

RIPE NCC

Έκθεση ανά Χώρα για το Διαδίκτυο: Μεσογειακή Ευρώπη

Εισαγωγή

Το Διαδίκτυο είναι ένα παγκόσμιο παγκόσμιο σύστημα διασυνδεδεμένων δικτύων, αλλά η σχέση κάθε χώρας με αυτό είναι διαφορετική. Η παρούσα έκθεση παρέχει μια γενική εικόνα της τρέχουσας κατάστασης του Διαδικτύου στη Μεσογειακή Ευρώπη. Η έκθεση καλύπτει μια ανάλυση της τοπικής αγοράς και της αναπτυξιακής της κατάστασης, εξετάζοντας τη δρομολόγηση στο Διαδίκτυο εντός της περιοχής, και την πρόσβαση της στο παγκόσμιο σύστημα ονομάτων τομέα, καθώς και τις συνδέσεις της με το παγκόσμιο Διαδίκτυο. Η ανάλυση αυτή βασίζεται σε όσα μπορούμε να παρατηρήσουμε από τα εργαλεία μέτρησης του RIPE NCC καθώς και από μερικές εξωτερικές πηγές δεδομένων.

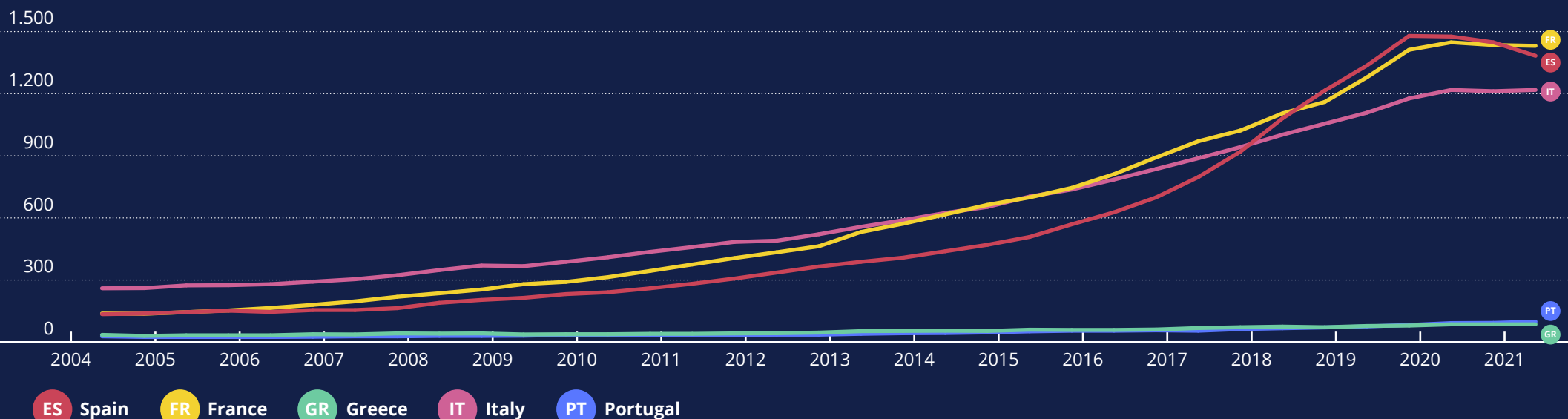
Η προσοχή μας επικεντρώνεται σε πέντε διαφορετικές χώρες της περιοχής υπηρεσιών του RIPE NCC, την Πορτογαλία, την Ισπανία, τη Γαλλία, την Ιταλία και την Ελλάδα, και παρουσιάζουμε μια ολοκληρωμένη ανάλυση της ανάπτυξης του Διαδικτύου στην περιοχή και των δυνατοτήτων μελλοντικής ανάπτυξης, προκειμένου να προωθήσουμε τη συζήτηση, την παροχή τεχνικών γνώσεων και τη διευκόλυνση ως προς τις ανταλλαγές πληροφοριών και βέλτιστων πρακτικών σχετικά με τις εξελίξεις που σχετίζονται με το Διαδίκτυο σε αυτό το μέρος του κόσμου. (Πρέπει να σημειωθεί ότι δε συμπεριλάβαμε τις χώρες κατά μήκος της ανατολικής ακτής της Αδριατικής Θάλασσας, καθώς καλύφθηκαν από την Έκθεση για τις χώρες της Νοτιοανατολικής Ευρώπης του RIPE NCC το 2020). Αυτή είναι η έβδομη ανάλογη έκθεση χώρας που έχει παραχθεί από το RIPE NCC στο πλαίσιο μιας συνεχούς προσπάθειας υποστήριξης της ανάπτυξης του Διαδικτύου σε όλη την περιοχή που παρέχουμε τις υπηρεσίες μας, καθιστώντας διαθέσιμα τα δεδομένα και τις γνώσεις μας στις τοπικές τεχνικές κοινότητες και τους φορείς λήψεως αποφάσεων.

Κύρια σημεία

- t Οι πέντε αυτές χώρες παρουσιάζουν υψηλό επίπεδο ανάπτυξης Διαδικτύου, υγιή ανταγωνισμό στην αγορά και ισχυρή και ανθεκτική υποδομή Διαδικτύου.
- t Αν και η έλλειψη IPv4 είναι λιγότερο σημαντικό ζήτημα στην περιοχή αυτή από ό,τι σε άλλα μέρη του κόσμου, η περαιτέρω ανάπτυξη του IPv6 εξακολουθεί να είναι απαραίτητη για την επίτευξη των στόχων συνδεσιμότητας σε ευρωπαϊκό επίπεδο, καθώς και για τη μελλοντική του ανάπτυξη.
- t Το επίπεδο ανάπτυξης του IPv6 ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό στην περιοχή, με αρκετές χώρες να πρωτοπορούν, ενώ άλλες να υστερούν σημαντικά.
- t Η δρομολόγηση στις πέντε χώρες είναι γενικά αρκετά βελτιστοποιημένη, αν και υπάρχουν ορισμένες ανωμαλίες αρκετά σημαντικές ώστε να επηρεάζουν τους χρόνους απόκρισης.
- t Οι πέντε χώρες έχουν ποικίλο αριθμό διαδρομών που τις συνδέουν με το υπόλοιπο παγκόσμιο Διαδίκτυο.

Εικόνα 1:

Αριθμός των Local Internet Registries με την πάροδο του χρόνου



Η Αγορά της Μεσογειακής Ευρώπης και Ευκαιρίες για Ανάπτυξη

Η Τοπική Αγορά

Οι χώρες που περιλαμβάνονται στην παρούσα έκθεση καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα γεωγραφικών διαμερισμάτων, πληθυσμών και ΑΕΠ με αποτέλεσμα να διαφέρουν αρκετά μεταξύ τους. Ωστόσο, ως μέρος της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), και οι πέντε χώρες έχουν ορισμένους κοινούς στόχους Τεχνολογίας Πληροφοριών και Επικοινωνίας (ΤΠΕ), όπως οι ευρωζωνικοί στόχοι της ΕΕ για το 2025, και, σε μεγάλο βαθμό,¹ μοιράζονται ένα κοινό ρυθμιστικό πλαίσιο, καθώς αποτελούν μέρος της εσωτερικής αγοράς της ΕΕ.

Και οι πέντε χώρες έχουν μακρά ιστορία ανάπτυξης και εξέλιξης του Διαδικτύου και παρόλο που οι κατεστημένοι

πάροχοι διατηρούν ένα μεγάλο μέρος, οι αγορές έχουν εξελιχθεί στο να είναι αρκετά ανοικτές και ανταγωνιστικές, παρέχοντας ένα καλό επίπεδο επιλογών για τις επιχειρήσεις και τους καταναλωτές. Οι χώρες αυτές επωφελούνται από ισχυρές υποδομές και υψηλά ποσοστά διείσδυσης του Διαδικτύου. Ορισμένοι από τους παρόχους στην περιοχή αυτή είναι παγκοσμίως κύρους, όπως ο γαλλικός όμιλος Orange, ο οποίος έχει σημαντική παρουσία σε όλη την Ευρώπη, τη Μέση Ανατολή και την Αφρική. Τη χρονική περίοδο που γράφεται η παρούσα έκθεση, τέσσερις από τις πέντε χώρες έχουν δρομολογήσει δίκτυα 5G, με εξαίρεση την Πορτογαλία.²

Αριθμός Παρόχων και Άλλων Οργανισμών που Διαχειρίζονται Δικά τους Δίκτυα

Ως Regional Internet Registry για τη Μεσογειακή Ευρώπη, το RIPE NCC μπορεί να παρακολουθεί την ανάπτυξη του τοπικού Διαδικτύου με την πάροδο του χρόνου μέσω της αύξησης του αριθμού των μελών του RIPE NCC και των Local Internet Registries (LIR). Αν και η αύξηση στις τρεις

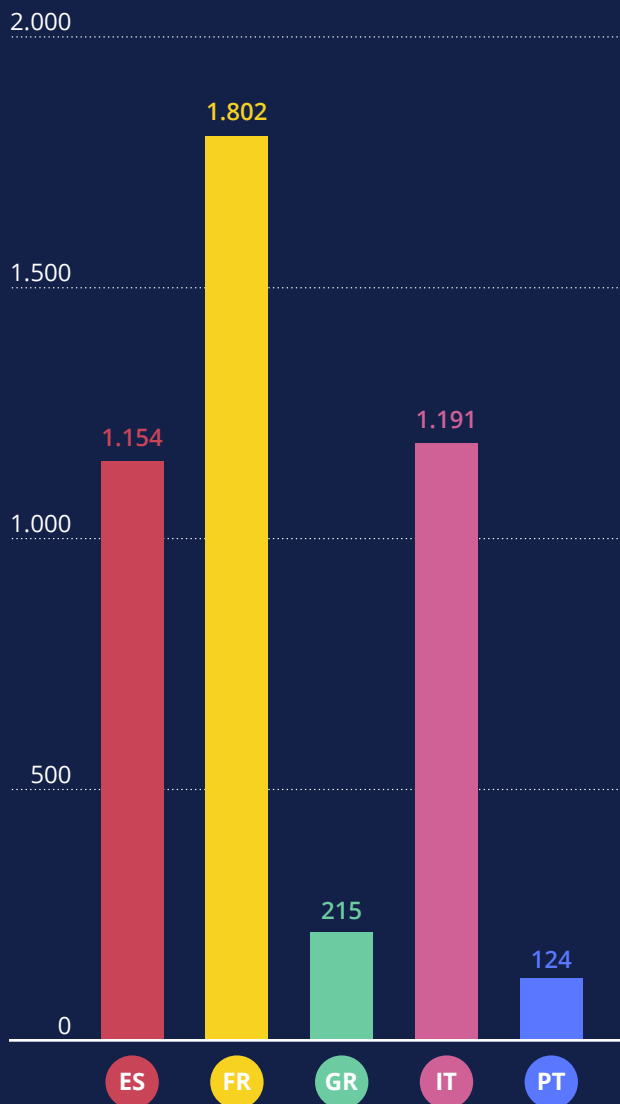
μεγαλύτερες χώρες (Ισπανία, Γαλλία και Ιταλία) είναι πιο εμφανής (και μάλιστα μεγαλύτερη) στην εικόνα 1, οι διαφορές δεν είναι τόσο εντυπωσιακές όταν εξετάζουμε την ποσοστιαία αύξηση (και όχι τους απόλυτους αριθμούς) στην Ελλάδα και την Πορτογαλία, οι οποίες εξακολουθούν να παρουσιάζουν σημαντική αύξηση του αριθμού των LIR.

Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι ο αριθμός των LIR στην Ισπανία, ενώ είχε εκτοξευθεί στα ύψη από το 2016 έως το 2020, άρχισε να μειώνεται μετά το 2020. Ωστόσο, ο αριθμός αυτός παραμένει στα ίδια επίπεδα με εκείνα της Γαλλίας και της Ιταλίας, αν και ο πληθυσμός της Ισπανίας είναι πολύ μικρότερος σε σχέση με αυτές τις δύο χώρες. Σε γενικές γραμμές, ένας μεγαλύτερος αριθμός δικτύων συχνά σηματοδοτεί μια πιο διαφοροποιημένη αγορά, με μεγαλύτερο αριθμό παρόχων υπηρεσιών που λειτουργούν δικά τους δίκτυα. Εντούτοις, αυτό δεν συμβαίνει πάντα.

¹ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/broadband-strategy-policy>

² Ευρωπαϊκό Παρατηρητήριο 5G

Εικόνα 2:
Αριθμός δικτύων



Μέλη του RIPE NCC και Local Internet Registries (LIR)

Τα μέλη του RIPE NCC περιλαμβάνουν παρόχους υπηρεσιών Διαδικτύου, παρόχους φιλοξενίας περιεχομένου, κυβερνητικές υπηρεσίες, ακαδημαϊκά ιδρύματα και άλλους οργανισμούς που διαχειρίζονται τα δικά τους δίκτυα στην περιοχή υπηρεσιών του RIPE NCC στην Ευρώπη, τη Μέση Ανατολή και την Κεντρική Ασία. Το RIPE NCC διανέμει διευθύνσεις διαδικτυακού πρωτοκόλλου (IP) σε αυτά τα μέλη, τα οποία μπορούν να αναθέσουν περαιτέρω διευθύνσεις στους δικούς τους χρήστες (end users). Τα μέλη έχουν τη δυνατότητα να ανοίξουν περισσότερους από έναν λογαριασμούς, οι οποίοι ονομάζονται LIRs.

Για μεγάλο χρονικό διάστημα, η πλειονότητα των μελών του RIPE NCC ήταν μεγάλοι πάροχοι υπηρεσιών και πρόσβασης στο Διαδίκτυο. Ωστόσο, προσφάτως, παρατηρήσαμε μια σημαντική αύξηση σε άλλους τύπους οργανισμών που χρειάζονται διευθύνσεις IP για τη λειτουργία των δικών τους δικτύων, συμπεριλαμβανομένων παρόχων φιλοξενίας, κυβερνητικών οργανισμών, πανεπιστημίων, επιχειρήσεων κ.λπ. Αυτό επέτρεψε σε περισσότερους οργανισμούς να ασκήσουν μεγαλύτερο έλεγχο στις διευθύνσεις τους στο Διαδίκτυο και στους τρόπους με τους οποίους δρομολογούν την κυκλοφορία τους. Κατά συνέπεια, η αύξηση του αριθμού των LIR δε σημαίνει απαραίτητα την αύξηση του αριθμού των παρόχων πρόσβασης στο Διαδίκτυο.

Επίσης είναι δυνατόν ο ίδιος οργανισμός να έχει πολλούς λογαριασμούς LIR. Αυτή η πρακτική αποτέλεσε σημαντική τάση μετά το 2012, όταν περιορίστηκε ο αριθμός των διευθύνσεων IPv4 που ήταν διαθέσιμος, καθώς ο εναπομείνας χώρος διευθύνσεων IPv4 μειωνόταν συνεχώς (όπως εξηγείται λεπτομερέστερα παρακάτω στην ενότητα IPv4). Πράγματι, βλέπουμε ότι αυτό συμβαίνει στη Μεσογειακή Ευρώπη, ιδίως στην Ισπανία όπου 175 LIR έκλεισαν μεταξύ της έναρξης του 2020 και της συγγραφής της παρούσας έκθεσης. Οι 93 εκ των οποίων ήταν «πρόσθετοι λογαριασμοί» (αυτοί που ανήκουν σε μέλη με περισσότερους από έναν λογαριασμούς ο καθένας). Κατά την ίδια περίοδο, μόνο 81 νέοι LIR άνοιξαν στην Ισπανία, δημιουργώντας μια πτωτική

τάση όσον αφορά τη συνολική ανάπτυξη. Συνολικά, η Ισπανία διαθέτει 242 «πρόσθετους» λογαριασμούς LIR, η Γαλλία 168, η Ιταλία 77, η Πορτογαλία 16 και η Ελλάδα 5.

Ανάπτυξη και Ποικιλομορφία του Δικτύου

Γενικά, ένας μεγαλύτερος αριθμός LIR αντιστοιχεί σε μεγαλύτερο αριθμό δικτύων που λειτουργούν ανεξάρτητα και ονομάζονται Αυτονομous Systems, καθένα από τα οποία αντιπροσωπεύεται από ένα Autonomous System Number ή ASN. (Ένα Autonomous System Number είναι μια ομάδα δικτύων IP που λειτουργούν σύμφωνα με μια ενιαία, επακριβώς καθορισμένη πολιτική δρομολόγησης. Σήμερα υπάρχουν περίπου 70.000 ενεργά ASN στο Διαδίκτυο).

Ο αριθμός των δικτύων σε μια εν λόγω χώρα είναι μια ένδειξη της «ωριμότητας» της αγοράς. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφοροποίηση, τόσο περισσότερες ευκαιρίες υπάρχουν για διασύνδεση μεταξύ των δικτύων, η οποία αυξάνει την ανθεκτικότητα.

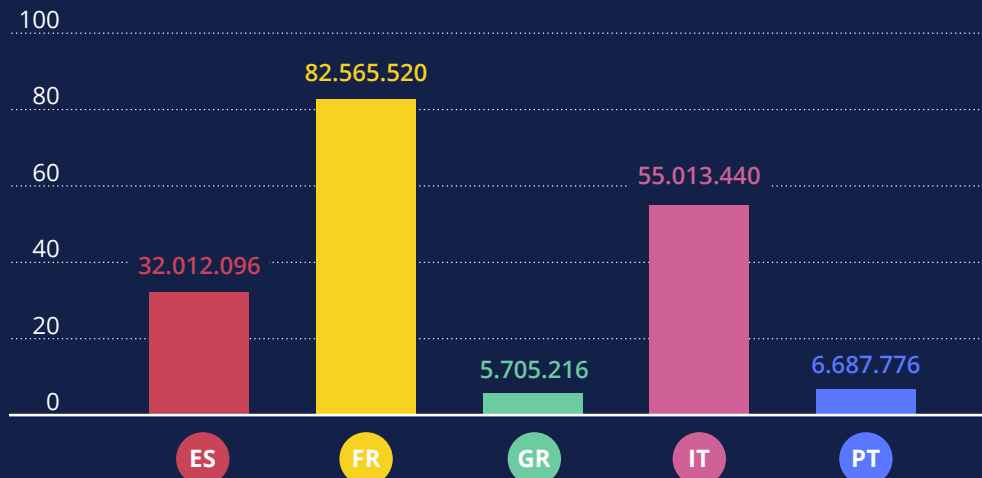
Το RIPE NCC είναι υπεύθυνο για την κατανομή των ASN στην περιοχή του. Αυτό μας παρέχει μοναδική εικόνα για την κατανομή και την ανάπτυξη αυτών των δικτύων στο Διαδίκτυο. Και πάλι, βλέπουμε τις μεγαλύτερες χώρες να κυριαρχούν εδώ, αν και με ελαφρώς διαφορετικά αποτελέσματα απ' ό,τι είδαμε στον αριθμό των LIR. Αν και η Ιταλία έχει περίπου το 90% του πληθυσμού της Γαλλίας, διαθέτει μόνο το 66% του αριθμού των δικτύων της Γαλλίας. Και ενώ η Ελλάδα και η Πορτογαλία έχουν συγκρίσιμο πληθυσμό, η Ελλάδα έχει πολύ περισσότερα δίκτυα από την Πορτογαλία.

Είναι ενδιαφέρον ότι η ποικιλομορφία των δικτύων που παρατηρούμε σε αυτές τις πέντε χώρες δεν μπορεί να ερμηνευτεί άμεσα ως μεγαλύτερος ανταγωνισμός στην αγορά και χαμηλότερες τιμές πρόσβασης. Σε ό,τι αφορά τις τιμές κινητών ευρυζωνικών υπηρεσιών, τουλάχιστον, η Ιταλία είναι μία από τις έξι φθηνότερες χώρες της ΕΕ, ενώ η Γαλλία είναι μία από τις 11 χώρες της ΕΕ που θεωρούνται «σχετικά φθηνές». Η Ισπανία, η Ελλάδα και η Πορτογαλία είναι τρεις από τις επτά χώρες της ΕΕ που ανήκουν στην κατηγορία των «σχετικά ακριβών». Καμία από τις πέντε χώρες δε θεωρείται «ακριβή» με βάση τα πρότυπα της ΕΕ.³

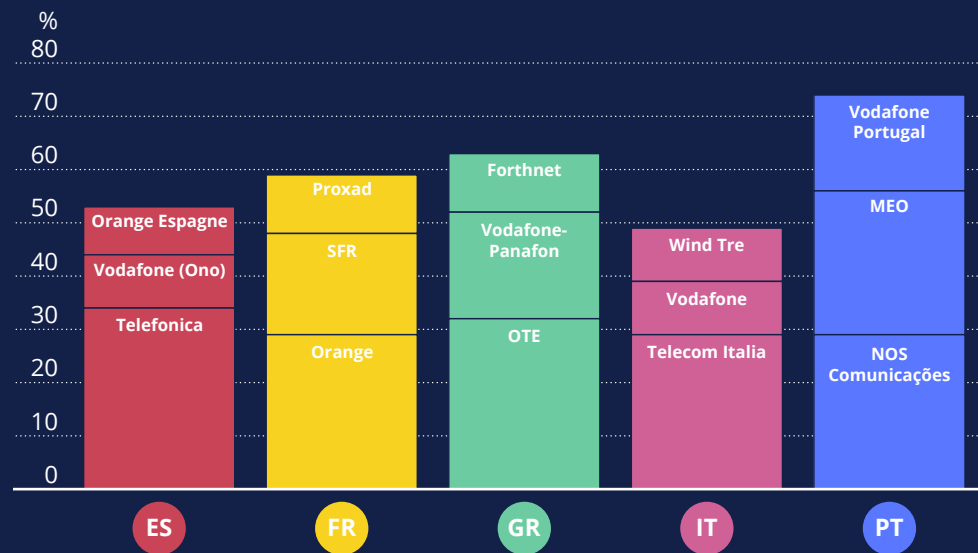
³ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/broadband-connectivity>

Εικόνα 3:
Κατοχές IPv4

Εκατομμύρια



Εικόνα 4:
Κατοχές IPv4 ανά φορέα



Διευθύνσεις IPv4 στη Μεσογειακή Ευρώπη

Μέχρι το 2012, τα μέλη του RIPE NCC μπορούσαν να λάβουν μεγαλύτερα ποσά χώρου διευθύνσεων IPv4 βάσει των αναγκών τους. Όταν το RIPE NCC έφτασε στο τελευταίο πλήθος /8 του χώρου διευθύνσεων IPv4 το 2012, η κοινότητα του RIPE θέσπισε μια πολιτική που επιτρέπει στα νέα LIR να λαμβάνουν μια μικρή κατανομή IPv4 (1.024 διευθύνσεις), προκειμένου να τα βοηθήσει να μεταβούν στο IPv6, το πρωτόκολλο επόμενης γενιάς που περιλαμβάνει αρκετές διευθύνσεις IP για το προβλέψιμο μέλλον. Τον Νοέμβριο του 2019, το RIPE NCC πραγματοποίησε την τελευταία από αυτές τις αναθέσεις και τώρα υπάρχει ένα σύστημα με το οποίο οι οργανισμοί που δεν έλαβαν ποτέ IPv4 από το RIPE NCC μπορούν να λάβουν μια ακόμη μικρότερη ανάθεση από μια βάση ανακτημένου χώρου διευθύνσεων (περιστασιακά οι λογαριασμοί των μελών κλείνουν και ο χώρος διευθύνσεων επιστρέφεται στο RIPE NCC).

Πράγματι, καμία από τις πέντε χώρες που περιλαμβάνονται στην παρούσα έκθεση δε συνέχισε να συγκεντρώνει σημαντικές ποσότητες χώρου διευθύνσεων IPv4 μετά το 2012. Ακόμα και μέχρι τότε, παρατηρήθηκε πολύ μικρή αύξηση του χώρου IPv4 στην Πορτογαλία και την Ελλάδα, ενώ παρατηρήθηκε μέτρια αύξηση στην Ισπανία, σημαντική αύξηση στην Ιταλία και υψηλότερος ρυθμός αύξησης στη Γαλλία. Όλα αυτά εμφανίζονται σήμερα στα αποθέματα IPv4 κάθε χώρας. Σε αυτό το σημείο σημειώνεται ότι ακόμη και στις χώρες όπου μεγάλος αριθμός οργανισμών άνοιξε πρόσθετους λογαριασμούς LIR για να λάβει περαιτέρω IPv4 allocations, τα ποσά ήταν τόσο μικρά που δεν επέφεραν σημαντική αύξηση στα συνολικά αποθέματα IPv4 των χωρών.

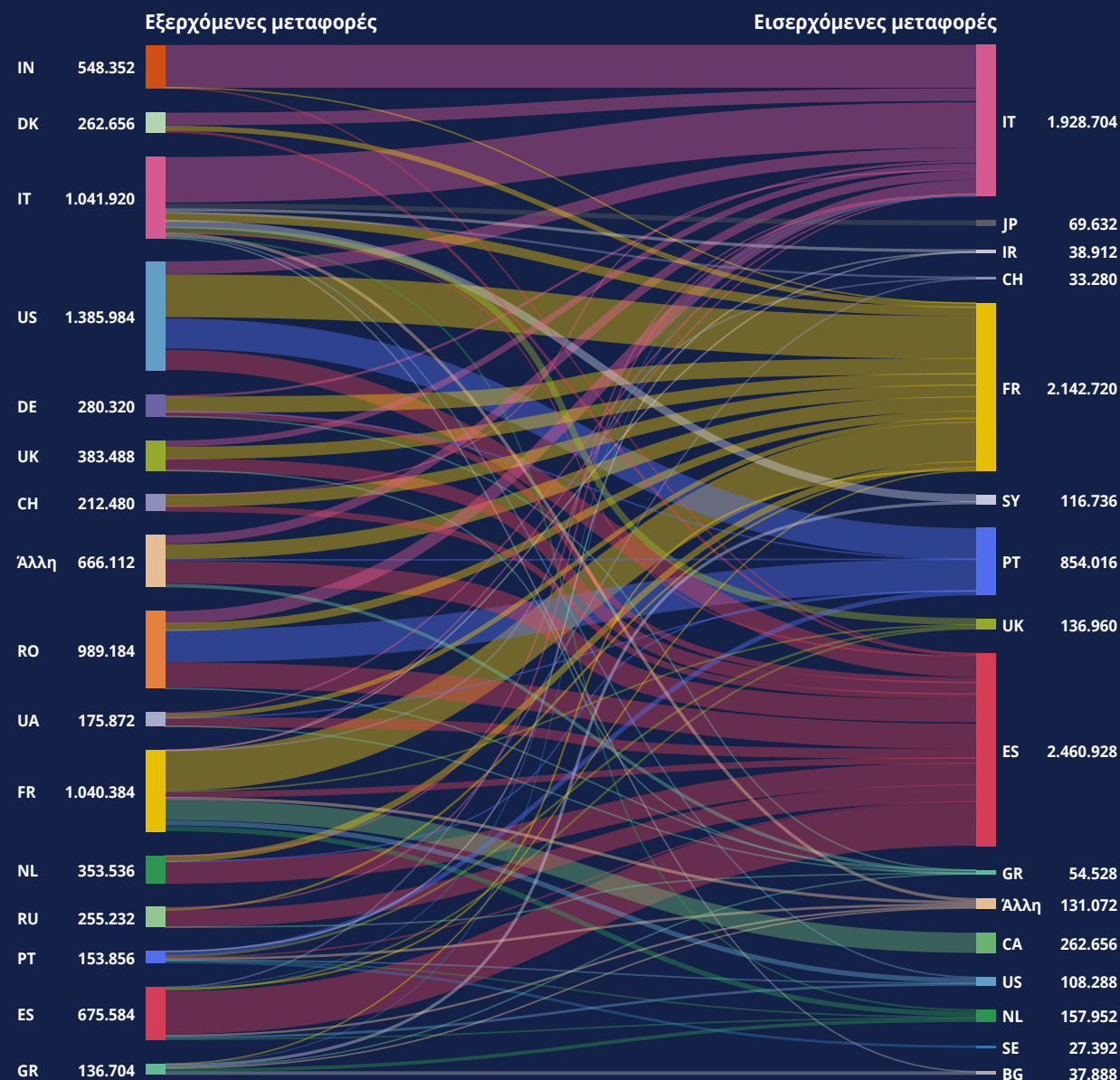
Διαπιστώνουμε επίσης ένα αρκετά υψηλό ποσοστό ενοποίησης του IPv4, σε καθεμία από τις πέντε χώρες, μεταξύ 50% και 75% των διευθύνσεων IPv4 ανήκουν σε τρεις μόνο οργανισμούς. Αν και η λήψη σαφών και συνεπών στοιχείων

σχετικά με το μερίδιο της αγοράς ήταν δύσκολη, πιστεύουμε ότι τα ευρήματα αυτά είναι γενικά αντιπροσωπευτικά, δεδομένου ότι οι εν λόγω πάροχοι κατέχουν ένα σημαντικό μερίδιο των αγορών πρόσβασης στο Διαδίκτυο σε αυτές τις χώρες. Στην εικόνα 4 παρουσιάζονται οι οργανισμοί με τις τρεις μεγαλύτερες αναθέσεις IPv4 σε κάθε χώρα.

Δευτερογενής αγορά IPv4

Τα τελευταία χρόνια έχει δημιουργηθεί μια δευτερογενής αγορά έτσι ώστε να καλυφθεί η ζήτηση περισσότερου χώρου διευθύνσεων IPv4. Σε αυτήν τη δευτερογενή αγορά πραγματοποιούνται αγοραπωλησίες IPv4 μεταξύ διαφόρων οργανισμών. Το RIPE NCC δεν έχει καμία δικαιοδοσία ή συμμετοχή σε αυτές τις οικονομικές συναλλαγές, διασφαλίζοντας μόνο ότι η RIPE Database, δηλαδή το καταχωρημένο αρχείο χώρου διευθύνσεων των μελών του RIPE NCC, παραμένει όσο το δυνατόν πιο ακριβές.

Εικόνα 5:
Μεταφορές IPv4 εντός, προς και από τη Μεσογειακή Ευρώπη από τον Δεκέμβριο του 2016 έως τον Μάιο του 2021



Καθώς η ζήτηση για IPv4 συνεχίζεται παρά τη μείωση του διαθέσιμου χώρου, πολλοί πάροχοι και άλλοι οργανισμοί έχουν στραφεί στη δευτερογενή αγορά. Στην εικόνα 5 παρουσιάζονται οι μεταφορές IPv4 που πραγματοποιήθηκαν εντός, προς και από κάθε χώρα της περιοχής από τότε που άρχισε να λειτουργεί η αγορά.

Μια ενεργή δευτερογενής αγορά μπορεί να παρατηρηθεί σε αυτό το μέρος του κόσμου, με διευθύνσεις IPv4 να μεταφέρονται τόσο προς όσο και από κάθε μία από τις πέντε χώρες. Όπως είναι αναμενόμενο, η αγορά κυριαρχείται από τις τρεις μεγαλύτερες χώρες, την Ισπανία, τη Γαλλία και την Ιταλία, οι οποίες περιλαμβάνουν μεγάλο αριθμό εγχώριων μεταφορών (κατά τις οποίες οι διευθύνσεις μεταφέρονται μεταξύ δύο μερών στην ίδια χώρα). Οι μεγαλύτεροι δικαιούχοι οργανισμοί ήταν:

- t OVH SAS (Γαλλία): 917.504 διευθύνσεις
- t Vodafone Portugal: 720.896 διευθύνσεις
- t Vodafone España: 646.144 διευθύνσεις
- t Sky Italia: 524.288 διευθύνσεις
- t Orange España: 489.216 διευθύνσεις

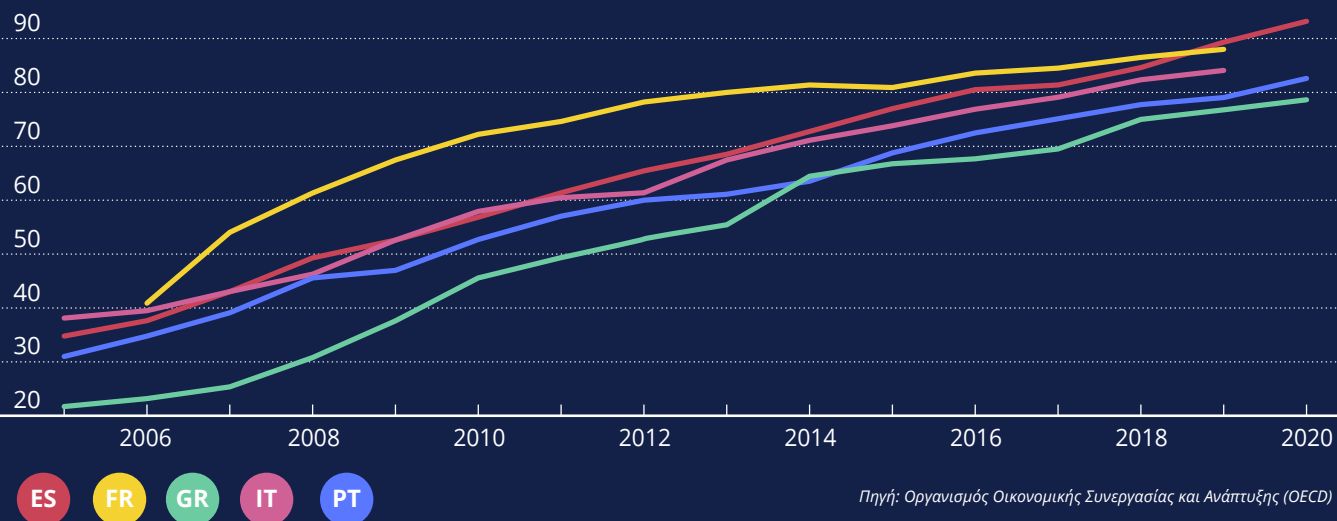
Αξιοσημείωτη είναι μια μεταφορά /13 από την Ινδία στην Ιταλία (524.288 διευθύνσεις) που πραγματοποιήθηκε μεταξύ του ινδικού παρόχου κινητής τηλεφωνίας Reliance Communications Limited και της Sky Italia τον Αύγουστο του 2018. Μολονότι ο εμπορικός χαρακτήρας της συναλλαγής αυτής είναι άγνωστος, η Reliance Communications υπέβαλε αίτηση πτώχευσης τον Φεβρουάριο του 2019.⁴ Ωστόσο, η ποσότητα των IPv4 που μεταφέρθηκαν σε καθεμία από τις πέντε χώρες αποτελεί μόνο ένα μικρό κλάσμα των συνολικών τους αποθεμάτων IPv4. Συνεπώς, καμία από αυτές δεν εξαρτάται σημαντικά από τη δευτερογενή αγορά IPv4.

Διείσδυση του Διαδικτύου και Δυνατότητες Μελλοντικής Ανάπτυξης

Και οι πέντε χώρες της παρούσας έκθεσης διαθέτουν σχετικά μεγάλες ποσότητες χώρου IPv4 για τον πληθυσμό τους. Ειδικά στη Γαλλία, βλέπουμε την ασυνήθιστη περίπτωση να υπάρχουν περισσότερες διευθύνσεις IPv4

⁴ <https://www.reuters.com/article/rcom-debt/rcom-goes-to-bankruptcy-court-to-resolve-debt-burden-idINKCN1PQ4WT?edition-redirect=in>

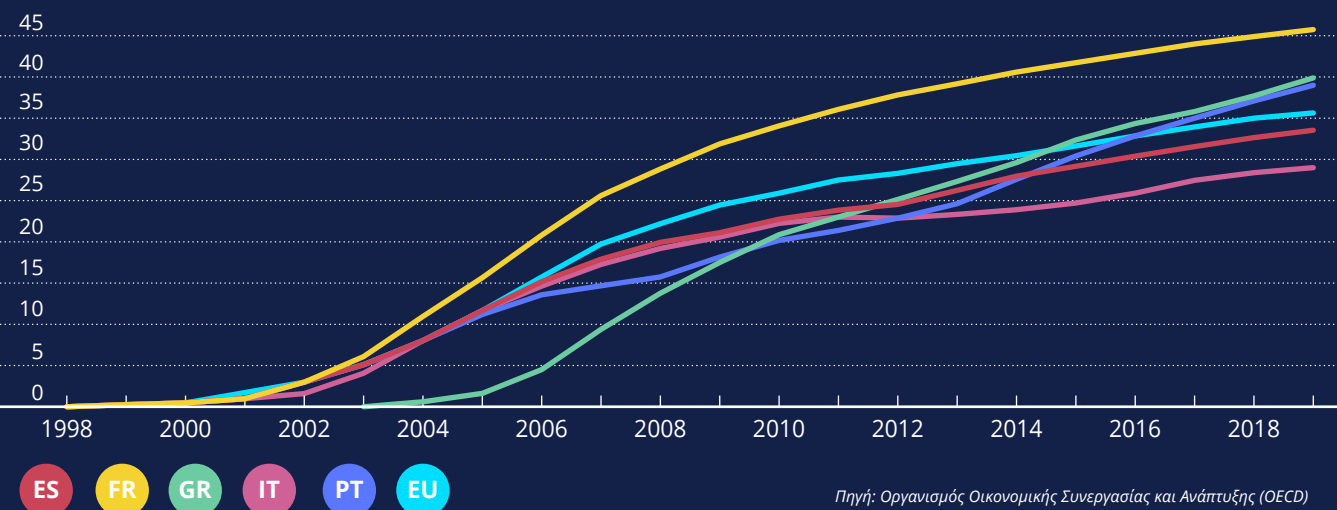
Εικόνα 6:
Ποσοστό νοικοκυριών με πρόσβαση στο Διαδίκτυο



από τους κατοίκους, με 1,2 διευθύνσεις ανά κάτοικο. Στις άλλες χώρες, ο αριθμός αυτός κυμαίνεται από 0,9 στην Ιταλία έως 0,5 στην Ελλάδα, ενώ η Ισπανία και η Πορτογαλία βρίσκονται σε ενδιάμεση θέση με 0,7 διευθύνσεις ανά κάτοικο. Πρόκειται για μία έως δύο τάξεις μεγέθους περισσότερες κατά κεφαλήν διευθύνσεις IPv4 από ό,τι έχουμε παρατηρήσει σε ορισμένες άλλες χώρες που βρίσκονται στην αρμοδιότητα του RIPE NCC. Αυτό το γεγονός μπορεί πιθανότατα να αποδοθεί στην πρώιμη ανάπτυξη του Διαδικτύου που έλαβε χώρα στη Μεσογειακή Ευρώπη σε σύγκριση με πολλά άλλα μέρη του κόσμου.

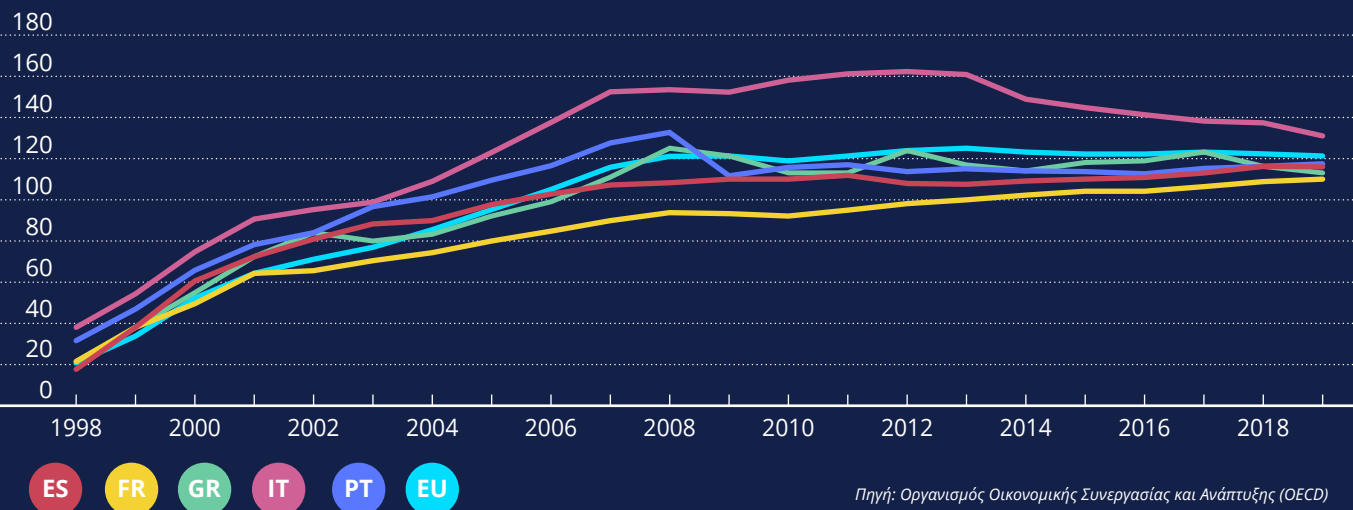
Η κάλυψη πρώτης τάξεως συνδεσιμότητας των πληθυσμών αυτών των χωρών θα πρέπει να είναι, εν δυνάμει με τις τόσο υψηλές αναλογίες διευθύνσεων προς τον πληθυσμό σε όλη την περιοχή. Η εικόνα 6 μας δείχνει αυτήν τη δυνατότητα. Παρόλο που η Πορτογαλία και η Ελλάδα έχουν μερικά από τα χαμηλότερα ποσοστά πρόσβασης στο Διαδίκτυο στην ΕΕ, τα ποσοστά αυτά εξακολουθούν να είναι πολύ υψηλά σε παγκόσμια κλίμακα και βλέπουμε ότι και οι πέντε χώρες συνεχίζουν να βελτιώνουν τη συνδεσιμότητά τους.

Εικόνα 7:
Σταθερές ευρυζωνικές συνδρομές ανά 100 άτομα διαχρονικά

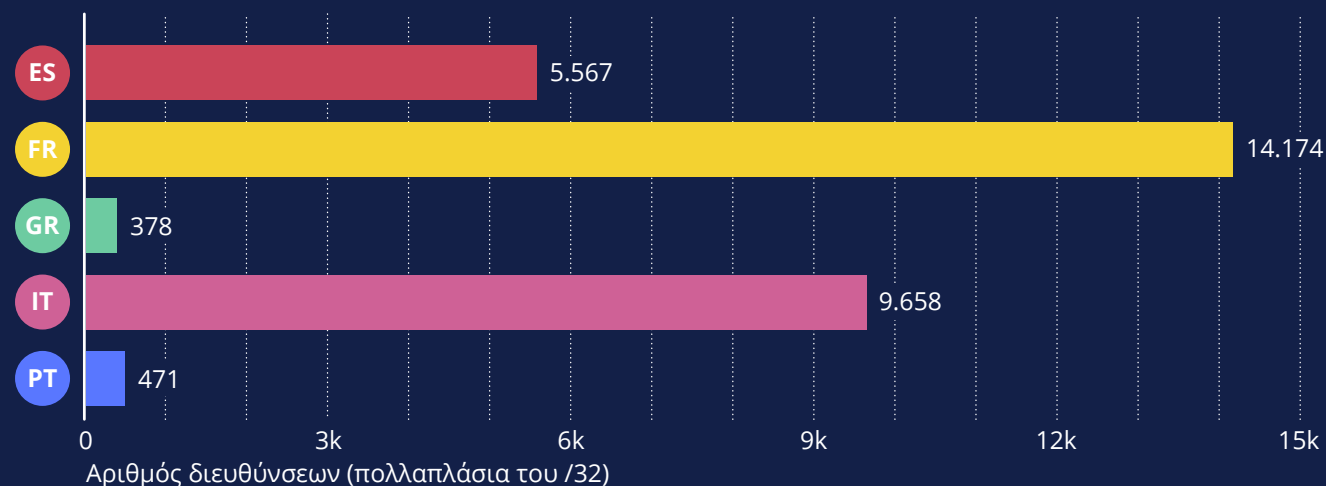


Είναι ενδιαφέρουσα η διαπίστωση ότι τα ποσοστά για τις ευρυζωνικές συνδρομές δεν ακολουθούν το ίδιο μοτίβο. Ενώ η Ισπανία σημειώνει την υψηλότερη βαθμολογία όσον αφορά την πρόσβαση στο Διαδίκτυο, η Ελλάδα και η Πορτογαλία έχουν υψηλότερα ποσοστά ευρυζωνικών συνδρομών ανά κάτοικο από την Ισπανία (ή την Ιταλία). Εν μέρει, αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι η Ισπανία και η Ιταλία έχουν τις περισσότερες κατά κεφαλήν συνδρομές κινητής τηλεφωνίας, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι άνθρωποι στις χώρες αυτές βασίζονται περισσότερο στις κινητές συσκευές τους για σύνδεση στο Διαδίκτυο παρά στις σταθερές ευρυζωνικές συνδρομές.

Εικόνα 8:
Συνδρομές κινητής τηλεφωνίας ανά 100 άτομα διαχρονικά



Εικόνα 9:
Κατοχές IPv6



Ειδικότερα, ο σημαντικά μεγαλύτερος αριθμός συνδρομών κινητής τηλεφωνίας στην Ιταλία θα μπορούσε να αποδοθεί τουλάχιστον κατά ένα ποσοστό στις φθηνές τιμές των κινητών ευρυζωνικών υπηρεσιών (όπως αναφερθήκαμε προηγουμένως). Και οι πέντε χώρες έχουν υψηλά ποσοστά συνδρομών κινητής τηλεφωνίας, κατά μέσο όρο πάνω από μία ανά άτομο, παρόλο που οι περισσότερες από αυτές βρίσκονται στο χαμηλότερο άκρο του μέσου όρου της ΕΕ. Τα τελευταία χρόνια παρατηρούμε μια μικρή πτώση στην Ιταλία, που ενδεχομένως να σηματοδοτεί τον κορεσμό της αγοράς. Παρατηρούμε επίσης την Πορτογαλία να ξεχωρίζει όσον αφορά την ανάπτυξη της ευρυζωνικότητας τα τελευταία 7-8 χρόνια. Αυτό μπορεί να οφείλεται, τουλάχιστον εν μέρει, σε μια συντονισμένη προσπάθεια εκ μέρους της ρυθμιστικής αρχής και των βασικών επιχειρησιακών φορέων, οι οποίοι έχουν επενδύσει σε κοινές υποδομές σε μια κοινή προσπάθεια επέκτασης της κάλυψης.⁵

Παρόλο που και οι πέντε χώρες διαθέτουν μεγάλες ποσότητες χώρου διευθύνσεων IPv4, τα υψηλά ποσοστά συνδρομών κινητής τηλεφωνίας σημαίνουν ότι ιδίως οι φορείς κινητής τηλεφωνίας πιθανώς βασίζονται σε τεχνικές κοινής χρήσης διευθύνσεων για την εξυπηρέτηση του αυξανόμενου αριθμού πελατών τους. Τεχνικές λύσεις που επιτρέπουν σε πολλούς χρήστες να μοιράζονται μια ενιαία διεύθυνση IP, όπως η carrier-grade network address translation (CGN), χρησιμοποιούνται ευρέως στην κινητή ευρυζωνική συνδεσιμότητα. Ωστόσο, υπάρχουν καταγεγραμμένα μειονεκτήματα στις τεχνολογίες κοινής χρήσης διευθύνσεων και η ανάπτυξη του IPv6 παραμένει ως η μόνη βιώσιμη στρατηγική εξυπηρέτησης της μελλοντικής ανάπτυξης και επίτευξης του στόχου της ΕΕ ως προς τον εξοπλισμό κάθε ευρωπαϊκού νοικοκυριού με μια σύνδεση των 100 Mbps έως το 2025⁶ - για να μην αναφέρουμε την υποστήριξη αναδυόμενων τεχνολογιών όπως το 5G, το Internet of Things και άλλα.

Διευθύνσεις IPv6 στη Μεσογειακή Ευρώπη

Όσον αφορά τις κατοχές IPv6, οι πέντε χώρες εμφανίζουν παρόμοιο μοτίβο με αυτό που είδαμε για το IPv4. Η Γαλλία κυριαρχεί στην περιοχή, έπειτα ακολουθεί η Ιταλία και η Ισπανία, και τέλος η Πορτογαλία και η Ελλάδα κατέχουν μόνο ένα κλάσμα του χώρου που έχουν αυτές οι μεγαλύτερες χώρες.

⁵ Έγγραφο εργασίας της ITU: Κοινή χρήση και από κοινού ανάπτυξη υποδομών στην Ευρώπη: καλές πρακτικές με βάση τη συλλογική ρύθμιση

⁶ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/broadband-strategy-policy>

Εικόνα 10:
Κατοχές IPv6 ανά φορέα

%
60

50

40

30

20

10

0



ES

FR

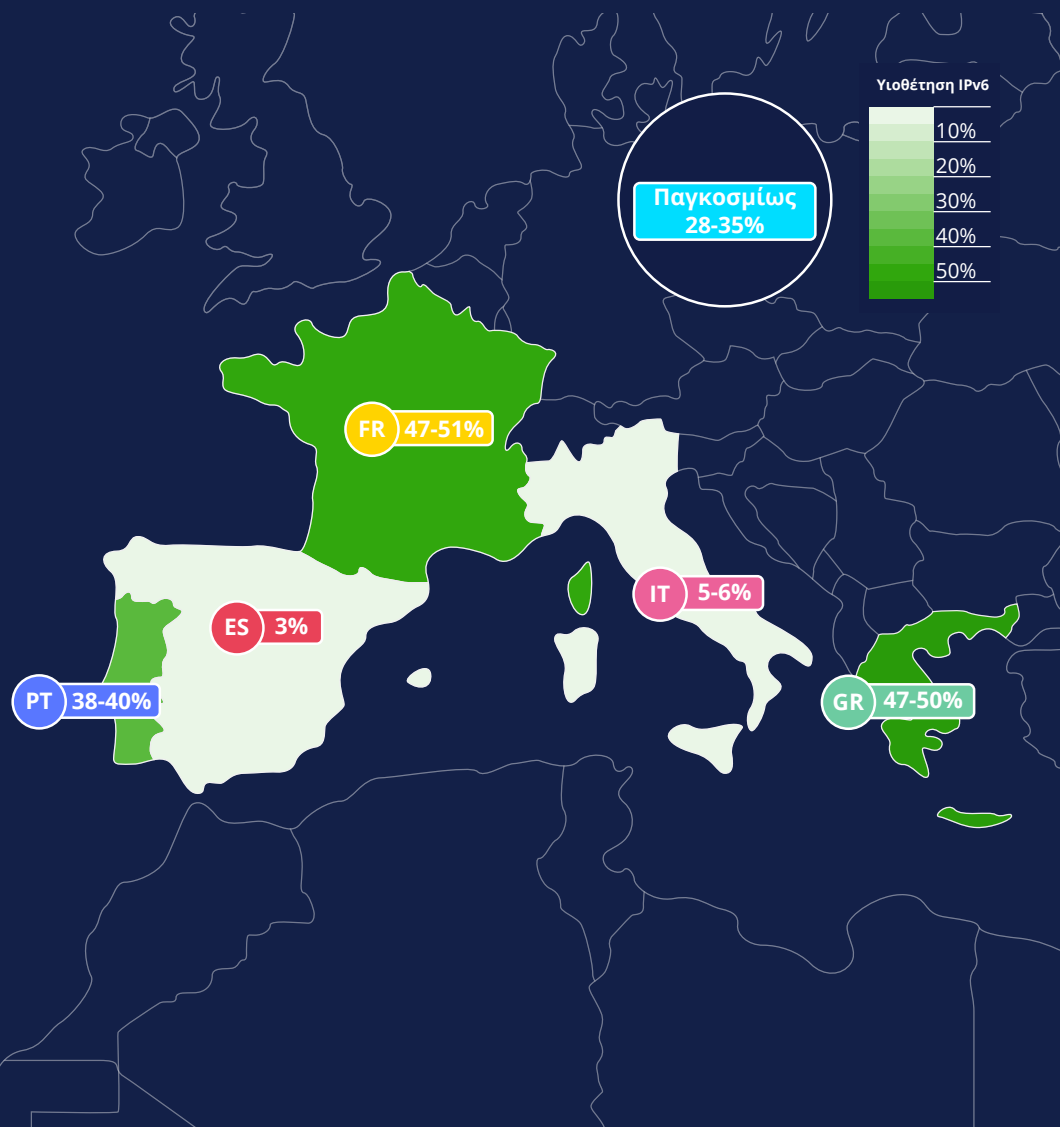
GR

IT

PT

Όσον αφορά την κατανομή εντός των χωρών, η εικόνα 10 δείχνει τους οργανισμούς με τις τρεις μεγαλύτερες κατοχές IPv6 σε κάθε χώρα. Τόσο στη Γαλλία όσο και στην Ιταλία, ένας μόνο πάροχος κατέχει ένα μεγάλο μέρος (58% και 42% αντίστοιχα) των διευθύνσεων IPv6, ενώ μπορούμε να δούμε μια πολύ πιο ομοιόμορφη κατανομή ανάμεσα στην Πορτογαλία και στην Ελλάδα. Σε αντίθεση με το IPv4, οι διευθύνσεις IPv6 είναι ευρέως διαθέσιμες (αν και οι μεγάλες κατανομές χρειάζονται δικαιολόγηση), οπότε η αποθησαύριση δεν αποτελεί παράγοντα εδώ. Πρέπει να σημειωθεί ότι παρόλο που οι οργανισμοί κατέχουν μεγάλες ποσότητες χώρου διευθύνσεων IPv6, δε σημαίνει ότι υπάρχει μια πραγματική ανάπτυξη του IPv6 εκ μέρους τους ή ότι οι διευθύνσεις χρησιμοποιούνται. Ορισμένα δίκτυα μπορεί να κατέχουν μεγάλο ποσό χώρου διευθύνσεων χωρίς να τον χρησιμοποιούν (έχοντας ενδεχομένως παρουσιάσει σχέδια μελλοντικής ανάπτυξης κατά τη ζήτηση μεγάλων αναθέσεων), ενώ άλλα μπορεί να έχουν αναπτύξει το IPv6 σε ολόκληρα δίκτυα και να είναι σε θέση να εξυπηρετούν ολόκληρη την πελατειακή τους βάση με μια σχετικά μικρή ανάθεση. Για παράδειγμα, η Sky Italia κατέχει μόλις το 1,33% των διευθύνσεων IPv6 που έχουν καταχωρηθεί στην Ιταλία, αλλά έχει επιτύχει ανάπτυξη πάνω από 90% στο δίκτυό της.

Εικόνα 11:
Ρυθμοί ανάπτυξης IPv6



Πηγές: Akamai: <https://www.akamai.com/us/en/resources/our-thinking/state-of-the-internet-report/state-of-the-internet-ipv6-adoption-visualization.jsp>, APNIC: <https://stats.labs.apnic.net/ipv6>, Facebook: <https://www.facebook.com/ipv6>, Google: <https://www.google.com/intl/en/ipv6/statistics.html#tab=per-country-ipv6-adoption>.

Επειδή οι μεγαλύτερες κατανομές IPv6 γίνονται ανάλογα με τις ανάγκες των χωρών, θα περιμέναμε να δούμε τα ποσοστά ανάπτυξης να αντικατοπτρίζουν περίπου τις διαφορετικές ποσότητες χώρου διευθύνσεων IPv6 που βλέπουμε σε κάθε χώρα, κάτι το οποίο όμως σίγουρα δε συμβαίνει. Για παράδειγμα, η Ιταλία όπως και η Γαλλία κατέχουν το 68% του χώρου διευθύνσεων IPv6, αλλά ο ρυθμός ανάπτυξής της είναι κατά πολύ μικρότερος σε σχέση με αυτόν της Γαλλίας (5-6% έναντι 47-51% αντίστοιχα). Η ίδια κατάσταση παρατηρείται και για την Ισπανία. (Σημείωση: έχουμε συμπεριλάβει ένα εύρος από πηγές δεδομένων, καθώς διαφορετικοί οργανισμοί έχουν διαφορετικές μεθόδους μέτρησης που οδηγούν σε ελαφρώς διαφορετικά στοιχεία).

Προσπαθώντας να κατανοήσουμε καλύτερα την κατάσταση, ανατρέχουμε στην έρευνα του RIPE NCC του 2019,⁷ στην οποία συμμετείχαν πάνω από 4.000 φορείς δικτύων και άλλα μέλη της τεχνικής κοινότητας (συνολικά 674 ερωτηθέντες προερχόμενοι από την Πορτογαλία, την Ισπανία, τη Γαλλία, την Ιταλία και την Ελλάδα).

Ενώ μόνο το 40% των ερωτηθέντων από την Πορτογαλία, τη Γαλλία και την Ελλάδα δήλωσαν ότι πιστεύουν ότι οι οργανισμοί τους θα χρειαστούν περισσότερες IPv4 τα επόμενα 2-3 χρόνια, παρατηρούμε ότι το ποσοστό στην Ισπανία και στην Ιταλία ανέρχεται στο 54% (το οποίο είναι σύμφωνο με το συνολικό μέσο όρο μεταξύ όλων των ερωτηθέντων της έρευνας στο 53%). Όταν ρωτήθηκαν σχετικά με την τρέχουσα κατάσταση της ανάπτυξης του IPv6 στα δίκτυά τους, το 25% των ερωτηθέντων στην Πορτογαλία, τη Γαλλία και την Ελλάδα δήλωσαν ότι έχουν αναπτυχθεί πλήρως, σε σύγκριση με μόλις ένα 8% στην Ισπανία και στην Ιταλία που δήλωσαν το ίδιο (ο συνολικός μέσος όρος μεταξύ όλων των

ερωτηθέντων ήταν στο 22%). Επιπλέον, το 32% των ερωτηθέντων στην Ισπανία και την Ιταλία δήλωσαν ότι δεν έχουν σχέδια για την ανάπτυξη του IPv6, σε σύγκριση με τον μέσο όρο του 23% μεταξύ όλων των ερωτηθέντων. Οι κυριότεροι λόγοι που αναφέρθηκαν κατά τη διάρκεια της έρευνας στην Ισπανία και στην Ιταλία για την έλλειψη ανάπτυξης του IPv6 είναι α) η έλλειψη επιχειρηματικής ανάγκης ή απαίτησης, β) η έλλειψη γνώσης ή εμπειρογνομosύνης και γ) η έλλειψη χρόνου. Ωστόσο, εκτός από το 8% των ερωτηθέντων στην Ισπανία και την Ιταλία που δήλωσαν ότι έχουν πλήρως αναπτυχθεί, ένα άλλο 47% δήλωσε ότι είτε ήταν στις βλέςεις του, είτε ότι δοκιμάζει επί του παρόντος το IPv6 είτε ότι μόλις είχε ξεκινήσει να το αναπτύσσει. Μέσα στα επόμενα χρόνια υπάρχει η πιθανότητα να δούμε βελτίωση στην ανάπτυξη του IPv6 σε αυτές τις χώρες.

Για την ανάπτυξη του IPv6, σημαντικό ρόλο παίζουν οι κυβερνήσεις, οι ρυθμιστικές αρχές, τα Internet Exchange Points (IXP) και οι τοπικές ομάδες φορέων δικτύων (NOG). Στη Γαλλία, για παράδειγμα, η ρυθμιστική αρχή τηλεπικοινωνιών, Arcep, έχει δραστηριοποιηθεί ενεργά στην προώθηση της ανάπτυξης του IPv6, συγκροτώντας το 2019 μια ειδική ομάδα εργασίας για το IPv6 και δημοσιεύοντας εκθέσεις της ρυθμιστικής αρχής σχετικά με την εξέλιξή του. Στην Ελλάδα, βλέπουμε επίσης υψηλό επίπεδο ανάπτυξης του IPv6. Ο GR-IX, ο κύριος IXP της χώρας, έχει επίσης δραστηριοποιηθεί πολύ ενεργά στην ενθάρρυνση των μελών του ως προς την ανάπτυξη του IPv6, και η τοπική τεχνική κοινότητα, μέσω του GRNOG, υποστηρίζει τους ελληνικούς φορείς για τις δικές τους αναπτύξεις IPv6. Αυτοί οι παράγοντες μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στη συνολική ανάπτυξη του Διαδικτύου μιας χώρας και στην ικανότητα μετάβασης στο πρωτόκολλο επόμενης γενιάς.

⁷ Έρευνα του RIPE NCC κατά το έτος 2019: <https://www.ripe.net/survey>

2. Εσωτερική και Διεθνής Συνδεσιμότητα

Εσωτερική Συνδεσιμότητα Μεταξύ Δικτύων

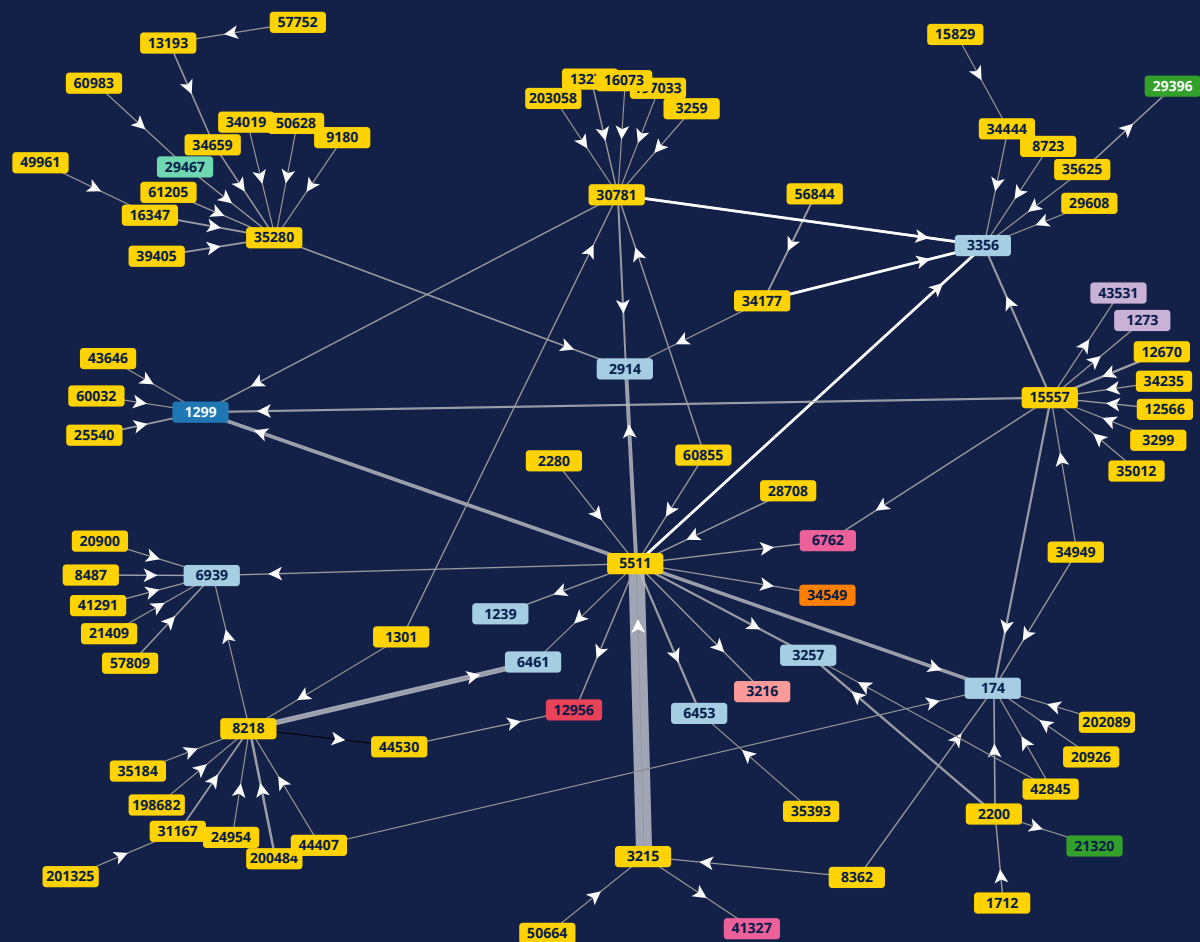
Για να κατανοήσουμε τις σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ διαφορετικών δικτύων, μπορούμε να μελετήσουμε τις διασυνδέσεις εντός κάθε χώρας χρησιμοποιώντας δεδομένα από την Routing Information Service (RIS) του RIPE NCC, η οποία χρησιμοποιεί ένα παγκοσμίως κατανομημένο σύνολο συλλεκτών διαδρομών για τη συλλογή και αποθήκευση δεδομένων δρομολόγησης στο Διαδίκτυο. Αυτό μας δείχνει τις διαθέσιμες διαδρομές που υπάρχουν μεταξύ των δικτύων (σε αντίθεση με τις πραγματικές διαδρομές που ακολουθούνται).

Για κάθε χώρα, σχεδιάζουμε πώς διαδίδονται οι διαδρομές από το ένα δίκτυο στο άλλο (τα βέλη υποδεικνύουν την κατεύθυνση της ροής Border Gateway Protocol (BGP), η οποία είναι αντίθετη με τη ροή της κυκλοφορίας) μέχρι το σημείο όπου η διαδρομή φτάνει σε ένα ξένο δίκτυο. Για κάθε διαδρομή, απορρίπτουμε τα πρώτα άλματα που περιγράφουν λεπτομερώς τον τρόπο διάδοσης των διαδρομών μέσω των διεθνών δικτύων και επικεντρωνόμαστε στην εσωτερική δρομολόγηση κάθε χώρας και στις εξωτερικές συνδέσεις. Οι κόμβοι σε κάθε εικόνα είναι χρωματικά κωδικοποιημένοι ανάλογα με τη χώρα στην οποία είναι εγγεγραμμένο το δίκτυο (ASN) και το πλάτος των γραμμών καθορίζεται από τον αριθμό των διαδρομών στις οποίες βλέπουμε τη σύνδεση μεταξύ των διαφόρων ASN. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να σημειωθεί ότι η θέση των διαφόρων δικτύων δεν αντιστοιχεί σε κανενός είδους γεωγραφική διάταξη. Αντιθέτως, τα στοιχεία αυτά αποτελούν απλώς μια οπτική αναπαράσταση των διασυνδέσεων μεταξύ των δικτύων σε κάθε χώρα.

Λόγω της φύσης του BGP και των διαδικασιών συλλογής διαδρομών RIS, η άποψή μας περιορίζεται στις διαδρομές που ακολουθεί η διεθνής κυκλοφορία. Θα παρατηρήσουμε σχέσεις ομοτίμων μεταξύ δύο παρόχων υπηρεσιών σε μια χώρα μόνο όταν ο ένας ή και οι δύο εταίροι ανακοινώνουν τις διαδρομές του άλλου σε ένα τρίτο μέρος που προωθεί περαιτέρω τη διαδρομή. Πιο συγκεκριμένα, δε θα εξετάσουμε σχέσεις ομοτίμων σε περιφερειακούς IXP, καθώς η πρόθεση μας είναι η διατήρηση της τοπικής κυκλοφορίας εντός της χώρας ή της περιοχής. Παρ' όλα αυτά, η γραφική απεικόνιση των συνδέσεων που μπορούμε να εντοπίσουμε παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για την εγχώρια συνδεσιμότητα.

Δυστυχώς δεν είναι δυνατόν να απεικονίσουμε όλες τις συνδέσεις μεταξύ κάθε δικτύου στις χώρες αυτές εξαιτίας περισσότερων από χιλίων ASN εγγεγραμμένων στην Ισπανία, στη Γαλλία και στην Ιταλία και ενός έως διακοσίων στην Πορτογαλία και στην Ελλάδα. Ωστόσο, για να αποκτήσουμε μια γενική εικόνα των προτύπων υψηλού επιπέδου, περιορίσαμε τα ακόλουθα σχήματα να περιλαμβάνουν τα 100 πιο συχνά παρατηρούμενα μέρη στις διαδρομές BGP.

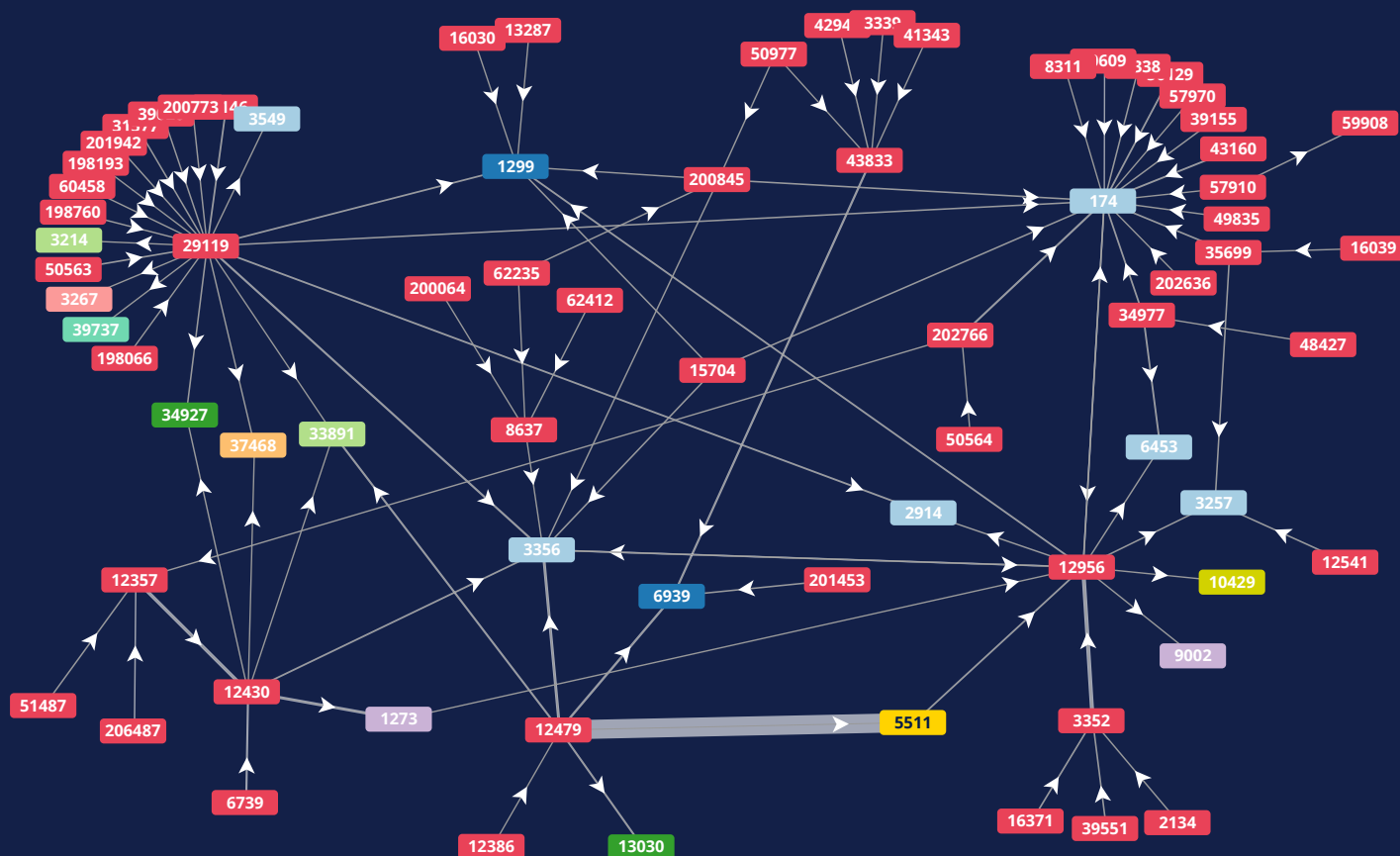
Εικόνα 12:
Συνδεσιμότητα μεταξύ δικτύων στη Γαλλία



Στη Γαλλία, μπορούμε να δούμε εννέα ομαδοποιήσεις γύρω από διάφορα δίκτυα, υποδεικνύοντας τον σημαντικό ρόλο που διαδραματίζουν στην εγχώρια συνδεσιμότητα της χώρας, συνδέοντας μια σειρά άλλων δικτύων με το υπόλοιπο Διαδίκτυο. Πέντε από αυτές είναι εγγεγραμμένες σε γαλλικούς οργανισμούς: Acorus (AS35280), Jaguar Network SAS (AS30781), Zayo France (AS8218), SFR (AS15557) και OpenTransit (AS5511). Οι άλλες τέσσερις είναι διεθνείς πάροχοι με έδρα εκτός Γαλλίας: Telia (AS1299), Hurricane Electric (AS6939), Level3 (AS3356) και Cogent (AS174). Μπορούμε να παρατηρήσουμε ξεκάθαρα πώς το εγχώριο δίκτυο της γαλλικής πολυεθνικής εταιρείας τηλεπικοινωνιών Orange (AS3215), βασίζεται στο OpenTransit, τον διεθνή κορμό της Orange, για την κύρια συνδεσιμότητά της.

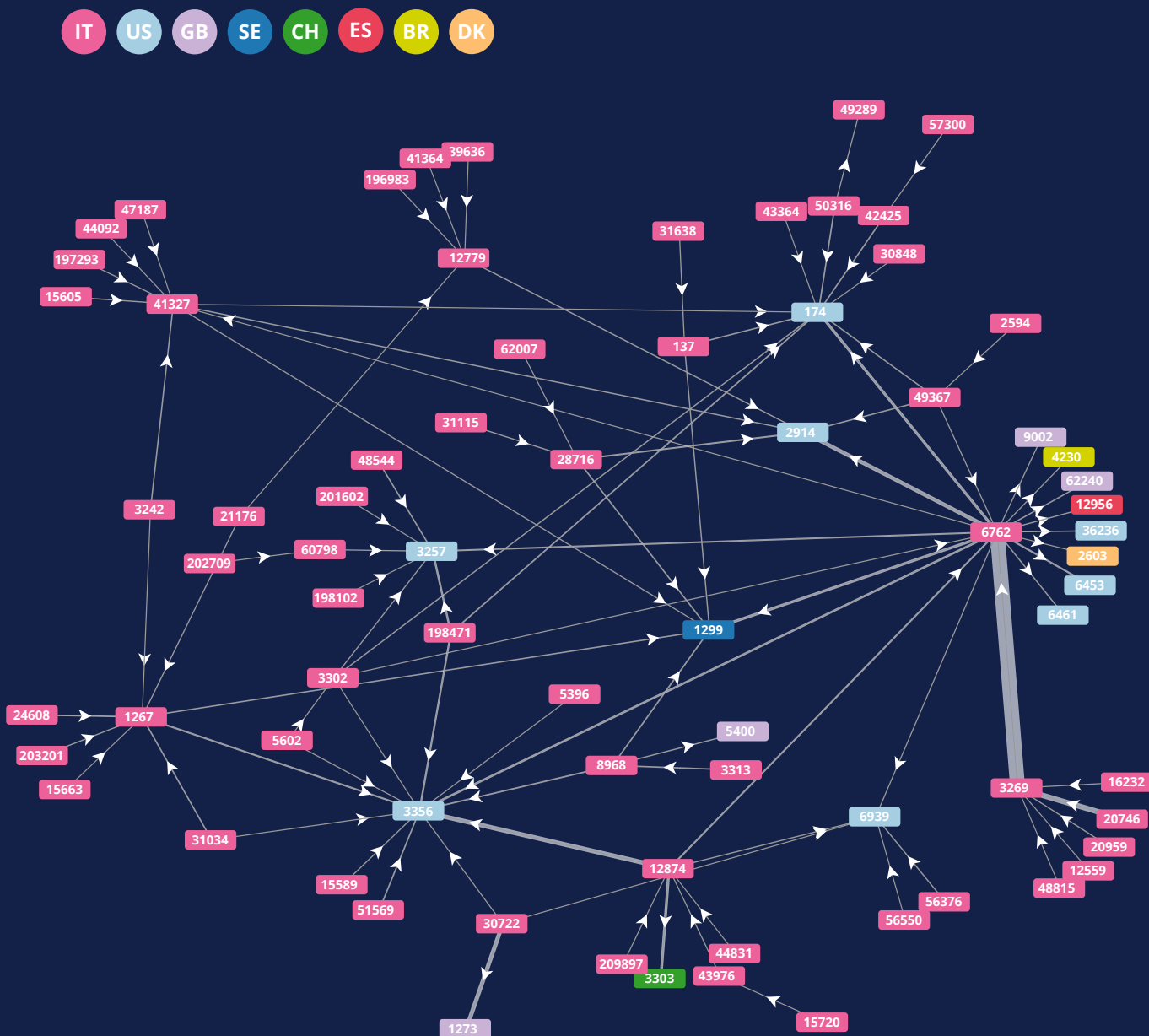
Εικόνα 13:

Συνδεσιμότητα μεταξύ δικτύων στην Ισπανία



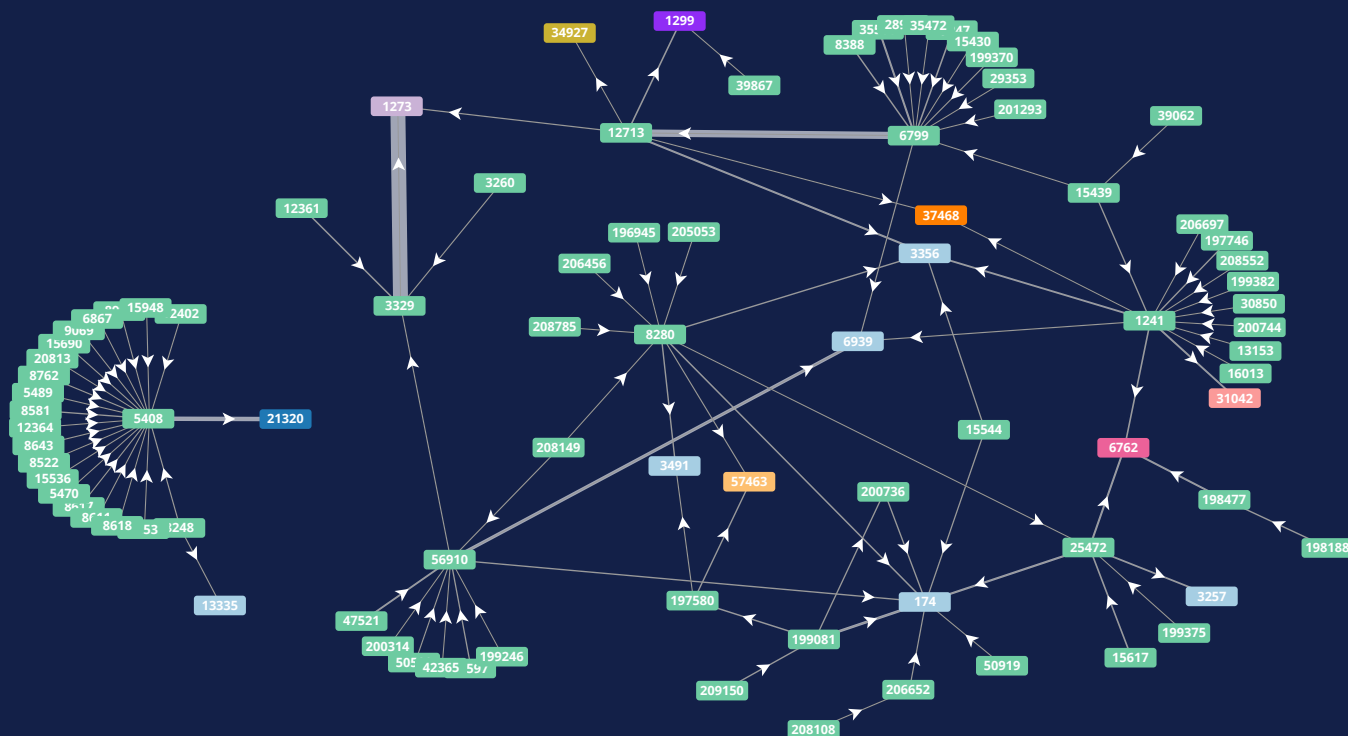
Η εγχώρια συνδεσιμότητα της Ισπανίας κυριαρχείται από δύο δίκτυα: τον ServiHosting Networks (AS29119) και τον Cogent (AS174) με έδρα τις ΗΠΑ. Πολλά από τα δίκτυα της Ισπανίας λαμβάνουν συνδεσιμότητα μέσω αυτών των παρόχων. Παρατηρούμε επίσης λιγότερο εμφανείς, αλλά παρόλα αυτά σημαντικές συστάδες γύρω από τη Vodafone España (AS12430), την Producmia (AS43833) και την Telefónica Global Solutions (AS12956), η οποία είναι η ανάντη εταιρεία της Telefónica de España (AS3352) και των δικτύων που εξυπηρετεί. Όπως και με την κατάσταση στη Γαλλία, έτσι και με την Ισπανία παρατηρούμε επίσης το πώς η Orange España (AS12479) βασίζεται κυρίως στην OpenTransit (AS5511) για τη διεθνή συνδεσιμότητά της.

Εικόνα 14:
Συνδεσιμότητα μεταξύ δικτύων στην Ιταλία



Στην Ιταλία, παρατηρούμε την Telecom Italia Sparkle (AS6762) να εξυπηρετεί πολλές διεθνείς συνδέσεις. Το δίκτυο αυτό είναι επίσης ο κύριος πάροχος ανάντη για το εγχώριο δίκτυο της Telecom Italia (AS3269). Άλλες μικρότερες ομαδοποιήσεις που ξεχωρίζουν γύρω από τους διεθνείς φορείς εκμετάλλευσης: Level3 (AS3356), GTT (AS3257), Cogent (AS174), NTT (AS2914), Telia (AS1299) και Hurricane Electric (6939), εκτός από τα ιταλικά δίκτυα Wind (AS1267), Fiber Telecom (AS41327), IT.Gate (AS12779) και Fastweb (AS12874).

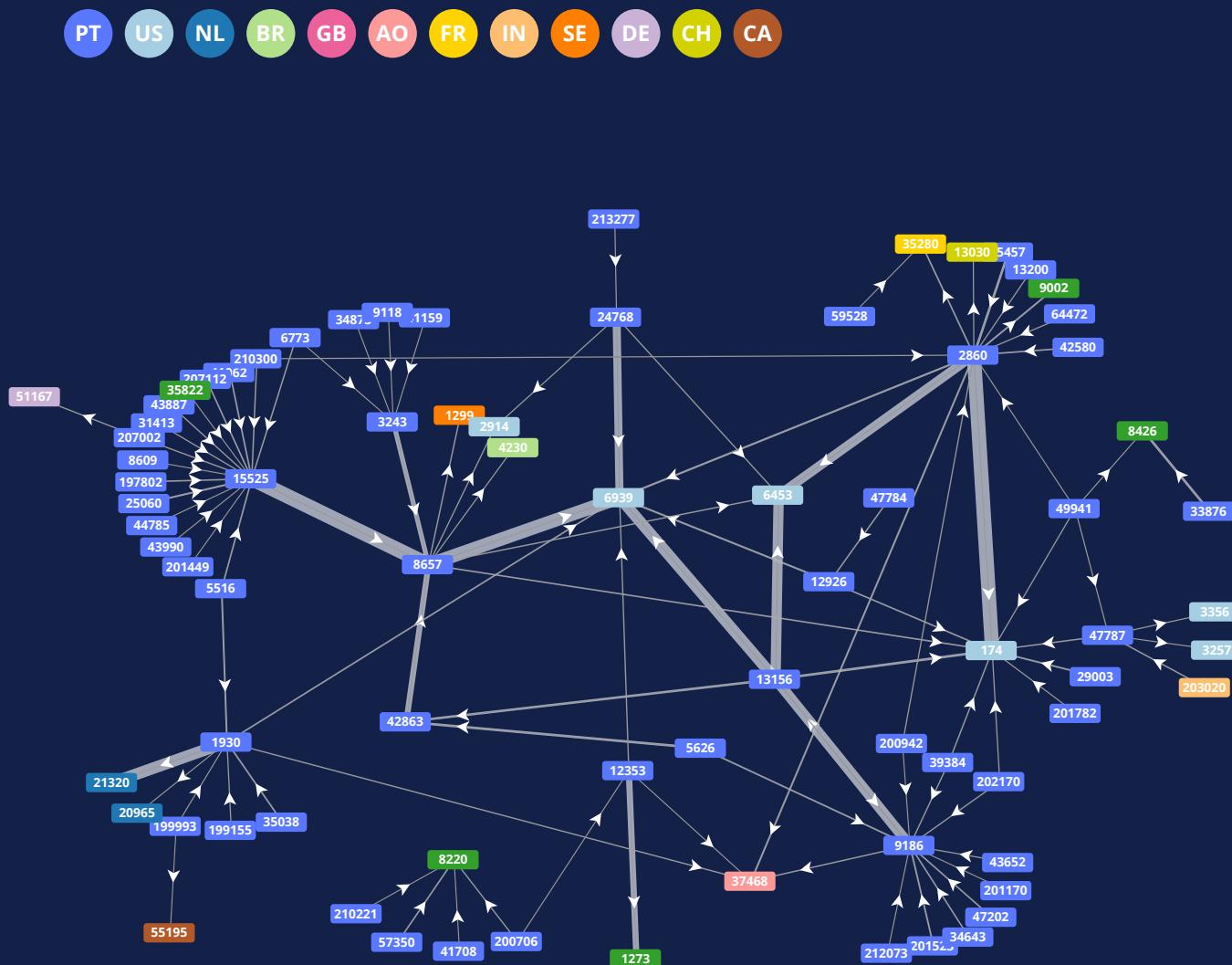
Εικόνα 15:
Συνδεσιμότητα μεταξύ δικτύων στην Ελλάδα



Στην Ελλάδα, το GRNET, του εθνικού δικτύου έρευνας και εκπαίδευσης (NREN), παίζει έναν ξεχωριστό ρόλο. Παρατηρούμε πώς το GRNET (AS5408) συνδέει πολλά ακαδημαϊκά δίκτυα με τον έξω κόσμο μέσω του GÉANT (AS21320), του ευρωπαϊκού ερευνητικού δικτύου που εδρεύει στις Κάτω Χώρες.

Βλέπουμε επίσης ομαδοποιήσεις γύρω από τη Forthnet (AS1241), τον OTE (AS6799) και τη Lambda Hellix (AS56910). Η Lambda Hellix λαμβάνει συνδεσιμότητα από τη Hurricane Electric (AS6939) και τη Vodafone-Panafon (AS3329), η οποία για εξωτερική συνδεσιμότητα βασίζεται στη Vodafone GlobalNet (AS1273). Σημαντική είναι επίσης η ομαδοποίηση γύρω από τον Cogent (AS174), ο οποίος θεωρείται άμεσος πάροχος ανάντη για πολλά ελληνικά δίκτυα.

Εικόνα 16:
Συνδεσιμότητα μεταξύ δικτύων στην Πορτογαλία

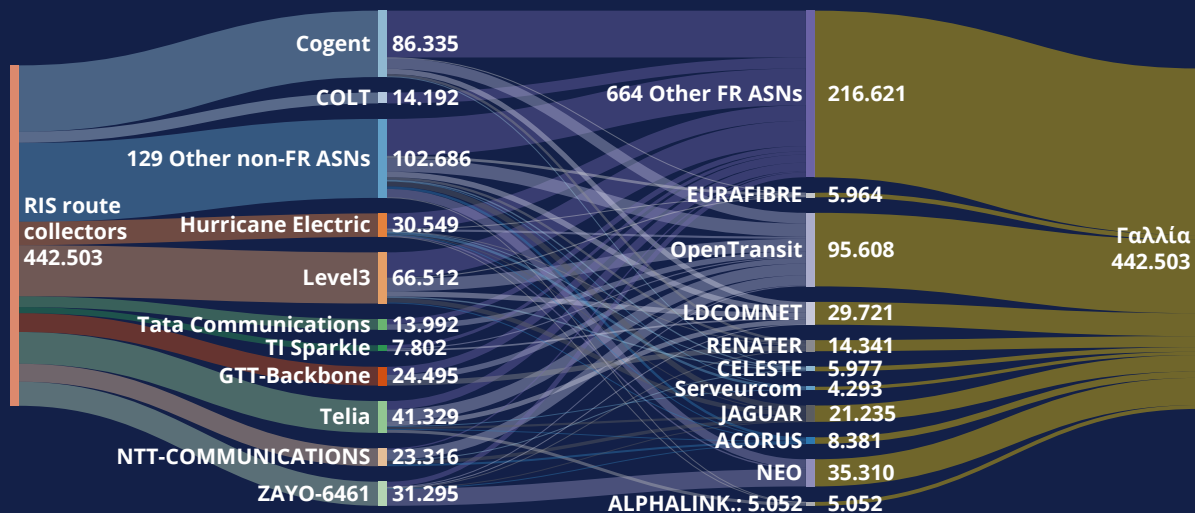


Στην Πορτογαλία, η Hurricane Electric (AS6939) κατέχει μια εξέχουσα θέση. Το δίκτυο της συνδέει ένα σημαντικό μέρος των πορτογαλικών δικτύων της με το υπόλοιπο Διαδίκτυο, τόσο με έναν άμεσο όσο και με έμμεσο τρόπο. Οι περισσότερες έμμεσες συνδέσεις περνούν από τις εταιρείες MEO Internacional (AS8657) και NOWO Communications (AS13156). Η MEO Internacional είναι η αποκλειστική ανάντη για άλλα τμήματα της MEO: η MEO Residencial (AS3243), η MEO Empresas (AS15525) και η MEO Movel (AS42863). Αυτό δείχνει πώς ένας οργανισμός μπορεί να χρησιμοποιήσει πολλαπλά ASN για τη διάθρωση των δικτύων του.

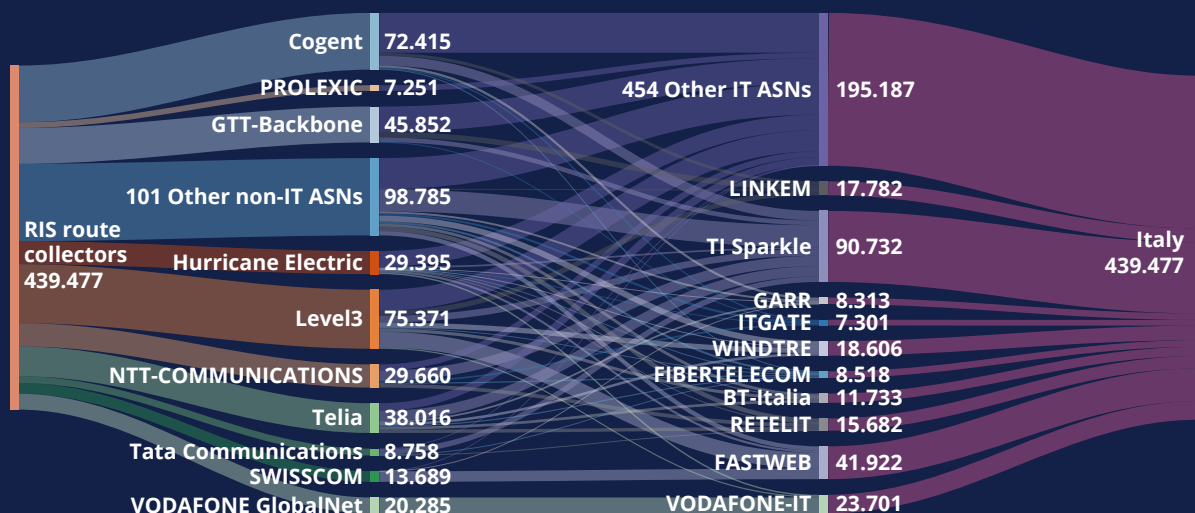
Άλλοι σημαντικοί φορείς που συνδέουν την Πορτογαλία με το υπόλοιπο Διαδίκτυο είναι οι εξής: Η NOS Comunicações (AS2860), με τους Cogent (AS174) και Tata Communications (AS6453) ως κύρια προηγούμενα στάδια. Η ONI Telecom (AS9186) λαμβάνει διέλευση από την NOWO Communications (AS13156) και η RCCN (AS1930), το NREN που βασίζεται κυρίως στην GÉANT (AS21320) για εξωτερική συνδεσιμότητα, και οι ορισμένες διαδρομές εμφανίζονται επίσης μέσω της Hurricane Electric (AS6939). Τέλος, βλέπουμε πώς ο Cogent (AS174) παρέχει διαμετακόμιση όχι μόνο στη NOS Comunicações (AS2860) και στους πελάτες της, αλλά και απευθείας διαμετακόμιση σε άλλα πορτογαλικά δίκτυα.

Μια απεικόνιση της συνδεσιμότητας του Διαδικτύου, όπως βλέπουμε σε αυτές τις εικόνες, θα πρέπει να μοιάζει με έναν ιστό βαθιά διασυνδεδεμένο ο οποίος διαθέτει μεγάλη κατανομή διαδρομών και διασυνδέσεων οι οποίες δεν έχουν σαφή σημεία συμφόρησης. Πράγματι, και οι πέντε χώρες που περιλαμβάνονται στην παρούσα έκθεση εμφανίζουν υψηλό επίπεδο διασυνδεσιμότητας μεταξύ των εγχώριων δικτύων τους, γεγονός που υποδηλώνει ένα ώριμο, ανεπτυγμένο τοπίο που παρέχει καλό επίπεδο πλεονασμού και ανθεκτικότητας.

Εικόνα 17:
Η διεθνής συνδεσιμότητα της Γαλλίας



Εικόνα 18:
Η διεθνής συνδεσιμότητα της Ιταλίας



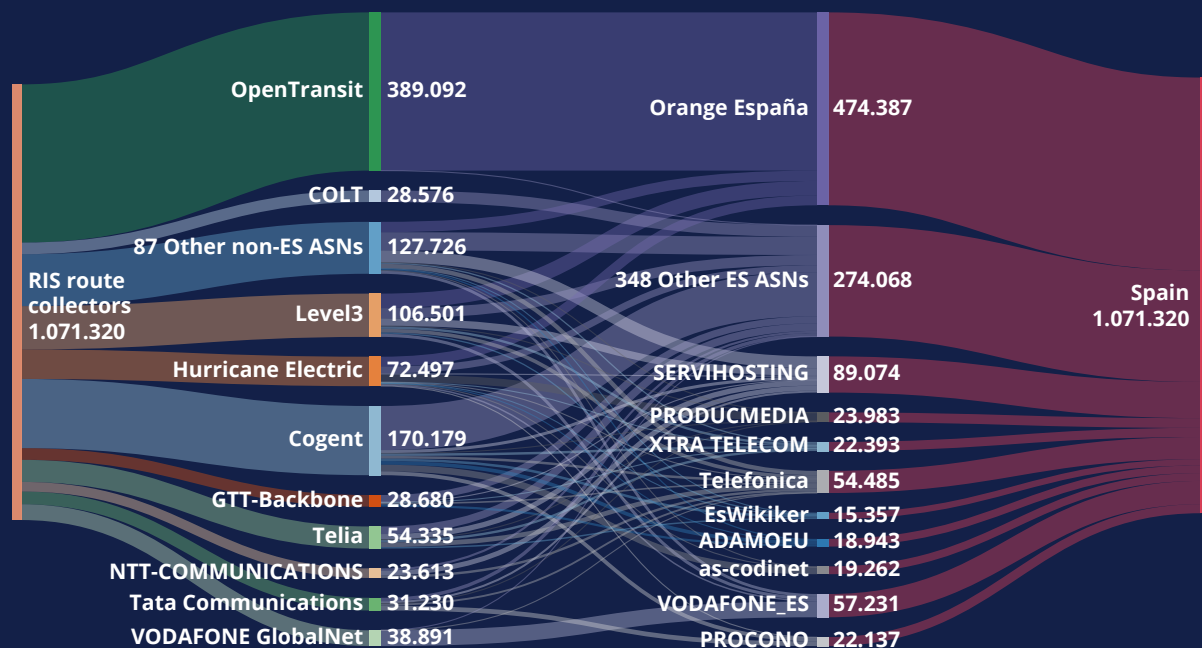
Διεθνής Συνδεσιμότητα

Επεκτείνοντας την οπτική μας γωνία, εξετάζουμε τώρα πέρα από την εγχώρια συνδεσιμότητα και τον τρόπο με τον οποίο η Μεσογειακή Ευρώπη συνδέεται με τον υπόλοιπο κόσμο. Για τους σκοπούς αυτής της διερεύνησης, στρεφόμαστε και πάλι στην Routing Information Service (RIS) του RIPE NCC. Εξετάζουμε τις διαδρομές που συλλέγονται από το RIS για δίκτυα IP σε κάθε χώρα και προσδιορίζουμε το τελευταίο εξωτερικό και το πρώτο εγχώριο δίκτυο που συναντάμε σε αυτές τις διαδρομές. Αυτό μας δίνει μια γενική εικόνα των φορέων εκμετάλλευσης που παρέχουν διεθνή συνδεσιμότητα σε κάθε χώρα.

Στη Γαλλία, βλέπουμε το OpenTransit, το διεθνές δίκτυο κορμού της Orange, σε μεγάλο αριθμό διαδρομών που συνδέονται με γαλλικά δίκτυα. Ωστόσο, βλέπουμε επίσης πώς μεγάλοι διεθνείς πάροχοι όπως ο Cogent, η Level3, η Telia και άλλοι εξυπηρετούν απευθείας εκατοντάδες άλλα γαλλικά δίκτυα χωρίς να περνούν από τον καθιερωμένο πάροχο ή μια χούφτα μεγάλων εγχώριων παρόχων. Αυτό συνιστά ένδειξη μιας ανοικτής και ανταγωνιστικής αγοράς.

Η Ιταλία παρουσιάζει ένα παρόμοιο πρότυπο, με πολλά διαφορετικά δίκτυα να εξυπηρετούνται από διαφορετικούς παρόχους ανάντη, και μια ποικίλη επιλογή μεγάλων παρόχων ανάντη που εξυπηρετούν απευθείας τα εγχώρια δίκτυα της Ιταλίας.

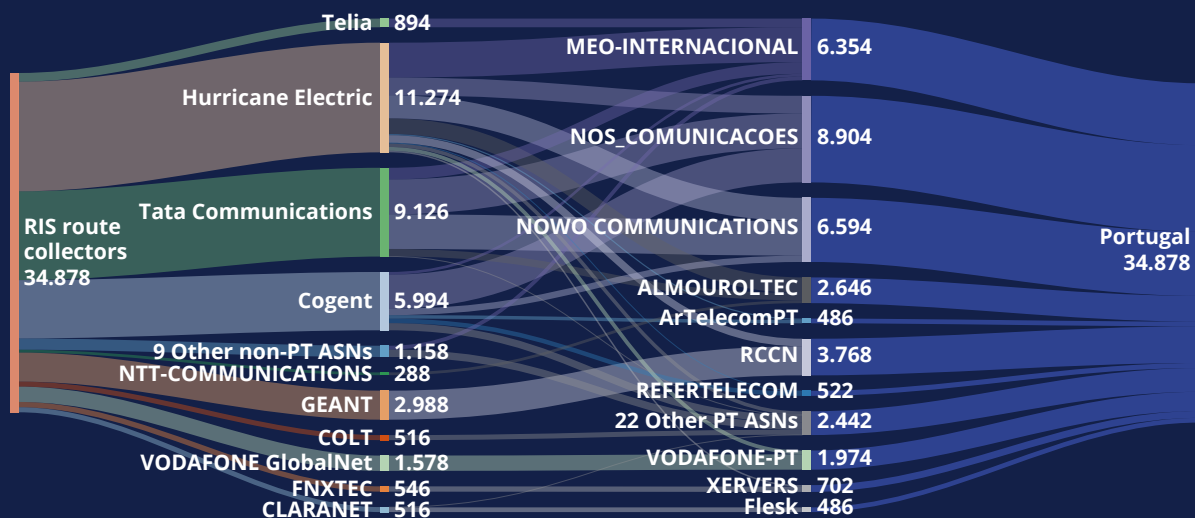
Εικόνα 19:
Η διεθνής συνδεσιμότητα της Ισπανίας



Η διεθνής συνδεσιμότητα στην Ισπανία κυριαρχείται από τη σύνδεση της Orange España μέσω του OpenTransit (δίκτυο κορμού της Orange). Ωστόσο, ενώ η σχέση μεταξύ των δύο είναι σαφής, το σχετικό μέγεθος δεν είναι αντιπροσωπευτικό του πραγματικού μεριδίου αγοράς. Στην εικόνα 19, η υπερμεγέθης αναπαράσταση οφείλεται ενδεχομένως στο γεγονός ότι η Orange España ανακοινώνει το χώρο διευθύνσεων της σε μικρότερα τμήματα, δημιουργώντας μεγαλύτερο αριθμό προθεμάτων στον πίνακα δρομολόγησης και, ως εκ τούτου, περισσότερες διαδρομές. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με το γεγονός ότι η Telefónica κατέχει περισσότερο χώρο ανακοινωμένων διευθύνσεων IPv4 από την Orange España.

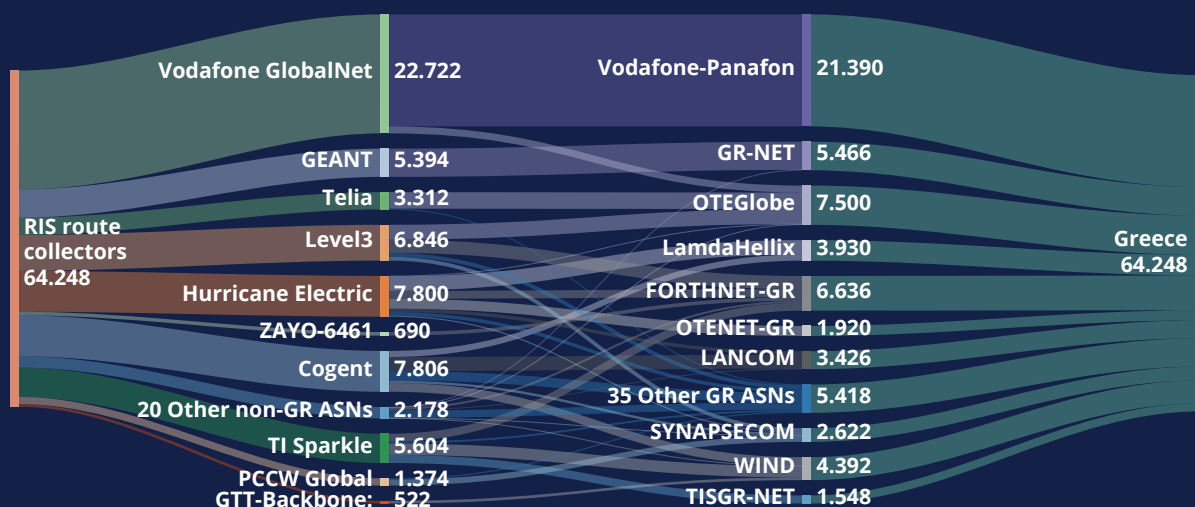
Εικόνα 20:

Η διεθνής συνδεσιμότητα της Πορτογαλίας



Εικόνα 21:

Η διεθνής συνδεσιμότητα της Ελλάδας



Στην Πορτογαλία και στην Ελλάδα, η κατάσταση είναι διαφορετική. Όπως έχει προηγουμένως σημειωθεί, οι χώρες αυτές διαθέτουν μια τάξη μεγέθους με λιγότερα δίκτυα από τις τρεις μεγαλύτερες χώρες. Κατά συνέπεια, οι κύριοι πάροχοι στην Πορτογαλία και στην Ελλάδα εμπλέκονται σε ένα πολύ μεγαλύτερο μέρος των διαδρομών δρομολόγησης προς και από τη χώρα. Στην Ελλάδα, παρατηρούμε μια άλλη περίπτωση υπερεκπροσώπησης της Vodafone-Panafon όσον αφορά το πραγματικό μερίδιο αγοράς της, παρόλο που ο ΟΤΕ διαθέτει περισσότερο συνολικό χώρο διευθύνσεων, εκείνη διαθέτει μεγαλύτερο αριθμό ανακοινωθέντων προθεμάτων. Παρόλο που η Vodafone GlobalNet είναι ο μόνος ανάντη πάροχος για τη Vodafone-Panafon, η πρώτη πιθανόν να έχει ποικίλες σχέσεις ομοτίμων με άλλα μεγάλα δίκτυα. Ανάλογα με το πού πραγματοποιούνται μεταβίβασης κίνησης μεταξύ της «τοπικής» και της «παγκόσμιας» Vodafone (δηλαδή πόσο μακριά βρίσκεται από το εγχώριο δίκτυο), αυτό μπορεί να εξακολουθεί να παρέχει ανθεκτικές συνδέσεις με το παγκόσμιο Διαδίκτυο.

Σε γενικές γραμμές, ο υψηλότερος αριθμός διαφορετικών διαθέσιμων διαδρομών δρομολόγησης που παρατηρείται προς και από μια χώρα, είναι ένα θετικό σημάδι. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η στήριξη μόνο σε έναν μικρό αριθμό κυρίαρχων εγχώριων παρόχων για την σχεδόν καθολική παροχή συνδέσεων προς και από μια χώρα δημιουργεί το ενδεχόμενο εμφάνισης συμφορήσεων και μεμονωμένων σημείων αποτυχίας, με αρνητικές επιπτώσεις στη σταθερότητα του Διαδικτύου της χώρας αυτής, ανεξαρτήτως του διαθέσιμου ποσού συνδέσεων ανάντη. Στη Μεσογειακή Ευρώπη, οι απεικονίσεις της διεθνούς συνδεσιμότητας των χωρών δίνουν μια θετική εικόνα. Στη Γαλλία, στην Ισπανία και στην Ιταλία βλέπουμε ένα ιδιαίτερα υψηλό επίπεδο ποικιλομορφίας στις διεθνείς συνδέσεις. Παρόλο που το περιβάλλον διασύνδεσης εξακολουθεί να είναι σχετικά ανεπτυγμένο και ποικιλόμορφο στην Πορτογαλία και στην Ελλάδα, το επίπεδο ποικιλομορφίας στις διεθνείς συνδέσεις είναι λιγότερο έντονο.

3. Σύστημα Ονομάτων Χώρου, Διαδρομές Κυκλοφορίας και Ασφάλεια Δρομολόγησης

Πρόσβαση στο Σύστημα Ονομάτων Χώρου

Για να διερευνήσουμε τον τρόπο με τον οποίο η κυκλοφορία δρομολογείται προς, από και εντός της περιοχής, εξετάζουμε πρώτα ποιες τοπικές περιπτώσεις του K-root ερωτώνται από προερχόμενα αιτήματα διαφορετικών χωρών.

K-root και DNS

Ο K-root είναι ένας από τους 13 παγκόσμιους εξυπηρετητές πυρήνες ονομάτων που αποτελούν τον πυρήνα του συστήματος ονομάτων χώρου (DNS), το οποίο μετατρέπει τις διευθύνσεις URL που μπορούν να διαβαστούν από τον άνθρωπο (όπως <https://www.ripe.net>) σε διευθύνσεις IP. Το RIPE NCC λειτουργεί τον εξυπηρετητή πυρήνα ονομάτων K-root. Ένας παγκοσμίως κατανοητός συνδυασμός αυτών των εξυπηρετητών πυρήνων ονομάτων αποτελείται από τοπικές «στιγμιαίες καταστάσεις βάσεων δεδομένων» που είναι ακριβή αντίγραφα. Αυτή η διάταξη προσθέτει ανθεκτικότητα και έχει ως αποτέλεσμα ταχύτερους χρόνους απόκρισης για τους πελάτες DNS και, εν τέλει, για τους περαιτέρω χρήστες.

Οι μετρήσεις αυτές βασίζονται στην πλατφόρμα μετρήσεων RIPE Atlas του RIPE NCC, η οποία χρησιμοποιεί ένα παγκόσμιο δίκτυο ανιχνευτών για τη μέτρηση της συνδεσιμότητας και της προσβασιμότητας στο Διαδίκτυο (για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο συμμετοχής, ανατρέξτε στην ενότητα RIPE Atlas στο τέλος της παρούσας έκθεσης). Είναι απαραίτητο να επισημανθεί ότι ο K-root είναι μόνο ένας από τους 13 παγκόσμιους εξυπηρετητές πυρήνες ονομάτων και κάθε πελάτης του Συστήματος Ονομάτων

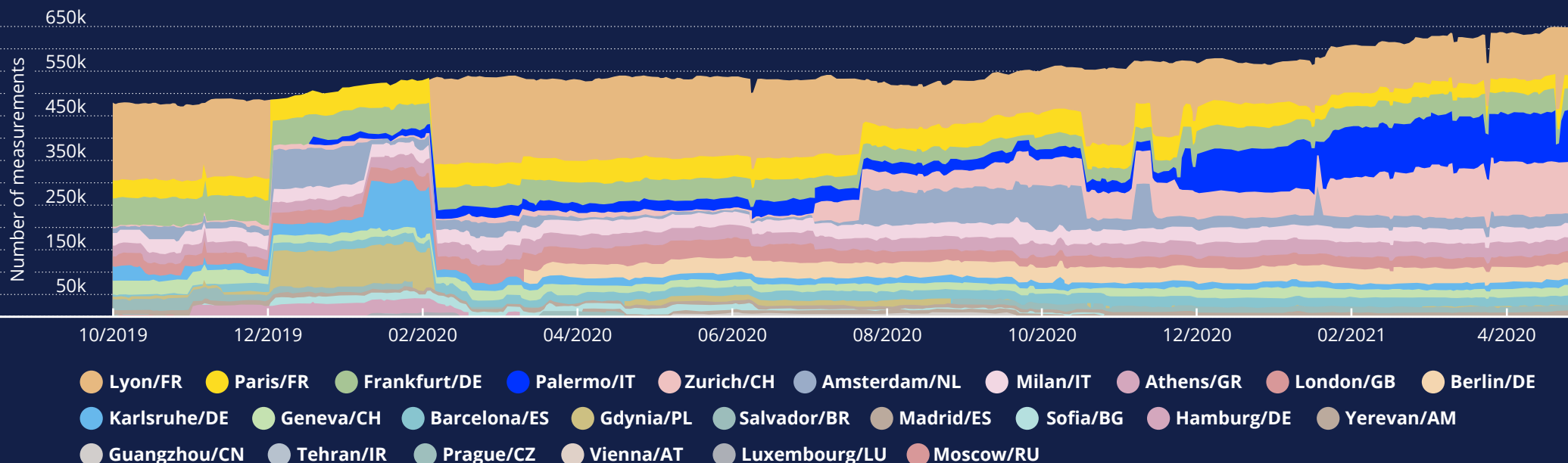
Χώρου (DNS) θα λάβει τις δικές του αποφάσεις σχετικά με ποιον συγκεκριμένο εξυπηρετητή πυρήνα ονομάτων θα χρησιμοποιήσει. Σε περιπτώσεις όπου οι χρόνοι απόκρισης στον K-root θα ήταν σχετικά αργοί, είναι πολύ πιθανό οι πελάτες να επιλέξουν ταχύτερες εναλλακτικές λύσεις μεταξύ των άλλων εξυπηρετητών πυρήνων ονομάτων.

Μια εικόνα για το πώς το σύστημα δρομολόγησης εξετάζει τις διάφορες επιλογές και αποφασίζει ποια δίκτυα και τοποθεσίες θα παρέχουν τα καλύτερα αποτελέσματα μας παρέχεται περιορίζοντας ακόμα τις μετρήσεις μας ως προς την εξέταση του K-root και των επιλογών που πραγματοποιούν οι διάφοροι ανιχνευτές του RIPE Atlas στην περιοχή σχετικά με το ποια περίπτωση K-root έχει ζήτηση.

Border Gateway Protocol και Anycast

Ο εξυπηρετητής πυρήνας ονομάτων K-root, όπως και πολλοί άλλοι διακομιστές DNS, χρησιμοποιεί μια τεχνική που ονομάζεται anycast, σύμφωνα με την οποία κάθε μεμονωμένη στιγμιαία κατάσταση βάσης δεδομένων K-root συνδέεται ανεξάρτητα με το Διαδίκτυο μέσω ενός τοπικού Internet exchange point ή οποιουδήποτε αριθμού ανοδικών δικτύων που είναι διαθέσιμα στη θέση του. Κάθε στιγμιαία κατάσταση βάσης δεδομένων επικοινωνεί χρησιμοποιώντας το Border Gateway Protocol (BGP), το οποίο έχει σχεδιαστεί για την επιλογή της καλύτερης διαδρομής μεταξύ όλων των διαθέσιμων επιλογών. Αρχικά, το σημαντικότερο κριτήριο εδώ είναι το μήκος της διαδρομής και το σύστημα θα επιλέξει τη διαδρομή με τον μικρότερο αριθμό ενδιάμεσων δικτύων. Ωστόσο, οι φορείς εκμετάλλευσης δικτύων μπορούν να παρακάμψουν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων του BGP, συχνά λόγω κόστους ή ιδιοκτησίας. Δεν είναι ασυνήθιστο για τα δίκτυα να προτιμούν διαδρομές που μπορεί να είναι μεν μακρύτερες αλλά λιγότερο δαπανηρές λόγω ρυθμίσεων συνδέσεων ομοτίμων μέσω ενός Internet exchange point ή μιας μητρικής εταιρείας.

Εικόνα 22:
Τοποθεσίες K-root που επιτυγχάνονται από τη Μεσογειακή Ευρώπη (IPv4)



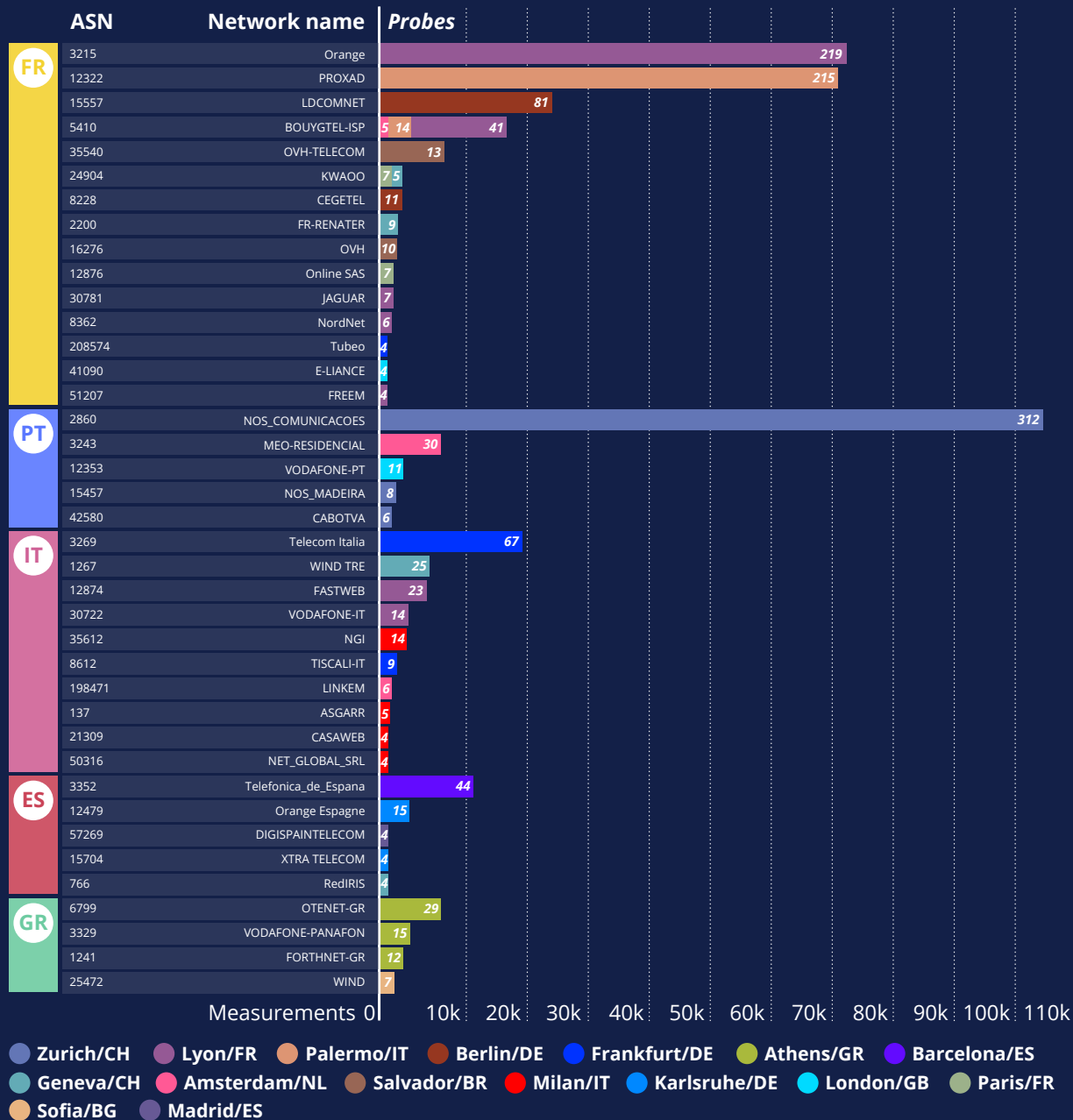
Υπάρχουν οκτώ περιπτώσεις K-root που βρίσκονται σε αυτή την περιοχή (στη Μαδρίτη, στη Βαρκελώνη, στη Λιόν, στο Παρίσι, στο Πράτο (λίγο έξω από τη Φλωρεντία), στο Μιλάνο, στο Παλέρμο και στην Αθήνα). Η εικόνα 22 δείχνει σε ποιες περιπτώσεις του K-root έφτασαν οι ανιχνευτές του RIPE Atlas στις πέντε χώρες της Μεσογειακής Ευρώπης από τον Οκτώβριο του 2019 έως τον Μάιο του 2021. Από τις 10 κορυφαίες περιπτώσεις που προσεγγίστηκαν, οι μισές βρίσκονταν μέσα στην περιοχή, ενώ οι άλλες μισές βρίσκονταν με ελαφριά απόκλιση μακρύτερα αλλά και πάλι εντός της Ευρώπης, συμπεριλαμβανομένων της Φρανκφούρτης, του Άμστερνταμ, του Λονδίνου, της Ζυρίχης και του Βερολίνου. Παρατηρούμε την επιτυχία ενός συνολικού προσεγγίσματος επτά από τα οκτώ περιστατικά K-root στην περιοχή, με εξαίρεση το περιστατικό του Πράτου της Ιταλίας. Ένας μικρός αριθμός ερωτημάτων για περιπτώσεις K-root έφτασε μέχρι τη Βραζιλία, την Αρμενία, την Κίνα και το Ιράν (όλες αυτές είναι μη βέλτιστες επιλογές που θα οδηγήσουν σε μεγαλύτερους χρόνους απόκρισης).

Η εικόνα 22 δείχνει επίσης πόσο δυναμικό είναι το σύστημα ονομάτων χώρου, καθώς μπορούμε να παρατηρήσουμε αρκετές αλλαγές που έλαβαν χώρα. Από τις αρχές Δεκεμβρίου 2019 έως τις αρχές Φεβρουαρίου 2020, η περίπτωση K-root στη Λυών δεν ήταν διαθέσιμη, καθώς ο κεντρικός υπολογιστής δικτύου επαναριθμήθηκε. Χάρη στην τεχνολογία anycasting, αυτό δεν επηρέασε την απόδοση του εξυπηρετητή πυρήνα ονομάτων, καθώς το Border Gateway Protocol βρήκε αυτόματα διαθέσιμες εναλλακτικές λύσεις στο Άμστερνταμ, στην Καρlsruhe και στη Γκνύνια (οι οποίες βρίσκονται αρκετά κοντά ώστε να διατηρούνται οι ιδανικοί χρόνοι μετάβασης). Μόλις ολοκληρώθηκαν οι εργασίες στο δίκτυο υποδοχής στη Λυών, η παρουσία K-root που φιλοξενείται εκεί ενεργοποιήθηκε εκ νέου και τα ερωτήματα DNS συνεχίστηκαν αυτόματα. Αυτού του είδους συμβάντα καταδεικνύουν την ανθεκτικότητα και την ευελιξία του συστήματος εξυπηρετητή πυρήνα.

Επίσης ερευνήσαμε ποιες ήταν οι ερωτηθείσες στιγμιαίες καταστάσεις βάσεων δεδομένων K-root από τους ανιχνευτές RIPE Atlas στις διάφορες χώρες σε μια δεδομένη ημέρα. Στην περίπτωση της Πορτογαλίας, η οποία δε φιλοξενεί κάποια στιγμιαία κατάσταση βάσης δεδομένων K-root, παρατηρήσαμε ότι η πλειονότητα των ανιχνευτών φτάνουν αυτήν της Ζυρίχης, ενώ άλλοι έφτασαν αυτής του Άμστερνταμ, του Λονδίνου και της Γενεύης. Η πλειονότητα των ανιχνευτών στην Ισπανία έφτασε στις στιγμιαίες καταστάσεις βάσεων δεδομένων στη Βαρκελώνη ή στη Μαδρίτη, ενώ ένας μικρότερος αριθμός έφτασε στην Καρlsruhe στη Γερμανία. Στη Γαλλία, είδαμε περισσότερους ανιχνευτές να φτάνουν στην στιγμιαία κατάσταση βάσης δεδομένων K-root στη Λυών απ' ό,τι σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση. Ωστόσο, ενδιαφέρον προκαλεί το γεγονός ότι περισσότεροι ανιχνευτές έφτασαν στην στιγμιαία κατάσταση βάσης δεδομένων στο Παλέρμο απ' ό,τι σε εκείνη που βρίσκεται στο Παρίσι. Περίπου οι μισοί ανιχνευτές στην Ιταλία έφτασαν στις

Εικόνα 23:

Τοποθεσίες K-root που επιτυγχάνονται από διαφορετικά δίκτυα σε όλη τη Μεσογειακή Ευρώπη (IPv4)

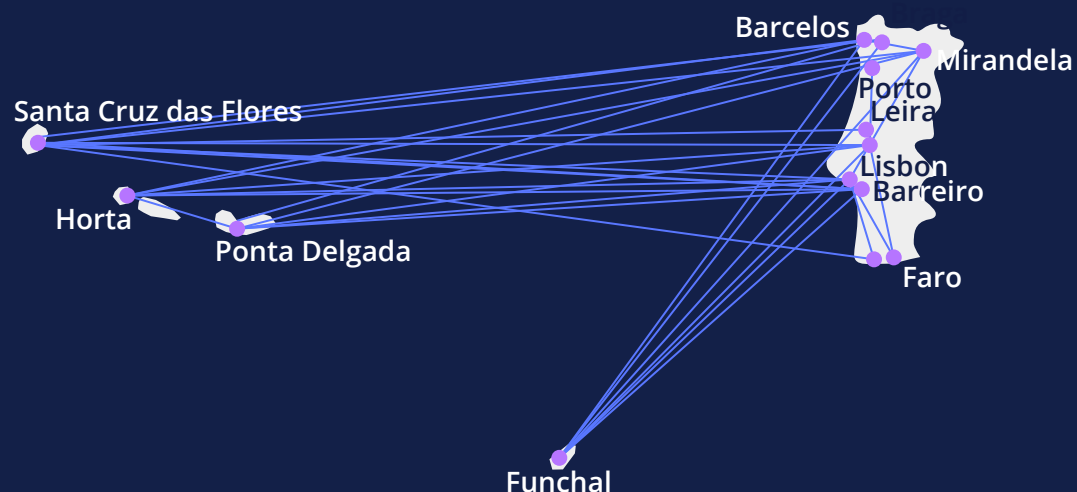


στιγμιαίες καταστάσεις βάσεων δεδομένων στο Μιλάνο ή στο Παλέρμιο, αλλά η πλειονότητα των υπολοίπων στάλθηκε στη Φρανκφούρτη, ενώ ένας μικρότερος αριθμός έφτασε στη Γενεύη και στο Άμστερνταμ. Τέλος, η Ελλάδα παρουσίασε την καλύτερη βελτιστοποίηση, όπου η συντριπτική πλειονότητα των ανιχνευτών έφτασε στην στιγμιαία κατάσταση βάσης δεδομένων K-root στην Αθήνα. Σε γενικές γραμμές, οι χρόνοι μετ' επιστροφής σε όλη την περιοχή ήταν σε λογικά πλαίσια, με μερικές εξαιρέσεις όπως οι ανιχνευτές στη Γαλλία που έφτασαν σε μια στιγμιαία κατάσταση βάσης δεδομένων στο Σαλβαδόρ της Βραζιλίας. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα μεγαλύτερους χρόνους απόκρισης και άλλη μια περίπτωση ανιχνευτή στην Ισπανία που χρειάστηκε ασυνήθιστα πολύ χρόνο για να φτάσει σε μια στιγμιαία κατάσταση βάσης δεδομένων στη Μαδρίτη, ίσως λόγω συμφόρησης του δικτύου ή μη βέλτιστης δρομολόγησης, αν και ο ακριβής λόγος είναι άγνωστος.

Μπορούμε επίσης να εξετάσουμε ποιες στιγμιαίες καταστάσεις βάσεων δεδομένων K-root αναζητούνται από ανιχνευτές σε διαφορετικά δίκτυα, σε αντίθεση με διαφορετικές χώρες. Καθώς έχουμε ανιχνευτές RIPE Atlas σε εκατοντάδες δίκτυα σε αυτή την περιοχή, ένα γράφημα που θα περιλάμβανε κάθε δίκτυο θα ήταν δυσανάγνωστο. Για συμβιβαστικούς λόγους, συμπεριλάβαμε δίκτυα που έχουν τουλάχιστον τέσσερις ενεργούς ανιχνευτές.

Παραδοσιακά, η διαδικασία λήψης αποφάσεων του BGP θα εξασφάλιζε ότι όταν μια συγκεκριμένη διαδρομή έχει αναγνωριστεί ως η καλύτερη επιλογή, υπάρχει συνεκτικότητα σε όλους τους εμπλεκόμενους δρομολογητές του συγκεκριμένου δικτύου. Η εικόνα 23 μας δείχνει αυτήν ακριβώς τη συνεκτικότητα, όπου όλοι οι ανιχνευτές σχεδόν σε κάθε δίκτυο καταλήγουν να αναζητούν την ίδια στιγμιαία κατάσταση βάσης δεδομένων K-root. Εντούτοις, υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις κατά τις οποίες παρατηρούμε την προτίμηση των δικτύων ως προς μια μακρινή στιγμιαία κατάσταση βάσης δεδομένων K-root έναντι της πλησιέστερης (υπό γεωγραφικής απόψεως). Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η NOS Comunicacoes στην Πορτογαλία που προτιμά την στιγμιαία κατάσταση βάσης δεδομένων K-root στη Ζυρίχη από αυτήν της Μαδρίτης ή της Βαρκελώνης. Στις περισσότερες περιπτώσεις, αυτό οφείλεται στις συμφωνίες ομοτίμων ή άλλες σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ των δικτύων, μεταξύ άλλων και με τους ανάντη παρόχους τους. Παραδείγματος χάριν, βλέπουμε το δίκτυο της OVH Télécom να φτάνει σε μια στιγμιαία κατάσταση βάσης δεδομένων K-root στο Σαλβαδόρ της Βραζιλίας, όπου η OVH είναι εν παρουσία. Παρατηρούμε και πάλι ότι η Ελλάδα είναι σε μια ιδιαίτερα

Εικόνα 24:
Διαδρομές προέλευσης και προορισμού στην Πορτογαλία (IPv4)



βελτιστοποιημένη κατάσταση, με όλους τους ανιχνευτές να φτάνουν σε μια στιγμιαία κατάσταση βάσης δεδομένων K-root στην Αθήνα ή στη γειτονική Σόφια.

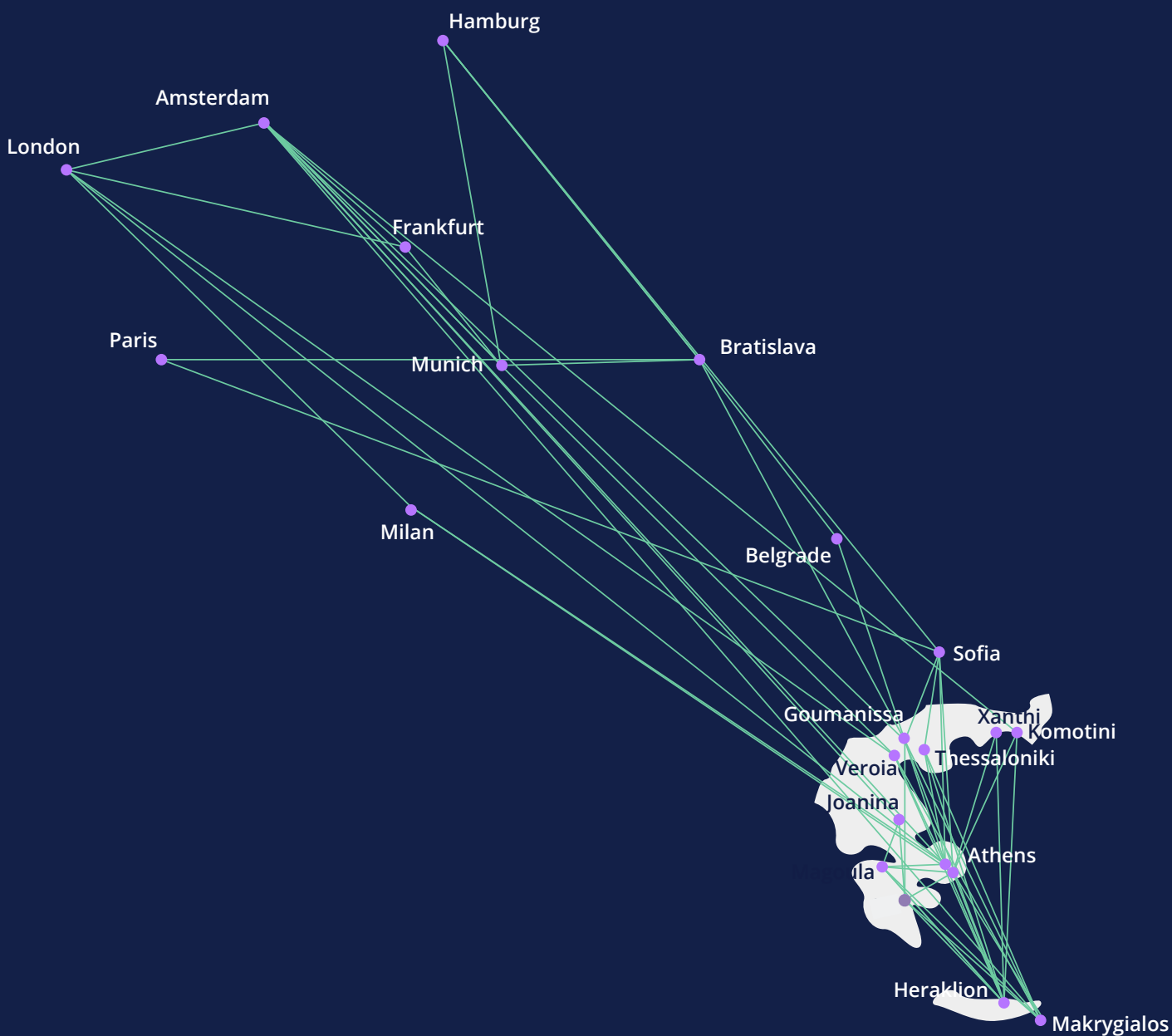
Αξίζει να σημειωθεί ότι η συντομότερη διαδρομή (υπό δρομολογιακής απόψευς) για ένα δίκτυο στη Μεσογειακή Ευρώπη προς έναν εξυπηρετητή πυρήνα ονομάτων μπορεί να περάσει μέσω Φρανκφούρτης ή Ζυρίχης, εάν υπάρχει ένα δίκτυο ομοτίμων σε ένα από τα ανταλλακτήρια αυτών των τοποθεσιών. Γενικά, οι μικρότεροι φορείς εκμετάλλευσης έχουν λιγότερο έλεγχο των δρομολογήσεων τους και επηρεάζονται περισσότερο από τις πολιτικές δρομολόγησης των ανάντη παρόχων τους, εκτός αν προβούν σε δικές τους ρυθμίσεις ομοτίμων συνδέσεων και ατομικές αποφάσεις δρομολόγησης. Ως επί το πλείστον, οι πρόσθετες αποστάσεις που βλέπουμε εδώ δε θα επηρεάσουν σημαντικά τους χρόνους απόκρισης. Ωστόσο, προτιμάται γενικώς η χρήση τοπικών IXP. Αξίζει επίσης να θυμόμαστε ότι αυτά τα αποτελέσματα αφορούν μόνο τον K-root και ότι οι πελάτες DNS στην περιοχή είναι πιθανό να καταλήγουν και σε άλλους εξυπηρετητές πυρήνες ονομάτων που μπορεί να παρέχουν καλύτερους χρόνους απόκρισης.

Ταυτόχρονα θα πρέπει να σημειωθεί ότι αυτά τα αποτελέσματα, αν και θεωρούνται γενικά αντιπροσωπευτικά, προσφέρουν μόνο μια μικρή εικόνα των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν για μία μόνο ημέρα τον Μάιο του 2021. Δεδομένης της δυναμικής φύσης του BGP, τα αποτελέσματα μπορεί να αλλάζουν συνεχώς λόγω δυσδιάκριτων αλλαγών κατά τη δρομολόγηση.

Ανταλλαγή Περιφερειακής Κυκλοφορίας

Χρησιμοποιώντας και πάλι δεδομένα από το δίκτυο μετρήσεων RIPE Atlas, έχουμε τη δυνατότητα να εξετάσουμε τον τρόπο με τον οποίο ορισμένα από τα δίκτυα στις πέντε χώρες ανταλλάσσουν κυκλοφορία μεταξύ τους και να αποσπάσουμε κάποιες ενδείξεις ως προς το πού λαμβάνουν χώρα αυτές οι ανταλλαγές. Για το πείραμα αυτό, ακολουθήσαμε τα δρομολόγια από κάθε ανιχνευτή RIPE Atlas σε κάθε άλλο ανιχνευτή στη χώρα, για κάθε μία από τις πέντε χώρες. Επειδή αυτές οι μετρήσεις αποκαλύπτουν τις διευθύνσεις IP των εμπλεκόμενων δρομολογητών, χρησιμοποιήσαμε στη συνέχεια το RIPE IPmap για να εντοπίσουμε γεωγραφικά αυτούς τους δικτυακούς πόρους. Αυτό μας παρέχει μια γενική εικόνα των διαδρομών που είναι διαθέσιμες στην κυκλοφορία, αν και δε μετράει άμεσα την κυκλοφορία.

Εικόνα 25:
Διαδρομές προέλευσης και προορισμού στην Ελλάδα (IPv4)

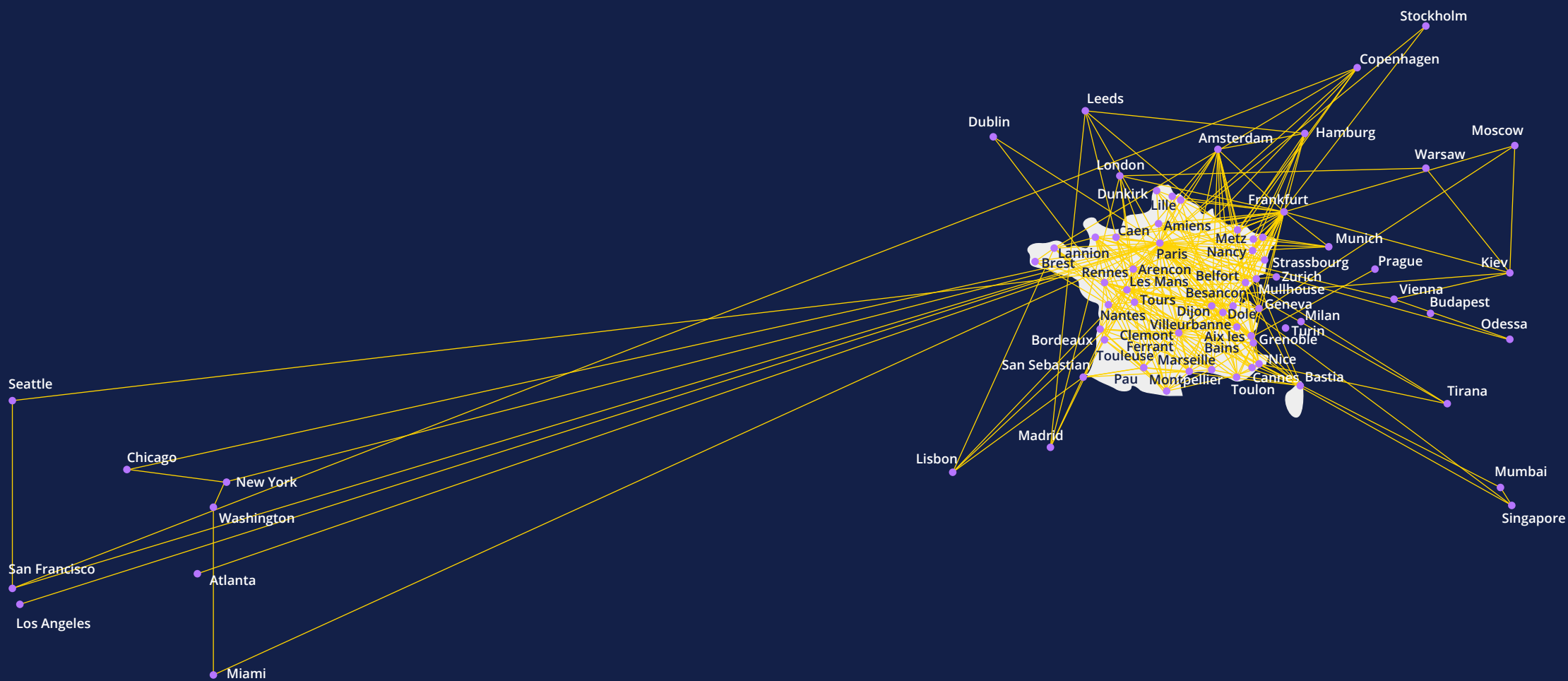


Ως «tromboning» αναφέρεται η δρομολόγηση πακέτων από μια μακρινή απόσταση ως προς ένα σημείο ανταλλαγής, μόνο και μόνο για να ξανά επιστρέψουν σε έναν κοντινό προορισμό της προέλευσης. Όσο πιο μακριά εκτείνεται μια διαδρομή από την προέλευση/προορισμό, τόσο πιο αναποτελεσματική είναι η διαδρομή. Επιπλέον, αυτές οι παρακάμψεις αυξάνουν γενικά το κόστος για τον φορέα εκμετάλλευσης δικτύου και, το κυριότερο, η άσκοπη πρόσθετη απόσταση που διανύεται, αυξάνει τον κίνδυνο διακοπών. Δημιουργούνται επίσης πρόσθετες εξαρτήσεις από εξωτερικούς παρόχους, οι οποίες θα μπορούσαν να επιφέρουν ρυθμιστικές επιπτώσεις.

Και στις πέντε χώρες, παρατηρούμε ότι η πλειονότητα των διαδρομών παραμένει εντός της επικράτειας μιας χώρας και ο ρόλος των τοπικών IXP είναι ορατός. Στην Πορτογαλία, δεν εντοπίζονται ξένες τοποθεσίες. Για τις υπόλοιπες, ένα υποσύνολο διαδρομών παρακάμπτει σε τοποθεσίες εκτός της χώρας πριν επιστρέψει στον εγχώριο προορισμό του. Η Φρανκφούρτη, το Άμστερνταμ και το Λονδίνο φιλοξενούν σημαντικούς IXP και αποτελούν κατανοητές επιλογές για την ανταλλαγή κίνησης, αν και από άποψη επιδόσεων δεν είναι απαραίτητα οι καλύτερες. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για μεγαλύτερες αποστάσεις, όπως βλέπουμε να συμβαίνει με την τοπική κίνηση στην Ελλάδα, η οποία ανταλλάσσεται σε πιο απομακρυσμένες τοποθεσίες, αντί να βασίζεται περισσότερο στο GR-IX, το Ελληνικό Internet Exchange.

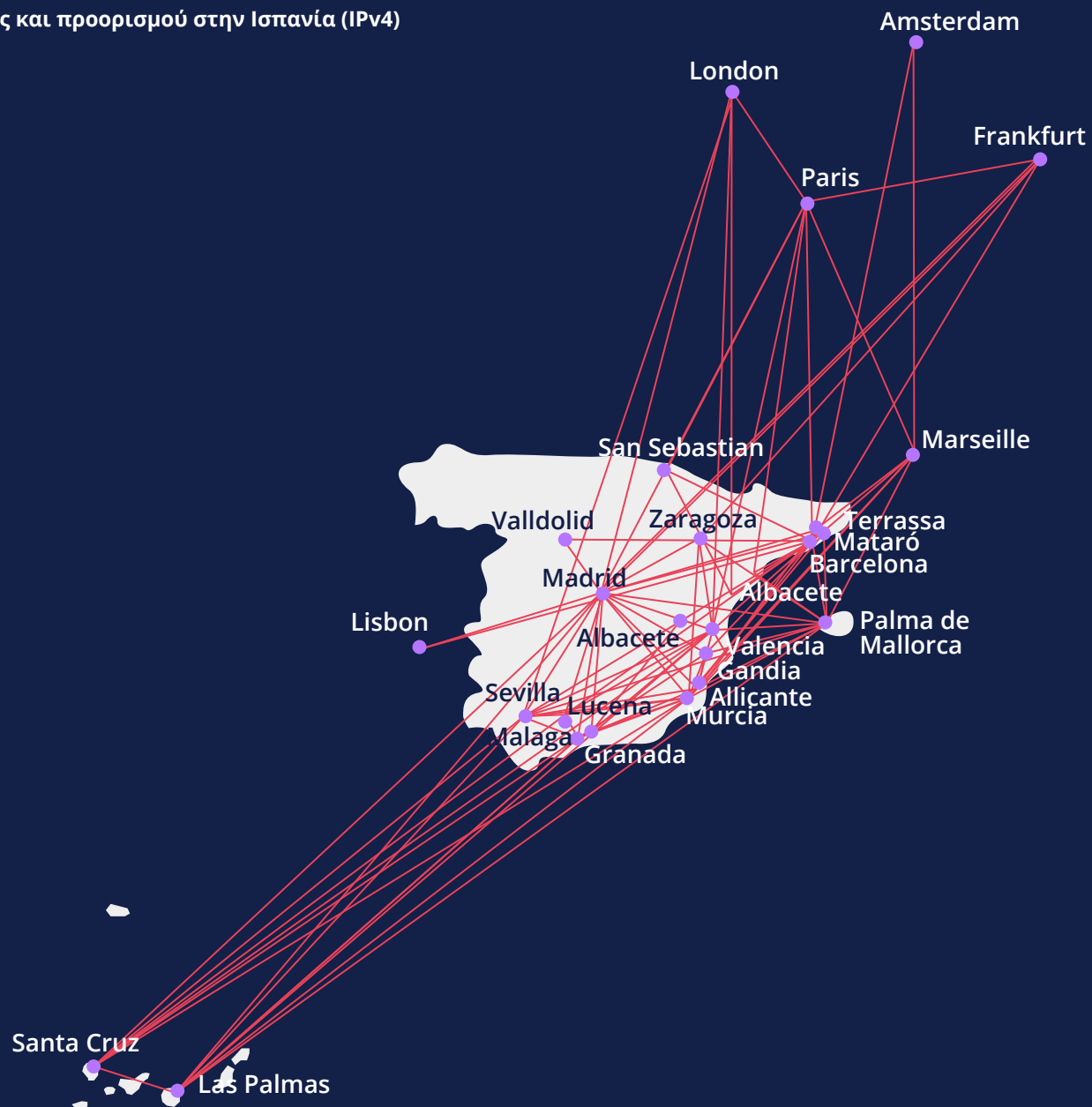
Στη Γαλλία, αυτό παρατηρείται σε ένα ακόμη πιο ακραίο επίπεδο. Παρόλο που το Παρίσι και η Μασσαλία (όντας πόλεις που φιλοξενούν δύο μεγάλα IXP) είναι πολύ συχνά χρησιμοποιούμενα σημεία ανταλλαγής, ορισμένες από τις διαδρομές που παρατηρήσαμε είναι πραγματικά μη βέλτιστες. Αυτές οι διαδρομές μπορεί να εκτείνονται ως το Σαν Φρανσίσκο ή το Κίεβο και τη Μόσχα. Αυτό αυξάνει σημαντικά τους χρόνους μετ' επιστροφής, αν και το πόσο σημαντικό είναι αυτό για τους χρήστες του Διαδικτύου στη Γαλλία εξαρτάται από την ποσότητα της κυκλοφορίας που περνάει από αυτές τις διαδρομές. Δυστυχώς πρόκειται για κάτι που δεν μπορούμε να μετρήσουμε. Αντίθετα, μπορούμε μόνο να ανακαλύψουμε ποια διαδρομή θα ακολουθούσε η κυκλοφορία αν μια συσκευή σε ένα δίκτυο ήθελε να φτάσει σε μια συσκευή σε ένα άλλο δίκτυο εντός της χώρας.

Εικόνα 26:
Διαδρομές προέλευσης και προορισμού στη Γαλλία (IPv4)

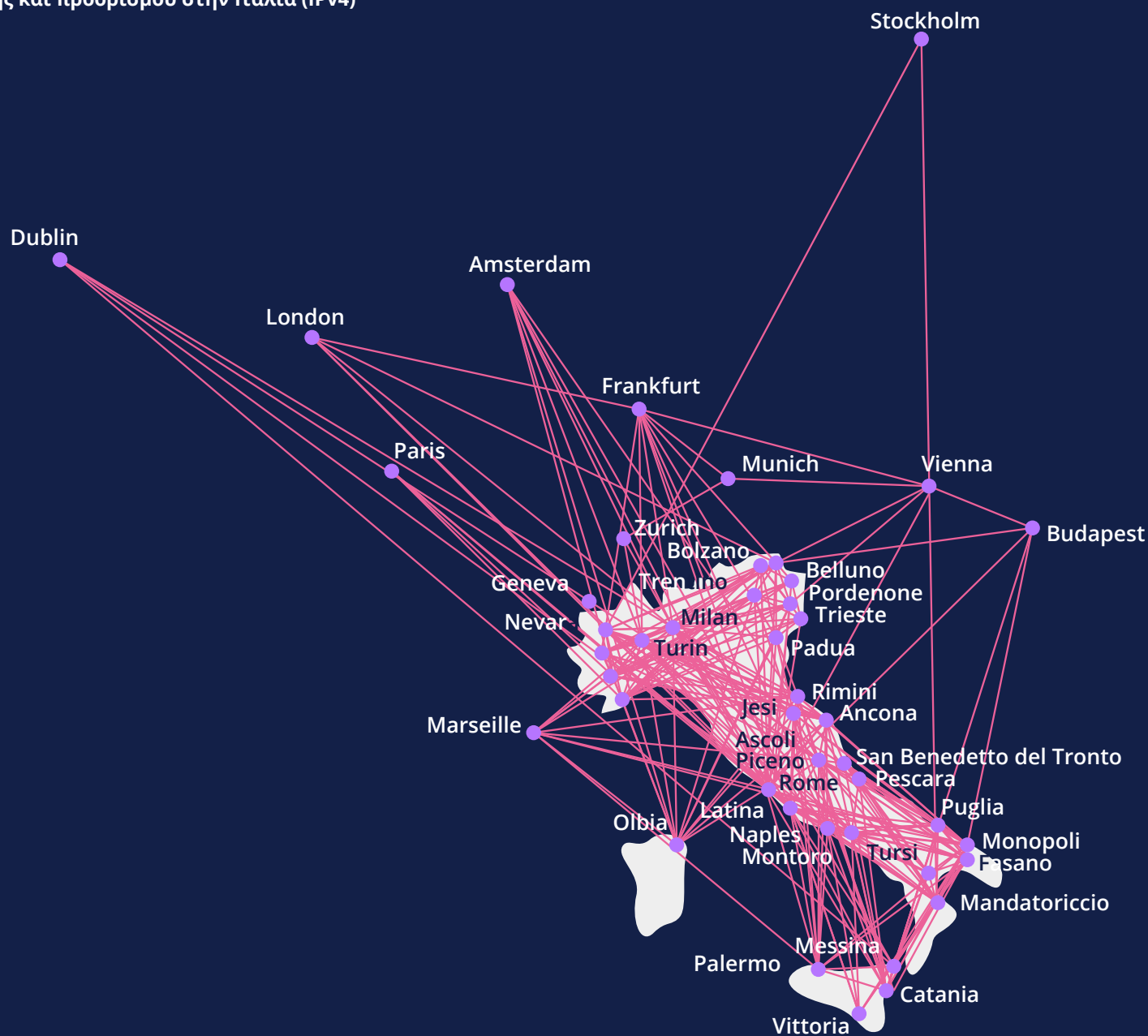


Εικόνα 27:

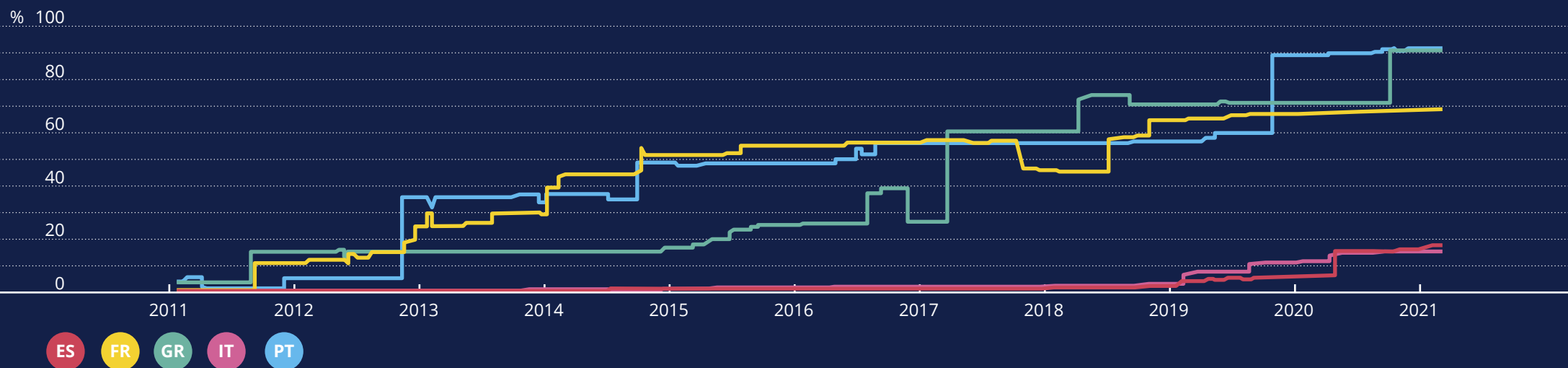
Διαδρομές προέλευσης και προορισμού στην Ισπανία (IPv4)



Εικόνα 28:
Διαδρομές προέλευσης και προορισμού στην Ιταλία (IPv4)



Εικόνα 29:
Χώρος διευθύνσεων IPv4 που καλύπτεται από τη RPKI



Ασφάλεια Δρομολόγησης

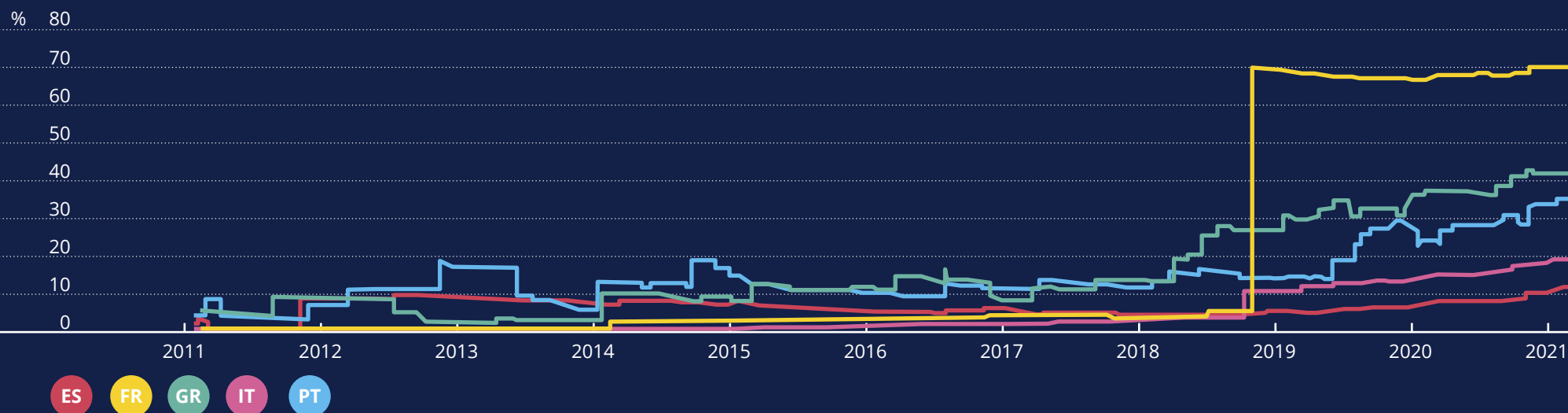
Πέρα από την ανάλυση των διαθέσιμων διαφορετικών διαδρομών για την κυκλοφορία που προέρχονται από την περιοχή, μπορούμε επίσης να εξετάσουμε την ασφάλεια δρομολόγησης στις πέντε χώρες εξετάζοντας πόσο αποτελεσματικά προστατεύεται ο χώρος διευθύνσεων IP από την Resource Public Key Infrastructure (RPKI). Η RPKI είναι ένα πλαίσιο ασφαλείας που βοηθά τους φορείς εκμετάλλευσης δικτύων να παίρνουν ασφαλέστερες αποφάσεις δρομολόγησης.

Η RPKI χρησιμοποιεί ψηφιακά πιστοποιητικά που ονομάζονται ROA (Άδεια Προέλευσης Διαδρομής) για να αποδείξει το δικαίωμα ενός κατόχου πόρου να ανακοινώνει προθέματα IP (δηλ. να πιστοποιεί ότι οι πόροι έχουν διατεθεί ή εκχωρηθεί στον κάτοχο πόρου από ένα Regional Internet Registry). Αυτό συμβάλλει στην αποφυγή του πιο

συνηθισμένου σφάλματος δρομολόγησης στο Διαδίκτυο: την τυχαία ανακοίνωση ενός προθέματος IP από κάποιον που δεν είναι ο νόμιμος κάτοχος αυτού του χώρου διευθύνσεων. Χρησιμοποιώντας το εργαλείο RIPEstat του RIPE NCC (το οποίο παρέχει όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με τον χώρο διευθύνσεων IP, τα ASN και τις σχετικές πληροφορίες για ονόματα υποδοχής και χώρες) μπορούμε να παρατηρήσουμε ποιο είναι το ποσοστό του χώρου διευθύνσεων IPv4 μιας χώρας που καλύπτεται από ROA.

Στην Πορτογαλία και στην Ελλάδα, περισσότερο από το 90% του χώρου διευθύνσεων IPv4 που είναι καταχωρημένος σε οργανισμούς στις εν λόγω χώρες καλύπτεται από ROA. Στην περίπτωση της Ελλάδας, γνωρίζουμε ότι το GR-IX ενθαρρύνει σθεναρά τα μέλη του να υιοθετήσουν το RPKI και σχεδόν όλοι οι πάροχοι της

χώρας ανεξαρτήτως μεγέθους είναι παρόντες στον IXP, γεγονός που θα μπορούσε να συμβάλει στην εξήγηση του υψηλού ποσοστού υιοθέτησης που βλέπουμε για τη χώρα. Η εικόνα δείχνει διάφορες απότομες αυξήσεις για όλες τις χώρες όταν ένας μόνο μεγάλος πάροχος υιοθετεί την RPKI και δημιουργεί ROA για τον χώρο διευθύνσεών του. Το πιο πρόσφατο παράδειγμα είναι η ελληνική Vodafone-Panafon που δημιούργησε ROA, τα οποία εκτόξευσαν το ποσοστό σε πάνω από 90%.

Εικόνα 30:
Χώρος διευθύνσεων IPv6 που καλύπτεται από τη RPKI


Με τον χώρο διευθύνσεων IPv6, τα ποσοστά που καλύπτονται από ROA είναι σημαντικά χαμηλότερα. Μοναδική εξαίρεση αποτελεί η Γαλλία, όπου καλύπτεται περίπου με ένα 70%. Αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο γεγονός ότι ένας μόνο μεγάλος πάροχος, η Orange, δημιούργησε ROA για τη μεγάλη allocation /19 του χώρου διευθύνσεων IPv6.

Οι κυβερνήσεις, οι ρυθμιστικές αρχές, οι IXP και οι μεγάλοι πάροχοι υπηρεσιών μπορούν να συμβάλουν στην ενθάρρυνση των μικρότερων φορέων να πιστοποιήσουν τους πόρους αριθμοδότησής τους στο Διαδίκτυο. Μπορούν επίσης να ενθαρρύνουν τις βέλτιστες τρέχουσες επιχειρησιακές πρακτικές γύρω από την ασφάλεια δρομολόγησης έτσι ώστε να υπάρξει καλύτερη διασφάλιση του Διαδικτύου και μείωση των ευκαιριών των κακών παραγόντων να καταλάβουν πόρους και να επιτεθούν στο σύστημα δρομολόγησης.

Συμπεράσματα

Η Μεσογειακή Ευρώπη έχει μακρά ιστορία ανάπτυξης του Διαδικτύου, η οποία αντανακλάται σήμερα στις ανοικτές, ανταγωνιστικές αγορές της περιοχής, στις εξελιγμένες υποδομές, στις εξειδικευμένες τεχνικές κοινότητες και στα υψηλά ποσοστά διείσδυσης. Τόσο οι επιχειρήσεις όσο και οι πολίτες έχουν πρόσβαση σε ένα ευρύ φάσμα ψηφιακών υπηρεσιών και σε ένα μεγάλο βαθμό προσιτή σταθερή ευρυζωνική και κινητή συνδεσιμότητα που προσφέρεται από μια σειρά μεγαλύτερων και μικρότερων παρόχων. Η κυκλοφορία ρέει μεταξύ παρόχων και μέσω πολλαπλών σημείων ανταλλαγής. Αυτό είναι το αποτέλεσμα της συνεργασίας ρυθμιστικών αρχών και φορέων εκμετάλλευσης και της προτεραιότητας στην κοινή υποδομή και την ανοικτή πρόσβαση.

Τα εγχώρια δίκτυα των πέντε χωρών είναι σε μεγάλο βαθμό διασυνδεδεμένα, παρέχοντας ένα καλό επίπεδο ανθεκτικότητας και πλεονασμού. Ομοίως, κάθε χώρα συνδέεται με το υπόλοιπο παγκόσμιο Διαδίκτυο μέσω μεγάλου αριθμού διαφορετικών διαδρομών προς και από τη χώρα, προσθέτοντας περαιτέρω σταθερότητα και μειώνοντας το ενδεχόμενο διαταραχών ή διακοπών.

Η δρομολόγηση είναι γενικά βελτιστοποιημένη για γρήγορους χρόνους απόκρισης, αν και υπάρχουν ορισμένες περιπτώσεις όπου τα πιο απομακρυσμένα σημεία ανταλλαγής φαίνεται να προτιμώνται από τις εγχώριες επιλογές, γεγονός που αυξάνει άσκοπα το κόστος, τις εξωτερικές εξαρτήσεις και τον κίνδυνο διαταραχών.

Οι χώρες της Μεσογειακής Ευρώπης διαθέτουν υψηλά ποσοστά διείσδυσης του Διαδικτύου και μεγάλες ποσότητες χώρου διευθύνσεων IPv4. Ωστόσο, η περαιτέρω ανάπτυξη του IPv6 είναι ζωτικής σημασίας για τη σύνδεση των εκατομμυρίων υπολοίπων νοικοκυριών που δεν έχουν ακόμη συνδεθεί στο πλαίσιο των στόχων

συνδεσιμότητας της ΕΕ για το 2025 και μετά. Είναι επίσης απαραίτητη η υποστήριξη της προώθησης του 5G και της ανάπτυξης του Διαδικτύου των Πραγμάτων και άλλων αναδυόμενων τεχνολογιών.

Αξίζει να επισημανθεί ότι όλες οι παρατηρήσεις σε αυτήν την παρούσα Έκθεση βασίζονται σε ενεργές διαδρομές και δεν μπορούμε να γνωρίζουμε ποιος «κρυφός» κόσμος αντιγράφων ασφαλείας υπάρχει που θα αναλάμβανε αυτόματα σε περίπτωση οποιασδήποτε διαταραχής. Οποιοσδήποτε πλεονασμός υπάρχει θα προσφέρει στο σύστημα ακόμη μεγαλύτερη ανθεκτικότητα.

Σχετικά με το RIPE NCC

Το RIPE NCC λειτουργεί ως Regional Internet Registry για την Ευρώπη, τη Μέση Ανατολή και τμήματα της Κεντρικής Ασίας. Ως εκ τούτου, κατανέμουμε και καταχωρίζουμε τμήματα πόρων αριθμοδότησης Διαδικτύου σε παρόχους υπηρεσιών Διαδικτύου (ISP) και άλλους οργανισμούς.

Το RIPE NCC είναι ένας μη κερδοσκοπικός οργανισμός που εργάζεται για την υποστήριξη της ανοικτής κοινότητας RIPE και τη γενικότερη ανάπτυξη του Διαδικτύου.

Πηγές Δεδομένων

Οι πληροφορίες που παρουσιάζονται στην παρούσα έκθεση και η παρεχόμενη ανάλυση προέρχονται από διάφορες κύριες πηγές:

Μητρώο RIPE

Πρόκειται για το αρχείο όλων των πόρων αριθμοδότησης Διαδικτύου (διευθύνσεις IP και ASN) και των κατόχων πόρων που έχει καταχωρηθεί από το RIPE NCC. Το δημόσιο αρχείο αυτών των πληροφοριών περιέχεται στη RIPE Database, η οποία είναι προσβάσιμη στην παρακάτω ηλεκτρονική διεύθυνση <https://www.ripe.net>

RIPE Atlas

Το RIPE Atlas είναι η κύρια πλατφόρμα μέτρησης Διαδικτύου για το RIPE NCC. Πρόκειται για ένα παγκόσμιο δίκτυο χιλιάδων ανιχνευτών που μετρούν ενεργά τη συνδεσιμότητα στο Διαδίκτυο. Οποιοσδήποτε μπορεί να έχει πρόσβαση σε αυτά τα δεδομένα μέσω χαρτών κίνησης στο Διαδίκτυο, οπτικοποιήσεων δεδομένων ροής και ενός API. Οι χρήστες του RIPE Atlas μπορούν επίσης να εκτελούν προσαρμοσμένες μετρήσεις για να αποκτήσουν πολύτιμες πληροφορίες για τα δικά τους δίκτυα. <https://atlas.ripe.net>

Routing Information Service (RIS)

Η Routing Information Service (RIS) από το 2001 συλλέγει και αποθηκεύει δεδομένα δρομολόγησης στο Διαδίκτυο από τοποθεσίες σε όλο τον κόσμο.

<https://www.ripe.net/ris>

Τα δεδομένα που λαμβάνονται μέσω του RIPE Atlas και του RIS αποτελούν τη βάση για πολλά από τα εργαλεία που προσφέρουμε. Βρισκόμαστε πάντα σε αναζήτηση τρόπων σύνδεσης περισσότερων ανιχνευτών RIPE Atlas και την εύρεση πρόθυμων φορέων εκμετάλλευσης δικτύου για να φιλοξενήσουν συλλέκτες RIS. Για περισσότερες πληροφορίες, μπορείτε να επισκεφθείτε τις ιστοσελίδες του RIPE Atlas και της RIS.

Άλλα εργαλεία και υπηρεσίες του RIPE NCC

t RIPEstat: <https://stat.ripe.net/>

t RIPE IPmap: <https://ipmap.ripe.net/>

t K-root: <https://www.ripe.net/analyse/dns/k-root>

Εξωτερικές Πηγές Δεδομένων

Για την παροχή πληροφοριών που περιλαμβάνονται στην παρούσα έκθεση σχετικά με το τοπίο του Διαδικτύου στην Ελλάδα, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον Μιχάλη Οικονομάκο, επικεφαλής του GR-IX και μέλος του διοικητικού συμβουλίου του Euro-IX και του GRNOG.