα 33 [41] παρουσιάζεται η υλοποίηση μίας FTTH σύνδεσης για 10 σπίτια.



Εικόνα 33: Υλοποίηση FTTH σύνδεσης 10 σπιτιών στο Κόσσοβο.

Όπως φαίνεται από την συγκεκριμένη υλοποίηση, η διανομή του FTTH δικτύου ξεκινά από το patch panel<sup>28</sup> όπου τοποθετούνται οι παθητικοί διανομείς. Για τη διανομή προβλέπεται η χρήση ενός διαχωριστή (διαμεριστή) 1x4 και τριών παθητικών διαχωριστών 1x32. Από το patch panel θα σταλθεί ένα οπτικό καλώδιο σε κάθε σπίτι. Οι ίνες αποστέλλονται μέσω φρεατίων (τα οποία απέχουν 70 μέτρα μεταξύ τους) στην τηλεπικοινωνιακή καμπίνα (Cabinet), η οποία τοποθετείται σε κοντινή απόσταση με το κάθε σπίτι και από αυτή θα σταλούν οι 2 από τις 8 ίνες στην οπτική μονάδα (Optical line Unit – OLU) που βρίσκεται στο σημείο τερματισμού χρήστη (Customer Termination Point - CTP ή αλλιώς Optical Line Termination – OLT), ενώ οι υπόλοιπες 6 θα χρησιμεύουν ως εφεδρικές ίνες που θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από εταιρίες παροχής τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών που δραστηριοποιούνται στην ευρύτερη περιοχή του Κοσσόβου. Στην περίπτωση αυτή το όλο δίκτυο είναι παθητικό, με μόνη εξαίρεση την οπτική μονάδα OLT που είναι στον τελικό χρήστη και η οποία απαιτεί ρεύμα. Αυτός είναι ο κύριος λόγος που προτιμήθηκε η τεχνολογία PON για την υλοποίηση του δικτύου FTTH.

<sup>28</sup> Ικρίωμα με πολλαπλά σημεία τερματισμού καλωδίων που χρησιμοποιείται για τη σύνδεση των οριζόντιων καλωδίων με τον ενεργό εξοπλισμό

### 6.3.2 Οικονομικό κόστος του δικτύου FTTH

Στον πίνακα 15 περιγράφονται οι οικονομικές πτυχές της υλοποίησης ενός δικτύου FTTH για μια πρότυπη γειτονιά από 10 διαμερίσματα. Δεδομένου ότι το οικονομικό κόστος πρέπει να καταστεί σαφές, παρατίθεται στην συνέχεια ένας συνοπτικός πίνακα των τιμών για τον αναγκαίο εξοπλισμό του δικτύου FTTH, ο οποίος έχει δημοσιευθεί σε σχετικό paper από τους Nebi Caka και Astrit Hulaj [41].

Ένα τέτοιο κόστος είναι για την περίπτωση εκείνη όπου το πραγματοποιούμενο δίκτυο είναι παθητικό και όταν έχουμε να κάνουμε με νέα κτίρια. Εάν όμως στην υλοποίηση μια τέτοιας περίπτωσης συμπεριλαμβάνονται και οι ενεργές συσκευές τότε θα πρέπει να συμπεριληφθεί το κόστος την παροχής ενέργειας (συμπεριλαμβανομένου των μηνιαίων πληρωμών της ηλεκτρικής ενέργειας) καθώς και το κόστος συντήρησης του ενεργού εξοπλισμού/συσκευών. Εάν θέλουμε ένα τέτοιο δίκτυο να επιτευχθεί για μία τέτοια γειτονιά στην οποία έχει ολοκληρωθεί και η συνοδευτική υποδομή της, όπως π.χ. αποχέτευση, πεζοδρόμια, οδοποιία κλπ, τότε στο κόστος της υλοποίησης πρέπει να προστεθεί και το κόστος της επισκευής των πεζοδρομίων, της ασφάλτου, διαφόρων γεωτρήσεων κλπ. Αυτό θα επηρεάσει το κόστος της υλοποίησης με αποτέλεσμα την αύξηση του στο 60% με 80% του συνολικού κόστους κάτι που είναι δυσβάστακτο για της εταιρίες που δραστηριοποιούνται στο Κόσσοβο.

Η μείωση του κόστους θα μπορούσε να επιτευχθεί στην συγκεκριμένη περίπτωση, αν κάποιο από τα έργα όπως άνοιγμα καναλιών, αγορά σωλήνων καθώς και ορισμένες πρόσθετες εργασίες θα εκτελούνταν σε συνεργασία με άλλες εταιρίες του Κόσσοβου, όπως πχ εταιρίες παροχής ηλεκτρικής ενέργειας και νερού.

**Πίνακας 15: Χρηματοοικονομικό κόστος από την εφαρμογή ενός δικτύου FTTH**

A/A	Υλικό	Μονάδα	Ποσότητα	Ελάχιστη τιμή (€)	Μέγιστη τιμή (€)	Ελάχιστο Συνολικό ποσό (€)	Μέγιστο Συνολικό ποσό (€)
1	Οπτική Μονάδα Δικτύου OLU/ONT	1 συσκευή	10	100	200	1000	2000
2	Οπτικός Διαχωριστής 1x4	1 συσκευή	1	50	150	50	150
3	Οπτικός Διαχωριστής 1x32	1 συσκευή	3	100	200	300	600
4	Οπτικό καλώδιο SM-	m	1435	0.50	0.65	717.5	932.75

	1x8 ίνες						
5	Καλώδιο Επέκτασης 0.5-1 m	1 συσκευή	80	5	5.5	400	440
6	Καλώδιο Επέκτασης 3 - 5 μέτρων (πλευρά πελάτη)	1 συσκευή	20	6.5	8	130	160
7	Συνδετήρας FC/SC	1 συσκευή	160	3	4.5	480	720
8	Εξωτερικό μεταλλικό κουτί	1 συσκευή	1	550	850	550	850
9	Κουτί με 8 τμήματα στο τοιχο του σπιτιού (μέσα ή έξω)	1 συσκευή	10	65	85	650	850
10	Κουτί κατανομής μέσα στην καμπίνα, με patch panels και 96 τμήματα	1 συσκευή	1	380	480	380	480
11	Μεταλλική επιγραφή με τίτλο: "Προσοχή! Οπτικά καλώδια"	m	550	0.20	0.25	110	137.5
12	Πλαστικό προστατευτικό περίβλημα από PVC διαστάσεων 100cm x 20cm x 0.2cm	m	550	0.4	0.45	220	247.5
13	Εκσκαφή καναλιού πλάτους 40 cm και βάθους 100 cm	m	550	1.5	2	825	1100
14	Ψιλή άμμος (20 cm)	m <sup>3</sup>	44	13	15	572	660
15	Χαλίκι (20 cm)	m <sup>3</sup>	44	11	12	484	528
16	Σκυρόδεμα φρεατίων με σωλήνα διαστάσεων 100 cm, h = 60 cm	1 συσκευή	3	300	600	900	1800
17	Σωλήνας Πολυαιθυλενίου (PE) Φ125 mm	m	150	2	2.5	300	375
18	Σωλήνας Πολυαιθυλενίου (PE) Φ50 mm	m	400	1.5	1.8	600	720

19	Σύζευξη σωληνώσεων Φ125 mm	1 συσκευή	4	0.8	1	3.2	4
20	Σύζευξη σωληνώσεων Φ50 mm	1 συσκευή	6	0.7	1	4.2	6
21	Σύζευξη σωληνώσεων με καλώδια μέσα στον σωλήνα	1 συσκευή	6	1	1.5	6	9
22	Συγκράτηση πρόσθετων οπτικών καλωδίων	1 συσκευή	1	8	10	8	10
<b>Σύνολο (Σε Euro)</b>						<b>8689.9</b>	<b>12779.75</b>

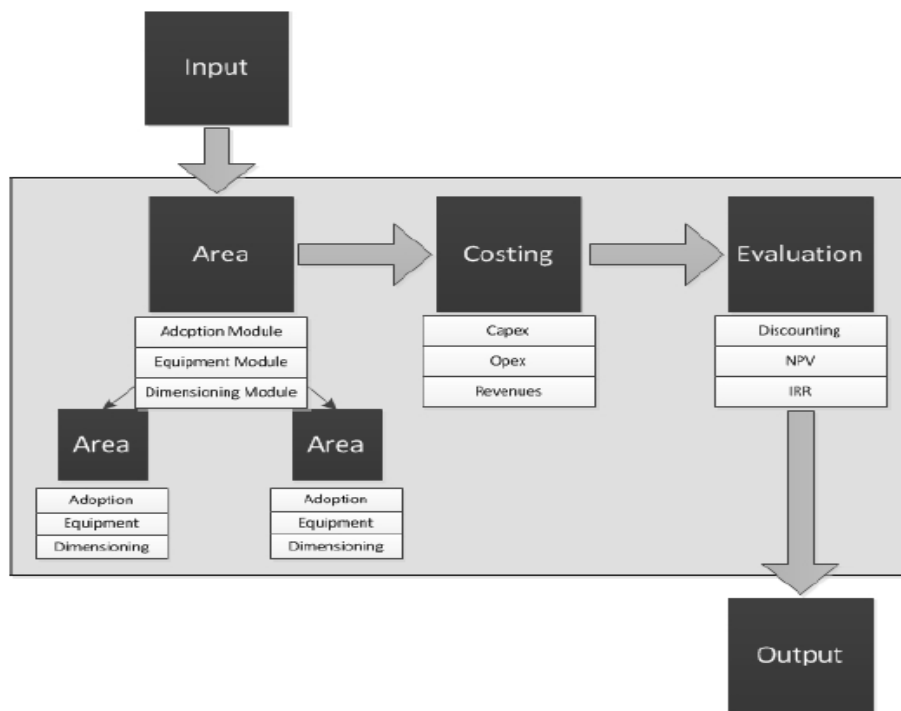
### 6.4 Μελέτη περίπτωσης (Case Study) 3: Κατασκευή δικτύου FTTH στην πόλη Γάνδη του Βελγίου

#### 6.4.1 Περιγραφή του χρησιμοποιούμενου μοντέλου υπολογισμού

Στο 16<sup>ο</sup> διεθνές συνέδριο με τίτλο *Optical Network Design and Modelling (ONDM)* που έλαβε χώρα στο Βέλγιο τον Απρίλιο του 2012, παρουσιάστηκε από τους M. Van der Wee, K. Casier κ.λ.π. [41] ένα εργαλείο υπολογισμού τεχνοοικονομικής ανάλυσης δικτύων FTTH. Η αλυσίδα υπολογισμού που χρησιμοποιείται, αποτελείται από τρεις ενότητες (μονάδες), όπως περιγράφεται στην εικόνα 34 [41].

**A. Area (Περιοχή):** μία ιεραρχική δομή, η οποία θα υπολογιστεί με βάση τις επιμέρους περιοχές από τις οποίες απαρτίζεται. Κάθε περιοχή ή επιμέρους περιοχή αποτελείται από τρία μικρότερα τμήματα υπολογισμού: τη μονάδα έγκρισης ή υιοθέτησης (Adoption Module), τη μονάδα εξοπλισμού (Equipment Module) και τη μονάδα διαστασιολόγησης (Dimensioning Module). Η πρώτη από αυτές είναι υπεύθυνη για την πρόβλεψη του αριθμού των συνδρομητών που θα έχει κάθε χρόνο το οπτικό δίκτυο. Η δεύτερη υπολογίζει το ποσοστό των οπτικών ινών καθώς και των απαιτούμενων τάφρων για την ανάπτυξη του δικτύου. Επιλέχτηκε η χρήση μιας εκτίμησης δρόμων με βάση το μήκος των τάφρων και των καλωδίων. Η τρίτη αποτελείται από μία ιεραρχική δομή που επιτρέπει τον καθορισμό του απαιτούμενου εξοπλισμού για την σύνδεση των εγγεγραμμένων χρηστών.

**B. Cost (Κοστολόγηση):** τα αποτελέσματα των υπολογισμών των περιοχών χρησιμοποιούνται στην συνέχεια ως είσοδος για την μονάδα κοστολόγησης, η οποία υπολογίζει το κόστος τόσο της υποδομής του δικτύου FTTH όσο και των λειτουργιών του. Υποδιαιρείται στα κόστη CAPEX και OPEX καθώς και στα έσοδα.



**Εικόνα 34: Η αλυσίδα υπολογισμού κόστους του δικτύου FTTH**

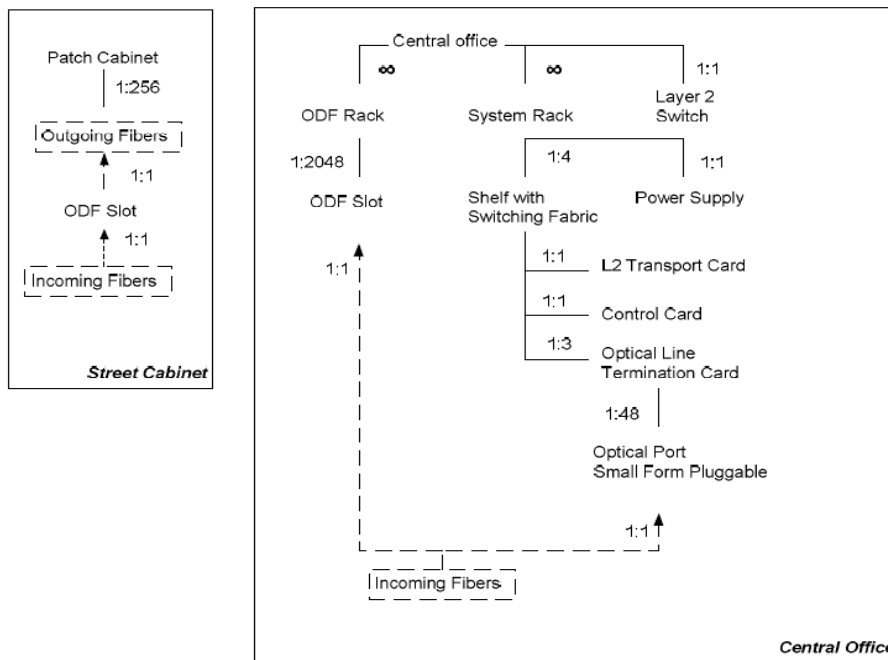
**Γ. Αξιολόγηση (Evaluation):** η τρίτη και τελευταία μονάδα είναι η μονάδα αξιολόγησης η οποία αυτόματα μειώνει και αθροίζει όλα τα κόστη για μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Λαμβάνει ως είσοδο από την μονάδα κοστολόγησης διαφορετικές κατηγορίες δαπανών και με βάση τα προηγούμενα υπολογισμένα αποτελέσματα, επιτρέπει τον καθορισμό των τελικών αποτελεσμάτων, όπως είναι η καθαρή παρούσα αξία (Net Present Value – NPV)<sup>29</sup>, ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (Internal Rate of Return - IRR)<sup>30</sup>.

Ο σκοπός της συγκεκριμένης Μελέτης Περίπτωσης είναι η εξέταση των διαφορών μεταξύ των τεχνολογιών οπτικών δικτύων με έμφαση στη διαφορά μεταξύ διαμοιραζόμενων και μη-διαμοιραζόμενων οπτικών μέσων μεταξύ των πελατών καθώς και στον εξοπλισμό μεταγωγής/δρομολόγησης. Μελετώνται επίσης οι επιπτώσεις της πυκνότητας του πληθυσμού και της απόστασης του ενεργού εξοπλισμού στα κόστη του δικτύου. Είναι σαφές ότι αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως ένα

<sup>29</sup> Προκειμένου να αξιολογηθεί μια επένδυση κεφαλαίου, χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι, όπως είναι η μέθοδος της καθαρής παρούσας αξίας που δίνει τη παρούσα αξία των αναμενόμενων ταμειακών ροών μετά τους φόρους, προεξοφλημένων με το κόστος κεφαλαίου της επένδυσης.

<sup>30</sup> Μια άλλη μέθοδος αξιολόγησης μιας επένδυσης κεφαλαίου αποτελεί η μέθοδος του εσωτερικού βαθμού απόδοσης που δείχνει την απόδοση ενός επενδυτικού προγράμματος και είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο το οποίο εξισώνει την παρούσα αξία των πρόσθετων ετήσιων ταμειακών ροών μετά από φόρους, οι οποίες προέρχονται από το πρόγραμμα, με το αρχικό κόστος του προγράμματος.

συμβιβασμός μεταξύ των τρεχόντων παθητικών δικτύων πολύπλεξης (TDM - PON), των ενεργών δικτύων τύπου αστέρα (Active Star - ASN), όπου ο ενεργός εξοπλισμός μεταγωγής τοποθετείται σε κάποια τηλεπικοινωνιακή καμπίνα μεταξύ του κεντρικού γραφείου (CO) και του πελάτη και των Home Run οπτικών δικτύων (HRN), όπου ο ενεργός εξοπλισμός τοποθετείται στο κεντρικό γραφείο. Η σύγκριση των FTTH τεχνολογιών θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει την τοποθέτηση του εξοπλισμού και τις παραλλαγές του. Είναι εύκολο να μοντελοποιηθεί ένα δίκτυο HRN με εξοπλισμό στο Κεντρικό Γραφείο και τηλεπικοινωνιακές καμπίνες πολλαπλών σημείων τερματισμού (patch cabinet), ένα δίκτυο ASN με ενεργές τηλεπικοινωνιακές καμπίνες δρόμου που συναθροίζουν την κυκλοφορία 200, 400 ή και περισσότερων πελατών καθώς και ένα δίκτυο PON με κεντρικό διαχωριστή 1:32 και να μελετηθεί η επίδρασή τους στο κόστος. Οι παρακάτω εικόνες παρουσιάζουν μία γενική εικόνα του δικτύου FTTH για τις τρεις προαναφερόμενες αρχιτεκτονικές.



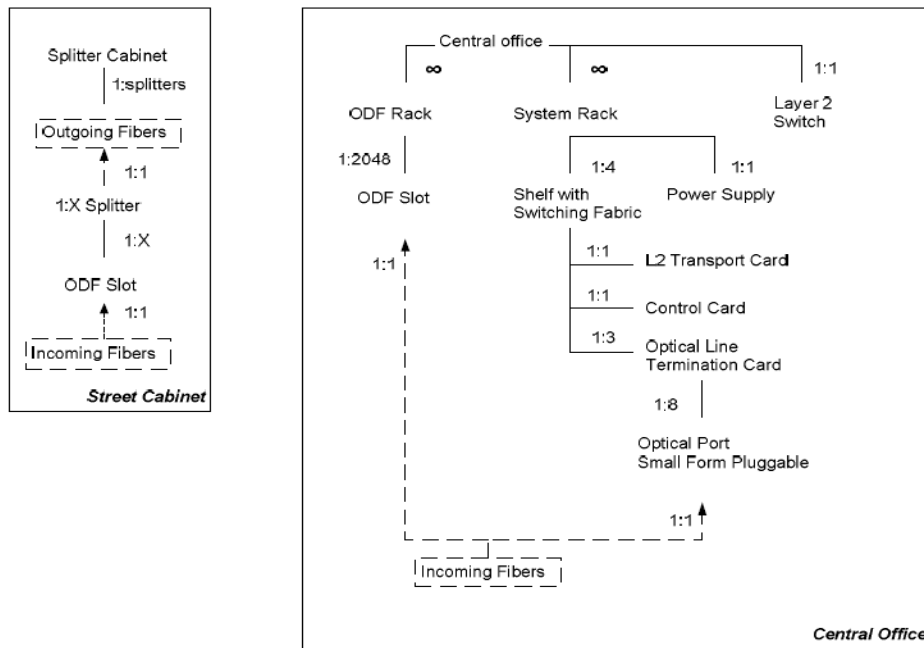
**Εικόνα36: Δέντρο εξοπλισμού Home Run οπτικού δικτύου (HRN)**

Όπως φαίνεται από την εικόνα 36, υπάρχουν δύο δομές εξοπλισμού: Street Cabinet (SC) που αποτελεί -όπως έχει ήδη προαναφερθεί- την τηλεπικοινωνιακή καμπίνα, η οποία συνήθως εγκαθίσταται στα πεζοδρόμια ή σε στύλους και είναι γνωστή και ως Συγκεντρωτής Οπτικής Διανομής (Fiber Distribution Hub), και το Κεντρικό Γραφείο (CO). Για μικρότερες περιοχές δεν είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός patch panel, παρόλα αυτά τυπικά θα συμπεριλαμβάνεται σε όλες εγκαταστάσεις



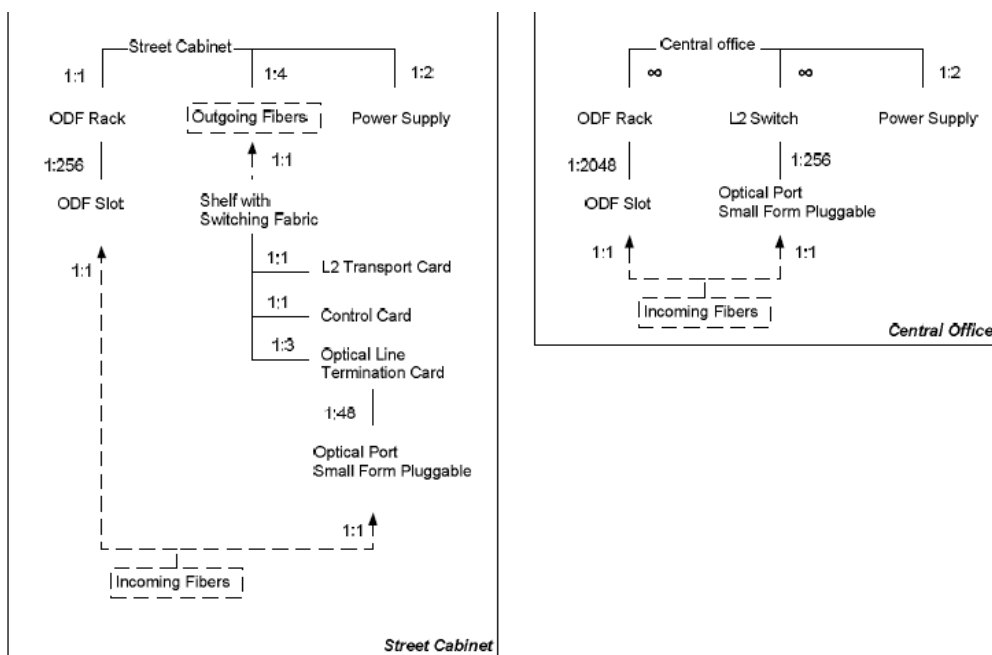
για να εισάγει ένα σημείο μεγαλύτερης ευελιξίας και να χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις αντιμετώπισης προβλημάτων.

Η εικόνα 37 δείχνει την Τηλεπικοινωνιακή Καμπίνα (SC) και το Κεντρικό Γραφείο (CO) στην περίπτωση ενός παθητικού δικτύου πολύπλεξης 1:32 TDM - PON. Ο εξοπλισμός για το κεντρικό γραφείο είναι παρόμοιος με αυτό του μοντέλου του δικτύου HRN με εξαίρεση κάποιες μικροδιαφορές στον Κεντρικό Τερματισμό των οπτικών ινών (Optical Line Termination – OLT).



**Εικόνα 37: Δέντρο εξοπλισμού παθητικού δικτύου πολύπλεξης (TDM-PON)**

Η εικόνα 38 παρουσιάζει το μοντέλο εξοπλισμού για την Τηλεπικοινωνιακή Καμπίνα (SC) και το Κεντρικό Γραφείο (CO) για την περίπτωση ενός ενεργού δικτύου Active Star. Στην περίπτωση αυτή η μεταφορά καθώς και η μεταγωγή/δρομολόγηση συμβαίνει στην Τηλεπικοινωνιακή Καμπίνα δρόμου και ως εκ τούτου εγκαθίσταται ένας επιπρόσθετος μεταγωγέας/δρομολογητής στο κεντρικό γραφείο.



Εικόνα 38: Δέντρο εξοπλισμού ενεργού δικτύου Active Star (ASN)

#### 6.4.2 Οικονομικό κόστος του δικτύου FTTH

Όλες αυτές οι λογικές δομές των κεντρικών γραφείων, των τηλεπικοινωνιακών καμπίων δρόμου καθώς και τα αρθρωτά δομικά στοιχεία για την σύνδεση του εξοπλισμού επιτρέπουν την κοστολόγηση, αξιολόγηση, και την διενέργεια γρήγορων υπολογισμών για την εύρεση των περιπτώσεων της αρχιτεκτονικής του δικτύου και της πυκνότητας του πληθυσμού για το κόστος. Για τη δημιουργία του έχουν γίνει οι ακόλουθες θεωρήσεις:<sup>(1)</sup> Η τιμή για το Κεντρικό Γραφείο (CO) δεν λαμβάνεται υπόψη άμεσα στον υπολογισμό του κόστους, αλλά υπολογίζεται με βάση το χώρο δαπέδου για το σύστημα και τον οπτικό καταναμητή (ODF).<sup>(2)</sup> Τα κόστη για την κάρτα ελέγχου (Control Card) και μεταφοράς (L2 Transport Card) δεν υπολογίζονται χωριστά και<sup>(3)</sup> δεν συμπεριλαμβάνεται η τιμή μιας Τηλεπικοινωνιακής Καμπίνας δρόμου για την τοπολογία PON (δεδομένου ότι στην τοπολογία αυτή δεν υπάρχει τηλεπικοινωνιακή καμπίνα που να περιέχει ενεργό εξοπλισμό, παρά μόνο διαχωριστές). Ο πίνακας 16 παρουσιάζει τα χρησιμοποιηθέντα δεδομένα για τον υπολογισμό μέσω προσομοιώσεων.

Πίνακας 16: Επισκόπηση τιμών για τον εξοπλισμό του δικτύου FTTH

Εξοπλισμός	Τιμή ΑΟΝ(€)	Τιμή PON(€)
Κεντρικό Γραφείο (CO)	- <sup>(1)</sup>	- <sup>(1)</sup>
Μεταλλικό ικρίωμα (ODF rack)	800	800
Θύρα οπτικού καταναμητή (ODF slot)	20	20

Ικρίωμα συστήματος (System rack)	600	600
Shelf with switching fabric <sup>31</sup>	5900	5375
Κάρτα Οπτικού Τερματισμού Γραμμής (OLT Card)	600	2000
Κάρτα Ελέγχου (Control Card)	- <sup>(2)</sup>	- <sup>(2)</sup>
Κάρτα Μεταφορών επιπέδου 2 (Layer 2 Transport Card)	- <sup>(2)</sup>	- <sup>(2)</sup>
Μικρή οπτική θύρα (Optical Port Small Pluggable)	15	15
Διακόπτης επιπέδου 2 (Layer 2 Switch)	650	650
Καμπίνα δρόμου (Street Cabinet)	6000	-
Patch Cabinet	1500	1500
1:32 διαχωριστής (1:32 Splitter)	- <sup>(3)</sup>	500
Τροφοδοσία (Power supply)	700	700

Ορισμένα δεδομένα εισόδου είναι αναγκαία για τον υπολογισμό των διαφόρων συστατικών του κόστους, το οποίο συνοψίζεται στον πίνακα 17 [42], ανά μονάδα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι αυτοί οι παράμετροι εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά της αγοράς, δηλαδή από την προσφορά και την ζήτηση και ως εκ τούτου μπορούν να αλλάξουν με την πάροδο του χρόνου.

**Πίνακας 17: Επισκόπηση των παραμέτρων κόστους**

Στοιχεία κόστους	Τιμή Μονάδας (€)
Μικροτάφροι (ανά km)	50000
Οπτική Ίνα (ανά km)	200
Σωλήνες (ανά km)	1000
Τροφοδοσία κάρτας κεντρικού τερματισμού οπτικών ινών (OLT)	255
Σύνδεση (ανά πελάτη)	500
Fiber cut (fixed)	60
Fiber cut (extra per fiber)	2
Χώρος Δαπέδου (ανά m <sup>2</sup> )	150

Ο πίνακας 18 παρουσιάζει τις περιοχές που χρησιμοποιήθηκαν για το σύνολο των προσομοιώσεων που έγιναν. Σε αυτή την περίπτωση μεταβάλλονται όλες οι περιμέτροι για μια διακριτή ποσότητα ενδιάμεσων πελατών. Η πυκνότητα των

31 Ο όρος switching fabric νοείται ως ο συνδυασμός υλικού και λογισμικού που μετακινεί τα δεδομένα που εισέρχονται σε ένα κόμβο του δικτύου από την σωστή θύρα στον επόμενο κόμβο του δικτύου. Στο συνδυασμό αυτό περιλαμβάνονται τόσο οι μονάδες μεταγωγής και τα ολοκληρωμένα κυκλώματα ενός κόμβου όσο και ο απαιτούμενος προγραμματισμός.

πελατών (Customer Density - CD), η οποία μετριέται σε νοικοκυριά/τετραγωνικό χιλιόμετρο (Householders/km<sup>2</sup>), ξεκινά από τα 50 νοικοκυριά ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο, (αγροτικές περιοχές), συνεχίζει με τα 1500 ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο (αστικές περιοχές) και φτάνει ως τα 3000 νοικοκυριά ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο (πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές).

Ο αριθμός των σημείων ευελιξίας (Flexibility Points – FP)<sup>32</sup>, δηλαδή των υποπεριοχών που εξετάζονται, κυμαίνεται ανάλογα με την πυκνότητα των πελατών μεταξύ 1 (αγροτικές περιοχές), 200 (αστικές περιοχές) και 400 (πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές). Το μέγεθος της κάθε περιοχής διατηρείται σταθερό στα 150 km<sup>2</sup> (ως επιφάνεια αναφοράς θεωρείται η πόλη Γάνδη του Βελγίου).

**Πίνακας 2: Κλίμακες παραμέτρων για την προσομοίωση μοντέλου**

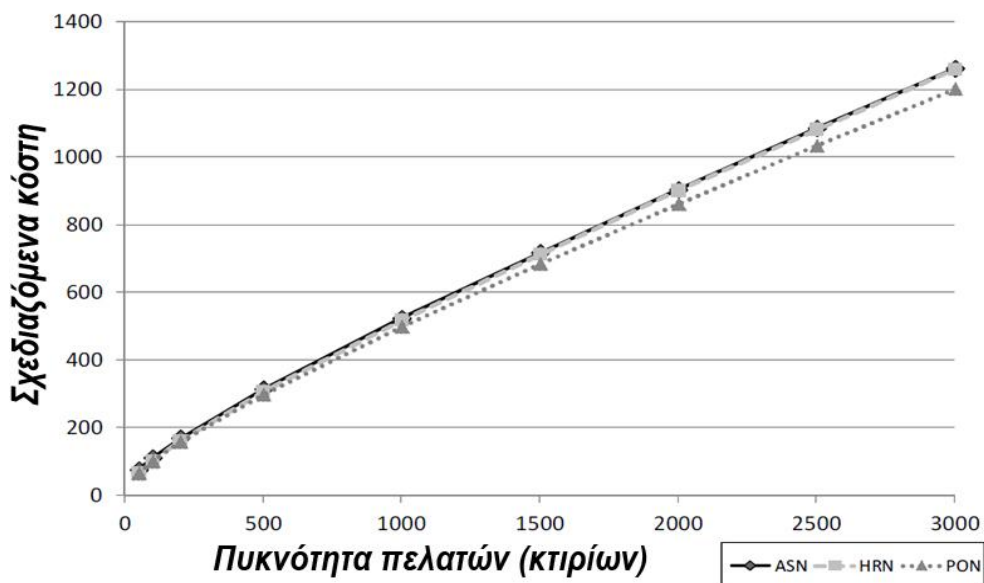
<b>Παράμετροι</b>	<b>Ελάχιστη</b>	<b>Κανονική</b>	<b>Μέγιστη</b>
Πυκνότητα πελατών (νοικοκυριά/km <sup>2</sup> )	50	1500	3000
Σημεία ευελιξίας, δηλαδή σημεία τοποθέτησης εξοπλισμού (Υποπεριοχές)	1	200	400

Για τη σύγκριση των τριών τοπολογιών HRN, ASN και PON εξετάζονται οι διαφορές ανάμεσά τους αναφορικά με την τοποθέτηση του εξοπλισμού (μεταβάλλοντας τον αριθμό των σημείων ευελιξίας), και τα δύο επόμενα γραφήματα παρουσιάζουν τα συνολικά (συσσωρευτικά) κόστη των τριών τοπολογιών για χρονικό διάστημα 20 ετών καθώς και τα κόστη ανά πελάτη. Στο πρώτο γράφημα (εικόνα 39) παρατηρείται η ύπαρξη χαμηλότερου συνολικού κόστους για την τοπολογία PON για διαφορετικές πυκνότητες πελατών. Επίσης η σχέση μεταξύ του αριθμού πελατών και του συνολικού κόστους είναι περίπου γραμμική (και στις τρεις τοπολογίες).

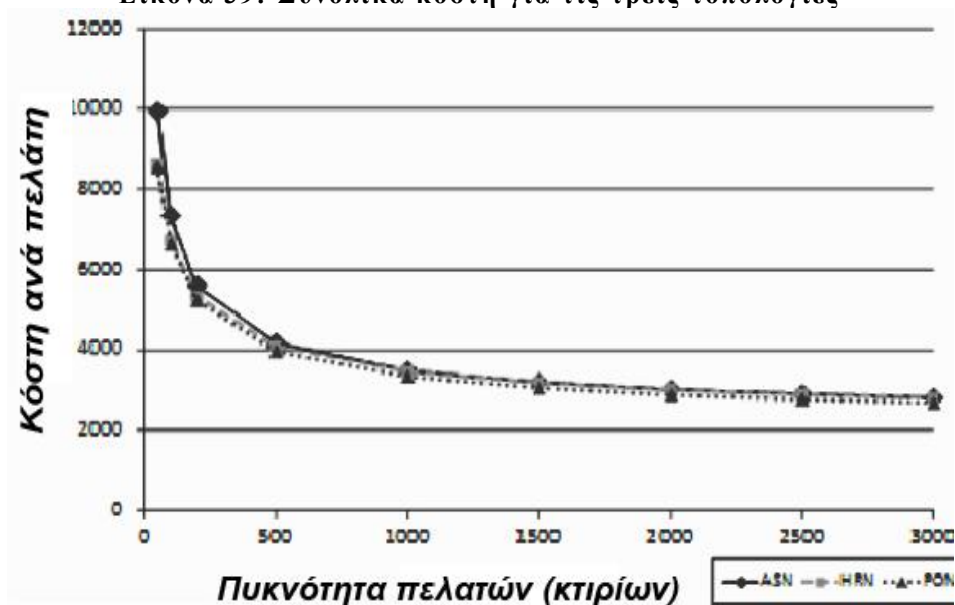
Στο δεύτερο γράφημα (εικόνα 40) παρατηρείται ότι το κόστος ανά πελάτη σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές είναι μικρότερο από ότι στις αγροτικές περιοχές με την τοπολογία PON να έχει το μικρότερο.

Αυτό που προκύπτει ως συμπέρασμα είναι ότι σε όλες τις περιπτώσεις το κόστος της τοπολογίας PON είναι το χαμηλότερο. Η εικόνα 39 επισημαίνει ότι η τοποθέτηση του ενεργού εξοπλισμού στο κεντρικό γραφείο (CO) αποτελεί την πιο οικονομική λύση όταν αυξάνεται ο αριθμός των σημείων ευελιξίας (δηλαδή των υποπεριοχών).

<sup>32</sup> Είναι το σημείο εκείνο μέχρι το οποίο οι τεχνολογίες PON και P2P πάνε μαζί και στο οποίο με κάποιο patch panel τοποθετείται κόμβος PON

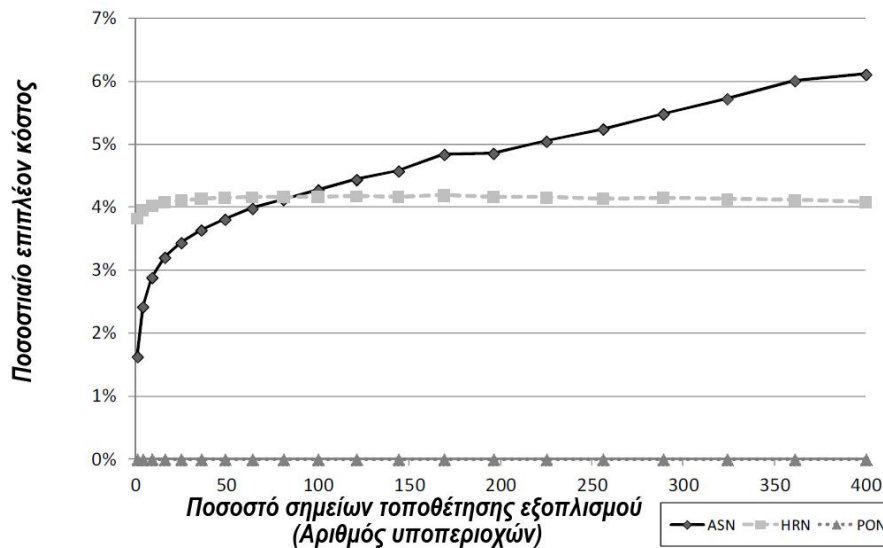


Εικόνα 39: Συνολικά κόστη για τις τρεις τοπολογίες



Εικόνα40: Κόστη ανά πελάτη για τις τρεις τοπολογίες

Η μεγαλύτερη διαφορά στα κόστη μεταξύ ενεργών και παθητικών οπτικών δικτύων βρίσκεται σε περιοχές με υψηλές συχνότητες πελατών και σημείων ευελιξίας. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από τον υψηλότερο αριθμό οπτικών ινών που απαιτούνται στα ενεργά οπτικά δίκτυα. Ωστόσο υπάρχει μία εξαίρεση: για τα ενεργά δίκτυα ASN εντοπίζεται μία ακόμα υψηλότερη διαφορά σε σχέση με τα δίκτυα PON σε περιοχές με πολύ υψηλό αριθμό σημείων ευελιξίας, αλλά πολύ χαμηλή πυκνότητα πελατών. Αυτό οφείλεται στο ότι το αρχικό κόστος εγκατάστασης μιας τηλεπικοινωνιακής καμπίνας η οποία στη συνέχεια δεν θα χρησιμοποιηθεί στο μέγιστο της χωρητικότητάς της.

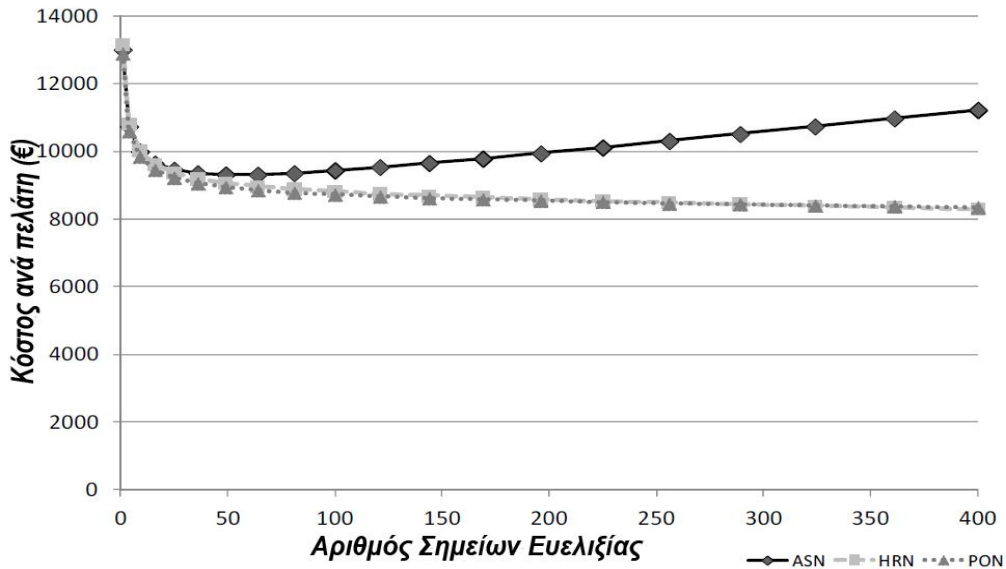


**Εικόνα 41: Ποσοστιαίο επιπλέον κόστος για τις τρεις τοπολογίες ως συνάρτηση του αριθμού των υποπεριοχών (με πυκνότητα πελατών=1500)**

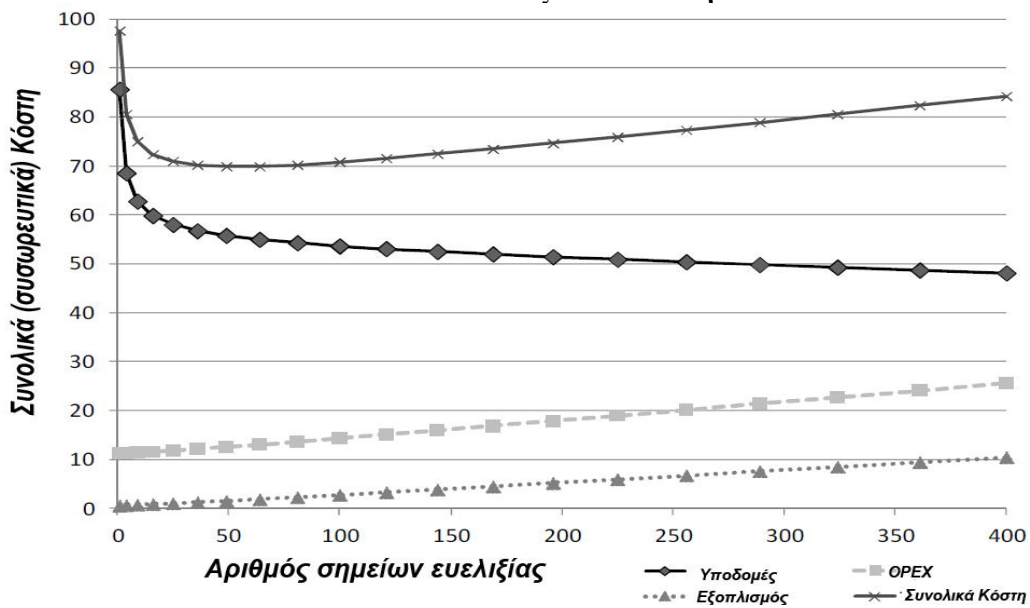
Δεδομένου ότι τα κόστη μιας τηλεπικοινωνιακής καμπίνας πολλαπλών σημείων τερματισμού (patch cabinet) για την τοπολογία HRN και μιας τηλεπικοινωνιακής καμπίνας διαχωριστή (splitter cabinet) για την τεχνολογία PON είναι αρκετά χαμηλότερα, δεν παρατηρείται κάποια μεγάλη διαφορά κόστους μεταξύ αυτών των τοπολογιών.

Κατά την επιλογή μιας τοπολογίας ASN, HRN ή PON, οι φορείς εκμετάλλευσης (Πάροχοι Τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών) θα πρέπει να κάνουν ένα συμβιβασμό μεταξύ ενός ποσοστιαίου επιπλέον κόστους και του βαθμού της ευελιξίας. Από τη στιγμή που οι τοπολογίες ASN και HRN προσφέρουν συνδέσεις τύπου P2P, είναι πιο εύκολα προσαρμόσιμες σε νέες τεχνολογικές απαιτήσεις. Επιπλέον αυτό το έξτρα κόστος οφείλεται κυρίως στην αρχική επένδυση. Η εικόνα 42 δείχνει ότι η επίδραση του αριθμού των σημείων ευελιξίας είναι μεγαλύτερη για την τοπολογία ASN και όταν ο αριθμός αυτός αυξάνεται πάνω από 50 τότε αυξάνεται αντίστοιχα και το κόστος ανά πελάτη. Ερευνώντας αυτή την επίδραση πάνω στο κόστος ανά πελάτη, οδηγούμαστε σε ενδιαφέροντα συμπεράσματα: Υπάρχει ένας βέλτιστος αριθμός από τηλεπικοινωνιακές καμπίνες δρόμου για την κάθε πυκνότητα πελατών και αυτός ο βέλτιστος αριθμός μειώνεται καθώς μειώνεται η πυκνότητα των πελατών. Αυτό συνδέεται με το γεγονός ότι υπάρχουν μεγάλες προετοιμασίες εξοπλισμού – όπως τηλεπικοινωνιακές καμπίνες δρόμου, τροφοδοσία – για κάθε καμπίνα δρόμου στη τοπολογία ASN, κάτι που δύσκολα καλύπτεται σε χαμηλότερες πυκνότητες πελατών. Τέλος, η κατανομή του κόστους για υποδομές, εξοπλισμό και λειτουργικές δαπάνες απεικονίζεται στην εικόνα 43. Η μεγαλύτερη επίδραση στο

συνολικό κόστος προέρχεται από το κόστος των υποδομών και η μικρότερη από το κόστος του εξοπλισμού. Με την αύξηση του αριθμού των σημείων ευελιξίας παρατηρείται αύξηση των λειτουργικών εξόδων και του κόστους του εξοπλισμού, αλλά μείωση του συνολικού κόστους.



Εικόνα42: Κόστος ανά πελάτη

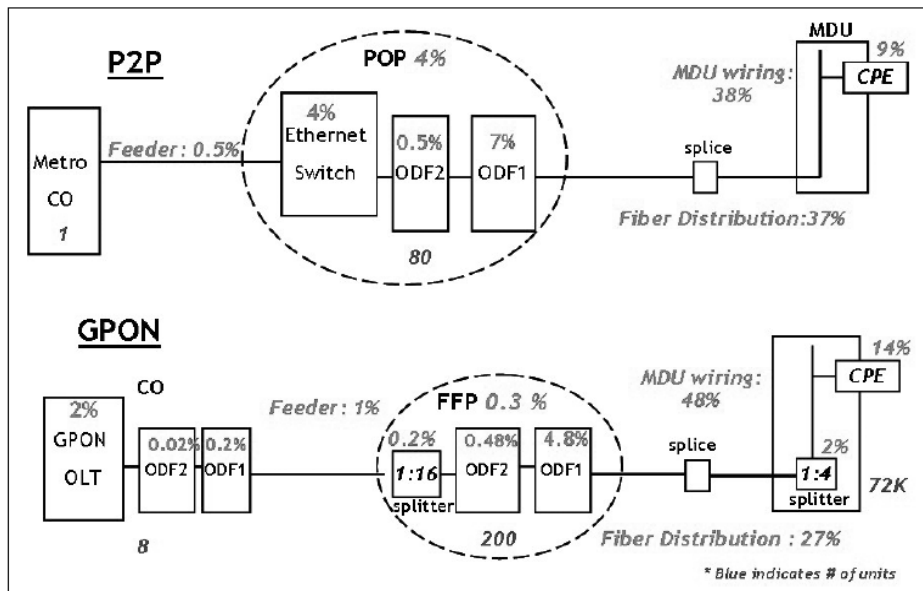


Εικόνα 43: Συνολικό κόστος έπειτα από 20 χρόνια

#### 6.5 Μελέτη Περίπτωσης (Case Study) 4: Σύγκριση τοπολογιών GPON και P2P πυκνοκατοικημένης αστικής πόλης

Η συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης συγκρίνει τα κόστη ανάπτυξης της τοπολογίας GPON και της P2P σε μία βάση συνδρομητών πολλαπλών κατοικιών (πολυκατοικιών). Υπάρχουν σχεδόν ένα εκατομμύριο νοικοκυριά (1.000.000) σε μία έκταση περίπου εκατό τετραγωνικών χιλιομέτρων (100 km<sup>2</sup>) και ο μέσος όρος μιας

πολυκατοικίας υποτίθεται ότι αποτελείται από 16 νοικοκυριά. Ένας διαχειριστής της τοπολογίας GPON διαθέτει 8 κεντρικά γραφεία (CO) για να εξυπηρετήσει αυτά τα νοικοκυριά και 200 σημεία τοποθέτησης διαχωριστών (σημεία ευελιξίας – flexibility points), ενώ ένας διαχειριστής της τοπολογίας P2P αναπτύσσει αντίστοιχα 80 νέα κεντρικά γραφεία (CO). Τα απαιτούμενα έργα θεωρήται ότι χρησιμοποιούν τις υφιστάμενες υποδομές, όπως το αποχετευτικό δίκτυο της πόλης, εξαλείφοντας έτσι τα περισσότερα από τα κόστη εκσκαφής και αγωγών. Στην ανάλυση αυτή, ο βαθμός αποδοχής (take-rate)<sup>33</sup> (ή εναλλακτικά βαθμός διείσδυσης του οπτικού δικτύου) κυμαίνεται από 0 έως 100%. Στην εικόνα 43 που ακολουθεί [30], παρουσιάζονται οι τοπολογίες GPON και P2P δύο επιπέδων και τα αντίστοιχα κόστη επενδύσεων κεφαλαίου (CAPEX) για ένα βαθμό αποδοχής της τάξης του 20%. Η τοπολογία GPON δύο επιπέδων υποθέτει έναν διαχωριστή (splitter) στη βάση του κτιρίου.



Εικόνα 43: Ανάλυση CAPEX για βαθμό αποδοχής πελατών 20%

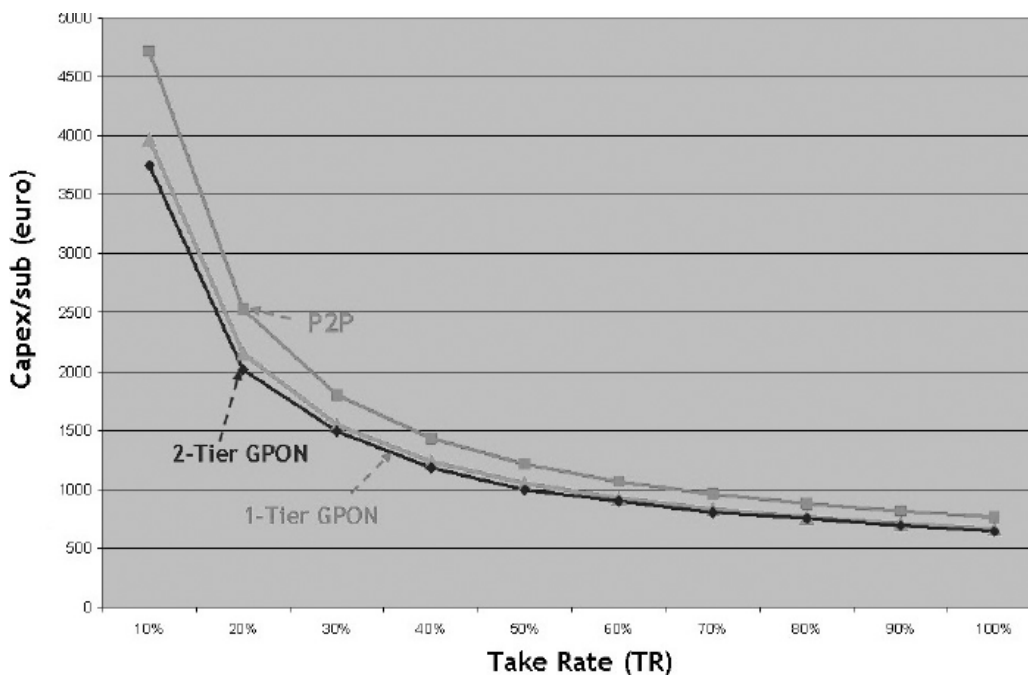
Όπως διαπιστώνεται, το μεγαλύτερο μέρος του κόστους CAPEX αποτελεί η διανομή των οπτικών ινών (Fiber Distribution) και η καλωδίωση των πολυκατοικιών (MDU – Multi-Dwelling Unit wiring). Ο εξοπλισμός εγκατάστασης των συνδρομητών (CPE - Customer Premises Equipment) αντιπροσωπεύει το επόμενο υψηλότερο στοιχείο κόστους και ακολουθούν τα κόστη των διακοπών Ethernet και του κεντρικού τερματισμού των οπτικών ινών (OLT - Optical line termination). Τα υπόλοιπα στοιχεία του δικτύου όπως το τμήμα με τα καλώδια τροφοδοσίας (Feeder)

<sup>33</sup>Ποσοστό δυνητικών πελατών που θα υπογράψουν για μια υπηρεσία. Ονομάζεται και ποσοστό απορρόφησης

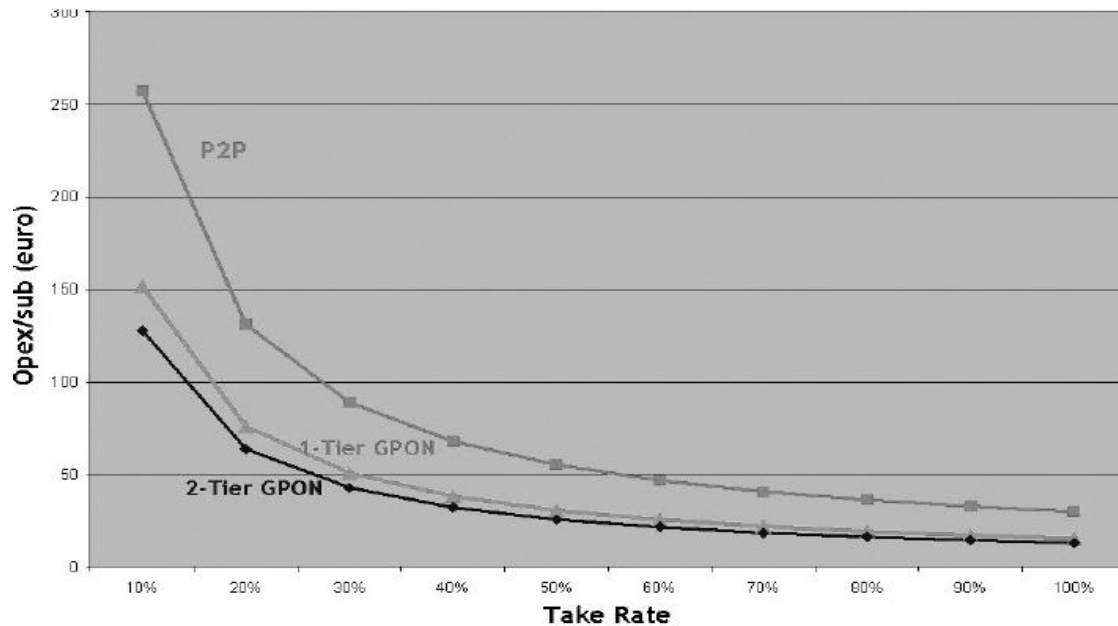


δεν συνεισφέρουν σημαντικά στο συνολικό κόστος. Η τεχνολογία GPON παρέχει συνολικά μια εξοικονόμηση της τάξης του 20% συγκρινόμενη με αυτή του P2P για ένα βαθμό αποδοχής της τάξης του 20% και η εξοικονόμηση είναι θετική για όλη την κλίμακα της αποδοχής των πελατών.

Όσον αφορά τα επενδυτικά έξοδα (OPEX), κινούνται και αυτά θετικά σε σχέση με το βαθμό αποδοχής των πελατών και υπάρχει μία εξοικονόμηση της τάξης του 60% για την τοπολογία GPON σε σχέση την τοπολογία P2P. Όπως φαίνεται στις εικόνες 44 και 45 [30], αυτή η εξοικονόμηση συμβαίνει κατά κύριο λόγο διότι στη P2P αρχιτεκτονική υπάρχει ένα κόστος που ονομάζεται RoW (Right-of-Way) που είναι ετήσια επαναλαμβανόμενο και το οποίο θα πρέπει να πληρώσει ο φορέας εκμετάλλευσης (π.χ. ένας επιχειρηματίας) προς την διοικητική οντότητα της πόλης (π.χ. Δήμαρχος, Νομάρχης κ.λ.π.) προκειμένου να μπορέσει να χρησιμοποιήσει την υπάρχουσα αστική υποδομή για τις οπτικές ίνες. Τυπικές συνιστώσες του συγκεκριμένου κόστους είναι ένα σταθερό κόστος για την πρόσβαση στις εξωτερικές συσκευές και στο κτίριο καθώς και ένα μεταβλητό κόστος ως συνάρτηση του αριθμού των καλωδίων. Επιπλέον, το κόστος της συντήρησης και της διαχείρισης είναι υψηλότερο στην τεχνολογία P2P σε σύγκριση με την τοπολογία GPON, εξαιτίας την αύξησης του αριθμού των ζευγών των οπτικών ινών που έχουν αναπτυχθεί.



**Εικόνα 44: Ανάλυση κόστους CAPEX σε σχέση με τον βαθμό αποδοχής (take-rate) τεχνολογίας GPON/P2P σε οπτικό δίκτυο πυκνοκατοικημένης αστικής περιοχής**



**Εικόνα 45: Ανάλυση κόστους OPEX σε σχέση με τον βαθμό αποδοχής (take-rate) τεχνολογίας GPON/P2P σε οπτικό δίκτυο πυκνοκατοικημένης αστικής περιοχής**

Συμπερασματικά αναφέρεται ότι για ένα ευρύ φάσμα βαθμών αποδοχής (take rate), η τοπολογία GPON παρέχει χαμηλότερα κόστη CAPEX και OPEX σε σύγκριση με την P2P. Αυτό οφείλεται κυρίως στις σημαντικές επενδύσεις που απαιτούνται για την χρήση της τεχνολογίας P2P σε εξωτερικό εξοπλισμό. Πιο συγκεκριμένα ένας μέσος όρος εξοικονόμησης είναι της τάξης του 20% για το CAPEX και 55-60% για το OPEX. Επίσης η αρχιτεκτονική 2-Tier GPON είναι περισσότερο αποτελεσματική κατά ένα ποσοστό της τάξης του 1-10% από την 1-Tier GPON όταν αναφερόμαστε σε πολυκατοικίες. Οι πιο σημαντικοί παράμετροι που επηρεάζουν το CAPEX είναι το κόστος των ινών ανά μέτρο, το κόστος του εξοπλισμού των συνδρομητών (CPE), το κόστος των διακοπών Ethernet και το κόστος του κεντρικού τερματισμού των οπτικών ινών (OLT). Οι πιο σημαντικοί παράμετροι που επηρεάζουν το OPEX είναι το ενεργειακό κόστος, το κόστος συντήρησης των οπτικών ινών και το κόστος RoW που αναφέρθηκε προηγουμένως.

#### 6.6 Μελέτη Περίπτωσης (Case Study) 4: Σύγκριση τοπολογιών GPON και Active Ethernet για μία πυκνοκατοικημένη αστική πόλη

Ένας φορέας εκμετάλλευσης, όπως π.χ. μια επιχείρηση που έχει αναπτύξει τη τεχνική DSLAMs (Digital Subscriber Line Access Multiplexer)<sup>34</sup> για την παροχή ADSL/VDSL ευρυζωνικής πρόσβασης σε κάποιους τελικούς χρήστες, μπορεί να θεωρήσει το σενάριο χρήσης της τεχνολογίας *Active Ethernet*, διότι η τρέχουσα τεχνολογία δίνει την δυνατότητα εγκατάστασης καρτών δικτύου Ethernet σε μία υπάρχουσα (DSLAM) τηλεπικοινωνιακή καμπίνα που υπάρχει στον δρόμο. Γίνεται και πάλι σύγκριση του κόστους CAPEX και OPEX για αυτή την περίπτωση σε σύγκριση με την περίπτωση που μια επιχείρηση αναπτύσσει μια τεχνολογία GPON για να εξυπηρετήσει τους συνδρομητές οπτικών ινών και χρησιμοποιείται το ίδιο αστικό μοντέλο πολυκατοικιών όπως στην προηγούμενη περίπτωση. Θεωρείται επίσης, ότι για την τοπολογία *Active Ethernet*, η υπάρχουσα υποδομή οπτικών ινών χρειάζεται μόνο στο δίκτυο διανομής (δηλαδή από την καμπίνα μέχρι τον τελικό χρήστη), διότι οι οπτικές ίνες υπάρχουν ήδη από την τηλεπικοινωνιακή καμπίνα μέχρι το κεντρικό γραφείο (CO). Υποθέτοντας τυπικές περιοχές εξυπηρέτησης (flexibility points) 250 - 300 ατόμων ανά τηλεπικοινωνιακή καμπίνα, χρειάζονται περίπου 4.500 καμπίνες.

Η εικόνα 46 και 47 [30], δείχνει ότι η τοπολογία *Active Ethernet* παρέχει μία εξοικονόμηση της τάξης του 5% συγκρινόμενη με την τοπολογία 2-Tier GPON και αυτή η εξοικονόμηση μειώνεται με τον αυξημένο βαθμό αποδοχής. Λαμβάνοντας υπόψη το εύρος της εξοικονόμησης (μικρότερο του 5%), δεν είναι σαφές το ποια από τις δύο τεχνολογίες υπερσχύει αναφορικά με το κόστος CAPEX. Όσον αφορά το κόστος OPEX, παρατηρούμε ότι η τεχνολογία GPON παρουσιάζει μεγαλύτερη εξοικονόμηση σε σύγκριση με την *Active Ethernet*. Η εξοικονόμηση αυτή για την τοπολογία 2 - Tier GPON αυξάνεται με μεγαλύτερους ρυθμούς αποδοχής και κυμαίνεται στη κλίμακα 5 - 58% ετησίως. Ως εκ τούτου, εάν ο φορέας εκμετάλλευσης σχεδιάζει να στοχεύσει σε ένα βαθμό αποδοχής (απορρόφησης) της τάξης του 30%, τότε η τοπολογία GPON πρέπει να είναι αυτή που θα επιλεγεί.

---

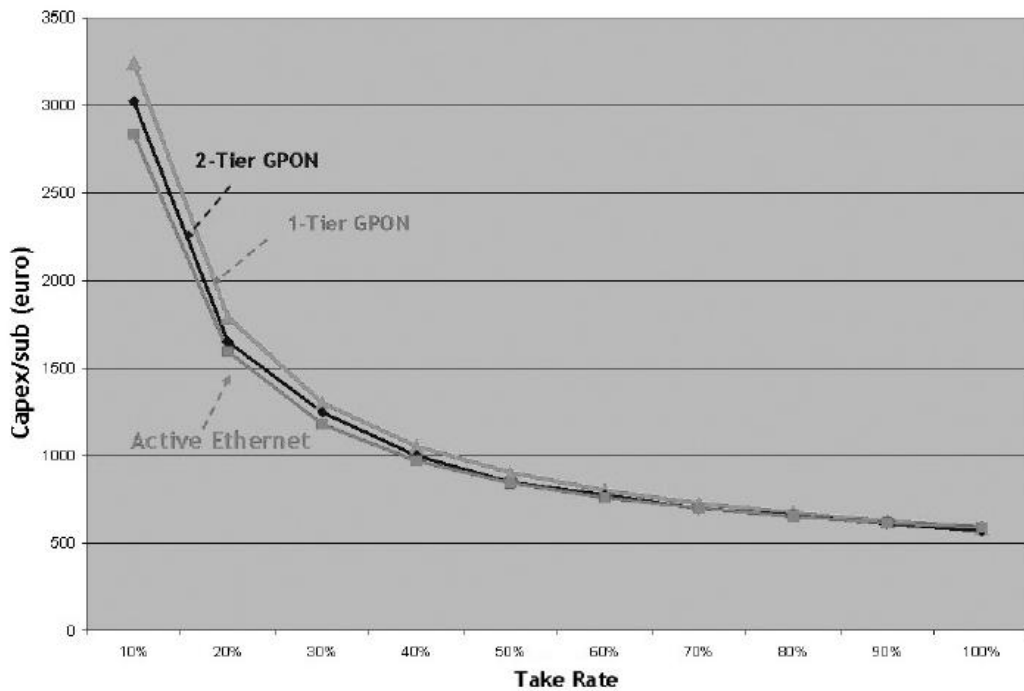
<sup>34</sup> Πολυπλέκτης/αποπολυπλέκτης ψηφιακών συνδρομητικών γραμμών DSL (Digital Subscriber Line). Είναι μια συσκευή που τοποθετείται είτε στο Κέντρο Τηλεπικοινωνιακών Παρόχων, είτε σε καμπίνες στο δρόμο, είτε μέσα σε πολυκατοικίες είτε αντικαθιστά τους Καταναμητές καλωδίων.

Συμπερασματικά αναφέρεται ότι αν ένας φορέας εκμετάλλευσης θεωρήσει ότι εξυπηρετεί FTTH συνδρομητές απευθείας από το πλαίσιο DSLAM, τότε τα οικονομικά του Active Ethernet και του GPON θα αλλάξουν σημαντικά. Πιο συγκεκριμένα, μια κάρτα Ethernet στο DSLAM αναμένεται να παρέχει μια οικονομικά αποδεκτή λύση για το FTTH σε χαμηλές ή μέσες καταστάσεις ανάπτυξης οπτικών ινών (ποσοστά αποδοχής της τάξης του 10 - 20%). Η διαφορά στο CAPEX ανάμεσα στις τοπολογίες Active Ethernet και GPON είναι μικρή, αλλά είναι μεγαλύτερη στο κόστος OPEX. Πιο συγκεκριμένα, η τελευταία τοπολογία παρέχει μια εξοικονόμηση της τάξης του 58%, η οποία αυξάνεται με μεγαλύτερους βαθμούς αποδοχής.

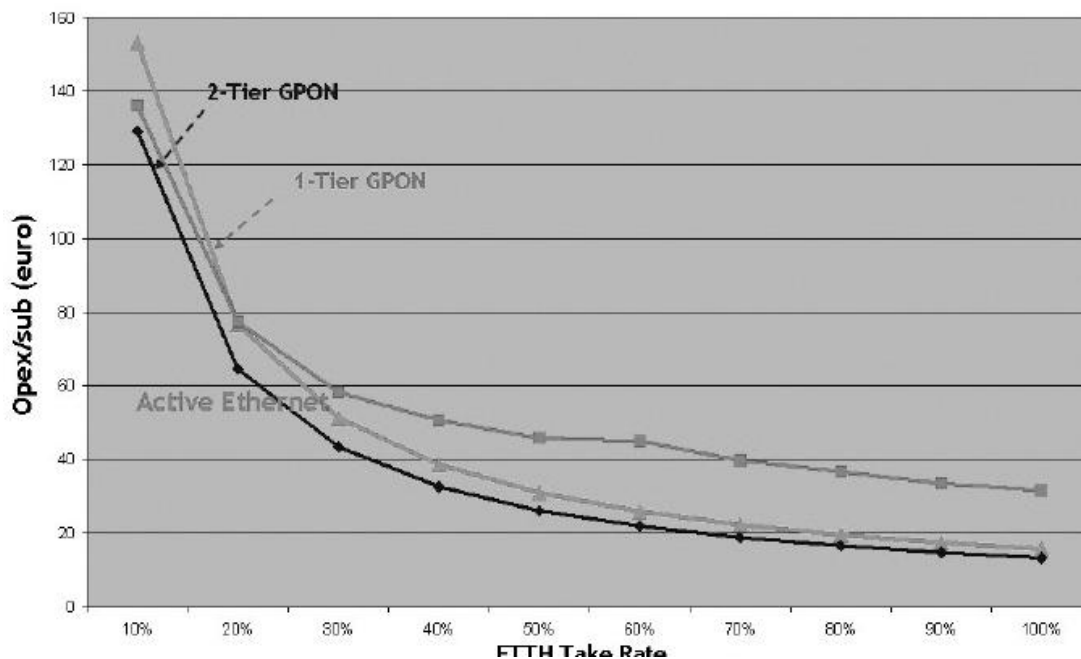
### **6.7 Συμπεράσματα από τα Case Studies**

Εξαιτίας των συνεχώς αυξανόμενων απαιτήσεων για εύρος ζώνης οι αναβαθμίσεις των δικτύων FTTH θα γίνουν μία αναγκαιότητα στο προσεχές μέλλον. Υπάρχουν διαφορετικές τεχνολογικές τοπολογίες για την ανάπτυξη δικτύων FTTH, όπως PON, GPON, ASN και HRN αλλά και τεχνικές όπως Point-to-Point και Point-to-Multipoint. Το κόστος εγκατάστασης ενός οπτικού δικτύου εξαρτάται από:

α) την επιλογή της κατάλληλης τοπολογίας. Η επιλογή της τοπολογίας PON είναι καταλληλότερη σε μεγάλες αστικές πυκνοκατοικημένες περιοχές με υψηλές πυκνότητες πληθυσμού, ενώ αντίθετα σε περιφερειακές πόλεις και σε αγροτικές των ενεργών οπτικών δικτύων).



**Εικόνα 46: Ανάλυση κόστους CAPEX σε σχέση με τον βαθμό αποδοχής (take-rate) για σύγκριση των τεχνολογιών GPON/Active Ethernet σε οπτικό δίκτυο πυκνοκατοικημένης αστικής περιοχής**



**Εικόνα 47: Ανάλυση κόστους OPEX σε σχέση με τον βαθμό αποδοχής (take-rate) για σύγκριση των τεχνολογιών GPON/Active Ethernet σε οπτικό δίκτυο πυκνοκατοικημένης αστικής περιοχής**

Για ένα ευρύ φάσμα βαθμών αποδοχής (take rate), η τοπολογία GPON παρέχει χαμηλότερα κόστη CAPEX και OPEX σε σύγκριση με την P2P. Αυτό οφείλεται κυρίως στις σημαντικές επενδύσεις που απαιτούνται για την χρήση της τεχνολογίας P2P σε εξωτερικό εξοπλισμό. Υπολογίζεται ότι ένας μέσος όρος εξοικονόμησης είναι της τάξης του 20% για το CAPEX και 55-60% για το OPEX. Οι πιο σημαντικοί

παράμετροι που επηρεάζουν το CAPEX είναι το κόστος των ινών ανά μέτρο, το κόστος του εξοπλισμού των συνδρομητών (CPE), το κόστος των διακοπών Ethernet και το κόστος του κεντρικού τερματισμού των οπτικών ινών (OLT). Οι πιο σημαντικοί παράμετροι που επηρεάζουν το κόστος OPEX είναι το ενεργειακό κόστος, το κόστος συντήρησης των οπτικών ινών και το κόστος RoW (κόστος χρήσης της υπάρχουσας αστικής υποδομής για τις οπτικές ίνες που πληρώνει ο φορέας εκμετάλλευσης του οπτικού δικτύου προς το Δήμο μιας πόλης). Το κόστος συντήρησης/διαχείρισης του οπτικού δικτύου είναι υψηλότερο στην τεχνολογία P2P σε σύγκριση με την τοπολογία GPON, εξαιτίας την αύξησης του αριθμού των ζευγών των οπτικών ινών.

β) τον αριθμό των πελατών που εξυπηρετούνται (πυκνότητα πελατών): Όσο μεγαλώνει το μέγεθος αυτό τόσο πιο οικονομικά συμφέρουσα γίνεται η χρήση τεχνολογίας παθητικών δικτύων (PON), επειδή το ίδιο κόστος διαμοιράζεται σε περισσότερους πελάτες, ενώ στην περίπτωση της τεχνολογίας ενεργών δικτύων (AON) διαφορετικών μορφών όπως ASN, HRN απαιτείται περισσότερος ενεργός εξοπλισμός για να ικανοποιήσει τις αυξημένες πληθυσμιακές ανάγκες. Επίσης για πυκνοκατοικημένες περιοχές συμφέρει η χρήση της τοπολογίας P2MP (παθητικών δικτύων), επειδή μειώνεται το κόστος ανά οικία και οι αποστάσεις μεταξύ των εγκαταστάσεων είναι μικρότερες σε σχέση με την τοπολογία P2P (ενεργών δικτύων), η οποία έχει μεγαλύτερες απαιτήσεις τόσο σε καλώδια όσο και σε σωλήνες. Οι περιοχές χαμηλής πυκνότητας πληθυσμού κοστίζουν περισσότερο για την εξυπηρέτησή τους σε σχέση με τις περιοχές υψηλής πυκνότητας, όπου ο μεγάλος αριθμός συνδρομητών δίνει την δυνατότητα στους τηλεπικοινωνιακούς Παρόχους να ανακτήσουν πιο εύκολα τις επενδύσεις κεφαλαίου.

γ) τον αριθμό των σημείων ευελιξίας (τηλεπικοινωνιακές καμπίνες δρόμου, τηλεπικοινωνιακές καμπίνες πολλαπλών σημείων τερματισμού κ.λ.π.) που θα χρησιμοποιηθούν: δηλαδή τον όγκο του τεχνολογικού εξοπλισμού. Όσο μεγαλώνει αυτό το μέγεθος, τόσο περισσότερο οικονομικά ασύμφορη γίνεται η χρήση ενεργών οπτικών δικτύων και αυτό ισχύει κυρίως για τις μεγαλουπόλεις. Η τοποθέτηση του ενεργού εξοπλισμού στο κεντρικό γραφείο (CO) είναι μια οικονομικά συμφέρουσα λύση ιδιαίτερα όταν αυξάνεται ο αριθμός των σημείων ευελιξίας. Μάλιστα υπάρχει ένας βέλτιστος αριθμός από τηλεπικοινωνιακές καμπίνες δρόμου με βάση την

πυκνότητα του πληθυσμού ο οποίος μειώνεται καθώς μειώνεται η πυκνότητα του πληθυσμού.

δ) την χρησιμοποιούμενη τεχνική: Το κόστος κατασκευής του δικτύου εισόδου κτιρίου (Drop/Lead-in network) και της εσωτερικής καλωδίωσης ενός δικτύου FTTH είναι το ίδιο για τις τεχνικές Point-to-Point και Point-to-Multipoint. Το κόστος του τοπικού δικτύου πρόσβασης (Local network) είναι μεγαλύτερο στην περίπτωση της Point-to-Multipoint, ενώ το κόστος του δικτύου διανομής (Distribution network) και του κύριου δικτύου είναι μεγαλύτερο (Feeder network) για την τεχνική Point-to-Point, οπότε απαιτούνται και μεγαλύτερες επενδύσεις. Επομένως για περιφερειακές πόλεις –όπου είναι χαμηλή η πυκνότητα των πελατών- αλλά και αγροτικές περιοχές προτείνεται η χρήση της τεχνικής Point-to-Multipoint, ενώ για πυκνοκατοικημένες περιοχές η τεχνική Point-to-Point.

ε) το βαθμό αποδοχής (διείσδυσης) της οπτικής τεχνολογίας: Όσο μεγαλύτερος είναι ο επιδιωκόμενος βαθμός αποδοχής της οπτικής τεχνολογίας, τόσο συμφέρει περισσότερο η χρήση παθητικών δικτύων (π.χ. GPON) σε σύγκριση με τη χρήση ενεργών δικτύων (π.χ. Active Ethernet), διότι η ίδια τεχνολογία διανέμεται σε περισσότερους πελάτες. Για μικρούς βαθμούς αποδοχής (της τάξης του 10-20%), τότε συμφέρει περισσότερο η χρήση ενεργών οπτικών δικτύων.

στ) το είδος της περιοχής στην οποία θα αναπτυχθεί το οπτικό δίκτυο: Σε πράσινες (οικολογικές) κατασκευές –όπως επιχειρηματικά πάρκα, Πανεπιστήμια και νέα σπίτια- η επιλογή της τοπολογίας PON παρουσιάζει μειονεκτήματα. Πιο συγκεκριμένα, απαιτείται προσεκτικός σχεδιασμός, προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η επένδυση του Παρόχου. Επειδή η αρχική πυκνότητα συνδρομητών θα είναι χαμηλή, το αποτέλεσμα θα είναι ένα υψηλό συνδρομητικό κόστος και μια αργή απόδοση του επενδυμένου στο δίκτυο κεφαλαίου. Για το λόγο αυτό πολλοί Δήμοι, επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας αλλά και μικρότεροι Πάροχοι οπτικών υπηρεσιών, επιλέγουν την τεχνολογία Active Star που προσφέρει μεγαλύτερη ευελιξία για μελλοντικές υλοποιήσεις σε αναξιοποίητες περιοχές τους, προκειμένου να ξεπεραστούν τα μειονεκτήματα αυτά, καθώς και για λόγους κόστους, επεκτασιμότητας και διαλειτουργικότητας.

ζ) άλλες παραμέτρους: Πολλές φορές στον υπολογισμό του κόστους ενός δικτύου FTTH θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και άλλοι παράγοντες, όπως είναι το

κόστος επισκευής των πεζοδρομίων, της ασφάλτου, κ.λ.π. Η μείωση της επιβάρυνσης μπορεί να επιτευχθεί σε συνεργασία με άλλες εταιρίες που εξειδικεύονται σε τεχνικά έργα. Για το λόγο αυτό κατά την παραχώρηση (ανάθεση) ενός τέτοιου έργου προς κάποιο τηλεπικοινωνιακό Πάροχο, θα πρέπει να γίνει εκτενής ανάλυση όλων των συγκριτικών πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων που έχουν οι εταιρίες που υποβάλλουν προτάσεις κατασκευής και συντήρησης οπτικών δικτύων.



## Κεφάλαιο 7 - Χρονοπρογραμματισμός κατασκευής δικτύων FTTx

### 7.1 Εισαγωγή

Οι στατιστικές που ανακοινώνονται κάθε εξάμηνο από τα κατά τόπους συμβούλια FTTN (όπως π.χ. FTTN Council Europe, FTTN Council North America κ.λ.π.) εμφανίζουν συνεχώς βελτιωμένα στοιχεία αναφορικά με την διείσδυση των οπτικών δικτύων πρόσβασης FTTN. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την απαίτηση των κοινωνιών για παροχή ολοκληρωμένων καθολικών<sup>35</sup> και ταυτόχρονα φθηνών τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών οδηγεί στην επιτάχυνση της οπτικής ευρυζωνικότητας.

Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί μία ευρεία υιοθέτηση των οπτικών τεχνολογιών τόσο σε αστικές και ημιαστικές όσο και σε αγροτικές περιοχές. Καθώς οι οπτικές τεχνολογίες έχουν αρχίσει να δίνουν έμφαση στην πρόσβαση, ο παράγοντας του κόστους καθίσταται ένα θέμα ζωτικής σημασίας. Η εγκατάσταση οπτικών ινών σε κατοικημένες περιοχές απαιτεί την διάνοιξη τάφρων για τους αγωγούς οπτικών ινών κάτι που οδηγεί σε δαπανηρά δημόσια έργα που επηρεάζουν τη βιωσιμότητα του έργου. Για αυτό το λόγο κρίνεται απαραίτητη η εκπόνηση ενός επιχειρηματικού σχεδίου (Business plan) από την εταιρία που αναλαμβάνει την υλοποίηση ενός τέτοιου έργου το οποίο συνιστάται να έχει ολοκληρώσει πριν από την έναρξη της υλοποίησής του.

Ένα επιχειρηματικό σχέδιο (Business plan) είναι μια πλήρης περιγραφή μιας επιχείρησης/εταιρίας, στο οποίο δίνονται πληροφορίες για ένα προϊόν ή μια υπηρεσία (στην συγκεκριμένη περίπτωση ένα δίκτυο FTTx), και κυρίως για το μάρκετινγκ και τα οικονομικά. Ένα αποτελεσματικό επιχειρηματικό πλάνο πρέπει να προσδιορίζει αν υπάρχει αγορά για το προϊόν / υπηρεσία, να καταγράφει τα προτερήματα του σε σχέση με τον ανταγωνισμό, να υπολογίζει όσο το δυνατόν περιγραφικότερα το κόστος εκκίνησης, τα έσοδα, τα έξοδα και το τέλος κέρδος

Σε προηγούμενα κεφάλαια έχουν περιγραφεί οι κύριες επιρροές για τα διάφορα στοιχεία κόστους. Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μια προσπάθεια για τη δημιουργία ενός μοντέλου για ένα πιο αυτοποιημένο υπολογισμό αυτών των στοιχείων. Αρχικά

---

<sup>35</sup> Σύνολο υπηρεσιών που θεωρούνται ως δημόσιο αγαθό που πρέπει να είναι απολύτως και ελεύθερα διαθέσιμο σε όλους τους πολίτες μίας χώρας.

όμως παρουσιάζονται κάποιοι βασικοί δείκτες που μπορούν να βοηθήσουν τον αντίστοιχο οργανισμό που αναλαμβάνει την κατασκευή και την συντήρηση ενός τέτοιου έργου έτσι ώστε να γίνει μια πρόβλεψη-εκτίμηση για την βιωσιμότητα και την κερδοφορία του έργου κατασκευής δικτύου FTTx και για το κατά πόσο οι μέτοχοι, οι επενδυτές, και οι τράπεζες αξίζει να επενδύσουν σε αυτό.

## 7.2 Ανάλυση βασικών δεικτών επιδόσεων για δίκτυο FTTx

Όπως επισημαίνεται και στον οδηγό που εκπονήθηκε από το FTTH Council Europe [46] υπάρχουν μέτρα τα οποία χρησιμοποιούνται από τους Τηλεπικοινωνιακούς Παρόχους (δημόσιων ή ιδιωτικών) αλλά και από πιθανούς επενδυτές, ως κριτήρια για να εξεταστεί η ταμειακή ροή του σχεδίου, η χάραξη στρατηγικής, η λήψη αποφάσεων αλλά και μία εκτίμηση του χρόνου που η επένδυση θα επιφέρει κέρδος. Μία σωστή χρήση αυτών των μετρικών εκτός από τα προφανή υψηλά κέρδη για τους Παρόχους και τους επενδυτές, μπορεί να επιφέρει προτερήματα και για τους πελάτες – συνδρομητές (μείωση κόστους των υπηρεσιών). Στη συνέχεια γίνεται μία σύντομη αναφορά-επεξήγηση αυτών των μέτρων:

**A. Δείκτης απόδοσης επένδυσης (Return of Investment – ROI):** χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της απόδοσης μιας επένδυσης ή για τη σύγκριση της αποδοτικότητας διαφορετικών επενδύσεων. Για τον υπολογισμό του, διαιρείται το όφελος (απόδοση) μιας επένδυσης με το κόστος της και το αποτέλεσμα εκφράζεται ως ποσοστό και μετρά το κατά πόσο αποτελεσματικά χρησιμοποιεί μια επιχείρηση τα κεφάλαια της για τη δημιουργία κέρδους και αποτελεί ένα πολύ δημοφιλή δείκτη λόγω της ευελιξίας και της απλότητάς του. Εάν η επένδυση δεν έχει θετικό πρόσημο ή αν υπάρχουν άλλες επενδύσεις με υψηλότερη απόδοση, τότε η επένδυση δεν θα πρέπει να αναληφθεί.

**B. Καθαρή παρούσα αξία (Net Present Value – NPV):** ή προεξοφλητική σώρευση ταμειακών ροών υπολογίζει τη σχέση μεταξύ των χρηματικών εισροών και εκροών της διαχείρισης. Το μέγεθος χρησιμοποιείται προκειμένου να αποφασιστεί η ελκυστικότητα/κερδοφορία μία επένδυσης σε ένα συγκεκριμένο έργο, λαμβάνοντας υπόψη την επιθυμούμενη απόδοση κεφαλαίου ή επένδυσης (Return On Investment-ROI). Με απλά λόγια, αν το NPV στο τέλος του έργου είναι μεγαλύτερο από το μηδέν, το έργο αξίζει να υλοποιηθεί. Σε ορισμένες περιπτώσεις ένα έργο, παρά τη μικρή του απόδοση (NPV κοντά στο 0), μπορεί να αξιολογηθεί θετικά ως μία

στρατηγική επιλογή για τον επενδυτή - Πάροχο σε σχέση με άλλες εναλλακτικές επιλογές για επενδύσεις σε δίκτυα νέας γενιάς. Εάν όμως η καθαρή σημερινή αξία είναι αρνητική, τότε το έργο δεν είναι ελκυστικό και σε αυτή την περίπτωση δεν συνίσταται η επένδυση σε αυτό. Η NPV υπολογίζεται για συγκεκριμένο αριθμό ετών κατά τα οποία το έργο είναι ενεργό και ανάλογα με τη χρονική περίοδο της αξιολόγησης (μεγαλύτερη ή μικρότερη περίοδος), η ανάλυση θα φέρει διαφορετικά αποτελέσματα. Η χρήση της μεθόδου της NPV παρέχει ένα επιπλέον σημαντικό στοιχείο: δίνει μία εκτίμηση για το χρόνο στον οποίο μία επένδυση μπορεί να αποδώσει τα αναμενόμενα οικονομικά οφέλη. Έτσι ο επενδυτής μπορεί να γνωρίζει σε πόσα χρόνια θα έχει την αναμενόμενη απόδοση η επένδυσή του. Ο τύπος για τον υπολογισμό του NPV είναι:

$$NPV = -C_0 + \sum_{i=1}^T \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

όπου N είναι οι συνολικές χρονικές περιόδους του κύκλου ζωής του έργου,  $i$  οι μονάδες χρόνου (π.χ. χρόνια, μήνες),  $C_i$  οι ταμειακές ροές την περίοδο  $i$ , ενώ  $r$  είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο. Εάν  $NPV > 0$  η επένδυση αυξάνει τα κέρδη της επιχείρησης και το έργο αξίζει να υλοποιηθεί. Εάν  $NPV < 0$  η δεν επιφέρει κέρδη στην επιχείρηση και το έργο θα πρέπει να απορριφθεί. Εάν  $NPV = 0$  η εταιρεία δεν θα έχει ούτε κέρδος ούτε ζημία. Οπότε η απόφαση για το αν θα υλοποιηθεί ή όχι το σχέδιο βασίζεται σε άλλα κριτήρια.

**Γ. Μέσο Εισόδημα ανά Χρήστη (Average Revenue per User - ARPU):** Το μέσο εισόδημα ανά χρήστη (ARPU) είναι ένα μέτρο που χρησιμοποιείται κυρίως από τηλεπικοινωνιακές επιχειρήσεις ή από παρόμοιες εταιρείες και υπολογίζει τη σχέση μεταξύ των χρηματικών εισροών και εκροών της διαχείρισης. Με απλά λόγια προσδιορίζει το προσδοκώμενο έσοδο ανά μέσο χρήστη. Υπολογίζεται διαιρώντας το εισόδημα από τις παρεχόμενες υπηρεσίες με τον αριθμό των πελατών που αγοράζουν τις αντίστοιχες υπηρεσίες. Παράγοντες όπως ο μεγάλος ανταγωνισμός, η μείωση του εισοδήματος των πελατών κ.λ.π. έχουν ως αποτέλεσμα τη μεγάλη μείωση του μεγέθους αυτού και συνεπώς μειωμένα έσοδα των τηλεπικοινωνιακών Παρόχων. Στόχος των τελευταίων είναι να συνδυάζουν την ευρυζωνική πρόσβαση με

προωθημένες υπηρεσίες (π.χ. triple play) για να αυξήσουν το ARPU και να μειώσουν έτσι την περίοδο απόδοσης της επένδυσής τους σε υποδομές (ROI).

**Δ. Νεκρό σημείο (break even point):** Το νεκρό σημείο είναι εκείνο το ποσό των πωλήσεων, με το οποίο μια επιχείρηση καλύπτει ακριβώς τα έξοδα (σταθερά και μεταβλητά έξοδα) της, χωρίς να έχει ούτε κέρδος ούτε όμως και ζημία. Η σημασία του νεκρού σημείου, έγκειται στη μελέτη και τον προγραμματισμό των πωλήσεων μιας επιχείρησης, αφού αποτελεί την κύρια μέθοδο που χρησιμοποιείται, λαμβάνοντας υπόψη τη συσχέτιση σταθερού και μεταβλητού κόστους της επιχείρησης. Η ανάλυση του νεκρού σημείου, καλό θα ήταν να λαμβάνεται ως οδηγός για τη λήψη επιχειρηματικών αποφάσεων, και όχι για να κρίνονται οι διοικήσεις της εκάστοτε επιχείρησης. Ο υπολογισμός του δείχνει τον ελάχιστο όγκο παραγωγής που πρέπει να επιτευχθεί, προκειμένου η επιχείρηση να καλύπτει τόσο το σταθερό όσο και το μεταβλητό κόστος της. Ουσιαστικά το νεκρό σημείο δείχνει πόσο μπορεί να μειωθούν οι πωλήσεις μιας επιχείρησης, χωρίς αυτή να είναι ζημιογόνα.

**Ε. Απόσβεση (Payback):** Η απόσβεση αναφέρεται στο χρονικό διάστημα που απαιτείται έτσι ώστε τα ετήσια κέρδη να είναι ίσα με την αρχική επένδυση. Για τον υπολογισμό της απόσβεσης επεξεργάζονται οι σωρευτικές ταμειακές ροές από την έναρξη του έργου για κάθε συγκεκριμένο έτος.

**Ζ. Ταμειακές Ροές (Cash flow):** Αντιπροσωπεύουν τα χρήματα που παραμένουν στην εταιρία – Πάροχο, από τη στιγμή που έχουν αποπληρωθεί οι φόροι, οι τόκοι δανείων, τα μερίσματα προς τους μετόχους κ.λ.π. και με τα οποία μπορεί να αναπτυχθεί περαιτέρω η επιχείρηση από και προς την εταιρεία. Αυτός ο κύκλος των μετρητών (εισροές / εισπράξεις και εκροές / πληρωμές) είναι που καθορίζει και την οικονομική ευρωστία κάθε επιχείρησης και το οποίο μετριέται συνήθως κατά τη διάρκεια μιας προκαθορισμένης χρονικής περιόδου.

#### **Η. Δυνητική Αγορά**

Η συγκεκριμένη στήλη παρουσιάζει τον αναμενόμενο μέσο αριθμό πελατών ανά έτος, οι οποίοι θα υιοθετήσουν και θα χρησιμοποιήσουν την οπτική τεχνολογία. Ο αριθμός αυτός ποικίλει ανάλογα με την περιοχή από την οποία θα περάσει το δίκτυο.

## **Θ. Βαθμός Διείσδυσης (Penetration Rate)**

Με το συγκεκριμένο όρο νοείται η ποσότητα της αγοράς πρόσβασης στην οπτική τεχνολογία. Η οικονομικά προσιτή οπτική τεχνολογία σε συνδυασμό με τον ανταγωνισμό των Παρόχων, έχει ως αποτέλεσμα τον υψηλό βαθμό διείσδυσης των οπτικών δικτύων σε ένα μεγάλο αριθμό καταναλωτών – συνδρομητών.

## **7.3 Μοντέλο για την τεχνο- οικονομική ανάλυση ενός δικτύου FTTx**

### **7.3.1 Εισαγωγή**

Η λογική που πρέπει να ακολουθήσει μια εταιρία που επιθυμεί να κατασκευάσει ένα δίκτυο FTTx είναι απλή: πρώτα θα πρέπει να γίνει η κατασκευή του δικτύου και οι υποδομές της οπτικής ίνας με ένα λογικό κόστος και στη συνέχεια η παροχή υπηρεσιών ή η ενοικίαση των οπτικών ινών σε Παρόχους που θα αναλάβουν αυτοί τις περαιτέρω λειτουργίες. Όμως, αν και η ιδέα φαίνεται απλή, η κατασκευή του επιχειρησιακού σχεδίου απαιτεί πολλές λεπτομέρειες και η εκτέλεσή του μπορεί να αποδειχτεί ιδιαίτερος πολύπλοκη και δαπανηρή.

Στη συνέχεια γίνεται μια προσπάθεια ανάπτυξης ενός μοντέλου που θα μπορούσε να φανεί χρήσιμο κατά την δημιουργία ενός Επιχειρησιακού σχεδίου (business plan) για την κατασκευή ενός δικτύου FTTx. Αναλυτικά το μοντέλο παρουσιάζεται στο **Παράρτημα Β – ΠΗΓΑΙΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ**. Αρχικά στην παράγραφο 7.3 παρουσιάζεται η χρήση του μοντέλου σε τρεις διαφορετικές πληθυσμιακές περιοχές και κάποια συμπεράσματα. Τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται, παρόλο που δεν αντιπροσωπεύουν πραγματικές περιοχές του Ελλαδικού χώρου, είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στις δημοσιευμένες τιμές που παρουσίασε η εταιρία *Innovatia Σύμβουλοι Ανάπτυξης και Μεταφοράς Τεχνολογίας ΕΠΕ* για την σχεδίαση και την εκμετάλλευση-αξιοποίηση δημοτικών ΜΑΝ της περιφέρειας Ηπείρου [45]. Στην συνέχεια στην παράγραφο 7.4. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του μοντέλου βασισμένα σε ένα πραγματικό επιχειρησιακό σχέδιο που έχει ήδη δημοσιευθεί από την εταιρία B4RN για την περιοχή του Lancaster του Ηνωμένου Βασιλείου [44].

Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να τονιστεί ότι κανένα τέτοιο μοντέλο, όσες λεπτομέρειες και αν περιλαμβάνει, δεν μπορεί να ανταποκρίνεται απόλυτα σε πραγματικές συνθήκες αφού οι ανάγκες κάθε δικτύου είναι διαφορετικές και ως εκ' τούτου το συγκεκριμένο μοντέλο χρειάζεται περαιτέρω εξέλιξη, αν και έχει γίνει

προσπάθεια να συμπεριλαμβάνονται όσο πιο πολλά στοιχεία είναι για την όσον το δυνατόν ακριβέστερη περιγραφή κάθε περίπτωσης.

### 7.3.2 Χρήση του μοντέλου σε διαφορετικές πληθυσμιακές περιοχές

Σύμφωνα με την Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιακών αναφορικά με την ευρυζωνική αγορά στην Ελλάδα, οι ευρυζωνικές συνδέσεις τον Ιούνιο του 2012 έφτασαν τις 2.560.414. Με διείσδυση μόλις 22.6% στον ελληνικό πληθυσμό, η μέχρι στιγμής εξάπλωση των ευρυζωνικών υπηρεσιών δεν μπορεί να κριθεί ως ικανοποιητική.

**Πίνακας 19: Βαθμός αστικότητας στην Ελληνική Περιφέρεια**

<b>Αστικές</b>	Δημοτικές και τοπικές κοινότητες με πληθυσμό πάνω από 10.000 κατοίκους
<b>Ημιαστικές</b>	Δημοτικές και τοπικές κοινότητες με πληθυσμό από 2.000 – 9.999 κατοίκους
<b>Αγροτικές</b>	Δημοτικές και τοπικές κοινότητες με πληθυσμό μέχρι 1.999 κατοίκους

Επίσης ένα πρόβλημα του ελλαδικού χώρου είναι η ιδιαίτερη μορφολογία του και εκτός των μεγάλων αστικών κέντρων (π.χ. Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Πάτρα) υπάρχουν πολλές μικρότερες ημιαστικές πόλεις και ακόμα περισσότερες αγροτικές και απομακρυσμένες περιοχές (π.χ. χωριά, νησιά) στις οποίες η κατασκευή δικτύου οπτικών ινών είναι ακόμα πιο δύσκολη και δαπανηρή και τα ποσοστά διείσδυσης ακόμα χαμηλότερα. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να εξεταστεί η βιωσιμότητα ενός τέτοιου επιχειρηματικού πλάνου και το κατά πόσο θα υπάρχουν πελάτες που θα ανταποκριθούν στην πρόσκληση για αγορά υπηρεσιών. Γίνεται η θεώρηση ότι και οι τρεις περιοχές βρίσκονται στην Ελλάδα σύμφωνα με τον βαθμό αστικότητας όπως προσδιορίστηκαν από την Ελληνική απογραφή πληθυσμού 2011 που διενεργήθηκε από την Ελληνική Στατιστική Αρχή [48] και παρουσιάζονται στον πίνακα 19.

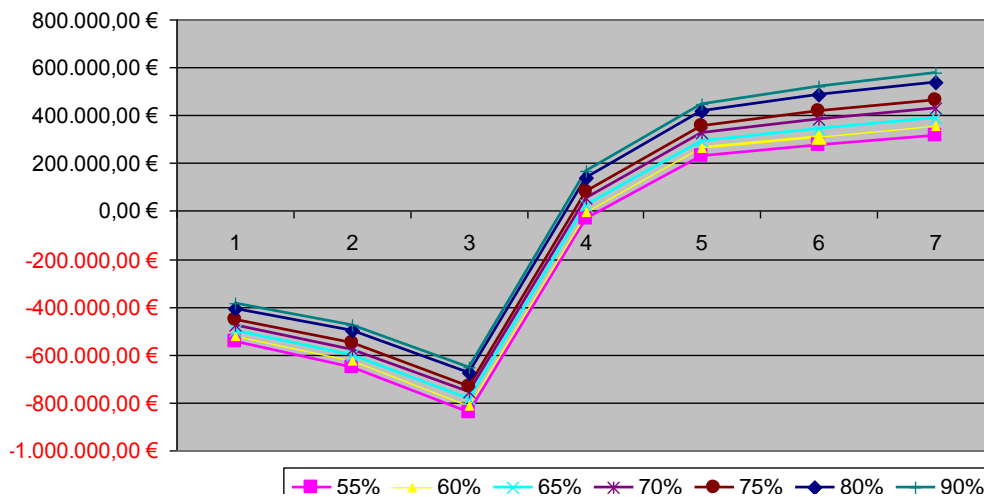
Στα παραδείγματα που ακολουθούν, ως αστικές, ημιαστικές και αγροτικές περιοχές θεωρούνται περιοχές των 30.000, 3.000 και 300 νοικοκυριών αντίστοιχα. Στον πίνακα 20 παρουσιάζεται η δυνητική αγορά, και τα ποσοστά διείσδυσης για 7 χρόνια.

**Πίνακας 20 Ποσοστά Διείσδυσης και Δυνητική Αγορά μοντέλου**

Ετος	Ποσοστό Διείσδυσης (%)	Δυνητική Αγορά Αστικής περιοχής	Δυνητική Αγορά Αστικής περιοχής	Δυνητική Αγορά Αστικής περιοχής
1	55	16500	1650	165
2	60	18000	1800	180
3	65	19500	1950	195
4	70	21000	2100	210
5	75	22500	2250	225
6	85	25500	2550	255
7	90	27000	2700	270

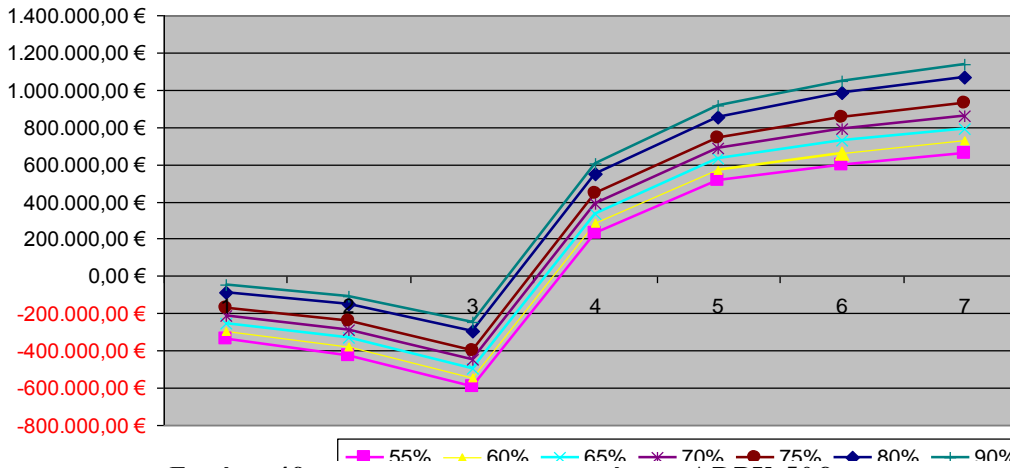
Τέλος, στις εικόνες 48, 49, 50, 51, 52 και 53 παρουσιάζονται γραφήματα που υλοποιήθηκαν με το πρόγραμμα *Microsoft Excel* χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα του μοντέλου τεχνο-οικονομικής ανάλυσης δικτύων FTTx. Ενδεικτικά παρουσιάζονται οι τιμές του NPV για 7 χρόνια για ποσοστά διείσδυσης απο 55-90% και με δύο διαφορετικές τιμές για το ARPU (30€ και 55€).

**NPV (Καθαρή παρούσα αξία επένδυσης)**



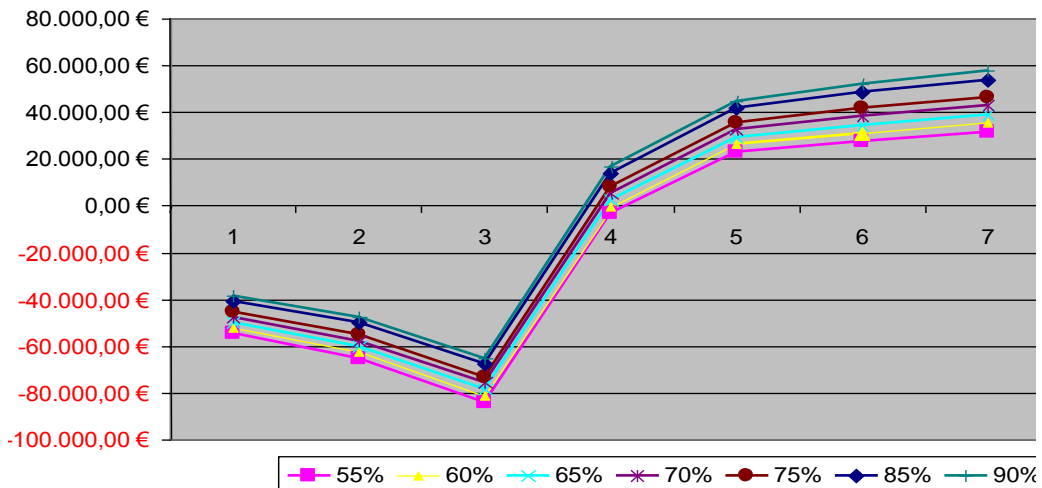
**Εικόνα 48: NPV μιας αστικής περιοχής με ARPU 30€**

**NPV (Καθαρή παρούσα αξία επένδυσης)**



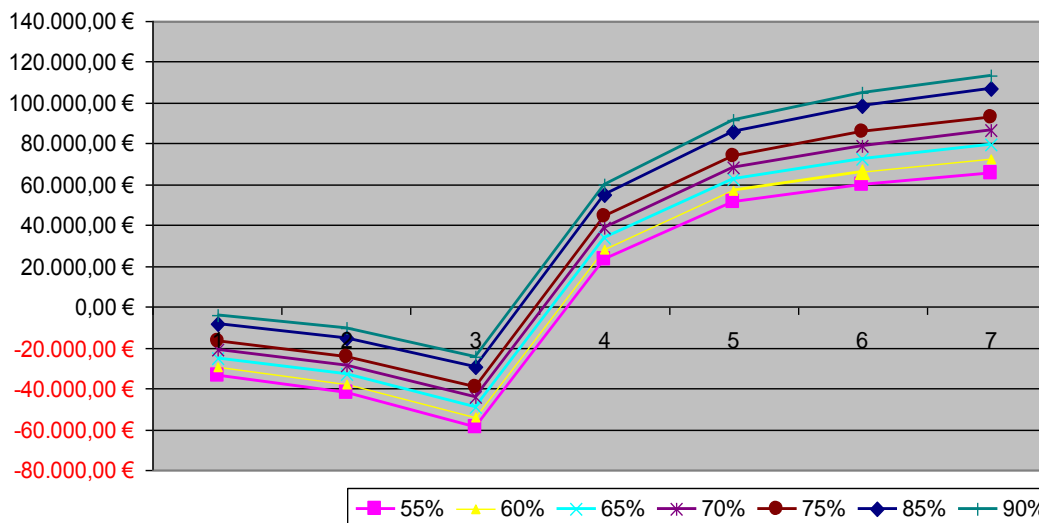
**Εικόνα 49: μιας αστικής περιοχής με ARPU 50€**

**NPV (Καθαρή παρούσα αξία επένδυσης)**



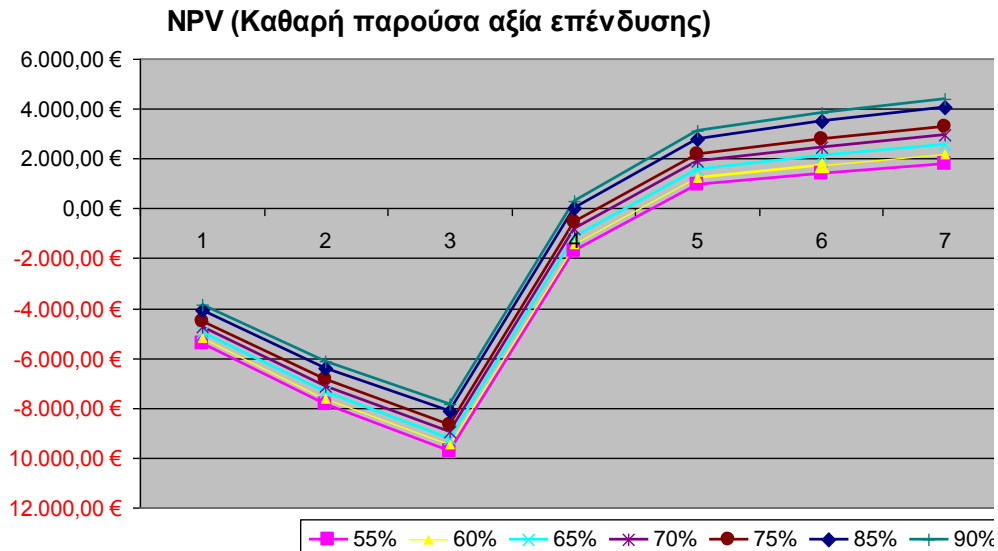
**Εικόνα 50 :NPV μιας ημιαστικής περιοχής με ARPU 30€**

**NPV (Καθαρή παρούσα αξία επένδυσης)**

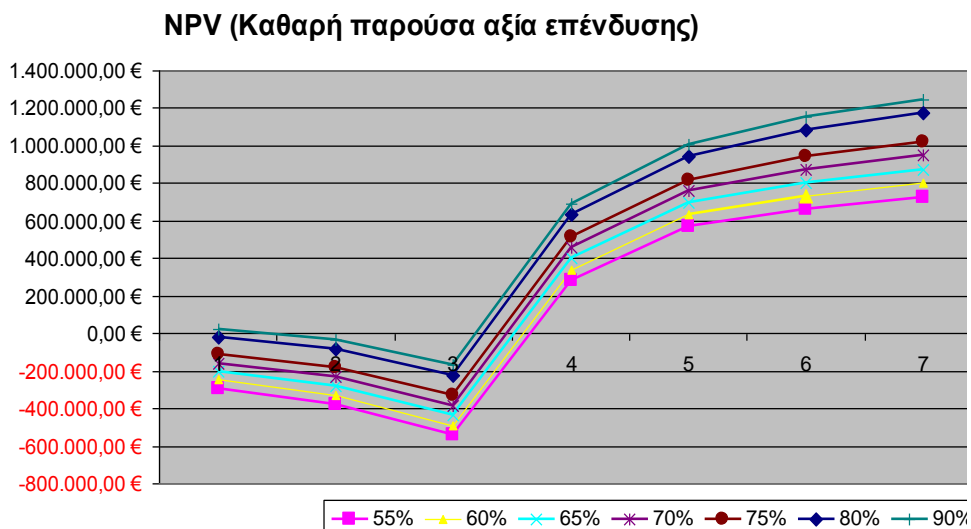


**Εικόνα 51: NPV μιας ημιαστικής περιοχής με ARPU 55€**





Εικόνα 52: NPV μιας αγροτικής περιοχής με ARPU 30€



Εικόνα 53: NPV μιας αγροτικής περιοχής με ARPU 55€

### 7.3.3 Συμπεράσματα

Κάνοντας χρήση αυτού ή παρόμοιου μοντέλου προκύπτουν κάποια συμπεράσματα σχετικά με την υλοποίηση και την κατασκευή ενός δικτύου FTTx. Κάποια από αυτά παρουσιάζονται παρακάτω:

Σε όλες τις περιπτώσεις η κερδοφορία της εταιρείας – Παρόχου (δηλ. θετικό πρόσημο της καθαρής παρούσας αξίας της επένδυσης – NPV) ξεκινά μεταξύ 3<sup>ου</sup> και 4<sup>ου</sup> έτους ή ακριβώς με την έναρξη του 4<sup>ου</sup> έτους, κάτι που είναι πολύ θετικό και αποδεκτό, αφού πρόκειται για ένα έργο που εκτίνεται σε βάθος χρόνου. Αυτό οδηγεί και στην γρήγορη εμφάνιση του νεκρού σημείου, που θα αναδείξει το πότε η εταιρεία θα αρχίσει να έχει κέρδος.

Στα συγκεκριμένα παραδείγματα παρουσιάζονται τα 7 πρώτα χρόνια υλοποίησης του έργου. Μετά το 7<sup>ο</sup> έτος υπάρχει μια τάση σταθεροποίησης του κέρδους, αφού τα έξοδα (και σε γενικές γραμμές και τα έσοδα) διατηρούνται στα ίδια επίπεδα αφού θεωρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό νοικοκυριών θα έχει συνδεθεί ήδη και θα έχει ξεκινήσει να πληρώνει πάγια για τις συνδρομές που έχει ενεργοποιήσει. Το χρονικό σημείο στο οποίο το μέγεθος NPV θα αποκτήσει θετικό πρόσημο εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από το μέσο εισόδημα ανά χρήστη (ARPU). Μεγαλύτερο ARPU συνάγεται μικρότερο χρονικό διάστημα αναμονής μέχρι το μέγεθος NPV να γίνει θετικό. Παρατηρούμε ότι και με αυτές τιμές υπάρχει κερδοφορία, φυσικά με ARPU μεγαλύτερο από 55€ επιτυγχάνεται η βιωσιμότητα του έργου ακόμα πιο γρήγορα αλλά μια τόσο υψηλή τιμή θα θεωρούνταν απαγορευτική για τους πελάτες. Αντίθετα για τις τιμές κάτω από 30€ (οι οποίες θεωρούνται άκρως ικανοποιητικές) η κερδοφορία της εταιρίας θα καθυστερούσε συστηματικά. Σε όλες τις περιπτώσεις συνίσταται η λήψη του δανείου να γίνει στην αρχή του έργου για να μπορέσει η εταιρεία – Πάροχος των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών να αντιμετωπίσει τα αυξημένα έξοδα που παρουσιάζονται κατά τα αρχικά έτη διεκπεραίωσης του έργου. Επίσης συνίσταται η εταιρεία να προσελκύσει επενδυτές, οι οποίοι θα συνεισφέρουν οικονομικά, με αποτέλεσμα τη μείωση των ποσών που πρέπει να αποπληρώνεται κάθε μήνα στις Τράπεζες για τόκους.

Είναι λογικό η κατασκευή ενός δικτύου FTTx σε μία πληθυσμιακή περιοχή των 300 κατοίκων (στο οποίο δεν έχουμε λάβει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της ) απαιτεί λιγότερα έξοδα οπότε θα ήταν πολύ λογικό να ξεκινήσει η κατασκευή του δικτύου από χωριά και αγροτικές περιοχές με μικρό πληθυσμό και αφού θα υπάρχουν τα πρώτα κέρδη την συγκεκριμένη περιοχή να προχωρήσει η κατασκευή και στις υπόλοιπες περιοχές. Όμως για να υπάρξουν κέρδη θα πρέπει να υπάρχουν και νοικοκυριά που να ενδιαφέρονται για τις παρεχόμενες υπηρεσίες που δεν ισχύει κάτι τέτοιο στο ελλαδικό χώρο αφού το μεγαλύτερο ποσοστό κατοίκων των αγροτικών περιοχών είναι τρίτης ηλικίας άνθρωποι που κατά κανόνα δεν γνωρίζουν και δεν ενδιαφέρονται για τις παρεχόμενες υπηρεσίες. Μια καλή τακτική είναι να γίνει αρχικά έρευνα σε ποιές περιοχές υπάρχει ένα ποσοστό ενδιαφερομένων (π.χ. φοιτητές, οικογένειες, έφηβοι) για τις νέες υπηρεσίες και από εκεί να ξεκινήσει η κατασκευή του δικτύου . Με αυτό τον τρόπο θα

εξασφαλιστεί ένα πρώτο κέρδος και στην συνέχεια θα υπάρχει η δυνατότητα να συνεχιστεί η υλοποίηση του δικτύου FTTx. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι αν και σε αγροτικές περιοχές τα κέρδη είναι λιγότερα δεν θα πρέπει να εξαιρούνται από το σχεδιασμό του δικτύου γιατί τα προτερήματα ενός τέτοιου δικτύου είναι ζωτικής σημασίας (όπως αναφέρεται και σε προηγούμενα κεφάλαια) για όλους του κατοίκους μιας χώρας ανεξάρτητα ηλικίας, οικονομικής κατάστασης κ.λ.π.

## **7.4 Χρήση του μοντέλου στο Επιχειρησιακό Πλάνο της εταιρίας B4RN**

### **7.4.1 Εισαγωγή**

Το Ηνωμένο Βασίλειο (United Kingdom - UK) είναι γνωστό για τις μητροπολιτικές του πόλεις όπως είναι το Λονδίνο, η Γλασκώβη κ.λ.π., όμως ένα μεγάλο ποσοστό της έκτασης του καλύπτεται από αγροτικές περιοχές. Ένα από τα προβλήματα των αγροτικών περιοχών στο Ηνωμένο Βασίλειο είναι ότι υποφέρουν από χαμηλή ευρυζωνική σύνδεση, εξαιτίας των μεγάλων αποστάσεων που υπάρχουν ανάμεσα στις ιδιοκτησίες (οικίες, χωράφια κ.λ.π) των ανθρώπων και των τηλεπικοινωνιακών σταθμών. Ο Barry Forde της εταιρίας B4RN<sup>36</sup> υπέβαλε μία ανανεωμένη έκδοση (Business Plan V5.2) του επιχειρησιακού πλάνου - το οποίο είχε αρχικά εκδοθεί το 2011 - για την περιοχή του Lancaster<sup>37</sup> στις 9 Απριλίου του 2013 με πολύ ενδιαφέρουσες προτάσεις για την υλοποίηση ενός κερδοφόρου δικτύου FTTx αλλά και την προσέλκυση ακόμα περισσότερων πελατών. [44].

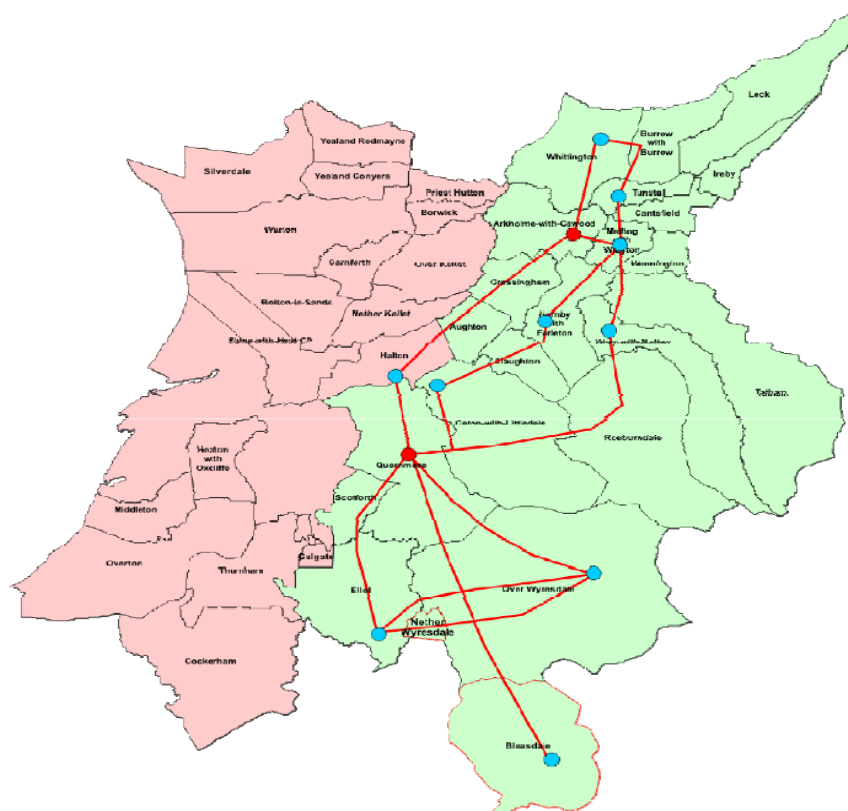
Το αρχικό επιχειρηματικό σχέδιο που εκδόθηκε το καλοκαίρι του 2012 αφορούσε την εγκατάσταση σε οκτώ περιοχές – ενορίες με κάλυψη 1600 ακινήτων. Έκτοτε το σχέδιο αυτό αναθεωρήθηκε για να καλύψει 21 περιοχές – ενορίες που καλύπτουν μία έκταση 420km<sup>2</sup> με 3200 ακίνητα, οι οποίες πάσχουν από κακή διαθεσιμότητα του δικτύου, καθώς υπάρχουν λίγα τηλεφωνικά κέντρα για να εξυπηρετήσουν μια μεγάλη αγροτική περιοχή. Οι προκύπτουσες μεγάλες τηλεφωνικές γραμμές αφήνουν πολλά ακίνητα με υποτυπώδεις υπηρεσίες δικτύου και γι' αυτό υπάρχει μεγάλη ζήτηση εκ μέρους των μελών αυτών των περιοχών για να συνεισφέρουν και να υποστηρίξουν το έργο τόσο με προσωπική προσπάθεια όσο και με χρήματα. Έχει υπολογιστεί ότι η παροχή 100% τηλεπικοινωνιακής κάλυψης σε αυτές τις ενορίες, θα παρέχουν υπηρεσίες σε 3.200 ιδιοκτησίες με ένα συνολικό

<sup>36</sup> Broadband for the Rural North Ltd: <http://b4rn.org.uk/>.

<sup>37</sup> Lancaster: [http://en.wikipedia.org/wiki/Lancaster,\\_Lancashire](http://en.wikipedia.org/wiki/Lancaster,_Lancashire).

κόστος 3.500.00£ (4.200.000€) και συνολικό χρόνο αποπεράτωσης 36 μηνών, αλλά γίνεται η υπόθεση της αρχικής διείσδυσης του οπτικού δικτύου στο 50% των νοικοκυριών με αποτέλεσμα το συνολικό κόστος να μειωθεί στα 2.250.000£ (2.700.000€) και αυτό γιατί δεν χρειάζεται να γίνει εκσκαφή σε ακίνητα που δεν έχουν υπογράψει ακόμα. Κατά μήκος όλου του δικτύου το μέσο κόστος της τελικής φάσης σύνδεσης αναμένεται να είναι 420£ (500€) οι οποίες θα πληρωθούν μόνο εφόσον ζητηθεί σύνδεση. Η εταιρία υπολογίζει καταρχήν 300 συνδέσεις πελατών για να καλύψει τα βασικά λειτουργικά της κόστη και προβλέπει ότι θα φτάσει αυτόν τον αριθμό σε λίγους μήνες.

Στο επιχειρησιακό πλάνο γίνεται η πρόταση να κατασκευαστεί το δίκτυο σε φάσεις. Στην εικόνα 54 που ακολουθεί φαίνεται ο χάρτης κάλυψης της περιοχής του Lancaster και οι περιοχές που σημειώνονται με πράσινο χρώμα είναι αυτές που αναμένεται να καλυφθούν με οπτικά δίκτυα κατά την διάρκεια της πρώτης φάσης. Οι περιοχές με κόκκινο περίγραμμα είναι αυτές που βρίσκονται εκτός της περιοχής του Lancaster, αλλά συμπεριλαμβάνονται στην πρώτη φάση (περιέχει όλα εκείνα τα νοικοκυριά που θα συνδεθούν στο οπτικό δίκτυο μέχρι το τέλος του 2014) του επιχειρηματικού σχεδίου.



Εικόνα 54: Περιοχή κάλυψης και κόμβοι οπτικού δικτύου

Για την κάλυψη της περιοχής θα τοποθετηθούν 12 κόμβοι δικτύου σε θέσεις όπου μπορούν να εξυπηρετούν τόσο τις τοπικές ιδιοκτησίες αλλά ταυτόχρονα θα παρέχουν και διαφορετικές συνδέσεις στον πυρήνα του δικτύου. Είναι σημαντικό να διασφαλιστεί η ποικιλομορφία του δικτύου έτσι ώστε σε περίπτωση καταστροφής κάποιου περιφερειακού καλωδίου να μην βγουν εκτός λειτουργίας όλες οι υπηρεσίες του δικτύου. Οι κόμβοι με κόκκινο χρώμα είναι οι αρχικοί κόμβοι του δικτύου (έκαστος με 10 GbE διακόπτες<sup>38</sup>), ενώ με μπλε χρώμα εμφανίζονται οι απλοί κόμβοι (έκαστος διαθέτει 10Gbs<sup>39</sup> συνδέσεις) που μεταφέρουν την εξωτερική κυκλοφορία στους αρχικούς κόμβους. Κάθε κόμβος που περιέχει τον ενεργό εξοπλισμό για την εξυπηρέτηση των ιδιοκτησιών που τον περιβάλλουν. Ο ενεργός εξοπλισμός τροφοδοτείται από τροφοδοτικά που βρίσκονται σε κατάσταση αναμονής και οι τηλεπικοινωνιακές καμπίνες διαθέτουν εξωτερικές πρίζες που επιτρέπουν την σύνδεση εξωτερικών γεννητριών για την περίπτωση που θα συμβούν μεγάλες διακοπές ρεύματος. Προς το παρόν η εταιρία μπορεί να διαθέσει 20 Gbs εξωτερικής χωρητικότητας από κάθε κόμβο χωριού που εξυπηρετούν έως 192 νοικοκυριά (ιδιοκτησίες), κάτι που είναι επαρκές.

#### **7.4.2 Προτάσεις από την εταιρία B4RN για την υλοποίηση δικτύου FTTx**

Η πρόταση αυτή περιείχε πολλές λύσεις σε θέματα που συνήθως καθιστούν απαγορευτική της κατασκευή ενός δικτύου FTTx πέρα από τα όρια μεγάλων αστικών κέντρων. Κάποια από αυτά τα στοιχεία είναι:

Η εταιρία όταν πρωτοιδρύθηκε εξέδωσε μια σειρά μετοχών για να συγκεντρώσει το απαιτούμενο επενδυτικό κεφάλαιο για την υλοποίηση του σχεδίου. Η πρώτη έκδοση μετοχών έφτασε σε ένα ύψος 2.370.934.1€ (2.000.000£) στις 14 Δεκεμβρίου 2011 και εξασφαλίστηκε ότι ήταν συμβατή σύμφωνα με το επενδυτικό σχήμα της Αγγλίας. Κάτω από κανονικές περιπτώσεις οι επενδυτές – οι οποίοι πληρώνουν φόρους- μπορούν να απαιτήσουν το 30% της αξίας των μερισμάτων τους μέσω μιας επιστροφής φόρου. Προκειμένου να γίνει η προσέλκυση περισσότερων μετόχων –μελλοντικών πελατών, έγινε η πρόταση της δωρεάν δωδεκάμηνης παροχής υπηρεσιών για εκείνους τους πελάτες που θα αγοραστούν τουλάχιστον μετοχές αξίας 1.800€ (1.500£).

---

<sup>38</sup> Είναι το γρηγορότερο πρότυπο Ethernet ενσύρματων τοπικών δικτύων (LANs).

<sup>39</sup> Gigabits per second.

Ένα ακόμα σημείο που αξίζει την προσοχή μας είναι η πρόταση για μείωση του εργατικού κόστους με την αξιοποίηση των ίδιων των γαιοκτημόνων και αγροτών. Σαν ανταμοιβή σε όποιους επιλέξουν να επενδύσουν με αυτό το τρόπο θα λάβουν κάποιες από τις προαναφερθείσες μετοχές. Άλλη μία πρόταση για την μείωση του εργατικού κόστους είναι η χρήση εθελοντών. Σε περιοχές που η οπτική ίνα δεν έχει φτάσει ακόμα υπάρχουν, πιθανόν, πολλοί κάτοικοι που θα προσφέρουν τις υπηρεσίες τους χωρίς χρηματικό αντάλλαγμα με μόνο κίνητρο την δυνατότητα μελλοντικά να κάνουν χρήση των υπηρεσιών.

Η τοποθέτηση νέων οπτικών καλωδίων σε απομακρυσμένες περιοχές αποτελεί ένα ακριβό εγχείρημα, αλλά παρόλα αυτά το κόστος μπορεί να μειωθεί σε περίπου 1.303€ (1.100€) ανά ιδιοκτησία αν χρησιμοποιηθεί κάποιο διαφορετικό μοντέλο λειτουργίας σε σχέση με αυτό που συνήθως χρησιμοποιείται από τους Τηλεπικοινωνιακούς Παρόχους. Πιο συγκεκριμένα, το μεγαλύτερο μέρος του κόστους κατασκευής ενός δικτύου οπτικών ινών προκύπτει από την εκσκαφή υπόγειων τάφρων και την μετέπειτα τοποθέτηση αγωγών μέσα σε αυτά. Παραδοσιακά, οι τηλεπικοινωνιακές εταιρίες τοποθετούν τους αγωγούς κοντά σε εθνικές οδούς, κάτι που είναι ιδιαίτερα ακριβό αλλά και επηρεάζει την ασφαλή διέλευση των οχημάτων. Η εταιρία B4RN προτείνει τη χρήση ενός μοντέλου για το σκάψιμο των τάφρων στο οποίο το σκάψιμο θα γίνεται σε μικρότερο βάθος και θα περνά μέσα από ιδιωτικές εκτάσεις αντί για εθνικές οδούς. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα η χρέωση να υποδιπλασιάζεται σε σχέση με το αντίστοιχο κόστος κάτω από πεζόδρομους που είναι σήμερα 88€/m (104€/m) και να υποτετραπλασιάζεται κάτω από αυτοκινητόδρομους. Δηλαδή το σκάψιμο στενών τάφρων και η εγκατάσταση αγωγών μέσα σε αυτούς είναι πολύ πιο οικονομικά σε σχέση με τις αντίστοιχες διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στις εθνικές οδούς και οι σωλήνες αυτοί μοιάζουν με τους απλούς αρδευτικούς αγωγούς που χρησιμοποιούνται για το πότισμα των χωραφιών.

Συνολικά, ο συνδυασμός του χαμηλότερου κόστους εργασίας και της απλής εγκατάστασης οδηγούν σε σημαντική μείωση του κόστους εγκατάστασης ανά μέτρο. Αυτό που αναμένεται να αυξηθεί είναι το κόστος των υλικών κάτι που όμως δεν αναμένεται να επηρεάσει σημαντικά το συνολικό κόστος. Ουσιαστικά το πιο σημαντικό πρόβλημα είναι να συμφωνήσουν οι ιδιοκτήτες γης στη δωρεάν διέλευση

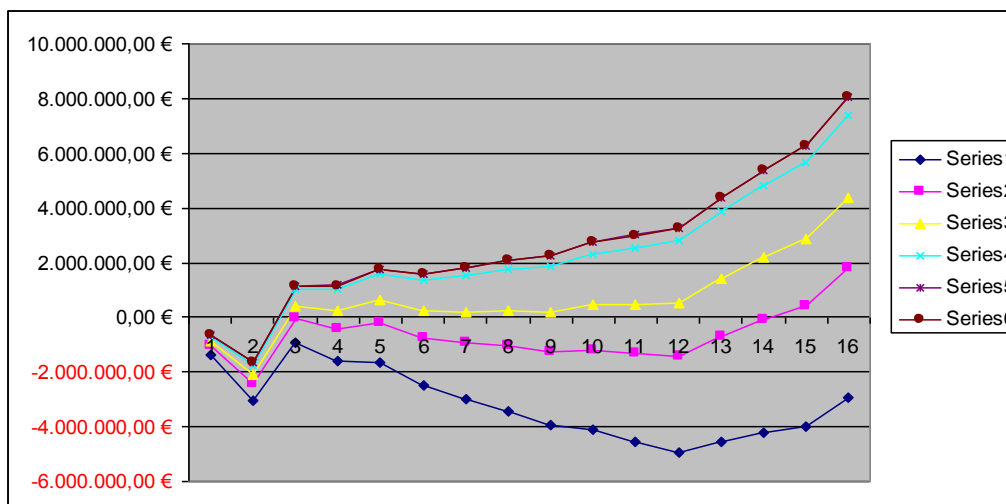
των τηλεπικοινωνιακών αγωγών μέσα από τις εκτάσεις τους με κίνητρο δωρεάν ή χαμηλού κόστους μελλοντικές τηλεπικοινωνιακές παροχές.

### 7.4.3 Χρήση του Μοντέλου για την κοστολόγηση/βιωσιμότητα του δικτύου

Στην επόμενη εικόνα [41] παρουσιάζεται τα αποτελέσματα του μοντέλου με τα έξοδα (κόστη CAPEX και OPEX) του υπό-κατασκευή δικτύου σύμφωνα με τις αντίστοιχες τιμές του επιχειρησιακού πλάνου καθώς και οι περίοδοι αποπληρωμής του κεφαλαίου.

Στο επιχειρησιακό πλάνο της εταιρείας B4RN παρουσιάζονται αναλυτικά οι προβλέψεις για τον προϋπολογισμό για την διάρκεια των πρώτων 16 χρόνων. Τα δύο πρώτα χρόνια θα γίνουν οι απαραίτητες εργασίες για να μπορέσουν να συνδεθεί το 90% των νοικοκυριών –αφού είναι σχεδόν αδύνατον να επιθυμούν σύνδεση όλοι οι κάτοικοι της περιοχής- και μέχρι το 2021 θα έχουν συνδεθεί –όταν το ζητήσουν- οι περισσότεροι. Από το ερχόμενο έτος τα έξοδα CAPEX προβλέπεται να μηδενιστούν και τα μόνα έξοδα θα είναι αυτά της συντήρησης.

Στον πίνακα 21 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του μοντέλου με τα στοιχεία που η εταιρεία B4RN είχε παρουσιάσει στο Επιχειρησιακό Πλάνο για την δημιουργία του δικτύου στην περιοχή του Lancaster. Στη συνέχεια, στην εικόνα 55 παρουσιάζονται η εξέλιξη του δείκτη NPV στα 16 χρόνια που μελετώνται με διαφορετικούς δείκτες διεξόδου.



Εικόνα 55:Βιωσιμότητα / Κερδοφορία του Business Plan της εταιρίας B4RN

**Πίνακας 21 Αποτελέσματα μοντέλου με τα κόστη του B4RN**

Έτος	Νέες συνδέσεις	Συνολικές Συνδέσεις	Κόστος Κατασκευής	Κόστος νέων συνδέσεων	CAPEX	OPEX	Συνολικό Κόστος
1	800	800	1125000	336000	1461000	317500	1.778.500
2	1120	1920	1125000	470400	1595400	270.000	1865400
3	320	2240	-	134400	134400	5955445	729845
4	320	2560	-	134400	134400	635445	769845
5	64	2624	-	26880	26880	635445	622325
6	64	2688	-	26880	26880	635445	622325
7	64	2752	-	26880	26880	645445	672325
8	64	2816	-	26880	26880	645445	672325
9	64	2880	-	26880	26880	655445	682325
10	-	2880	-	-	-	655445	655445
11	-	2880	-	-	-	655445	655445
12	-	2880	-	-	-	680443	680443
13	-	2880	-	-	-	580443	580443
14	-	2880	-	-	-	525345	525345
15	-	2880	-	-	-	487346	487346
16	-	2880	-	-	-	390014	390014

Όπως είναι λογικό, σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις υπάρχει κέρδος μετά από κάποιο χρονικό διάστημα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι αν και φαίνεται αρκετά κερδοφόρο έργο και με αρκετές καινοτόμες ιδέες, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας ότι η πραγματοποίηση των προτεινόμενων πλάνων δεν είναι πάντα υλοποιήσιμη καθώς στην πραγματικότητα υπάρχουν αρκετές δυσκολίες που συνήθως σε ένα επιχειρησιακό πλάνο δεν λαμβάνονται υπόψη.



## Κεφάλαιο 8 – Συμπεράσματα

Είναι πιά ξεκάθαρο ότι η ψηφιακή εποχή έχει ήδη ξεκινήσει και τα οπτικά δίκτυα είναι το παρόν και το μέλλον στις Τηλεπικοινωνίες. Επίσης από τα στοιχεία που παρουσιάζονται φαίνεται η ραγδέα ανάπτυξη των δικτύων FTTx στην Ευρώπη αλλά και παγκόσμια. Η ανάπτυξη, η έρευνα και η κατασκευή τέτοιων δικτύων θα επηρεάσει το άμεσο μέλλον. Η χρήση δικτύων FTTx κρίνεται απαραίτητη αφού ουσιαστικά, οι δυνατότητες που έχει ένα τέτοιο δίκτυο είναι πρακτικά απεριόριστες – λόγω του μεγάλου εύρους ζώνης- και μπορεί να ανταπεξέλθει πολύ καλύτερα σε σχέση με τις τωρινές τεχνολογίες.

Όμως οι τεράστιες επενδύσεις σε δίκτυα FTTH που απαιτούνται για να μπορέσουν να υλοποιηθούν έχει γίνει ένα μεγάλο βάρος για τις επιχειρήσεις, αφού η αύξηση συνδρομητών δεν είναι αρκετή για να επιφέρει ικανοποιητικό κέρδος και τα προβλήματα θα συνεχίζονται με την ακόμα μεγαλύτερη αύξηση των πελατών. Η τάση αυτή θα επεκταθεί περαιτέρω, όσο ο αριθμός των συνδρομητών θα αυξάνεται. Είναι δύσκολο να διατηρηθεί βιώσιμη αυτού του είδους η λειτουργία των επιχειρήσεων. Το σύνολο της βιομηχανίας αντιμετωπίζει σοβαρές προκλήσεις.

Ενα βασικό πρόβλημα είναι το μεγάλο κόστος κατασκευής τέτοιων δικτύων με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν αρκετές εταιρίες ή οργανισμοί που να αναλαμβάνουν ένα τέτοιο έργο. Επίσης, είναι σημαντικό ένα τέτοιο έργο πρέπει να λαμβάνει υπόψη του κυρίως το όφελος των συνδρομητών – πελατών. Άλλα προβλήματα σχετίζονται με το κατασκευαστικό μέρος των δικτύων FTTx. Εκτός από τα τεχνικής φύσεως προβλήματα υπάρχουν ακόμα τα γραφειοκρατικά θέματα τα οποία αν και θα μπορούσαν να τροποποιηθούν αρκετά εύκολα με αλλαγή της νομοθεσίας σε κάποιες χώρες δεν υπάρχει η αντίστοιχη θέληση. Είναι σημαντικό να βρεθούν τα απαιτούμενα κεφάλαια έτσι ώστε να μπορέσουν να ξεπεραστούν τα αντίστοιχα προβλήματα και να μπορέσει να ξεκινήσει η κατασκευή ενός τέτοιου φιλόδοξου σχεδίου. Φυσικά, αυτά τα προβλήματα δεν θα πρέπει να αποθαρρύνουν μελλοντικούς επενδυτές αφού η ανάπτυξη δικτύων FTTx είναι απαραίτητη για όλο το κοινωνικό σύνολο. Το σημαντικό είναι η έρευνα πάνω στα οπτικά δίκτυα και συγκεκριμένα στα δίκτυα FTTx να προχωρήσει έτσι ώστε να βρεθούν νέοι οικονομικότεροι τρόποι για την κατασκευή των δικτύων με στόχο ακόμα περισσότερα κέρδη για τους επενδυτές το οποίο θα οδηγήσει σε χαμηλότερο κόστος συνδέσεων και προσέλκυση περισσότερων πελατών.

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ**

## **Παράρτημα Α - Εθνικές Ρυθμιστικές Αρχές και Οδηγία 97/33/ΕΚ**

Οι εθνικές ρυθμιστικές αρχές (E.P.A.) των Ευρωπαϊκών χωρών εφαρμόζουν το ρυθμιστικό πλαίσιο που καθορίζεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και την εθνική νομοθεσία αναφορικά με τη χρήση, τη λειτουργία και την επέκταση των οπτικών ινών, ενώ δεσμεύονται για την εφαρμογή των αρχών υλοποίησης και βέλτιστης πρακτικής οπουδήποτε αυτό είναι δυνατό. Σε περιπτώσεις αγορών που χαρακτηρίζονται από έλλειψη πραγματικού ανταγωνισμού (κάτι που σημαίνει ότι μία ή περισσότερες επιχειρήσεις διαθέτουν σημαντική ισχύ έναντι των υπολοίπων), ο εθνικός ή/και ο κοινοτικός νόμος περί ανταγωνισμού δεν είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν το συγκεκριμένο πρόβλημα και τότε είναι αναγκαία η εκ' των προτέρων επιβολή ρυθμιστικών υποχρεώσεων. Στα πλαίσια αυτά, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή απαιτείται να συντάσσει κατευθυντήριες οδηγίες σε κοινοτικό επίπεδο, σύμφωνες με τις αρχές του υγιούς ανταγωνισμού, τις οποίες θα πρέπει να ακολουθούν οι E.P.A. στην προσπάθειά τους να εξακριβώσουν αφενός την αποτελεσματικότητα του ανταγωνισμού σε μια δεδομένη αγορά και αφετέρου την ύπαρξη επιχειρήσεων με σημαντική ισχύ στην αγορά.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θα πρέπει να αναθεωρεί τακτικά αυτές τις οδηγίες, προκειμένου να διασφαλίσει ότι παραμένουν κατάλληλες σε μία συνεχώς αναπτυσσόμενη αγορά, ενώ οι εθνικές ρυθμιστικές αρχές ίσως χρειαστεί να συνεργαστούν μεταξύ τους όπου οι σχετικές αγορές είναι υπερεθνικές. Επιπλέον οι E.P.A. επιτρέπεται να επεμβαίνουν με δική τους πρωτοβουλία οποιαδήποτε στιγμή, ακόμα και στην περίπτωση που αυτό ζητηθεί από κάποιο συμβαλλόμενο μέρος, προκειμένου να ορίσουν λεπτομερώς θέματα που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη σε κάποια μελλοντική απόφαση (αναφορικά με την παροχή κάποιας υπηρεσίας) ή να καθορίσουν τους όρους που τίθενται από ένα ή περισσότερα συμβαλλόμενα μέρη σε μία τέτοια απόφαση. Στις υποχρεώσεις των E.P.A, περιλαμβάνεται επίσης η ενθάρρυνση και η καταβολή κάθε δυνατής προσπάθειας, ώστε η παροχή κάθε υπηρεσίας να είναι σύμφωνη με τα συμφέροντα των χρηστών, και μάλιστα κατά τρόπο που να επιτυγχάνεται η μέγιστη οικονομική απόδοση. Έτσι, μέσω της παρέμβασης των E.P.A, οι τελικοί χρήστες θα είναι σε θέση να αποκομίσουν το μέγιστο δυνατό όφελος. Ενδεικτικά, αναφέρεται παρακάτω η οδηγία 97/33/ΕΚ, η οποία σχετίζεται με τη διασύνδεση των τηλεπικοινωνιών στα πλαίσια εφαρμογής της

παροχής του ανοικτού δικτύου, όπου οι E.P.A θα πρέπει να ενθαρρύνουν και να διασφαλίζουν επαρκή Διασύνδεση σύμφωνα με τα συμφέροντα των χρηστών, ασκώντας το έργο τους κατά τρόπο ικανό να επιφέρει την καλύτερη οικονομική απόδοση δίνοντας παράλληλα στους τελικούς χρήστες το μέγιστο όφελος. Σύμφωνα με την οδηγία αυτή, οι Εθνικές Ρυθμιστικές Αρχές (E.P.A.) των ευρωπαϊκών κρατών καλούνται να [35]:

- Διασφαλίσουν επαρκή από άκρο (τέρμα) σε άκρο (τέρμα) επικοινωνία μεταξύ των χρηστών,
- Ενθαρρύνουν μία ανταγωνιστική αγορά και να διασφαλίσουν δίκαιη και σωστή ανάπτυξη μίας εναρμονισμένης ευρωπαϊκής τηλεπικοινωνιακής αγοράς,
- Συνεργαστούν με άλλες ισότιμες αρχές από άλλα κράτη μέλη της Ε.Ε για την προώθηση, την καθιέρωση και ανάπτυξη των πανευρωπαϊκών δικτύων και υπηρεσιών, τη διασύνδεση των εθνικών δικτύων, τη διαλειτουργικότητα των υπηρεσιών, την πρόσβαση στα δίκτυα και τις υπηρεσίες.

Στην οδηγία 97/33/EK, 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). Πιο συγκεκριμένα, ορίζεται ότι:

- Οι όροι διασύνδεσης συμπεριλαμβανομένων των τιμών πρέπει να είναι διαφανείς, άνευ διακρίσεων και αναλογικοί.
- Οι οργανισμοί που έχουν σημαντική ισχύ στην αγορά πρέπει να είναι σε θέση να αποδεικνύουν ότι τα τέλη διασύνδεσης που εφαρμόζουν, καθορίζονται βάσει αντικειμενικών κριτηρίων και ακολουθούν τις αρχές της διαφάνειας και του προσανατολισμού στο κόστος.
- Οι οργανισμοί που έχουν σημαντική ισχύ στην αγορά πρέπει να φέρουν το βάρος της αποδείξεως ότι τα τέλη υπολογίζονται βάσει του πραγματικού κόστους, συμπεριλαμβανομένου ενός λογικού ποσοστού απόδοσης της επένδυσης.
- Τα τέλη διασύνδεσης πρέπει να είναι επαρκώς διαχωρισμένα, ώστε ο αιτών να μην αναγκάζεται να πληρώνει για στοιχεία τα οποία δεν αφορούν άμεσα την αιτούμενη υπηρεσία.

- Τα τέλη διασύνδεσης δεν θα πρέπει να είναι κατώτερα ενός ορίου που υπολογίζεται με τη χρήση μεθόδων μακροπρόθεσμου οριακού κόστους (κατανομής και απονομής κόστους βάσει προέλευσης του πραγματικού κόστους), ούτε ανώτερα ενός ορίου που καθορίζεται μέσω του αυτόνομου κόστους παροχής της εν λόγω Διασύνδεσης.
- Τα τέλη διασύνδεσης πρέπει να αντανακλούν τον τρόπο από τον οποίο τα κόστη προκύπτουν πραγματικά. Οργανισμοί που έχουν σημαντική ισχύ στην αγορά πρέπει να είναι σε θέση να ανακτούν το εφάπαξ επαυξητικό κόστος που απαιτείται για τη σύνδεση τους στα δίκτυα, και τα επαυξητικά κόστη χωρητικότητας που επιβάλλονται από την κίνηση της διασύνδεσης.
- Τα κόστη διασύνδεσης πρέπει να υπολογίζονται στη βάση του προσανατολισμένου στο μέλλον Μακροπρόθεσμου Μέσου Επαυξητικού Κόστους (LRAIC), αφού τέτοια τέλη προσεγγίζουν στενά τα τέλη ενός αποτελεσματικού οργανισμού που χρησιμοποιεί σύγχρονη τεχνολογία.
- Τα τέλη διασύνδεσης τα οποία βασίζονται σε κόστη όπως τα παραπάνω, μπορούν να περιλαμβάνουν αιτιολογημένα περιθώρια για την κάλυψη ενός μέρους από τα ομαδικά και κοινά κόστη που αντιστοιχούν στην υπηρεσία αυτή.
- Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή ως *μακροπρόθεσμος* ορίζεται ο χρονικός ορίζοντας στον οποίο η επιχείρηση θα μπορούσε να προσαρμόσει (προς τα πάνω ή προς τα κάτω) όλους τους συντελεστές παραγωγής, για να ικανοποιήσει μία μείωση ή επαύξηση στον όγκο της παραγωγής.
- Το Μακροπρόθεσμο Μέσο Επαυξητικό Κόστος (LRAIC) πρέπει να υπολογίζεται σε ένα μοντέλο «από κάτω προς τα πάνω» (Bottom-Up). Τα αποτελέσματα αυτού του μοντέλου θα πρέπει να εναρμονίζονται με τα αποτελέσματα που αποκτώνται από ένα μοντέλο «από πάνω προς τα κάτω» (Top-Down) το οποίο θα βασίζεται σε τρέχοντα κόστη.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β- ΠΗΓΑΙΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ

Στο παράρτημα Β παρουσιάζεται αναλυτικά ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για να γίνει ο χρονοπρογραμματισμός ενός δικτύου FTTx. Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε είναι το Dev C++<sup>40</sup>. Έχει γίνει μια προσπάθεια για να μπορέσει το μοντέλο να δέχεται όσο το δυνατόν περισσότερα στοιχεία με στόχο την ακριβέστερη αποτύπωση του κόστους υλοποίησης ενός οποιοδήποτε δικτύου FTTx.

```
//MONTELO ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ FTTx

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main(int argc, char *argv[])
{
    float arx_kost_kat,erg_kos[20],kost_kat[20],sum,kost_neon_synd[20];
    float neas_idiokt[20],kost_neas_syndesis,capex[20],daneio[20],npv[20];
    float metoxes[20],kost_pyr[20],xorig,pagio[20],esoda_pagiou[20],epitokio;
    float min_syndrom[20],esoda_min_syndrom[20],synolikes_syndeseis[20],sum1;
    float apopliromi_daneioy[20], xronia_apopliromis,sum2, opex[20],syn_esoda[20];
    float epitokio1,xronia_apopliromis1,apopliromi_metoxon[20],syn_exoda[20];
    float cash_flow[20],ep_an,pv[20],PV_kostous;
    int i,xronia;
    char answer[20],answer1[20];
    FILE *fp;           //Δείκτης για το άνοιγμα αρχείου

    fp=fopen("results.txt","w"); //Το αρχείο results.txt θα χρησιμοποιηθεί για την
                                //αποθήκευση των αποτελεσμάτων του μοντέλου

    fprintf(fp,"***** MONTELO ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ
    ΔΙΚΤΥΟΥ FTTx ***** \n");
    fprintf(fp,"\n");

    do
    {
        printf("Doste provleponeno arithmo eton kataskevis diktiou FTTx\n"); // Κάνουμε την αρχική
        //θεώρηση ότι το δίκτυο θα κατασκευαστεί τα δύο πρώτα χρόνια
        scanf ("%d",&xronia);
    }
    while (xronia>20 || xronia<=0);
    printf("\n");

    printf("Theoroume oti to diktio FTTx tha kataskevastei mesa sta 2 prota xronia\n");
    printf("\n");

    //-----
    printf("Υπολογισμος Esodon \n");
    printf("\n");
    printf("Υparxei poso xorigias? (Y/N)\n");
    scanf ("%s",&answer);
    if ((strcmp(answer,"Y")==0) || (strcmp(answer,"y")==0)) //Εσοδα από χορηγία -αν υπάρχουν-
    {
        printf("Poio einai to poso xorigias? \n");
        scanf ("%f",&xorig);
    }
    else
```

<sup>40</sup> Dev C++: <http://en.wikipedia.org/wiki/Dev-C%2B%2B>.

```

xorig=0;

sum=0;           //Αθροιστής χρηστών (προηγούμενοι και νέοι)
sum1=0;         //Αθροιστής συνολικού ποσού δανείου 2 ετών
sum2=0;
for (i=1;i<=2;i++) //Αρχικοποίηση πίνακα ποσού μετοχών
    metoxes[i]=0;

for (i=1;i<=2;i++)
{
    printf("Doste poso daneiou %d etous \n",i);
    scanf("%f",&daneio[i]); // Το Δάνειο το παίρνουμε τα δύο πρώτα χρόνια
    sum1=sum1+daneio[i];
}
printf("Yparxoun esoda apo metoxes? (Y/N)\n");
scanf("%s",&answer1);
if ((strcmp(answer1,"Y")==0) || (strcmp(answer1,"y")==0)) //Εσοδα από χορηγία -αν υπάρχουν-
{
    for (i=1;i<=2;i++)
    {
        printf("Doste poso metoxon %d etous \n",i);
        scanf("%f",&metoxes[i]); //Εσοδα από μετοχές
        sum2=sum2+metoxes[i];
    }
}

//-----
printf("Ypologismos Exodon CAPEX \n");
for (i=1;i<=2;i++)
{
    printf("Doste kostos kataskevis (build cost) %d etous \n",i);
    scanf("%f",&kost_kat[i]); //Αρχικό κόστος κατασκευής έργου
}

printf("Na dothei to kostos gia kathe nea syndesi\n");
scanf("%f",&kost_neas_syndesis);

for (i=1;i<=xronia;i++)
{
    printf("Na dothoun oi nees idioktisis poy tha synthethoun gia to etos %d\n",i);
    scanf("%f",&nees_idiokt[i]);
    sum=sum+nees_idiokt[i];
    synolikes_syndeseis[i]=sum;
    printf(" synolikes syndeseis = %.2f\n",synolikes_syndeseis[i]);
    kost_neon_synd[i]=nees_idiokt[i]*kost_neas_syndesis; //Εξοδα εταιρείας για κάθε νέο νοικοκυριό
    if (i<=2)
        capex[i]=kost_neon_synd[i]+kost_kat[i];
    else
        capex[i]=kost_neon_synd[i];
}

//-----
printf("Ypologismos Exodon OPEX \n");
for (i=1;i<=xronia;i++)
{
    printf("Doste ergatiko kostos etous %d \n",i);
    scanf("%f",&erg_kos[i]); //Εργατικό κόστος
}

for (i=1;i<=xronia;i++)

```

```

{
    printf("Doste kosti pyrina- Core Cost etous %d \n",i);
    scanf("%f",&kost_pyr[i]); //Κόστη πυρήνα
}

//Θεωρούμε ότι η αποπληρωμή του δανείου και των μετοχών ξεκινά από τον τρίτο χρόνο
//και είναι σταθερή ανά χρόνο και για τα δύο

printf("Doste epitokio kai xronia apopliromis daneioy\n");
scanf("%f %f",&epitokio,&xronia_apopliromis);
apopliromi_daneioy[1]=0;
apopliromi_daneioy[2]=0;
for (i=3;i<=xronia_apopliromis;i++)

apopliromi_daneioy[i]=sum1*((epitokio*pow((1+epitokio),xronia_apopliromis))/(pow((1+epitokio),xronia_apopliromis)-1));

printf("Doste epitokio kai xronia apopliromis metoxon\n");
scanf("%f %f",&epitokio1,&xronia_apopliromis1);
apopliromi_metoxon[1]=0;
apopliromi_metoxon[2]=0;
for (i=3;i<=xronia_apopliromis1;i++)

apopliromi_metoxon[i]=sum2*((epitokio1*pow((1+epitokio1),xronia_apopliromis1))/(pow((1+epitokio1),xronia_apopliromis1)-1));

//Εσοδα από πάγιο και μηνιαίων συνδρομών
for (i=1;i<=xronia;i++)
{
    printf("Doste pageio neas symdesis %d etous \n",i);
    scanf("%f",&pagio[i]);
    esoda_pagiou[i]=pagio[i]*nees_idiokt[i]; //Εσοδα από το πάγιο νέων συνδέσεων
    printf("Doste pageio miniaias syndromis %d etous \n",i);
    scanf("%f",&min_syndrom[i]); //Εσοδα από μηνιαίες συνδρομές
    esoda_min_syndrom[i]=12*min_syndrom[i]*sum;
}

//Αρχικοποίηση συνολικών εισόδων με 0
for (i=1;i<=xronia;i++)
    syn_esoda[i]=0;

//Συνολικός υπολογισμός κόστους OPEX και εσόδων
for (i=1;i<=xronia;i++)
{
    opex[i]=erg_kos[i]+kost_pyr[i]+apopliromi_daneioy[i]+apopliromi_metoxon[i];
    printf(" opex = %.2f\n",opex[i]);
    if ((xorig!=0) && (i==1))
        syn_esoda[i]=syn_esoda[i]+xorig;
    if ((i==1)||(i==2))
        syn_esoda[i]=syn_esoda[i]+metoxes[i]+daneio[i];

    syn_esoda[i]=syn_esoda[i]+esoda_min_syndrom[i]+ esoda_pagiou[i];
}
for (i=1;i<=xronia;i++)
{
    syn_exoda[i]=capex[i]+opex[i];
    printf(" syn_exoda = %.2f\n",syn_exoda[i]);
}

fprintf(fp,"----- XARAKTHRISTIKA DIKTYOY FTTx -----
-----\n");

```



```

fprintf(fp,"ETOS      NEES_SYNDESEIS      SYNOLIKES_SYNDESEIS  \n");
fprintf(fp,"-----\n");
for (i=1;i<=xronia;i++)
  fprintf(fp,"%d\t%.2f\t%.2f\n",i,nees_idiokt[i],synolikes_syndeseis[i]);
fprintf(fp,"-----\n");

fprintf(fp,"\n");
fprintf(fp,"\n");
fprintf(fp,"\n");

//Υπολογισμός NPV-Καθαρή Παρούσα αξία

PV_koustous=xorig+sum1+sum2; //Υπολογισμός αρχικής παρούσας αξίας
printf("Dose epitokio anagotis \n");
scanf("%f",&ep_an);

for (i=1;i<=xronia;i++)
{
  cash_flow[i]= syn_esoda[i]-syn_exoda[i]; // Υπολογισμός του Cash flow
  printf("syn_esoda[i] = %.2f\n",syn_esoda[i]);
  printf("syn_exoda[i] = %.2f\n",syn_exoda[i]);
  printf(" cash_flow = %.2f\n",cash_flow[i]);

  pv[i]= cash_flow[i]/(pow((1+ep_an),i)); //Υπολογισμός Παρούσας αξίας κάθε έτους
  printf("pv = %.2f\n",pv[i]);
  if (i>=2)
    {pv[i]= pv[i-1]+ pv[i];
    printf("pv pano apo 2  %.2f\n",pv[i]);}
  npv[i]= pv[i]- PV_koustous;
  printf("npv[i] = %.2f\n",npv[i]);
}
//Παρουσίαση των αποτελεσμάτων σε πίνακες

fprintf(fp,"-----  EXODA CAPEX /OPEX KAI ESODA  KAI NPV  -----\n");
fprintf(fp,"ETOS  KOSTOS_KATASKEYHS      KOSTOS_NEON_SYNDESEON      CAPEX
OPEX      SYNOLIKO_KOSTOS      SYNOLIKA_ESODA      NPV\n");
fprintf(fp,"-----
\n");
for (i=1;i<=xronia;i++)
{
  if (kost_kat[i]<0)
    kost_kat[i]=kost_kat[i]*(-1);

  fprintf(fp,"%3d\t    %.2f\t\t    %.2f\t\t    %.2f\t\t    %.2f\t\t    %.2f\t\t    %.2f\t\t
%.2f\t\t\n",i,kost_kat[i],kost_neon_synd[i],capex[i],opex[i],syn_exoda[i],syn_esoda[i],npv[i]);
}
fprintf(fp,"-----
-----\n");

system("PAUSE");
return 0;
}

```

## **Βιβλιογραφία**

- [1] *Realizing the Benefits of Broadband*, Intel Corporation 2010.
- [2] URL: <http://broadband.cti.gr/el/evrizonikotita/evrizonikotita.php>, Νοέμβριος 2012.
- [3] *Η προοπτική της ευρυζωνικότητας στην Ελλάδα, Διπλωματική Εργασία*, Χ. Ντόκας, Οκτώβριος 2003.
- [4] *Broadband Technology Overview, White paper*, Ιούνιος 2005.
- [5] *Ευρυζωνικότητα: προώθηση, επίδειξη, στρατηγική, βέλτιστες πρακτικές*, Παρουσίαση, Χ. Μπούρας, Σεπτέμβριος 2008.
- [6] *Best Practices in Broadband, Lessons from Canada, Japan, Korea and the United States*, Rob Frieden, Penn State University.
- [7] *Ψηφιακές κοινότητες και υπηρεσίες βασιζόμενες σε ευρυζωνικές υποδομές*, Ευάγγελος Στασινόπουλος, CISCO, Σεπτέμβριος 2008.
- [8] *Analysing the factors of broadband adoption in the household*, Choudrie, J, Dwivedi, Y Brunel University, UK, 2004.
- [9] *Estimating the economic impact of the broadband stimulus plan*, Katz R.L, Suter S. Columbia Institute for Tele-Information Working Paper, 2009.
- [10] *The impact of broadband on growth and productivity*, Fornefeld, M., Delaunay, G., and Elixmann, D. A study on behalf of the European Commission (DG Information Society and media), MICUS, 2008.
- [11] *Telecommunications infrastructure and economic development, a simultaneous approach*, Roller, L-E, Waverman, L., The American Economic Review, vol. 91, No. 4, September 2001.
- [12] *The Digital Road to Recovery. A Stimulus Plan to Create Jobs, Boost Productivity and Revitalize America*, Atkinson, R., Castro, D., Ezell, S.J, Washington, DC, The Information Technology and Innovation Foundation, 2009.
- [13] *Τεχνο-οικονομική σύγκριση ευρυζωνικής πρόσβασης σε αστικό περιβάλλον*, Διπλωματική Εργασία, Κανελλόπουλος Γιώργος, Μάρτιος 2010.
- [14] *Εισαγωγή στις οπτικές ίνες*, Ευθυμίου Χρήστος, Τ.Ε.Ι Σερρών, Σέρρες 2011.
- [15] URL: [www.telecom.ntua.gr/photonics](http://www.telecom.ntua.gr/photonics), *Συστήματα Μετάδοσης & Δίκτυα οπτικών Ινών*, Ηρακλής Αβραμόπουλος, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών(ΕΜΠ), Δεκέμβριος 2012.
- [16] *Telecommunications and Economic Growth*, Qiang, Christine Z., Unpublished paper World Bank, Washington, D.C 2009.
- [17] *The impact of broadband on jobs and the German economy*, Prof. Dr. Raul L. Katzl, Dr. Stephan Vaterlaus, Patrick Zenhäusern, Dr. Stephan Suter and Dr. Philippe Mahler, *Intereconomics: Review of European Economic Policy*, vol. 45, 2010.
- [18] *Δίκτυα Πρόσβασης Νέας Γενιάς, Τεχνολογίας WDM PON*, Αλέξανδρος Ρούστας, Θρασύβουλος Ταμπακάκης, Αύγουστος 2010

- [19] *Πολυκυματική Πηγή Laser για Δίκτυα Πολυπλεξίας Μήκους κύματος(WDM)*, Διπλωματική Εργασία, Ρούβαλης Ι. Ευθύμιος, Μάιος 2007.
- [20] *WDM over POF τεχνολογία στο δίκτυο Μετάδοσης Κινητής πληροφορίας*, Ειδική επιστημονική εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών τμήμα Φυσικής, Μπανιάς Κωνσταντίνος.
- [21] *Δυναμική Δρομολόγηση και Ανάθεση Μήκους Κύματος σε Διαφανή WDM Δίκτυα που λαμβάνει υπόψη το Κέρδος των Ενισχυτών*, Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών, Ποτού Κων/να, Δεκέμβριος 2009.
- [22] *Τηλεματική:Συστήματα Οπτικών Τηλεπικοινωνιών*, Τμήμα Βιομηχανικής Πληροφορικής, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, ΤΕΙ Καβάλας, Ιωάννης Δ. Τσαλαμάνης, 2011.
- [23] URL: <http://broadband.cti.gr/el/download/FTTX.pdf>, *FTTX (Fiber to the Home – Fiber to the Building) ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 1 – ΚΕΙΜΕΝΟ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΔΙΑΒΟΥΛΕΥΣΗΣ*, Οκτώβριος 2008.
- [24] *FTTH Fiber to the Home ή Fear to the Haul*, Άρθρο, Δημήτρης Φιλίππου, Μάιος-Ιούνιος 2009.
- [25] *FTTx 2012 Markets & Trends Fact& Figures*, White Paper, Digiworld by IDATE,2012.
- [26] *Point-to-Point FTTH and Ethernet Access*, Architecture and technology Committee, FTTH Council Europe, Δεκέμβριος 2004.
- [27] *Μοντέλο για Τεχνο-οικονομική ανάλυση δικτύων οπτικών ινών*, Διπλωματική Εργασία, Σπυρώνης Ιωάννης, Ιούνιος 2011.
- [28] *Τεχνικές προδιαγραφές για την κατασκευή δικτύων οπτικών ινών εντός πόλεων και εγκατάσταση δομημένης οριζόντιας και κάθετης καλωδίωσης οπτικών ινών εντός κτιρίων*, e-business forum, ομάδα εργασίας Ιδ3, Σεπτέμβριος 2008.
- [29] *Οικονομικοτεχνική Μελέτη και Ανάλυση Επιχειρηματικών Μοντέλων Οπτικών Ινών Πρόσβασης*, Διπλωματική Εργασία, Καματερός Αναστάσιος, Αθήνα Ιούλιος 2012.
- [30] *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.
- [31] *Regulatory policy and the roll-out of fibre-to-the-home networks: A report for the FTTH Council Europe*, DotEcon, Λονδίνο Ιούλιος 2012.
- [32] *FTTH in Europe Forecast & Prognosis 2011-2016*, White Paper prepared for the FTTH Council, Φεβρουάριος 2011.
- [33] *IDATE Consulting and Research, FTTH/B Panorama, FTTH Council Europe* Συνέδριο, Μόναχο Φεβρουάριος 2012.
- [34] *Access Regulation and Investment in Next Generation Networks: A Ranking of Regulatory Regimes*, δημοσίευση στο International Journal of Industrial Organization, R Nitsche , L Wiethaus, Ιούνιος 2011.
- [35] *Μέθοδοι κοστολόγησης και τιμολόγησης τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών*, Διπλωματική Εργασία, Κλεόδημος Σουβατζής Πειραιάς 2007.

- [36] *Ευρυζωνικά δίκτυα, υποδομές και υπηρεσίες – Παρόν και μέλλον*, Διπλωματική Εργασία, Στυλιανός Φετοκάκης, Αθήνα Αύγουστος 2006.
- [37] *Μοντέλα για τον Χρονοπρογραμματισμό έργων με περιορισμένους πόρους* Διπλωματική Εργασία, Μαρία Καντζάρη, Πάτρα 2010.
- [38] URL: <http://www.ictregulationtoolkit.org/en/PracticeNote.2974.html>, Μάρτιος 2013.
- [39] *Πρόταση για μοντέλα Ανάπτυξης & Αξιοποίησης Ευρυζωνικών Υποδομών και για μοντέλα Παροχής Ευρυζωνικών Υπηρεσιών από ΜΜΕ*, Σεπτέμβριος 2008.
- [40] *Οπτικές Υποδομές Δικτύων Πρόσβασης Νέας Γενιάς: Στρατηγικές Δημοτικής Ανάμειξης*, Διδακτορική Διατριβή, Κωνσταντίνος Τρούλος, Αθήνα Φεβρουάριος 2012.
- [41] *Optimization of FTTH network in Kosovo through the implementation of GPON architecture and analysis of the cost of the implementation*, International Journal of Communications Issue 4, Volume 5, Nebi Caka, Astrit Hulaj, 2011.
- [42] *A modular and hierarchically structured techno-economic model for FTTH deployments*, 16<sup>ο</sup> διεθνές συνέδριο Optical Network Design and Modeling (ONDM), M. Van der Wee, K. Casier, K. Bauters, S. Verbrugge, D. Colle, M. Pickavet, Βέλγιο, Απρίλιος 2012.
- [43] URL: <http://www.ftthcouncil.org/p/cm/ld/fid=44&tid=76&sid=63> *FTTH Deployment Assessment*, Μελέτη εταιρίας CSMG, Οκτώβριος 2009.
- [44] *Broadband for the Rural North Ltd, Επιχειρηματικό Σχέδιο v5.2 B4RN, Barry Forde*, Απρίλιος 2013.
- [45] *Παραδοτέο 5 του Επιχειρησιακού Σχεδίου εκμετάλλευσης-αξιοποίησης των δημοτικών MAN της Περιφέρειας Ηπείρου*, Επιχειρησιακό Σχέδιο, Innovatia Σύμβουλοι Ανάπτυξης και Μεταφοράς Τεχνολογίας ΕΠΕ, Νοέμβριος 2008.
- [46] *Creating a brighter future-FTTH Business Guide*, FTTH Council Europe Business Committee, Ιανουάριος 2011.
- [47] <http://office.microsoft.com/el-gr/excel-help/HP010342728.aspx> Μάιος 2013.
- [48] [http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE/BUCKET/General/met hodological\\_note\\_census\\_coverage\\_survey\\_final.pdf](http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE/BUCKET/General/met hodological_note_census_coverage_survey_final.pdf), Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ), Μάιος 2013.
- [49] *Creating a brighter future*, Συνέντευξη Τύπου FTTH Council Europe, Onwurah. C., Ahl. K., Montagne R., Ιανουάριος 2013