

**Κείμενο τεκμηρίωσης
του
Τεχνοοικονομικού BOTTOM-UP LRIC+ μοντέλου για τον
υπολογισμό των τιμών πρόσβασης χαλκού και οπτικής ίνας
σύμφωνα με την σύσταση 2013/466/ΕΕ**

Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων

Μάιος 2020

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	4
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	5
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
2. ΑΡΧΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ	7
2.1 Χαρακτηριστικά Αποδοτικού Δικτύου.....	7
2.2 Εφαρμογή της Μεθοδολογίας LRIC+	9
2.3 Αρχικό έτος και διάρκεια μοντελοποίησης	10
2.4 Μέθοδοι Αποσβέσεων και Αποτίμησης Περιουσιακών Στοιχείων.....	10
2.5 Μεσοσταθμικό κόστος κεφαλαίου - WACC (Weighted Average Cost of Capital).....	11
2.6 Υπηρεσίες	14
2.6.1 Υπηρεσίες τύπου VULA/FTTC ή VLU/FTTC ή VPU light/FTTC.....	14
2.6.2 Υπηρεσίες τύπου VLU/FTTH ή VPU/FTTH	16
2.6.3 Υπηρεσία Ολοκληρωμένης Κεντρικής Σύνδεσης (Ο.Κ.ΣΥ.)	18
2.6.4 Υπηρεσίες χονδρικής πρόσβασης σε αγωγούς και υπηρεσίες παροχής σκοτεινής ίνας 18	
2.6.5 Υπηρεσίες μισθωμένων γραμμών	19
2.6.6 Υπηρεσίες Χαλκού - Υπηρεσίες Α.ΡΥ.Σ./V-Α.ΡΥ.Σ	19
2.7 Κοστολόγηση Υπηρεσιών Χαλκού	20
3. ΔΟΜΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ.....	22
3.1 Γενική αρχιτεκτονική μοντέλου	22
3.2 Εξωτερικά Αρχεία	22
3.3 Παράμετροι Μοντέλου	23
3.4 Υλοποιούμενο Σενάριο Δικτύου	25
3.4.1 Σενάριο 1: Υλοποίηση δικτύου NGA.....	25
3.4.2 Σενάριο 2: Υλοποίηση δικτύου χαλκού με αντικατάσταση οπτικών στοιχείων με στοιχεία χαλκού	27
3.5 Επιμερισμός Δικτύου Κορμού	30
3.6 Επαναχρησιμοποίηση τεχνικών έργων υποδομής	31
3.7 Building Entry Point & Floor Box	31
3.8 Routing Factors & Υπολογισμός Τιμών	32
4. ΖΗΤΗΣΗ	35
4.1 Δεδομένα	35
4.2 Μεθοδολογία/Μοντέλα πρόβλεψης.....	38

4.2.1	Μοντέλο ζήτησης ενεργών συνδέσεων.....	39
4.2.2	Μοντέλο ζήτησης συνολικών ευρυζωνικών συνδέσεων	40
4.2.3	Μοντέλο ζήτησης VDSL συνδέσεων	41
4.2.4	Μοντέλο ζήτησης ADSL συνδέσεων	43
4.2.5	Συνολικές Προβλέψεις και Μοντέλο ζήτησης λοιπών ρυθμών/υπηρεσιών	44
5.	ΜΟΝΤΕΛΟ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΠΟΙΗΣΗΣ	46
5.1	Γεωγραφική ανάλυση	47
5.2	Γεωμετρικό μοντέλο.....	56
5.3	Διαστασιοποίηση δικτύων NGA.....	61
5.4	Διαστασιοποίηση δικτύου χαλκού.....	62
5.5	Οπτικά καλώδια και καλώδια χαλκού	63
6.	ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ	65
6.1	CAPEX κόστη	65
6.2	OPEX κόστη	68
6.3	Κοινά κόστη	69
6.4	Αποσβέσεις και διάρκεια ζωής παγίων	70
6.5	Κοστολόγηση εφάπαξ τελών υπηρεσιών	71

Πίνακας Σχημάτων

Σχήμα 1: Υλοποίηση FTTC	8
Σχήμα 2: Υλοποίηση FTTH	8
Σχήμα 3: Μοντέλο NGA. Αρχιτεκτονική FTTC	15
Σχήμα 4: Μοντέλο NGA. Αρχιτεκτονική FTTH.....	17
Σχήμα 5: Μοντελοποίηση Ο.Κ.ΣΥ. (Πηγή: EETT).....	18
Σχήμα 6: Γενική Αρχιτεκτονική Μοντέλου	22
Σχήμα 7: Εξέλιξη ενεργών τηλεπικοινωνιακών συνδέσεων	40
Σχήμα 8: Πραγματικά δεδομένα και προβλέψεις για την εξέλιξη των ευρυζωνικών συνδέσεων.....	41
Σχήμα 9: VDSL πρόσβαση.....	43
Σχήμα 10: ADSL πρόσβαση.....	43
Σχήμα 11: Συνολικές εκτιμήσεις εξέλιξης της ζήτησης (βασικό σενάριο).....	44
Σχήμα 12: Επίπεδα FPs (Flexibility Points) και τμήματα δικτύου (segments).....	46
Σχήμα 13: ΑΚ Αμπελόκηποι συντεταγμένες κτιρίων και αντίστοιχη τριγωνοποίηση της περιοχής	48
Σχήμα 14: Κάλυψη Χώρας από το σύνολο των περιγραμμάτων οικιστικών περιοχών βάσει στοιχείων από OpenStreetMaps.....	49
Σχήμα 15: ΑΚ και καμπίνες εντός των διαθέσιμων οικιστικών περιοχών.	50
Σχήμα 16: Παράδειγμα υλοποίησης μεθόδου διαφορετικού εμβαδού ανά τμήμα δικτύου.	51
Σχήμα 17: Μεθοδολογία απεικόνισης γεωγραφικών δεδομένων στο γεωμετρικό μοντέλο ανά τμήμα δικτύου.	52
Σχήμα 18: Δομή δικτύου σε επίπεδα από FP	57
Σχήμα 19: Γεωμετρικό μοντέλο Επίπεδά FP4-FP5.....	57
Σχήμα 20: Απεικόνιση του γεωμετρικού μοντέλου για το επίπεδο FP4-FP5 με διαφορετικό χρώμα οδεύσεων ανάλογα με τη χωρητικότητα του καλωδίου.	59
Σχήμα 21: Γεωμετρικό μοντέλο Επίπεδά FP4-FP5 Common Trench.....	59
Σχήμα 22: Επαναχρησιμοποίηση μεταξύ FTTC και FTTH δικτύου.....	60
Σχήμα 23: Γεωμετρικό μοντέλο με διαχωρισμό των δικτυακών στοιχείων σε εντός και εκτός 550 μέτρων (Inner – Outer)	61

Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 1: Παράμετροι Υπολογισμού WACC	13
Πίνακας 2: Αντιστοιχία ονομασίας υπό ρύθμιση υπηρεσιών και μοντελοποιημένων υπηρεσιών FTTC.....	15
Πίνακας 3: Αντιστοιχία ονομασίας υπό ρύθμιση υπηρεσιών και μοντελοποιημένων υπηρεσιών FTTH.....	17
Πίνακας 4: Παράμετροι Διαστασιοποίησης Σενάριο NGA	26
Πίνακας 5: Παράμετροι Διαστασιοποίησης Σενάριο Χαλκού	29
Πίνακας 6: Στοιχεία ζήτησης προϊόντων ευρυζωνικότητας (Πηγή: ΕΕΤΤ, Πάροχοι)	37
Πίνακας 7: Στοιχεία ζήτησης – Δεδομένα ευρυζωνικότητας προς μοντελοποίηση (Πηγή: ΕΕΤΤ, Πάροχοι).....	37
Πίνακας 8: Γραμμές Τηλεφωνίας (Πηγή: ΕΕΤΤ, Πάροχοι)	37
Πίνακας 9: Παράμετροι μοντέλου ζήτησης ενεργών συνδέσεων	39
Πίνακας 10: Παράμετροι μοντέλου Log-Logistic για τις ευρυζωνικές συνδέσεις	41
Πίνακας 11: Παράμετροι μοντέλου ζήτησης VDSL συνδέσεων	42
Πίνακας 12: Μερίδιο αγοράς υπηρεσίας επί του συνόλου των συνδέσεων.....	44
Πίνακας 13: Τύποι καλωδίων και σωληνώσεων/αγωγών	64
Πίνακας 14: CAPEX κόστη υπόγειων καλωδίων χαλκού	65
Πίνακας 15: CAPEX κόστη εναέριων καλωδίων χαλκού	66
Πίνακας 16: CAPEX κόστη υπόγειων καλωδίων οπτικών ινών.....	66
Πίνακας 17: CAPEX κόστη χαντακίων	66
Πίνακας 18: OPEX ποσοστό επί του CAPEX ανά κατηγορία δικτυακού στοιχείου	68
Πίνακας 19: Διάρκεια ζωής ανά κατηγορία δικτυακού στοιχείου	70
Πίνακας 20: Διάρκεια ζωής επαναχρησιμοποιήσιμων παγίων	71

1. Εισαγωγή

Στο παρόν έγγραφο περιγράφονται οι βασικές αρχές, η μεθοδολογία και οι παράμετροι που διέπουν την ανάπτυξη του διευρυμένου μοντέλου μακροπρόθεσμου επαυξητικού κόστους με βάση το υπόδειγμα Bottom-Up (BU LRIC+) που αναπτύχθηκε για τον υπολογισμό των τιμών πρόσβασης χαλκού και οπτικής ίνας σύμφωνα με τη σύσταση 2013/466/ΕΕ και με βάση το Ενημερωμένο Κείμενο Αρχών, Μεθοδολογίας και Δομής του Μοντέλου. Το παρόν κείμενο έχει επικαιροποιηθεί σύμφωνα με τις τροποποιήσεις του μοντέλου, στις οποίες προέβη η ΕΕΤΤ λαμβάνοντας υπόψη τα σχόλια των συμμετεχόντων στις εθνικές διαβουλεύσεις του μοντέλου που διεξήχθησαν στο χρονικό διάστημα Απριλίου - Ιουλίου του 2019 και τον Δεκέμβριο του 2019 καθώς και τα σχόλια της Ευρωπαϊκής Επιτροπής μετά την κοινοποίηση του μοντέλου και του σχετικού συνοδευτικού υλικού που πραγματοποιήθηκε στις 17 Φεβρουαρίου 2020.

Επιπλέον, παρουσιάζονται αναλυτικά η δομή και η λειτουργία του τεχνοοικονομικού μοντέλου, καθώς και τα επιμέρους μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της ζήτησης, τη διαστασιοποίηση του δικτύου, τον υπολογισμό του κόστους κτήσης και απόσβεσης των παγίων στοιχείων του δικτύου, και τον υπολογισμό του κόστους παροχής των υπηρεσιών.

2. Αρχές Μοντελοποίησης

2.1 Χαρακτηριστικά Αποδοτικού Δικτύου

Το τεχνοοικονομικό μοντέλο βασίζεται στην ανάπτυξη ενός σύγχρονου αποδοτικού δικτύου NGA κάνοντας χρήση σύγχρονων τεχνολογιών για δίκτυα ευρείας ζώνης. Η ανάπτυξη ενός τέτοιου μοντέλου συμφωνεί με τη Σύσταση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής σχετικά με τις συνεκτικές υποχρεώσεις αμεροληψίας και μεθόδους υπολογισμού του κόστους για την προαγωγή του ανταγωνισμού και τη βελτίωση του επενδυτικού περιβάλλοντος στην ευρυζωνικότητα (2013/466/ΕΕ).

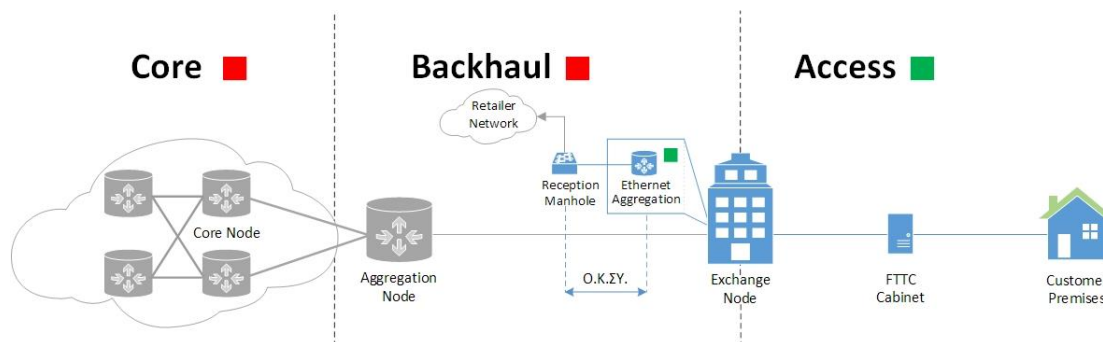
Ο ορισμός του δικτύου πρόσβασης γίνεται βάσει της προσέγγισης Modified Scorched Node, σύμφωνα με την οποία μοντελοποιείται ένα αποδοτικό NGA δίκτυο, που βασίζεται στις υπάρχουσες υποδομές, παρέχοντας όμως την απαραίτητη ευελιξία για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης του δικτύου πρόσβασης. Στην παρούσα υλοποίηση, αυτό επιτυγχάνεται με την εύρεση των βέλτιστων θέσεων των υπαρχόντων καμπινών που ελαχιστοποιούν το κόστος των οδεύσεων του δικτύου.

Η γεωγραφική κάλυψη του δικτύου NGA περιλαμβάνει όλες τις περιοχές στις οποίες η κρατική ενίσχυση δεν είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την κάλυψή τους με δίκτυο NGA. Με αυτόν τον τρόπο, η ΕΕΤΤ μοντελοποιεί τα κόστη ενός υποθετικού αποδοτικού παρόχου, ο οποίος αναπτύσσει εξ' αρχής ένα δίκτυο που δύναται να επιτυγχάνει τους στόχους του Ψηφιακού Θεματολογίου για την Ευρώπη.

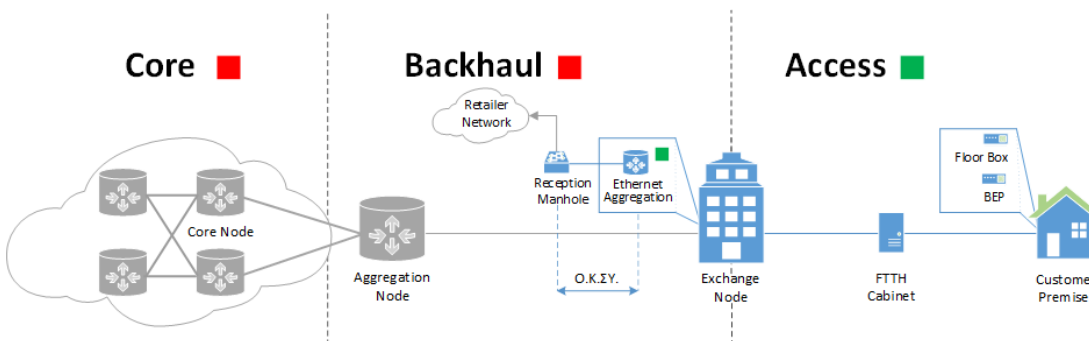
Όσον αφορά τον υπολογισμό κοστοστρεφών τιμών για τον βρόχο (LLU) και υποβρόχο (SLU), εφαρμόζεται η μεθοδολογία αντικατάστασης των οπτικών στοιχείων από στοιχεία χαλκού. Στο μοντέλο αντικατάστασης έχουν ενσωματωθεί υπολογισμοί κόστους για τις περιοχές που έχουν επιδοτηθεί με κύρια χρήση εναέριας καλωδίωσης χαλκού πάνω σε στύλους, καθώς αυτή θεωρείται αποδοτική τεχνολογία που εφαρμόζεται στον ελλαδικό χώρο σε αυτές τις περιπτώσεις.

Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται στο δίκτυο πρόσβασης βασίζεται στα αποτελέσματα των διαδικασιών ανάθεσης καμπινών της ΕΕΤΤ στο πλαίσιο της ανάλυσης αγοράς 3^α, σε τηλεπικοινωνιακούς παρόχους για ανάπτυξη δικτύων NGA. Επομένως, για τις περιοχές που εξυπηρετούνται από τις καμπίνες, που βρίσκονται σε καλωδιακή απόσταση μεγαλύτερη των 550 μέτρων από τα ΑΚ θεωρείται ως αποδοτικό NGA δίκτυο ένα υβριδικό NGA δίκτυο το οποίο αποτελείται κυρίως από δίκτυο αρχιτεκτονικής FTTC (dominant technology) με FTTH σε μικρό ποσοστό. Όσον αφορά τις περιοχές που εξυπηρετούνται από τις καμπίνες που βρίσκονται σε καλωδιακή απόσταση μικρότερη των 550 μέτρων από τα ΑΚ, μοντελοποιείται η εξ' αρχής ανάπτυξη δικτύου αρχιτεκτονικής FTTH.

Παρακάτω απεικονίζονται διαγραμματικά οι υλοποιήσεις των αρχιτεκτονικών FTTC και FTTH:



Σχήμα 1: Υλοποίηση FTTC



Σχήμα 2: Υλοποίηση FTTH

Τα παραπάνω σχήματα δείχνουν ότι το σημείο όπου η πρόσβαση καθίσταται δυνατή στους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους, που αιτούνται πρόσβαση στο δίκτυο NGA του αποδοτικού παρόχου είναι το σημείο στο οποίο πραγματοποιείται η διασύνδεση με σκοπό τη μεταφορά της κίνησης των συνδρομητών μέσω του κυκλώματος Ολοκληρωμένης Κεντρικής Σύνδεσης (Ο.Κ.ΣΥ.). Επίσης, το σημείο τερματισμού του ακραίου δικτύου στο χώρο του τελικού χρήστη διαφέρει ανάμεσα στα δίκτυα FTTC και FTTH, καθώς στην πρώτη περίπτωση το σημείο τερματισμού του ακραίου δικτύου χαλκού είναι το εσκαλίτ ή χαλύβδινο, το οποίο βρίσκεται εντός του κτιρίου του χρήστη και συνδέεται με χάλκινο καλώδιο μέχρι την καμπίνα FTTC, ενώ στη δεύτερη περίπτωση είναι είτε το Building Entry Point (BEP) είτε το Floor Box, στα οποία καταλήγει οπτική ίνα που συνδέεται με την παθητική καμπίνα FTTH. Για την περίπτωση του FTTH, το βασικό μοντέλο περιλαμβάνει την πρόσβαση μέχρι το BEP. Ο υπολογισμός της τιμής του Floor Box θεωρείται πρόσθετο κόστος της υπηρεσίας πρόσβασης στο BEP. Για λόγους ομοιομορφίας εμφανίζεται και η συνολική τιμή των υπηρεσιών.

Τέλος, το αποδοτικό NGA δίκτυο αναπτύσσεται από έναν αποκλειστικό πάροχο χονδρικής πρόσβασης. Η υπόθεση αυτή βασίζεται στο γεγονός ότι ο κάθε πάροχος που συμμετείχε στη διαδικασία των αναθέσεων έχει επιλέξει να αναπτύξει δίκτυο NGA ως επί το πλείστον σε διαφορετικές περιοχές (βάσει καμπινών) από τους άλλους παρόχους που συμμετείχαν στην εν λόγω διαδικασία.

Δεδομένου ότι ο υποθετικός αποδοτικός πάροχος κατέχει μερίδιο αγοράς 100% σε επίπεδο χονδρικής, το επίπεδο του μεριδίου αγοράς σε επίπεδο λιανικής δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα του μοντέλου, καθώς όλοι οι πάροχοι λιανικής (συμπεριλαμβανομένου του λιανικού άκρου του αποδοτικού παρόχου) προμηθεύονται υπηρεσίες χονδρικής από τον εν λόγω αποδοτικό πάροχο χονδρικής. Αντίθετα, για τους υπολογισμούς του μοντέλου έχει μεγάλη σημασία η διείσδυση των υπηρεσιών λιανικής, η οποία λόγω της μονοπωλιακής θέσης του αποδοτικού παρόχου χονδρικής, ταυτίζεται με τη διείσδυση των υπηρεσιών χονδρικής.

Αναφορικά με τη διείσδυση υπηρεσιών λιανικής, σημειώνεται ότι σε κάθε χρονική περίοδο το άθροισμα των χρηστών όλων των ταχυτήτων/υπηρεσιών παραμένει σχετικά σταθερό. Η μεθοδολογία που ακολουθείται για την πρόβλεψη της διείσδυσης των υπηρεσιών λιανικής περιλαμβάνει ενδελεχή εξέταση των σχετικών αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τα πλέον γνωστά μοντέλα διάχυσης, που έχουν αναπτυχθεί στη βιβλιογραφία και χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον σε σχετικές μελέτες. Η επιλογή του κατάλληλου μοντέλου διάχυσης γίνεται ύστερα από συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων όλων των μοντέλων και περιγράφεται αναλυτικότερα στο αντίστοιχο κεφάλαιο (Κεφ. 4).

Τέλος, εφαρμόζεται σταδιακή μετάβαση των Single Play συνδρομητών σε ευρυζωνικές υπηρεσίες με βάση στοιχεία της αγοράς αλλά και των παρόχων.

2.2 Εφαρμογή της Μεθοδολογίας LRIC+

Το τεχνοοικονομικό μοντέλο που αναπτύχθηκε βασίζεται στη μέθοδο BU LRIC+ η οποία υπολογίζει το τρέχον κόστος σε προοπτική βάση με το οποίο θα επιβαρυνόταν ένας αποδοτικός φορέας εκμετάλλευσης δικτύου εάν κατασκεύαζε σήμερα ένα σύγχρονο δίκτυο με δυνατότητα παροχής υπηρεσιών πρόσβασης, ενώ προσθέτει μια επαύξηση, αυστηρά για ανάκτηση των κοινών/μεριζόμενων δαπανών.

Το συνολικό κόστος παροχής πρόσβασης (προϊόν/υπηρεσία i) υπολογίζεται ως εξής (υποθέτοντας ότι προϊόν και επαύξηση ταυτίζονται):

$$TC(i) = ISFC(i) + ISVC(i) + (x(i)\%) * JC(i, j, \dots) + (y(i)\%) * CC \quad \text{Εξ. 1}$$

όπου $TC(i)$ είναι το συνολικό κόστος του προϊόντος- i (Total Cost of product- i), $ISFC(i)$ είναι το ειδικό σταθερό επαυξητικό κόστος για το προϊόν- i (Increment Specific Fixed Cost for product- i), $ISVC(i)$ είναι το ειδικό μεταβλητό επαυξητικό κόστος για το προϊόν- i (Increment Specific Variable Cost for product- i) και $x(i)\%$, $y(i)\%$ είναι τα ποσοστά (κλείδες) επιμερισμού του μεριζόμενου (Joint Cost – JC) και κοινού κόστους (Common Cost – CC) αντίστοιχα.

2.3 Αρχικό έτος και διάρκεια μοντελοποίησης

Λαμβάνοντας υπόψη την εκπεφρασμένη εκτίμηση των παρόχων για ολοκλήρωση ενός μεγάλου τμήματος των επενδύσεων σε δίκτυα NGA στο τέλος του 2019 ορίζεται ως αρχικό έτος υλοποίησης του μοντέλου.

Επίσης, λαμβάνοντας υπόψη τις υπόλοιπες αρχές του μοντέλου για τον υπολογισμό του κόστους των υπηρεσιών πρόσβασης, η διάρκεια μοντελοποίησης τίθεται στα 10 έτη.

2.4 Μέθοδοι Αποσβέσεων και Αποτίμησης Περιουσιακών Στοιχείων

Δύο πολύ σημαντικές παράμετροι που σχετίζονται με τις κεφαλαιουχικές επενδύσεις (CAPEX) για την υπό εξέταση μοντελοποίηση είναι: (α) η μεθοδολογία αποτίμησης περιουσιακών στοιχείων, και (β) η μέθοδος αποσβέσεων που θα υιοθετηθεί.

Η αποτίμηση των περιουσιακών στοιχείων στο μοντέλο γίνεται βάσει της μεθόδου του τρέχοντος κόστους (Current Cost Accounting). Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο, τα πάγια περιουσιακά στοιχεία αποτιμώνται στην τρέχουσα τιμή αγοράς ή στην τιμή αντικατάστασης (μέθοδος Absolute Valuation & MEA). Η τρέχουσα τιμή είναι καλύτερος δείκτης της αποδοτικότητας των περιουσιακών στοιχείων. Ωστόσο σε περιπτώσεις όπου η τρέχουσα τιμή αγοράς ή αντικατάστασης δεν είναι διαθέσιμη, τότε χρησιμοποιούνται εκτιμήσεις ή δείκτες συγκριτικής τιμολόγησης. Ειδικά για τα τεχνικά έργα υποδομής, η αξία των επαναχρησιμοποιήσιμων παγίων (και της αντίστοιχης RAB) αποτιμάται βάσει της μεθόδου τιμαριθμοποίησης (μέθοδος indexation). Χρησιμοποιώντας τα στοιχεία του μητρώου παγίων του ΟΤΕ από τον τελευταίο κοστολογικό έλεγχο που διενεργήθηκε από την ΕΕΤΤ υπολογίζεται το ποσοστό αναπόσβεστης αξίας των τεχνικών έργων υποδομής. Το ποσοστό αυτό εφαρμόζεται επί της αρχικής αξίας που χρησιμοποιεί το μοντέλο για τα επαναχρησιμοποιούμενα πάγια. Σημειώνεται ότι σύμφωνα με τη Σύσταση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, τεχνικά έργα υποδομής θεωρούνται χαντάκια σωληνώσεις και στύλοι αλλά όχι τα μέσα μετάδοσης, δηλαδή τα χάλκινα καλώδια. Έχοντας υπολογίσει την αναπόσβεστη αξία των σχετικών παγίων, τα πάγια αυτά αποσβένονται όπως και τα υπόλοιπα στοιχεία του δικτύου, με χρήση όμως της υπολειπόμενης διάρκειας ζωής τους. Η υπολειπόμενη διάρκεια έχει υπολογιστεί βάσει της αναπόσβεστης αξίας των επαναχρησιμοποιούμενων παγίων, της αρχικής διάρκειας ζωής των αντίστοιχων «νέων» παγίων και της μεθόδου απόσβεσης του μοντέλου (tilted annuity). Επισημαίνεται ότι τα επαναχρησιμοποιούμενα πάγια, τα οποία αποσβένονται πλήρως, δεν αντικαθίστανται.

Ο υπολογισμός της απόσβεσης των παγίων περιουσιακών στοιχείων γίνεται βάσει της tilted annuity μεθόδου. Η εν λόγω μέθοδος βασίζεται στην flat annuity, αλλά λαμβάνει υπόψη τις μελλοντικές τάσεις σχετικά με την τιμή των παγίων περιουσιακών στοιχείων (cost trends of assets). Αν συμβολίζουμε με P την ετήσια μεταβολή του κόστους κτήσης

των παγίων, ο τρόπος υπολογισμού της tilted annuity δίνεται από την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$Tilted\ Annuity = Initial\ Investment * (1 + P)^{Current\ Year - 1} * \frac{WACC - P}{1 - (\frac{1 + P}{1 + WACC})^{lifetime}}$$

Από τα παραπάνω καθίσταται σαφές ότι όταν η τιμή των παγίων δεν παραμένει σταθερή διαχρονικά, το ετήσιο ποσό απόσβεσης ενός παγίου θα μεταβάλλεται. Η εν λόγω προσέγγιση οδηγεί στην πλήρη ανάκτηση της αρχικής επένδυσης και του κόστους κεφαλαίου, ενώ η αντικατάσταση των παγίων δεν οδηγεί σε σημαντικές μεταβολές στο ετήσιο ποσό απόσβεσης καθώς λαμβάνει υπόψη τη μεταβολή στο κόστος κτήσης τους.

2.5 Μεσοσταθμικό κόστος κεφαλαίου - WACC (Weighted Average Cost of Capital)

Μία πολύ σημαντική παράμετρος στο υπό εξέταση μοντέλο είναι το μέσο σταθμικό κόστος κεφαλαίου (Weighted Average Cost of Capital - WACC). Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, έχουν παρατηρηθεί διαφορετικές προσεγγίσεις που ακολουθούνται από το Κράτη-Μέλη της ΕΕ για τον προσδιορισμό του κόστους κεφαλαίου. Καθώς το εν λόγω κόστος επηρεάζει τις τιμές χονδρικής πρόσβασης στα παραδοσιακά δίκτυα χαλκού και δίκτυα υψηλών ταχυτήτων, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέδωσε σχετικό κείμενο αναφορικά με τον τρόπο προσδιορισμού του WACC προκειμένου να επιτύχει κάποια εναρμόνιση σε Ευρωπαϊκό επίπεδο.

Η ΕΕΤΤ ξεκίνησε τις σχετικές εργασίες και δημόσιες διαβουλεύσεις πριν την έκδοση του σχετικού κειμένου της ΕΕ και για τον υπολογισμό του μεσοσταθμικού κόστους κεφαλαίου (WACC) που απαιτείται τόσο στο τεχνοοικονομικό bottom-up μοντέλο LRIC+ για τον υπολογισμό των τιμών πρόσβασης σε δίκτυο χαλκού και σε δίκτυο NGA όσο και στην επικαιροποίηση του τεχνοοικονομικού μοντέλου bottom-up pure LRIC υπολογισμού τελών τερματισμού σε κινητά δίκτυα, θεώρησε σκόπιμο να προβεί στην υιοθέτηση μιας κοινής μεθοδολογίας.

Για τον καθορισμό του μεσοσταθμικού κόστους κεφαλαίου, η ΕΕΤΤ θα χρησιμοποιήσει την μεθοδολογία του Μοντέλου Αποτίμησης Περιουσιακών Στοιχείων (Capital Asset Pricing Model, CAPM).

Η ΕΕΤΤ, αρχικά, υπολόγισε το WACC nominal post-tax σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο:

$$WACC_{nominal\ post-tax} = R_e * \frac{E}{D + E} + R_d * \frac{D}{D + E} * (1 - t)$$

Στην συνέχεια, η ΕΕΤΤ υπολόγισε το WACC nominal pre-tax σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο:

$$WACC_{nominal\ pre-tax} = \frac{WACC_{nominal\ post-tax}}{1 - t}$$

Τέλος, ειδικά για την περίπτωση επικαιροποίησης του τεχνοοικονομικού μοντέλου bottom-up pure LRIC υπολογισμού τελών τερματισμού σε κινητά δίκτυα, η ΕΕΤΤ υπολόγισε το WACC real pre-tax σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο:

$$WACC_{real\ pre-tax} = \frac{1 + WACC_{nominal\ pre-tax}}{1 + inflation} - 1$$

όπου:

Rf: Χρησιμοποιήθηκε το επιτόκιο μηδενικού κινδύνου του 10ετούς ομολόγου του Ελληνικού δημοσίου από την Τράπεζα της Ελλάδος για την περίοδο Ιανουάριο 2019 – Δεκέμβριο 2019¹.

Rp: Χρησιμοποιήθηκε το ασφάλιστρο κινδύνου της αγοράς βάσει του μέσου όρου του αντίστοιχου ασφαλιστρού κινδύνου 32 χωρών της Ευρωπαϊκής αγοράς σταθερής τηλεφωνίας και αντίστοιχα 25 χωρών της Ευρωπαϊκής αγοράς κινητής τηλεφωνίας, σύμφωνα με την έκθεση του BEREC «Regulatory Accounting in Practice 2019 (including WACC chapter)»²

β: Ο συντελεστής β αφορά τη διακύμανση της απόδοσης της μετοχής ενός παρόχου σε σχέση με τη διακύμανση της απόδοσης της χρηματιστηριακής αγοράς συνολικά. Η ΕΕΤΤ βασίζεται στον Ευρωπαϊκό μέσο όρο του Equity beta του BEREC σύμφωνα με την έκθεση του BEREC «Regulatory Accounting in Practice 2019 (including WACC chapter)»³. Σύμφωνα με την εν λόγω μελέτη ο μέσος όρος του Equity beta για τη σταθερή και κινητή τηλεφωνίας είναι 0,85. Η ΕΕΤΤ θεωρεί εύλογη τη χρήση του εν λόγω Equity beta του BEREC δεδομένου ότι οι παράμετροι (D/E και tax rate) που απαιτούνται για τον υπολογισμό του equity beta της ΕΕΤΤ και των αντίστοιχων παραμέτρων του BEREC είναι της ίδιας τάξης μεγέθους.

Rd: Το κόστος δανειακών κεφαλαίων υπολογίστηκε λαμβάνοντας υπόψη την έκθεση του BEREC «Regulatory Accounting in Practice 2019 (including WACC chapter)»⁴ και ειδικότερα το σταθμισμένο (σταθερής και κινητής) μέσο όρο της διαφοράς Rf & cost of

¹ Μέσος όρος του επιτοκίου σε μηνιαία βάση

² https://berec.europa.eu/eng/document_register/subject_matter/berec/reports/8907-berec-report-regulatory-accounting-in-practice-2019-including-wacc-chapter

³ https://berec.europa.eu/eng/document_register/subject_matter/berec/reports/8907-berec-report-regulatory-accounting-in-practice-2019-including-wacc-chapter

⁴ https://berec.europa.eu/eng/document_register/subject_matter/berec/reports/8907-berec-report-regulatory-accounting-in-practice-2019-including-wacc-chapter

debt βάση της εν λόγω μελέτης που ανέρχεται σε 1,43%. Η εν λόγω διαφορά προστέθηκε στο ποσοστό R_f που αφορά την ελληνική αγορά προκείμενου να προκύψει το R_d .

Ε: Για τον υπολογισμό των Ιδίων Κεφαλαίων χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος έναρξης και λήξης Ιδίων Κεφαλαίων όπως απεικονίζεται στις οικονομικές καταστάσεις των εταιριών⁵ για το έτος 2018. Στην περίπτωση εισηγμένης εταιρίας στο Χ.Α., ο υπολογισμός ιδίων κεφαλαίων βασίστηκε στον αριθμό μετοχών επί την μέση τιμή της μετοχής.

Δ: Για τον υπολογισμό των δανειακών κεφαλαίων, χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος έναρξης και λήξης μακροχρόνιων δανειακών κεφαλαίων όπως απεικονίζεται στις οικονομικές καταστάσεις των εταιριών⁶ για το έτος 2018.

t: Χρησιμοποιήθηκε ο ονομαστικός συντελεστής φόρου ο οποίος ανέρχεται σε 24% για το έτος 2019.

Βάσει των ανωτέρω, οι σχετικές παράμετροι και το αποτέλεσμα του υπολογισμού του WACC παρουσιάζονται στο παρακάτω Πίνακα

Πίνακας 1: Παράμετροι Υπολογισμού WACC

Στοιχεία WACC	
R_f	2,59%
R_p	6,05%
β	0,85
R_e	7,73%
R_d	4,02%
$D / (D+E_{mv})$	27,41%
$E_{mv} / (D+E_{mv})$	72,59%
Tax	24%
WACC (nominal, pre-tax) για χρήση στο	8,48%

⁵ Στην περίπτωση της Vodafone έχει χρησιμοποιηθεί η Ετήσια Χρηματοοικονομική Έκθεση 2019 που αφορά το διάστημα 1/4/2018-31/3/2019.

⁶ Στην περίπτωση της Vodafone έχει χρησιμοποιηθεί η Ετήσια Χρηματοοικονομική Έκθεση 2019 που αφορά το διάστημα 1/4/2018-31/3/2019.

τεχνοοικονομικό bottom-up μοντέλο LRIC+ για τον υπολογισμό των τιμών πρόσβασης σε δίκτυο χαλκού και σε δίκτυο NGA	
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

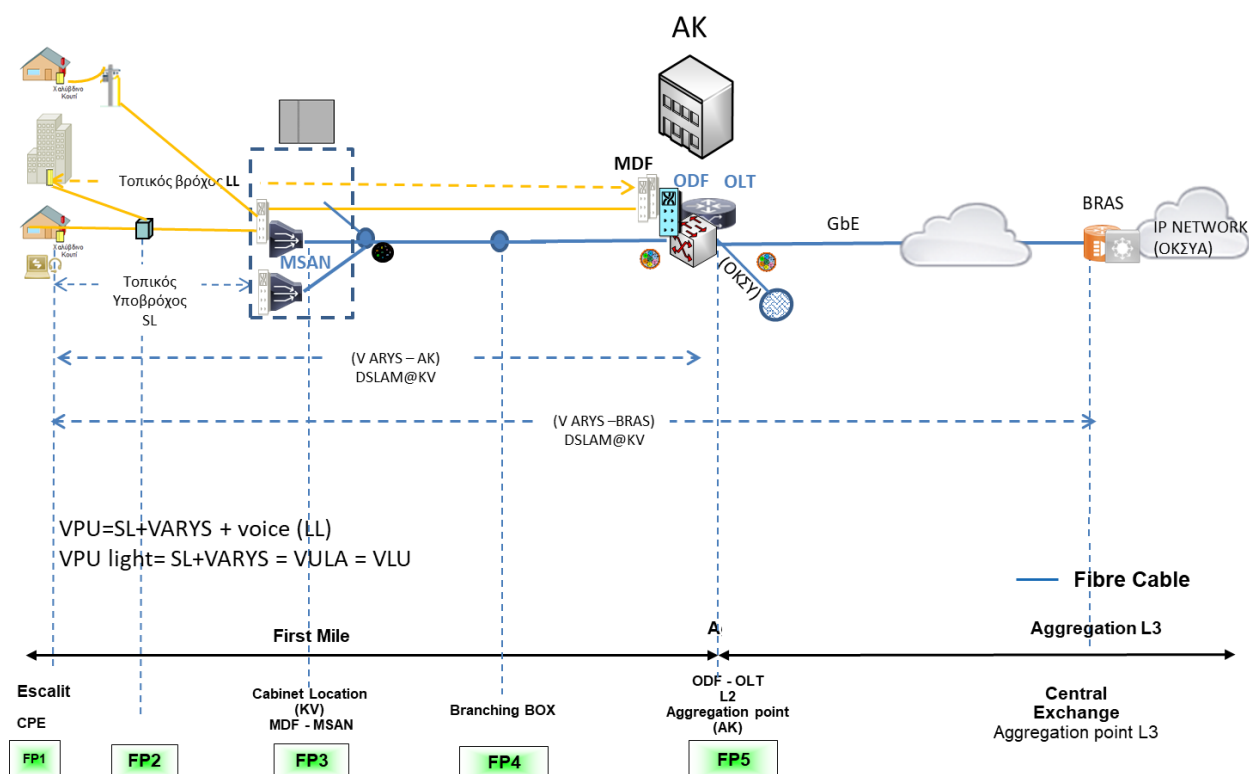
2.6 Υπηρεσίες

Οι υπηρεσίες (καθώς και τα αντίστοιχα τέλη) που παρέχονται μέσω του αποδοτικού NGA δικτύου είναι υπηρεσίες χονδρικών εικονικών προϊόντων με διακριτές τιμές ανάλογα με την αρχιτεκτονική δικτύου και τα σχετικά τέλη (π.χ. τέλη σύνδεσης/μετάβασης). Τα προϊόντα αυτά είναι τύπου VULA (Virtual Unbundled Local Access – Εικονική Αδεσμοποίητη Τοπική Πρόσβαση) και αποτελούν ουσιαστικά υπηρεσία bitstream, με συγκεκριμένα τεχνικά χαρακτηριστικά, ώστε η εικονική πρόσβαση που προσφέρουν να ισοδυναμεί με φυσική πρόσβαση στον βρόχο/υποβρόχο. Οι πάροχοι μπορούν να προσφέρουν υπηρεσίες λιανικής με τον ίδιο τρόπο όπως και στην περίπτωση του LLU/SLU χωρίς να απαιτείται επένδυση σε εξοπλισμό δικτύου πρόσβασης. Σημειώνεται ότι οι υπηρεσίες αυτές αναφέρονται και ως υπηρεσίες VLU (Virtual Loop Unbundled) και VPU light (Virtual Partially Unbundled light). Οι υπηρεσίες που μοντελοποιούνται εξαρτώνται από την αρχιτεκτονική των υποδομών (FTTC ή FTTH).

2.6.1 Υπηρεσίες τύπου VULA/FTTC ή VLU/FTTC ή VPU light/FTTC

Οι υπηρεσίες τύπου VULA/FTTC δίνουν τη δυνατότητα στον Πάροχο Υπηρεσίας (ΠΥ) να παρέχει στον Τελικό Χρήστη ευρυζωνικές συνδέσεις VDSL2 (vectored) μεταξύ του σημείου τερματισμού του ακραίου δικτύου χαλκού (εσκαλίτ) στο χώρο του Τελικού Χρήστη και του PoP του Παρόχου Πρόσβασης (ΠΠ) (Αποδοτικός πάροχος) στο οποίο συγκεντρώνεται η κίνηση των MSANs (όπου συνδέονται οι τελικοί χρήστες). Στο σημείο συγκέντρωσης ενδέχεται να παραδίδεται η κίνηση και από άλλα Αστικά κέντρα. Οι υπηρεσίες αυτές μπορεί ακόμη να παραδίδονται σε κόμβο BRAS του NGA δικτύου, στο οποίο δρομολογείται η κίνηση των MSAN της καμπίνας (KV), στην οποία συνδέεται ο τελικός χρήστης. Οι υπηρεσία φωνής σε όλες τις περιπτώσεις παρέχονται μέσω VOIP ενώ με την υπηρεσία τύπου VPU παρέχονται επιπλέον υπηρεσίες φωνής PSTN μέσω του υφιστάμενου χάλκινου δικτύου (LLU).

Σε κάθε περίπτωση σημεία οριοθέτησης της υπηρεσίας αποτελούν: προς το μέρος του τελικού χρήστη, το σημείο τερματισμού του ακραίου δικτύου χαλκού του Παρόχου SLU (εσκαλίτ) και προς τη μεριά του δικτύου, ο κόμβος συγκέντρωσης στο σχετικό PoP του Παρόχου Πρόσβασης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3. Η υπηρεσία VULA/FTTC μοντελοποιείται θεωρώντας ταχύτητες downstream: 24Mbps, 30 Mbps, 50 Mbps, 100 Mbps και 200 Mbps. Οι ταχύτητες upstream που παρέχονται έχουν τεθεί στο 10% των αντίστοιχων ταχυτήτων downstream.



Σχήμα 3: Μοντέλο NGA. Αρχιτεκτονική FTTC

Οι υπηρεσίες όπως μοντελοποιούνται στο τεχνοοικονομικό μοντέλο έχουν ονομαστεί βάσει της τεχνολογίας και του σημείου του δικτύου όπου παραδίδονται. Στον παρακάτω πίνακα δίδεται η αντιστοιχία με τις ονομασίες των ρυθμιζόμενων υπηρεσιών.

Πίνακας 2: Αντιστοιχία ονομασίας υπό ρύθμιση υπηρεσιών και μοντελοποιημένων υπηρεσιών FTTC

Υπηρεσίας μοντέλου	Ρυθμιζόμενης υπηρεσίες
FTTC Aggr	VLU FTTC
FTTC BRAS	VPU Light type B
FTTC Aggr + VPU Increment	VPU type C
FTTC BRAS + VPU Increment	VPU type B

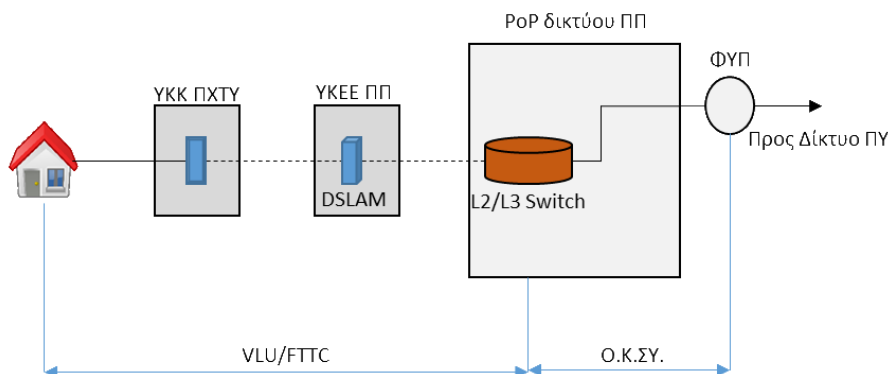
Επισημαίνεται ότι στις παραπάνω υπηρεσίες περιλαμβάνεται το κόστος του χάλκινου τοπικού υποβρόχου, όπως υπολογίζεται από το δίκτυο του FTTC. Το κόστος VPU increment αφορά την επιβάρυνση VPU για την παροχή υπηρεσίας φωνής από το δίκτυο χαλκού στο τμήμα μεταξύ καμπίνας και αστικού κέντρου. Το κόστος ανά γραμμή της εν λόγω επαύξησης υπολογίζεται στο δίκτυο χαλκού και συμπεριλαμβάνει τα κόστη συστημάτων (τιμολόγησης, διαθεσιμότητας, ΙΤ, κ.ά.), το κόστος του MDF και το κόστος των χάλκινων καλωδιώσεων ως επαναχρησιμοποιήσιμα πάγια.

2.6.2 Υπηρεσίες τύπου VLU/FTTH ή VPU/FTTH

Η υπηρεσία VLU/FTTH δίνει τη δυνατότητα στον ΠΥ να παρέχει στον Τελικό Χρήστη υψίρρυθμες ευρυζωνικές συνδέσεις μέσω του οπτικού δικτύου του ΠΠ. Σημεία οριοθέτησης της υπηρεσίας αποτελούν προς το μέρος του τελικού χρήστη, ο κατανεμητής οπτικών ινών, που αποτελεί το σημείο τερματισμού του οπτικού δικτύου του ΠΠ στο κτίριο του τελικού χρήστη του ΠΥ και προς τη μεριά του δικτύου, ο κόμβος συγκέντρωσης στο σχετικό PoP του ΠΠ. Παραστατικά αυτό φαίνεται στο Σχήμα 4. Το σημείο στο οποίο θα τερματίζεται το οπτικό δίκτυο πρόσβασης του ΠΠ, μπορεί να είναι είτε το σημείο εισόδου στο κτίριο (Building Entry Point-BEP) του τελικού χρήστη, είτε τα κουτιά ορόφου (floor boxes). Ο κόμβος συγκέντρωσης (Ethernet Aggregation) συγκεντρώνει κίνηση από έναν αριθμό κατοικιών μέσω ενός εκτεταμένου Δικτύου Οπτικών Ινών. Η σύνδεση μεταξύ του ενεργού εξοπλισμού κάθε κατοικίας και του κόμβου τερματισμού του οπτικού δικτύου (Optical Line Termination - OLT) γίνεται μέσω κατάλληλων οπτικών συνδέσεων. Εν συνεχεία κάθε κόμβος OLT συνδέεται μέσω επαρκών οπτικών διεπαφών με τον Κόμβο Συγκέντρωσης. Η υπηρεσία VULA/FTTH μοντελοποιείται σε ταχύτητες downstream 24 Mbps, 30 Mbps, 50 Mbps, 100 Mbps, 200 Mbps 300 Mbps, 500Mbps και 1Gbps. Οι

2.6.3 Υπηρεσία Ολοκληρωμένης Κεντρικής Σύνδεσης (Ο.Κ.ΣΥ.)

Η Υπηρεσία Ο.Κ.ΣΥ. αφορά την τοπική διασύνδεση, η οποία συγκεντρώνει την κίνηση των τελικών χρηστών ενός Τηλεπικοινωνιακού ΠΥ από ένα ή περισσότερα DSLAMs/OLTs (που ανήκουν στο συγκεκριμένο PoP) σε ένα «τοπικό» κύκλωμα. Αυτό «παραδίδεται» από τον ΠΠ στον ΠΥ μέσω οπτικής ίνας, σε φρεάτιο υποδοχής παρόχου (ΦΥΠ), που βρίσκεται έξω από το συγκεκριμένο PoP. Η υπηρεσία παρέχει τα φυσικά μέσα (optical transceivers, οπτικό καλώδιο) και πρωτόκολλα επικοινωνίας (Ethernet) ώστε να μεταφέρεται η κίνηση από/προς το Δίκτυο του ΠΠ (αποδοτικός πάροχος) προς/από το δίκτυο του ΠΥ με ταχύτητες έως 10Gbps. Στο μοντέλο θεωρείται ότι η υπηρεσία Ο.Κ.ΣΥ. παρέχεται μόνο σε τοπικό επίπεδο.



Σχήμα 5: Μοντελοποίηση Ο.Κ.ΣΥ. (Πηγή: ΕΕΤΤ⁷)

Η κοστολόγηση της υπηρεσίας Ο.Κ.ΣΥ. περιλαμβάνει το κόστος του εξοπλισμού του L2 switch με τις αντίστοιχες κάρτες και το φρεάτιο υποδοχής παρόχου με τη σχετική υποδομή και καλωδιώσεις που συμπεριλαμβάνονται σε αυτό.

2.6.4 Υπηρεσίες χονδρικής πρόσβασης σε αγωγούς και υπηρεσίες παροχής σκοτεινής ίνας

Για τη διασύνδεση του εξοπλισμού ενός παρόχου στην περιοχή μιας καμπίνας με τον εξοπλισμό του στην περιοχή του ΑΚ ο μοντελοποιημένος πάροχος παρέχει πρόσβαση σε σωλήνες/αγωγούς ή μικροσωλήνες (κατάληψη και χρήση σωλήνα). Οι παρεχόμενες σωληνώσεις θεωρούνται διαμέτρου Ø10 και θεωρείται από το μοντέλο ότι ανήκουν στη διαθέσιμη υποδομή σωλήνα/αγωγού Ø40. Το πλήθος των διαθέσιμων αγωγών προκύπτει από αναγωγή των διαθέσιμων αγωγών Ø40 σε ισοδύναμα πολλαπλάσια αγωγών Ø10. Ομοίως, η διαθέσιμη ελεύθερη υποδομή οπτικών ινών από τον Τοπικό

⁷ <https://www.eett.gr/opencms/export/sites/default/admin/downloads/Consultations/telecoms/VLU.pdf>
«Κείμενο τεκμηρίωσης του μοντέλου»

Κατανεμητή Μικτονόμησης KV έως το AK παρέχεται ως σκοτεινή ίνα (Dark Fiber) σε αυτό το τμήμα του δικτύου. Το κόστος αφορά τη δέσμευση και χρήση ενός ζεύγους σκοτεινών ινών λαμβάνοντας υπόψη από το μέσο πλήθος οπτικών ινών στο αντίστοιχο τμήμα του NGA δικτύου.

Το κόστος που επιμερίζεται στις εν λόγω υπηρεσίες αφορά το κόστος συστημάτων (τιμολόγησης, διαθεσιμότητας, IT κ.ά.), το κόστος υποδομών (χαντακίων συμπεριλαμβανομένων σωληνώσεων, φρεατίων κ.ά.) στο αντίστοιχο τμήμα δικτύου μαζί με τα σχετικά κόστη (τέλη διέλευσης). Επιπλέον, στην περίπτωση της υπηρεσίας σκοτεινών ινών αποδίδεται και το αντίστοιχο κόστος καλωδίων οπτικών ινών.

Το κόστος για τις δύο αυτές υπηρεσίες υπολογίζεται ανά τιμή απόστασης. Συγκεκριμένα ανά χιλιόμετρο για την υπηρεσία παροχής σκοτεινής ίνας και ανά μέτρο για την υπηρεσία πρόσβασης σε αγωγούς. Ως εκ τούτου, χρησιμοποιούνται κατάλληλοι υπολογισμοί για το μέσο μήκος οπτικών ινών και σωληνώσεων στο τμήμα του δικτύου από το αστικό κέντρο μέχρι την καμπίνα (Feeder segment).

2.6.5 Υπηρεσίες μισθωμένων γραμμών

Στο μοντέλο γίνεται υπολογισμός του μηνιαίου τέλους υπηρεσιών μισθωμένων γραμμών με δέσμευση πόρων του εξοπλισμού και των υποδομών βάσει ζήτησης. Η κοστολόγηση περιλαμβάνει τα τμήματα του δικτύου από το ακραίο δίκτυο (Drop segment) μέχρι και το αστικό κέντρο με τις αντίστοιχες υποδομές και εξοπλισμό (πλην του L2 Aggregation εξοπλισμού). Το κόστος των μισθωμένων γραμμών διαφοροποιείται ανά NGA τεχνολογία, δηλαδή FTTC/FTTH.

2.6.6 Υπηρεσίες Χαλκού - Υπηρεσίες A.PY.Σ./V-A.PY.Σ

Λαμβάνοντας υπόψη και τα αναφερόμενα στην παράγραφο 37 της Σύστασης, περιλαμβάνονται και υπηρεσίες που παρέχονται μέσω δικτύου χαλκού, δηλαδή Υπηρεσίες αδεσμοποίητης πρόσβασης στον τοπικό βρόχο και υποβρόχο και τέλη που σχετίζονται με αυτές (π.χ. τέλη σύνδεσης/μετάβασης), καθώς και υπηρεσίες που είναι δυνατόν να παρέχονται μέσω ενός δικτύου αποκλειστικά χαλκού (πχ υπηρεσίες A.PY.Σ./V-A.PY.Σ. BRAS από AK).

Σημειώνεται ότι οι υπηρεσίες A.PY.Σ./V-A.PY.Σ. μοντελοποιούνται με βάση το δίκτυο χαλκού και δεν συνυπάρχουν με το NGA δίκτυο. Αυτό σημαίνει ότι στο NGA σενάριο, όλοι οι χρήστες εξυπηρετούνται από τα FTTH/FTTC δίκτυα ανεξαρτήτως ταχύτητας υπηρεσίας. Συνεπώς δεν συνυπάρχει στα AK εξοπλισμός, που χρησιμοποιείται για τις δύο διαφορετικές προσεγγίσεις (δηλαδή NGA και αντικατάστασης).

Η κοστολόγηση των υπηρεσιών A.PY.Σ./V-A.PY.Σ περιλαμβάνει το αντίστοιχο κόστος υποδομών και εξοπλισμού (L2, L3 κ.ά) του αστικού κέντρου συμπεριλαμβανομένου εξοπλισμού για παροχή VDSL υπηρεσίας (unvectored), καθώς και του BRAS όπου παραδίδεται η υπηρεσία. Η ονομασία της υπηρεσίας στο τεχνοοικονομικό μοντέλο είναι

«xDSL» και αφορά τις υπηρεσίες A.PY.Σ./V-A.PY.Σ τύπου B, ενώ οι παρεχόμενες ταχύτητες είναι 24Mbps, 30Mbps και 50Mbps.

Για τα τέλη που συνδέονται με τις υπηρεσίες NGA και χαλκού (π.χ. τέλη σύνδεσης/μετάβασης), ο σχετικός υπολογισμός του κόστους γίνεται από ξεχωριστά τεχνοοικονομικά μοντέλα (ως εφάπαξ κόστη), λαμβάνοντας υπόψη κυρίως τις απαιτήσεις σε διαχειριστικές και τεχνικές εργασίες.

2.7 Κοστολόγηση Υπηρεσιών Χαλκού

Για την απαιτούμενη προσαρμογή του υπολογιζόμενου κόστους υπηρεσιών χαλκού, η Σύσταση 2013/466/ΕΕ προτείνει τις ακόλουθες μεθοδολογικές προσεγγίσεις:

- Υπολογισμός της διαφοράς κόστους μεταξύ ενός προϊόντος πρόσβασης που βασίζεται, για παράδειγμα, σε FTTC/FTTH και ενός προϊόντος πρόσβασης που βασίζεται αποκλειστικά στον χαλκό, αντικαθιστώντας τα οπτικά στοιχεία με κατάλληλα τιμολογημένα στοιχεία χαλκού, κατά περίπτωση, στο τεχνολογικό μοντέλο NGA.
- Υπολογισμός του κατά περίπτωση κόστους χαλκού καταρτίζοντας μοντέλο για ένα επικαλυπτικό δίκτυο NGA, όπου δύο παράλληλα δίκτυα (χαλκού και οπτικών ινών, είτε FTTH είτε FTTC) μοιράζονται σε έναν βαθμό την ίδια τεχνική υποδομή.

Το τεχνοοικονομικό μοντέλο βασίζεται στην πρώτη μεθοδολογική προσέγγιση από τις δύο που περιγράφονται στη παράγραφο 37 της Σύστασης 2013/466/ΕΕ για την κοστολόγηση των υπηρεσιών χαλκού.

Σχετικά με το ποσοστό επαναχρησιμοποίησης του υφιστάμενου δικτύου χαλκού για την παροχή NGA υπηρεσιών, η EETT σημειώνει ότι το εν λόγω ποσοστό διαφέρει σημαντικά μεταξύ FTTC και FTTH.

Ειδικότερα, ένας αποδοτικός πάροχος θα εκμεταλλευόταν στο μέγιστο δυνατό βαθμό το υφιστάμενο δίκτυο χαλκού για την υλοποίηση της αρχιτεκτονικής FTTC. Αυτό πρακτικά σημαίνει, ότι στο τμήμα του δικτύου που ενώνει την καμπίνα με τον τερματικό εξοπλισμό του χρήστη, το ποσοστό επαναχρησιμοποίησης των τεχνικών έργων υποδομής του χάλκινου δικτύου αγγίζει το 100% συμπεριλαμβανομένου του εναέριου δικτύου στις αγροτικές και ημιαστικές περιοχές. Αντίθετα, στο τμήμα του δικτύου ΑΚ – Καμπίνα (κύριο δίκτυο – Feeder) ο αποδοτικός πάροχος επαναχρησιμοποιεί εν μέρει τις υφιστάμενες τηλεπικοινωνιακές τεχνικές υποδομές σε ποσοστό της τάξης του 20%.

Σχετικά λεπτομερή στοιχεία από την ελληνική τηλεπικοινωνιακή αγορά παρόλο που ζητήθηκαν, δεν κατέστη δυνατόν να συλλεχθούν ώστε να γίνει καλύτερη εκτίμηση του παραπάνω ποσοστού. Όσον αφορά την Ευρωπαϊκή αγορά, τα σχετικά ποσοστά

επαναχρησιμοποίησης είναι υψηλότερα, αλλά δεν μπορεί να θεωρηθεί ρεαλιστικό να χρησιμοποιηθούν στην ελληνική πραγματικότητα.

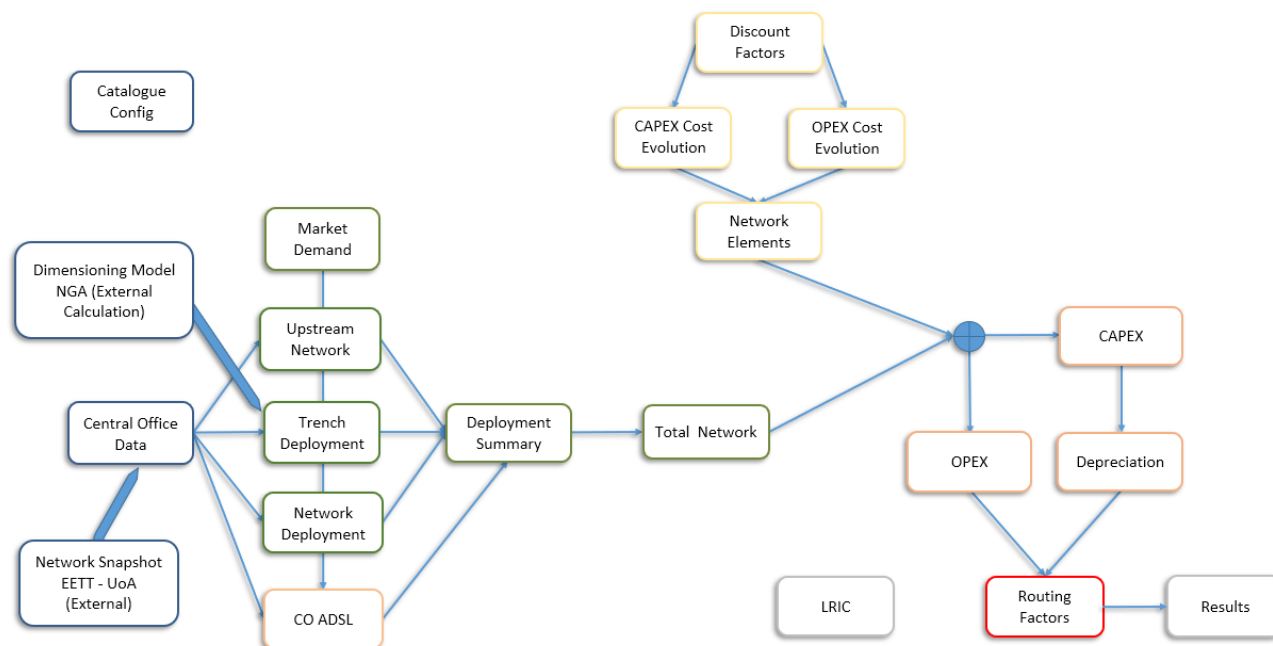
Για την υλοποίηση της αρχιτεκτονικής FTTH, ένας υποθετικά αποδοτικός πάροχος δημιουργεί νέες οδεύσεις για να ενώσει τις καμπίνες με τους τελικούς χρήστες. Ως εκ τούτου, το ποσοστό επαναχρησιμοποίησης των τεχνικών έργων υποδομής του τμήματος του δικτύου ΑΚ – Καμπίνα (κύριο δίκτυο – Feeder) είναι το ίδιο με αυτό της υλοποίησης FTTC (ήτοι 20% μεσοσταθμικά ως αρχική εκτίμηση), ενώ το ποσοστό επαναχρησιμοποίησης του τμήματος του δικτύου Καμπίνας – Χρήστη (δίκτυο διανομής και ακραίο – distribution και drop) είναι μηδενικό καθώς δημιουργούνται νέες οδεύσεις.

Σημειώνεται ότι το ποσοστό επαναχρησιμοποίησης μεταξύ FTTC και FTTH που προκύπτει από την παράλληλη μοντελοποίηση των δύο τεχνολογιών δεν λαμβάνεται ως δεδομένο, αλλά υπολογίζεται ενδογενώς από το μοντέλο διαστασιοποίησης.

Οι υπηρεσίες που κοστολογούνται στο δίκτυο χαλκού είναι η πρόσβαση στον Τοπικό Βρόχο (LLU), η πρόσβαση στον Τοπικό Υποβρόχο (SLU) και οι υπηρεσίες Α.ΠΥ.Σ./V-A.ΠΥ.Σ τύπου Β (xDSL) όπως αναφέρθηκε ανωτέρω.

3. Δομή μοντέλου και υλοποίηση

3.1 Γενική αρχιτεκτονική μοντέλου



Σχήμα 6: Γενική Αρχιτεκτονική Μοντέλου

Στο ανωτέρω σχήμα παρουσιάζεται η γενική αρχιτεκτονική του μοντέλου.

3.2 Εξωτερικά Αρχεία

Το κυρίως τεχνοοικονομικό μοντέλο (NGA 2019) δέχεται ως αρχεία εισόδου τα εξής: α) το αρχείο αποτελεσμάτων του μοντέλου διαστασιοποίησης (Dimensioning Model NGA) και β) το αρχείο αναθέσεων των καμπινών (Network Snapshot EETT - UoA).

Τα παραπάνω εξωτερικά αρχεία δουλεύουν συμπληρωματικά με το κυρίως μοντέλο. Το αρχείο Network Snapshot EETT – UoA υπολογίζει τα τελικά αποτελέσματα των αναθέσεων με βασική λειτουργία της διαδικασίας αυτής να αποτελεί η δυνατότητα δυναμικής διαμόρφωσης των υλοποιούμενων καμπινών σε περίπτωση όπου μη ανατεθειμένες καμπίνες συμμετάσχουν μελλοντικά σε προγράμματα επιδότησης (πχ στη δράση Ultra Fast Broadband - UFBB).

Οι καμπίνες, που επιδοτήθηκαν ήδη από το πρόγραμμα κρατικής ενίσχυσης «Ανάπτυξη Ευρυζωνικών Υποδομών σε Αγροτικές «Λευκές» περιοχές της Ελληνικής Επικράτειας και Υπηρεσίες Εκμετάλλευσης-Αξιοποίησης των Υποδομών» (έργο «Rural Broadband») ”

δεν περιλαμβάνονται στην μοντελοποίηση δικτύου NGA αλλά συμπεριλαμβάνονται στο μοντέλο αντικατάστασης για τον υπολογισμό SLU και LLU με κύρια χρήση εναέριας καλωδίωσης χαλκού πάνω σε στύλους.

Σημειώνεται ότι οι καμπίνες που δεν έχουν ανατεθεί με τη διαδικασία των αναθέσεων θεωρούνται οικονομικά βιώσιμες και υλοποιούνται με τεχνολογία VDSL Vectoring.

Τα αριθμητικά δεδομένα των καμπινών χρησιμοποιούνται και από το μοντέλο διαστασιοποίησης (αρχείο Dimensioning Model NGA), ώστε τυχόν αλλαγές στο μοντέλο να είναι συμβατές με το μοντέλο διαστασιοποίησης. Οι παραπάνω λειτουργίες περιγράφονται αναλυτικά στο εγχειρίδιο χρήσης ενώ οι βασικές λειτουργίες του μοντέλου αναλύονται παρακάτω.

Επισημαίνεται, ότι από το αρχείο διαστασιοποίησης εισάγονται είτε τα αποτελέσματα διαστασιοποίησης (χαντάκια και καλωδιώσεις) του NGA δικτύου (FTTC/FTTH) είτε τα αποτελέσματα διαστασιοποίησης του δικτύου χαλκού στα οποία συμπεριλαμβάνονται τα αποτελέσματα της αντικατάστασης με χαλκό των FTTC και FTTH περιοχών, καθώς και το συνολικό δίκτυο χαλκού συμπεριλαμβανομένων των επιδοτούμενων περιοχών.

3.3 Παράμετροι Μοντέλου

Για τη μοντελοποίηση του δικτύου χρησιμοποιείται πληθώρα παραμέτρων η οποία αφορά ζητήματα υλοποίησης, διαστασιοποίησης αλλά και μεθοδολογικής προσέγγισης. Οι παράμετροι παρουσιάζονται συνοπτικά στο φύλλο Catalogue_Config του βασικού αρχείου .xls NGA 2018. Το αρχικό έτος υλοποίησης (2019) και τα έτη υλοποίησης (10 έτη) συμμορφώνονται με τα συμπεράσματα της Δημόσιας Διαβούλευσης της Μεθοδολογίας του μοντέλου.

Τα δομικά στοιχεία του δικτύου καθώς και οι κατηγορίες τους προέκυψαν με βάση τις απαντήσεις που λήφθηκαν από τους παρόχους στην πρώτη φάση του έργου, όταν κλήθηκαν να απαντήσουν σε σειρά ερωτήσεων σχετικά με την υλοποίηση των δικτύων τους. Στις περιπτώσεις που δεν παρουσιάζονται αναλυτικά στοιχεία (π.χ. για τις κάρτες των OLT, τις Passive Cabinets) αυτό οφείλεται στο ότι δεν περιέχονται στις απαντήσεις των παρόχων στο ερωτηματολόγιο.

Έχουν ακολουθηθεί, αλλά δεν επηρεάζουν τελικώς τα αποτελέσματα του μοντέλου, οι τεχνικές οδηγίες που αφορούν την εγκαταστημένη χωρητικότητα⁸ της καμπίνας. Αυτό συμβαίνει διότι ακολουθώντας την προσέγγιση της αντικατάστασης για την κοστολόγηση των υπηρεσιών χαλκού, δεν υλοποιείται μετάβαση (migration) από τον χαλκό στο NGA, αλλά υιοθετείται η προσέγγιση ότι σε κάθε σενάριο συμμετέχουν όλοι οι συνδρομητές στο αντίστοιχο δίκτυο. Έτσι, στο NGA δίκτυο οι συνδρομητές έως 24 Mbps εξυπηρετούνται

⁸ Τεχνικές προδιαγραφές και ελάχιστα χαρακτηριστικά του χονδρικού προϊόντος Εικονικής Τοπικής Αδεσμοποίησης Πρόσβασης (Virtual Local Unbundling – VLU), ΑΠ 859/6

μέσω των καρτών vectoring και οι κάρτες «γεμίζουν» από τον πρώτο χρόνο με αποτέλεσμα να μειώνεται ο αντίκτυπος του κανονισμού σταδιακής τοποθέτησης των καρτών vectoring. Η ίδια λογική υιοθετείται και στο σενάριο χαλκού, όπου όλοι οι συνδρομητές εξυπηρετούνται από το Αστικό Κέντρο από unvectored VDSL κάρτες.

Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά των δομικών δικτυακών στοιχείων, χρησιμοποιούνται παράμετροι που προέκυψαν από τα στοιχεία των παρόχων.

Για το FTTC Δίκτυο χρησιμοποιούνται MSAN μέσης χωρητικότητας σε συνδρομητές και με υψηλή χωρητικότητα οπισθόζευξης (backhauling) ακολουθώντας μια forward looking προσέγγιση για την κάλυψη των αναγκών των συνδρομητών. Στις καμπίνες είναι δυνατόν να εγκατασταθούν μέχρι δύο (2) MSAN τέτοιου τύπου επιτρέποντας χαμηλότερο κόστος σε πιο αραιοκατοικημένες περιοχές.

Στο σενάριο της αντικατάστασης και στην κοστολόγηση χαλκού, χρησιμοποιούνται μεγαλύτερα MSAN, καθώς όλοι οι συνδρομητές εξυπηρετούνται από το Αστικό Κέντρο μειώνοντας τις απαιτήσεις που ισχύουν όπως αναφέρθηκε για το FTTC.

Στην υλοποίηση δικτύου FTTH χρησιμοποιείται splitting ratio 1:32 το οποίο είναι σύμφωνο με τις υλοποιήσεις των παρόχων στον Ελλαδικό χώρο.

Για τα υπόλοιπα δομικά στοιχεία του δικτύου συγκέντρωσης (aggregation) και κορμού (core) χρησιμοποιείται ανάλογη λογική επιλέγοντας χωρητικότητες που εξασφαλίζουν αποδοτικότητα κόστους για τον αποδοτικό πάροχο. Επιπλέον, προβλέπεται παράμετρος μέγιστης χρήσης (maximum usage/utilization) της ονομαστικής χωρητικότητας του ενεργού εξοπλισμού του δικτύου κορμού.

Όσον αφορά τα ποσοστά επαναχρησιμοποίησης των τεχνικών έργων υποδομής του υφισταμένου δικτύου χαλκού χρησιμοποιούνται τα ποσοστά που προαναφέρθηκαν στην παράγραφο 2.7 Κοστολόγηση Υπηρεσιών Χαλκού. Για τα ποσοστά επαναχρησιμοποίησης των χαντακίων του δικτύου κορμού από το δίκτυο πρόσβασης έχουν χρησιμοποιηθεί τα αποτελέσματα όπως αυτά προέκυψαν από το μοντέλο διαστασιοποίησης. Επιπλέον, παρέχεται παράμετρος για τον επιμερισμό του αντίστοιχου κόστους στα κοινά τμήματα μεταξύ πρόσβασης και κορμού. Η παράμετρος αυτή έχει τεθεί ίση με 50% λόγω ελλείψεως στοιχείων που θα δικαιολογούσαν τη μη ισότιμη κατανομή του κόστους αυτού.

Τα ποσοστά της εναέριας υλοποίησης χαλκού σε αγροτικές και ημιαστικές περιοχές έχουν προκύψει από εκτίμηση της EETT δεδομένης της εκτεταμένης εναέριας υλοποίησης στις εν λόγω περιοχές,

Το ποσοστό που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των γενικών εξόδων που δεν συνδέονται με αμιγώς δικτυακά στοιχεία (Overheads) υπολογίζεται χρησιμοποιώντας παράλληλα τα δεδομένα των παρόχων από το ερωτηματολόγιο, τον πρόσφατο

κοστολογικό έλεγχο του ΟΤΕ, καθώς και με συγκριτική αξιολόγηση (benchmarking) άλλων BU-LRIC+ μοντέλων.

Επιπρόσθετα, στις παραμέτρους εισόδου συμπεριλαμβάνεται το WACC (nominal pre-tax), το ποσοστό ζήτησης χονδρικής (επί των συνολικών ενεργών συνδέσεων) υπηρεσιών που παραδίδονται στο BRAS, καθώς και παράμετροι που αφορούν το κόστος παγίων. Συγκεκριμένα, παρέχονται παράμετροι που διαφοροποιούν το κόστος υλοποίησης χαντακίων ανά τύπο αστικότητας της περιοχής (geotype) και παράμετροι που καθορίζουν το ποσοστό της αναπόσβεστης αξίας (επί της αρχικής αξίας των αντίστοιχων μη επαναχρησιμοποιήσιμων) για τα επαναχρησιμοποιήσιμα πάγια. Επισημαίνεται ότι τα ποσοστά αυτά έχουν υπολογιστεί βάσει των αρχών που έχουν περιγραφεί στην ενότητα 2.4.

3.4 Υλοποιούμενο Σενάριο Δικτύου

Το μοντέλο υλοποιεί 2 βασικά δικτυακά σενάρια όπως αυτά διατυπώθηκαν στην Δημόσια Διαβούλευση Μεθοδολογίας.

3.4.1 Σενάριο 1: Υλοποίηση δικτύου NGA

Υλοποιούμενες Καμπίνες

Ο αποδοτικός πάροχος υλοποιεί δίκτυο με το σύνολο των καμπινών όπως αυτές προέκυψαν από τις αναθέσεις (με την αντίστοιχη τεχνολογία ανάθεσης) καθώς και το σύνολο των μη ανατεθειμένων καμπινών (με τεχνολογία VDSL vectoring). Από την υλοποίηση εξαιρούνται όλες οι επιδοτημένες καμπίνες, ενώ δίνεται η δυνατότητα να εξαιρεθούν μελλοντικά όσες καμπίνες εισαχθούν σε επιδοτούμενα για ανάπτυξη υποδομής προγράμματα (π.χ. UFBB).

Επαναχρησιμοποίηση τεχνικών έργων υποδομής υφιστάμενου χάλκινου δικτύου

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται τα ποσοστά επαναχρησιμοποίησης και τα αντίστοιχα ποσοστά αναπόσβεστης αξίας (residual value, % of gross value) για τα δίκτυα FTTC/FTTH του σεναρίου NGA.

Πίνακας 4: Παράμετροι Διαστασιοποίησης Σενάριο NGA

Scenario NGA			Network Segment															
			Feeder				Distribution						Drop					
			Trench/Duct		Cables		Trench/Duct		Cables		Poles		Trench/Duct		Cables		Poles	
			%	% of gross value	%	% of gross value	%	% of gross value	%	% of gross value	%	% of gross value	%	% of gross value	%	% of gross value	%	% of gross value
Architecture	FTTC	Rebuild	80%	100%	100%	100%	0%	0%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	0%	0%
		Reuse	20%	16.34%	0%	0%	100%	16.34%	0%	0%	100%	14.14%	100%	16.34%	0%	0%	100%	14.14%
	FTTH	Rebuild	80%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
		Reuse	20%	16.34%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Σχετικά με τα υφιστάμενα καλώδια χαλκού και την παράγραφο (34) του προοιμίου της Σύστασης της Ευρωπαϊκής Επιτροπής σημειώνονται τα ακόλουθα:

«Σε αντίθεση με στοιχεία ενεργητικού όπως ο τεχνικός εξοπλισμός και το μέσο μετάδοσης (για παράδειγμα, οπτικές ίνες), τα στοιχεία ενεργητικού που αφορούν τεχνικά έργα υποδομής (για παράδειγμα, αγωγοί, τάφροι και ιστοί) είναι στοιχεία που είναι απίθανο να αναπαραχθούν. Οι τεχνολογικές αλλαγές, το επίπεδο του ανταγωνισμού και η ζήτηση λιανικής δεν αναμένεται να επιτρέψουν σε εναλλακτικούς φορείς εκμετάλλευσης να προχωρήσουν σε παράλληλα τεχνικά έργα υποδομής, τουλάχιστον όπου τα προϋπάρχοντα στοιχεία ενεργητικού που αφορούν τεχνικά έργα υποδομής μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη ενός δικτύου NGA.»

Συνεπώς διαχωρίζονται τα μέσα μετάδοσης (καλώδια) από τα τεχνικά έργα υποδομής (τάφροι, σωληνώσεις και στύλοι) για τα οποία συνίσταται η προσέγγιση επαναχρησιμοποίησης στον μεγαλύτερο δυνατό βαθμό. Ακολουθώντας αυτή την σύσταση, τα καλώδια χαλκού τοποθετούνται στο δίκτυο μαζί με τα υπόλοιπα ως νέα δικτυακά στοιχεία.

Αριθμός Συνδρομητών

Οι συνδρομητές του δικτύου είναι το σύνολο των εξυπηρετούντων από τις καμπίνες που συμμετέχουν στην NGA υλοποίηση, δηλαδή, όλοι οι συνδρομητές που δεν υπάγονται σε επιδοτούμενες περιοχές, εξαιρουμένων των single play συνδρομητών. Για το σύνολο των συνδρομητών προβλέπεται χαμηλή γραμμική μείωση (0.5%) κατ' έτος που αντιπροσωπεύει τη μετάβαση σε άλλα δίκτυα (π.χ. κινητής) καθώς και τη γήρανση και μείωση του πληθυσμού λόγω υπογεννητικότητας, που αναμένεται μεσοπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα να συμβάλουν στην μείωση των ενεργών συνδέσεων.

3.4.2 Σενάριο 2: Υλοποίηση δικτύου χαλκού με αντικατάσταση οπτικών στοιχείων με στοιχεία χαλκού

Υλοποιούμενες Καμπίνες

Στο σενάριο αυτό:

A) γίνεται αντικατάσταση σε όσες καμπίνες συμμετέχουν στην NGA υλοποίηση του Σεναρίου 1.

B) Συμπεριλαμβάνονται και οι επιδοτούμενες περιοχές και υπολογίζεται το επιπρόσθετο κόστος που προκύπτει στις υπηρεσίες χαλκού όπως προβλέπει η Δημόσια Διαβούλευση.

Επαναχρησιμοποίηση τεχνικών έργων υποδομής υφιστάμενου χάλκινου δικτύου

Όσον αφορά την επαναχρησιμοποίηση έργων υποδομής υλοποιούνται οι παρακάτω περιπτώσεις:

- Χρησιμοποιούνται τα ποσοστά επαναχρησιμοποίησης τεχνικών έργων υποδομής που υιοθετήθηκαν στο μοντέλο του NGA δικτύου ανωτέρω.
- Σε καμπίνες που εντάσσονται σε επιδοτούμενες περιοχές, θεωρούνται επαναχρησιμοποιήσιμα πάγια τόσο τα τεχνικά έργα υποδομής όσο και τα χάλκινα καλώδια

Οι παράμετροι μοντελοποίησης συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα

Πίνακας 5: Παράμετροι Διαστασιοποίησης Σενάριο Χαλκού

Scenario COPPER			Network Segment															
			Feeder				Distribution						Drop					
			Trench/Duct		Cables		Trench/Duct		Cables		Poles		Trench/Duct		Cables		Poles	
			%	% of gross value	%	% of gross value	%	% of gross value	%	% of gross value	%	% of gross value	%	% of gross value	%	% of gross value	%	% of gross value
Architecture	FTTC	Rebuild	80%	100%	100%	100%	0%	0%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	0%	0%
		Reuse	20%	16.34%	0%	0%	100%	16.34%	0%	0%	100%	14.14%	100%	16.34%	0%	0%	100%	14.14%
	FTTH	Rebuild	80%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
		Reuse	20%	16.34%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Αριθμός Συνδρομητών

Με την αντικατάσταση των οπτικών στοιχείων, το σύνολο των συνδρομητών του NGA δικτύου μεταφέρεται στο δίκτυο χαλκού. Επιπλέον, λαμβάνονται υπόψη και οι συνδρομητές single play και οι συνδρομητές των επιδοτούμενων περιοχών. Με αυτή την προσέγγιση απλοποιείται η μοντελοποίηση διότι πλέον δεν είναι αναγκαίο να υλοποιηθεί η μετάβαση από το δίκτυο χαλκού στο δίκτυο NGA. Αυτή η προσέγγιση είναι εναρμονισμένη με τη Σύσταση (παρ. 39 του προοιμίου) σύμφωνα με την οποία:

«Η μοντελοποίηση ενός ενιαίου αποδοτικού δικτύου NGA για προϊόντα πρόσβασης σε δίκτυο χαλκού και NGA αντισταθμίζει το πληθωριστικό αποτέλεσμα όγκου που προκύπτει κατά τη μοντελοποίηση ενός δικτύου χαλκού, σε περίπτωση που το κόστος σταθερού δικτύου κατανεμηθεί σε μειούμενο αριθμό ενεργών γραμμών χαλκού.»

Κατά αντιστοιχία με το Σενάριο 1 και στο Σενάριο 2 οι συνολικοί συνδρομητές μειώνονται με τον ίδιο ρυθμό.

3.5 Επιμερισμός Δικτύου Κορμού

Εν γένει, το Δίκτυο Κορμού δεν αποτελεί μέρος της βασικής μοντελοποίησης, αλλά υλοποιείται τμήμα αυτού με στόχο την κοστολόγηση υπηρεσιών οι οποίες παραδίδονται στο BRAS/BNG. Υλοποιείται με αγορά δικτυακών στοιχείων κορμού που αναλογούν στις γραμμές οι οποίες παραδίδονται μετά το Σημείο Συγκέντρωσης (Layer 2 Aggregation) και στους υπολογισμούς περιλαμβάνονται μόνο αυτές. Ως εκ τούτου, στο NGA Σενάριο οι συνδρομητές δεν επιβαρύνουν το δίκτυο κορμού και οι συνδρομητές του FTTC και FTTH στο BRAS επιμερίζονται το σύνολο του κόστους του μοντελοποιημένου τμήματος του κορμού. Το ποσοστό των γραμμών που παραδίδονται στο BRAS ελέγχεται από την αντίστοιχη παράμετρο στο φύλλο εργασίας Catalogue_Config. Το ποσοστό αυτό έχει τεθεί σε 5% σύμφωνα με τα δεδομένα που διατέθηκαν στην EETT από τους παρόχους στα ερωτηματολόγια.

Επιπρόσθετα, το δικτυακά στοιχεία του δικτύου κορμού τα οποία έχουν ως βασικό παράγοντα διαστασιοποίησης την κίνηση στο δίκτυο, χρησιμοποιήθηκαν εκτιμήσεις πραγματικών ταχυτήτων χρησιμοποιώντας τη μέση ετήσια κίνηση δεδομένων των συνδρομητών σταθερών δικτύων όπως αυτή καταγράφεται στις ετήσιες μελέτες της EETT. Από τη μέση κίνηση προέκυψαν τα προφίλ κίνησης ανά συνδρομητή την ώρα αιχμής θεωρώντας 7 ενεργές ημέρες και 12 ώρες αιχμής ανά ημέρα (υπολογισμός που υλοποιείται και σε άλλα Ευρωπαϊκά μοντέλα). Η διαφοροποίηση ανά ταχύτητα υπολογίστηκε βάσει των στοιχείων που διέθεσαν οι πάροχοι στην EETT στις απαντήσεις των ερωτηματολογίων όσον αφορά τη μέση κίνηση συνδρομητή ανά τεχνολογία/ταχύτητα την ώρα αιχμής. Επισημαίνεται, ότι η κίνηση των συνδρομητών υπηρεσιών 1Gbps θεωρήθηκε ανάλογη των υπολοίπων ευρωπαϊκών συνδρομητών που κάνουν χρήση υπηρεσιών 1Gbps, λόγω ελλείψεως αξιόπιστου δείγματος δεδομένων για τις

συγκεκριμένες υπηρεσίες. Για τις ενδιάμεσες ταχύτητες χρησιμοποιήθηκαν κατάλληλες μέθοδοι παρεμβολής.

3.6 Επαναχρησιμοποίηση τεχνικών έργων υποδομής

Πέραν της παραμετροποιημένης επαναχρησιμοποίησης των τεχνικών έργων υποδομής του υφιστάμενου δικτύου χαλκού, υπολογίζεται ενδογενώς από το Dimensioning Model NGA η επιπρόσθετη επαναχρησιμοποίηση μεταξύ των δικτύων που υλοποιούνται και χωρίζεται σε δύο κατηγορίες.

Επαναχρησιμοποίηση από διαφορετικό τμήμα του δικτύου

Αναφέρεται στην επαναχρησιμοποίηση χαντακιών μεταξύ τμημάτων του ίδιου τύπου δικτύου (πχ FTTH). Αυτά υπολογίζονται είτε, στην περίπτωση του δικτύου FTTH, μεταξύ του κυρίως δικτύου του FTTH (Feeder FTTH) και του αντίστοιχου δικτύου διανομής (FTTH Distribution) είτε, στην περίπτωση του δικτύου χαλκού, μεταξύ του κυρίως δικτύου χαλκού (Copper Feeder) και του αντίστοιχου διανομής (Copper Distribution). Ο λόγος που δεν υπολογίζεται τέτοιου τύπου επαναχρησιμοποίηση για το FTTC είναι ότι το δίκτυο διανομής (Distribution) επαναχρησιμοποιείται 100% από το υφιστάμενο δίκτυο χαλκού, ενώ το κομμάτι που επαναχρησιμοποιείται στο κύριο δίκτυο (Feeder τμήμα) όπως αναφέρθηκε είναι 20%.

Το κομμάτι επαναχρησιμοποίησης αφαιρείται από το Distribution τμήμα του δικτύου αφού «φιλοξενείται» ουσιαστικά από το Feeder τμήμα. Επαναχρησιμοποίηση από Διαφορετικό Δίκτυο

Αναφέρεται στην επαναχρησιμοποίηση χαντακιών μεταξύ διαφορετικών δικτύων. Υπολογίζονται μεταξύ FTTH Feeder και FTTC Feeder, και αφορούν κυρίως κοινά χαντάκια τα οποία υπολογίζονται ενδογενώς από το μοντέλο διαστασιοποίησης. Τα χαντάκια αυτά αποδίδονται ισότιμα μεταξύ των δικτύων FTTC και FTTH (ποσοστό 50%).

Στο σενάριο χαλκού δεν εντοπίζεται επαναχρησιμοποίηση με άλλο δίκτυο διότι δεν υλοποιούνται επάλληλα δίκτυα.

Τέλος, υπολογίζεται ενδογενώς από το μοντέλο διαστασιοποίησης επαναχρησιμοποίηση χαντακιών μεταξύ του τμήματος feeder, τόσο για το δίκτυο χαλκού όσο και το NGA, με το δίκτυο κορμού. Τα κοινά αυτά χαντάκια αποδίδονται ισότιμα στα δύο τμήματα, δηλαδή με ποσοστό 50%.

3.7 Building Entry Point & Floor Box

Για την υλοποίηση του δικτύου FTTH το κυρίως μοντέλο, όπως αναφέρεται στις Αρχές Μεθοδολογίας, υπολογίζει κόστη μέχρι και το Building Entry Point. Το κόστος της υπηρεσίας μέχρι το Floor Box υπολογίζεται ως επιπρόσθετο κόστος.

Βασικές παραδοχές για τους υπολογισμούς αυτούς είναι ότι το BEP εγκαθίσταται σε κάθε οικία, δηλαδή μονοκατοικίες (SDU – Single Dwelling Unit) και πολυκατοικίες (MDU – Multi Dwelling Unit) στην οποία κατοικούν ενεργοί χρήστες, ενώ στην περίπτωση του Floor Box, τα οποία εγκαθίστανται μόνο σε πολυκατοικίες (MDU), θεωρείται ότι το BEP βρίσκεται στο επίπεδο 0 ή -1 και η τοποθέτηση Floor Box ξεκινά από το επίπεδο +1 του κτιρίου. Οι χρήστες ουσιαστικά κατανέμονται με ομοιομορφία στα σχετικά κτίρια και ορόφους. Το κόστος που προκύπτει από την υλοποίηση του Floor Box επιμερίζεται στους συνδρομητές FTTH οι οποίοι κατοικούν σε MDU.

Ο υπολογισμός των MDUs βασίζεται στη προσέγγιση της ομοιόμορφης κατανομής. Επομένως, το πλήθος των ενεργών/συνδεδεμένων MDUs είναι ίσο με το συνολικό πλήθος των MDUs μια περιοχής FTTH εκτός αν

Ποσοστό ενεργών γραμμών x Κατοικίες ανά πολυκατοικία < 1

Οπότε το πλήθος των ενεργών/συνδεδεμένων MDUs υπολογίζεται αντίστοιχα με των SDUs ως εξής:

Ενεργά MDUs = Ποσοστό ενεργών γραμμών x Κατοικίες ανά πολυκατοικία x Πλήθος MDUs

όπου

Ποσοστό ενεργών γραμμών = ενεργές γραμμές / πλήθος κατοικιών

Για παράδειγμα σε μία περιοχή με πολυκατοικίες με μέσο όρο 4 κατοικίες/διαμερίσματα το πλήθος των συνδεδεμένων πολυκατοικιών είναι μικρότερο του συνόλου των πολυκατοικιών μόνο στην περίπτωση που το ποσοστό ενεργών γραμμών είναι μικρότερο του 25% του συνόλου των κατοικιών.

Τα Floor Box εγκαθίστανται στη πολυκατοικία με την πρώτη συνδρομή FTTH εντός αυτής (ενεργό MDU) σύμφωνα με το υπάρχον ρυθμιστικό πλαίσιο. Το κόστος του εξοπλισμού αυτού επιμερίζεται μεταξύ των FTTH συνδρομητών.

3.8 Routing Factors & Υπολογισμός Τιμών

Οι παράμετροι Routing Factors αποτελούν το τελευταίο βήμα παραμετροποίησης του μοντέλου επιτρέποντας τον επιμερισμό κόστους δικτυακών στοιχείων στις υπάρχουσες υπηρεσίες.

Η διαδικασία επιμερισμού κόστους ακολουθεί 2 υπολογιστικά βήματα. Αρχικά η αναγνώριση των πόρων του δικτύου που συμμετέχουν στην υλοποίηση μιας γενικής κατηγορίας υπηρεσίας (π.χ. FTTC, FTTH) και στη συνέχεια ο επιμερισμός του συνολικού κόστους ανά ταχύτητα. Επομένως, αν κάποιο στοιχείο i συμμετέχει στην FTTC μοντελοποίηση, για το αντίστοιχο Routing Factor (RF) θα ισχύει $FTTC_RF_i = (0,1] \in \mathbb{R}$

ενώ αν δεν συμμετέχει καθόλου ισχύει $FTTC_RF_i = 0$. Στη συνέχεια το κόστος επιμερίζεται στις επιμέρους υπηρεσίες (π.χ. FTTC 30, FTTC 200) βάσει πλήθους συνδρομητών (Line) ή χωρητικότητας (Capacity) υπηρεσίας ανάλογα το στοιχείο δικτύου.

Ο επιμερισμός υπολογίζεται με χρήση βαρών για τις δύο περιπτώσεις ανά δικτυακό στοιχείο, δηλαδή Line και Capacity. Τα βάρη γραμμών (Line Weights) αποτελούν το ποσοστό συνδρομητών της υποκατηγορίας της υπηρεσίας π.χ. *Ενεργοί_Συνδρομητές_FTTC30/Ενεργοί_Συνδρομητές_FTTC* και κατανέμουν το κόστος βάσει της ζήτησης ανά ταχύτητα. Τα βάρη χωρητικότητας βασίζονται τόσο στα ποσοστά ζήτησης ανά ταχύτητα όσο και σε βαθμίδες/πολλαπλασιαστές τιμολόγησης (pricing gradients). Οι πολλαπλασιαστές αυτοί προέκυψαν βάσει των στοιχείων που διέθεσαν οι πάροχοι στην EETT στις απαντήσεις των ερωτηματολογίων και αντιπροσωπεύουν τη διαφοροποίηση στη μέγιστη κίνηση συνδρομητή ανά τεχνολογία/ταχύτητα την ώρα αιχμής (Peak Busy Hour Traffic). Για τους πολλαπλασιαστές ταχυτήτων για τις οποίες οι πάροχοι δεν διέθεσαν στοιχεία κίνησης, χρησιμοποιήθηκαν κατάλληλες μέθοδοι παρεμβολής.

Στην περίπτωση διαφοροποίησης του κόστους ανά ταχύτητα για την υπηρεσία Ο.Κ.ΣΥ (Aggregation), οι βαθμίδες τιμολόγησης έχουν υπολογιστεί βάσει των τρεχουσών αναλογιών τιμών χονδρικής της υπηρεσίας ανά ταχύτητα, οι οποίες έχουν προκύψει τόσο βάσει της ονομαστικής χωρητικότητας όσο και της ζήτησης ανά ταχύτητα. Οι βαθμίδες αυτές αφορούν μόνο το κόστος που σχετίζεται με τις με τον ενεργό εξοπλισμό που κοστολογείται βάσει χωρητικότητας.

Για τους υπολογισμούς του κόστους ανά ταχύτητα λαμβάνοντας υπόψη τις ετήσιες αλλαγές στην κίνηση του δικτύου για τις υπηρεσίες VLU FTTC/FTTH που παραδίδονται στο Layer 2, έχει χρησιμοποιηθεί ένας πίνακας με όνομα «Aggregation Flag».

Έπειτα από τον επιμερισμό του κόστους ανά υπηρεσία και χωρητικότητα, τα συνολικά ποσά διαιρούνται με τους συνδρομητές που συμμετέχουν στην εν λόγω υπηρεσία. Απλούστερα, μόνο οι FTTH συνδρομητές επιβαρύνονται την παθητική καμπύλη FTTH και μόνο οι FTTC συνδρομητές την ενεργητική FTTC καμπύλη, ενώ στην περίπτωση όπου ένα στοιχείο χρησιμοποιείται και από τα δύο επάλληλα δίκτυα NGA οι εκάστοτε συνδρομητές επιβαρύνονται ποσό αντίστοιχο της χρήσης του στοιχείου από κάθε τεχνολογία δικτύου.

Από τα ανωτέρω συμπεραίνεται, ότι για στοιχεία δικτύου που το κόστος τους επιμερίζεται βάσει αριθμού συνδρομητών (Line), μία υπηρεσία FTTC 30Mbps και μία υπηρεσία FTTC 200 Mbps θα επιμερίζονταν ίσο κομμάτι κόστους.

Γενικότερα, τα Routing Factors δεν αφορούν μόνο τον καθορισμό των στοιχείων που συμμετέχουν στην παροχή μιας υπηρεσίας αλλά και τον βαθμό στον οποίο συμμετέχουν.

Επισημαίνεται ότι το κόστος των κοινών δικτυακών στοιχείων μεταξύ των υπηρεσιών LLU και SLU στο δίκτυο χαλκού (όπως τμήμα δικτύου distribution, συστήματα, λοιπά IT

συστήματα και network planning) έχουν routing factor 1 για το SLU και αποδίδονται μεταξύ LLU και SLU σύμφωνα με εκτιμήσεις της ΕΕΤΤ για τα ποσοστά ζήτησης ανά έτος των δύο υπηρεσιών.

Επιπρόσθετα, το κόστος του VPU increment υπολογίζεται ξεχωριστά των υπολοίπων υπολογισμών του δικτύου χαλκού, διότι προϋποθέτει την μετατροπή, μέσω αυτοματοποιημένης διαδικασίας με κώδικα, όλων των σχετικών καλωδίων χαλκού σε επαναχρησιμοποιήσιμα πάγια.

Στο φύλλο εργασίας όπου καταγράφονται οι Routing factors παρέχεται και πίνακας ελέγχου για την ορθότητα της συμπλήρωσης του πίνακα των Routing Factor, με σκοπό την σωστή συμπλήρωση αυτού και την αποφυγή διπλο-καταμέτρησης του κόστους των δικτυακών στοιχείων στις υπηρεσίες.

Τέλος, στο φύλλο εργασίας LRIC παρουσιάζεται το επαυξητικό κόστος ανά υπηρεσία και δικτυακό στοιχείο όπως υπολογίζεται από την εφαρμογή της της μεθοδολογίας που παρουσιάστηκε ανωτέρω.

4. Ζήτηση

Για τον προσδιορισμό των τιμών πρόσβασης χαλκού και οπτικής ίνας χρησιμοποιούνται προβλέψεις ζήτησης διαφόρων μεγεθών για τα έτη 2019-2028. Στις παραγράφους που ακολουθούν αποτυπώνονται οι πηγές δεδομένων, ο τρόπος επεξεργασίας τους και η αξιοποίησή τους, η μεθοδολογία επιλογής μοντέλων πρόβλεψης της ζήτησης καθώς και η εκτίμηση των διαφόρων μεγεθών που συνδέονται με αυτές όπως και οι σχετικές εκτιμήσεις/προβλέψεις για τις υπηρεσίες, που αφορούν τα δίκτυα NGA.

4.1 Δεδομένα

Όλοι οι πάροχοι υπηρεσιών σταθερής πρόσβασης κλήθηκαν να παραδώσουν ιστορικά στοιχεία συνδρομητών, τα οποία συγκεντρώθηκαν και επεξεργάστηκαν αθροιστικά στις επιμέρους υπηρεσίες για την αξιοποίησή τους στη επιλογή μοντέλων πρόβλεψης και στη δημιουργία προβλέψεων. Τα νέα προϊόντα ευρυζωνικότητας που αναδύονται περαιτέρω από τα δίκτυα νέας γενιάς (NGA), δε διαθέτουν ιστορικά δεδομένα κάτι που καθιστά τη διαδικασία της πρόβλεψης της ζήτησης τους αρκετά δύσκολη.

Τα δεδομένα που είναι διαθέσιμα είναι οι συνολικές ενεργές γραμμές, οι συνδέσεις ADSL και VDSL χωρίς να γίνεται διαχωρισμός ανά ταχύτητα σύνδεσης. Για λόγους στατιστικής ευρωστίας, χρησιμοποιήθηκαν και αντίστοιχα δεδομένα παλαιότερων ετών όπου υπήρχαν διαθέσιμα

Από την εξέταση των δεδομένων, διαπιστώθηκε αδυναμία στους παρόχους, πλην του ΟΤΕ, να αποτυπώσουν την πλήρη εικόνα που τους ζητήθηκε για τα έτη 2007-2018. Για το λόγο αυτό διασταυρώθηκαν τα στοιχεία που παρασχέθηκαν και προσαρμόστηκαν με τις εξής βασικές παραδοχές:

Α) Το συνολικό πλήθος ενεργών γραμμών ισούται με το άθροισμα των συνολικών ενεργών γραμμών λιανικής πώλησης του κυρίαρχου παρόχου, συν των χονδρικών πωλήσεων APYΣ, V-APYΣ, VPU, VPU-Light, και τις πωλήσεις του αδεσμοποίητου βρόγχου (LLU).

Β) Ο συνολικός αριθμός χρηστών ADSL ισούται με των αριθμό χρηστών ADSL λιανικής πώλησης του ΟΤΕ συν τον αριθμό χρηστών χονδρικής APYΣ καθώς και το πλήθος γραμμών αδεσμοποίητου βρόγχου LLU.

Γ) Ο συνολικός αριθμός χρηστών VDSL ισούται με των αριθμό χρηστών VDSL λιανικής πώλησης του ΟΤΕ, συν τον αριθμό χρηστών V-APYΣ (συμπεριλαμβανομένου του VPU), συν τον αριθμό VPU-Light χρηστών.

Δ) Ο συνολικός αριθμός χρηστών ευρυζωνικότητας πάνω στον οποίο θα γίνει η πρόβλεψη θα ισούται με το άθροισμα Β+Γ ανωτέρω λαμβάνοντας υπόψη και τη σταδιακή μετάβαση των single play συνδρομητών σε υπηρεσίες double-play. Δηλαδή με το σύνολο του παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6).

Στους πίνακες που ακολουθούν (Πίνακας 6 και Πίνακας 7) παρουσιάζονται τα δεδομένα που είναι διαθέσιμα στην ΕΕΤΤ αλλά και συλλέχθηκαν από τους παρόχους ανά υπηρεσία από όπου προκύπτουν με κατάλληλες πράξεις τα μεγέθη που προαναφέρθηκαν. Σημειώνεται ότι οι τιμές μέρους των δεδομένων εμφανίζονται στρογγυλοποιημένες σε χιλιάδες.

Η κατηγορία ADSL όπως έχει αναφερθεί ισούται με το άθροισμά των: (α) ADSL λιανικής, (β) APYΣ και (γ) LLU. Η κατηγορία VDSL αντίστοιχα ισούται με το άθροισμα: (α) VDSL λιανικής, (β) V-APYΣ (συμπεριλαμβανομένου του VPU) και (γ) VPU light.

Στον Πίνακα 7 παρουσιάζεται το σύνολο των ενεργών γραμμών που περιλαμβάνει: (α) τις PSTN, ISDN και VOIP λιανικές γραμμές, (β) το σύνολο όσων αναφέρονται στο (α) ως ενεργές γραμμές του κυρίαρχου παρόχου, (γ) τις ενεργές γραμμές όλων των παρόχων (άθροισμα του (β) συν τις γραμμές χονδρικής (Πίνακας 6), (δ) τις γραμμές με χρήση μόνο τηλεφωνίας (single play) (διαφορά του (γ) ενεργών γραμμών όλων των παρόχων μείον τις συνολικές ευρυζωνικές (Πίνακας 6).

Πίνακας 6: Στοιχεία ζήτησης προϊόντων ευρυζωνικότητας (Πηγή: ΕΕΤΤ, Πάροχοι)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
ADSL RET	0.3	0.7	7	44	155	488	825	864	1,061	1,102	1,089	1,164	1,051	1,265	1,347	1,407	1,396
VDSL RET	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	43	93	150	219	349
FLLU	0	0	0	3	7	25	310	589	938	1,346	1,642	1,780	1,897	2,009	2,042	2,081	2,108
PLLU	0	0	0	0	0	0	0	57	49	33	23	15	10	7	5	4	3
ADSL WH	0	0	1	6	50	159	222	94	53	37	30	26	25	20	14	10	9
VDSL WH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	12	38	76
VPU LIGHT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
SUM	0.3	0.7	8	53	212	672	1,357	1,605	2,101	2,520	2,785	2,986	3,028	3,396	3,570	3,760	3,942

Πίνακας 7: Στοιχεία ζήτησης – Δεδομένα ευρυζωνικότητας προς μοντελοποίηση (Πηγή: ΕΕΤΤ, Πάροχοι)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
ADSL Total	0.3	0.7	8	53	211	670	1,326	1,540	2,002	2,381	2,618	2,805	2,792	3,100	3,204	3,294	3,304
VDSL Total	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	45	95	162	257	426

Πίνακας 8: Γραμμές Τηλεφωνίας (Πηγή: ΕΕΤΤ, Πάροχοι)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
PSTN	5,608	5,413	5,200	5,079	4,928	4,778	4,510	4,110	3,745	3,306	2,918	2,670	2,485	2,378	2,299	1,783	1,244
ISDN	199	350	449	525	579	598	580	548	517	473	427	388	355	330	304	262	230
VOIP															79	609	1,162
OTE Active Subscriptions	5,807	5,763	5,649	5,604	5,506	5,376	5,089	4,658	4,262	3,780	3,344	3,058	2,840	2,708	2,681	2,655	2,636
All Providers	5,807	5,763	5,650	5,613	5,563	5,560	5,621	5,399	5,302	5,197	5,040	4,878	4,773	4,746	4,754	4,789	4,833
Single Play	5,806	5,762	5,642	5,560	5,351	4,888	4,264	3,794	3,201	2,677	2,255	1,892	1,745	1,350	1,184	1,029	891

4.2 Μεθοδολογία/Μοντέλα πρόβλεψης

Για τις ανάγκες της πρόβλεψης χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικά μοντέλα διάχυσης/υιοθέτησης και επιλέχθηκε το πλέον κατάλληλο ανά τεχνολογία μοντέλο με βασικό κριτήριο επιλογής το ελάχιστο τετραγωνικό σφάλμα επί των πραγματικών δεδομένων, τα οποία χρησιμοποιούνται ως ακολουθία εκπαίδευσης των μοντέλων.

Η προσαρμογή και τελική επιλογή των μοντέλων έγινε στις παρακάτω βασικές χρονικές ακολουθίες δεδομένων που προέκυψαν σύμφωνα με την επεξεργασία που αναφέρθηκε.

- Συνολική εξέλιξη τηλεφωνικών συνδέσεων
- Συνολική διείσδυση ευρυζωνικότητας
- Συνολική διείσδυση υπηρεσιών VDSL

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την προσαρμογή των μαθηματικών μοντέλων στα πραγματικά δεδομένα είναι η γραμμική παλινδρόμηση. Προκειμένου να προβλεφθεί το μέλλον για κάποιο μέγεθος χρησιμοποιούνται οι παρελθοντικές πραγματικές τιμές του υπό πρόβλεψη μεγέθους και προσαρμόζονται συναρτησιακοί τύποι βρίσκοντας τις παραμέτρους τους. Ο συναρτησιακός τύπος που προσαρμόζει καλύτερα τα πραγματικά δεδομένα, δηλαδή έχει το μικρότερο (απόλυτο/μέσο) τετραγωνικό σφάλμα, επιλέγεται ως κατάλληλος για την πρόβλεψη.

Οι βασικοί λόγοι που επιλέχθηκε να γίνει προσαρμογή (και στη συνέχεια πρόβλεψη) για τις τρεις προαναφερθείσες κατηγορίες και όχι ανά ταχύτητα σύνδεσης (30 Mbps, 50 Mbps, 100, 200 Mbps κλπ.) είναι οι ακόλουθοι:

- Δεν θεωρείται υιοθέτηση διαφορετικού καινοτομικού προϊόντος η επιλογή μεγαλύτερου ρυθμού ώστε να μοντελοποιηθεί διακριτά.
- Η μοντελοποίηση υπηρεσιών που δεν είναι ακόμα διαθέσιμες με τη χρήση μαθηματικών υποδειγμάτων δεν θα ήταν αξιόπιστη λόγω έλλειψης οποιοδήποτε πραγματικού δεδομένου.

Επιπρόσθετα διευκρινίζεται ότι οι υπηρεσίες που βασίζονται στο FTTH δεν δύνανται να μοντελοποιηθούν διακριτά ακριβώς για τους παραπάνω λόγους. Επίσης, στο δίκτυο που μοντελοποιείται η υιοθέτηση του FTTH από το τελικό χρήστη καθορίζεται αποκλειστικά από τη διαθεσιμότητα του παρόχου.

4.2.1 Μοντέλο ζήτησης ενεργών συνδέσεων

Τα δεδομένα των ενεργών συνδέσεων παρουσιάζουν πτώση μετά το έτος 2001 και όπως φαίνεται τα τελευταία χρόνια σταθεροποιούνται σε νέο επίπεδο. Το μοντέλο ζήτησης που προσεγγίζει καλύτερα τα ιστορικά δεδομένα είναι το λογιστικό μοντέλο διάχυσης (logistic model), ξεκινώντας από τις 5,8 εκ. και καταλήγοντας στις 4,8 εκ γραμμές. Ο συναρτησιακός τύπος του λογιστικού μοντέλου είναι:

$$ActiveLines(t) = S1 + (S2 - S1) / (1 + \exp(\frac{(t - YearRef) - \alpha}{\beta}))$$

Όπου:

S1 είναι η τιμή κορεσμού,

S2 είναι η αρχική τιμή,

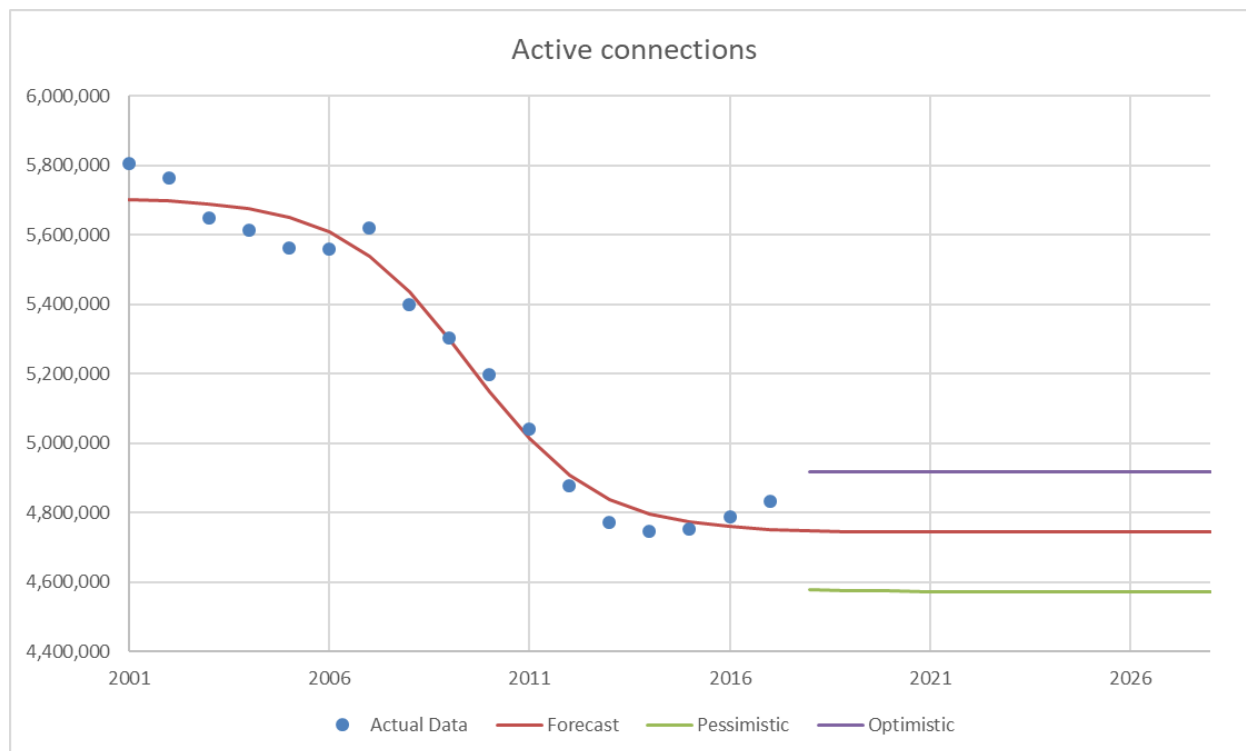
YearRef το έτος αναφοράς της χρονοσειράς και

alpha και beta συντελεστές που προσδιορίζουν τον ρυθμό υιοθέτησης των ενεργών γραμμών.

Πίνακας 9: Παράμετροι μοντέλου ζήτησης ενεργών συνδέσεων

Παράμετρος	Τιμή
YearRef	2000
S1	4.743.890
S2	5.705.690
alpha	9,48923
beta	1,59014

Στον προηγούμενο πίνακα (Πίνακας 9) παρουσιάζονται οι παράμετροι του μοντέλου ζήτησης ενεργών συνδέσεων και τα αποτελέσματα των συντελεστών. Στο σχήμα που ακολουθεί (Σχήμα 7) Για τον προσδιορισμό του αισιόδοξου και απαισιόδοξου σεναρίου χρησιμοποιήθηκε 95% επίπεδο εμπιστοσύνης ή 5% επίπεδο σημαντικότητας.



Σχήμα 7: Εξέλιξη ενεργών τηλεπικοινωνιακών συνδέσεων

4.2.2 Μοντέλο ζήτησης συνολικών ευρυζωνικών συνδέσεων

Για την πρόβλεψη της ζήτησης του συνόλου των ευρυζωνικών γραμμών χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικά μοντέλα ζήτησης όπως τα μοντέλα Bass, Gompertz, Logistic και Log-Logistic. Το μοντέλο που περιγράφει καλύτερα τα πραγματικά δεδομένα ζήτησης και επιλέχθηκε για την πρόβλεψη ήταν το μοντέλο Log-Logistic, που περιγράφεται από την παρακάτω σχέση:

$$Broadband(t) = S1 + (S2 - S1) / (1 + \exp\left(\alpha * \ln\left(\frac{t - YearRef}{\beta}\right)\right))$$

Όπου:

S1 είναι η τιμή κορεσμού,

S2 είναι η αρχική τιμή,

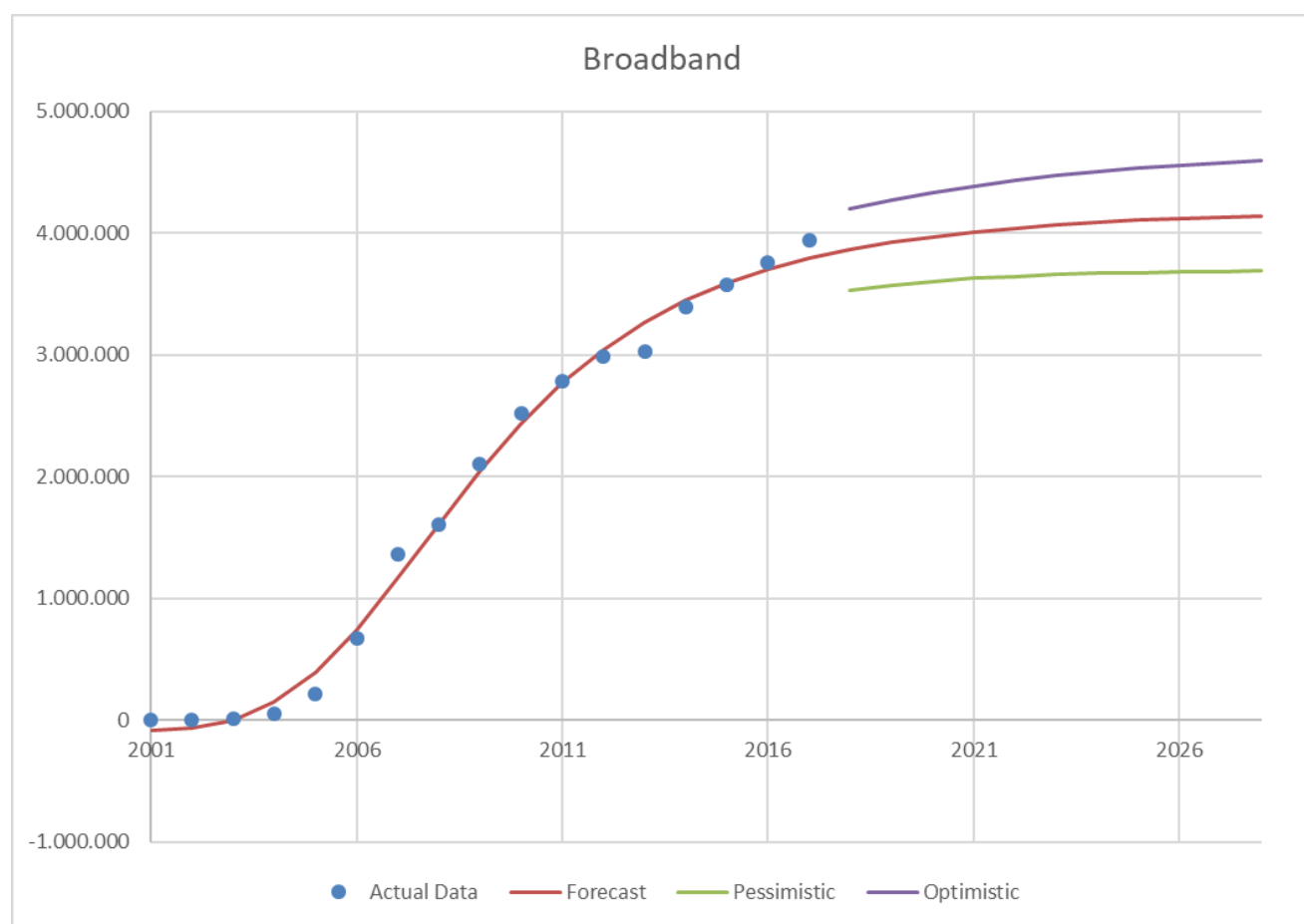
YearRef το έτος αναφοράς της χρονοσειράς και

alpha και beta συντελεστές που προσδιορίζουν τον ρυθμό υιοθέτησης των ευρυζωνικών συνδέσεων.

Οι παράμετροι συντελεστές παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα (Πίνακας 10) ενώ η πρόβλεψη στο Σχήμα 8, όπως επίσης και το αισιόδοξο και απαισιόδοξο σενάριο.

Πίνακας 10: Παράμετροι μοντέλου Log-Logistic για τις ευρυζωνικές συνδέσεις

Παράμετρος	Τιμή
YearRef	2000
S1	4.225.270
S2	-89.694,6
alpha	3,47903
beta	9,05772



Σχήμα 8: Πραγματικά δεδομένα και προβλέψεις για την εξέλιξη των ευρυζωνικών συνδέσεων

4.2.3 Μοντέλο ζήτησης VDSL συνδέσεων

Για τις συνδέσεις VDSL, το μοντέλο που περιγράφει καλύτερα τα πραγματικά δεδομένα ζήτησης είναι το λογιστικό μοντέλο, που περιγράφεται από την παρακάτω σχέση:

$$VDSL\ Lines(t) = S1 + (S2 - S1) / (1 + \exp(\frac{(t - YearRef) - \alpha}{\beta}))$$

Όπου:

S1 είναι η τιμή κορεσμού,

S2 είναι η αρχική τιμή,

YearRef το έτος αναφοράς της χρονοσειράς και

alpha και beta συντελεστές που προσδιορίζουν τον ρυθμό υιοθέτησης των ενεργών γραμμών.

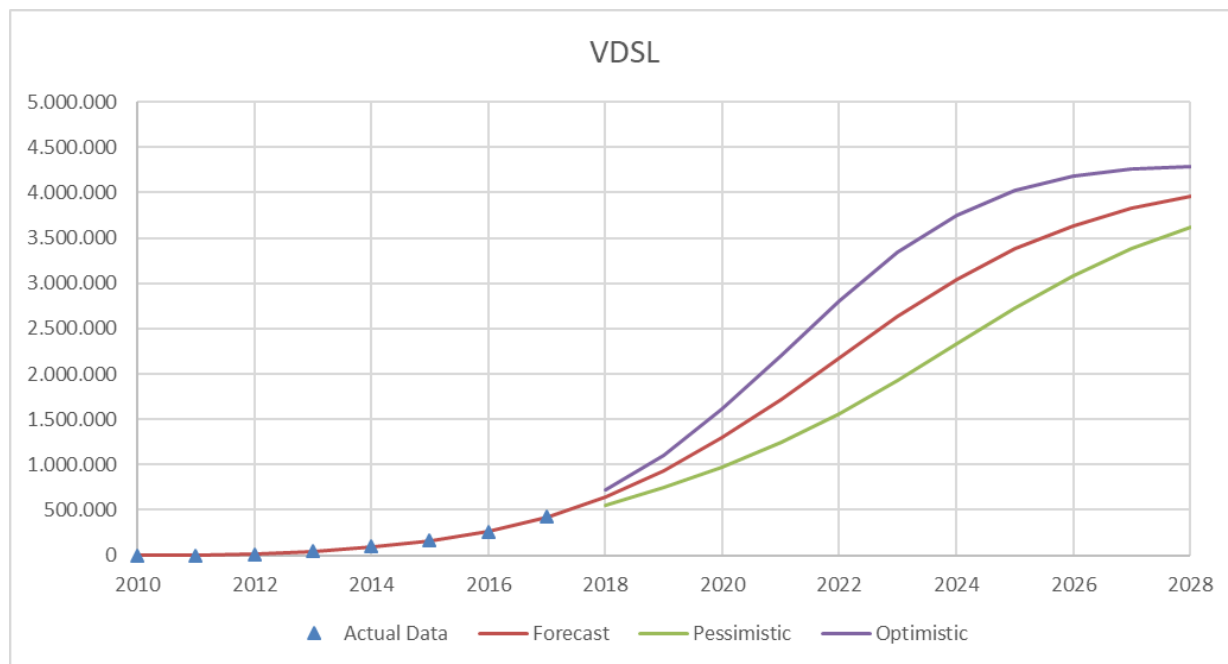
Καθώς τα διαθέσιμα πραγματικά δεδομένα για τις VDSL συνδέσεις είναι περιορισμένα, δεν είναι δυνατή η ορθή πρόβλεψη του σημείου κορεσμού καθώς δεν έχει προσεγγισθεί ακόμα το σημείο καμπής της ζήτησης που είναι ίσο με το 50%. Συνεπώς απαιτήθηκε η *ex ante* εκτίμηση του σημείου κορεσμού των VDSL συνδέσεων S1 το οποίο ταυτίσθηκε με το αντίστοιχο σημείο κορεσμού των συνολικών συνδέσεων ευρυζωνικότητας S1 (Πίνακας 10) .

Με τη χρήση των πραγματικών δεδομένων, υπολογίζονται οι υπόλοιπες παράμετροι του μοντέλου που παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 11) .

Πίνακας 11: Παράμετροι μοντέλου ζήτησης VDSL συνδέσεων

Συντελεστές	VDSL
YearRef	2011
S1	4.225.270
S2	-50.711,6
alpha	10,7933
beta	2,29583

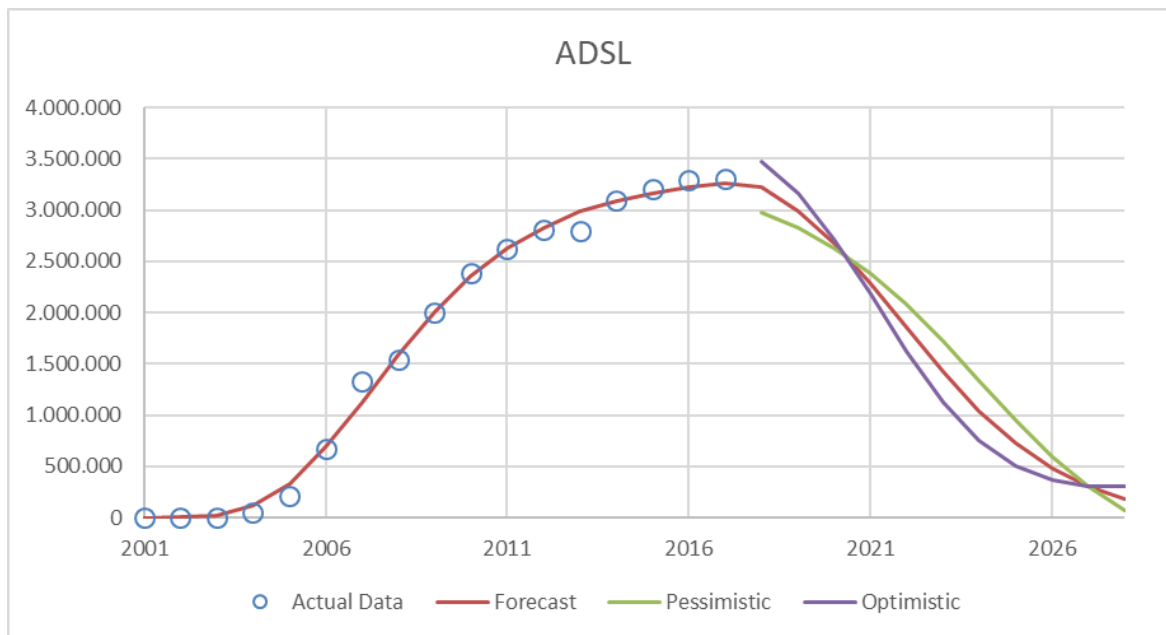
Όσον αφορά τις προβλέψεις της εξέλιξης των συνδέσεων VDSL παρουσιάζονται στο Σχήμα 9.



Σχήμα 9: VDSL πρόσβαση

4.2.4 Μοντέλο ζήτησης ADSL συνδέσεων

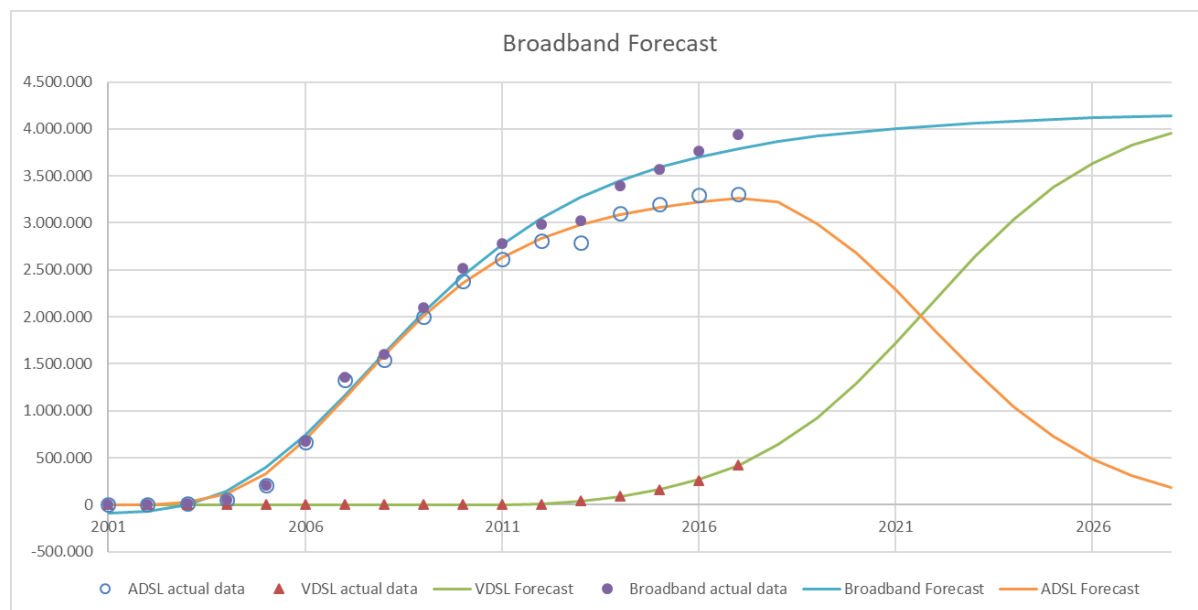
Όσον αφορά στην πρόβλεψη των υπηρεσιών που βασίζονται στο ADSL, αυτές υπολογίζονται εμμέσως μέσω της αφαίρεσης του αριθμού των συνδέσεων VDSL από το συνολικό αριθμό ευρυζωνικών συνδέσεων και παρουσιάζονται στο Σχήμα 10.



Σχήμα 10: ADSL πρόσβαση

4.2.5 Συνολικές Προβλέψεις και Μοντέλο ζήτησης λοιπών ρυθμών/υπηρεσιών

Η συνολική εκτίμηση για τις βασικές τεχνολογίες που αφορούν το μοντέλο παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 11).



Σχήμα 11: Συνολικές εκτιμήσεις εξέλιξης της ζήτησης (βασικό σενάριο)

Για την πρόβλεψη της εξέλιξης της ζήτησης για τα διαφορετικά προϊόντα και υπηρεσίες που θα προσφέρονται από το δίκτυο NGA και την εκτίμηση του αριθμού των χρηστών κάθε υπηρεσίας, αξιοποιήθηκε η συνολική πρόβλεψη των συνδέσεων VDSL η οποία επιμερίζεται ανά ρυθμό και ανά έτος σύμφωνα με τον πίνακα που ακολουθεί. Οι βασικές παραδοχές επιμερισμού της ζήτησης σε υπηρεσίες βασίστηκε στις παρακάτω παραδοχές:

- Οι συνδέσεις ADSL και VDSL 30 Mbps μειώνονται σε βάθος 6-7 χρόνων
- Το σύνολο των συνδέσεων ρυθμού ανώτερου των 300 Mbps υποστηρίζονται από τους κόμβους FTTH που ανέρχονται στο 20% των συνολικών κόμβων
- Οι ρυθμοί 50 και 100 Mbps αποτελούν τους βασικούς ρυθμούς εξυπηρέτησης οικιακών και επαγγελματικών χρηστών

Πίνακας 12: Μερίδιο αγοράς υπηρεσίας επί του συνόλου των συνδέσεων

Μερίδιο αγοράς υπηρεσίας	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Demand_1G	0.00%	0.30%	0.70%	1.20%	2.10%	3.10%	4.30%	5.80%	7.20%	8.10%
Demand_500	0.00%	0.50%	1.10%	1.80%	3.40%	4.50%	5.50%	7.00%	8.10%	9.00%
Demand_300	0.00%	0.50%	1.30%	2.50%	3.30%	4.10%	4.70%	5.30%	5.80%	6.00%
Demand_200	0.50%	0.80%	1.00%	1.60%	2.60%	3.70%	4.90%	6.90%	8.10%	9.00%
Demand_100	0.70%	2.50%	4.40%	8.10%	13.10%	22.80%	28.40%	34.50%	38.00%	42.90%
Demand_50	11.80%	19.50%	24.50%	36.10%	45.50%	50.50%	48.30%	39.00%	32.80%	25.00%
Demand_30	10.60%	11.40%	9.80%	7.30%	6.00%	4.50%	2.50%	1.00%	0.00%	0.00%
Demand_ADSL	76.40%	64.50%	57.20%	41.40%	24.00%	6.80%	1.40%	0.50%	0.00%	0.00%

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στην ενότητα 3.4, στη συνολική ζήτηση εφαρμόζεται μικρή ετήσια γραμμική μείωση 0.5% του συνολικού αριθμού ενεργών γραμμών. Η μείωση αυτή αντιπροσωπεύει τη μετάβαση σε άλλα δίκτυα (π.χ. κινητής) και άλλους παράγοντες όπως η γήρανση του πληθυσμού, η μείωση του πληθυσμού λόγω υπογεννητικότητας, καθώς και η συγκέντρωση σε αστικά κέντρα σε συνδυασμό με τις προβλέψεις χαμηλής ανάπτυξης μεσοσταθμικά για τις επόμενες δεκαετίες αναμένεται να συμβάλουν μεσοπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα στη μείωση των ενεργών συνδέσεων. Η γραμμική μείωση των ενεργών συνδέσεων που έχει χρησιμοποιηθεί είναι σε αντιστοιχία με τις προβλέψεις μείωσης του πληθυσμού από τα αρμόδια σώμα των Ηνωμένων Εθνών⁹, του Ελληνικού Κοινοβουλίου¹⁰ και της Eurostat¹¹.

Επισημαίνεται ότι για υπηρεσίες όπου τα στοιχεία ζήτησης είναι ελάχιστα ή μη διαθέσιμα και δεν κατέστη δυνατή η εκτίμηση της ζήτησης, οι τιμές της ζήτησης έχουν τεθεί ίσες με τη μονάδα (1), ώστε να είναι δυνατός ο υπολογισμός του κόστους της υπηρεσίας. Αυτή η προσέγγιση αποτρέπει την απόδοση σημαντικού μεριδίου κόστους των υπολοίπων υπηρεσιών στις εν λόγω υπηρεσίες που παρουσιάζουν μικρή ή σχεδόν μηδενική ζήτηση. Στις εν λόγω υπηρεσίες συγκαταλέγονται οι υπηρεσίες σκοτεινής ίνας, σωληνώσεων και μισθωμένων γραμμών.

Τέλος, για τις προβλέψεις κίνησης στο δίκτυο αυτές υπολογίζονται χρησιμοποιώντας την πραγματική κίνηση των συνδρομητών στο δίκτυο την ώρα αιχμής με τη μεθοδολογία που περιεγράφηκε στην ενότητα 3.5. Επιπλέον, έχει προστεθεί ένας παράγοντας μέσης ετήσιας αύξησης της κίνησης αυτής ίσος 15% σύμφωνα με εκτιμήσεις τις ΕΕΤΤ για την μεσοπρόθεσμη αύξηση της συνολικής κίνησης.

⁹ United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). World Population Prospects 2019. https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf
[https://population.un.org/wpp/Download/Files/1_Indicators%20\(Standard\)/EXCEL_FILES/1_Population/WPP2019_POP_F01_1_TOTAL_POPULATION_BOTH_SEXES.xlsx](https://population.un.org/wpp/Download/Files/1_Indicators%20(Standard)/EXCEL_FILES/1_Population/WPP2019_POP_F01_1_TOTAL_POPULATION_BOTH_SEXES.xlsx)
[https://population.un.org/wpp/Download/Files/1_Indicators%20\(Standard\)/EXCEL_FILES/1_Population/WPP2019_POP_F05_MEDIAN_AGE.xlsx](https://population.un.org/wpp/Download/Files/1_Indicators%20(Standard)/EXCEL_FILES/1_Population/WPP2019_POP_F05_MEDIAN_AGE.xlsx)

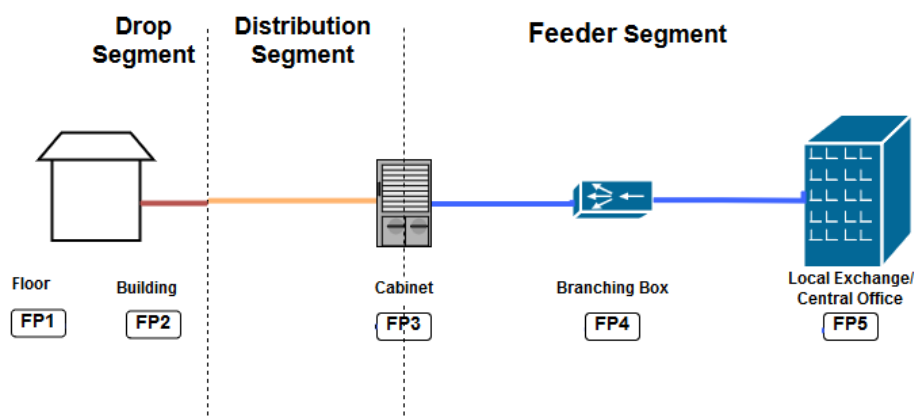
¹⁰ ΕΚΘΕΣΗ ΔΙΑΚΟΜΜΑΤΙΚΗΣ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ 2018

¹¹ Eurostat - population projections
<https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tps00002/default/table?lang=en>
<https://ec.europa.eu/eurostat/web/population-demography-migration-projections/population-projections/-main-tables>

5. Μοντέλο διαστασιοποίησης

Για την διαστασιοποίηση των δικτύων πρόσβασης που μοντελοποιούνται, χρησιμοποιήθηκε το γεωμετρικό μοντέλο δενδροειδούς δομής και πολλαπλών επιπέδων (flexibility points). Το μοντέλο διαστασιοποίησης εφαρμόζεται ανά αστικό κέντρο με εισόδους γεωγραφικά στοιχεία και στοιχεία χρήσης γης, τα οποία είναι το εμβαδό της συνολικής καλυπτόμενης περιοχής από το αστικό κέντρο (CO Area) και το εμβαδό της οικιστικής περιοχής (Residential Area). Τα εμβαδά προέκυψαν από γεωγραφική ανάλυση με χαρτογραφικά στοιχεία και τις συντεταγμένες των αστικών κέντρων, καμπινών και των διευθύνσεων των καλυπτόμενων κτιρίων σύμφωνα με τα στοιχεία που διαθέτει η ΕΕΤΤ. Επιπλέον, το μοντέλο δέχεται ως είσοδο το πλήθος των κατοικιών, το πλήθος των κτιρίων και τη μέση επιφάνεια των κτιρίων στην περιοχή που καλύπτει το αστικό κέντρο. Τα δεδομένα αυτά προέκυψαν από ανάλυση των στοιχείων απογραφής της ΕΛ.ΣΤΑΤ. του 2011, τα οποία αφορούν το πλήθος των κτιρίων που καλύπτονται ανά αστικό κέντρο.

Το μοντέλο διαστασιοποίησης παράγει ως έξοδο για κάθε αστικό κέντρο το μήκος των χαντακίων και το μήκος των καλωδίων ανά χωρητικότητα σε οπτικές ίνες και ζεύγη χαλκών ανά δίκτυο (δίκτυο FTTC, FTTH και χαλκού) και τμήματος δικτύου (Feeder, Distribution, Drop segment).



Σχήμα 12: Επίπεδα FPs (Flexibility Points) και τμήματα δικτύου (segments)

Επιπλέον, υπολογίζεται το ποσοστό κοινών χαντακίων (επαναχρησιμοποίησης) μεταξύ των τμημάτων (segments) του κάθε δικτύου (Internal Sharing), π.χ. FTTC feeder και FTTC distribution, και μεταξύ των δικτύων FTTC και FTTH (External Sharing) π.χ. FTTC feeder και FTTH feeder. Τα ποσοστά επαναχρησιμοποίησης αφορούν τμήματα δικτύων ίδιου τύπου, δηλαδή μόνο μεταξύ τμημάτων δικτύων NGA ή μόνο μεταξύ τμημάτων του δικτύου χαλκού. Η επαναχρησιμοποίηση μεταξύ των δικτύων NGA με το υφιστάμενο δίκτυο χαλκού αποτελεί παράμετρο εισόδου του κυρίως μοντέλου και οι αντίστοιχοι υπολογισμοί πραγματοποιούνται στο κυρίως μοντέλο, όπως εξηγήθηκε σε προηγούμενη ενότητα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το μοντέλο διαστασιοποίησης δεν συμμετέχει στον υπολογισμό των Floor Box, ο οποίος πραγματοποιείται στο κυρίως μοντέλο.

Επιπρόσθετα, το μοντέλο διαστασιοποίησης δεν συμμετέχει σε υπολογισμούς που αφορούν τα δικτυακά στοιχεία του δικτύου κορμού. Ωστόσο, στο μοντέλο διαστασιοποίησης πραγματοποιούνται υπολογισμοί για την εκτίμηση της επαναχρησιμοποίησης των χαντακιών του δικτύου κορμού από το δίκτυο πρόσβασης. Οι εν λόγω υπολογισμοί ακολουθούν την μεθοδολογία που περιγράφεται στην ενότητα 5.2 του παρόντος.

Επισημαίνεται ότι η χρήση γεωμετρικών μοντέλων για τη μοντελοποίηση και τη μαθηματική/γεωμετρική απεικόνιση των οδεύσεων σταθερών τηλεπικοινωνιακών δικτύων αποτελεί συνήθη επιστημονική πρακτική σε περιπτώσεις ελλείψεως επαρκών γεωγραφικών δεδομένων (ακριβείς γεωγραφικές θέσεις και μεγέθη κτιρίων) για τη χρήση GIS εργαλείων. Ακόμα και στην περίπτωση του feeder τμήματος όπου υπήρχαν κατάλληλα γεωγραφικά δεδομένα για την πλειοψηφία των αστικών κέντρων του δικτύου θεωρήθηκε απαραίτητη η απεικόνιση σε ισοδύναμο γεωμετρικό μοντέλο για λόγους συνέπειας της μεθοδολογίας και των υπολογισμών μεταξύ των τμημάτων του δικτύου. Δεδομένου ότι δεν διατίθενται ακριβή στοιχεία ως προς τα κτίρια (τις θέσεις και το μέγεθος σε κατοικίες) που καλύπτει κάθε καμπίνα στο σύνολο της επικράτειας, γεω-μοντελοποιήσεις που βασίζονται μόνο στο οδικό δίκτυο (GIS) θα επηρέαζαν αρνητικά την ακρίβεια και αξιοπιστία του μοντέλου διαστασιοποίησης ειδικά στις ημιαστικές και αγροτικές περιοχές που αποτελούν την πλειοψηφία των ΑΚ.

5.1 Γεωγραφική ανάλυση

Για τον υπολογισμό του εμβαδού των περιοχών που καλύπτει το κάθε αστικό κέντρο χρησιμοποιήθηκαν αποτελέσματα από τρεις μεθοδολογίες, ανάλογα με το τμήμα του δικτύου (Feeder, Distribution, Drop segment) και τα διαθέσιμα δεδομένα ανά αστικό κέντρο.

Με τη πρώτη μέθοδο υπολογίστηκαν οι συντεταγμένες των διευθύνσεων των κτιρίων που καλύπτει κάθε καμπίνα ενός αστικού κέντρου σύμφωνα με τα στοιχεία που διαθέτει η EETT. Η μετατροπή διευθύνσεων σε συντεταγμένες έγινε με την παράλληλη χρήση υπηρεσιών παροχής χαρτογραφικών δεδομένων (Nominatim API του OpenStreetMap και ArcGIS). Από τις συντεταγμένες υπολογίστηκε με Delaunay τριγωνοποίηση¹² το σχήμα οικιστικών περιοχών τεμαχισμένο σε τρίγωνα. Το εμβαδό της οικιστικής περιοχής, δηλαδή το εμβαδό που καταλαμβάνει το σύνολο των κτιρίων, υπολογίζεται ως το άθροισμα του εμβαδού των τριγώνων.

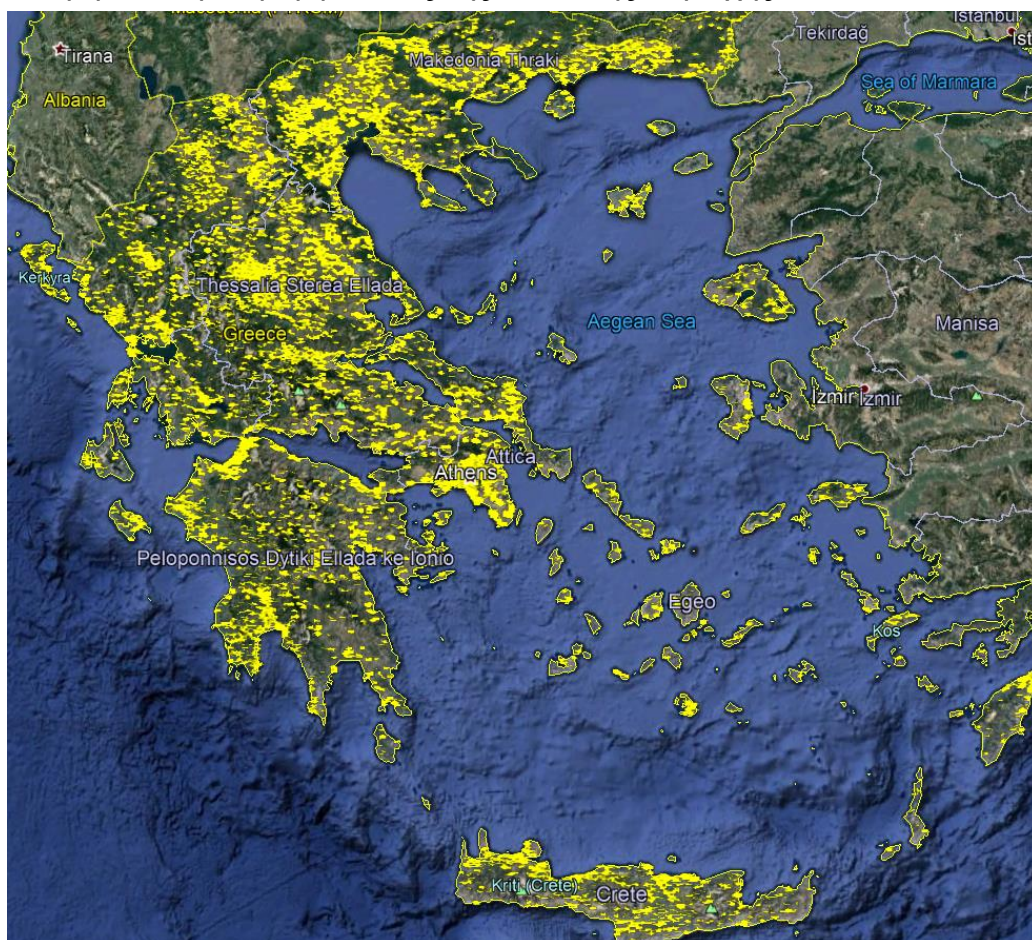
¹² https://en.wikipedia.org/wiki/Delaunay_triangulation



Σχήμα 13: ΑΚ Αμπελόκηποι συντεταγμένες κτιρίων και αντίστοιχη τριγωνοποίηση της περιοχής

Η δεύτερη μέθοδος χρησιμοποιήθηκε στις περιπτώσεις μεγαλύτερων σφαλμάτων, λόγω μη εύρεσης αρκετών συντεταγμένων διευθύνσεων ή/και έλλειψης στοιχείων για τις διευθύνσεις των κτιρίων που καλύπτουν οι καμπίνες ειδικά στις ημιαστικές και αγροτικές περιοχές. Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο χρησιμοποιήθηκαν τα περιγράμματα των οικιστικών, εμπορικών και βιομηχανικών περιοχών που είναι διαθέσιμα από την υπηρεσία OpenStreetMaps με συμπλήρωση ορισμένων εκ των περιγραμμάτων που λείπουν στις μεγάλες αστικές, ημιαστικές περιοχές και στις αγροτικές περιοχές. Το εμβαδό των περιγραμμάτων επιμερίστηκε στις καμπίνες που βρίσκονται εντός τους σύμφωνα τα στοιχεία που διατέθηκαν από την ΕΕΤΤ για τις συντεταγμένες των καμπινών και των αστικών κέντρων. Για τις καμπίνες που δεν δίνονται συντεταγμένες ή/και δεν βρίσκονται εντός κάποιου περιγράμματος, η οικιστική περιοχή που καλύπτουν υπολογίζεται ως ο μέσος όρος των οικιστικών περιοχών των καμπινών του ίδιου αστικού κέντρου ή των οικιστικών περιοχών των καμπινών του ίδιου δήμου στον οποίο ανήκει η καμπίνα.

Επισημαίνεται ότι οι συντεταγμένες των καμπινών λαμβάνονται υπόψη μόνο για τον υπολογισμό του εμβαδού των περιοχών που καλύπτουν, ώστε να χρησιμοποιηθούν από το γεωμετρικό μοντέλο, στο οποίο οι καμπίνες θα κατανεμηθούν ομοιόμορφα εντός της οικιστικής περιοχής.



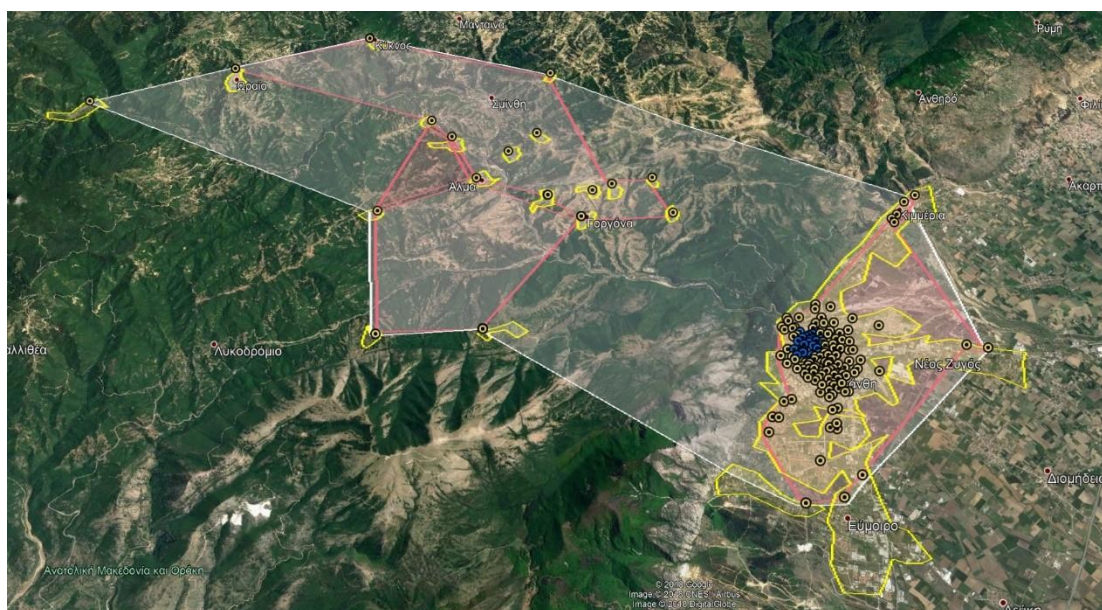
Σχήμα 14: Κάλυψη Χώρας από το σύνολο των περιγραμμάτων οικιστικών περιοχών βάσει στοιχείων από OpenStreetMaps.



Σχήμα 15: ΑΚ και καμπίνες εντός των διαθέσιμων οικιστικών περιοχών.

Οι δύο προηγούμενες μέθοδοι χρησιμοποιήθηκαν από κοινού ως συμπληρωματικές για τον υπολογισμό του εμβαδού της οικιστικής περιοχής κάθε αστικού κέντρου, το οποίο θεωρείται ότι είναι το εμβαδό που καταλαμβάνουν τα κτίρια στο Distribution τμήμα του δικτύου πρόσβασης (καμπίνες έως τα κτίρια). Στις αστικές και πυκνές αστικές περιοχές το εμβαδό αυτό συνήθως αποτελεί και το σύνολο της περιοχής που καλύπτει το αστικό κέντρο, άρα και το Feeder τμήμα του δικτύου. Ωστόσο, στις αγροτικές και ημιαστικές περιοχές η συνολική περιοχή που καλύπτει το αστικό κέντρο είναι συνήθως μεγαλύτερη της οικιστικής περιοχής, λόγω μεγάλης επιφάνειας που δεν χρησιμοποιείται για οικιστικούς σκοπούς (χωράφια, λόφοι, βουνά, δάση

κ.α.). Με αυτό το δεδομένο, χρησιμοποιήθηκε μια επιπλέον μέθοδος υπολογισμού περιοχών όπου τοποθετήθηκαν οι καμπίνες και το αντίστοιχο αστικό κέντρο στο χάρτη σύμφωνα με τις συντεταγμένες τους και υπολογίστηκαν με Delaunay τριγωνοποίηση το εμβαδό που καλύπτουν όλες οι καμπίνες και το εμβαδό που καλύπτουν οι καμπίνες με όριο απόστασης μεταξύ τους ίσο με τη μέση απόσταση των καμπινών από το αντίστοιχο αστικό κέντρο. Έτσι υπολογίζεται το συνολικό μέγεθος της περιοχής που καλύπτει το αστικό κέντρο και μέγεθος της περιοχής που καλύπτουν ομάδες καμπινών (cabinet clusters). Στις περιοχές όπου αυτά τα εμβαδά υπολογίζονται μικρότερα από την επιφάνεια της οικιστικής περιοχής, κυρίως σε πυκνές αστικές και αστικές περιοχές, τα εμβαδά αυτά δεν λαμβάνονται υπόψη και λαμβάνεται υπόψη το εμβαδό των οικιστικών περιοχών.

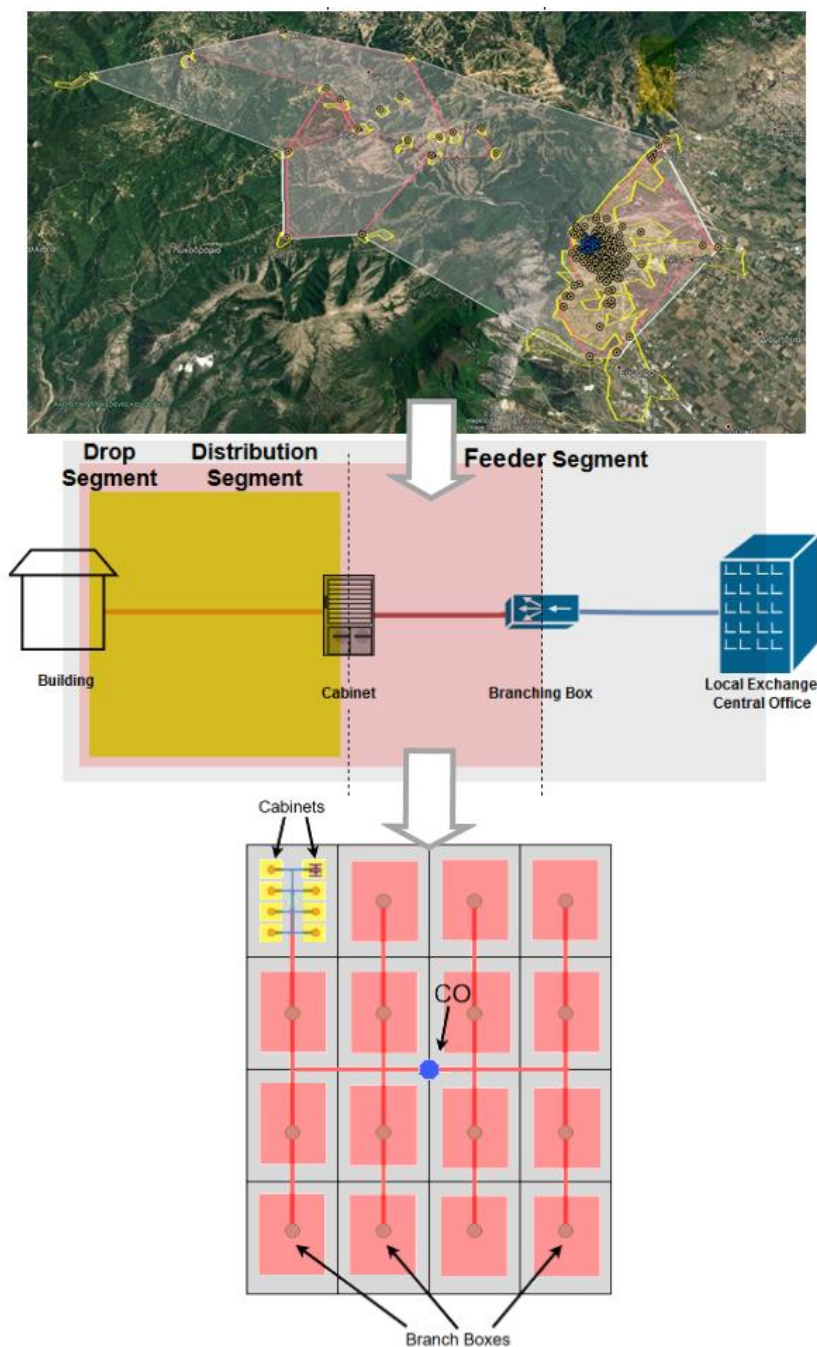


Σχήμα 16: Παράδειγμα υλοποίησης μεθόδου διαφορετικού εμβαδού ανά τμήμα δικτύου.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε για να ληφθεί υπόψη η διαφορά οικιστικής πυκνότητας της περιοχής που καλύπτει το Feeder τμήμα του δικτύου ενός αστικού κέντρου (αστικό κέντρο έως τις καμπίνες). Το Feeder τμήμα είναι συνήθως αραιό σε αγροτικές και ημιαστικές περιοχές, σε σχέση με την οικιστική πυκνότητα της περιοχής που καλύπτει το Distribution τμήμα του δικτύου (τμήμα από καμπίνα έως τα κτίρια).

Τα παραπάνω εμβαδά (συνολική περιοχή, περιοχή ομάδων καμπινών και οικιστική) χρησιμοποιούνται από το μοντέλο διαστασιοποίησης ως ισοδύναμες περιοχές παραλληλόγραμμου σχήματος. Το αστικό κέντρο τοποθετείται στο κέντρο της ισοδύναμης συνολικής περιοχής (Total Area), ενώ τα κτίρια και οι καμπίνες τοποθετούνται ομοιόμορφα στην έκταση της ισοδύναμης οικιστικής περιοχής (Distribution Area) που καλύπτει το αστικό κέντρο. Τα σημεία συγκέντρωσης καλωδίων (Branch Boxes) από τις καμπίνες τοποθετούνται σε μια ισοδύναμη περιοχή (Feeder Area) που υπολογίζεται συναρτήσει του

εμβαδού των εκτάσεων που περικλείουν οι συντεταγμένες ομάδων καμπινών (cabinet clusters) και του εμβαδού της οικιστικής περιοχής.



Σχήμα 17: Μεθοδολογία απεικόνισης γεωγραφικών δεδομένων στο γεωμετρικό μοντέλο ανά τμήμα δικτύου.

Πρέπει να σημειωθεί, ότι οι καμπίνες και τα κτίρια τοποθετούνται ομοιόμορφα στην έκταση της οικιστικής περιοχής που καλύπτει το αστικό κέντρο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι καμπίνες ενός αστικού κέντρου να εξυπηρετούν το ίδιο πλήθος κτιρίων και κατοικιών κατά τη διαστασιοποίηση.

Για τον υπολογισμό των κτιρίων και των κατοικιών που καλύπτει το κάθε αστικό κέντρο χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία της απογραφής της ΕΛ.ΣΑΤ του 2011¹³¹⁴. Από τα στοιχεία κτιρίων ανά χρήση (κατοικίες, ξενοδοχεία, σχολεία, καταστήματα, γραφεία κτλ.) και του συνόλου κατοικιών ανά δήμο (Καλλικρατικό) προέκυψε ο μέσος όρος κατοικιών ανά κτίριο ανά δήμο. Τα κτίρια με αποκλειστική χρήση ως γραφεία, καταστήματα, εργοστάσια και λοιπές υπηρεσίες (μη κατοικίες) έχουν θεωρηθεί ότι καταλαμβάνουν πλήρως ένα κτίριο και θεωρείται ότι χρησιμοποιούν μια γραμμή και συμπεριλαμβάνονται στο πλήθος κατοικιών ως μία κατοικία. Επιπλέον, για τους υπολογισμούς του μοντέλου από τα κτίρια εξαιρέθηκαν τα κτίρια «άλλης» χρήσης¹⁵ (486.417 από σύνολο 4.105.637) για τα οποία δεν είναι διαθέσιμες επιπλέον πληροφορίες για τον ρόλο τους. Ωστόσο, παρατηρήθηκε ότι είναι αυξημένα κυρίως σε αγροτικές περιοχές και ως τούτου εκτιμάται ότι αφορούν κυρίως κτίσματα χωρίς τηλεφωνική γραμμή. Τα παραπάνω στοιχεία δεν αναμένεται να μεταβληθούν αισθητά λόγω της μειωμένης οικοδομικής δραστηριότητας των τελευταίων ετών. Ο υπολογισμός συνοψίζεται στον παρακάτω τύπο που εφαρμόστηκε για κάθε δήμο της χώρας.

$$\text{Κατοικίες/Κτίριο} = \frac{\text{Μη Κατοικίες} + \text{Κατοικίες}}{\text{Συνολο Κτιρίων} - \text{Κτίρια άλλης Χρήσης}}$$

Επιπρόσθετα, υπολογίστηκε η μέση επιφάνεια κτιρίου ανά δήμο χρησιμοποιώντας τους πίνακες κατοικιών κατά επιφάνεια (μ²) και κτιρίων κατά πλήθος ορόφων, από όπου προέκυψαν η μέση επιφάνεια κατοικίας ανά δήμο και το μέσο πλήθος ορόφων κτιρίου ανά δήμο. Από αυτά υπολογίστηκε σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο η μέση επιφάνεια κτιρίου ανά δήμο ως η μέση επιφάνεια ορόφου του κτιρίου.

$$\text{Επιφάνεια/Κτίριο} = \text{Επιφάνεια/Όροφο} = \frac{\text{Κατοικίες/Κτίριο} * \text{Επιφάνεια/Κατοικία}}{\text{Όροφοι/Κτίριο}}$$

Τόσο οι μονοκατοικίες όσο και οι πολυκατοικίες έχουν υπολογιστεί βάσει του πλήθους κατοικιών που περιέχουν. Έχει θεωρηθεί ότι οι μονοκατοικίες έχουν μόνο έναν όροφο (το ισόγειο) διότι δεν υπάρχουν δημοσιευμένα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ που να σχετίζουν το τύπο κατοικίας (μονοκατοικία ή πολυκατοικία) με το πλήθος ορόφων. Τα παραπάνω εμβαδά, κτίρια και επιφάνειες κτιρίων αντιστοιχίζονται στα αστικά κέντρα ανάλογα με τους δήμους και το πλήθος των καμπινών ανά δήμο που έχει το κάθε αστικό κέντρο. Σύμφωνα με τα παραπάνω προκύπτει το πλήθος κτιρίων, κατοικιών, και η μέση επιφάνεια κτιρίου ανά αστικό κέντρο. Σημειώνεται ότι από την ΕΛΣΤΑΤ υπάρχει και η πληροφορία επακριβώς για τον αριθμό κτιρίων που δεν είναι SDU (ουσιαστικά όπου SDU θεωρείται ένας όροφος και όπου MDU περισσότεροι όροφοι). Στη συνέχεια

¹³ <http://www.statistics.gr/census-buildings-2011> , πίνακες 1, 2 και 4

¹⁴ <http://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SAM05/2011> , πίνακας B17

¹⁵ http://www.statistics.gr/documents/20181/1204362/A1601_SKT01_TB_DC_00_2011_02A_F_GR.xls/7aacd504-d737-4fc8-a450-7d506082bfa5

χρησιμοποιείται μαθηματικός λογισμός για τον υπολογισμό του συνόλου των ορόφων.

Επισημαίνεται ότι χρησιμοποιήθηκαν για το πλήθος κτιρίων μόνο στοιχεία της ΕΛ.ΣΤΑΤ και όχι στοιχεία για το πλήθος κτιρίων για ορισμένα (διακόσια πενήντα τρία) αστικά κέντρα από τις απαντήσεις του ΟΤΕ. Σύμφωνα με τα στοιχεία του ΟΤΕ με τον όρο κτίρια γίνεται αναφορά σε διακριτές διευθύνσεις και όχι διαφορετικά κτίσματα όπως στα στοιχεία της ΕΛ.ΣΤΑΤ. Επομένως, η καταμέτρηση του πλήθους κτιρίων σύμφωνα με τη μέθοδο της ΕΛ.ΣΤΑΤ κρίνεται ότι οδηγεί σε πιο αξιόπιστα αποτελέσματα για τον υπολογισμό των οδεύσεων. Επίσης, η ταυτόχρονη χρήση ορισμένων στοιχείων (πλήθους κτιρίων) που προκύπτουν με διαφορετικές μεθόδους καταγραφής πιθανόν να επηρέαζε αρνητικά τη συνέπεια του συνόλου των στοιχείων της γεωγραφικής ανάλυσης.

Το τελικό μέγεθος της οικιστικής περιοχής που χρησιμοποιεί το μοντέλο για το Distribution τμήμα υπολογίζεται κατά 75% - 85% από την μέση επιφάνεια κτιρίου επί του συνόλου των κτιρίων και κατά 25% - 15% από τα εμβαδά οικιστικής περιοχής που προέκυψαν από τις δύο πρώτες μεθόδους υπολογισμού επιφανειών. Σκοπός της παραπάνω ποσόστωσης είναι να ληφθεί υπόψη η πυκνότητα κτισμάτων στις οικιστικές περιοχές. Τα ποσοστά αποτελούν συντελεστές βαθμονόμησης (calibration) που διαφοροποιούνται ανά τύπο αστικότητας (geotype) και προκύπτουν από δειγματοληπτικές δοκιμές και αποτελέσματα με εργαλεία γεωγραφικών μοντέλων GIS σε συγκεκριμένα αστικά κέντρα. Επιπλέον, το Drop τμήμα υπολογίζεται ως ένα μέσο μήκος ανά κτίριο, το οποίο είναι τρία (3) μέτρα για αστικές (Urban) και πυκνές αστικές περιοχές (Dense Urban), δέκα (10) μέτρα για ημιαστικές (Suburban) και δώδεκα (12) μέτρα για αγροτικές (Rural). Οι τιμές αυτές λαμβάνουν υπόψη το γεγονός ότι οι οδεύσεις του τμήματος Distribution στο γεωμετρικό μοντέλο, υπολογίζονται διατρέχοντας μπροστά από κάθε κτίριο.

Τα κτίρια με ενεργούς συνδρομητές υπολογίζονται από τα συνολικά κτίρια σύμφωνα με την αναλογία μεταξύ ενεργών συνδρομητών προς το σύνολο των κατοικιών ανά αστικό κέντρο λαμβάνοντας υπόψη την ομοιόμορφη κατανομή. Η προσέγγιση αυτή χρησιμοποιήθηκε διότι δεν είναι γνωστό πόσα και ποια ακριβώς είναι η θέση των κτιρίων που δεν διαθέτουν ενεργούς συνδρομητές. Ο υπολογισμός των ενεργών κτιρίων και συγκεκριμένα των πολυκατοικιών περιεγράφηκε αναλυτικά στην ενότητα 3.7.

Η διαστασιολόγηση του δικτύου γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε το δίκτυο χαλκού να μπορεί να εξυπηρετήσει το σύνολο των κτηρίων, κατοικιών και επιχειρήσεων και όχι μόνο τους ενεργούς συνδρομητές. Αυτό είναι απολύτως συμβατό με τα οριζόμενα:

α) στο Παράρτημα 3 της Απόφασης ΑΠ ΕΕΤΤ 792/07/22.12.2016 «Ορισμός εθνικής αγοράς χονδρικής τοπικής πρόσβασης σε σταθερή θέση, καθορισμός επιχειρήσεων με σημαντική ισχύ στην εν λόγω αγορά και υποχρεώσεις αυτών

(4ος Κύκλος Ανάλυσης) (ΦΕΚ 4505/Β/30.12.2016) όπου ορίζεται ότι η εισαγωγή της τεχνολογίας VDSL vectoring στην Ελληνική επικράτεια υπόκειται στην προϋπόθεση διαθεσιμότητας από τον ΟΤΕ και τους παρόχους εικονικού χονδρικού προϊόντος (τύπου VULA), σύμφωνα με κοινές τεχνικές προδιαγραφές εγκεκριμένες από την ΕΕΤΤ στις περιοχές οι οποίες τους ανατίθενται.

β) με την Απόφαση ΑΠ ΕΕΤΤ 859/6/16-7-2018 «Καθορισμός των τεχνικών προδιαγραφών και των ελάχιστων χαρακτηριστικών του χονδρικού προϊόντος Εικονικής Τοπικής Αδεσμοποίησης Πρόσβασης (Virtual Local Unbundling – VLU), όπως ορίζεται στο Παράρτημα 3 της ΑΠ ΕΕΤΤ 792/07/22.12.2016 (ΦΕΚ 4505/Β/30.12.2016), σε συνέχεια των προσωρινών μέτρων της ΑΠ ΕΕΤΤ 808/02/27.04.2017», όπου στην παρ. 2.2.8.1 κατά τον έλεγχο της διαθεσιμότητας ελέγχεται αν ο χρήστης βρίσκεται στην περιοχή εξυπηρέτησης κάποιου εκ των ΥΚΚ/ΥΚΕΕ του ΠΧΤΥ το οποίο και έχει διασυνδεθεί με καμπίνα του ΠΠ, με αποτέλεσμα ο ΠΠ να έχει τη δυνατότητα να παρέχει υπηρεσίες VLU/FTTC.

Τέλος, η βαθμονόμηση (calibration) των παραμέτρων του μοντέλου που αφορούν το εμβαδό βασίστηκε σε δείγμα αποτελεσμάτων GIS για τριάντα τέσσερα (34) αστικά κέντρα για το Distribution και Drop τμήμα και σε δείγμα χιλίων εννιακοσίων τριανταπέντε (1935) αστικών κέντρων για το Feeder τμήμα, δηλαδή σε ποσοστό μεγαλύτερο του 90% των αστικών κέντρων. Η προσαρμογή/βαθμονόμηση του Feeder τμήματος είχε ως αποτέλεσμα συντελεστές βαθμονόμησης ανά αστικό κέντρο για τα αστικά κέντρα του δείγματος και πολλαπλασιαστές επί του εμβαδού ανά τύπο αστικότητας (geotype) για τα αστικά κέντρα εκτός δείγματος GIS, ώστε τα αποτελέσματα του γεωμετρικού μοντέλου να ταυτίζονται με τα αποτελέσματα GIS του δείγματος με ακρίβεια $\pm 1\%$.

Συνοπτικά η μεθοδολογία βαθμονόμησης (calibration) εκτελείται ως εξής:

- Η προσαρμογή (calibration) του feeder τμήματος πραγματοποιείται υπολογίζοντας κατάλληλους συντελεστές/πολλαπλασιαστές που εφαρμόζονται επί του εμβαδού (μείωση ή αύξηση) ως παράμετρος εισόδου ανά αστικό κέντρο. Ο υπολογισμός των συντελεστών ανά αστικό κέντρο έχει γίνει επαναληπτικά έως ότου η απόκλιση των οδεύσεων του γεωμετρικού μοντέλου από τα αποτελέσματα οδεύσεων GIS να είναι μικρότερη του 1%. Ομοίως, υπολογίζονται και συντελεστές προσαρμογής ανά τύπο αστικότητας περιοχής (αγροτική, ημιαστική, αστική, πυκνή αστική) επαναληπτικά έως ότου το συνολικό μήκος οδεύσεων του γεωμετρικού μοντέλου να ισούται με το συνολικό μήκος οδεύσεων GIS με απόκλιση μικρότερη του 1% ανά τύπο αστικότητας περιοχής. Οι συντελεστές ανά τύπο αστικότητας περιοχής εφαρμόζονται για τον υπολογισμό των οδεύσεων για τα 192 αστικά κέντρα εκτός του δείγματος GIS.
- Για το distribution και drop τμήμα οι συντελεστές προσαρμογής ανά τύπο αστικότητας περιοχής χρησιμοποιούνται για όλα τα αστικά κέντρα

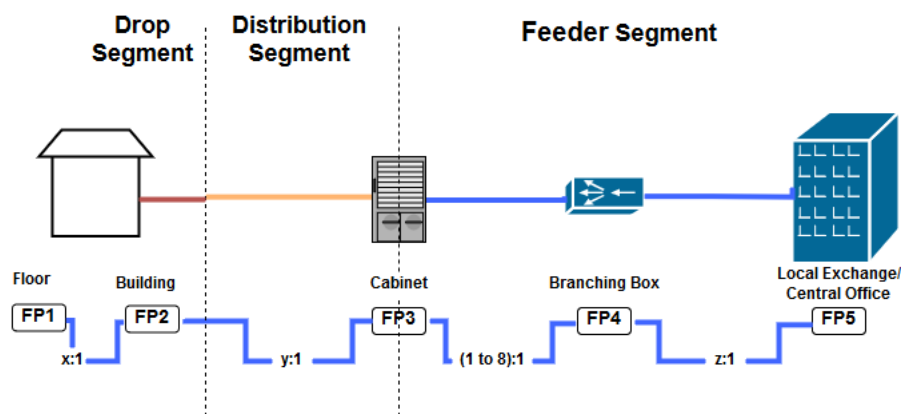
συμπεριλαμβανομένου του GIS δείγματος (34 αστικά κέντρα). Ωστόσο, οι συντελεστές προσαρμογής για το distribution και drop τμήμα λειτουργούν ως βάρη για το μέσο όρο (weighted average) μεταξύ του εμβαδού οικιστικής περιοχής και του αθροίσματος επιφανειών κτιρίων (βάσει στοιχείων ΕΛΣΤΑΤ), Για παράδειγμα, αν ο συντελεστής προσαρμογής είναι 85% τότε ως εμβαδό εισόδου χρησιμοποιείται ο μέσος όρος βασισμένος κατά 85% στο άθροισμα της επιφάνειας των κτιρίων και κατά 15% στο μέγεθος εμβαδόν της οικιστικής περιοχής.

Τα αποτελέσματα GIS υπολογίστηκαν με χρήση της εφαρμογής ανοιχτού κώδικα QGIS με υπολογισμό των οδεύσεων με αλγόριθμο Steiner Tree¹⁶ επί του οδικού δικτύου. Όσον αφορά το δείγμα των 34 A/K για τα τμήματα distribution/drop, αυτό προέκυψε από τα στοιχεία που διατέθηκαν στην ΕΕΤΤ από τον κυρίαρχο πάροχο. Τα στοιχεία αυτά προέκυψαν με αλγόριθμο Steiner Tree επί του οδικού δικτύου για 34 A/K που επελέγησαν τυχαία και περιλαμβάνουν περιοχές για όλους τους τύπους αστικότητας (πυκνές αστικές, αστικές, ημιαστικές, αγροτικές).

5.2 Γεωμετρικό μοντέλο

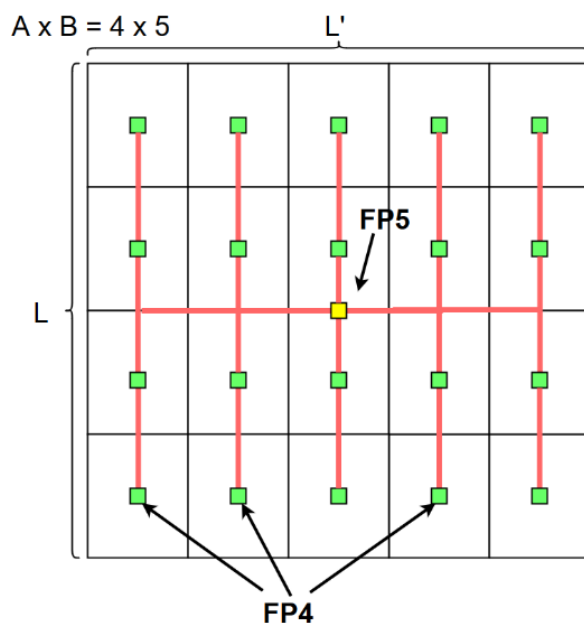
Στο γεωμετρικό μοντέλο το δίκτυο έχει δενδροειδή δομή και αποτελείται από επίπεδα με flexibility points (FP), όπου κάθε FP αντιστοιχεί σε κάποιο στοιχείο του δικτύου. Στη συγκεκριμένη υλοποίηση έχουν χρησιμοποιηθεί τα FP5, FP4, FP3, FP2 που αντιστοιχούν στο αστικό κέντρο (Central Office), στα σημεία συγκέντρωσης καλωδίων των καμπινών (Branch Boxes), στις καμπίνες (Cabinets) και στα κτίρια (Buildings) (Σχήμα 18). Επομένως, το Feeder τμήμα του δικτύου αποτελείται από τα επίπεδα FP5 (σύνδεση ενός FP5 με τα FP4) και FP4 (σύνδεση ενός FP4 με τα FP3), ενώ το Distribution τμήμα αποτελείται από το επίπεδο FP3 (σύνδεση ενός FP3 με τα FP2). Το Drop τμήμα, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, υπολογίζεται ως ένα μέσο μήκος σκαψίματος ανά κτίριο που καλύπτει το αστικό κέντρο.

¹⁶ https://en.wikipedia.org/wiki/Steiner_tree_problem



Σχήμα 18: Δομή δικτύου σε επίπεδα από FP

Σε κάθε ένα από τα τρία επίπεδα (FP5, FP4 και FP3) το αντίστοιχο FP τοποθετείται στο κέντρο της περιοχής που καλύπτει και συνδέεται με τοπολογία αστέρα-πλέγματος (star-mesh) με τα FPs χαμηλότερου επιπέδου, τα οποία έχουν τοποθετηθεί ομοιόμορφα στο επίπεδο, δηλαδή καλύπτουν ίσου μεγέθους υπο-περιοχές και έχουν τοποθετηθεί στο αντίστοιχο κέντρο της υπο-περιοχής. Στην τοπολογία star-mesh που χρησιμοποιούμε, σκάβεται ανά περιοχή μια κύρια οδούση και κάθετα σε αυτή δευτερεύουσες οδούσεις.



Σχήμα 19: Γεωμετρικό μοντέλο Επίπεδά FP4-FP5

Το κάθε επίπεδο και οι υπο-περιοχές του έχουν σχήμα παραλληλόγραμμου με διαστάσεις που προκύπτουν από το εμβαδό της περιοχής που καλύπτει το αντίστοιχο FP (π.χ. αστικό κέντρο), το εμβαδό της περιοχής που καλύπτουν τα FPs χαμηλότερου επιπέδου (π.χ. καμπίνες) και το πλήθος των FPs σε κάθε πλευρά του επιπέδου (π.χ. 2x3 ή 4x4 ή άλλο).

Το μήκος των χαντακιών σε κάθε επίπεδο υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο.

$$T = L \cdot B \cdot \frac{(A - 1)}{A} + L' \cdot \frac{(B - 1)}{B}$$

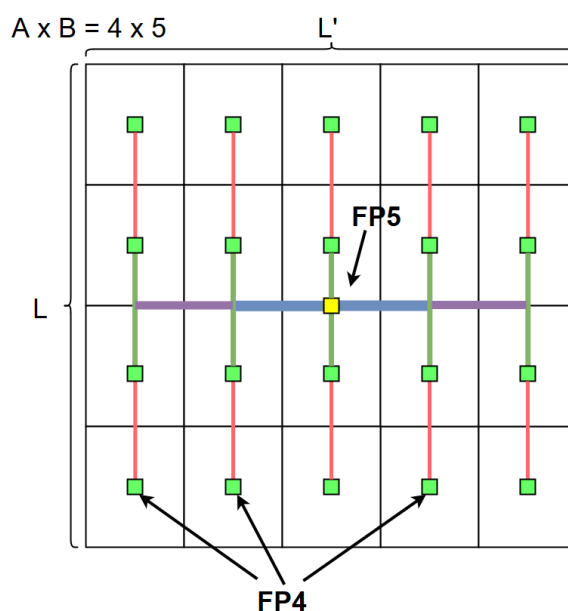
Όπου, T το μήκος των χαντακιών,

L και L' τα μήκη των πλευρών του επιπέδου και αντίστοιχα

A και B το πλήθος των FPs χαμηλότερου επιπέδου σε κάθε πλευρά του επιπέδου.

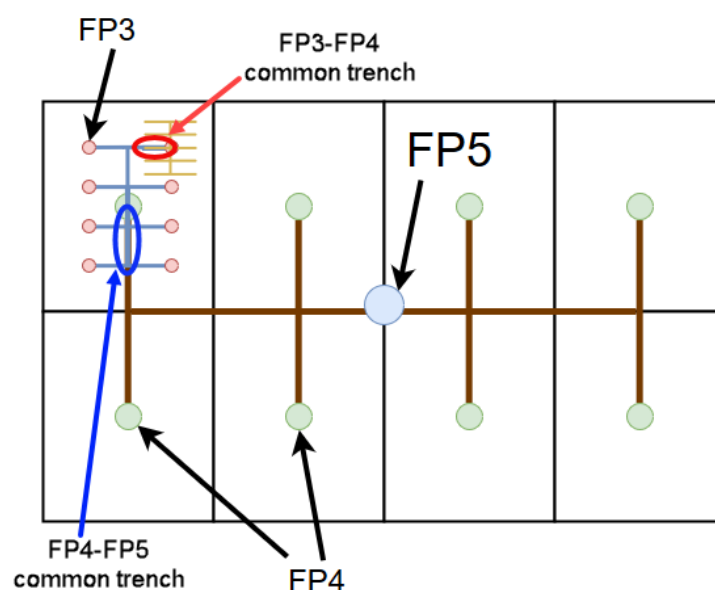
Τα A και B για κάθε FP υπολογίζονται βάσει του μέσου πλήθους κτιρίων ανά καμπίνα (FP2 ανά FP3), του μέσου πλήθους καμπινών (μέγιστο 8) ανά Branch Box (FP3 ανά FP4) και του συνολικού πλήθους των Branch Boxes που έχει το αστικό κέντρο (FP4 ανά FP5).

Για τον υπολογισμό των καλωδίων σε κάθε χαντάκι υπάρχει μόνο ένα καλώδιο εάν η χωρητικότητα του καλωδίου είναι αρκετή, ή πολλαπλάσια αυτού εάν η χωρητικότητα του δεν επαρκεί. Επομένως, για τον υπολογισμό του μήκους των καλωδίων, χρησιμοποιείται κώδικας VBA (Visual Basic for Applications) του MS Excel, ο οποίος δεδομένων των L , L' , A , B , της χωρητικότητας του καλωδίου (σε οπτικές ίνες ή ζεύγη χαλκού) και των οπτικών ινών ή ζευγών χαλκού που καταλήγουν σε κάθε FP μικρότερου (επόμενου) επιπέδου δημιουργεί δισδιάστατο πίνακα στο μέγεθος του επιπέδου ($A \times B$), τον οποίο διατρέχει και υπολογίζει το μήκος που απαιτείται για τη συγκεκριμένη χωρητικότητα καλωδίου. Ο υπολογισμός αυτός επαναλαμβάνεται ανά επίπεδο για κάθε είδος καλωδίου που διαθέτουμε στη λίστα των δομικών στοιχείων του μοντέλου.



Σχήμα 20: Απεικόνιση του γεωμετρικού μοντέλου για το επίπεδο FP4-FP5 με διαφορετικό χρώμα οδεύσεων ανάλογα με τη χωρητικότητα του καλωδίου.

Τέλος, γίνεται υπολογισμός με κώδικα VBA του κοινού μέρους οδεύσεων (επαναχρησιμοποίησης χαντακιών) μεταξύ των επιπέδων FP5, FP4 και FP3, ώστε να υπολογιστεί το κοινό μέρος μεταξύ του Feeder και του Distribution τμήματος του δικτύου (Internal Sharing). Ο υπολογισμός γίνεται με αλγόριθμο όμοιο με τη μέθοδο υπολογισμού καλωδίων διατρέχοντας τον πίνακα του κάθε επιπέδου και υπολογίζοντας τα κοινά χαντάκια μεταξύ των επιπέδων.



Σχήμα 21: Γεωμετρικό μοντέλο Επίπεδά FP4-FP5 Common Trench

Από τα αποτελέσματα του αλγορίθμου, τα μήκη του κάθε τμήματος του δικτύου προκύπτουν ως εξής:

$$TotalFeeder_{Trench} = FP5_{Trench} + FP4_{Trench} - FP5FP4_{commonTrench}$$

$$TotalDistribution_{Trench} = FP3_{Trench}$$

$$FeederDistribution_{commonTrench} = FP3FP4_{commonTrench} + FP3FP5_{commonTrench}$$

$$Distribution_{Trench} = FP3_{Trench} - FeederDistribution_{commonTrench}$$

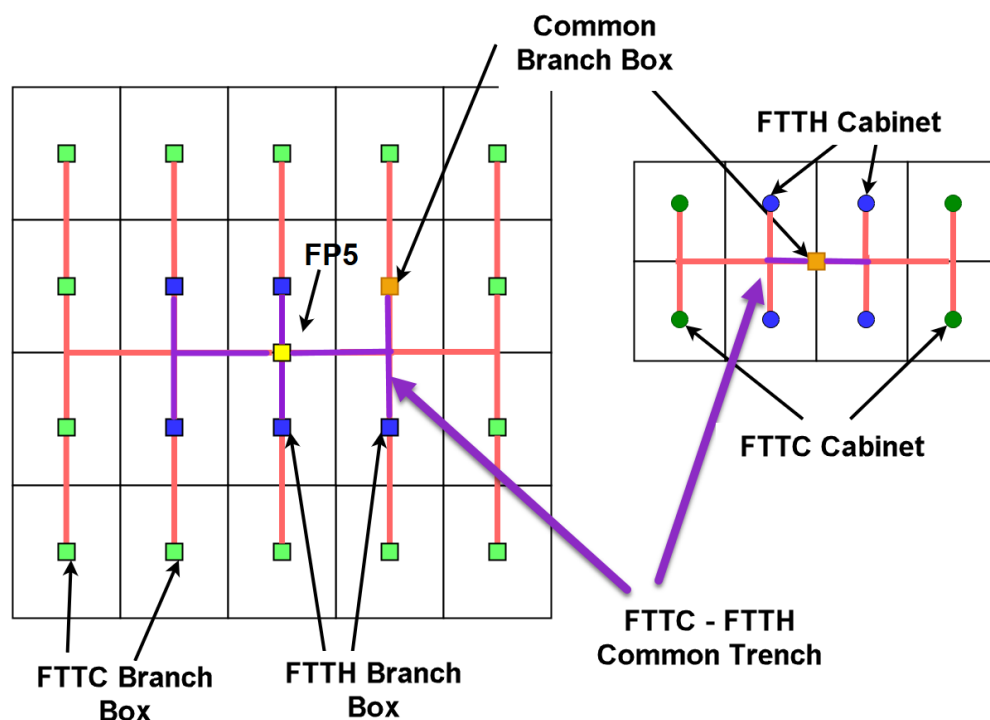
όπου « $TotalFeeder_{Trench}$ » είναι το συνολικό μήκος οδεύσης έχοντας αφαιρέσει τα κοινά μέρη μεταξύ FP5 και FP4, « $TotalDistribution_{Trench}$ » είναι η συνολική οδεύση στο Distribution τμήμα συμπεριλαμβανομένων του κοινού μέρους με το Feeder τμήμα ($FeederDistribution_{commonTrench}$) και « $Distribution_{Trench}$ » είναι η τελική οδεύση στο Distribution τμήμα μετά την αφαίρεση του κοινού μέρους με

το Feeder τμήμα. Η διαφορά μεταξύ TotalDistribution και Distribution όδευσης έγκειται στο γεγονός ότι το μέγεθος των χαντακιών του Distribution έχουν μέγεθος που διαφέρει από το μέγεθος των χαντακιών του Feeder, τα οποία είναι μεγαλύτερα. Επομένως, τα κοινά με το Feeder χαντάκια αφαιρούνται από το συνολικό Distribution, διότι θεωρούνται μεγέθους Feeder. Τέλος, γίνεται η παραδοχή ότι το Drop τμήμα δεν έχει κοινά χαντάκια με τα άλλα δύο τμήματα του δικτύου.

Οι παραπάνω υπολογισμοί επαναχρησιμοποίησης χαντακιών αφορούν τις παρακάτω περιπτώσεις:

- Μεταξύ Feeder δικτύου χαλκού και Distribution δικτύου χαλκού
- Μεταξύ Feeder δικτύου FTTH και Distribution δικτύου FTTH

Μεταξύ Feeder δικτύου FTTC και Feeder δικτύου FTTH ο υπολογισμός των κοινών οδεύσεων γίνεται με αλγόριθμο όμοιας μεθοδολογίας (διατρέχοντας πίνακα ίδιων διαστάσεων με το FP επίπεδο) και υπολογίζεται ως το άθροισμα της κοινής όδευσης από το αστικό κέντρο μέχρι τα Branch Boxes (FTTC και FTTH) στο επίπεδο FP5 και της κοινής όδευσης προς τις καμπίνες εντός του επιπέδου FP4 που αφορά το κοινό Branch Box, εάν αυτό υπάρχει.

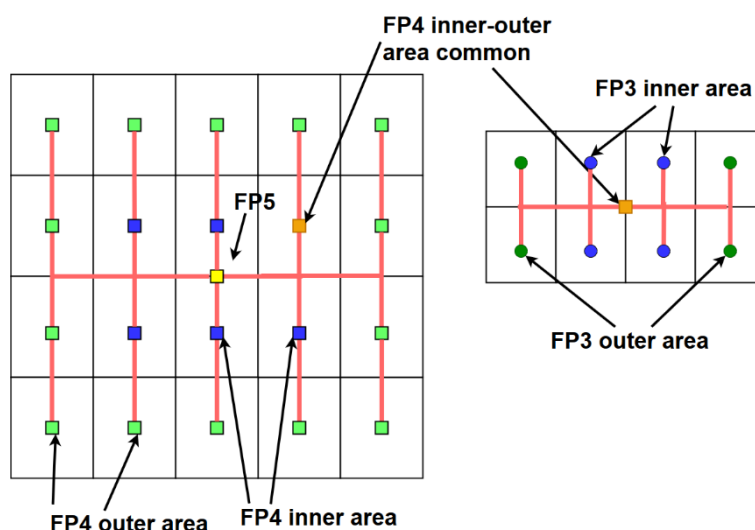


Σχήμα 22: Επαναχρησιμοποίηση μεταξύ FTTC και FTTH δικτύου.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, δεν υπολογίζεται η επαναχρησιμοποίηση μεταξύ των δικτύων NGA με το δίκτυο χαλκού, καθώς αυτό αποτελεί παράμετρο του κυρίως μοντέλου στο οποίο γίνονται οι σχετικοί υπολογισμοί.

5.3 Διαστασιοποίηση δικτύων NGA

Η διαστασιοποίηση των δικτύων NGA γίνεται υπολογίζοντας τις οδεύσεις συμπεριλαμβανομένων όλων των καμπινών και διαχωρίζοντας τα δικτυακά στοιχεία, δηλαδή Branch Boxes και καμπίνες, εντός και εκτός της περιοχής των 550 μέτρων (Inner Area). Ο διαχωρισμός πραγματοποιείται σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΕΤΤ για το πλήθος των καμπινών που είναι εντός ή εκτός των 550 μέτρων καλωδιακής απόστασης. Στη συνέχεια αφαιρούνται οι καμπίνες που εξαιρούνται από τη μοντελοποίηση, όπως οι επιδοτούμενες και τα αντίστοιχα Branch Boxes ώστε να υπολογιστούν οι οδεύσεις και τα μήκη καλωδίων για τις υπόλοιπες καμπίνες που είναι FTTC ή FTTH τεχνολογίας. Στο σενάριο υπολογισμού του δικτύου χαλκού οι επιδοτούμενες καμπίνες, συμμετέχουν στον υπολογισμό σύμφωνα με όσα προαναφέρθηκαν.



Σχήμα 23: Γεωμετρικό μοντέλο με διαχωρισμό των δικτυακών στοιχείων σε εντός και εκτός 550 μέτρων (Inner – Outer)

Για τον χαρακτηρισμό της καλωδιακής απόστασης των καμπινών των αντίστοιχων Branch Boxes (μικρότερη ή μεγαλύτερη των 550μ.), θεωρείται ότι τα δικτυακά στοιχεία που ανήκουν στην περιοχή εντός των 550 μέτρων απέχουν τη μικρότερη καλωδιακή απόσταση από το κέντρο του επιπέδου, δηλαδή αν N καμπίνες σύμφωνα με τα πραγματικά στοιχεία είναι εντός των 550 μέτρων, στο γεωμετρικό μοντέλο γίνεται η παραδοχή ότι οι N πιο κοντινές καμπίνες στο αστικό κέντρο είναι αυτές που αντιστοιχούν στην περιοχή εντός των 550μ. Ομοίως για τα αντίστοιχα Branch Boxes. Για παράδειγμα, αν από τις 160 καμπίνες οι 48 είναι εντός των 550 μέτρων θεωρούνται ότι τα 6 πιο κοντινά (σ.σ. μέγιστα 8 καμπίνες ανά Branch Box) στο αστικό κέντρο από τα 20 Branch Box του αστικού κέντρου είναι εντός των 550 μέτρων και περιέχουν καμπίνες

εντός των 550 μέτρων. Στην περίπτωση κοινού Branch Box, που περιέχει δηλαδή καμπίνες εντός και εκτός των 550 μέτρων (π.χ. 44 καμπίνες εντός 550 μέτρων από το σύνολο των 160, σύμφωνα με τα πραγματικά στοιχεία), οι πιο κοντινές καλωδιακά καμπίνες στο Branch Box θεωρούνται καμπίνες εντός των 550 μέτρων. Με αυτό τον τρόπο διαχωρίζονται οι δύο περιοχές σύμφωνα με την καλωδιακή απόσταση των 550 μέτρων τόσο ως προς τις καμπίνες όσο και προς τα Branch Boxes, ώστε να καθοριστεί αν η όδευση που καταλήγει σε κάθε δικτυακό στοιχείο ανήκει στο δίκτυο FTTC ή στο δίκτυο FTTH.

Όσον αφορά τις καμπίνες εκτός των 550 μέτρων που έχουν ανατεθεί ως FTTH, θεωρείται ότι αυτές είναι οι πιο κοντινές στο αστικό κέντρο στη περιοχή εκτός των 550 μέτρων, δεδομένου ότι η επέκταση του FTTH δικτύου όσο το δυνατόν πιο κοντά στο αστικό κέντρο οδηγεί σε πιο αποδοτικό δίκτυο FTTH από πλευράς μηκών καλωδίων και όδευσης. Επιπλέον, για την αφαίρεση επιδοτούμενων καμπινών, θεωρείται ότι ο αποδοτικός πάροχος δεν υλοποιεί και συνεπώς επιδοτείται για τις πιο απομακρυσμένες καμπίνες εντός των 550 μέτρων και τις πιο απομακρυσμένες εκτός των 550 μέτρων. Αντίστοιχη θεώρηση γίνεται για τα Branch Boxes εφόσον αυτά δεν συνδέονται με καμία καμπίνα (η οποία δεν αφαιρείται).

Τέλος για το δίκτυο FTTH, σύμφωνα και με τα στοιχεία των παρόχων εφαρμόζονται δύο σημεία splitting ratio, στην καμπίνα και στο BEP του κτιρίου. Τα σημεία αυτά έχουν splitting ratio 1/4 και 1/8 ή αντίστοιχα 1/8 και 1/4 ανάλογα με το πλήθος των κατοικιών ανά κτήριο. Για παράδειγμα αν το κτίριο έχει παραπάνω από τέσσερις κατοικίες τότε εφαρμόζεται 1/4 στην καμπίνα και 1/8 στο BEP. Το συνολικό splitting ratio είναι σε κάθε περίπτωση 1/32.

5.4 Διαστασιοποίηση δικτύου χαλκού

Για τη διαστασιοποίηση του δικτύου χαλκού, γίνεται αντικατάσταση των καλωδίων οπτικών ινών και με καλώδια χαλκού διατηρώντας ίδιο το συνολικό μήκος των οδεύσεων, όπως υπολογίστηκε για τα δίκτυα FTTH και FTTC. Ωστόσο, το πλήθος ζευγών χαλκού στο Feeder τμήμα του δικτύου ισούται με το πλήθος των ζευγών χαλκού στο Distribution τμήμα του δικτύου σε αντίθεση με τα δίκτυα NGA που μία οπτική ίνα του Feeder αντιστοιχεί σε περισσότερους χρήστες (Splitting Ratio) στο Distribution τμήμα. Επομένως, τα καλώδια του χαλκού που χρησιμοποιούνται έχουν μεγαλύτερη χωρητικότητα (σε ζεύγη χαλκού) από τα καλώδια οπτικών ινών που χρησιμοποιούνται για το NGA και δεν γίνεται άμεση αντιστοίχιση με αυτά, αλλά επανυπολογισμός των καλωδίων σύμφωνα με τις νέες αυξημένες χωρητικότητες πάνω στις ίδιες οδεύσεις.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα καλώδια του χαλκού στο feeder τμήμα του δικτύου διαστασιοποιούνται ανάλογα με τις ενεργές συνδέσεις κι όχι με αναλογία 1:1 με το σύνολο των ζευγών χαλκού που είναι διαθέσιμα στο Distribution τμήμα. Η ελάχιστη αναλογία των ζευγών χαλκού του Feeder με του Distribution είναι κατ' ελάχιστο 2:3 σε περιπτώσεις πολύ μικρού πλήθους

ενεργών συνδέσεων. Η αναλογία αυτή προέκυψε σύμφωνα με τα στοιχεία που διατέθηκαν στην EETT από τον κυρίαρχο πάροχο.

Τόσο στο δίκτυο χαλκού όσο και στα δίκτυα NGA, σε κάθε κατοικία τερματίζει ένα καλώδιο ζεύγους χαλκού ή ζεύγους οπτικών ινών αντίστοιχα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η διαστασιοποίηση έχει υλοποιηθεί με κύριο στόχο την αποδοτικότητα του NGA δικτύου και επομένως το τμήμα distribution διέρχεται μπροστά από τα σπίτια στο οδόστρωμα. Το τμήμα drop περιλαμβάνει το χαντάκι και την καλωδίωση μέχρι το BEP. Επιπλέον, στο μοντέλο δεν γίνεται ξεχωριστή διαστασιοποίηση του εναερίου δικτύου, αλλά ένα ποσοστό του τμήματος distribution και drop τόσο στο δίκτυο χαλκού όσο και στο δίκτυο FTTC μετατρέπεται και μοντελοποιείται ως εναέριο καλώδιο σε ημιαστικές και αγροτικές περιοχές σύμφωνα με παραμέτρους και υπολογισμούς του κυρίως μοντέλου.

5.5 Οπτικά καλώδια και καλώδια χαλκού

Η οπτική καλωδίωση στο μοντέλο FTTH περιλαμβάνει διάφορους τύπους οπτικών καλωδίων με διαφορετικό αριθμό ζευγών ινών, ανάλογα με το τμήμα του δικτύου που χρησιμοποιείται. Τα μεγαλύτερα καλώδια κατά μέσο όρο (μεγάλος αριθμός ζευγών) χρησιμοποιούνται στο κύριο δίκτυο (Feeder). Τα καλώδια συγκεντρώνονται σε μεγαλύτερα στα σημεία ευελιξίας (FP), όπως φαίνεται στα ανωτέρω σχήματα.

Στο κυρίως δίκτυο (Feeder) χρησιμοποιούνται οπτικά καλώδια με 96 (8x12) έως 192 οπτικές ίνες. Στο δίκτυο διανομής (Distribution) χρησιμοποιούνται οπτικά καλώδια από 1 ζεύγος και πάνω. Αυτά τα μεγέθη καλωδίων συμμορφώνονται με τους τύπους που υπάρχουν στους εμπορικούς καταλόγους. Οι πλεονάζουσες οπτικές ίνες μπορεί να χρησιμοποιηθούν για λόγους συντήρησης ή για να καλύψουν τη μελλοντική ζήτηση χωρίς να χρειάζεται να αναπτυχθούν νέα καλώδια αλλά και για παροχή χονδρικής (dark fiber). Στο σημείο ευελιξίας FP2 τα καλώδια διανομής διαχωρίζονται στα ζεύγη των χρηστών (ακραίο δίκτυο - Drop). Τα καλώδια αυτά είναι τύπου κυρίως 2 ή 4 ζευγών. Τα οπτικά καλώδια θεωρείται ότι τοποθετούνται σε σωλήνες (τυπικής διαμέτρου 40mm - Φ40) και ότι ομαδοποιούνται με τη βοήθεια μικροσωληνώσεων. Έτσι επιτρέπεται μελλοντικά η προσθήκη κι άλλων καλωδίων και η παροχή σχετικών υπηρεσιών χονδρικής (microduct).

Όταν τα οπτικά καλώδια αντικαθίστανται από καλώδια χαλκού, στο κυρίως δίκτυο, ανάλογα με τη χωρητικότητα, χρησιμοποιούνται καλώδια των 100, 200, 300, 400, 1000 και 2000 ζευγών. Στο τμήμα διανομής και στο ακραίο καλώδια χρησιμοποιούνται καλώδια από 4 ζεύγη και άνω. Στην περίπτωση που το δίκτυο διανομής είναι εναέριο, χρησιμοποιούνται αυτοστήρικτα καλώδια κυρίως των 20 ζευγών και στο ακραίο δίκτυο καλώδια κυρίως των 2 ή 4 ζευγών. Σε

κάθε περίπτωση για τα μεγέθη καλωδίων λαμβάνονται υπόψη οι τύποι που υπάρχουν στους εμπορικούς καταλόγους.

Τα βασικά είδη καλωδιώσεων και αγωγών που χρησιμοποιούνται παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 13: Τύποι καλωδίων και σωληνώσεων/αγωγών

	Δίκτυο NGA	Δίκτυο Χαλκού
Feeder χαντάκι	3x50mm σωληνώσεις 1x40mm DBF (1x8 υπό- σωληνώσεις) άμεσης ταφής	1x110mm σωληνώσεις
Distributio n χαντάκι	2x40mm σωληνώσεις 1x40mm DBF (1x8 υπό- σωληνώσεις) άμεσης ταφής	Άμεσης ταφής
Drop χαντάκι	1x5mm σωλήνωση	Άμεσης ταφής
Καλώδια	2, 4, 8, 12, 24, 48, 96, 192 ίνες	2, 4, 10, 20, 50, 100, 200, 400, 1000, 2000 ζεύγη χαλκού

Τέλος, η περίσσεια καλωδίων οπτικών ινών στο δίκτυο NGA είναι περίπου 25%, ενώ στο δίκτυο χαλκού η περίσσεια χαλκού είναι της τάξης του 25% στο δίκτυο διανομής (distribution) και της τάξης του 16% στο τμήμα Feeder. Το τελευταίο ποσοστό οφείλεται στον συντελεστή $\frac{2}{3}$ (~0,66) με τον οποίο διαστασιοποιούνται τα καλώδια του τμήματος feeder σε σχέση με τα καλώδια του τμήματος διανομής στην Ελληνική επικράτεια.

6. Κοστολόγηση

6.1 CAPEX κόστη

Για τον προσδιορισμό του CAPEX για κάθε στοιχείο δικτυακού εξοπλισμού στο μοντέλο, χρησιμοποιήθηκαν ως βάση τα δεδομένα των παρόχων όπως αυτά αποτυπώθηκαν στα σχετικά ερωτηματολόγια εν συγκρίσει και με benchmarking στοιχεία από Ευρωπαϊκά μοντέλα και προμηθευτές εξοπλισμού. Σε περιπτώσεις όπου παρατηρήθηκαν μεγάλες αποκλίσεις στα στοιχεία που παρείχαν οι πάροχοι τότε χρησιμοποιήθηκαν κυρίως τα στοιχεία του benchmarking για τη διαμόρφωση του κόστους με κατάλληλη προσαρμογή στις ιδιότητες (χωρητικότητα) του εκάστοτε δικτυακού στοιχείου. Επίσης, ελήφθησαν υπόψη τα σχόλια των συμμετεχόντων στη δημόσια διαβούλευση του μοντέλου, όπου κρίθηκαν σχετικά. Για κάθε μοναδιαίο κόστος των παρόχων, εάν αυτό αναφέρεται σε προηγούμενο του αρχικού έτους μοντελοποίησης, γίνεται αναγωγή στο αρχικό έτος υλοποίησης λαμβάνοντας υπόψιν πληθωρισμό (πηγή: IMF) καθώς και το αντίστοιχο Cost trend για την κατηγορία που εμπίπτει το κάθε δικτυακό στοιχείο.

Τα Cost Trends που δίδονται ως είσοδος στο μοντέλο, αφορούν το κόστος των δικτυακών στοιχείων σε πραγματικούς όρους και έχουν υπολογιστεί ώστε τα τελικά Nominal Cost Trends να είναι σε συμφωνία με τα αντίστοιχα Benchmarking στοιχεία. Επιπλέον, για τις περιπτώσεις ρεύματος και καλωδίων χαλκού έχουν χρησιμοποιηθεί στοιχεία από την Eurostat και την Παγκόσμια Τράπεζα αντίστοιχα.

Στους παρακάτω πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα κόστη των βασικότερων δικτυακών στοιχείων, δηλαδή χαντακίων και καλωδίων, όπως προέκυψαν από τη μεθοδολογία που περιεγράφηκε ανωτέρω.

Πίνακας 14: CAPEX κόστη υπόγειων καλωδίων χαλκού

Χωρητικότητα	Τιμές μοντέλου (m)	Κόστος μονάδος υλικού (m)	Μέσο κόστος εργασιών και λοιπών υλικών εγκατάστασης (m)
Copper Cable 2	0,80 €	0,20 €	0,60 €
Copper Cable 4	0,97 €	0,28 €	0,69 €
Copper Cable 10	1,42 €	0,46 €	0,96 €
Copper Cable 20	2,12 €	0,71 €	1,41 €
Copper Cable 50	4,29 €	1,54 €	2,75 €
Copper Cable 100	7,86 €	2,86 €	5,00 €
Copper Cable 200	11,43 €	5,56 €	5,87 €
Copper Cable 400	17,72 €	10,11 €	7,61 €
Copper Cable 1000	29,94 €	21,94 €	8,00 €
Copper Cable 2000	53,88 €	43,88 €	10,00 €

Πίνακας 15: CAPEX κόστη εναέριων καλωδίων χαλκού

Χωρητικότητα	Τιμές μοντέλου, εγκατεστημένο (m)	Κόστος μονάδος υλικού (m)	Μέσο κόστος εργασιών και λοιπών υλικών εγκατάστασης (m)
Aerial Copper Cable 2	5,82 €	0,33€	5.49€
Aerial Copper Cable 4	6,49 €	0,56€	5,99€
Aerial Copper Cable 20	11,90 €	1,97€	10,93€

Πίνακας 16: CAPEX κόστη υπόγειων καλωδίων οπτικών ινών

Τύπος καλωδίου	Τιμές μοντέλου (m)
FTTH Fiber Cable 2	1,00 €
FTTH Fiber Cable 4	1,36 €
FTTH Fiber Cable 8	1,74 €
FTTH Fiber Cable 12	1,90 €
FTTH Fiber Cable 24	2,06 €
FTTH Fiber Cable 48	2,49 €
FTTH Fiber Cable 96	3,40 €
FTTH Fiber Cable 192	5,60 €
FTTC Fiber Cable 12	1,31 €
FTTC Fiber Cable 24	1,56 €
FTTC Fiber Cable 48	2,10 €
FTTC Fiber Cable 96	2,86 €
FTTC Fiber Cable 192	4,71 €

Πίνακας 17: CAPEX κόστη χαντακίων

Τύπος υποδομής	Τιμές μοντέλου (m)
Optical Fiber Feeder	22,00 €
Optical Fiber Distribution	21,00 €
Optical Fiber Drop	19,00 €
Copper Feeder	57,00 €
Copper Distribution	24,00 €
Copper Drop	20,00 €

Επισημαίνεται ότι τα κόστη χαντακίων περιλαμβάνουν όλα τα σχετικά κόστη συμπεριλαμβανομένων των φρεατίων, διακλαδωτήρων πολυσωλήνιων, πλαισίων στήριξης των πολυσωλήνιων, συστημάτων πολυσωλήνιων, την

ενδεικτική ταινία, την αποκατάσταση, την παρακολούθηση και την παραγωγή των σχεδίων. Υπενθυμίζεται ότι τα παραπάνω κόστη χαντακίων προσαρμόζονται κατάλληλα ανάλογα το είδος περιοχής (geotype) βάσει ποσοστών, τα οποία προέρχονται από στοιχεία του κυρίαρχου παρόχου. Επιπρόσθετα, τα ποσοστά αυτά είναι σε συμφωνία με το μέσο όρο αντίστοιχων ποσοστών των υπολοίπων ευρωπαϊκών μοντέλων (Νορβηγία, Φιλανδία, Σουηδία, Κύπρος, Βέλγιο και Ιταλία) όπου πραγματοποιείται αντίστοιχη διαφοροποίηση.

Αντίστοιχα, τα καλώδια συμπεριλαμβάνουν όλα τα σχετικά κόστη (συγκολλήσεων, μικτονομήσεων, τερματισμού, μετρήσεων κ.ά). Στην περίπτωση των καλωδίων οπτικών ινών όλα τα σχετικά κόστη, συμπεριλαμβανομένων του κόστους εργασιών εγκατάστασης και υλικών, συγκολλήσεων, απαραίτητων μετρήσεων, λαμβάνοντας υπόψη τις μέσες αποστάσεις συγκολλήσεων ανά τεχνολογία, δηλαδή κατά μέσο όρο 66 μέτρα για το δίκτυο FTTH και 431 για το δίκτυο FTTC συμφωνά με στοιχεία παρόχων.

Επιπλέον, στο μοντέλο αποτυπώνονται ως ξεχωριστό πάγιο το κόστος τελών δικαιωμάτων διέλευσης (Rights of Way) χαντακίων (συμπεριλαμβανομένων των φρεατίων) και καμπινών. Τα δικαιώματα διέλευσης υπολογίζονται μόνο για το feeder τμήμα του δικτύου σε συμφωνία με τη σχετική νομοθεσία (παρ. 9 του άρθρου 28, του ν. 4070/2012). Για την ενσωμάτωση των φρεατίων στο κόστος, έχει υιοθετηθεί η μεθοδολογία που προτάθηκε από πάροχο στα σχετικά ερωτηματολόγια κόστους, σύμφωνα με την οποία το κόστος 3,66€/μέτρο προκύπτει λαμβάνοντας υπόψη 0,40695€/μέτρο για χαντάκια και 244,17€/φρεάτιο που τοποθετούνται ανά 45 μέτρα, με το 40% των φρεατίων να τοποθετούνται κοντά σε καμπίνες εξαιρώντας τα από τα αντίστοιχα τέλη. Συμπερασματικά, ο υπολογισμός των τελών για τα χαντάκια του μοντέλου είναι ο εξής:

$$0,40695\text{€} + 244,17\text{€}/45 * 60\% = 3,66\text{€}$$

Σε αντιστοιχία με τα παραπάνω δικτυακά στοιχεία, υπάρχουν στο μοντέλο τα επαναχρησιμοποιούμενα πάγια με την ένδειξη «[REA]» (Reusable Assets).

Επισημαίνεται ότι στο μοντέλο περιλαμβάνονται δικτυακά στοιχεία που ενσωματώνουν το κόστος συστημάτων (Τιμολόγησης, διαθεσιμότητας, λοιπών IT κ.ά) σχετικών με τις υπηρεσίες χονδρικής, τα οποία είναι κατάλληλα κοστολογημένα σύμφωνα με τις υπηρεσίες αυτές. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται επιμέρους δικτυακά στοιχεία του αστικού κέντρου, όπως τα δικτυακά στοιχεία «Air Conditioning Unit» και «Power Supply Unit + Backup» που συμπεριλαμβάνει τα κόστη γεννητριών, UPS, πινάκων και ανορθωτικών και για την ηλεκτροδότηση και ομαλή λειτουργία του ενεργού εξοπλισμού του αστικού κέντρου. Άλλα συστήματα, όπως ασφαλείας και πυρόσβεσης, έχουν συμπεριληφθεί στο κόστος του A/K («Site»).

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι το επίπεδο ανάλυσης κόστους των δικτυακών στοιχείων είναι σε συμφωνία με τις απαντήσεις και τα στοιχεία που διέθεσαν οι πάροχοι στην ΕΕΤΤ σχετικά με τα κόστη του δικτυακού εξοπλισμού.

6.2 OPEX κόστη

Η επιλογή του μοναδιαίου κόστους στο μοντέλο για κάθε δικτυακό στοιχείο γίνεται με όμοιο τρόπο όπως και στον υπολογισμό του μοναδιαίου Capex. Σε περίπτωση όπου δεν υπάρχουν διαθέσιμα ακριβή δεδομένα για κάποιο δικτυακό στοιχείο τότε το λειτουργικό κόστος (OPEX) που αφορά αυτό το δικτυακό στοιχείο προκύπτει ως παραμετροποιήσιμο ποσοστό επί της αξίας κτήσης αυτού.

Τα ποσοστά που χρησιμοποιούνται για τα περισσότερα δικτυακά στοιχεία του μοντέλου συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 18: OPEX ποσοστό επί του CAPEX ανά κατηγορία δικτυακού στοιχείου

Κατηγορία δικτυακού στοιχείου	OPEX (% of CAPEX)
Συστήματα και πλατφόρμες	9%
Ενεργός εξοπλισμός δικτύου κορμού εξαρτώμενος από πλήθος γραμμών	10%
Ενεργός εξοπλισμός δικτύου κορμού εξαρτώμενος από κίνηση	20%
Υποδομές και δαπάνες Αστικού Κέντρου	20%
Εξοπλισμός Αστικού Κέντρου	8%
Παθητικός εξοπλισμός	3% - 4%
Χαντάκια	1,5%
Υπόγεια καλώδια	2%
Εναέρια καλώδια και εξοπλισμός	9,5%

Τα παραπάνω ποσοστά έχουν προκύψει από εκτίμηση βάσει των στοιχείων των παρόχων στα ερωτηματολόγια, στοιχείων benchmarking και τα σχόλια των παρόχων στο πλαίσιο της Δημόσιας Διαβούλευσης.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το κόστος κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας συμπεριλαμβάνεται στα ποσοστά OPEX τα οποία διαμορφώθηκαν κατάλληλα, ώστε να λαμβάνουν υπόψη και την κατανάλωση ενέργειας του ενεργού εξοπλισμού. Εξαίρεση αποτελούν τα λειτουργικά κόστη του εξοπλισμού των ενεργών καμπινών του δικτύου FTTC, όπου το προαναφερθέν ποσοστό και αφορά τυχόν βλάβες και συντήρηση, ενώ η κατανάλωση ρεύματος υπολογίζεται ως ξεχωριστό δικτυακό στοιχείο με το δικό του μοναδιαίο OPEX. Η μέση ετήσια κατανάλωση ρεύματος για τις εν λόγω καμπίνες υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Power Consumption} = \text{Cabinets} * 800\text{€/cab}$$

6.3 Κοινά κόστη

Η μοντελοποίηση του κοινού κόστους που σχετίζεται με γενικότερη επιχειρηματική λειτουργία (business overheads), πραγματοποιείται με βάση τα στοιχεία των παρόχων και επιμερίζεται στις υπηρεσίες του δικτύου σύμφωνα με τη μεθοδολογία του Equi-Proportional Mark-Up (EPMU). Τα εν λόγω overheads αφορούν κόστη του παρόχου που δεν σχετίζονται άμεσα με τα δικτυακά στοιχεία που μοντελοποιούνται (indirect access costs) και περιλαμβάνουν: το κόστος των οχημάτων, το κόστος των εργαλείων και εργαστηρίων, το κόστος οργάνωσης αποθήκης υλικών, το κόστος των γραφείων των κατά τόπους τεχνικών ομάδων, το κόστος των γραφείων μελετών και σχεδίασης, το κόστος για το κέντρο διαχείρισης και υποστήριξης των συστημάτων IT, το κόστος γραμματειακής υποστήριξης, κόστη που σχετίζονται με τις υποστηρικτικές λειτουργίες (HR, Finance and Accounting, Legal κλπ) καθώς και το κόστος οργάνωσης των γραφείων της διοίκησης, κόστη τα οποία δεν μοντελοποιούνται σε κανένα άλλο σημείο του μοντέλου.

Το ύψος (ποσοστό) των overheads δίνεται ως παράμετρος εισόδου στο μοντέλο, όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 3.3, και εφαρμόζεται ως EPMU στα τελικά αποτελέσματα του μοντέλου. Το ποσοστό υπολογίστηκε από το ποσοστό των overheads του ΟΤΕ, όπως προκύπτει από τα τελευταία στοιχεία του ΕΚΟΣ, των WIND και VODAFONE από τα στοιχεία που παρείχαν στο πλαίσιο των ερωτηματολογίων και της Δημόσιας Διαβούλευσης σε συνδυασμό με σταθμισμένο μέσο όρο overheads από άλλα Ευρωπαϊκά μοντέλα (Νορβηγίας, Σουηδίας, Φινλανδίας, Δανίας, Γερμανίας, Γαλλίας, Βελγίου, Ισπανίας, Ιταλίας, Λουξεμβούργου και Κύπρου). Η εν λόγω στάθμιση αφορά τον πληθυσμό, την πυκνότητα πληθυσμού, την συγκέντρωση πληθυσμού στις αστικές περιοχές, την διείσδυση του Broadband, το μερίδιο του DSL και FTTH/B στις τεχνολογίες Broadband και το μερίδιο του κυρίαρχου παρόχου στο Fixed Broadband ανά χώρα σε σχέση με τα αντίστοιχα στοιχεία της Ελλάδας. Τα στοιχεία αντλήθηκαν από την πρόσφατη μελέτη του BEREC¹⁷. Η στάθμιση του τελικού μέσου όρου overheads πραγματοποιήθηκε κατά 75% από τους τρεις παρόχους ανάλογα με το μέγεθος του δικτύου τους, όπως προκύπτει από τις αναθέσεις καμπινών έως και τη 2^η ετήσια ανάθεση σε συνδυασμό με το μερίδιο αγοράς τους στις ευρυζωνικές υπηρεσίες, και κατά 25% από το benchmarking, δηλαδή το σταθμισμένο μέσο όρο του ποσοστού στάθμισης των υπολοίπων παρόχων. Σύμφωνα με τα παραπάνω η EETT κατέληξε στο ποσοστό 16,60% όπως αποτυπώνεται στο φύλλο παραμέτρων εισόδου του μοντέλου (Catalogue_Config).

Επισημαίνεται ότι ως κοινά κόστη για κάποια υποσύνολα των υπηρεσιών του μοντέλου λογίζονται και στοιχεία όπως πληροφορικά συστήματα, Συστήματα Τιμολόγησης και διαθεσιμότητας Σχεδιασμός Δικτύου και άλλα τα οποία όμως μοντελοποιούνται πλήρως ως κόστη άμεσα σχετιζόμενα με τη μοντελοποίηση

¹⁷ BEREC Report Regulatory Accounting in Practice 2019 (including WACC chapter) available online https://berec.europa.eu/eng/document_register/subject_matter/berec/reports/8907-berec-report-regulatory-accounting-in-practice-2019-including-wacc-chapter

του δικτύου. Ο τρόπος που αυτά επιμερίζονται στις διάφορες υπηρεσίες προκύπτει από την χρήση των Routing Factors και την αντίστοιχη ζήτηση των υπηρεσιών. Τα εν λόγω κόστη δεν έχουν συμπεριληφθεί στον υπολογισμό των overheads που εφαρμόζονται ως EPMU.

6.4 Αποσβέσεις και διάρκεια ζωής παγίων

Ο υπολογισμός της απόσβεσης των παγίων περιουσιακών στοιχείων γίνεται βάσει της tilted annuity μεθόδου. Η εν λόγω μέθοδος βασίζεται στην flat annuity, αλλά λαμβάνει υπόψη τις μελλοντικές τάσεις σχετικά με την τιμή των πάγιων περιουσιακών στοιχείων (cost trends of assets) όπως αναφέρθηκε ανωτέρω. Επιπλέον, για τα πάγια που αφορούν τα επαναχρησιμοποιήσιμα τεχνικά έργα υποδομής χρησιμοποιούνται στοιχεία από το μητρώο παγίων του κυρίαρχου παρόχου όπου υπολογίζεται το ποσοστό της αναπόσβεστης αξίας.

Συγκεκριμένα, το ποσοστό/συντελεστής αναπόσβεστης αξίας για τα χαντάκια προέκυψε από τον λόγο NRC/GRC (Net Replacement Cost/Gross Replacement Cost) σύμφωνα με τα στοιχεία του ελεγμένου μητρώου παγίων του ΕΚΟΣ του 2018 για τις τάφρους με ή χωρίς σωλήνες. Ομοίως για τα χάλκινα καλώδια και τους στύλους εναερίων καλωδίων. Σημειώνεται ότι στο πλαίσιο του ΕΚΟΣ χρησιμοποιείται η μέθοδος indexation για τα πάγια που ορίζει σχετικώς η Σύσταση 2013/466/EU. Επισημαίνεται ότι χρησιμοποιούνται οι σχετικές τιμές για Net Replacement Cost και Gross Replacement Cost δεδομένης της ανάγκης χρήσης αποτίμησης Current cost Accounting και όχι το Net Book Value και το Gross Book Value, τα οποία αντιστοιχούν σε αποτίμηση Historic cost Accounting. Τα εν λόγω επαναχρησιμοποιήσιμα πάγια στην συνέχεια αποσβένονται όπως και τα υπόλοιπα στοιχεία του δικτύου σύμφωνα με τη μέθοδο του tilted annuity.

Όσον αφορά τη διάρκεια ζωής των στοιχείων ο προσδιορισμός τους γίνεται με τον ίδιο τρόπο που προσδιορίζονται οι μοναδιαίες αξίες κτήσης, δηλαδή συνυπολογίζοντας τα δεδομένα των παρόχων, τα στοιχεία του ελεγμένου μητρώου παγίων του ΕΚΟΣ, στοιχεία benchmarking άλλων ευρωπαϊκών μοντέλων και σχόλια των συμμετεχόντων στη Δημόσια Διαβούλευση. Οι διάρκειες ζωής των βασικότερων κατηγοριών δικτυακών στοιχείων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 19: Διάρκεια ζωής ανά κατηγορία δικτυακού στοιχείου

Κατηγορία δικτυακού στοιχείου	Διάρκεια ζωής
Συστήματα και πλατφόρμες	5
Ενεργός εξοπλισμός δικτύου κορμού	8
Υποδομές Αστικού Κέντρου	23

Ενεργός Εξοπλισμός Αστικού Κέντρου	8
Παθητικός εξοπλισμός Αστικού Κέντρου	10 - 15
Παθητικές καμπίνες	15
Ενεργές καμπίνες	13
Ενεργός εξοπλισμός καμπινών	8
Παθητικός οπτικός εξοπλισμός (splitters, BEP, Floor Box)	10
Χαντάκια, σχετικές υποδομές (φρεάτια)	36
Υπόγεια καλώδια	20
Εναέρια καλώδια και εξοπλισμός (στύλοι)	15

Τέλος, η διάρκεια ζωής των επαναχρησιμοποιήσιμων παγίων διαφοροποιείται από τη διάρκεια των αντίστοιχων μη επαναχρησιμοποιήσιμων, διότι αφορά την υπολειπόμενη/εναπομένουσα διάρκεια ζωής των εν λόγω παγίων δεδομένου ότι ένα μεγάλο μέρος της αξίας τους έχει ήδη αποσβεστεί. Η εναπομένουσα διάρκεια ζωής υπολογίστηκε βάσει της υλοποιημένης μεθόδου του tilted annuity χρησιμοποιώντας την αναπόσβεστη αξία των επαναχρησιμοποιήσιμων παγίων βάσει του ΕΚΟΣ και τη διάρκεια ζωής των αντίστοιχων μη επαναχρησιμοποιήσιμων (δηλ. νέων) παγίων. Οι εναπομένουσες διάρκειες ζωής όπως προέκυψαν από τον υπολογισμό παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 20: Διάρκεια ζωής επαναχρησιμοποιήσιμων παγίων

Επαναχρησιμοποιήσιμα πάγια	Εναπομένουσα διάρκεια ζωής
Χαντάκια, σχετικές υποδομές (φρεάτια) και δικαιώματα διέλευσης	13
Υπόγεια καλώδια χαλκού	5
Εναέρια καλώδια χαλκού	4
Στύλοι εναερίου δικτύου χαλκού	4

6.5 Κοστολόγηση εφάπαξ τελών υπηρεσιών

Για τον υπολογισμό των εφάπαξ τελών για τις υπηρεσίες των αγορών 3α και 3β (όπως πχ τέλη σύνδεσης) χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα που συμπληρώθηκαν από τους τρεις Παρόχους (COSMOTE, VODAFONE, WIND) που απάντησαν και στα σχετικά ερωτηματολόγια καθώς και στοιχεία από το ελεγμένο ΕΚΟΣ του ΟΤΕ.

Ειδικότερα χρησιμοποιήθηκαν τρεις διαφορετικές μέθοδοι υπολογισμού του κόστους των υπηρεσιών.

Για την παροχή των υπηρεσιών απαιτούνται οι ακόλουθες εργασίες:

- Χρήση Πληροφοριακού Συστήματος – 1
- Συντονισμός ενεργειών/εργασιών/συνεργειών – 2
- Μελέτες – 3
- Μετάβαση Τεχνικού – 4
- Υλοποίηση Τεχνικών Εργασιών – 5
- Μετρήσεις Ποιότητας – 6
- Διάφορες Διαχειριστικές εργασίες – 7
- Λοιπές Εργασίες – 8

Για κάθε εργασία χρησιμοποιείται ο τύπος

$$\text{Λεπτά_Απασχόλησης}_i * \text{€_ανά_Λεπτό_Απασχόλησης}_i$$

Όπου $i = \{1, 2, \dots, 8\}$ για την κάθε επιμέρους εργασία ανωτέρω.

Μέθοδος Υπολογισμού 1

Η πρώτη μέθοδος υπολογισμού χρησιμοποιεί **τον μέσο όρο από τις υπολογισμένες τελικές τιμές κόστους της κάθε υπηρεσίας του κάθε Παρόχου.**

Τύπος Υπολογισμού Μεθόδου_1: $\text{AVERAGE}(\text{Cosmote_Value}; \text{Vodafone_Value}; \text{Wind_Value})$

Ο τύπος υπολογισμού για την τιμή κόστους ανά υπηρεσία για τον κάθε Πάροχο είναι:

$$\sum_{i=1}^8 \text{Λεπτά_Απασχόλησης}_i * \text{€_ανά_Λεπτά_Απασχόλησης}_i + \text{€_Υλικά}$$

Η δεύτερος μέθοδος υπολογισμού χρησιμοποιεί όλες τις πιθανές ενέργειες που δηλώθηκαν από τουλάχιστον έναν Πάροχο. Στην περίπτωση που υπάρχουν δεδομένα από περισσότερο περισσότερους του ενός Παρόχου, χρησιμοποιείται **ο αντίστοιχος μέσο όρος των δηλωθέντων από τους Παρόχους τόσο για τους χρόνους εργασιών όσο και για το κόστος εργασιών.** Ακολουθώντας υπολογίζουμε την τιμή κόστους ανά υπηρεσία μέσω του τύπου υπολογισμού που ακολουθεί.

Τύπος Υπολογισμού Μεθόδου_2:

$$\sum_{i=1}^8 \text{AVERAGE}(\text{Λεπτά_Απασχόλησης}_i) * \text{AVERAGE}(\text{€_ανά_Λεπτά_Απασχόλησης}_i) + \text{€_Υλικά}$$

Όπου AVERAGE ο μέσος όρος και των τριών παρόχων για την εκάστοτε εργασία

Η τρίτη μέθοδος υπολογισμού χρησιμοποιεί, όπως και η δεύτερη μέθοδος υπολογισμού, όλες τις πιθανές ενέργειες που δηλώθηκαν από τουλάχιστον έναν Πάροχο. Στην περίπτωση που υπάρχουν δεδομένα από περισσότερους του ενός Παρόχους, χρησιμοποιείται ο αντίστοιχος **μέσος όρος** των δηλωθέντων από τους Παρόχους **για τους χρόνους εργασιών και η μικρότερη τιμή των δηλωθέντων για το κόστος εργασιών**. Ακολουθώντας υπολογίζουμε την τιμή κόστους ανά υπηρεσία μέσω του ανωτέρου τύπου υπολογισμού που ακολουθεί.

Τύπος Υπολογισμού Μεθόδου_3:

$$\sum_{i=1}^8 AVERAGE(\text{Λεπτά_Απασχόλησης}_i) * MIN(\text{€_ανά_Λεπτά_Απασχόλησης}_i) + \text{€_Υλικά}$$

Όπου AVERAGE ο μέσος όρος και των τριών παρόχων και MIN η ελάχιστη τιμή εκ των τριών παρόχων

Οι ανωτέρω μεθοδολογίες αφορούν όλα τα εφάπαξ κόστη των υπηρεσιών των αγορών 3α και 3β. Κατά το διάστημα της συλλογής στοιχείων από τους παρόχους δεν κατέστη δυνατόν να δοθούν στοιχεία για την αγορά 3β από τους παρόχους. Στο πλαίσιο αυτό, κάποιες τιμές υπηρεσιών, για τις οποίες δεν δόθηκαν δεδομένα από τους παρόχους, έχουν υπολογιστεί κατ' αναλογία με αντίστοιχες υπηρεσίες έχοντας χρησιμοποιήσει εκτιμήσεις για Ανθρωποπροσπάθεια και κόστος με βάσει την βέλτιστη μεθοδολογία υλοποίησης για κάθε προσφερόμενη υπηρεσίας.

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα των τριών μεθοδολογιών, για κάθε κατηγορία ενέργειας προκύπτει μια προτεινόμενη τιμή κόστους ανθρωποώρας λαμβάνοντας υπόψη το είδος εργασίας και τα προφίλ των εργαζομένων που τις εκτελούν. Σε σχέση με τον χρόνο Ανθρωποπροσπάθειας της κάθε επιμέρους κατηγορίας εργασιών για κάθε υπηρεσία, χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος των τιμών των αντίστοιχων προτάσεων των Παρόχων αλλά έγιναν και προσαρμογές για περιπτώσεις που παρατηρήθηκαν μεγάλες διαφορές μεταξύ υπηρεσιών που απαιτούν παρόμοιες εργασίες, λαμβάνοντας υπόψη και τα υφιστάμενα μοντέλα υπολογισμού του κόστους των υπηρεσιών αυτών από το ΕΚΟΣ του ΟΤΕ.

Για κάθε υπηρεσία έχει χρησιμοποιηθεί ένα overhead ποσοστό που καλύπτει τα κοινά κόστη που πρέπει να προστεθούν πάνω στην υπολογιζόμενη τιμή της κάθε υπηρεσίας. Το overhead ποσοστό είναι κοινό για όλες τις υπηρεσίες, αφορά λοιπές λειτουργικές δαπάνες (αναλώσιμα υλικά, έξοδα διοίκησης, έξοδα μεταφορικών μέσων & εργαλείων ή οργάνων κλπ) και ισούται με το ποσοστό

των overhead που χρησιμοποιείται στο κυρίως μοντέλο και προέκυψε σύμφωνα με μεθοδολογία που περιγράφεται στην ενότητα 6.3 (ήτοι 18%).

Επίσης, σημειώνεται ότι για τον προσδιορισμό εφάπαξ τελών για τα έτη πέρα του 2019 λαμβάνεται υπόψη η σχετική πρόβλεψη του πληθωρισμού.