



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ & ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ  
ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Ανάλυση δεδομένων για την υποστήριξη αποφάσεων  
χάραξης πολιτικής για την αντιμετώπιση της κλιματικής  
αλλαγής σε επίπεδο πόλεων**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

της

**Μιχαέλας Μ. Αντωνοπούλου**

**Επιβλέπων :** Ιωάννης, Ψαρράς  
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούνιος 2021





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ & ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ  
ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Ανάλυση δεδομένων για την υποστήριξη αποφάσεων  
χάραξης πολιτικής για την αντιμετώπιση της κλιματικής  
αλλαγής σε επίπεδο πόλεων**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

Μιχαέλας Μ. Αντωνοπούλου

**Επιβλέπων :** Ιωάννης, Ψαρράς  
Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 16<sup>η</sup> Ιουλίου 2021.

.....

Ιωάννης Ψαρράς

Καθηγητής ΕΜΠ

.....

Δημήτριος Ασκούνης

Καθηγητής ΕΜΠ

.....

Χάρης Δούκας

Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούνιος 2021

.....

Μιχαέλα Μ. Αντωνοπούλου

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Μιχαέλα, Αντωνοπούλου, 2021.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

## Περίληψη

Είναι γεγονός ότι η κλιματική αλλαγή αποτελεί ένα φλέγον ζήτημα το οποίο απασχολεί τόσο τις κυβερνήσεις των κρατών, όσο και διεθνείς οργανισμούς και φορείς. Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει πλήρως αντιληπτές οι ολέθριες συνέπειες που μπορεί να έχει τόσο στο περιβάλλον όσο και στον άνθρωπο. Για το λόγο αυτό καταβάλλεται μεγάλη προσπάθεια λήψης κατάλληλων μέτρων προκειμένου να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά η κλιματική αλλαγή. Παρά τα μέτρα που έχουν ήδη ληφθεί σε αυτή την κατεύθυνση, δεν είμαστε σε θέση να επιτύχουμε στόχους όπως η αύξηση της θερμοκρασίας έως 1.5°-2.0° C από τα προβιομηχανικά επίπεδα μέχρι το 2100 που ορίστηκε στη Συμφωνία των Παρισίων. Έτσι, κρίνεται απαραίτητη η λήψη επιπρόσθετων μέτρων, σε επίπεδο τοπικών κυβερνήσεων, με σκοπό την προσέγγιση των στόχων αυτών.

Το πρόβλημα που καλείται να λύσει η παρούσα εργασία έγκειται στην αξιολόγηση των υφισταμένων μέτρων εντοπισμού, αντιμετώπισης και της προσαρμογής κλιματικών ζητημάτων κάθε μονάδας τοπικής κυβέρνησης και στον καθορισμό επιπρόσθετων προσαρμοσμένων μέτρων για κάθε μία από αυτές. Το ζητούμενο είναι η εύρεση τρόπου σύγκρισης των τοπικών κυβερνήσεων ώστε οι προτάσεις που γίνονται και εφαρμόζονται από τις τοπικές κυβερνήσεις να έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα εξάλειψης του προκείμενου προβλήματος και αυτό επιτυγχάνεται μέσω της δημιουργίας μετρικών.

Δημιουργήθηκαν επιμέρους μετρικές από τις οποίες προέκυψε η τελική μετρική για κάθε τοπική κυβέρνηση. Οι τιμές των επιμέρους μετρικών καθορίστηκαν από τις απαντήσεις που έδωσαν οι τοπικές κυβερνήσεις σε ερωτήσεις του ερωτηματολογίου του ICLEI, το οποίο αποτέλεσε και το σύνολο δεδομένων της εργασίας. Ακολουθεί η κατάταξη και κατηγοριοποίηση των τοπικών κυβερνήσεων και πραγματοποιείται σύγκριση των αποτελεσμάτων με αυτά της σχετικής βιβλιογραφικής αναζήτησης που έγινε στο Κεφάλαιο 2.

Με βάση τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε, δημιουργήθηκε ένα εργαλείο για να παρουσιάσει τις δυνατότητες που υπάρχουν. Αυτό το εργαλείο δεν αποτελεί μόνο έναν τρόπο παρουσίασης και επεξεργασίας των δεδομένων του ερωτηματολογίου ή της μεθοδολογίας των μετρικών. Αξιοποιώντας κατάλληλα όλα τα παραπάνω, αποτελεί ένα εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων χάραξης πολιτικής για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής σε επίπεδο τοπικών κυβερνήσεων καθώς παρέχει ένα μέρος της απαιτούμενης πληροφορίας για την λήψη αποφάσεων και προτείνει κάποιες ενδεικτικές, προσαρμοσμένες προτάσεις που μπορούν να οδηγήσουν στην αναβάθμιση των τοπικών κυβερνήσεων και την καλύτερη αντιμετώπιση κλιματικών ζητημάτων.

Τέλος προτείνονται βελτιώσεις για την αύξηση της αποτελεσματικότητας της μεθοδολογίας που αναπτύχθηκε καθώς και προτάσεις για το εργαλείο.

## Λέξεις Κλειδιά

Κλιματική Αλλαγή, Μετρικές, Δείκτες, Χάραξη πολιτικής, Τοπικές Κυβερνήσεις, ICLEI, Εκπομπές, Κλιματικοί Κίνδυνοι, Διαχείριση Υδάτων, Διαχείριση Αποβλήτων, Ανανεώσιμες πηγές Ενέργειας, Τοπική Διακυβέρνηση



## **Abstract**

Undoubtedly, climate change is a major issue that concerns governments, international organizations and committees. In recent years, the devastating effects climate change may have on both the environment and humans have been fully realized. In order to tackle climate change effectively, great efforts have been made to take appropriate measures. Despite the measures already taken in this direction, we are not able to achieve goals such as increasing the temperature to 1.5°-2.0° C from preindustrial levels by 2100 set out in the Paris Agreement. Thus, it is considered necessary to take additional measures, at city level, to approach these objectives.

The problem this diploma thesis is called upon to solve lies in evaluating current plans and defining appropriate measures for each city. The aim is to find a way to compare cities so that the proposals made and implemented by local governments have a greater chance of eliminating this problem. This can be achieved through the development of metrics. Seven metrics were created from which the total metric was calculated for each city. The values of the individual metrics were determined by the answers given to the 2020 ICLEI questionnaire, which was the data set of this thesis. The next step was the classification and categorization of the cities followed by the comparison of the results with those of the relevant report conducted in Chapter 2.

Based on the methodology developed, a tool was created to present the possibilities that exist. This tool is not just a way of presenting and processing questionnaire data or metric methodology. Taking benefit of the above, it becomes a policy-making support tool for tackling city-level climate change as it provides the information needed for decision making and presents some indicative, tailored suggestions that can lead to city upgrading and better addressing climate issues.

Finally, possible improvements are proposed to increase the effectiveness of the methodology developed as well as suggestions for the tool.

## **Key Words**

Climate Change, Metrics, Indexes, Policy Making, ICLEI, Emissions, Climate Hazards, Water Management, waste Management, Renewable Energy, Local Governance

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Ιωάννη Ψαρρά για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε από την πρώτη στιγμή της συνεργασίας μας καθώς και τους Ζωή Μυλωνά και Βαγγέλη Μαρινάκη για τις πολύτιμες συμβουλές τους κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας. Ιδιαίτερες ευχαριστίες στον Νίκο Δημητρόπουλο για τη υπομονή και τη συνεχή καθοδήγησή του όλο αυτό το διάστημα.

Θερμές ευχαριστίες στους φίλους μου εντός κι εκτός σχολής οι οποίοι, ο καθένας με τον τρόπο του, συνέβαλαν σε αυτό που είμαι σήμερα όπως και στη φοβερή ομάδα της βιβλιοθήκης που με αγκάλιασε και με βοήθησε να εξελιχτώ σε πολλούς τομείς.

Ευχαριστώ από καρδιάς τον Μιχάλη Θεοδώρου που ήταν δίπλα μου συνεχώς, στις εύκολες και τις δύσκολες στιγμές, δίνοντάς μου αστείρευτη δύναμη.

Τέλος, ένα τεράστιο ευχαριστώ στους υπέροχους γονείς μου και στα αγαπημένα μου αδέρφια για τη συνεχή στήριξη, αγάπη και πίστη σε εμένα όλα αυτά τα χρόνια.





# Περιεχόμενα

Πίνακες Περιεχομένων Εικόνων και Πινάκων .....	12
Συνομογραφίες.....	15
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	16
1.1 Αντικείμενο Διπλωματικής Εργασίας.....	16
1.2 Στόχοι Διπλωματικής Εργασίας.....	16
1.3 Βασικοί Ορισμοί.....	16
1.3.1 Κλίμα.....	16
1.3.2 Κλιματική Αλλαγή.....	17
1.3.3 Δείκτες Κλίματος.....	17
1.3.4 Διεθνείς Στόχοι για την Κλιματική Αλλαγή.....	17
1.3.5 Ανάλυση Δεδομένων .....	19
1.3.6 Ανάλυση Δεδομένων στην Χάραξη Πολιτικής για την Κλιματική Αλλαγή.....	20
Κεφάλαιο 2: Ορισμός Προβλήματος και Βιβλιογραφική Αναζήτηση .....	21
2.1 Ορισμός Προβλήματος .....	21
2.2 Εισαγωγή Βιβλιογραφικών Αναζητήσεων.....	21
2.3 Βιβλιογραφική Αναζήτηση για Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων .....	21
2.4 Βιβλιογραφική Αναζήτηση για Ενεργειακούς Δείκτες ή Μετρικές .....	27
2.4.1 Εισαγωγή.....	27
2.4.2 Δημοσιεύσεις.....	27
2.4.3 Συγκεντρωτικός Πίνακας Αναφορών.....	38
2.4.4 Παρατηρήσεις επί των Δημοσιεύσεων.....	40
Κεφάλαιο 3: Μεθοδολογία .....	41
3.1 Περιγραφή και Ανάλυση Δεδομένων .....	41
3.2 Μηχανική Μάθηση.....	42
3.3 Οπτικοποίηση δεδομένων και εξόρυξη γνώσης.....	42
3.4 Εξαγωγή Συμπερασμάτων .....	45
3.5 Μετρικές.....	45
3.5.1 Ορισμός.....	45
3.5.2 Περιγραφή Μετρικών .....	46
3.5.3 Επιλογή και Συνεισφορά Δεικτών .....	51
3.5.4 Συνολική Μετρική.....	52
3.5.5 Κατηγοριοποίηση τοπικών κυβερνήσεων .....	54
3.5.6 Επαλήθευση Μεθοδολογίας και Ομοιότητα Συνημιτόνου .....	55
Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα .....	61
4.1 Πίνακας Αποτελεσμάτων .....	61
4.2 Μετρική Εκπομπών Αερίων .....	67

4.3 Μετρική Αντιμετώπισης Κλιματικών Κινδύνων .....	68
4.4 Μετρική Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.....	69
4.5 Μετρική Διαχείρισης Υδάτων .....	70
4.6 Μετρική Διαχείρισης Αποβλήτων .....	71
4.7 Μετρική Μεταφορών .....	72
4.8 Μετρική Τοπικής Διακυβέρνησης .....	73
4.9 Συγκεντρωτικός Πίνακας Κορυφαίων Τοπικών Κυβερνήσεων ανά Κατηγορία .....	74
4.10 Συνολική Μετρική.....	74
Κεφάλαιο 5: Εφαρμογή.....	76
5.1 Εργαλείο και Σχεδιασμός Εφαρμογής .....	76
5.2 Πρώτη Περίπτωση Χρήσης .....	78
5.3 Δεύτερη Περίπτωση Χρήσης.....	83
5.4 Τρίτη Περίπτωση Χρήσης .....	88
Κεφάλαιο 6: Επίλογος.....	92
Βιβλιογραφία.....	94

## Πίνακες Περιεχομένων Εικόνων και Πινάκων

Πίνακας 1: Κατάταξη των πόλεων με βάση τον Smart City Index .....	29
Πίνακας 2: Σύνοψη των 19 κατηγοριών και των 87 δεικτών που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα των 58 πόλεων.....	30
Πίνακας 3: Η συνολική και επιμέρους απόδοση των πόλεων με βάση το δείκτη που αναπτύχθηκε.....	31
Πίνακας 4:Παρουσίαση κατηγοριών δεικτών και υποδεικτών που χρησιμοποιήθηκαν.....	33
Πίνακας 5: Επίδοση πόλεων σε κάθε επιμέρους υποδείκτη.....	34
Πίνακας 6: Επίδοση πόλεων σε κάθε κατηγορία δεικτών.....	34
Πίνακας 7: Κατάταξη πόλεων με βάση το Smart City Index 2020.....	35
Πίνακας 8:Συγκεντρωτικός Πίνακας Αναφορών.....	38
Πίνακας 9: Συνολική Μετρική ως απλό και ως σταθμισμένο άθροισμα για 10 από τις τοπικές κυβερνήσεις.....	53
Πίνακας 10: Συνολική Μετρική ως σταθμισμένο, κανονικοποιημένο άθροισμα των επιμέρους μετρικών για 10 από τις πόλεις.....	54
Πίνακας 11: Για κάθε τοπική κυβέρνηση, η κοντινότερή της (μέγιστο cosine similarity) και οι κατηγορίες στις οποίες ανήκουν.....	57
Πίνακας 12: Συνολικά αποτελέσματα μετρικών για τις 160 τοπικές κυβερνήσεις.....	61
Πίνακας 13: Συγκεντρωτικός Πίνακας Κορυφαίων Τοπικών Κυβερνήσεων ανά Κατηγορία	74
Πίνακας 14: Σύγκριση 10 κορυφαίων τοπικών κυβερνήσεων της Συνολικής Μετρικής που δημιουργήθηκε με τις αυτές 3 δεικτών της βιβλιογραφίας. Παρατηρείται ότι η πλειονότητά τους εμφανίζεται σε πάνω από έναν δείκτη.....	75
Εικόνα 1: Συμφωνία Παρισίων, στόχοι και πολιτικές.....	19
Εικόνα 2: Αριθμός δημοσιεύσεων σχετικά με την εφαρμογή ML ή DL στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.....	24
Εικόνα 3: Παγκόσμιος Χάρτης όπου χρωματίζονται οι χώρες προέλευσης των δεδομένων ανάλογα με το αντίστοιχο πλήθος δημοσιεύσεων.....	24
Εικόνα 4: Αριθμός δημοσιεύσεων τα δεδομένα των οποίων περιέχουν το συγκεκριμένο είδος ενέργειας.....	25
Εικόνα 5: Το είδος του κτιρίου από το οποίο άντλησε πληροφορία το σύνολο δεδομένων.....	25
Εικόνα 6: Combination of type of energy and type of building used.....	26
Εικόνα 7: Machine Learning or Deep Learning algorithm used for predicting building's energy performance.....	27
Εικόνα 8: Προτεινόμενοι δείκτες για ανάπτυξη ενεργειακής πολιτικής.....	28
Εικόνα 9: Κατηγορίες και Δείκτες European Green City Index.....	29
Εικόνα 10: Σύνοψη παρουσίαση οργάνωσης κατηγοριών και μεθόδου ανάπτυξης δείκτη.....	32
Εικόνα 11: Επίδοση και κατάταξη πόλεων με βάση το Green City Conceptual Framework... 32	32
Εικόνα 12: Βήματα για τη δημιουργία του ND-GAIN.....	36
Εικόνα 13: ND-GAIN Matrix.....	36
Εικόνα 14: Αποτελέσματα Trilemma Index 2019.....	37
Εικόνα 15: Αποτελέσματα σεναρίου 3.....	43
Εικόνα 16: Αποτελέσματα σεναρίου 7.....	43
Εικόνα 17: Αποτελέσματα σεναρίου 10.....	44
Εικόνα 18: Αποτελέσματα σεναρίου 10(2).....	44
Εικόνα 19: Αποτελέσματα σεναρίου 10(1).....	44
Εικόνα 20: Συντελεστής αυτοσυσχέτισης Pearson.....	52
Εικόνα 21: Πίνακας cosine similarity κάθε τοπική κυβέρνηση με τις υπόλοιπες.....	56

Εικόνα 22: Οι βασισμένες στο συνολικό δείκτη κατηγορίες των τοπικών κυβερνήσεων και των πιο όμοιων τους βάσει cosine similarity. ....	59
Εικόνα 23: Η γεωγραφική σχέση των πόλεων που ανήκουν στην ίδια κατηγορία. ....	60
Εικόνα 24: Οι 10 καλύτερες τοπικές κυβερνήσεις στον τομέα των Εκπομπών Αερίων. ....	67
Εικόνα 25: Οι χώρες στις οποίες ανήκουν οι 10 κορυφαίες τοπικές κυβερνήσεις των εκπομπών αερίων. ....	67
Εικόνα 26: Οι 10 καλύτερες πόλεις στον τομέα της Αντιμετώπισης της Κλιματικής Αλλαγής. ....	68
Εικόνα 27: Οι χώρες στις οποίες ανήκουν οι 10 κορυφαίες τοπικές κυβερνήσεις στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. ....	68
Εικόνα 28: Οι 10 καλύτερες τοπικές κυβερνήσεις στον τομέα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. ....	69
Εικόνα 29: Οι χώρες στις οποίες ανήκουν οι 10 κορυφαίες τοπικές κυβερνήσεις στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. ....	69
Εικόνα 30: Οι 10 καλύτερες τοπικές κυβερνήσεις στον τομέα της Διαχείρισης Υδάτινων Πόρων. ....	70
Εικόνα 31: Οι χώρες στις οποίες ανήκουν οι 10 κορυφαίες τοπικές κυβερνήσεις στη διαχείριση υδάτων. ....	70
Εικόνα 32: Οι 10 καλύτερες τοπικές κυβερνήσεις στον τομέα της Διαχείρισης Αποβλήτων. ....	71
Εικόνα 33: Οι χώρες στις οποίες ανήκουν οι 10 κορυφαίες τοπικές κυβερνήσεις στη διαχείριση αποβλήτων. ....	71
Εικόνα 34: Οι 10 καλύτερες τοπικές κυβερνήσεις στον τομέα των Μεταφορών. ....	72
Εικόνα 35: Οι χώρες στις οποίες ανήκουν οι 10 κορυφαίες τοπικές κυβερνήσεις στις μεταφορές. ....	72
Εικόνα 36: Οι 10 καλύτερες τοπικές κυβερνήσεις στον τομέα της Τοπικής Διακυβέρνησης. ....	73
Εικόνα 37: Οι χώρες στις οποίες ανήκουν οι 10 κορυφαίες τοπικές κυβερνήσεις στην τοπική διακυβέρνηση. ....	73
Εικόνα 38: Χάρτης των τοπικών κυβερνήσεων που απάντησαν στο ερωτηματολόγιο. Τα χρώματα εξαρτώνται από την κατηγορία στην οποία κατατάχθηκε η κάθε τοπική κυβέρνηση ανάλογα με τη συνολική μετρική της. ....	74
Εικόνα 39: Παρουσίαση Μετρικών για τις 5 πόλεις με τη μεγαλύτερη συνολική μετρική. ....	75
Εικόνα 40: Διάγραμμα Interface με PySimpleGUI. ....	76
Εικόνα 41: Αριθμός δημοσιεύσεων σχετικά με την εφαρμογή ML ή DL στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Εικόνα 42: Διάγραμμα Interface με PySimpleGUI. ....	76
Εικόνα 43: Πρώτη Περίπτωση Χρήσης. ....	78
Εικόνα 44: Πρώτη Περίπτωση Χρήσης (1). ....	78
Εικόνα 45: Πρώτη Περίπτωση Χρήσης (2). ....	79
Εικόνα 46: Πρώτη Περίπτωση Χρήσης (3). ....	79
Εικόνα 47: Πρώτη Περίπτωση Χρήσης (4). ....	79
Εικόνα 48: Πρώτη Περίπτωση Χρήσης (5). ....	80
Εικόνα 49: Πρώτη Περίπτωση Χρήσης (6). ....	80
Εικόνα 50: Πρώτη Περίπτωση Χρήσης (7). ....	81
Εικόνα 51: Πρώτη Περίπτωση Χρήσης (8). ....	81
Εικόνα 52: Πρώτη Περίπτωση Χρήσης (9). ....	82
Εικόνα 53: Πρώτη Περίπτωση Χρήσης (10). ....	82
Εικόνα 54: Δεύτερη Περίπτωση Χρήσης. ....	83
Εικόνα 55: Δεύτερη Περίπτωση Χρήσης (1). ....	83
Εικόνα 56: Δεύτερη Περίπτωση Χρήσης (2). ....	84

Εικόνα 57: Δεύτερη Περίπτωση Χρήσης (3) .....	84
Εικόνα 58: Δεύτερη Περίπτωση Χρήσης (4) .....	85
Εικόνα 59: Δεύτερη Περίπτωση Χρήσης (5) .....	85
Εικόνα 60: Δεύτερη Περίπτωση Χρήσης (4) .....	85
Εικόνα 61: Δεύτερη Περίπτωση Χρήσης (6) .....	86
Εικόνα 62: Δεύτερη Περίπτωση Χρήσης (7) .....	87
Εικόνα 63: Δεύτερη Περίπτωση Χρήσης (8) .....	87
Εικόνα 64: Τρίτη Περίπτωση Χρήσης .....	88
Εικόνα 65: Τρίτη Περίπτωση Χρήσης (1) .....	88
Εικόνα 66: Τρίτη Περίπτωση Χρήσης (2) .....	89
Εικόνα 67: Τρίτη Περίπτωση Χρήσης (3) .....	90
Εικόνα 68: Τρίτη Περίπτωση Χρήσης (4) .....	90
Εικόνα 69: Τρίτη Περίπτωση Χρήσης (5) .....	91

## Συντομογραφίες

<b>Συντομογραφία</b>	<b>Ορισμός</b>
ANFIS	Adaptive neuro fuzzy inference system
ANN	Artificial neural network
COP	Conference of the Parties
DT	Decision tree
EEA	European Environmental Agency
EIU	Economist Intelligence Unit
ELM	Extreme Learning Machine
ESPON	European Observation Network for Territorial Development and Cohesion
ETC/SIA	European Topic Centre for Spatial information and Analysis
EUROSTAT	European Statistical Office
GA	Genetic Algorithm
GAN	Generative adversarial networks
GLR	Generalized linear regression
HVAC	Heating, Ventilating & Air Conditioning
ICLEI	Local Governments for Sustainability
IEA	International Energy Agency
MLP	Multilayer perceptron
MLR	Multiple Linear Regression
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
SVM	Support Vector Machine
SVR	Support Vector Regression
RL	Reinforcement Learning
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change

# Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

## 1.1 Αντικείμενο Διπλωματικής Εργασίας

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί σήμερα ένα μείζον πρόβλημα το οποίο απασχολεί τόσο τους επιστήμονες του πεδίου όσο και τις κυβερνήσεις των χωρών. Λόγω των πολλαπλών επιπτώσεων που έχει στο περιβάλλον και κατ' επέκταση στον άνθρωπο, η χάραξη πολιτικής για την αντιμετώπισή της αποτελεί βασικό στόχο σε παγκόσμιο επίπεδο. Παρά την πληθώρα μέτρων που έχουν ήδη ληφθεί ή έχουν προγραμματιστεί να εφαρμοστούν στο εγγύς μέλλον, οι αρχηγοί των κρατών με τη βοήθεια αρμόδιων επιτροπών προσπαθούν να εντοπίσουν τα επιπλέον εκείνα μέτρα που θα είναι πιο αποτελεσματικά ανάλογα με το προφίλ της κάθε χώρας ή συνόλου χωρών προκειμένου να τα θέσουν σε εφαρμογή. Τα τελευταία χρόνια, σε μία προσπάθεια περαιτέρω αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής, εφαρμόζονται δράσεις σε επίπεδο πόλεων, δήμων και κοινοτήτων. Με τον τρόπο αυτό, η κλιματική αλλαγή αντιμετωπίζεται σε θεμελιώδες επίπεδο και με τρόπο προσαρμοσμένο σε κάθε διοικητική μονάδα.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο σχεδιασμός μιας μεθοδολογίας και η ανάπτυξη μίας πλατφόρμας βασισμένη σε αυτή μέσω της οποίας οι υπεύθυνοι των τοπικών κυβερνήσεων θα μπορούν να δέχονται συμβουλές, επισημάνσεις και προτάσεις για την αντιμετώπιση κλιματικών ζητημάτων. Με βάση το πόσο ενεργά αντιμετωπίζει μία τοπική κυβέρνηση τα κλιματικά προβλήματα, διαμορφώνεται ένας συνολικός δείκτης, με τον οποίο η τοπική κυβέρνηση αυτή μπορεί να συγκριθεί με άλλες. Ανάλογα με το πού υπερτερεί και πού υστερεί αυτή συγκριτικά με τις υπόλοιπες, η εφαρμογή προτείνει μέτρα επί των τομέων που παρουσιάζει αδυναμίες. Συγκρίνοντας επιπλέον επιμέρους χαρακτηριστικά των τοπικών κυβερνήσεων, δίνεται η δυνατότητα παρουσίασης στοχευμένων προτάσεων.

## 1.2 Στόχοι Διπλωματικής Εργασίας

- Μελέτη εφαρμογών Machine Learning και Deep Learning στον κτιριακό τομέα για την πρόβλεψη της ενεργειακής κατανάλωσης και τη χάραξη ενεργειακής πολιτικής
- Μελέτη δημιουργίας μετρικών με στόχο την κατάταξη μονάδων τοπικών κυβερνήσεων ή χωρών ως προς τον εντοπισμό ενεργειακών προβλημάτων, τη βιωσιμότητά τους, την πράσινη απόδοσή τους ή το ενεργειακό τους σύστημα
- Δημιουργία μετρικών που δείχνουν πόσο ενεργές είναι οι τοπικές κυβερνήσεις στον εντοπισμό και την αντιμετώπιση προβλημάτων που σχετίζονται με ενεργειακά και κλιματικά ζητήματα
- Κατηγοριοποίηση των τοπικών κυβερνήσεων με βάση τις μετρικές που δημιουργήθηκαν
- Επαλήθευση μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε
- Ανάπτυξη προγραμματιστικού εργαλείου για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων και την αλληλεπίδραση με το χρήστη
- Δυνατότητα προβολής προτάσεων σε μία τοπική κυβέρνηση ανάλογα με την τρέχουσα κατάστασή της και τις βλέψεις της για το μέλλον

## 1.3 Βασικοί Ορισμοί

### 1.3.1 Κλίμα

Ο όρος κλίμα περιλαμβάνει τους μέσους όρους θερμοκρασιών, βροχοπτώσεων, μοτίβων ανέμου μίας περιοχής. Σε αντίθεση με τον καιρό, το κλίμα μετράται σε μεγάλο χρονικό διάστημα και



η μεταβολή του δεν γίνεται από τη μία μέρα στην άλλη, αλλά μπορεί να διαρκέσει πολλές εκατοντάδες ή χιλιάδες χρόνια.

### 1.3.2 Κλιματική Αλλαγή

Με τον όρο κλιματική αλλαγή αναφερόμαστε στην μακροπρόθεσμη μεταβολή του παγκόσμιου ή τοπικού κλίματος και στην ουσιαστική αλλαγή ενδείξεων που σχετίζονται με αυτήν όπως η θερμοκρασία και οι βροχοπτώσεις. Παρόλο που έχουν εμφανιστεί στο παρελθόν περιπτώσεις κλιματικής αλλαγής στη Γη, αυτή τη φορά δεν ευθύνονται γι' αυτήν φυσικοί παράγοντες αλλά οι ανθρώπινες δραστηριότητες. Η κλιματική αλλαγή συνδέεται συχνά και με την αύξηση του ρυθμού εμφάνισης ακραίων καιρικών φαινομένων όπως τυφώνες, καταιγίδες, καύσωνες και πλημμύρες.

Οι δράσεις αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής είναι πλέον ευρέως διαδεδομένες καθώς οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων προσπαθούν να προετοιμαστούν για τις επιπτώσεις της σε τομείς όπως οι μεταφορές, η ύδρευση, η δημόσια υγεία και οι υποδομές. Αυξάνεται, παράλληλα, και η ζήτηση για κλιματικά δεδομένα και υπηρεσίες που μπορούν να συμβάλλουν στην περαιτέρω κατανόηση της κατάστασης και στην εύρεση των αποτελεσματικότερων μέτρων αντιμετώπισης του προβλήματος.

### 1.3.3 Δείκτες Κλίματος

Ένας βασικός τρόπος παρακολούθησης και εντοπισμού των αιτιών και των αποτελεσμάτων της κλιματικής αλλαγής γίνεται μέσω της χρήσης δεικτών. Τέτοιοι δείκτες είναι οι συνολικές εκπομπές αερίων, τα κατά κεφαλήν απόβλητα, τα ποσοστά ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι μακροχρόνιες μετρήσεις θερμοκρασιών, η συχνότητα των βροχοπτώσεων και η αύξηση της στάθμης των θαλασσών.

Διαπιστώνεται μία έντονη τάση χρήσης των δεικτών με σκοπό την αξιολόγηση της ικανότητας μία κοινότητας να προσαρμόζεται στην κλιματική αλλαγή. Με τον τρόπο αυτό, μπορούν να γίνουν βήματα προόδου στην αξιολόγηση της λήψης αποφάσεων και επομένως στη χάραξη νέων πολιτικών προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή.

Ωστόσο, ένα κύριο πρόβλημα, είναι ότι κάποιοι δείκτες δεν δείχνουν βραχυπρόθεσμες μεταβολές που θα μπορούσαν να ευαισθητοποιήσουν και να κινητοποιήσουν άμεσα της κυβερνήσεις και τους πολίτες. Ένα ακόμα πρόβλημα, είναι η έλλειψη εμπειρίας στη συλλογή και διαχείριση κλιματικών δεδομένων από τις εμπλεκόμενες υπηρεσίες. Τα δύο αυτά προβλήματα καλούνται να αντιμετωπιστούν με την εφαρμογή προβλέψεων και τον καθορισμό μακροπρόθεσμων στόχων σε διεθνές επίπεδο και την κατάλληλη στελέχωση και εκπαίδευση σε τεχνολογίες ανάλυσης δεδομένων αντίστοιχα.

### 1.3.4 Διεθνείς Στόχοι για την Κλιματική Αλλαγή

Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν υπογραφεί σημαντικές συμφωνίες για την προσέγγιση και αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής σε επίπεδο κρατών, οι βασικότερες εκ των οποίων παρουσιάζονται στις ακόλουθες υποενότητες.

#### 1.3.4.1 Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή

Η σύνοδος των Ηνωμένων Εθνών για το περιβάλλον και την ανάπτυξη που έλαβε χώρα στο Ρίο Ντε Τζανέιρο το 1992, αντιπροσωπεύει την πρώτη διεθνή συμφωνία για την προσέγγιση της κλιματικής αλλαγής. Κατά τη διάρκεια της συνόδου, δημιουργήθηκε το πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή (UNFCCC), το οποίο τέθηκε σε ισχύ στις 21

Μαρτίου του 1994. Υπεγράφη στην αρχή από 166 χώρες και σήμερα επικυρώνεται από 197. Με το πλαίσιο αυτό, καθιερώθηκε ένα ετήσιο φόρουμ, γνωστό και ως Διάσκεψη των Μερών με σκοπό τη συζήτηση μεταξύ των κρατών για κλιματικά ζητήματα και για τη σταθεροποίηση των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Αποτελέσματα των συνόδων αυτών είναι τόσο το Πρωτόκολλο του Κιότο όσο και η Συμφωνία των Παρισίων.

#### 1.3.4.2 Πρωτόκολλο του Κιότο

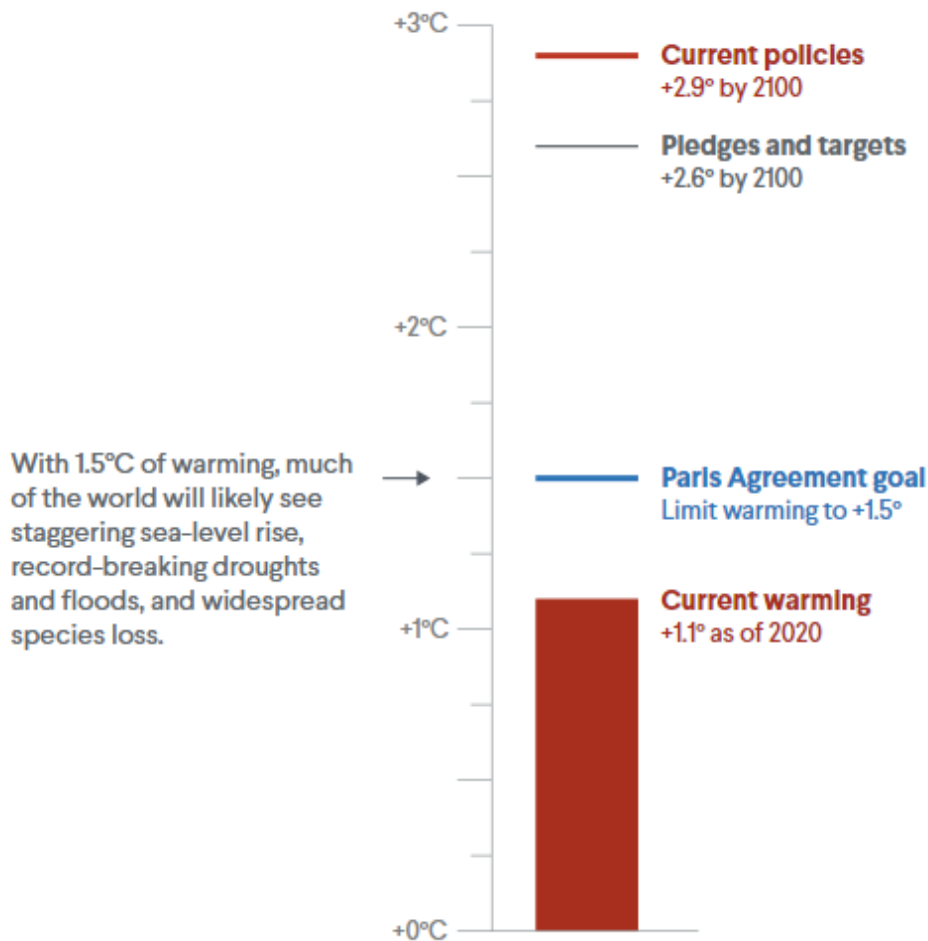
Το πρωτόκολλο του Κιότο εγκρίθηκε το 1997, τέθηκε σε ισχύ το 2005 και αποτέλεσε την πρώτη δεσμευτική συνθήκη για το κλίμα. Με βάση τη σύμβαση αυτή, οι αναπτυγμένες χώρες δεσμεύονται να μειώσουν τις εκπομπές τους περίπου 5% κάτω από τα επίπεδα του 1990 και καθιερώθηκε ένα σύστημα παρακολούθησης της προόδου των χωρών. Ωστόσο, δεν συμπεριελήφθησαν οι αναπτυσσόμενες χώρες μεταξύ των οποίων η Κίνα και η Ινδία που έχουν τις περισσότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και επιπλέον, οι ΗΠΑ απέσυραν την υπογραφή τους λίγα χρόνια αργότερα.

#### 1.3.4.3 Συμφωνία των Παρισίων

Η Συμφωνία των Παρισίων (2015) αποτελεί τη σημαντικότερη παγκόσμια συμφωνία για το κλίμα μέχρι σήμερα και απαιτεί από τις χώρες να θέσουν στόχους για τη μείωση των εκπομπών λαμβάνοντας τα κατάλληλα μέτρα. Μακροπρόθεσμος σκοπός των μέτρων αυτών είναι η αποτροπή της αύξησης της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας πάνω από 2°C σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα και προσπάθεια διατήρησης της αύξησης αυτής κάτω από τους 1.5°C μέχρι το 2100. Στοχεύει, επίσης, στην επίτευξη καθαρών, μηδενικών εκπομπών άνθρακα. Κάθε 5 χρόνια, οι χώρες αξιολογούν την πρόοδό τους στην εφαρμογή της συμφωνίας, αρχής γενομένης από το 2023.

Μέχρι στιγμής, η παγκόσμια μέση θερμοκρασία έχει ήδη αυξηθεί περίπου 1°C πάνω από τα προβιομηχανικά επίπεδα. Χωρίς τη λήψη δραστικών μέτρων για τη μείωση των εκπομπών άνθρακα, προβλέπεται ότι η αύξηση θα αγγίξει τον 1.5°C μεταξύ 2030 και 2052. Η αποτροπή αύξησης της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη είναι μέγιστης σημασίας καθώς, αν υπάρξει υπέρβαση του παραπάνω ορίου, οι επιστήμονες έχουν προειδοποιήσει για καταστροφικές κλιματικές συνέπειες όπως καύσωνες, πλημμύρες, ξηρασίες, αύξηση της στάθμης των θαλασσών, τήξη των αρκτικών πάγων και απειλή εξαφάνισης ορισμένων ειδών φυτών και ζώων. Φυσικά, οι επιπτώσεις θα είναι πολύ πιο σοβαρές αν η αύξηση φτάσει ή υπερβεί τους 2°C.

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται σε ποιο σημείο ως προς τη θερμοκρασία βρίσκεται σήμερα ο πλανήτης, ποιο είναι το όριο που έχει τεθεί σύμφωνα με τη Συμφωνία των Παρισίων και ποια είναι η προβλεπόμενη αύξηση με βάση τις πολιτικές που έχουν υιοθετηθεί μέχρι σήμερα.



Εικόνα 1: Συμφωνία Παρισίων, στόχοι και πολιτικές.

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα γίνεται φανερό ότι απέχουμε πολύ από την επίτευξη του στόχου αύξησης της θερμοκρασίας μέχρι +1.5°C και επομένως υπάρχει ανάγκη για λήψη επιπλέον μέτρων για τη συγκράτηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας. Άρα, τόσο οι κυβερνήσεις των κρατών όσο και οι τοπικές κυβερνήσεις, οφείλουν να θέσουν ως προτεραιότητα την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και να χρησιμοποιήσουν κάθε μέσο που υπάρχει για την εύρεση και εφαρμογή των αποτελεσματικότερων, με βάση τα χαρακτηριστικά της κοινότητας, μέτρων προσαρμογής.

### 1.3.5 Ανάλυση Δεδομένων

Με τον όρο τεχνικές ανάλυσης δεδομένων περιγράφεται το σύνολο των εργαλείων και τεχνικών με το οποίο πραγματοποιείται η ανάλυση των δεδομένων. Η ανάλυση δεδομένων είναι η επιστήμη ανάλυσης ανεπεξέργαστων δεδομένων με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων για τη δοθείσα πληροφορία και την υποστήριξη λήψης αποφάσεων. Μέσω τεχνικών ανάλυσης δεδομένων, μπορούν να αποκαλυφθούν τάσεις και κρίσιμες συσχετίσεις και μετρικές που υπό άλλες συνθήκες ίσως χάνονταν στο μεγάλο όγκο των πληροφοριών.

Υπάρχουν συνολικά τέσσερις προσεγγίσεις ανάλυσης δεδομένων:

- Περιγραφικές Αναλύσεις (Descriptive Analytics): Με αυτές τις τεχνικές γίνεται περίληψη των συνόλων δεδομένων με σκοπό να περιγραφεί το αποτέλεσμα στους

ενδιαφερόμενους. Η διαδικασία ξεκινά με τη συλλογή σχετικών δεδομένων, την επεξεργασία τους, την ανάλυση και την οπτικοποίησή τους. Τέλος, αναπτύσσονται δείκτες απόδοσης για τον προσδιορισμό της επίδοσης.

- Διαγνωστικές Αναλύσεις (Diagnostic Analytics): Δρουν συμπληρωματικά ως προς την παραπάνω κατηγορία. Οι δείκτες απόδοσης που δημιουργήθηκαν προηγουμένως αναλύονται περαιτέρω και αναζητούνται τα αίτια της κατάστασης. Τα βασικά βήματα περιέχουν τον εντοπισμό ανωμαλιών στα δεδομένα και την εφαρμογή στατιστικών τεχνικών προκειμένου να βρεθούν σχέσεις και τάσεις που να εξηγούν τις ανωμαλίες αυτές.
- Προγνωστικές Αναλύσεις (Predictive Analytics): Χρησιμοποιούνται ιστορικά δεδομένα προκειμένου να εντοπιστούν τάσεις του παρελθόντος και να αποφασιστεί αν είναι πιθανό να επανεμφανιστούν στο μέλλον. Τα εργαλεία που περιλαμβάνονται σε αυτή την κατηγορία περιέχουν κυρίως στατιστικά εργαλεία και μεθόδους μηχανικής μάθησης με βασικότερα τα νευρωνικά δίκτυα, τα δένδρα αποφάσεων και την παλινδρόμηση και παρέχουν ενόραση για το τι θα γίνει στο μέλλον.
- Ρυθμιστικές Αναλύσεις (Prescriptive Analytics): Λαμβάνοντας υπόψη τη προβλεψιμότητα που παρέχουν οι προγνωστικές αναλύσεις, μπορούν να ληφθούν αποφάσεις βασισμένες στα δεδομένα. Αυτό, επιτρέπει στους ενδιαφερόμενους να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις παρά την αβεβαιότητα που επικρατεί. Τα βασικά εργαλεία είναι τεχνικές μηχανικής μάθησης, ικανές να εντοπίσουν μοτίβα σε μεγάλα σύνολα δεδομένων.

Όλα τα παραπάνω βήματα, μπορούν να οδηγήσουν σε μία σφαιρική ανάλυση των προβλημάτων και των ευκαιριών και κατά συνέπεια, στη λήψη στοχευμένων και αποτελεσματικών αποφάσεων.

### 1.3.6 Ανάλυση Δεδομένων στην Χάραξη Πολιτικής για την Κλιματική Αλλαγή

Όπως προαναφέρθηκε, παρά τα μέτρα που έχουν ληφθεί για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, οι επιπτώσεις της θα είναι σημαντικές. Υπάρχει λοιπόν, επιτακτική ανάγκη τόσο για τις αναπτυγμένες όσο και για τις αναπτυσσόμενες χώρες να προσαρμοστούν με την υιοθέτηση μέτρων προσαρμογής

Βάσει των παραπάνω, ο ενδιαφερόμενος που θα ζητήσει τεχνικές ανάλυσης δεδομένων μπορεί να είναι μία κυβέρνηση ή μία οργάνωση που επιθυμεί να λάβει μέτρα για να αντιμετωπίσει την κλιματική αλλαγή. Σε αυτή την περίπτωση, αναλύοντας τρέχοντα δεδομένα κλιματικών μετρικών, μπορεί να περιγραφεί η κλιματική κατάσταση που επικρατεί (Περιγραφική Ανάλυση) και να αναζητηθούν τα αίτια της (Διαγνωστική Ανάλυση). Επίσης, αναλύοντας ιστορικά δεδομένα, εξάγονται συμπεράσματα ως προς την αποτελεσματικότητα προηγούμενων πολιτικών προσαρμογής και επομένως μπορεί να μελετηθεί η αξία τροποποίησης ή επανεφαρμογής τους (Προγνωστική Ανάλυση). Στη συνέχεια, όλη αυτή η πληροφορία θα βοηθήσει τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής να λάβουν τις βέλτιστες αποφάσεις που θα φέρουν γρηγορότερα το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Ένα παράδειγμα εργαλείου που προκύπτει από τις τεχνικές ανάλυσης δεδομένων είναι οι δείκτες προσαρμογής. Αυτοί οι δείκτες μπορούν να επιδιώκουν, αιτιολογούν και παρακολουθούν την χρηματοδότηση δράσεων για το κλίμα και τα αντίστοιχα προγράμματα προσαρμογής. Μπορούν ακόμα να αξιολογούν την υπάρχουσα κλιματική πολιτική, να συγκρίνουν τα αποτελέσματα πολιτικών μεταξύ χωρών ή περιοχών και να προτείνουν πιθανές αποτελεσματικότερες λύσεις. Τέλος, συμβάλουν στην ενημέρωση τόσο των πολιτών όσο και των κυβερνήσεων για την πολιτική που ακολουθείται καθώς και για πιθανές τάσεις που παρατηρούνται σε διεθνές επίπεδο.

# Κεφάλαιο 2: Ορισμός Προβλήματος και Βιβλιογραφική Αναζήτηση

## 2.1 Ορισμός Προβλήματος

Με βάση όσα αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 1, κρίνεται επιβεβλημένη η ανάγκη λήψης επιπλέον μέτρων για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής καθώς τα υπάρχοντα δεν επαρκούν. Για τη πιο στοχευμένη αντιμετώπιση του προβλήματος, μέτρα πρέπει να ληφθούν και σε τοπικό επίπεδο, με το πρόβλημα να έγκειται στον καθορισμό προσαρμοσμένων μέτρων για την εκάστοτε μονάδα τοπικής κυβέρνησης. Για το λόγο αυτό, το ζητούμενο είναι η εύρεση τρόπου αξιολόγησης των ήδη υπάρχοντων μέτρων και σύγκρισής τους ώστε οι προτάσεις που γίνονται και εφαρμόζονται από τις τοπικές κυβερνήσεις να έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα εξάλειψης του προκείμενου προβλήματος.

## 2.2 Εισαγωγή Βιβλιογραφικών Αναζητήσεων

Η βιβλιογραφική αναζήτηση εστιάζει σε δύο τρόπους χρήσης δεδομένων που σκοπό έχουν την χάραξη και αξιολόγηση ενεργειακής πολιτικής και οι οποίες κυριαρχούν στη βιβλιογραφία. Ο πρώτος είναι σε επίπεδο κτιρίων. Μέσω της πρόβλεψης της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, είναι δυνατή η μεταξύ τους σύγκριση και κατά συνέπεια η εύρεση του τρόπου κατασκευής, διαχείρισης και συντήρησης που βελτιστοποιούν την ενεργειακή απόδοση κάθε κτιρίου και το καθιστούν πιο πράσινο. Επίσης, μέσω αντιπαραβολής κτιρίων διαφορετικών πόλεων ή χωρών μπορούμε να καταλήξουμε σε συμπεράσματα για τη συνολική πολιτική που ακολουθεί η ευρύτερη περιοχή, είτε πρόκειται για πόλη, δήμο ή χώρα. Ο δεύτερος τρόπος είναι σε επίπεδο τοπικών κυβερνήσεων ή χωρών. Η γενική ενεργειακή πολιτική που εφαρμόζει μία κοινότητα εντοπίζεται σε επιμέρους τομείς της καθημερινότητας. Πώς αντιμετωπίζει την κλιματική αλλαγή και υφιστάμενα ή προκύπτοντα προβλήματα, πώς διαχειρίζεται τα απόβλητα, τα ύδατα, πώς αξιοποιεί τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τις ευκαιρίες που εμφανίζονται είναι μερικά μόνο παραδείγματα που δείχνουν τον τρόπο που μία χώρα αντιμετωπίζει ενεργειακά ζητήματα και αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της ενεργειακής πολιτικής που ακολουθείται.

## 2.3 Βιβλιογραφική Αναζήτηση για Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων

### 2.3.1 Εισαγωγή

Η κατανάλωση ενέργειας είναι από τα βασικότερα θέματα όσον αφορά στον ενεργειακό κλάδο. Γνωρίζοντας ότι ο αστικός και εμπορικός κτιριακός τομέας ευθύνονται για πάνω από το 40% της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας σε Ευρώπη και Η.Π.Α., αναμφίβολα τα κτίρια αποτελούν τους κορυφαίους καταναλωτές. Επομένως, δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι έχουν ήδη παρθεί μέτρα και έχουν δημιουργηθεί πολιτικές για τη μείωση της ενέργειας που καταναλώνεται από τον κτιριακό τομέα, τόσο από τις κυβερνήσεις όσο και από οργανισμούς και επιτροπές. Διαπιστώνεται ότι το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας που έχει διενεργηθεί τα τελευταία χρόνια στον ενεργειακό κλάδο είναι αφιερωμένο στον κτιριακό τομέα και περιστρέφεται γύρω από την πρόβλεψη του ενεργειακού φορτίου και την χάραξη της απαραίτητης πολιτικής. Παράλληλα, έχει παρατηρηθεί μία τεράστια αύξηση στην χρήση μεγάλων δεδομένων (Big Data) για την πρόβλεψη και τη λήψη αποφάσεων σε κάθε τομέα, συμπεριλαμβανομένων και της κατανάλωσης ενέργειας και της διαμόρφωσης ενεργειακής πολιτικής. Συγκεκριμένα, τα τελευταία χρόνια, πολλοί ερευνητές έχουν στοχεύσει την αποτελεσματική πρόβλεψη της κτιριακής χρήσης ενέργειας χρησιμοποιώντας ένα ευρύ φάσμα αλγορίθμων Μηχανικής Μάθησης (Machine Learning) και Βαθιάς Μάθησης (Deep Learning). Η εκτίμηση της κατανάλωσης ενέργειας είναι κρίσιμη καθώς βοηθά όσους διαμορφώνουν την

ενεργειακή πολιτικής να κατανοήσουν τα είδη ενέργειας που χρησιμοποιούνται περισσότερο και να αλλάξουν την τάση αυτή όπου κριθεί απαραίτητο. Μόνο εφόσον η πρόβλεψη είναι ακριβής μπορεί να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα των μέτρων που εφαρμόζονται και μπορούν να γίνουν περαιτέρω διορθωτικές κινήσεις. Σε αυτό το κομμάτι της εργασίας παρουσιάζεται μία βιβλιογραφική αναφορά μελετών που εστιάζουν στην ενεργειακή απόδοση αστικών και εμπορικών κτιρίων και στην πρόβλεψη της ενεργειακής τους κατανάλωσης με τη χρήση διάφορων αλγορίθμων μηχανικής και βαθιάς μάθησης.

### 2.3.2 Δημοσιεύσεις

Η αναφορά αποτελείται από έρευνες προερχόμενες από 126 δημοσιεύσεις που εκδόθηκαν από την αρχή της προηγούμενης δεκαετίας. Όλες οι δημοσιεύσεις ακολουθούν μία συγκεκριμένη δομή. Αρχικά, συλλέγουν δεδομένα από διάφορες πηγές, είτε πραγματικά προερχόμενα από αισθητήρες ή προϋπάρχουσες συλλογές είτε προσομοιωτικά βασισμένα σε υπάρχοντα κτίρια. Έπειτα, τα δεδομένα καθαρίζονται προκειμένου να εξασφαλιστεί η ομοιογένεια του συνόλου δεδομένων και ακολουθεί η υλοποίηση και εκπαίδευση ενός ή περισσοτέρων μοντέλων με τη χρήση του κατάλληλου αλγορίθμου μηχανικής ή βαθιάς μάθησης. Στο τέλος, γίνεται αξιολόγηση του μοντέλου με βάση ορισμένες μετρικές και συχνά κλείνουν με γραφική αναπαράσταση των αποτελεσμάτων και συμπεράσματα.

### 2.3.3 Συγκεντρωτικός Πίνακας Αναφορών

Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι 126 δημοσιεύσεις της βιβλιογραφικής αναφοράς, ομαδοποιημένες κατά το είδος αλγορίθμων ή μοντέλων που υλοποίησαν στις έρευνές τους.

Πίνακας 0: Συγκεντρωτικός Πίνακας Αναφορών Κτιριακού Τομέα

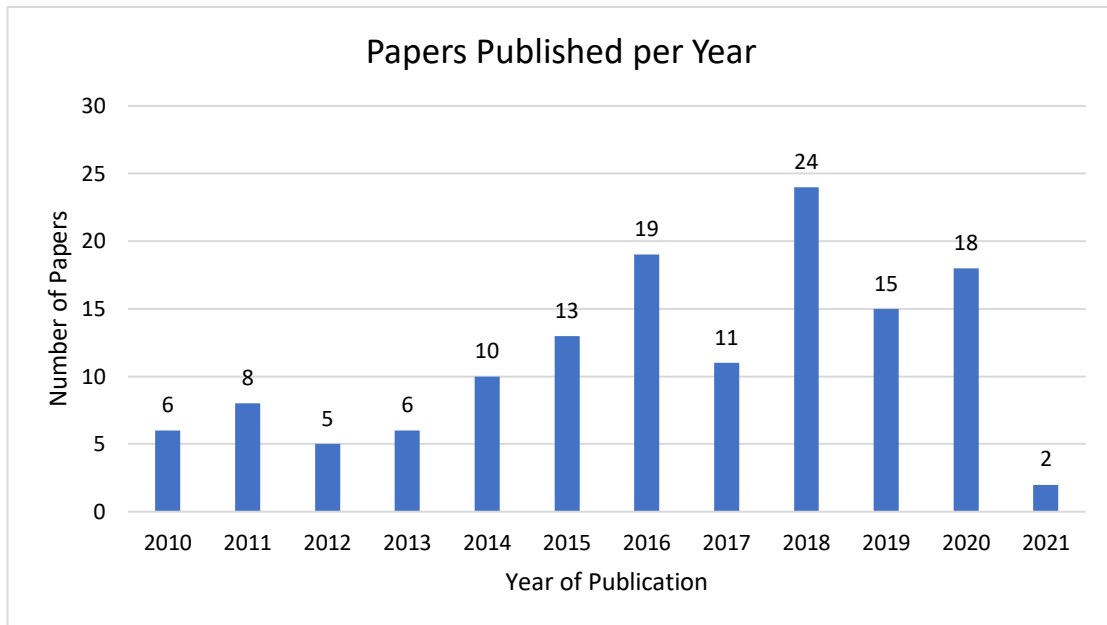
Algorithm-Model	ANFIS	ANN	DL	DRL	DTs	Hybrid	ELM	ENS	GAN	GA	MLP	TL	SVM	Regr
[10], [20]					X			X						
[9], [11], [42], [85], [91], [95], [96], [113], [128]								X						
[12], [38], [39], [90], [106], [108], [123], [126]			X											
[13]			X								X			
[14]		X	X											
[15], [24], [118]	X													
[16], [56], [61], [83], [99], [104], [116], [121]														X
[5], [17]					X								X	
[18], [29], [35], [44], [46], [49], [58], [60], [64], [65], [75], [88]													X	
[19]		X			X			X						
[6], [7], [21], [41], [43]											X			
[3], [4], [8], [22], [26], [27], [31], [51], [53], [54], [67], [68], [70], [74], [78], [79], [82], [84], [87], [94]		X												
[23], [37], [57], [92], [93], [107], [112], [127]						X								
[25]	X	X												
[28], [36]							X							
[30]					X								X	X
[32]		X					X							
[33], [34], [69], [73], [77], [80], [110]		X									X			

[40]		X			X									
[45]		X			X								X	
[47]		X		X									X	X
[48]	X	X											X	X
[52], [66], [86], [89]		X											X	
[55], [71], [102], [117], [120]		X												X
[59]	X												X	
[62]		X							X				X	X
[63]		X			X								X	X
[72]		X											X	X
[76]				X					X				X	X
[81]	X				X									
[97]									X					
[98]		X					X							
[100]				X										X
[101]		X			X		X						X	
[103]		X							X					
[105]		X											X	X
[109]								X						
[111]					X									X
[114]			X									X		
[115]				X										
[119]			X										X	X
[122]						X	X							
[124]													X	X
[125]												X		

Με βάση τις παραπάνω αναφορές δημιουργούνται διαγράμματα για την εξαγωγή συμπερασμάτων τα οποία παρουσιάζονται στις ακόλουθες υποενότητες.

#### 2.3.4 Έτος έκδοσης

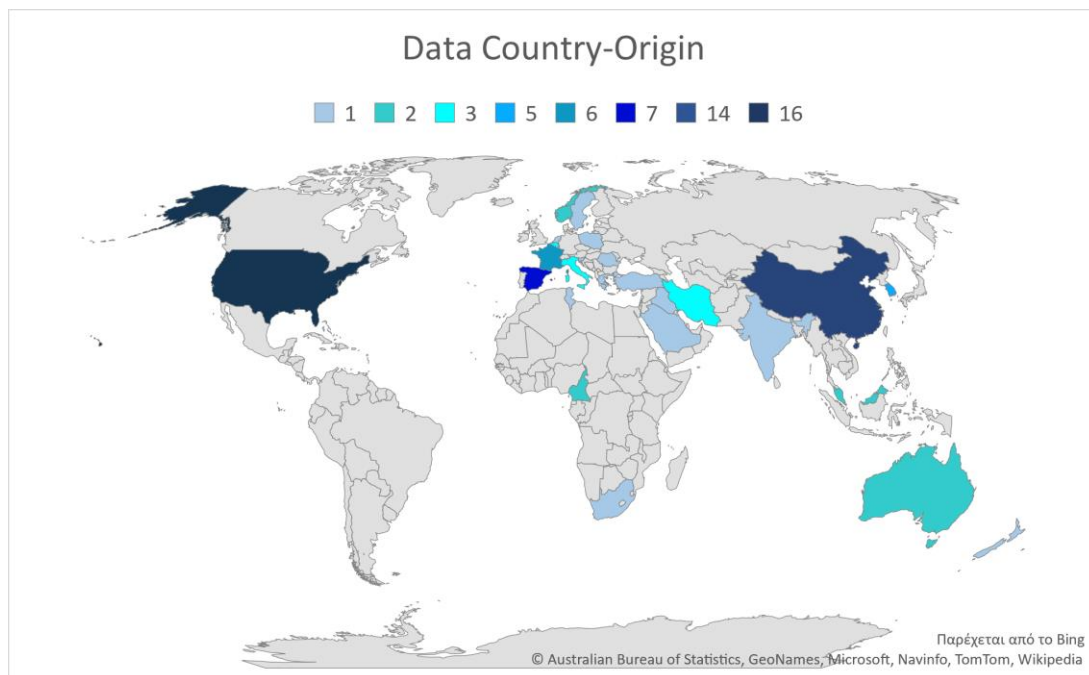
Λόγω των ραγδαίων ρυθμών αύξησης των ερευνητικών έργων και της ανάπτυξης εργαλείων με τα οποία διενεργούνται, με το πέρας των χρόνων υπάρχει μία ανοδική τάση στον αριθμό των δημοσιεύσεων που εκδίδονται ετησίως. Ενδεικτικό είναι ότι το πρώτο μισό της προηγούμενης δεκαετίας, εκδίδονταν 7 δημοσιεύσεις ετησίως κατά μέσο όρο, αριθμός που αυξήθηκε σε 16 το δεύτερο μισό της ίδιας δεκαετίας. Επίσης, μέσα στις πρώτες κίχλας εβδομάδες του 2021, 2 έρευνες δημοσιεύτηκαν πάνω στο εν λόγω θέμα, ένας αριθμός που αναμένεται να υπερβεί το 15, μέχρι το τέλος της χρονιάς.



Εικόνα 2: Αριθμός δημοσιεύσεων σχετικά με την εφαρμογή ML ή DL στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.

### 2.3.5 Χώρα προέλευσης των δεδομένων

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται σε καθεμία από τις δημοσιεύσεις, όπου αυτά περιγράφονται αναλυτικά, προέρχονται από μία συγκεκριμένη χώρα. Από τις 126 δημοσιεύσεις οι 89 αναφέρουν την χώρα προέλευσης των δεδομένων τους. Όπως γίνεται αντιληπτό και από το ακόλουθο διάγραμμα, το ένα τρίτο των δημοσιεύσεων χρησιμοποιούν δεδομένα προερχόμενα από τις Η.Π.Α (16) και την Κίνα (14).

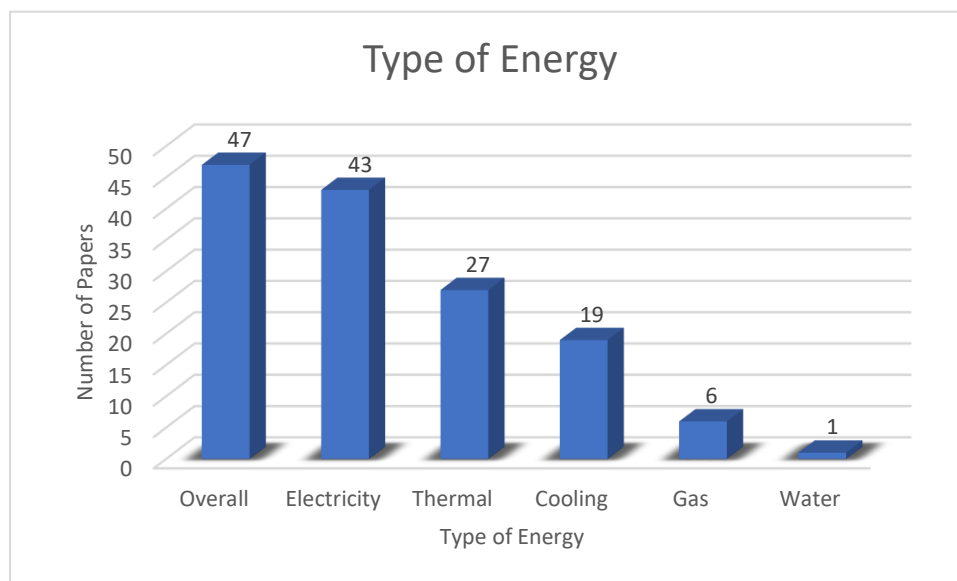


Εικόνα 3: Παγκόσμιος Χάρτης όπου χρωματίζονται οι χώρες προέλευσης των δεδομένων ανάλογα με το αντίστοιχο πλήθος δημοσιεύσεων.



### 2.3.6 Είδος Ενέργειας

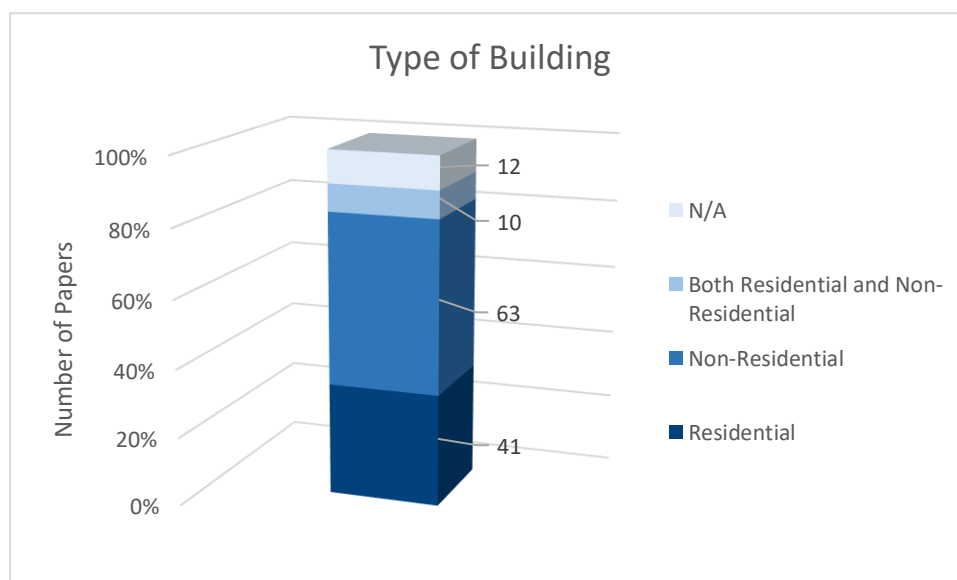
Το σύνολο δεδομένων που χρησιμοποιεί κάθε δημοσίευση παρέχει πληροφορίες για έναν ή παραπάνω από τους παρακάτω τύπους ενεργειών: ηλεκτρική, θερμική, ψυκτική, αέριο, υδραυλική (δυναμική ενέργεια νερού) ή συνολική ενέργεια. Ο αριθμός των δημοσιεύσεων που αναφέρονται σε κάθε τύπο ενέργειας παρουσιάζεται στο παρακάτω ραβδόγραμμα.



Εικόνα 4: Αριθμός δημοσιεύσεων τα δεδομένα των οποίων περιέχουν το συγκεκριμένο είδος ενέργειας.

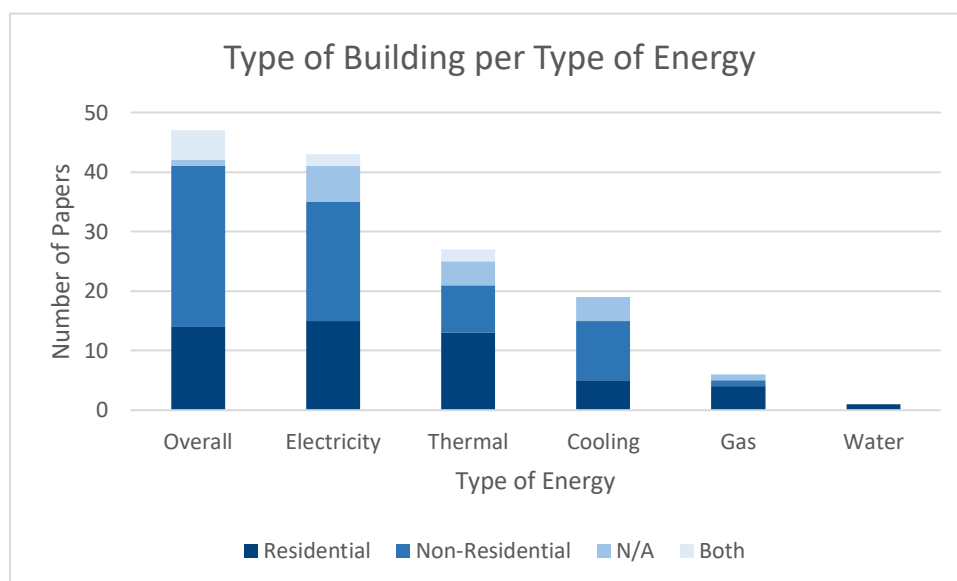
### 2.3.7 Είδος κτιρίου

Υπάρχουν δύο είδη κτιρίων, τα αστικά και τα μη αστικά. Τα μη αστικά είναι κυρίως γραφεία, πανεπιστήμια και εμπορικά κτίρια. Κάποιες έρευνες χρησιμοποιούν δεδομένα και από τις δύο κατηγορίες κτιρίων ενώ σε ορισμένες από αυτές, το είδος των κτιρίων παραμένει άγνωστο (N/A).



Εικόνα 5: Το είδος του κτιρίου από το οποίο άντλησε πληροφορία το σύνολο δεδομένων.

Συνδυάζοντας την πληροφορία των δύο προηγούμενων διαγραμμάτων, είναι εφικτό ανά είδος ενέργειας να βρεθεί το πλήθος των δημοσιεύσεων που αφορούν μία συγκεκριμένη κατηγορία κτιρίου. Όπως είναι εμφανές, οι διαμερίσεις σε κάθε είδος ενέργειας, είναι ισοδύναμες με την συνολική αναλογία της κατηγοριοποίησης των κτιρίων.



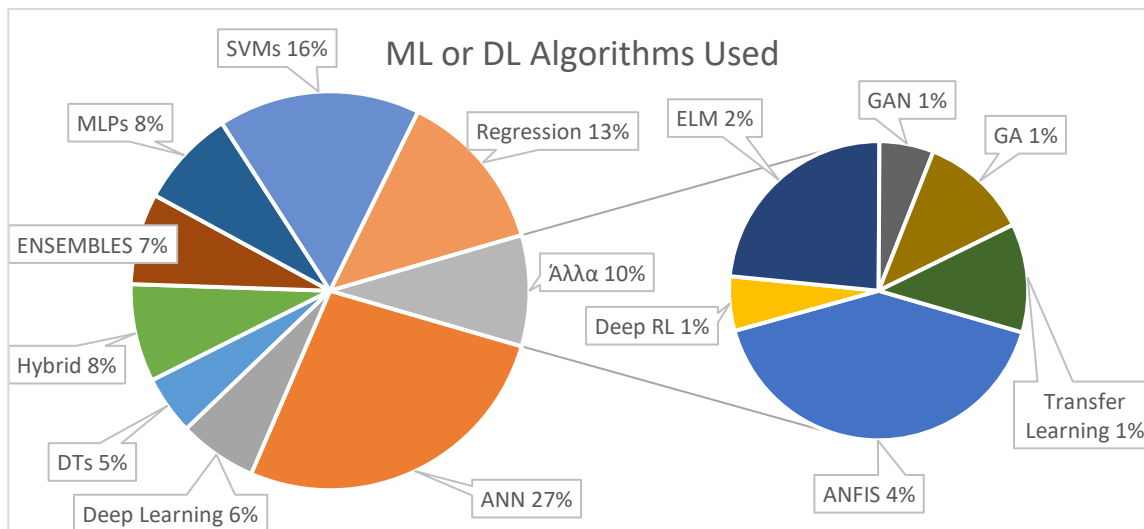
Εικόνα 6: Combination of type of energy and type of building used.

### 2.3.8 ML or DL Algorithm Used

Η κατηγορία παλινδρόμηση (regression), απαρτίζεται από 5 διαφορετικά είδη παλινδρομικών μοντέλων: GLR (35%), MLR (32%), Lasso (13%), Polynomial (10%) και SVR (10%).

Με βάση τη δημοσίευση [126], μπορούμε να κατατάξουμε τα μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν σε τέσσερις επιμέρους κατηγορίες.

1. Στατιστικά Μοντέλα: Παλινδρόμηση/Regression
2. Μοντέλα Μηχανικής Μάθησης: SVM, DT, ANN, ANFIS, ELM
3. Μοντέλα Βαθιάς Μάθησης: DRL, MLP, GA
4. Υβριδικά Μοντέλα: ENSEMBLES, Hybrid



Εικόνα 7: Machine Learning or Deep Learning algorithm used for predicting building's energy performance.

## 2.4 Βιβλιογραφική Αναζήτηση για Ενεργειακούς Δείκτες ή Μετρικές

### 2.4.1 Εισαγωγή

Παρόλο που έχει σημειωθεί πρόοδος στις εφαρμογές μηχανικής και βαθιάς μάθησης στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, υπάρχουν λιγότερες δημοσιεύσεις σχετικά με τη χάραξη ενεργειακής πολιτικής σε επίπεδο πόλεων ή χωρών. Ακολουθεί μία βιβλιογραφική αναζήτηση πάνω σε δημοσιεύσεις οι οποίες έχουν δημιουργήσει και αξιοποιήσει δείκτες για την κατηγοριοποίηση πόλεων ή χωρών ανάλογα με ορισμένες μετρικές και για την εξαγωγή αντίστοιχων συμπερασμάτων.

### 2.4.2 Δημοσιεύσεις

#### 2.4.2.1 Sustainable energy policy indicators

Στο [132], παρουσιάζεται μία βιβλιογραφική αναφορά χρήσης δεικτών στην ενεργειακή πολιτική με βάση τις έρευνες μέχρι το 2007. Αρχικά, ορίζονται οι κατηγορίες ενεργειακών δεικτών. Οι δείκτες χωρίζονται σε περιγραφικούς, βασικούς, φυσικούς, συγκριτικούς, δομικούς, έντασης, αποσύνθεσης και συμπερασματικούς. Έπειτα παρουσιάζονται τέσσερις μεθοδολογίες δεικτών από τη βιβλιογραφία: Pressure-State-Response (PSR), Driving force-State-Response (DSR), Driving force-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR) και Pyramid. Η πρώτη, δεν προσπαθεί να διαμορφώσει τη σχέση μεταξύ ανθρωπίνων δραστηριοτήτων και περιβαλλοντικών ζητημάτων, αλλά προσπαθεί να δείξει πώς η πίεση που ασκούν οι ανθρώπινες δραστηριότητες στο περιβάλλον μπορεί να προκαλέσει αλλαγές. Ως αντίδραση στις αλλαγές και με στόχο τη μείωση των πιέσεων, η κοινωνία προχωρά στην ανάπτυξη περιβαλλοντικών και οικονομικών πολιτικών και προγραμμάτων. Η δεύτερη αναπτύχθηκε από τα Ηνωμένα Έθνη με σκοπό την παρακολούθηση της βιώσιμης ανάπτυξης. Ενσωματώθηκαν επιπλέον κοινωνικοί, οικονομικοί και θεσμικοί δείκτες και μελετήθηκαν οι επιπτώσεις τους στη βιωσιμότητα. Πρόκειται ουσιαστικά για έναν πίνακα στις γραμμές του οποίου καταγράφονται οι τρεις τύποι δεικτών και στις στήλες οι τέσσερις πτυχές της βιώσιμης ανάπτυξης-οικονομική, κοινωνική περιβαλλοντική και θεσμική. Η τρίτη αποτελεί ένα συνδυασμό των δύο προηγούμενων και αναπτύχθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση με σκοπό την ανάλυση

περιβαλλοντικών ζητημάτων. Τέλος, η πυραμιδική μεθοδολογία, εξηγεί πώς τα αναλυτικά δεδομένα μπορούν να συνδυαστούν με τους δείκτες προκειμένου να δώσουν καθολικούς δείκτες υψηλότερους στην πυραμίδα. Δυσκολίες σημειώνονται στον ποσοτικό προσδιορισμό της συμμετοχής των διάφορων υπηρεσιών και χρήσεων ενέργειας ή άλλων πληροφοριών που παρέχουν οι δείκτες.

Πολλοί οργανισμοί έχουν αναπτύξει ενεργειακούς δείκτες μεταξύ των οποίων η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (ΕΕ) που μέσω της Ευρωπαϊκής Στατιστικής Υπηρεσίας (Eurostat) και της Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (ΕΕΑ) ανέπτυξε πάνω από 25 δείκτες με έμφαση σε περιβαλλοντικά ζητήματα και στόχο την προώθηση της βιωσιμότητας, ο Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΕCD) που στόχευσε στην παρακολούθηση περιβαλλοντικών διαδικασιών σχετιζόμενες με την χάραξη ενεργειακής πολιτικής δημιουργώντας 50 δείκτες σε τομείς όπως οι μετακινήσεις, η ενέργεια, ο τουρισμός, η γεωργία κ.α. καθώς και στη μέτρηση των οικονομικών επιπτώσεων της περιβαλλοντικής πίεσης και η Διεθνής Οργάνωση Ενέργειας (ΙΕΑ) η οποία ανέπτυξε δείκτες για τη χρήση της ενέργειας και την επίδρασή της σε διάφορες πτυχές της οικονομίας σε συνεργασία με 12 κράτη-μέλη.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι προτεινόμενοι δείκτες για την ανάπτυξη ενεργειακής πολιτικής.

Table 1  
Criteria for the sustainable indicators' selection

	<i>Appropriateness</i>
C.1	
C.1.1	Realistic description
C.1.2	Transparency
C.1.3	Simplicity
C.1.4	Ability of comparison
C.2	<i>Completeness</i>
C.2.1	Technical and scientific adequacy
C.2.2	International acknowledgement
C.3	<i>Flexibility</i>
C.3.1	Easy calculation
C.3.2	Existence of right quality data
C.3.3	Ability of mapping changes
C.3.4	Easy connection with other models

Table 3  
Indicators of the competitive energy market

Nos.	Indicator
I.2.1	Energy intensity
I.2.2	Efficiency of energy conversion
I.2.3	Efficiency of electrical energy production
I.2.4	Transformation of energy sector
I.2.4.1	Independent energy regulator
I.2.4.2	Private participation
I.2.4.3	Dividing of public enterprise
I.2.4.4	Energy law for the reforming and privatization of energy enterprises
I.2.4.5	Adjustment of energy pricelist
I.2.5	Level of competition
I.2.6	Per capita energy consumption
I.2.7	Per capita electrical energy consumption

Table 2  
Indicators of the security of energy supply

No.	Indicator
I.1.1	Dependence on imports
I.1.2	Dependence on imports of solid fuel
I.1.3	Dependence on oil imports
I.1.4	Dependence on natural gas imports
I.1.5	Differentiation of primary fuel
I.1.6	Differentiation of fuel of electrical energy production
I.1.7	Differentiation of energy fuel
I.1.8	Strategic oil supplies

Table 4  
Indicators of the environmental protection

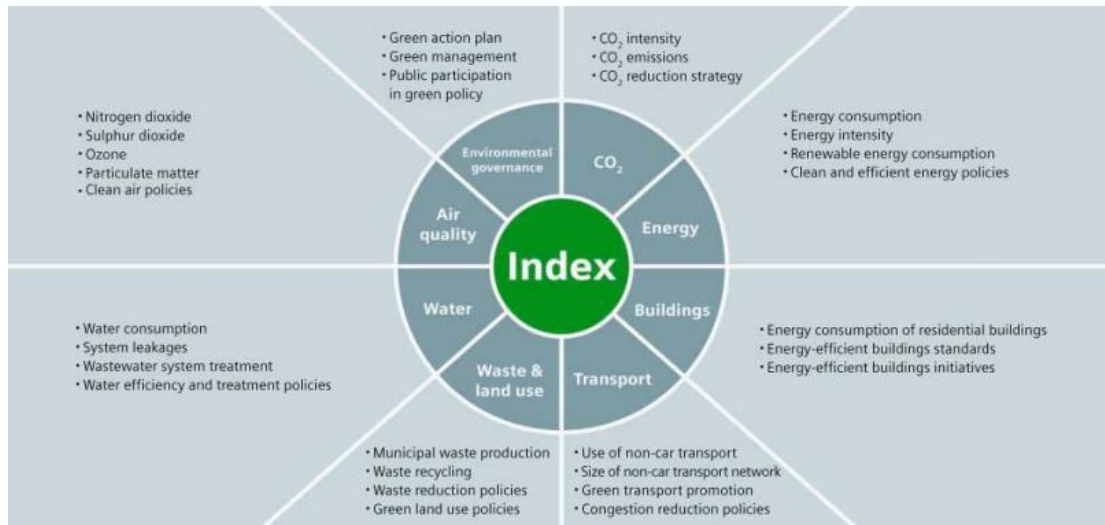
No.	Indicator
I.3.1	Percentage of renewable energy sources in the primary energy production
I.3.2	Percentage of renewable energy sources in the electrical energy production
I.3.3	Indicators of intensity of emitted CO <sub>2</sub>
I.3.3.1	Emitted CO <sub>2</sub> per GDP
I.3.3.2	Emitted CO <sub>2</sub> per Gross Domestic Energy Consumption
I.3.3.3	Emitted CO <sub>2</sub> per capita
I.3.3.4	Emitted CO <sub>2</sub> per electricity and steam production
I.3.4	Application of Kyoto Protocol

Εικόνα 8: Προτεινόμενοι δείκτες για ανάπτυξη ενεργειακής πολιτικής

#### 2.4.2.2 European Green City Index 2009

Μία από τις πρώτες και βασικότερες έρευνες που διενεργήθηκαν σχετικά με τους δείκτες αφορά τον Ευρωπαϊκό Δείκτη Πράσινων Πόλεων που αναπτύχθηκε από την Οικονομική Μονάδα Πληροφοριών (EIU) και τη Siemens το 2009. Αποτελεί μία σύγκριση 30 μεγάλων ευρωπαϊκών πόλεων από ισάριθμες χώρες ως προς την περιβαλλοντική τους απόδοση και πολιτική. Στόχος είναι να έχει τη δυνατότητα ο κάθε ενδιαφερόμενος να δει τη σύγκριση της

πόλης του με τις υπόλοιπες. Ο συνολικός δείκτης, όπως φαίνεται αναλυτικά στην Εικόνα 9, αποτελείται από 8 κατηγορίες και 30 υποδείκτες εκ των οποίων οι 16 είναι ποσοτικοί και μετράνε πώς αποδίδει περιβαλλοντικά στην πράξη η πόλη ενώ οι άλλοι 14 είναι ποιοτικοί και αξιολογούν τους περιβαλλοντικούς στόχους των πόλεων.



Εικόνα 9: Κατηγορίες και Δείκτες European Green City Index

Η συνολική κατάταξη των πόλεων αλλά και η επιμέρους κατάταξη σε κάθε κατηγορία αποτυπώνονται στον ακόλουθο πίνακα:

Overall	CO <sub>2</sub>	Energy	Buildings	Transport	Water	Waste and land use	Air quality	Environmental governance	
City	Score	City	Score	City	Score	City	Score	City	Score
1 Copenhagen 82,31	1 Oslo 8,58	1 Oslo 8,31	1 Berlin 9,44	1 Stockholm 8,81	1 Amsterdam 9,21	1 Amsterdam 6,98	1 Vilnius 9,37	1 Brussels 10,00	
2 Stockholm 86,65	2 Stockholm 8,99	2 Copenhagen 8,69	2 Stockholm 9,44	2 Amsterdam 8,44	2 Vienna 9,13	2 Zurich 8,82	2 Stockholm 9,35	2 Stockholm 10,00	
3 Oslo 83,98	3 Zurich 8,48	3 Vienna 7,76	3 Oslo 9,22	3 Copenhagen 8,29	3 Berlin 9,12	3 Helsinki 8,69	3 Helsinki 8,84	3 Helsinki 10,00	
4 Vienna 83,34	4 Copenhagen 8,35	4 Stockholm 7,81	4 Copenhagen 9,37	4 Vienna 8,80	4 Brussels 9,05	4 Berlin 8,63	4 Dublin 8,82	4 Stockholm 10,00	
5 Amsterdam 83,03	5 Brussels 8,32	5 Amsterdam 7,08	5 Helsinki 9,11	5 Oslo 7,92	5 Copenhagen 8,88	5 Vienna 8,60	5 Copenhagen 8,43	5 Oslo 9,67	
6 Zurich 82,31	6 Paris 7,81	6 Zurich 6,92	6 Amsterdam 9,01	6 Zurich 7,83	6 Zurich 8,88	6 Oslo 8,23	6 Tallinn 8,30	6 Warsaw 9,67	
7 Helsinki 79,29	7 Rome 7,57	7 Rome 6,40	7 Paris 8,96	7 Brussels 7,49	7 Madrid 8,59	7 Copenhagen 8,05	7 Paris 8,28	7 Paris 9,44	
8 Berlin 79,01	8 Vienna 7,53	8 Brussels 6,19	8 Vienna 8,62	8 Bratislava 7,16	8 London 8,58	8 Stockholm 7,99	8 Berlin 7,86	8 Vienna 9,44	
9 Brussels 76,01	9 Madrid 7,51	9 Lisbon 5,73	9 Zurich 8,83	9 Helsinki 7,08	9 Paris 8,55	9 Vilnius 7,81	9 Zurich 7,93	9 Berlin 9,33	
10 Paris 73,21	10 London 7,34	10 London 5,64	10 London 7,86	10 Budapest 6,64	10 Prague 8,39	10 Brussels 7,26	10 Vienna 7,59	10 Amsterdam 9,11	
11 London 71,56	11 Helsinki 7,30	11 Istanbul 5,55	11 London 7,34	11 Tallinn 6,64	11 Helsinki 7,92	11 London 7,16	11 Amsterdam 7,48	11 Zurich 8,78	
12 Madrid 67,08	12 Amsterdam 7,10	12 Madrid 5,52	12 Brussels 7,14	12 Berlin 6,60	12 Tallinn 7,90	12 Paris 6,72	12 London 7,44	12 Lisbon 8,22	
13 Vilnius 62,77	13 Berlin 6,79	13 Berlin 5,48	13 Vilnius 6,91	13 Ljubljana 6,17	13 Vilnius 7,71	13 Dublin 6,88	13 Paris 7,14	13 Budapest 8,00	
14 Rome 62,58	14 Ljubljana 6,67	14 Warsaw 5,29	14 Sofia 6,25	14 Riga 6,16	14 Bratislava 7,65	14 Prague 6,30	14 Ljubljana 7,03	14 Madrid 8,00	
15 Riga 59,57	15 Riga 5,55	15 Athens 4,94	15 Rome 6,16	15 Madrid 6,01	15 Athens 7,26	15 Budapest 6,27	15 Oslo 7,00	15 Ljubljana 7,67	
16 Warsaw 59,04	16 Istanbul 4,86	16 Paris 4,66	16 Warsaw 5,99	16 London 5,55	16 Dublin 7,14	16 Tallinn 6,15	16 Brussels 6,95	16 London 7,87	
17 Budapest 57,05	17 Athens 4,85	17 Belgrade 4,65	17 Madrid 5,88	17 Athens 5,48	16 Stockholm 7,14	17 Rome 5,96	17 Rome 6,56	17 Vilnius 7,33	
18 Lisbon 57,25	17 Budapest 4,85	18 Dublin 4,55	18 Riga 5,43	18 Rome 5,31	18 Budapest 6,97	18 Ljubljana 5,95	18 Madrid 6,52	18 Tallinn 7,31	
19 Ljubljana 56,39	19 Dublin 4,77	19 Helsinki 4,49	19 Ljubljana 5,20	19 Kiev 5,29	19 Rome 6,88	19 Madrid 5,85	19 Warsaw 6,45	19 Riga 6,56	
20 Bratislava 56,09	20 Warsaw 4,65	20 Zagreb 4,34	20 Budapest 5,01	19 Paris 5,29	20 Oslo 6,85	20 Riga 5,72	20 Prague 6,37	20 Bratislava 6,22	
21 Dublin 53,98	21 Bratislava 4,54	21 Bratislava 4,39	21 Bucharest 4,79	19 Ljubljana 5,29	21 Riga 6,42	21 Bratislava 5,68	21 Bratislava 5,96	21 Istanbul 5,64	
22 Athens 53,09	22 Lisbon 4,05	22 Riga 3,53	22 Athens 4,36	19 Zagreb 5,29	22 Kiev 5,96	22 Lisbon 5,34	22 Budapest 5,85	21 Dublin 5,44	
23 Tallinn 52,98	23 Vilnius 3,91	23 Bucharest 3,42	23 Bratislava 3,54	23 Istanbul 5,12	23 Istanbul 5,59	23 Athens 5,33	23 Istanbul 5,56	23 Kiev 5,22	
24 Prague 49,78	24 Bucharest 3,65	24 Prague 3,26	24 Dublin 3,39	24 Warsaw 5,11	24 Lisbon 5,42	24 Warsaw 5,17	24 Lisbon 4,93	23 Rome 5,22	
25 Istanbul 45,20	25 Prague 3,44	25 Budapest 2,83	25 Zagreb 3,29	25 Lisbon 4,73	25 Warsaw 4,90	25 Istanbul 4,86	25 Athens 4,82	25 Belgrade 4,67	
26 Zagreb 42,36	26 Tallinn 3,40	26 Vilnius 2,39	26 Prague 3,14	26 Prague 4,71	26 Zagreb 4,43	26 Belgrade 4,30	26 Zagreb 4,74	26 Zagreb 4,56	
27 Belgrade 40,03	27 Zagreb 3,20	27 Ljubljana 2,23	27 Belgrade 2,89	27 Sofia 4,62	27 Ljubljana 4,19	27 Zagreb 4,04	27 Bucharest 4,54	27 Prague 4,22	
28 Bucharest 39,14	28 Belgrade 3,15	28 Sofia 2,16	28 Istanbul 1,51	28 Bucharest 4,55	28 Bucharest 4,07	28 Bucharest 3,62	28 Belgrade 4,48	28 Sofia 3,89	
29 Sofia 36,85	29 Sofia 2,95	29 Tallinn 1,70	29 Tallinn 1,06	29 Belgrade 3,98	29 Belgrade 3,90	29 Sofia 3,32	29 Sofia 4,45	29 Istanbul 3,11	
30 Kiev 32,33	30 Kiev 2,49	30 Kiev 1,50	30 Kiev 0,00	30 Dublin 2,89	30 Sofia 1,83	30 Kiev 1,43	30 Kiev 3,97	30 Bucharest 2,67	

Πίνακας 1: Κατάταξη των πόλεων με βάση τον Smart City Index

Από τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα αξίζει να αναφέρουμε ότι η Κοπεγχάγη είναι στην κορυφή του πράσινου δείκτη, το Όσλο έχει την καλύτερη απόδοση στον ενεργειακό τομέα και στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, ενώ το Άμστερνταμ υπερέχει στη διαχείριση υδάτινων πόρων και αποβλήτων, το Βερολίνο και η Στοκχόλμη ηγούνται του κτιριακού τομέα, Η Στοκχόλμη είναι κορυφαία στις μεταφορές, ενώ Βρυξέλες, Κοπεγχάγη, Ελσίνκι και Στοκχόλμη κυριαρχούν στην κατηγορία της περιβαλλοντικής διακυβέρνησης. Παρατηρείται επίσης ότι 9 από τις 10 κορυφαίες πόλεις της κατάταξης ανήκουν στις πιο εύπορες από τις δοθείσες πόλεις, γεγονός που αποδεικνύει την ισχυρή, θετική συσχέτιση μεταξύ πλούτου και ενεργειακής απόδοσης.

Η έρευνα, έπειτα, συνοψίζει ορισμένες τάσεις που παρατηρούνται από τους δείκτες των πόλεων. Αρχικά, παρατηρείται ότι οι πόλεις της Δυτικής Ευρώπης βρίσκονται στην κορυφή του δείκτη επειδή, εκτός των άλλων ήταν νωρίτερα συνειδητοποιημένες σε περιβαλλοντικά ζητήματα και διέθεταν τους οικονομικούς πόρους που τους επέτρεπαν να αφιερωθούν σε πράσινες προσπάθειες. Από την άλλη, οι πόλεις της Ανατολικής Ευρώπης παρουσιάζουν προκλήσεις ιστορικής κληρονομιάς όπως μαζικές κατοικίες και βιομηχανική ρύπανση ενώ ταυτόχρονα υπάρχει μεγάλη σύγκρουση μεταξύ των προσδοκιών των πολιτών και των πράσινων στόχων της πολιτείας.

#### 2.4.2.3 Integrated Sustainability Monitoring

Η συγκεκριμένη έρευνα ([133]), πραγματοποιήθηκε με τη συνεργασία της Γενικής Διεύθυνσης Περιβάλλοντος, της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος και το κέντρο χωρικών πληροφοριών και ανάλυσης (ETC/SIA). Στόχος είναι η διερεύνηση της βιώσιμης απόδοσης μεταξύ πόλεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης και η ανίχνευση πιθανών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των τριών πτυχών της βιωσιμότητας: οικονομίας, οικολογίας και κοινωνικό-πολιτισμικών θεμάτων μίας πόλης. Κάθε πτυχή απαρτίζεται από θεματολογίες, όπως το έδαφος, ο αέρας, η εκπαίδευση, η υγεία, η εργασία και οι υποδομές. Κάθε θεματολογία αποτελείται από μία πληθώρα δεικτών. Μέσω ερωτηματολογίου και με τη βοήθεια πηγών όπως την Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία, το Ευρωπαϊκό Δίκτυο Παρακολούθησης για την εδαφική ανάπτυξη και συνοχή (ESPON) και τις ιστοσελίδες των πόλεων, συγκεντρώθηκαν δεδομένα για 87 δείκτες οι οποίοι παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω.

Capital	Stock	Number of indicators	Indicators	
Ecological	Soil and groundwater	2	Chemical status groundwater, Nitrogen input on soil	
	Drinking water and sanitation	3	Public water supply consumption, Household consumption, People connected to secondary or better wastewater treatment	
	Surface water	4	Soil sealing, Ecological status, Chemical status, Increased flood risk due to heavy rainfall	
	Air	8	Concentrations of NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , PM <sub>10</sub> and PM <sub>2.5</sub> ; Annual emissions per capita of NO <sub>x</sub> , VOC and PM <sub>2.5</sub> ; Perception of seriousness of air pollution	
	Nuisance and emergencies	7	Road -, Rail- and Airport-noise (Lden) >55dB and >65dB, Perception noise annoyance	
	Nature and landscape	5	Urban green area, Urban blue area, Forest, Urban sprawl, Biodiversity	
	Energy and climate	3	Annual total and traffic GHG emissions in CO <sub>2</sub> eq. per capita, Emission reduction target 2010-2020	
	Resources and waste	3	Annual municipal solid waste generated per capita, Landfilling, Incineration	
	Social-cultural	Economic participation	2	Long term unemployment rate, At-risk-of-poverty rate
		Political participation	4	Turnout municipal, national and European elections, Political trust
Social participation		2	Perception foreigners are good for society, Perception everyone can be trusted	
Health		6	Mortality rate, Hospital beds, Availability General Practitioners, Life expectancy, Satisfaction with Doctors, - Hospitals	
Arts and culture		2	Museum visitors, Theatres	
Safety		4	Homicide, Burglary, Fatalities traffic, Perception of safety	
Residential environment		5	Net migration, Rental price, Satisfaction with living in this city,-ease of finding good house for reasonable price, and -sport facilities	
Education		4	Youth unemployment, Early leavers from education, Secondary education, Satisfaction schools	
Economic		Labor	4	Employment rate, Unemployment rate, Employment function, Aging labor force
		Economic structure	6	Disposable income, Birth of businesses, Death of businesses, GDP/capita PPS, Employment growth, Tourism
	Capital goods	2	R&D intensity, Labor productivity	
	Infrastructure and accessibility	8	Broadband access, Length of cycle lanes, Vehicle transport through fast lanes, Rail network, Congestion motorways and - other roads, Distance to airport, Capacity airport	
	Knowledge	3	High (tertiary) education, Employment in science & technology, Creative sector employment	

Πίνακας 2: Σύνοψη των 19 κατηγοριών και των 87 δεικτών που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα των 58 πόλεων.

Ο συνολικός δείκτης βιωσιμότητας και οι δείκτες για κάθε πτυχή ξεχωριστά φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

City	Total sustainability score (0-100%)	Ecological capital score	Socio-cultural capital score	Economic capital score
Amsterdam	58	56	61	58
Antwerp	53	46	58	54
Barcelona	44	39	43	51
Bologna	47	47	49	46
Bordeaux	51	52	57	43
Brasov	43	58	46	25
Bremen	53	51	57	51
Bristol	46	47	46	45
Brussels	48	45	47	53
Bydgoszcz	42	52	46	28
Cluj-Napoca	44	52	49	30
Copenhagen	60	56	64	59
Dublin	50	48	48	53
Espoo	61	66	64	52
Essen	54	50	60	52
Frankfurt	57	52	57	62
Freiburg	56	58	58	50
Gent	50	43	56	49
Glasgow	50	48	53	49
Hamburg	55	50	59	56
Hannover	53	53	55	50
Helsinki	60	60	64	56
Kaunas	42	48	41	36
Larissa	36	47	37	25
Lisbon	43	43	44	41
Ljubljana	52	56	54	47
Lódz	40	44	47	28
Magdeburg	49	53	53	41
Malmö	54	55	59	47

City	Total sustainability score (0-100%)	Ecological capital score	Socio-cultural capital score	Economic capital score
Munich	62	54	69	63
Munster	54	50	64	48
Murcia	41	49	42	33
Nantes	51	50	61	43
Newcastle	48	46	56	43
Nijmegen	56	55	64	50
Nuremberg	55	55	57	54
Pamplona	51	52	56	46
Pitesti	39	61	32	24
Prague	53	47	59	54
Reggio Emilia	47	42	51	47
Riga	42	52	40	33
Rome	42	43	38	47
Rotterdam	50	45	54	51
Sabadell	43	43	39	46
Santander	48	52	53	39
Sevilla	44	50	42	39
Stockholm	62	58	70	59
Stoke-on-Trent	45	48	52	35
Tampere	59	63	64	49
Thessaloniki	33	38	29	31
Torino	47	47	47	46
Torun	41	46	47	28
Tours	52	54	57	46
Umea	55	60	61	43
Valencia	42	41	42	41
Vienna	58	60	58	58
Vitoria_Gasteiz	53	52	56	50
Zaragoza	45	52	41	42

Πίνακας 3: Η συνολική και επιμέρους απόδοση των πόλεων με βάση το δείκτη που αναπτύχθηκε.

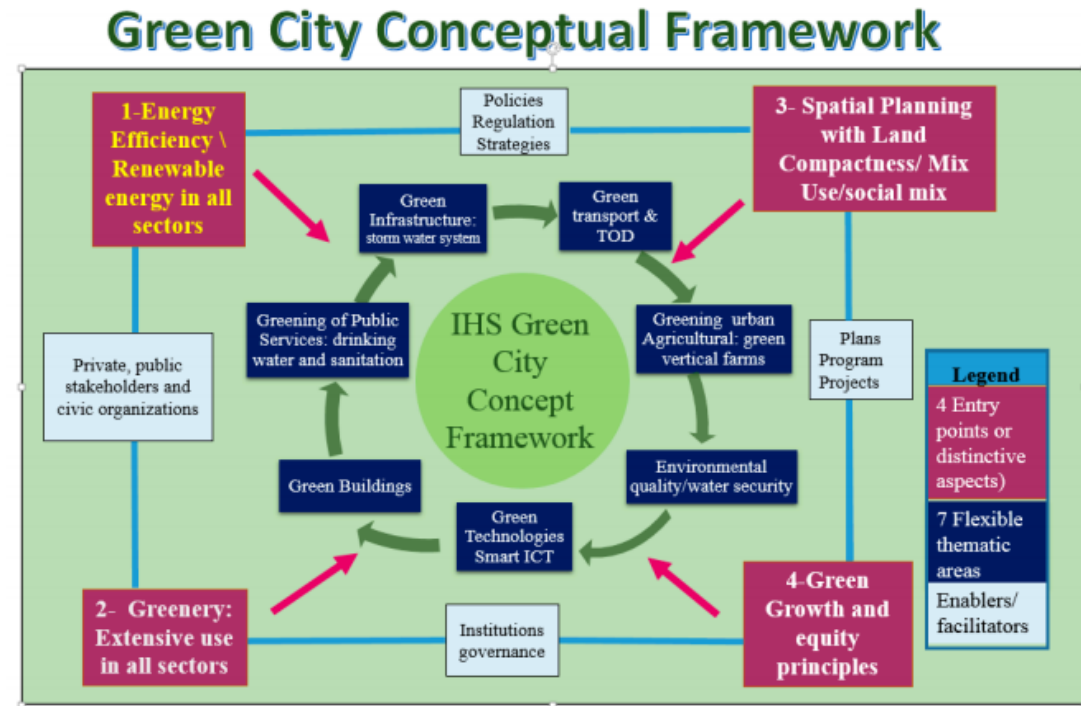
Σημαντική παρατήρηση είναι ότι οι πόλεις Σκανδιναβικών χωρών είναι πρώτες στον τομέα της οικολογίας μαζί με την Αυστρία και τη Ρουμανία. Οι πόλεις με τη χαμηλότερη βαθμολογία στην κατηγορία αυτή ανήκουν σε Μεσογειακές χώρες και σε Πολωνία, Ολλανδία και Βέλγιο, χώρες με έντονη βιομηχανική δραστηριότητα.

Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι η συνολική βαθμολογία της βιωσιμότητας τείνει να είναι υψηλότερη στις βορειοδυτικές πόλεις και χαμηλότερη στις νοτιοανατολικές πόλεις.

#### 2.4.2.4 Green City Conceptual Framework

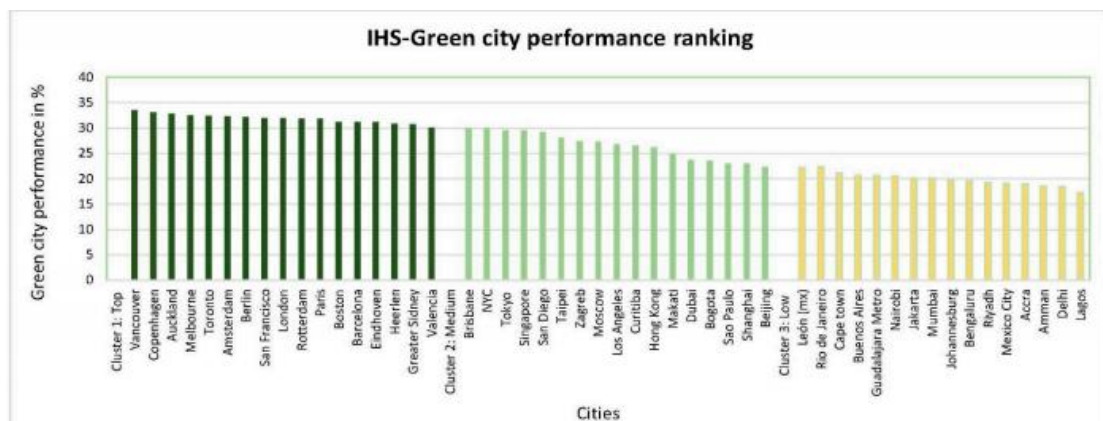
Το [134] παρουσιάζει ένα εννοιολογικό πλαίσιο πράσινης πόλης (IHS-GCCF) και μια εναρμονισμένη μέθοδο για τη μέτρηση της απόδοσης της πράσινης πόλης με την πάροδο του χρόνου (GGCPI). Το τελικό εργαλείο ονομάζεται παγκόσμιος δείκτης πράσινης απόδοσης της πόλης (IHS-GGCPI) και αποτελείται από 25 επιμέρους δείκτες στις τρεις βασικές κατηγορίες: κοινωνία, οικονομία και περιβάλλον. Υποστηρίζεται ότι με τη χρήση των παραπάνω μπορεί να μετρηθεί η πράσινη απόδοση, να τεθούν στόχοι και να ανιχνευτούν επιτεύγματα. Δείχνει, ακόμα, πως το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) επηρεάζει θετικά την πράσινη απόδοση μίας πόλης σε αντίθεση με τον πληθυσμό που επηρεάζει αρνητικά. Επίσης, αποδεικνύει ότι η υγιεινή, η ποιότητα του αέρα, το νερό και οι μεταφορές παίζουν το βασικότερο ρόλο στην κατάταξη των χωρών. Οι δείκτες προσαρμόζονταν και άλλαξαν συνεχώς ενώ κάποιοι αποσύρθηκαν είτε λόγω έλλειψης δεδομένων είτε λόγω ασάφειας ως προς τον ορισμό τους. Οι τελικοί 25 δείκτες χωρίστηκαν σε 8 κατηγορίες (1 κοινωνικό-οικονομική και 7 περιβαλλοντικές) και 10 ειδικοί, μέλη του ακαδημαϊκού χώρου όρισαν τα βάρη των

παραμέτρων που απάρτιζαν κάθε μία από αυτές. Υπολογίστηκε έπειτα η μέση βαρύτητα η οποία χρησιμοποιήθηκε στον υπολογισμό των 8 δεικτών.



Εικόνα 10: Σύνοψη παρουσίαση οργάνωσης κατηγοριών και μεθόδου ανάπτυξης δείκτη.

Συλλέχθηκαν δεδομένα από 50 πόλεις για τους 25 τελικούς δείκτες τα οποία στη συνέχεια κανονικοποιήθηκαν σε κλίμακα 1-5 ώστε να είναι συγκρίσιμα και να μπορεί να υπολογιστεί το συνολικό άθροισμα δεικτών για κάθε πόλη. Το 1 υποδεικνύει ότι η πόλη είναι αρκετά κάτω από το μέσο όρο, το 2 κάτω από το μέσο όρο, το 3 κοντά στο μέσο όρο, το 4 πάνω από το μέσο όρο ενώ το 5 αρκετά πάνω από το μέσο όρο. Τελικά, μία πόλη με σκορ 5, είναι καλύτερη από το 80% των πόλεων που μελετήθηκαν. Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης Pearson ώστε να ανιχνευθούν οι δείκτες και οι τομείς με τη μεγαλύτερη επίδραση στην πράσινη απόδοση των πόλεων.



Εικόνα 11: Επίδοση και κατάταξη πόλεων με βάση το Green City Conceptual Framework..

Τα αποτελέσματα της μελέτης (Εικόνα 11) έδειξαν ότι το Βανκούβερ ηγείται της συνολικής βαθμολογίας ακολουθούμενο από την Κοπεγχάγη και το Ωκλαντ. Μεταξύ των 10 κορυφαίων



πράσινων πόλεων βρίσκονται πέντε ευρωπαϊκές, η Κοπεγχάγη, το Βερολίνο, το Άμστερνταμ, το Λονδίνο και το Ρότερνταμ. Πολύ καλή κατάταξη έχουν ακόμα το Παρίσι και η Βαρκελώνη, που σε συνδυασμό και με τις προηγούμενες πόλεις καταλαμβάνουν πολύ συχνά τις κορυφαίες θέσεις βιωσιμότητας και περιβαλλοντικής απόδοσης.

#### 2.4.2.5 Sustainable Energy Indexes

Στόχος της έρευνας [135] είναι η παρουσίαση αποτελεσματικών, νέων δεικτών σχετικά με τους βιώσιμους στόχους ανάπτυξης έτσι ώστε να ανιχνευτούν τα προβλήματα βιωσιμότητας που αντιμετωπίζουν οι 12 υπό μελέτη χώρες και να εντοπιστούν τα αδύνατα σημεία της πολιτικής που ακολουθούν. Οι βασικοί δείκτες-κατηγορίες περιλαμβάνουν τα ορυκτά καύσιμα, την ανανεώσιμη ενέργεια, τις μεταφορές, τη χρήση και απώλεια ενέργειας, την πρόσβαση των κατοίκων στην ενέργεια, τα ατυχήματα και τη διακυβέρνηση. Σε κάθε κατηγορία κατατάχθηκαν οι υπόλοιποι υποδείκτες και κατόπιν επεξεργασίας έμειναν οι εξής:

Selected indicators after correlation and normalization step.	
Group of indicators	Sub-indicator formula
Environmental impact	CO <sub>2</sub> /TPES
	CO <sub>2</sub> /Population
	CO <sub>2</sub> /GDP
Renewable energy	Amount of renewable energy in electricity production/Total Energy production from renewable energy
	TFC Renewable energy consumption in Residential/Total Energy production from renewable energy
	TFC Renewable energy consumption in Commercial/Total Energy production from renewable energy
Transport	TFC of Fuel fossils use in transport/Total TFC in transport
	TFC of Electricity in transport/Total TFC in transport
Use of energy	Loss/TPES
	TFC/GDP
Resource access to energy	Total fossil fuel production/Total Energy production
	Renewable energy production/Total Energy production
Resilient & safety	Access to electricity
	Renewable internal freshwater resources, per capita
	Electricity consumption/population
Policy	GNI coefficient

Πίνακας 4: Παρουσίαση κατηγοριών δεικτών και υποδεικτών που χρησιμοποιήθηκαν.

Έπειτα, συμπληρώθηκαν οι τιμές τους από τα δεδομένα των 12 χωρών. Με χρήση του τύπου:

$$X_m = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

λαμβάνουμε τις κανονικοποιημένες τιμές των δεικτών οι οποίες φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Sub-indicators data after normalization.

Indicator	New Zealand	Austria	Iran	Denmark	Poland	Peru	France	Romania	Turkey	Tunisia	Jordan	Slovakia
CO <sub>2</sub> /POP	0.783	0.922	0.879	0.681	1	0	0.455	0.301	0.441	0.107	0.147	0.642
CO <sub>2</sub> /GDP	0.072	0.053	1	0	0.392	0.16	0.009	0.233	0.196	0.392	0.64	0.179
CO <sub>2</sub> /TPES	0.139	0.401	0.617	0.46	1	0.527	0.01	0.543	0.734	0.617	0.844	0
AREE/TEPR	0.356	0.471	0.741	0.433	0.221	0.477	0.359	0.387	0.453	0.042	0.296	0.368
TFCRER/TEPR	0.002	0.014	0.001	0.003	0.007	0.004	0.004	0.001	0.108	0.041	0.47	0.003
TFCREC/TEPR	0.006	0.005	0.001	0.001	0.001	0.003	0.001	0.003	0	0.002	0.13	0.001
TFCFT/TFCT	0.998	0.906	0.999	0.934	0.96	0.957	0.907	0.939	0.992	0.996	1	0.921
TFCET/TFCT	0.001	0.031	0.001	0.008	0.015	0.001	0.021	0.015	0.003	0.003	0	0.021
LE/TPES	0.013	0.018	0.012	0.048	0.015	0.019	0.018	0.033	0.022	0.023	0.019	0.02
TFC/GDP	0.104	0.023	1	0.04	0.133	0.152	0.045	0.143	0.026	0.141	0	0.063
TREP/TEP	0.531	0.855	0.004	0.257	0.146	0.185	0.194	0.248	0.486	0.195	0.757	0.275
TFFP/TEP	0.467	0.143	0.991	0.742	0.853	0.814	0.007	0.633	0.513	0.792	0.242	0.115
AE	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
RIFR	1	0.088	0.022	0.014	0.018	0.73	0.041	0.028	0.039	0.004	0	0.031
ELC/POP	1	0.965	0.24	0.635	0.388	0	0.806	0.176	0.234	0.014	0.062	0.526
GNI	0.361	0.305	0.388	0.285	0.321	0.443	0.323	0.275	0.412	0.358	0.337	0.261
GDP/POP	0.603	0.776	0.052	1	0.207	0.052	0.672	0.121	0.19	0.017	0	0.276

Πίνακας 5: Επίδοση πόλεων σε κάθε επιμέρους υποδείκτη.

Για κάθε υποδείκτη, εφαρμόστηκε ανάλυση συσχέτισης. Για τον καθορισμό της βαρύτητας των υποδεικτών κάθε κατηγορίας, έγινε σύγκρισή τους για να αποφασιστεί ποιος είναι ο σημαντικότερος για την κατηγορία. Η σύγκρισή αυτή αποτελεί και τη συμβουλή των συγγραφέων για την άσκηση της πολιτικής από μέρους των χωρών. Στόχο πρέπει να αποτελεί η ελαχιστοποίηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, η κατανάλωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η πρόσβαση σε ηλεκτρική ενέργεια για μείωση των καυσαερίων στις μεταφορές, η ισορροπία στο είδος ενέργειας που καταναλώνεται, ο σωστός σχεδιασμός για την κατανάλωση ενέργειας, η πρόσβαση σε ηλεκτρική ενέργεια και καθαρό νερό και η χάραξη αντίστοιχα κατάλληλης πολιτικής. Με βάση τις παραπάνω προτεραιότητες, προέκυψαν συγκεντρωτικά οι δείκτες για κάθε χώρα και κάθε μία από τις 7 κατηγορίες:

The obtained number only for selected indicators after normalization stage and using one formula.

Country	Indicator						
	Environmental impact	Renewable energy	Transport	Use of energy	Resource of energy	Resiliency	Policy
New Zealand	0.636	0.121	0.001	0.697	0.532	1	0.621
Austria	0.509	0.163	0.062	0.657	0.856	0.684	0.735
Iran	0.116	0.247	0.001	0.751	0.007	0.421	0.332
Denmark	0.588	0.146	0.044	0.546	0.258	0.55	0.858
Poland	0.163	0.076	0.027	0.509	0.147	0.469	0.443
Peru	0.736	0.161	0.028	0.377	0.186	0.243	0.304
France	0.81	0.121	0.061	0.613	0.594	0.616	0.675
Romania	0.605	0.13	0.04	0.438	0.308	0.401	0.423
Turkey	0.507	0.187	0.005	0.421	0.487	0.425	0.389
Tunisia	0.588	0.028	0.002	0.388	0.202	0.339	0.33
Jordan	0.411	0.299	0	0.358	0.758	0.354	0.332
Slovakia	0.691	0.124	0.052	0.528	0.58	0.519	0.507

Πίνακας 6: Επίδοση πόλεων σε κάθε κατηγορία δεικτών.

#### 2.4.2.6 Smart City Index 2020

Ο δείκτης έξυπνων πόλεων που παρουσιάζεται στο [136], αξιολογεί την αντίληψη των κατοίκων πάνω σε δομικές και τεχνολογικές εφαρμογές στις πόλεις τους. Στην έρευνα αυτή λαμβάνονται υπόψη οι απόψεις 120 κατοίκων από κάθε μία από τις 109 προς κατάταξη πόλεις. Η έρευνα έχει δύο βασικούς πυλώνες, την άποψη των κατοίκων επί της υπάρχουσας υποδομής των πόλεων και τη γνώμη τους επί των τεχνολογικών διατάξεων και των υπηρεσιών που τους παρέχονται. Κάθε πυλώνας αξιολογείται με βάση πέντε κατηγορίες-κλειδιά: υγεία και

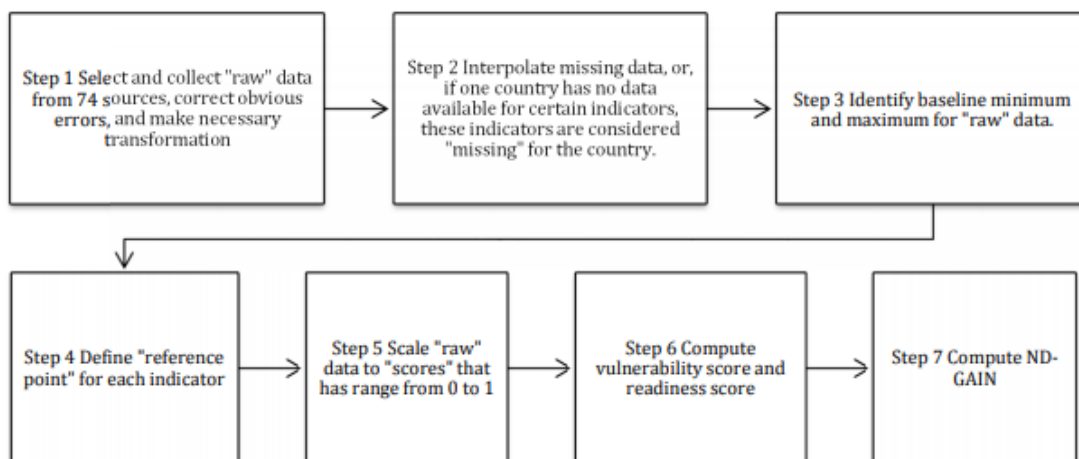
ασφάλεια, κινητικότητα, δραστηριότητες, ευκαιρίες και διακυβέρνηση. Οι πόλεις κατατάσσονται αρχικά σε τέσσερις ομάδες βάσει του δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης του ΟΗΕ (HDI). Σε κάθε μία από τις ομάδες, δίνεται σε κάθε πόλη μία κλίμακα βαθμολογίας AAA-D με βάση τα αποτελέσματα «αντίληψης» των πολιτών της και σε σύγκριση με τις βαθμολογίες όλων των πόλεων της ίδιας ομάδας. Για την πρώτη ομάδα, δίνεται κλίμακα AAA-AA-A-BBB-BB, για τη δεύτερη A-BBB-BB-B-CCC, για την τρίτη BB-B-CCC-CC-C και για την τέταρτη CCC-CC-C-D. Τελικά προκύπτουν δύο κατατάξεις: μία συνολική με αρίθμηση από το 1 μέχρι το 109 και μία ανά ομάδα πόλεων. Οι πρώτες δέκα θέσεις καταλαμβάνονται από Σιγκαπούρη, Ελσίνκι, Ζυρίχη, Όσλο, Κοπεγχάγη, Γενεύη, Ταϊπέι, Άμστερνταμ και Νέα Υόρκη, με τη δεκάδα των Ευρωπαϊκών πόλεων να συμπληρώνεται με Μόναχο, Ντίσελντορφ, Λονδίνο και Στοκχόλμη (Πίνακας 7).

City	Smart City Rank 2020
Singapore	1
Helsinki	2
Zurich	3
Auckland	4
Oslo	5
Copenhagen	6
Geneva	7
Taipei City	8
Amsterdam	9
New York	10

Πίνακας 7: Κατάταξη πόλεων με βάση το Smart City Index 2020

#### 2.4.2.7 University of Notre Dame Global Adaptation Index

Ο δείκτης της συγκεκριμένης έρευνας (ND-GAIN, [137]) δείχνει πόσο ευάλωτη είναι η πόλη σε κλιματικές διαταραχές καθώς και τη, ετοιμότητα της πόλης να αξιοποιήσει επενδύσεις ιδιωτικού και δημοσίου τομέα για τη λήψη δράσεων προσαρμογής. Απαρτίζεται από 74 μεταβλητές που συγκροτούν 45 κύριους δείκτες οι οποίοι μετρώνε τρωτότητα (36) και ετοιμότητα (9) σε 182 και 184 χώρες των Ηνωμένων Εθνών αντίστοιχα από το 1995 μέχρι το 2015. Με τη χρήση του δείκτη, επιτυγχάνεται η κατάταξη των χωρών και διευκολύνεται η λήψη αποφάσεων σχετικά με τη χρήση των κεφαλαίων και τη χάραξη πολιτικής. Η τρωτότητα μετράται σε έξι βασικούς τομείς: φαγητό, νερό, υγεία, οικοσύστημα, συνήθειες και υποδομές ενώ η ετοιμότητα σε τρεις βασικούς τομείς: οικονομία, διακυβέρνηση και κοινωνία. Χρησιμοποιούνται δείκτες στους οποίους μπορεί να εντοπιστεί στο μέλλον μεταβολή λόγω εφαρμογής μίας συγκεκριμένης πολιτικής. Στην Εικόνα 12, φαίνεται μία συνοπτική περιγραφή των βημάτων για τη δημιουργία του ND-GAIN.



Εικόνα 12: Βήματα για τη δημιουργία του ND-GAIN.

Να σημειωθεί ότι στο Βήμα 6, ο υπολογισμός γίνεται με χρήση αριθμητικού μέσου των επιμέρους παραμέτρων, αφού αυτές έχουν κανονικοποιηθεί στο 0-1 και με εφαρμογή ίσων συντελεστών βαρύτητας.

Με χρήση των δεικτών που προκύπτουν και με βάση των ορισμό μέγιστων και ελάχιστων τιμών για κάθε επιμέρους κατηγορία, υπολογίζεται η ενδιάμεση βαθμολογία για κάθε χώρα και για το σύνολο των χρόνων. Οι τιμές αυτές αναπαρίστανται στο διάγραμμα που φαίνεται στην Εικόνα 6 και το οποίο χρησιμοποιείται για τη σύγκριση των χωρών και την πορεία τους στην πάροδο των χρόνων.



Εικόνα 13: ND-GAIN Matrix

### 2.4.2.8 World Energy Trilemma Index 2019

Ο δείκτης αυτός παρέχει μία αξιολόγηση της απόδοσης του ενεργειακού συστήματος μίας χώρας πάνω σε τρεις διαστάσεις. Δημιουργήθηκε με σκοπό την υποστήριξη του διαλόγου για τη βελτίωση της ενεργειακής πολιτικής και της επίτευξης βιωσιμότητας παρέχοντας στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων πληροφορίες για την απόδοση της χώρας τους σε ενεργειακά ζητήματα. Η κατάταξη μίας χώρας σε υψηλή θέση με βάση τη χρήση δεικτών μπορεί να δώσει το έναυσμα για συζήτηση επί της αποτελεσματικότητας της πολιτικής. Ο δείκτης εφαρμόστηκε σε 128 χώρες και σχετίζεται με την ικανότητά τους να δημιουργήσουν ένα ασφαλές, προσιτό και περιβαλλοντικά βιώσιμο ενεργειακό σύστημα. Σε κάθε χώρα δίνεται ένας βαθμός τριών γραμμμάτων που δείχνει την τάση του ενεργειακού συστήματός της. Επισημαίνεται από τους συγγραφείς ότι, πέρα από τη συνολική κατάταξη, η επιμέρους επίδοση σε κάθε διάσταση δίνει χρήσιμες πληροφορίες για πιθανούς τρόπους βελτίωσης μίας χώρας.

Οι τρεις διαστάσεις του δείκτη είναι η ενεργειακή ασφάλεια, ενεργειακή δικαιοσύνη και περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Συνολικά εμπεριέχονται 32 ποσοτικοί δείκτες. Οι ετήσιες βαθμολογίες υπολογίζονται σε κλίμακα 0-100, ύστερα εφαρμόζονται κατάλληλοι συντελεστές βαρύτητας και τέλος μετατρέπονται σε βαθμολογίες τριών γραμμμάτων. Μία σημαντική παρατήρηση είναι ότι οι χώρες που λαμβάνουν την κορυφαία βαθμολογία 'AAA', είναι χώρες με σταθερές οικονομίες και αυστηρά καθορισμένους στόχους ενεργειακής πολιτικής.

Στην Εικόνα 14 φαίνονται τα αποτελέσματα στις διαστάσεις αλλά και στο συνολικό δείκτη.



Εικόνα 14: Αποτελέσματα Trilemma Index 2019

### 2.4.2.9 Urban Climate Change Integration Index

Ο συγκεκριμένος δείκτης ([138]) έχει σκοπό να αξιολογήσει το επίπεδο ενσωμάτωσης των στόχων της πολιτικής μετριασμού και της προσαρμογής σε αστικές περιοχές καθώς και να προσδιοριστούν συνεργασίες και οφέλη. Με τον τρόπο αυτό εντοπίζεται και η ανάγκη τροποποίησης του σχεδίου για τη αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής για κάθε τοπική διακυβέρνηση. Οι δείκτες χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες με βάση τα στάδια σχεδιασμού: Εντοπισμός και Κατανόηση, Οραματισμός και Σχεδιασμός, Εφαρμογή και Παρακολούθηση. Κάθε μία κατηγορία περιέχει μεταβλητές μετριασμού, προσαρμογής, ολοκληρωμένου μετριασμού και ολοκληρωμένης προσαρμογής. Οι περισσότερες από τις 25 μεταβλητές παίρνουν την τιμή 1 ή 0 ανάλογα με το αν η πόλη έχει εφαρμόσει κάτι ή όχι. Άλλες μεταβλητές που έχουν και ενδιάμεσο στάδιο μεταξύ του «ναι» και του «όχι» βαθμολογούνται σε κλίμακα [0, 2]. Ο δείκτης εφαρμόστηκε σε 147 ευρωπαϊκές πόλεις οι οποίες στη συνέχεια χωρίστηκαν σε 3 κατηγορίες ανάλογα με τη συνολική τιμή του δείκτη που υπολογίστηκε: «Πρώιμο στάδιο», «Ενδιάμεσο», «Προχωρημένο». Οι περισσότερες πόλεις κατατάχθηκαν στο ενδιάμεσο στάδιο ενώ οι λιγότερες στο προχωρημένο. Οι κορυφαίες πόλεις ανήκουν στην Αγγλία και στην Γαλλία, γεγονός αναμενόμενο κατά τους συγγραφείς καθώς από τις 147 υπό μελέτη πόλεις οι 130 ανήκουν στις δύο προαναφερθείσες χώρες. Αντιλαμβανόμενοι το γεγονός αυτό, οι συγγραφείς μελετάνε ξεχωριστά τις δύο αυτές χώρες. Επισημαίνεται ότι η επίδραση των εθνικών πολιτικών στις τοπικές δράσεις μπορεί να εξηγήσει σε ένα βαθμό τις υψηλές τιμές δεικτών σε Αγγλία και Γαλλία, όπου οι εθνικοί κανονισμοί επηρεάζουν τις εξελίξεις στο σχεδιασμό των αστικών περιοχών.

Η ανάλυση αυτού του δείκτη υποδεικνύει τα εμπόδια στο σχεδιασμό και την εφαρμογή μίας ολοκληρωμένης προσέγγισης μετριασμού και προσαρμογής. Οι χαμηλές βαθμολογίες εξηγούνται σε μεγάλο βαθμό από την έλλειψη τεχνικών ικανοτήτων, συντονισμού μεταξύ των επιπέδων διακυβέρνησης και ευαισθητοποίησης στα κλιματικά ζητήματα. Η λύση έγκειται σε μία top down ανάλυση σε ένα μεγάλο αριθμό πόλεων και η αύξηση των ερευνών και των αναλύσεων σε τοπικό επίπεδο περιπτώσεων προσαρμογής και μετριασμού.

### 2.4.3 Συγκεντρωτικός Πίνακας Αναφορών

Ακολουθεί ένας συγκεντρωτικός πίνακας των αναφορών που παρουσιάστηκαν παραπάνω.

Πίνακας 8: Συγκεντρωτικός Πίνακας Αναφορών

Index Name	Goal	Sectors	Indicators	Samples	Top Rankings	Comments
<b>European Green City Index 2009</b>	Δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ πόλεων	8 CO2 Ενέργεια Αέρας Διακυβέρνηση Απόβλητα Μεταφορές Κτίρια	30	30 Ευρωπαϊκές πόλεις	Κοπεγχάγη Στοκχόλμη Όσλο Βιέννη Άμστερνταμ Ζυρίχη Ελσίνκι Βερολίνο Βρυξέλλες Παρίσι	- Ισχυρή συσχέτιση πλούτου και πράσινων πόλεων - Πόλεις Δυτικής Ευρώπης στην κορυφή - Πόλεις Ανατολικής Ευρώπης χαμηλά
<b>Integrated Sustainability Monitoring [133]</b>	Βιώσιμη απόδοση πόλεων της Ε.Ε και ανίχνευση αλληλεπιδράσεων μεταξύ οικονομίας, οικολογίας και κοινωνικό-πολιτισμικών θεμάτων	3 Οικονομία Οικολογία Κοινωνία-Πολιτισμός  19 Κατηγορίες	87	58 Ευρωπαϊκές πόλεις	Στοκχόλμη - Μόναχο Εσπού Ελσίνκι - Κοπεγχάγη Τάμπερε Άμστερνταμ - Βιέννη Φρανκφούρτη Ναϊμέγκεν	- Πόλεις Σκανδιναβικών Χωρών είναι στην κορυφή όλων των κατηγοριών - Υψηλότερη βαθμολογία βιωσιμότητας στις βορειοδυτικές πόλεις, χαμηλότερο στις νοτιοανατολικές

<b>Green City Conceptual Framework [134]</b>	Μέτρηση Πράσινης απόδοσης πόλεων, καθορισμός στόχων και ανίχνευση επιτευγμάτων	3 Κοινωνία Οικονομία Περιβάλλον	25	50 πόλεις	Βανκούβερ Κοπεγχάγη Ωκλαντ Μελβούρνη Τορόντο Βερολίνο Σαν Φρανσίσκο Άμστερνταμ Λονδίνο Ρότερνταμ.	- Μεταξύ των 10 κορυφαίων πράσινων πόλεων βρίσκονται πέντε ευρωπαϊκές (Ακολουθούν κοντά Παρίσι και Βαρκελώνη) - ΑΕΠ επηρεάζει θετικά - Πληθυσμός επηρεάζει αρνητικά - Υγιεινή, ποιότητα του αέρα, νερό και μεταφορές βασικότεροι τομείς
<b>Sustainable Energy Indexes [135]</b>	Αποτελεσματικοί, νέοι δείκτες βιωσιμότητας για τον εντοπισμό προβλημάτων των πόλεων και αναγνώριση των αδυναμιών της πολιτικής που ακολουθούν	7 Περιβάλλον Ανανεώσιμη Ενέργεια Μεταφορές Χρήση Ενέργειας Πρόσβαση σε πόρους Ανθεκτικότητα-Ασφάλεια Πολιτική	17	12 χώρες	-	- Να δοθεί έμφαση σε δημόσια συγκοινωνία, κατάλληλη αξιοποίηση των πόρων, βελτίωση ενεργειακών υποδομών, ενεργειακή πρόσβαση σε αγροτικές περιοχές, χρήση τεχνολογίας για βελτιστοποίηση κατανάλωσης και πρόληψη απωλειών ενέργειας
<b>Smart City Index [136]</b>	Αξιολόγηση αντίληψης κατοίκων πάνω σε δομικές και τεχνολογικές εφαρμογές στις πόλεις τους	5 Υγεία και Ασφάλεια Κινητικότητα Δραστηριότητες Ευκαιρίες Διακυβέρνηση	15	109 πόλεις	Σιγκαπούρη Ελσίνκι Ζυρίχη Ωκλαντ Όσλο Κοπεγχάγη Γενεύη Ταϊπέι Άμστερνταμ Νέα Υόρκη	-
<b>World Energy Trilemma Index 2019</b>	Αξιολόγηση απόδοσης του ενεργειακού συστήματος μίας χώρας	3 Ενεργειακή Ασφάλεια Ενεργειακή Δικαιοσύνη Βιωσιμότητα	32	128 χώρες	Ελβετία Σουηδία Δανία Ηνωμένο-Βασίλειο Φιλανδία Γαλλία Αυστρία Λουξεμβούργο Γερμανία Νέα Ζηλανδία	- Οι κορυφαίες χώρες είναι χώρες με σταθερές οικονομίες και αυστηρά καθορισμένους στόχους ενεργειακής πολιτικής. - Μεγάλη βαρύτητα δίνεται στις επιμέρους τιμές πέρα από τη συνολική κατάταξη στη λήψη αποφάσεων για τη χάραξη στρατηγικής - Δείκτης πιο σημαντικός για σύγκριση μεταξύ πολιτικών παρά για την εξέλιξη κάθε χώρας σε βάθος χρόνου
<b>Urban Climate Change Integration Index [138]</b>	Αξιολόγηση το επίπεδου ενσωμάτωσης στόχων της πολιτικής μετριασμού και προσαρμογής σε αστικές περιοχές	3 Εντοπισμός-Κατανόηση Οραματισμός-Σχεδιασμός Εφαρμογή-Παρακολούθηση	25	147 Ευρωπαϊκές πόλεις	Σαουθάμπτον Νταντί Κόβεντρι Φρέιγους Ανμάς Νίκαια Μπεζιέ Λίνκολν Μαρτίγκκ Χέιστινγκς	- Προβλήματα λόγω έλλειψης τεχνικών ικανοτήτων, χρηματοδότησης, συντονισμού διακυβέρνησης - Λύση: top down ανάλυση, μελέτες σε τοπικό επίπεδο και ευαισθητοποίηση σε κλιματικά ζητήματα

#### 2.4.4 Παρατηρήσεις επί των Δημοσιεύσεων

Κοινό συμπέρασμα όλων των δημοσιεύσεων είναι ότι στις υψηλότερες θέσεις της κατάταξης βρίσκονται πόλεις που ανήκουν σε χώρες με υψηλό ΑΕΠ οι οποίες έχουν τη δυνατότητα να επενδύσουν σε μέτρα αντιμετώπισης ενεργειακών και κλιματικών προβλημάτων. Όσον αφορά στην Ευρώπη, κορυφαίες είναι οι πόλεις της Βορειοδυτικής Ευρώπης και ιδιαίτερα οι Σκανδιναβικές είναι πάντα παρούσες στην κορυφή των κατατάξεων.

Μία ακόμα σημαντική παρατήρηση είναι το γεγονός ότι καμία έρευνα δεν τεκμηριώνει αναλυτικά και επιστημονικά την μεθοδολογία δημιουργίας των δεικτών. Άλλες δεν αναφέρονται καν στη δημιουργία παρά μόνο περιληπτικά, μία βάζει τις πόλεις να αποφασίσουν τους συντελεστές βαρύτητας των δεικτών, ένα συγγραφέας βάζει την ομάδα του να αξιολογήσει τη κρισιμότητα των δεικτών και μία άλλη προσθέτει για κάθε μεταβλητή τιμές στο  $[0, 1]$  ή στο  $[0,2]$  χωρίς να αιτιολογεί για ποιο λόγο επιλέχθηκαν οι τιμές αυτές.

Με βάση τα παραπάνω, η μεθοδολογία της παρούσας εργασίας καλείται να καλύψει σε ένα βαθμό το κενό που υπάρχει στη μαζική αξιολόγηση Ευρωπαϊκών πόλεων με σκοπό την παροχή εξατομικευμένων συμβουλών για τη χάραξη πολιτικής στον τομέα της κλιματικής αλλαγής.



## Κεφάλαιο 3: Μεθοδολογία

Το ICLEI, γνωστό και ως τοπικές κυβερνήσεις για την αειφορία, είναι ένας διεθνής, μη κυβερνητικός οργανισμός που προωθεί την αειφόρο ανάπτυξη. Στόχος του είναι η παροχή συμβουλών σε τοπικές κυβερνήσεις για την επίτευξη στόχων αειφορίας. Το 2020, πάνω από 1750 πόλεις, κομητείες και ενώσεις προερχόμενες από 126 διαφορετικές χώρες είναι μέρος του δικτύου του ICLEI. Με βάση τους στόχους, το ICLEI φαίνεται να είναι ο κατάλληλος οργανισμός για την παροχή δεδομένων στην προσπάθεια της εργασίας για επίλυση του τρέχοντος προβλήματος. Τα δεδομένα του ICLEI έρχονται στη μορφή ερωτηματολογίου το οποίο περιλαμβάνει πληροφορία σχετιζόμενη με ενεργειακά ζητήματα σε επίπεδο τοπικών κυβερνήσεων. Επομένως, αν και η προσέγγιση της ενεργειακής πολιτικής σε επίπεδο κτιρίων δεν ήταν εφικτή, η προσέγγιση σε επίπεδο τοπικών κυβερνήσεων είναι.

### 3.1 Περιγραφή και Ανάλυση Δεδομένων

Το πρώτο βήμα σχετικά με το ερωτηματολόγιο και το σύνολο δεδομένων (dataset) που προέκυψε από αυτό, ήταν η προσεκτική μελέτη του. Το ερωτηματολόγιο του ICLEI αποτελείται από 164 ερωτήσεις χωρισμένες σε 15 κατηγορίες ανάλογα με την θεματική ενότητα στην οποία απευθύνονται. Οι ενότητες αυτές είναι οι:

- Εισαγωγή
- Διακυβέρνηση και Διαχείριση Δεδομένων
- Κλιματικοί Κίνδυνοι και Τρωτότητα
- Προσαρμογή
- Εκπομπές Ρύπων σε Επίπεδο Πόλεων
- Μείωση Εκπομπών
- Ευκαιρίες
- Εκπομπές Ρύπων της Τοπικής Διακυβέρνησης
- Ενέργεια
- Κτίρια
- Μεταφορές
- Πολεοδομικός Σχεδιασμός
- Τρόφιμα
- Απόβλητα
- Ασφάλεια και Διαχείριση Υδάτων

Στο σύνολο των δεδομένων πάνω στο οποίο βασίστηκε η εργασία εμπεριέχονται οι απαντήσεις 160 ευρωπαϊκών τοπικών κυβερνήσεων στο ερωτηματολόγιο του ICLEI για το έτος 2020.

Οι ερωτήσεις είναι είτε πολλαπλής επιλογής είτε ανοικτού τύπου. Στην πρώτη περίπτωση οι απαντήσεις είναι αλφαριθμητικές και προέρχονται από ένα περιορισμένο σύνολο δυνατών απαντήσεων ενώ στη δεύτερη είναι είτε αριθμητικές είτε αλφαριθμητικές. Στην ανάλυση που ακολουθεί, έχει αποφευχθεί η χρήση στοιχείων από ερωτήσεις ανοικτού τύπου που απαιτούσαν γραπτή, εκτενή απάντηση και δίνεται έμφαση τόσο στις αριθμητικές απαντήσεις όσο και στις απαντήσεις στις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής. Παρατηρείται, άλλωστε, ότι οι ερωτηθέντες τείνουν να απαντάνε σε μεγαλύτερο ποσοστό ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής.

Κάθε μία από τις 160 ερωτήσεις μπορεί να έχει ένα ή περισσότερα υποερωτήματα προς συμπλήρωση. Τα υποερωτήματα μπορούν να περιγραφούν σαν πολλαπλές στήλες ενός πίνακα. Επίσης, κάθε τοπική κυβέρνηση έχει τη δυνατότητα υποβολής πολλαπλών απαντήσεων σε μία συγκεκριμένη ερώτηση. Οι πολλαπλές απαντήσεις μπορούν να περιγραφούν σαν ξεχωριστές γραμμές ενός πίνακα. Επομένως, κάθε γραμμή του συνόλου δεδομένων δείχνει μία απάντηση μίας τοπικής κυβέρνησης σε ένα συγκεκριμένο υποερώτημα μίας ερώτησης. Ο χειρισμός αυτής

της ιδιόμορφης δομής των δεδομένων γίνεται με τη χρήση των χαρακτηριστικών «Αριθμός Ερώτησης»-«Κείμενο Ερώτησης», «Αριθμός Στήλης»/ «Κείμενο Στήλης» και «Αριθμός Γραμμής» που χαρακτηρίζουν κάθε σειρά του πίνακα. Ο αριθμός της ερώτησης είναι της μορφής X.Y, όπου X ο αριθμός της κατηγορίας στην οποία ανήκει η ερώτηση και Y ο αριθμός της ερώτησης. Αντίστοιχα, το «Κείμενο Ερώτησης» δίνει σε μορφή κειμένου το ακριβές περιεχόμενο της ερώτησης. Το χαρακτηριστικό «Αριθμός Στήλης» δείχνει τον αριθμό του υποερωτήματος της συγκεκριμένης ερώτησης όπως περιεγράφηκε νωρίτερα και το «Κείμενο Στήλης» τον τίτλο του υπό συζήτηση υποερωτήματος. Τέλος, ο «Αριθμός Γραμμής» δείχνει ποια από τις -ενδεχομένως πολλαπλές- απαντήσεις της συγκεκριμένης τοπικής κυβέρνησης μελετάμε στο συγκεκριμένο υποερώτημα μίας ερώτησης.

### 3.2 Μηχανική Μάθηση

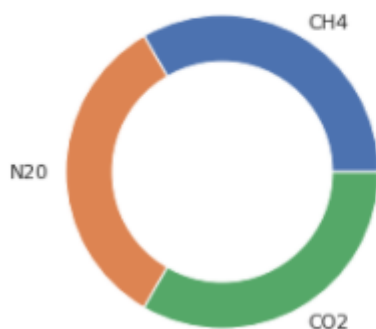
Μετά από τις πρώτες δοκιμές, φάνηκε ότι τα δεδομένα δεν ήταν ούτε κατάλληλα, ούτε επαρκή για να προκύψει κάποια εφαρμογή μηχανικής μάθησης. Δοκιμάστηκε αρχικά η πρόβλεψη του τρόπου αντιμετώπισης ενός κλιματικού κινδύνου μέσω του πειραματισμού με διάφορες παραμέτρους. Τα μοντέλα που δοκιμάστηκαν ήταν τα Uniform, Most Frequent, Stratified, Gaussian Naive Bayes, KNN, MLP και SVM. Η επίτευξη υψηλής ακρίβειας δεν ήταν εφικτή καθώς δεν υπήρχε κάποιο σταθερό πρότυπο στη λήψη αυτής της απόφασης και το πλήθος των δεδομένων ήταν μικρό. Μία ακόμα δοκιμή έγινε για την πρόβλεψη του τομέα που θα επηρεαζόταν από την εφαρμογή μίας δράσης προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, αλλά κι αυτή δεν επέφερε κάποιο ικανοποιητικό αποτέλεσμα. Λόγω της ανεπάρκειας των δεδομένων αλλά και της χαμηλής ποιότητάς τους που σχετίζεται με το μεγάλο αριθμό αναπάντητων ερωτήσεων, δεν ήταν αποτελεσματική ούτε η προσπάθεια εφαρμογής του αλγορίθμου ομαδοποίησης K-μέσων (k-means clustering) με σκοπό τον χωρισμό των τοπικών κυβερνήσεων σε K κατηγορίες ανάλογα με τις απαντήσεις που έδωσαν. Προκειμένου να βρεθεί κάποια εφαρμογή που να είναι δόκιμη, πρώτος στόχος ήταν η εξοικείωση με τις απαντήσεις του ερωτηματολογίου και η εύρεση πιθανών συνδέσεων μεταξύ των ερωτήσεων.

### 3.3 Οπτικοποίηση δεδομένων και εξόρυξη γνώσης

Η εφαρμογή μικρών περιπτώσεων ήταν η πρώτη προσέγγιση του ερωτηματολογίου. Ξεκινώντας με απλά σενάρια και οπτικοποιώντας τις απαντήσεις, επιτεύχθηκε η εξοικείωση με τη δομή του συνόλου δεδομένων. Παραδείγματα τέτοιων σεναρίων είναι τα ακόλουθα για κάποια εκ των οποίων παρατίθεται και το αποτέλεσμα της εφαρμογής τους.

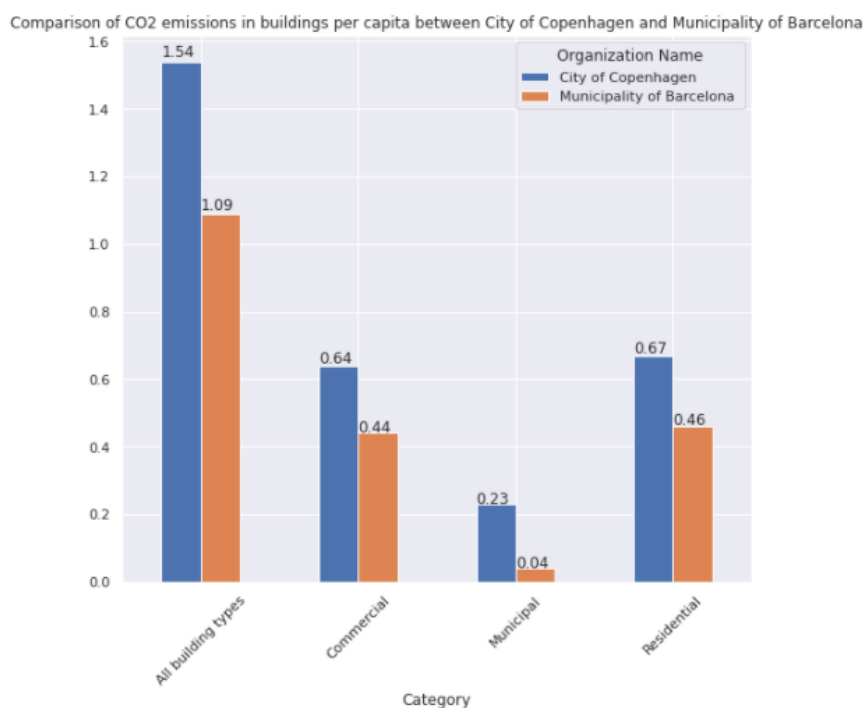
1. Τι σχέδια προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή υλοποίησε η τοπική κυβέρνηση και ποια χρονιά;
2. Τι πρωτόκολλο χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό αερίων διοξειδίου του άνθρακα σε επίπεδο τοπικής κυβέρνησης;
3. Τι αέρια εμπεριέχονται στο απόθεμα εκπομπών μίας πόλης;

There are 3 Gases included in City of Stockholm emissions inventory:



Εικόνα 15: Αποτελέσματα σεναρίου 3.

4. Πόσες εκπομπές αερίων καταγράφηκαν ανά κατηγορία σε μία συγκεκριμένη τοπική κυβέρνηση;
5. Ποια η κατανομή της ενέργειας που καταναλώνει μία τοπική κυβέρνηση;
6. Ποια η κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας ανά τύπο κτιρίου για μία τοπική κυβέρνηση;
7. Ποιες οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά είδος κτιρίων συγκριτικά για δύο τοπικές κυβερνήσεις;



Εικόνα 16: Αποτελέσματα σεναρίου 7.

8. Δίνεται μία τοπική κυβέρνηση και τα αέρια που περιέχει το απόθεμα εκπομπών της. Ποιες άλλες τοπικές κυβερνήσεις έχουν την ίδια σύνθεση αερίων στο αντίστοιχο δικό τους;
9. Για τους κλιματικούς κινδύνους που διατρέχει μία τοπική κυβέρνηση, ποια είναι η μέση συχνότητα εμφάνισης και ποιο το μέσο επίπεδο σπουδαιότητας των κινδύνων;
10. Δίνεται η μέση βαρύτητα και η μέση πιθανότητα εμφάνισης ενός κλιματικού κινδύνου. Προκειμένου να προτείνουμε λύσεις σε τοπικές κυβερνήσεις που βρίσκονται σε

αντίστοιχη κατάσταση, ποια είναι τα πλάνα και οι ενέργειες προσαρμογής τοπικών κυβερνήσεων με τα παραπάνω χαρακτηριστικά;  
*Έστω ότι αναζητούνται οι επείγουσες καταστάσεις, δηλαδή τοπικές κυβερνήσεις με μέση βαρύτητα και μέση πιθανότητα “High”.*

Organization Name	Current propability	Current Magnitude
Adana Metropolitan Municipality	High	High
City of York Council	High	High
Kadiköy Municipality	High	High
Municipality of Coruche	High	High
Municipality of Mafra	High	High
Municipality of Málaga	High	High
Municipality of Sintra	High	High
Riga City Council	High	High
Sandnes Municipality	High	High

Εικόνα 17: Αποτελέσματα σεναρίου 10.

*Για κάθε μία από αυτές, εκτυπώνονται τα πλάνα και τις δράσεις προσαρμογής που έχει λάβει με απώτερο σκοπό την αξιολόγησή τους και την πρόταση επιπλέον μέτρων.  
 Παράδειγμα εξόδου για μία από τις παραπάνω τοπικές κυβερνήσεις:*

Adaptation Plan	Year
Local Flood Risk Management Strategy	2015
Draft New Local Plan	2021

Εικόνα 19: Αποτελέσματα σεναρίου 10(1).

Organization Name	Climate Hazard	Adaptation Action
City of York Council	Flood and sea level rise > River flood	Public preparedness (including practice exercises/drills)
City of York Council	Flood and sea level rise > River flood	Restrict development in at risk areas

Εικόνα 18: Αποτελέσματα σεναρίου 10(2).

- Δίνεται ένα σύνολο τομέων. Προκειμένου να προσαρμοστούν οι τοπικές κυβερνήσεις, οι κλιματικοί κίνδυνοι ποιων τοπικών κυβερνήσεων επηρεάζουν τους δοθέντες τομείς;
- Έστω μία τοπική κυβέρνηση η οποία θέλει να μειώσει την πιθανότητα εμφάνισης ενός συγκεκριμένου κλιματικού κινδύνου από το επίπεδο X στο επίπεδο Y λαμβάνοντας τις κατάλληλες ενέργειες. Ποιες τοπικές κυβερνήσεις έχουν βάλει τον ίδιο στόχο, πότε προβλέπουν να τον πετύχουν και ποια δράση θα τους οδηγήσει στην επίτευξή του;
- Δίνεται μία λίστα τοπικών κυβερνήσεων. Ποιοι είναι οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την ικανότητα των τοπικών κυβερνήσεων αυτών να προσαρμοστούν στην κλιματική αλλαγή; Οι παράγοντες διευκολύνουν ή δυσκολεύουν την αντιμετώπισή της;
- Αναζητώντας τοπικές κυβερνήσεις που χρειάζονται χρηματοδότηση για την αντιμετώπιση κλιματικών κινδύνων, ποιων τοπικών κυβερνήσεων οι δράσεις βρίσκονται στο στάδιο Pre-Implementation;

Από τα παραπάνω, γίνεται αντιληπτό ότι υπάρχει πολλή αλλά αδόμητη πληροφορία την οποία διαφορετικοί ενδιαφερόμενοι θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν αν παρεχόταν σε μία ολοκληρωμένη μορφή. Πέρα από την απλή παράθεση και οπτικοποίησή της, η πληροφορία αυτή μπορεί, με την κατάλληλη αξιοποίηση, να δράσει σαν βάση για την δημιουργία μίας ενιαίας λύσης με σκοπό την αξιολόγηση των τοπικών κυβερνήσεων και την πρόταση λύσεων στα τρέχοντα ζητήματα.

### **3.4 Εξαγωγή Συμπερασμάτων**

Μία ιδέα στη δόμηση της πληροφορίας αποτέλεσε η προσπάθεια εξαγωγής συμπερασμάτων εντοπίζοντας σχέσεις μεταξύ απαντήσεων που έδινε μία συγκεκριμένη τοπική κυβέρνηση. Πρόκειται για μικρά σενάρια σαν αυτά που παρουσιάστηκαν προηγουμένως, με τη διαφορά ότι έμφαση δίνεται στη σύνδεση και στη σύγκριση των αποτελεσμάτων και όχι στην οπτικοποίησή τους. Το όλο σκεπτικό είναι να διαπιστωθεί αν οι τοπικές κυβερνήσεις που δίνουν μία κοινή απάντηση σε κάποια ερώτηση, δίνουν ίδια απάντηση και σε κάποια άλλη. Ή αν οι τοπικές κυβερνήσεις που ακολουθούν ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο, δράση, πλάνο ή πολιτική παρουσιάζουν και άλλες ομοιότητες ώστε να γίνει η σύνδεση αιτίας-αποτελέσματος μεταξύ τους. Έγιναν ορισμένες δοκιμές αλλά δε βρέθηκε κάποια αξιόλογη σχέση στο ερωτηματολόγιο. Παρακάτω παρουσιάζεται ένα ενδεικτικό παράδειγμα μιας τέτοιας προσπάθειας.

Έστω οι τοπικές κυβερνήσεις που δήλωσαν ότι παρατηρήθηκε μείωση μεταξύ του τρέχοντος αποθέματος εκπομπών αερίων τους και ενός παλαιότερου. Σε περίπτωση που η μείωση αυτή οφείλεται σε αλλαγή πολιτικής, γεννιέται το ερώτημα αν οι τοπικές κυβερνήσεις αυτές ακολούθησαν κάποιο κοινό πρωτόκολλο ή δράση που οδήγησε στη μείωση αυτή.

Αρχικά, βρέθηκαν οι τοπικές κυβερνήσεις που σημειώθηκε μείωση στο απόθεμά τους με την εφαρμογή μίας απλής συνθήκης. Καθώς μας ενδιαφέρει ο λόγος της μείωσης, γίνεται εφαρμογή μίας επιπλέον συνθήκης. Είτε πρέπει ο λόγος της μείωσης να οφείλεται σε αλλαγή πολιτικής είτε στο κείμενο της αιτιολόγησης πρέπει να περιλαμβάνεται μία λέξη-κλειδί που να αποδεικνύει την εφαρμογή πολιτικής για την κλιματική αλλαγή. Έτσι προκύπτουν οι τοπικές κυβερνήσεις που μας ενδιαφέρουν. Εκτυπώνοντας τα πλάνα προσαρμογής που έχει εφαρμόσει κάθε μία από αυτές, παρατηρήθηκε ότι πρόκειται για τοπικά πλάνα, μοναδικά για κάθε τοπική κυβέρνηση. Ελέγχοντας επίσης, αν για τους κοινούς κλιματικούς κινδύνους, οι κυβερνήσεις αυτές έχουν εφαρμόσει κοινή δράση προσαρμογής, διαπιστώνεται ότι δεν ισχύει κάτι τέτοιο. Τέλος, παρατηρείται ότι δεν έχει υιοθετηθεί από αυτές κάποιο κοινό πρωτεύον πρωτόκολλο, μεθοδολογία ή πρότυπο για τον υπολογισμό των εκπομπών του θερμοκηπίου. Επομένως, στάθηκε αδύνατος ο εντοπισμός κάποιας κοινής στρατηγικής μεταξύ των τοπικών κυβερνήσεων η οποία να δικαιολογεί την απάντησή τους για μείωση του αποθέματος εκπομπών αερίων λόγω πολιτικής.

### **3.5 Μετρικές**

#### **3.5.1 Ορισμός**

Καθώς το ερωτηματολόγιο περιέχει μεγάλο όγκο πληροφορίας, γίνεται αντιληπτό ότι σε μία πιο δομημένη μορφή, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί συμβουλευτικά προς άλλες τοπικές κυβερνήσεις ανεξάρτητα από το αν το έχουν συμπληρώσει. Αφορά τοπικές κυβερνήσεις που αντιμετωπίζουν κάποιο πρόβλημα και αναζητούν τη λύση εκείνη που τους ταιριάζει καλύτερα και είναι πιθανότερο να επιφέρει το βέλτιστο αποτέλεσμα ή αναρωτιούνται ποια πολιτική πρέπει να χαράξουν ανάλογα με το προφίλ τους και την μέχρι τώρα αντιμετώπισή τους σε περιβαλλοντικά ζητήματα. Το εύλογο ερώτημα που δημιουργείται είναι ποιας τοπικής κυβέρνησης το παράδειγμα πρέπει να ακολουθηθεί για να επιτευχθεί το ζητούμενο. Κάπως έτσι

γεννήθηκε η ιδέα των μετρικών οι οποίες δημιουργήθηκαν με βάση τις απαντήσεις που έδωσαν οι τοπικές κυβερνήσεις στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου. Εφόσον οι μετρικές αυτές είναι σχεδιασμένες να δείχνουν τον γενικό τρόπο αντιμετώπισης μίας τοπικής κυβέρνησης σε κλιματικά ζητήματα και θέματα πολιτικής, τοπικές κυβερνήσεις με κοντινές τιμές σε μία επιμέρους ή τη συνολική μετρική, παρουσιάζουν ομοιότητες στη χάραξη πολιτικής τους και έτσι, μπορούν να διευκολύνουν και να συμβουλέψουν η μία την άλλη σε αντίστοιχες τέτοιες περιπτώσεις.

Μία από τις μεγαλύτερες διαφορές της παρούσας εργασίας σε σχέση με τις περισσότερες από τις ήδη υπάρχουσες έρευνες που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 2, είναι ότι οι δείκτες είναι πλήρως προσαρμοσμένοι στον άμεσα ενδιαφερόμενο, το ICLEI, και υλοποιήθηκαν με βάση τις πληροφορίες που περιέχονται στο σύνολο δεδομένων που δόθηκε από εκείνον. Επίσης, παρουσιάζεται μία πληθώρα περιπτώσεων χρήσης της εν λόγω μεθοδολογίας μέσω του εργαλείου που αναπτύχθηκε πάνω σε αυτή και που αφορούν στην ενημέρωση, την ενίσχυση και τη βελτίωση μίας πόλης, ενός οργανισμού ή μίας επιτροπής.

Οι μετρικές είναι συνολικά 7 και αντιστοιχούν σε 7 διαφορετικές κατηγορίες: Εκπομπές Αερίων, Αντιμετώπιση Κλιματικών Κινδύνων, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Διαχείριση Υδάτων, Διαχείριση Αποβλήτων, Μεταφορές και Τοπική Διακυβέρνηση. Απαρτίζονται από συνολικά 40 δείκτες οι οποίοι αντιστοιχούν σε 40 επιλεγμένες ερωτήσεις. Για κάθε ερώτηση, η απάντηση της εκάστοτε τοπικής κυβέρνησης είναι αυτή που καθορίζει το πόσο θα συνεισφέρει στο δείκτη και κατ' επέκταση στη μετρική. Οι κατηγορίες αυτές χρησιμοποιούνται συχνά όπως φάνηκε στην βιβλιογραφική αναφορά που προηγήθηκε.

### 3.5.2 Περιγραφή Μετρικών

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά οι 7 μετρικές. Για κάθε μία από αυτές, παρατίθενται οι δείκτες που την απαρτίζουν, η ερώτηση στην οποία αντιστοιχούν και η συνεισφορά που έχουν σε αυτή ανάλογα με την απάντηση του συμμετέχοντα. Σε περίπτωση που η ερώτηση δεν είναι εφαρμόσιμη για την τοπική κυβέρνηση, ή είναι αναπάντητη, ή η απάντηση στην ερώτηση δεν είναι γνωστή η τοπική κυβέρνηση δεν σκοπεύει να υλοποιήσει κάτι, τότε ο δείκτης παίρνει την τιμή 0 καθώς σε κάθε περίπτωση είναι ένδειξη έλλειψης πληροφοριών ή άγνοιας του υπό συζήτηση αντικειμένου.

#### 3.5.2.1 Μετρική Εκπομπής Αερίων

1. Έχει η τοπική κυβέρνηση απόθεμα εκπομπών αερίων;
  - Ναι: +1
  - Σε εξέλιξη: +0.8
  - Πρόθεση για υλοποίηση στα επόμενα δύο χρόνια: +0.6
2. Τι περιοχή καλύπτει το απόθεμα εκπομπών;
  - Ευρύτερη – καλύπτει ολόκληρη την τοπική κυβέρνηση και τις γύρω περιοχές: +1
  - Ίδια – καλύπτει ολόκληρη την τοπική κυβέρνηση: +0.8
  - Μερική – καλύπτει μέρος της τοπικής κυβέρνησης και τις γύρω περιοχές: +0.5
  - Μικρότερη – καλύπτει μόνο μέρος της τοπικής κυβέρνησης: +0.25
3. Τι επίπεδο εμπιστοσύνης υπάρχει για το απόθεμα εκπομπών;
  - Υψηλό: +1
  - Μέτριο: +0.6
  - Χαμηλό: +0.3

*Σημείωση: στις περιπτώσεις κυβερνήσεων που έχουν δύο είδη αποθεμάτων, υπολογίζεται η μέση τιμή του δείκτη.*

4. Έχει η τοπική κυβέρνηση πλάνο πολιτικής για μέτρηση και μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε κάθε έναν από τους τομείς: Τρόφιμα, Κατασκευές, Μεταφορές, Ρουχισμός και Υφάσματα, Ηλεκτρονικά είδη, Αεροπορία;
  - Για κάθε τομέα στον οποίο η απάντηση είναι «Ναι»: +0.5
5. Γίνεται εξωτερική επαλήθευση ή έλεγχος όλων ή μέρους των δεδομένων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου;
  - Ναι: +1
  - Σε εξέλιξη: +0.8
  - Πρόθεση για υλοποίηση στα επόμενα δύο χρόνια: +0.6
6. Για κάθε πλάνο της τοπικής κυβέρνησης για τη μείωση των εκπομπών, ποιο είναι το ποσοστό-στόχος το οποίο έχει τεθεί και προβλέπεται να επιτευχθεί στο τέλος της εφαρμογής του;
  - Για τις τοπικές κυβερνήσεις με σταθερό επίπεδο στόχου: +1
  - Για τις υπόλοιπες τοπικές κυβερνήσεων:
    - Ποσοστό  $\in (0, 20)$ : +0.3
    - Ποσοστό  $\in [20, 40)$ : +0.5
    - Ποσοστό  $\in [40, 60)$ : +0.8
    - Ποσοστό  $\in [60, 80)$ : +1.2
    - Ποσοστό  $\in [80, 100)$ : +2
    - Ποσοστό  $\equiv 100$ : +2.5

*Σημείωση: Στις περιπτώσεις τοπικών κυβερνήσεων που έχουν πολλά πλάνα, ο δείκτης είναι το άθροισμα των δεικτών που προκύπτουν για καθένα από αυτά.*

7. Ο στόχος που έχει τεθεί για τις εκπομπές αερίων ευθυγραμμίζεται με το παγκόσμιο στόχο σταθεροποίησης της ανόδου της θερμοκρασίας μέχρι 1.5-2.0° C που ορίζεται στη συμφωνία των Παρισίων;
  - Ναι, 2.0° C: +2.5
  - Ναι, 1.5° C: +1.5

*Σημείωση: Στις περιπτώσεις τοπικών κυβερνήσεων που έχουν πολλά πλάνα, ο δείκτης είναι το άθροισμα των δεικτών που προκύπτουν για καθένα από αυτά.*

8. Τι μεταβολή παρατηρήθηκε στις εκπομπές αερίων σε σύγκριση με προηγούμενο απόθεμα εκπομπών.
  - Μείωση: +1
  - Μείωση λόγω αλλαγής στη χάραξη πολιτικής: +2
9. Πόσα σχέδια μετριασμού της κλιματικής αλλαγής ή πλάνα πρόσβασης στην ενέργεια για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου έχει η τοπική κυβέρνηση;
  - Για κάθε ένα: +0.5

### 3.5.2.2 Μετρική Αντιμετώπισης Κλιματικών Κινδύνων

1. Έχει γίνει αξιολόγηση των κλιματικών κινδύνων της τοπικής κυβέρνησης;
  - Ναι: +1
  - Σε εξέλιξη: +0.8
  - Πρόθεση για υλοποίηση στα επόμενα δύο χρόνια: +0.6
2. Έχουν εντοπιστεί ευπαθείς γεωγραφικές περιοχές;
  - Ναι: +1

3. Πόσοι παράγοντες που επηρεάζουν την ικανότητα προσαρμογής της τοπικής κυβέρνησης έχουν εντοπιστεί;
  - Για κάθε παράγοντα που εντόπισε η τοπική κυβέρνηση, +0.5

*Σημείωση: δεν έχει σημασία εάν ο παράγοντας διευκολύνει ή δυσκολεύει την τοπική κυβέρνηση. Έμφαση δίνεται στον εντοπισμό τους, ένδειξη της κινητοποίησης της τοπικής κυβέρνησης.*
4. Έχει γίνει αξιολόγηση κινδύνων σχετικά με παθήσεις στην υγεία που προκαλεί η κλιματική αλλαγή;
  - Ναι: +1
5. Πόσα μέτρα αντιμετώπισης έχουν ληφθεί ανά κλιματικό κίνδυνο;
  - $2.5 * \frac{\text{Adaptation Actions}}{\text{Climate Hazards}}$

*Σημείωση: Για κάθε τοπική κυβέρνηση μετριούνται πόσες δράσεις προσαρμογής έχουν υιοθετηθεί και πόσους κινδύνους αντιμετωπίζει. Ο δείκτης προκύπτει διαιρώντας τα δύο νούμερα και πολλαπλασιάζοντας με 2.5. Δεν είναι λογικό να τεθεί ο δείκτης ίσος με τον αριθμό των δράσεων καθώς υπάρχουν μεγάλες τοπικές κυβερνήσεις που αντιμετωπίζουν πολλούς κινδύνους και εκ των πραγμάτων έχουν εφαρμόσει πολλές δράσεις.*
6. Υπάρχει δημοσιευμένο πλάνο που στοχεύει στην προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή;
  - Ναι: +1
  - Σε εξέλιξη: +0.8
  - Πρόθεση για υλοποίηση στα επόμενα δύο χρόνια: +0.6
7. Εφαρμόζεται από την τοπική κυβέρνηση σύστημα παρακολούθησης και αξιολόγησης της εφαρμογής στόχων στα πλαίσια του πλάνου προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή;
  - Ναι: +1

### 3.5.2.3 Μετρική Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

1. Έχει η τοπική κυβέρνηση στόχους για την ανανεώσιμη ενέργεια;
  - Ναι: +1
  - Σε εξέλιξη: +0.8
  - Πρόθεση για υλοποίηση στα επόμενα δύο χρόνια: +0.6
2. Πόσους στόχους έχει η τοπική κυβέρνηση για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας;
  - Για κάθε στόχο: +0.5
3. Πόσο πρόκειται να αυξηθεί το ποσοστό επί της συνολικής ενέργειας, που καλύπτουν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, μεταξύ της χρονιάς εφαρμογής και της χρονιάς ολοκλήρωσης του πλάνου;
  - Ποσοστό  $\in (0, 20)$ : +0.5
  - Ποσοστό  $\in [20, 40)$ : +1
  - Ποσοστό  $\in [40, 60)$ : +1.5
  - Ποσοστό  $\in [60, 80)$ : +2.5
  - Ποσοστό  $\in [80, 100)$ : +3.5
4. Τι ποσοστό επί της συνολικής ενέργειας θα καλύπτει η ανανεώσιμη ενέργεια τη χρονιά-στόχο;
  - Ποσοστό  $\in (40, 60]$ : +1
  - Ποσοστό  $\in (60, 70]$ : +1.5
  - Ποσοστό  $\in (70, 80]$ : +2
  - Ποσοστό  $\in (80, 90]$ : +2.5
  - Ποσοστό  $\in (90, 100)$ : +3.5



- Ποσοστό  $\equiv 100$ : +5.5

*Σημείωση: Πέρα από την αύξηση του ποσοστού της ανανεώσιμης ενέργειας που θα προκαλέσει η εφαρμογή των πλάνων, η τοπική κυβέρνηση πρέπει να επιβραβεύεται και για το ποσοστό που στοχεύει να καλύπτει στο τέλος της περιόδου.*

5. Τι ποσοστό του μείγματος ηλεκτρικής ενέργειας είναι zero carbon;
  - Ποσοστό  $\in (0, 20]$ : +1
  - Ποσοστό  $\in (20, 40]$ : +1.5
  - Ποσοστό  $\in (40, 60]$ : +3
  - Ποσοστό  $\in (60, 70]$ : +4
  - Ποσοστό  $\in (70, 80]$ : +4.5
  - Ποσοστό  $\in (80, 90]$ : +5
  - Ποσοστό  $\in (90, 100]$ : +6

### 3.5.2.4 Μετρική Διαχείρισης Υδάτων

1. Τι ποσοστό των πολιτών εξυπηρετείται από υπηρεσία παροχής πόσιμου νερό;
  - Ποσοστό  $\in (0, 70]$ : +0
  - Ποσοστό  $\in (70, 80]$ : +0.4
  - Ποσοστό  $\in (80, 90]$ : +1.2
  - Ποσοστό  $\in (90, 95]$ : +2.3
  - Ποσοστό  $\in (95, 100)$ : +4
  - Ποσοστό  $\equiv 100$ : +5
2. Γνωρίζετε τωρινούς ή μελλοντικούς κινδύνους που θα επηρεάσουν την ασφάλεια των υδάτων;
  - Ναι: +1.5
3. Πόσα πλάνα προσαρμογής σχεδιάζει η τοπική κυβέρνηση για την αντιμετώπιση των κινδύνων που αντιμετωπίζει ως προς τον αριθμό των κινδύνων που διατρέχει;
  - $2.5 * \frac{\text{Adaptation Plans}}{\text{Water Risks}}$

*Σημείωση: Για κάθε τοπική κυβέρνηση μετρούνται πόσα πλάνα προσαρμογής έχει σχεδιάσει και πόσους κινδύνους σχετικούς με το νερό αντιμετωπίζει. Ο δείκτης προκύπτει διαιρώντας τα δύο νούμερα και πολλαπλασιάζοντας με 2.5. Δεν έχει νόημα να τεθεί ο δείκτης ίσος με τον αριθμό των δράσεων καθώς υπάρχουν μεγάλες τοπικές κυβερνήσεις που αντιμετωπίζουν πολλούς κινδύνους και εκ των πραγμάτων θα έχουν εφαρμόσει πολλές δράσεις.*

4. Διαθέτει η τοπική κυβέρνηση στρατηγική διαχείρισης υδάτινων πόρων;
  - Ναι: +1
  - Σε εξέλιξη: +0.8
  - Πρόθεση για υλοποίηση στα επόμενα δύο χρόνια: +0.6
5. Πότε εφαρμόστηκε ή θα εφαρμοστεί η στρατηγική διαχείρισης υδάτινων πόρων;
  - Χρονιά  $\in (1900, 2000]$ : +1.1
  - Χρονιά  $\in (2000, 2010]$ : +1.6
  - Χρονιά  $\in (2010, 2015]$ : +2
  - Χρονιά  $\in (2015, 2020]$ : +2.4
  - Χρονιά  $> 2020$ : +3

*Σημείωση: Αν μία τοπική κυβέρνηση έχει εφαρμόσει πολλά πλάνα, κρατείται η μέγιστη χρονολογία. Όσο πιο πρόσφατη η στρατηγική, τόσο πιο επικαιροποιημένη είναι.*

6. Περιλαμβάνεται πολιτική υγιεινής στη στρατηγική διαχείρισης υδάτινων πόρων;
- Ναι: +1

*Σημείωση: Αν μία τοπική κυβέρνηση έχει εφαρμόσει πολλές στρατηγικές, λαμβάνεται το άθροισμα των επιμέρους δεικτών.*

### 3.5.2.5 Μετρική Διαχείρισης Αποβλήτων

1. Πόσα είναι τα κατά κεφαλήν απόβλητα για την τοπική κυβέρνηση;

- Απόβλητα  $\in (0, 0.01)$ : +10
- Απόβλητα  $\in [0.01, 0.05)$ : +8
- Απόβλητα  $\in [0.05, 0.1)$ : +7
- Απόβλητα  $\in [0.1, 0.2)$ : +6
- Απόβλητα  $\in [0.2, 0.4)$ : +5
- Απόβλητα  $\in [0.4, 0.6)$ : +3
- Απόβλητα  $\in [0.6, 0.8)$ : +2
- Απόβλητα  $\in [0.8, 1)$ : +1
- Απόβλητα  $\in [1, 5)$ : +0.1
- Απόβλητα  $\in [5, 20)$ : -1
- Απόβλητα  $\in [20, 100)$ : -2
- Απόβλητα  $\geq 100$

*Σημείωση: Κρατούνται τα συνολικά απόβλητα για κάθε τοπική κυβέρνηση και αφού διαιρεθούν με το συνολικό πληθυσμό της προκύπτουν τα κατά κεφαλήν απόβλητα.*

2. Τι ποσοστό των στερεών αποβλήτων εκτρέπεται από την αποτέφρωση και την υγειονομική ταφή;

- $\frac{\text{Ποσοστό}}{10}$

*Σημείωση: Όσο μεγαλύτερο ποσοστό αποβλήτων εκτρέπεται από την αποτέφρωση και την υγειονομική ταφή, τόσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό που ανακυκλώνεται ή επαναχρησιμοποιείται με κάποιον τρόπο. Συνεπώς, όσο μεγαλύτερο το ποσοστό, τόσο πιο συνειδητοποιημένη είναι η τοπική κυβέρνηση πάνω στο ζήτημα.*

3. Η τοπική κυβέρνηση ακολουθεί κάποιον κανονισμό, πολιτική ή πρωτοβουλία από αυτά που παρατίθενται στο ερωτηματολόγιο;

- Για κάθε «Ναι»: +1

*Σημείωση: Όσο πιο πολλά έχει εφαρμόσει, τόσο μεγαλύτερη η συνολική τιμή του συγκεκριμένου δείκτη, αφού οι επιμέρους τιμές αθροίζονται.*

### 3.5.2.6 Μετρική Μεταφορών

1. Τι ποσοστό μεταφορών γίνονται με λεωφορείο, μετρό ή τρένο;

- $\frac{\text{Ποσοστό}}{8}$

2. Τι ποσοστό μεταφορών γίνονται με τα πόδια ή με ποδήλατο;

- $\frac{\text{Ποσοστό}}{5}$

*Σημείωση: Αυτή η κατηγορία προσδίδει παραπάνω απ' ό,τι η προηγούμενη καθώς είναι ακόμα πιο πράσινος τρόπος μεταφοράς.*

3. Υπάρχει low ή zero emissions zone στην τοπική κυβέρνηση;

- Ναι: +1
4. Πόσα σημεία επαναφόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων είναι διαθέσιμα;
    - Σημεία ∈ (0, 50): +3
    - Σημεία ∈ [50, 100): +3.3
    - Σημεία ∈ [100, 200): +3.6
    - Σημεία ∈ [200, 400): +3.9
    - Σημεία ∈ [400, 600): +4.2
    - Σημεία ∈ [600, 800): +4.5
    - Σημεία ∈ [800, 1000): +4.8
    - Σημεία ∈ [1000, 1500): +5.1
    - Σημεία ∈ [1500, 2000): +5.4
    - Σημεία ≥ 2000: +6
  5. Συγκεντρώνει η τοπική κυβέρνηση δεδομένα για Air Quality;
    - Ναι: +1.5

### 3.5.2.7 Μετρική Τοπικής Διακυβέρνησης

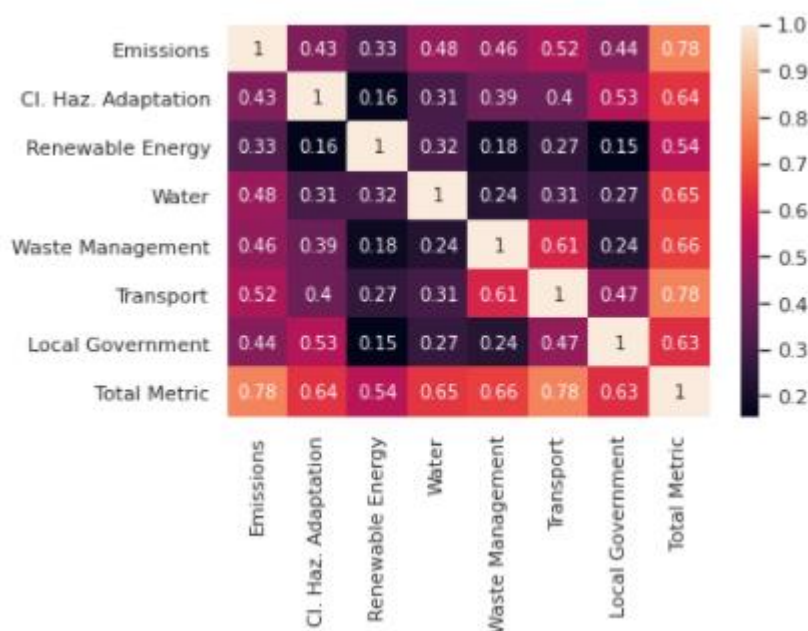
1. Ενσωματώνει η τοπική κυβέρνηση τους στόχους βιωσιμότητας στο κύριο πλάνο της;
  - Ναι: +1
  - Σε εξέλιξη: +0.8
  - Πρόθεση για υλοποίηση στα επόμενα δύο χρόνια: +0.6
2. Πόσοι στόχοι εμπεριέχονται στο κύριο πλάνο της τοπικής κυβέρνησης;
  - Για κάθε έναν: + 0.5
3. Έχει εντοπίσει η τοπική κυβέρνηση ευκαιρίες ως απόρροια της κλιματικής αλλαγής;
  - Ευκαιρίες = 1, 2: +1.2
  - Ευκαιρίες = 3, 4: + 2.1
  - Ευκαιρίες = 5, 6, 7: + 3
  - Ευκαιρίες = 8, 9, 10: +3.9
  - Ευκαιρίες = 11-15: +4.8
  - Ευκαιρίες = 15-20: +5.7
  - Ευκαιρίες > 20: + 6.6
4. Σε ποιους τομείς γίνεται συνεργασία της τοπικής κυβέρνησης με επιχειρήσεις;
  - Για κάθε τομέα: +0.35
5. Υπάρχει Emissions Inventory για Local Government Operations στην τοπική κυβέρνηση;
  - Ναι: +1
  - Σε εξέλιξη: +0.8
  - Πρόθεση για υλοποίηση στα επόμενα δύο χρόνια: +0.6

### 3.5.3 Επιλογή και Συνεισφορά Δεικτών

Πρώτο βήμα ήταν η επιλογή των ερωτήσεων που θα χρησιμοποιούνταν σαν δείκτες και θα αποτελούσαν τις μετρικές με βάση, τόσο την κατηγοριοποίηση που έχει δώσει το ICLEI όσο και με το ποιες θεωρήθηκαν κρίσιμες κατόπιν σκέψης και μελέτης. Πρόκειται για ερωτήσεις που δίνουν ουσιαστική πληροφορία για την κατάσταση στην οποία βρίσκεται μία τοπική κυβέρνηση και για την ευαισθητοποίηση που δείχνει σε κλιματικά ζητήματα μέσω της δραστηριοποίησής της και της προσπάθειας λήψης κατάλληλων μέτρων για την αντιμετώπισή τους.

Έπειτα έπρεπε να αποφασιστεί το πόσο θα συνεισφέρει κάθε απάντηση στην αντίστοιχη μετρική. Η συνεισφορά των δεικτών στη μετρική προσδιορίστηκε στην αρχή διαισθητικά,

ανάλογα με τη βαρύτητα που κρίθηκε ότι είχαν, και στη συνέχεια συγκρίθηκαν και τροποποιήθηκαν ή επαληθεύτηκαν με βάση τους ήδη υπάρχοντες δείκτες που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 2. Κατά τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας, αρκετές μετρικές μεταβλήθηκαν, δείκτες αφαιρέθηκαν από αυτές και υπήρξαν συνεχείς αλλαγές στη συνεισφορά τους. Ένα παράδειγμα τέτοιας προσαρμογής είναι ότι κατόπιν εφαρμογής του συντελεστή αυτοσυσχέτισης Pearson, φάνηκε ότι όλες οι μετρικές είναι θετικά συσχετισμένες με τη συνολική τιμή του δείκτη. Μάλιστα, οι τιμές είναι μεταξύ 0.54 και 0.78, γεγονός που υποδεικνύει μέτρια με ισχυρή συσχέτιση. Εξαιρέση αποτέλεσε ο δείκτης Εκπομπές Αερίων της Τοπικής Διακυβέρνησης ο οποίος έχει συντελεστή Pearson ίσο με 0.23, υποδεικνύοντας αδύναμη θετική συσχέτιση. Με βάση την τιμή αυτή, ο δείκτης αποφασίστηκε να εξαιρεθεί καθώς μελετάμε τη συνολική ενεργοποίηση και ευαισθητοποίηση μίας τοπικής κυβέρνησης απέναντι σε μία πληθώρα προβλημάτων και ο δείκτης αυτός δεν φαίνεται να συνεισφέρει στην προσπάθεια αυτή. Τα αποτελέσματα του συντελεστή αυτοσυσχέτισης Pearson επί των τελικών μετρικών φαίνονται στο ακόλουθο διάγραμμα.



Εικόνα 20: Συντελεστής αυτοσυσχέτισης Pearson.

Χρησιμοποιήθηκε έπειτα η ομοιότητα συνημιτόνου ως τρόπος επαλήθευσης των τελικών αποτελεσμάτων και της κατάταξης που προέκυψε. Τέλος, οι δείκτες ελέγχθηκαν από τον άμεσα ενδιαφερόμενο, το ICLEI, ο οποίος κατόπιν συζήτησης επαλήθευσε τη μεθοδολογία. Έτσι, το τελικό αποτέλεσμα, αν και διαισθητικό σε μεγάλο βαθμό, είναι από πολλές απόψεις επαληθευμένο.

### 3.5.4 Συνολική Μετρική

Επόμενο βήμα ήταν η λήψη απόφασης για τον τρόπο υπολογισμού της συνολικής μετρικής έτσι ώστε να είναι εφικτή η σύγκριση μεταξύ των τοπικών κυβερνήσεων. Η αρχική σκέψη είναι ένα απλό άθροισμα των επιμέρους μετρικών. Τα προβλήματα σε αυτή την περίπτωση είναι δύο: δε δίνεται στο χρήστη η δυνατότητα να επιλέξει ποια από τις παραπάνω κατηγορίες θεωρεί σημαντικότερη και επιπλέον δεν καλύπτεται η ανισορροπία μεταξύ των δεικτών. Επειδή, δηλαδή, κάποιες μετρικές απαρτίζονται από περισσότερες ερωτήσεις, είναι αναμενόμενο το άθροισμά τους να είναι μεγαλύτερο από άλλων μετρικών με αποτέλεσμα να συνεισφέρουν

περισσότερο στο συνολικό δείκτη. Για την αντιμετώπιση του πρώτου προβλήματος, η συνολική μετρική μπορεί να προκύψει από το σταθμισμένο άθροισμα των επιμέρους δεικτών κατ' επιλογή του χρήστη. Ο χρήστης ορίζει 7 συντελεστές βαρύτητας, ένα για κάθε μετρική, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της συνολικής μετρικής. Αυτό, ωστόσο, δεν αποτελεί λύση για το δεύτερο πρόβλημα.

Για το λόγο αυτό, και με βάση τις δημοσιεύσεις [135] και [137] ελήφθη η απόφαση κανονικοποίησης των επιμέρους μετρικών στο διάστημα [0, 1]. Για την κανονικοποίηση χρησιμοποιήθηκε ο ακόλουθος τύπος:

$$X_{normalised} = \frac{X_{actual} - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

Ο τύπος εφαρμόστηκε σε κάθε μία από τις 7 επιμέρους μετρικές. Με τον τρόπο αυτό, εξασφαλίζεται ότι όλες οι μετρικές συνεισφέρουν εξίσου στο συνολικό άθροισμα και από εκεί και πέρα μπορεί ο χρήστης να δώσει τα επιθυμητά βάρη για το σωστό υπολογισμό της συνολικής μετρικής. Η κανονικοποιημένη μορφή έχει ένα ακόμα πλεονέκτημα. Ακόμα και αν η διαφορά στο συνολικό άθροισμα των μετρικών οφείλεται σε ανακρίβειες ως προς τον τύπο υπολογισμού τους, μετά την κανονικοποίηση, τα πιθανά αυτά σφάλματα έχουν ακόμα μικρότερη επίδραση απ' ότι προηγουμένως. Τελικά, η συνολική μετρική για κάθε τοπική κυβέρνηση προέκυψε ως το σταθμισμένο, κανονικοποιημένο άθροισμα των επιμέρους μετρικών.

$$X_{total\ metric} = \sum_{i=1}^6 w_i * X_{normalized\ i}$$

Όπως είναι αναμενόμενο από τον τρόπο υπολογισμού που παρουσιάστηκε, οι τελικές μετρικές ανήκουν και αυτές στο διάστημα [0, 1].

Στους ακόλουθους πίνακες φαίνονται ενδεικτικά οι τρεις εναλλακτικές που παρουσιάστηκαν παραπάνω ενδεικτικά για 10 από τις πόλεις που συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο. Οι μετρικές στις περιπτώσεις του σταθμισμένου και του σταθμισμένου κανονικοποιημένου αθροίσματος θεωρήθηκαν ισοβαρείς.

Πίνακας 9: Συνολική Μετρική ως απλό και ως σταθμισμένο άθροισμα για 10 από τις τοπικές κυβερνήσεις.

Organization Name	Emissions	Cl. H. Adaptation	Renewable Energy	Water	Waste	Transport	Local Government	Cumulative Sum	Weighted Sum
City of Paris	17.8	18.75	20	13.4	15.03	17.775	12.55	115.305	16.47214
City of Copenhagen	7.3	7	34	10.5	11.1	19.3	5.6	94.8	13.54286
Municipality of Barcelona	14.1	15	3.5	13.4	16.425	18.79	11.55	92.765	13.25214
Oslo Municipality	9.8	9	33.5	15.5	4.7	12.65	4.95	90.1	12.87143
Greater London Authority	19	12.5	17.5	8.5	12.273	12.26	4.8	86.833	12.40471
Nice Cote d'Azur	16.3	26	6	13.4	10	9.05	5.9	86.65	12.37857
Elsinore Municipality	12.8	9	24	12.9	10	7.725	8.95	85.375	12.19643
City of Stockholm	9.8	7	18	12.4	10.5	18.925	6.05	82.675	11.81071
Federal State of Berlin	20.3	7.5	5.5	12.6	12.2	19.25	3.05	80.4	11.48571
City of Turku	8.8	8	33.5	11.9	2	9.05	6.65	79.9	11.41429

Πίνακας 10: Συνολική Μετρική ως σταθμισμένο, κανονικοποιημένο άθροισμα των επιμέρους μετρικών για 10 από τις πόλεις.

Organization Name	Emissions	Cl. H. Adaptation	Renewable Energy	Water	Waste	Transport	Local Government	Weighted Normalized Total Metric
City of Paris	0.876847	0.704835	0.588235	0.85	0.920693	0.920984	0.69419	<b>0.793684</b>
Municipality of Barcelona	0.694581	0.552163	0.102941	0.85	0.99396	0.973575	0.633028	<b>0.68575</b>
Nice Cote d'Azur	0.802956	1	0.176471	0.85	0.656513	0.468912	0.287462	<b>0.606045</b>
City of Copenhagen	0.359606	0.226463	1	0.642857	0.714286	1	0.269113	<b>0.601761</b>
Federal State of Berlin	1	0.246819	0.161765	0.792857	0.772059	0.997409	0.11315	<b>0.583437</b>
Oslo Municipality	0.482759	0.307888	0.985294	1	0.378151	0.65544	0.229358	<b>0.576984</b>
Greater London Authority	0.935961	0.450382	0.514706	0.5	0.775893	0.635233	0.220183	<b>0.576051</b>
Elsinore Municipality	0.630542	0.307888	0.705882	0.814286	0.656513	0.400259	0.474006	<b>0.569911</b>
City of Stockholm	0.482759	0.226463	0.529412	0.778571	0.682773	0.98057	0.296636	<b>0.568169</b>
City of Milan	0.625616	0.589256	0.058824	0.752747	0.823529	0.742358	0.379205	<b>0.567362</b>

### 3.5.5 Κατηγοριοποίηση τοπικών κυβερνήσεων

Πλησιάζοντας προς το ζητούμενο που είναι η σύγκριση των τοπικών κυβερνήσεων, αυτές χωρίστηκαν σε κατηγορίες με βάση την τιμή της συνολικής τους μετρικής. Αρχικά, ο διαχωρισμός έγινε με αριθμητικές τιμές που ορίστηκαν για την ισοκατανομή των οργανισμών σε 4 κατηγορίες A, B, C, D. Αυτό, ωστόσο, μπορεί να οδηγήσει σε διαφορετική κατανομή ανάλογα με τα βάρη που θα επιλέξει ο χρήστης. Επίσης, μπορεί να κατατάξει στην ίδια κατηγορία τοπικές κυβερνήσεις των οποίων οι δείκτες απέχουν σημαντικά, αλλά και μόνο για να είναι ισομοιρασμένες. Μία άλλη επιλογή είναι η κατάταξη των τοπικών κυβερνήσεων με βάση την τιμή του συνολικού δείκτη τους. Αυτό, ωστόσο, δεν θα διευκόλυνε τη χρήση του εργαλείου για μελλοντικά ερωτηματολόγια από τα οποία αναμένεται μεγαλύτερο πλήθος συμμετεχόντων και απαντήσεων και άρα υψηλότερες τιμές δεικτών και άδικη κατανομή σε κατηγορίες.

Επόμενη σκέψη, λοιπόν, είναι ένας διαχωρισμός που βασίζεται αποκλειστικά στην κορυφαία τιμή του συνολικού δείκτη και ο οποίος παρουσιάζεται παρακάτω:

Κατηγορία A:  $Total\ Metric \geq 0.6 * max_{value}$

Κατηγορία B:  $Total\ Metric \leq 0.6 * max_{value} \ \& \ Total\ Metric \geq 0.35 * max_{value}$

Κατηγορία C:  $Total\ Metric \leq 0.35 * max_{value} \ \& \ Total\ Metric \geq 0.2 * max_{value}$

Κατηγορία D:  $Total\ Metric \leq 0.2 * max_{value}$

Το αρνητικό του παραπάνω τρόπου διαχωρισμού είναι ότι οι συντελεστές επιλέχθηκαν χειροκίνητα, κατόπιν μελέτης των δεικτών. Επειδή ακριβώς οι κορυφαίες τοπικές κυβερνήσεις είναι οι καλύτερες σε κάθε επιμέρους μετρική, όπως φάνηκε από την εφαρμογή του συντελεστή αυτοσυσχέτισης Pearson, υπάρχει μία συσσώρευση των τιμών σε χαμηλά επίπεδα, γύρω από το 25-35% της μέγιστης τιμής, δηλαδή στο διάστημα [0.2, 0.3]. Έτσι, οι συντελεστές που ορίστηκαν παραπάνω είναι απολύτως ταιριαστοί στα δεδομένα του 2020. Ωστόσο, επειδή οι τοπικές κυβερνήσεις που έχουν χαμηλή απόδοση είναι αυτές με το μεγαλύτερο περιθώριο βελτίωσης, είναι αρκετά πιθανό στα ερωτηματολόγια των επόμενων χρόνων, αυτός ο τρόπος διαχωρισμού να είναι άτοπος.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, υιοθετήθηκε ένας διαφορετικός τρόπος με βάση τύπους που περιέχουν τη μέγιστη, την ελάχιστη και τη μέση τιμή και οι οποίοι παρατίθενται παρακάτω.

$$\text{Κατηγορία A: } Total\ Metric \geq \frac{max_{value} + mean_{value}}{2}$$

$$\text{Κατηγορία B: } Total\ Metric \leq \frac{max_{value} + mean_{value}}{2} \ \& \ Total\ Metric \geq mean_{value}$$

$$\text{Κατηγορία C: } Total\ Metric \leq mean_{value} \ \& \ Total\ Metric \geq \frac{min_{value} + mean_{value}}{2}$$

$$\text{Κατηγορία D: } Total\ Metric \leq \frac{min_{value} + mean_{value}}{2}$$

Η εξάρτηση του παραπάνω διαχωρισμού μόνο από τις τρεις προαναφερθείσες τιμές, καθιστά δυνατή τη χρήση του συγκεκριμένου εργαλείου και για ερωτηματολόγια επόμενων χρόνων. Επίσης, αν και η χρήση της μέσης τιμής χωρίζει τις τοπικές κυβερνήσεις κατά το ήμισυ στις κατηγορίες A-B και C-D, η κατάταξη σε αυτές εξαρτάται πλήρως από την μέγιστη και την ελάχιστη τιμή. Επιτυγχάνεται με τον τρόπο αυτό μία συσχέτιση της κατηγορίας στην οποία κατατάσσεται η κάθε τοπική κυβέρνηση με τη σχετική της θέση σε αυτή, ακόμα κι αν δεν ξέρουμε ποσοτικά την απόσταση της τιμής της μετρικής της από αυτή της κορυφαίας τοπικής κυβέρνησης. Με βάση όλα τα παραπάνω, ο τρόπος αυτός θεωρήθηκε ιδανικός και είναι αυτός που εν τέλει χρησιμοποιήθηκε στην υλοποίηση.

Σε κάθε κατηγορία ανήκει ένας αριθμός τοπικών κυβερνήσεων. Ο διαχωρισμός σε κατηγορίες, πέρα από έναν καλό τρόπο σύγκρισης των τοπικών κυβερνήσεων μεταξύ τους, συνεισφέρει στην ελαχιστοποίηση τυχόν αστοχιών. Ακόμα, δηλαδή, και αν υπάρχει κάποια μικρή ανακρίβεια στον υπολογισμό των μετρικών που καθόρισε την τελική κατάταξη των τοπικών κυβερνήσεων, δεν είναι αρκετή για να καθορίσει και την κατηγορία στην οποία αυτές κατατάχθηκαν.

### 3.5.6 Επαλήθευση Μεθοδολογίας και Ομοιότητα Συνημιτόνου

Όπως προαναφέρθηκε, οι παραπάνω τελικοί δείκτες είναι κυρίως αποτέλεσμα διαίσθησης αλλά και κριτικής σκέψης, ωστόσο καταβλήθηκε μεγάλη προσπάθεια επαλήθευσής τους από πολλές πλευρές. Έγινε σύγκριση με ήδη υπάρχοντες δείκτες και η κατάταξη που προέκυψε με τον υπό μελέτη δείκτη συνάδει πλήρως με το κοινό συμπέρασμα των ερευνών ότι οι πόλεις της Βορειοδυτικής Ευρώπης με υψηλό ΑΕΠ, και κυρίως οι Σκανδιναβικές, είναι στην κορυφή της ορθής αντιμετώπισης κλιματικών ζητημάτων και βιωσιμότητας. Επίσης, έγινε έλεγχος των επιμέρους μετρικών με χρήση της αυτοσυσχέτισης Pearson και τέλος επαλήθευσή τους από τον βασικό ενδιαφερόμενο, το ICLEI, ο οποίος επιβεβαίωσε τη μελέτη που έχει γίνει και ενθάρρυνε τη συνέχισή της.

Το ιδανικό, ωστόσο, θα ήταν η εύρεση μίας μεθοδολογίας που να σηματοδοτεί ή έστω να υποδεικνύει ότι οι δείκτες αυτοί πράγματι αναλογούν και σε ομοιότητες μεταξύ των απαντήσεων που δίνουν οι τοπικές κυβερνήσεις. Το ζητούμενο προσφέρει η εφαρμογή ομοιότητας συνημιτόνου μεταξύ των τοπικών κυβερνήσεων. Στόχος είναι να διερευνηθεί αν οι τοπικές κυβερνήσεις με κοντινές τιμές ομοιότητας συνημιτόνου έχουν και παραπλήσια τιμή στο συνολικό δείκτη. Για κάθε τοπική κυβέρνηση, λοιπόν, βρέθηκε η κοντινότερή της, αυτή δηλαδή με την οποία είχε τη μέγιστη τιμή συνημιτόνου και κατόπιν ελέγχθηκε αν ανήκουν στην ίδια κατηγορία.

Για τον υπολογισμό του cosine similarity λήφθηκαν υπόψη οι απαντήσεις των συμμετεχόντων στις παρακάτω 11 ερωτήσεις του ερωτηματολογίου από μία πληθώρα κατηγοριών:

1. Ποιοι οι κλιματικοί κίνδυνοι που αντιμετωπίζει η τοπική κυβέρνηση;
2. Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την προσαρμογή της τοπικής κυβέρνησης στους κλιματικούς κινδύνους;
3. Ποιες οι δράσεις που έχουν ληφθεί για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής;
4. Ποια τα κύρια πρωτόκολλα και οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιεί η τοπική κυβέρνηση για τον υπολογισμό των εκπομπών αερίων;
5. Ποια αέρια συμπεριλαμβάνονται στο απόθεμα αερίων της τοπικής κυβέρνησης;
6. Σε ποια κατηγορία ανήκει ο στόχος μείωσης των εκπομπών που ακολουθεί η τοπική κυβέρνηση;
7. Ποιες ευκαιρίες εντοπίστηκαν από την τοπική κυβέρνηση μέσω της αντιμετώπισης των κλιματικών κινδύνων;
8. Τα project που χρειάζονται χρηματοδότηση, στην ενίσχυση ποιου τομέα αποσκοπούν;
9. Ποιες είναι οι πηγές ύδρευσης της τοπικής κυβέρνησης;
10. Ποια μέσα εφαρμογής έχει κάθε δράση μετριασμού της κλιματικής αλλαγής που λαμβάνει χώρα στην τοπική κυβέρνηση;
11. Ποιο το μίγμα ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται από την τοπική κυβέρνηση;

Επειδή οι ερωτήσεις είναι πολλαπλής επιλογής, ο υπολογισμός του cosine similarity απαιτεί ειδική μεταχείριση. Θα ήταν λάθος να τεθεί μία αριθμητική τιμή σε κάθε υποψήφια απάντηση καθώς έτσι εκβιάζεται το αποτέλεσμα και ορίζονται αποστάσεις μεταξύ απαντήσεων οι οποίες δεν υφίστανται. Για παράδειγμα, στην ερώτηση 4, αν τεθούν για τα πρωτόκολλα Global Protocol for Community Greenhouse Gas Emissions Inventories (GPC), International Standard for Determining Greenhouse Gas Emissions for Cities (UNEP and World Bank), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories οι τιμές 1, 2, 3 αντίστοιχα, είναι σαν να ορίζεται μεγαλύτερη η απόσταση μεταξύ πρώτου και τρίτου, απόσταση η οποία δεν ευσταθεί. Έτσι, για κάθε ερώτηση, η κάθε πιθανή απάντηση μετατρέπεται σε στήλη και συμπληρώνεται με 0 και 1 ανάλογα με το αν έχει επιλεγεί από την εκάστοτε τοπική κυβέρνηση ή όχι.

Οι ερωτήσεις που επιλέχθηκαν είναι διαφορετικές από αυτές που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία των δεικτών και άρα οι δύο μεθοδολογίες μπορούν να θεωρηθούν ανεξάρτητες. Ακόμα και για κάποιες κοινές ερωτήσεις, το περιεχόμενο που αξιοποιήθηκε είναι διαφορετικό. Ενδεικτικά, ενώ στο δείκτη χρησιμοποιήθηκε από την ερώτηση 2.1 το πλήθος των κλιματικών κινδύνων, στην ομοιότητα συνημιτόνου χρησιμοποιούνται συγκεκριμένα οι κλιματικοί δείκτες που αντιμετωπίζει μία τοπική κυβέρνηση.

Η ομοιότητα συνημιτόνου υπολογίστηκε ξεχωριστά για κάθε μία από τις 11 ερωτήσεις και έπειτα υπολογίστηκε ο μέσος όρος των επιμέρους αποτελεσμάτων. Αυτή η μεθοδολογία προτιμήθηκε έναντι του υπολογισμού μίας συνολικής ομοιότητας συνημιτόνου καθώς κάποιες ερωτήσεις έχουν πολύ περισσότερες επιλογές και άρα συνεισφέρουν περισσότερο στον υπολογισμό της ομοιότητας, κάτι που δεν είναι επιθυμητό.

Μετά τους παραπάνω υπολογισμούς, προκύπτει ένας συνολικός πίνακας που περιέχει την ομοιότητα συνημιτόνου κάθε τοπικής κυβέρνησης με όλες τις υπόλοιπες. Ο πίνακας αναφέρεται αποκλειστικά σε πόλεις που έχουν απαντήσει όλες τις ερωτήσεις από τις οποίες απαρτίζεται ο δείκτης ομοιότητας. Μέρος του πίνακα φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα.

Organization_Name	Arendal Municipality	Bath and North East Somerset Council	Birmingham City Council	Bournemouth, Christchurch and Poole Council	Bristol City Council	Berun Municipality	City of Bologna	...	Southend-on-Sea Borough Council	Trelleborg Municipality	Trondheim Municipality	Västervik Municipality	Wandsworth Council	Wolverhampton City Council	Örebro Municipality
Arendal Municipality	1.000000	0.326237	0.237007	0.334313	0.371066	0.505287	0.339115	...	0.292754	0.310501	0.489728	0.391069	0.386722	0.284208	0.284755
Bath and North East Somerset Council	0.326237	1.000000	0.460296	0.548157	0.601171	0.325099	0.393677	...	0.315325	0.435121	0.400270	0.415917	0.532357	0.638227	0.329348
Birmingham City Council	0.237007	0.460296	1.000000	0.473729	0.490781	0.393070	0.383014	...	0.470494	0.241482	0.323039	0.181740	0.572750	0.442905	0.280347
Bournemouth, Christchurch and Poole Council	0.334313	0.548157	0.473729	1.000000	0.651816	0.253652	0.419117	...	0.423674	0.446986	0.332725	0.313168	0.582953	0.554727	0.293716
Bristol City Council	0.371066	0.601171	0.490781	0.651816	1.000000	0.378600	0.389342	...	0.429527	0.365301	0.373365	0.353008	0.599410	0.590085	0.337099

Εικόνα 21: Πίνακας cosine similarity κάθε τοπική κυβέρνηση με τις υπόλοιπες.



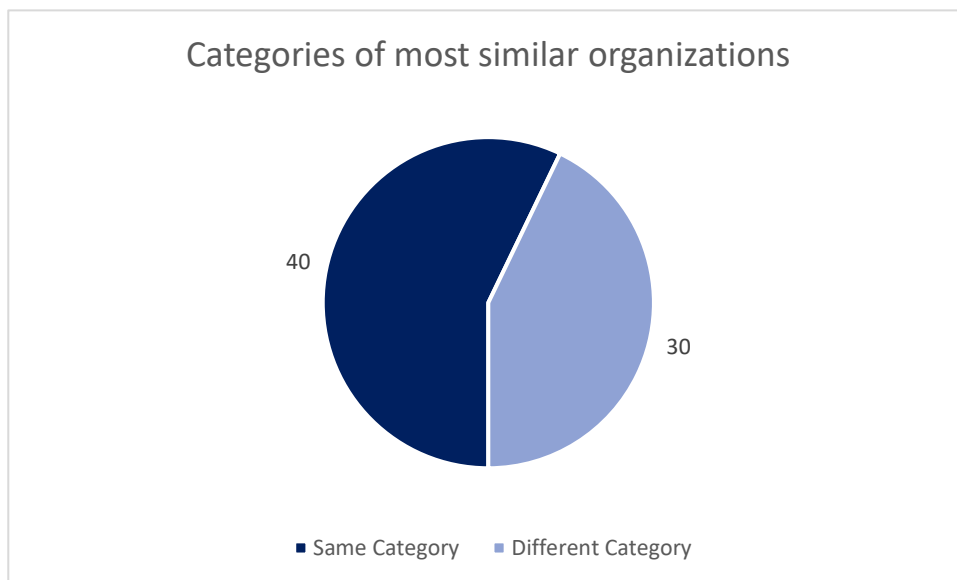
Στη συνέχεια, για κάθε τοπική κυβέρνηση, κρατείται η μέγιστη τιμή του δείκτη ομοιότητας και ο οργανισμός με τον οποίο την εμφανίζει. Εκτυπώνοντας ύστερα τις κατηγορίες των δύο αυτών οργανισμών όπως προέκυψαν από το διαχωρισμό της υπό-ενότητας «Κατηγοριοποίηση Τοπικών Κυβερνήσεων», γίνεται η μεταξύ τους σύγκριση.

Πίνακας 11: Για κάθε τοπική κυβέρνηση, η κοντινότερή της (μέγιστο cosine similarity) και οι κατηγορίες στις οποίες ανήκουν.

Organization's Name	Organization's Category	Most similar Organization's Name	Most similar Organization's Category	Similarity
Arendal Municipality	B	City of Lahti	B	0.57295
Bath and North East Somerset Council	C	Wolverhampton City Council	C	0.63823
Birmingham City Council	B	Durham County Council	C	0.73220
Bournemouth, Christchurch and Poole Council	B	Bristol City Council	B	0.65182
Bristol City Council	B	Leicester City Council	B	0.75665
Bærum Municipality	B	Trondheim Municipality	B	0.68598
City of Bologna	B	Riga City Council	B	0.56847
City of Braga	B	Wandsworth Council	B	0.61737
City of Copenhagen	A	Trelleborg Municipality	B	0.57282
City of Dijon	A	Municipality of Vitoria-Gasteiz	B	0.60734
City of Espoo	A	Municipality of Murcia	B	0.61441
City of Gothenburg	B	City of Helsinki	B	0.60557
City of Heidelberg	A	City of Milan	A	0.58363
City of Helsinki	B	Sofia Municipality	B	0.63402
City of Lahti	B	City of Ljubljana	B	0.63409
City of Ljubljana	B	City of Lahti	B	0.63409
City of Malmö	A	Wandsworth Council	B	0.62888
City of Milan	A	Municipality of Athens	B	0.65802
City of Paris	A	Wandsworth Council	B	0.61988
City of Porvoo	B	Trelleborg Municipality	B	0.61219
City of Reykjavík	B	Municipality of Hørsholm	C	0.64932
City of Rotterdam	B	City of Torino	A	0.55481
City of Torino	A	Municipality of Murcia	B	0.64326
City of Turku	A	Elsinore Municipality	A	0.57374
City of Venice	B	Wolverhampton City Council	C	0.62990
City of Zürich	B	Hoeje-Taastrup Municipality	B	0.53125
Coventry City Council	C	City of Torino	A	0.61653
Durham County Council	C	Birmingham City Council	B	0.73220
Egedal Municipality	B	Wandsworth Council	B	0.67663
Elsinore Municipality	A	City of Turku	A	0.57374
Federal State of Berlin	A	Municipality of Sintra	B	0.55516
Hoeje-Taastrup Municipality	B	Municipality of Padua	B	0.55366

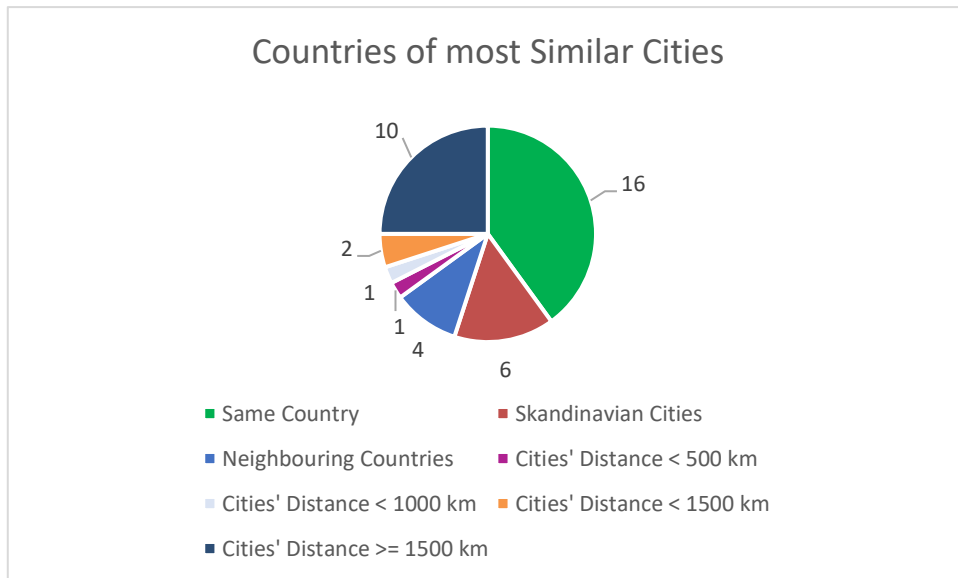
Kadiköy Municipality	B	Southend-on-Sea Borough Council	C	0.55952
Kirklees Council	C	Durham County Council	C	0.66270
Leicester City Council	B	Bristol City Council	B	0.75665
Lund Municipality	A	City of Porvoo	B	0.57438
Manchester City Council	B	Somerset West and Taunton	B	0.54999
Metropolitan City of Naples	C	Municipality of Torres Vedras	C	0.57909
Municipality of Akureyri	C	Bournemouth, Christchurch and Poole Council	B	0.52314
Municipality of Athens	B	City of Milan	A	0.65802
Municipality of Barcelona	A	Bristol City Council	B	0.64470
Municipality of Cascais	B	Richmond Council	B	0.41952
Municipality of Faro	C	Podgorica Capital City	C	0.39378
Municipality of Fredensborg	C	Municipality of Hørsholm	C	0.66013
Municipality of Hørsholm	C	Wandsworth Council	B	0.71197
Municipality of Murcia	B	City of Torino	A	0.64326
Municipality of Padua	B	Riga City Council	B	0.64088
Municipality of Porto	B	City of Braga	B	0.55600
Municipality of Sintra	B	Municipality of Águeda	B	0.55929
Municipality of Torres Vedras	C	Metropolitan City of Naples	C	0.57909
Municipality of Viseu	B	Municipality of Vitoria-Gasteiz	B	0.63660
Municipality of Vitoria-Gasteiz	B	Municipality of Viseu	B	0.63660
Municipality of Águeda	B	Municipality of Viseu	B	0.61856
Newcastle City Council	B	Durham County Council	C	0.65371
Nottingham City Council	B	Wolverhampton City Council	C	0.70420
Oslo Municipality	A	Trondheim Municipality	B	0.65455
Podgorica Capital City	C	Municipality of Athens	B	0.49736
Principality of Monaco	C	City of Dijon	A	0.52967
Richmond Council	B	Wandsworth Council	B	0.84612
Riga City Council	B	Municipality of Padua	B	0.64088
Sofia Municipality	B	Wandsworth Council	B	0.66561
Somerset West and Taunton	B	Nottingham City Council	B	0.68639
South Lakeland District Council	C	Wandsworth Council	B	0.73100
Southend-on-Sea Borough Council	C	Kadiköy Municipality	B	0.55952
Trelleborg Municipality	B	City of Porvoo	B	0.61219
Trondheim Municipality	B	Bærum Municipality	B	0.68598
Västervik Municipality	B	Trelleborg Municipality	B	0.56953
Wandsworth Council	B	Richmond Council	B	0.84612
Wolverhampton City Council	C	Nottingham City Council	B	0.70420
Örebro Municipality	B	City of Espoo	A	0.46851

Παρατηρείται, ότι από τις 70 τοπικές κυβερνήσεις για τις οποίες υπολογίστηκε η ομοιότητα συνημιτόνου, για τις 40 ισχύει ότι αυτές και οι πλέον όμοιές τους ανήκουν στην ίδια κατηγορία. Το τελευταίο, δίνει μία επιπρόσθετη επαλήθευση στη δημιουργία των μετρικών αφού, χρησιμοποιώντας διαφορετικές ερωτήσεις στην ομοιότητα συνημιτόνου και στους δείκτες, προέκυψε ότι σε βαθμό 57.14% συμφωνούν μεταξύ τους. Διαπιστώνεται ότι κάποια ζεύγη τοπικών κυβερνήσεων εμφανίζονται δύο φορές, δηλαδή ότι η τοπική κυβέρνηση Α είναι η ομοιότερη της τοπικής κυβέρνησης Β και ταυτόχρονα η Β να είναι η ομοιότερη της Α. Το γεγονός αυτό είναι εν γένει τυχαίο αλλά λογικό για υψηλές τιμές ομοιότητας συνημιτόνου. Η παραπάνω μεθοδολογία αποτελεί μία ασθενή ένδειξη ότι η μεθοδολογία βρίσκεται στο σωστό δρόμο.



Εικόνα 22: Οι βασισμένες στο συνολικό δείκτη κατηγορίες των τοπικών κυβερνήσεων και των πιο όμοιών τους βάσει cosine similarity.

Για τα 40 αυτά ζεύγη πόλεων, μελετώνται και οι χώρες τους σε αναζήτηση συμπερασμάτων. Από τον πίνακα, και με βάση την Εικόνα 23, γίνεται φανερό ότι 16/40 ζεύγη τοπικών κυβερνήσεων ανήκουν στην ίδια χώρα. Από τα υπόλοιπα 24 ζεύγη, στα 6 ανήκουν και οι δύο πόλεις σε Σκανδιναβικές χώρες, στα 4 οι πόλεις ανήκουν σε γειτονικές χώρες και στα 2 οι πόλεις απέχουν κάτω από 1000 χιλιόμετρα. Διαπιστώνεται, ακόμα, ότι τα εναπομείναντα 12 ζεύγη αποτελούνται από χώρες που απέχουν αισθητά μεταξύ τους. Εξερευνώντας τους πληθυσμούς των πόλεων αυτών, δεν εντοπίζεται κάποια ομοιότητα, αφού τουλάχιστον 10 από τα ζεύγη φαίνεται να αποτελούνται από μία μεγάλη και μία μικρότερη τοπική κυβέρνηση. Όμως, παρατηρείται ότι σε 7 από αυτά τα 10 ζεύγη υπάρχει μία πόλη που είναι μοναδική εκπρόσωπος της χώρας της στη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου (Σόφια, Λιουμπλιάνα, Ρίγα, Ποντγκόριτσα). Επομένως, είναι κάτι που μπορεί να ελεγχθεί σε επόμενο ερωτηματολόγιο σε περίπτωση που συμπληρωθεί από πολλές τοπικές κυβερνήσεις κάθε χώρας.



Εικόνα 23: Η γεωγραφική σχέση των πόλεων που ανήκουν στην ίδια κατηγορία.

## Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα

### 4.1 Πίνακας Αποτελεσμάτων

Παρακάτω παρουσιάζεται ο συνολικός πίνακας αποτελεσμάτων για τις 160 τοπικές κυβερνήσεις που απάντησαν στο ερωτηματολόγιο. Δίνονται οι επιμέρους μετρικές, η συνολική μετρική υπολογισμένη για ισοβαρείς επιμέρους μετρικές και η κατηγορία στην οποία κατατάχθηκε η κάθε τοπική κυβέρνηση.

Πίνακας 12: Συνολικά αποτελέσματα μετρικών για τις 160 τοπικές κυβερνήσεις.

Organization Name	Emissions	Cl. Hazard Adaptation	Renewable Energy	Water	Waste	Transport	Local Govern	Total Metric	Category
City of Paris	0.87685	0.70483	0.58824	0.85000	0.92069	0.92098	0.69419	0.79368	A
Municipality of Barcelona	0.69458	0.55216	0.10294	0.85000	0.99396	0.97358	0.63303	0.68575	A
Nice Cote d'Azur Metropolis	0.80296	1.00000	0.17647	0.85000	0.65651	0.46891	0.28746	0.60604	A
City of Copenhagen	0.35961	0.22646	1.00000	0.64286	0.71429	1.00000	0.26911	0.60176	A
Federal State of Berlin	1.00000	0.24682	0.16176	0.79286	0.77206	0.99741	0.11315	0.58344	A
Oslo Municipality	0.48276	0.30789	0.98529	1.00000	0.37815	0.65544	0.22936	0.57698	A
Greater London Authority	0.93596	0.45038	0.51471	0.50000	0.77589	0.63523	0.22018	0.57605	A
Elsinore Municipality	0.63054	0.30789	0.70588	0.81429	0.65651	0.40026	0.47401	0.56991	A
City of Stockholm	0.48276	0.22646	0.52941	0.77857	0.68277	0.98057	0.29664	0.56817	A
City of Milan	0.62562	0.58926	0.05882	0.75275	0.82353	0.74236	0.37920	0.56736	A
City of Espoo	0.75369	0.36896	0.45588	0.74286	0.28887	0.47927	0.58410	0.52480	A
City of Dijon	1.00000	0.41374	0.19118	0.66939	0.39391	0.42228	0.55657	0.52101	A
Lund Municipality	0.74877	0.26718	0.36765	0.71905	0.28887	0.63264	0.49235	0.50236	A
City of Turku	0.43350	0.26718	0.98529	0.74286	0.23634	0.46891	0.33333	0.49534	A
Municipality of Lisbon	0.27586	0.46735	0.05882	0.48571	0.88666	0.79883	0.48624	0.49421	A
City of Malmö	0.30542	0.25191	0.88235	0.62500	0.28887	0.62319	0.42202	0.48554	A
City of Torino	0.42365	0.89143	0.39706	0.48571	0.28887	0.42487	0.44343	0.47929	A
City of Heidelberg	0.43842	0.21289	0.14706	0.46429	0.60399	0.98575	0.49847	0.47870	A
City of Rotterdam	0.52217	0.21628	0.05882	0.53571	1.00000	0.76930	0.20489	0.47245	B
City of Zürich	0.46798	0.21832	0.33824	0.80952	0.39391	0.61788	0.41896	0.46640	B
Uppsala Municipality	0.92611	0.27057	0.89706	0.67143	0.13130	0.00000	0.32110	0.45965	B
Trondheim Municipality	0.59606	0.40458	0.36765	0.67143	0.39391	0.45466	0.29052	0.45412	B
Umeå Municipality	0.90640	0.14504	0.45588	0.67143	0.28887	0.48057	0.21713	0.45219	B
City of Gladsaxe	0.38916	0.57252	0.45588	0.81429	0.39391	0.25130	0.28135	0.45120	B

<b>Municipality of Guimarães</b>	0.48276	0.51145	0.02941	0.41786	0.28887	0.30714	1.00000	0.43393	B
<b>Moscow City Government</b>	0.27586	0.25394	0.04706	0.82143	0.55147	0.73738	0.34251	0.43281	B
<b>Municipality of Athens</b>	0.47291	0.59288	0.08824	0.39643	0.27626	0.60674	0.58716	0.43151	B
<b>Bristol City Council</b>	0.45320	0.28753	0.05882	0.74286	0.28887	0.55181	0.63303	0.43087	B
<b>City of Helsinki</b>	0.38424	0.34182	0.07353	0.65714	0.39391	0.75259	0.37003	0.42475	B
<b>Örebro Municipality</b>	0.46305	0.26347	0.42647	0.85000	0.28887	0.23316	0.42202	0.42101	B
<b>Municipality of Vitoria-Gasteiz</b>	0.40887	0.38796	0.04412	0.66190	0.39391	0.74435	0.25994	0.41443	B
<b>Municipality of Águeda</b>	0.34483	0.67430	0.02941	0.55000	0.39391	0.12953	0.74618	0.40974	B
<b>Newcastle City Council</b>	0.24631	0.31298	0.45588	0.74286	0.28887	0.34249	0.44648	0.40512	B
<b>Metropolitan City of Florence</b>	0.48768	0.30789	0.16176	0.74286	0.23634	0.44495	0.43731	0.40269	B
<b>City of Braga</b>	0.43350	0.58415	0.11765	0.50357	0.23634	0.33290	0.59021	0.39976	B
<b>City of Rome</b>	0.33990	0.33588	0.02353	0.50357	0.63288	0.65855	0.27217	0.39521	B
<b>Hoeje-Taastrup Municipality</b>	0.44335	0.20611	0.42647	0.77857	0.39391	0.13083	0.36391	0.39188	B
<b>City of Venice</b>	0.41379	0.27014	0.08824	0.35714	0.71429	0.75933	0.11315	0.38801	B
<b>Municipality of Padua</b>	0.28571	0.42188	0.44118	0.55000	0.28887	0.52461	0.11315	0.37506	B
<b>Manchester City Council</b>	0.53202	0.19913	0.02941	0.42857	0.39391	0.55334	0.48012	0.37379	B
<b>Bærum Municipality</b>	0.35468	0.18575	0.36765	0.77857	0.23634	0.36528	0.29969	0.36971	B
<b>City of Bologna</b>	0.40887	0.32824	0.02353	0.47619	0.28887	0.64896	0.41284	0.36964	B
<b>City of Gothenburg</b>	0.71921	0.17218	0.42647	0.75357	0.28887	0.05181	0.14373	0.36512	B
<b>City of Mannheim</b>	0.37438	0.39949	0.01765	0.17857	0.13130	0.64378	0.80734	0.36465	B
<b>Municipality of Porto</b>	0.20197	0.16539	0.45588	0.46429	0.23634	0.44469	0.53517	0.35768	B
<b>City of Lahti</b>	0.40394	0.36896	0.17647	0.59524	0.18382	0.52591	0.21713	0.35307	B
<b>Municipality of Sintra</b>	0.33498	0.30789	0.01765	0.85000	0.28887	0.40350	0.26606	0.35270	B
<b>Bournemouth, Christchurch and Poole Council</b>	0.53202	0.28414	0.04412	0.67143	0.39391	0.17617	0.35780	0.35137	B
<b>Municipality of Valongo</b>	0.34975	0.32824	0.02941	0.83571	0.39391	0.28860	0.23242	0.35115	B
<b>Wandsworth Council</b>	0.16256	0.36986	0.00000	0.47619	0.39391	0.65181	0.39755	0.35027	B
<b>Växjö Municipality</b>	0.34483	0.19254	0.42647	0.59286	0.28887	0.37047	0.22630	0.34890	B
<b>Denizli Metropolitan Municipality</b>	0.27094	0.26718	0.00000	0.62857	0.28887	0.61580	0.36697	0.34833	B
<b>City of Porvoo</b>	0.45813	0.15443	0.00000	0.82143	0.28887	0.34715	0.26911	0.33416	B
<b>Municipality of Murcia</b>	0.41872	0.51145	0.02941	0.82143	0.28887	0.00000	0.23853	0.32977	B

<b>Kadiköy Municipality</b>	0.37438	0.18575	0.04412	0.53571	0.28887	0.65415	0.22018	0.32902	B
<b>Somerset West and Taunton Municipality of Zaragoza</b>	0.16749	0.28753	0.85294	0.42857	0.13655	0.26813	0.15291	0.32773	B
<b>City of The Hague Municipality of Viseu</b>	0.10345	0.07583	0.13235	0.85000	0.13130	0.65913	0.31498	0.32386	B
<b>City of The Hague Municipality of Viseu</b>	0.39901	0.38253	0.04412	0.70476	0.28887	0.05181	0.39450	0.32366	B
<b>West Midlands Combined Authority</b>	0.38424	0.18575	0.11765	0.86429	0.39391	0.00000	0.29358	0.31992	B
<b>West Midlands Combined Authority</b>	0.35961	0.38321	0.01765	0.96429	0.13130	0.15350	0.22936	0.31984	B
<b>Brussels Capital Region</b>	0.30049	0.21289	0.05882	0.67143	0.13130	0.54598	0.27523	0.31374	B
<b>City of Ljubljana</b>	0.83251	0.20051	0.05882	0.54524	0.28887	0.05181	0.21713	0.31356	B
<b>Arendal Municipality</b>	0.51724	0.14504	0.00000	0.74286	0.28887	0.24352	0.23853	0.31087	B
<b>Municipality of Hvidovre</b>	0.14286	0.32824	0.45588	0.77857	0.23634	0.00000	0.21713	0.30843	B
<b>Richmond Council</b>	0.16256	0.31784	0.00000	0.47619	0.28887	0.60168	0.30581	0.30756	B
<b>City of Ferrara</b>	0.06404	0.54877	0.05882	0.53333	0.65651	0.05181	0.23547	0.30697	B
<b>Birmingham City Council</b>	0.44335	0.31501	0.00000	0.42857	0.39391	0.45078	0.11315	0.30640	B
<b>Riga City Council</b>	0.17734	0.28753	0.02941	0.41032	0.28887	0.51347	0.41896	0.30370	B
<b>Västervik Municipality</b>	0.33498	0.20611	0.02941	0.85000	0.28887	0.00000	0.40673	0.30230	B
<b>Municipality of Cascais</b>	0.21675	0.40967	0.02941	0.85000	0.13130	0.00000	0.45566	0.29897	B
<b>Egedal Municipality</b>	0.44828	0.20102	0.04412	0.66071	0.13655	0.31088	0.28746	0.29843	B
<b>Nottingham City Council</b>	0.29064	0.49109	0.04412	0.50000	0.13655	0.00000	0.57492	0.29105	B
<b>City of Edinburgh Municipality of Genova</b>	0.26108	0.45038	0.01765	0.07143	0.23634	0.52073	0.46483	0.28892	B
<b>Municipality of Genova</b>	0.28571	0.19288	0.35294	0.55000	0.39391	0.05181	0.18654	0.28769	B
<b>Trelleborg Municipality</b>	0.29557	0.24682	0.11765	0.85000	0.28887	0.00000	0.20489	0.28626	B
<b>Tartu City Council</b>	0.16256	0.29771	0.42647	0.70714	0.13130	0.00000	0.26911	0.28490	B
<b>Leicester City Council</b>	0.28571	0.18575	0.45588	0.35714	0.39391	0.22176	0.06422	0.28063	B
<b>City of Reykjavík</b>	0.30542	0.33503	0.02941	0.35079	0.44643	0.22927	0.25382	0.27860	B
<b>Sofia Municipality</b>	0.33005	0.28462	0.02353	0.77143	0.02626	0.32642	0.18654	0.27841	B
<b>Principality of Monaco</b>	0.33990	0.10636	0.02941	0.42857	0.18382	0.49093	0.31193	0.27013	C
<b>Municipality of Bolzano</b>	0.24631	0.29771	0.02353	0.42857	0.13655	0.60751	0.11315	0.26476	C
<b>Municipality of Akureyri</b>	0.27094	0.28753	0.45588	0.42857	0.18382	0.00000	0.22630	0.26472	C
<b>Municipality of Fredensborg</b>	0.54680	0.20611	0.02941	0.67143	0.18382	0.00000	0.20489	0.26321	C

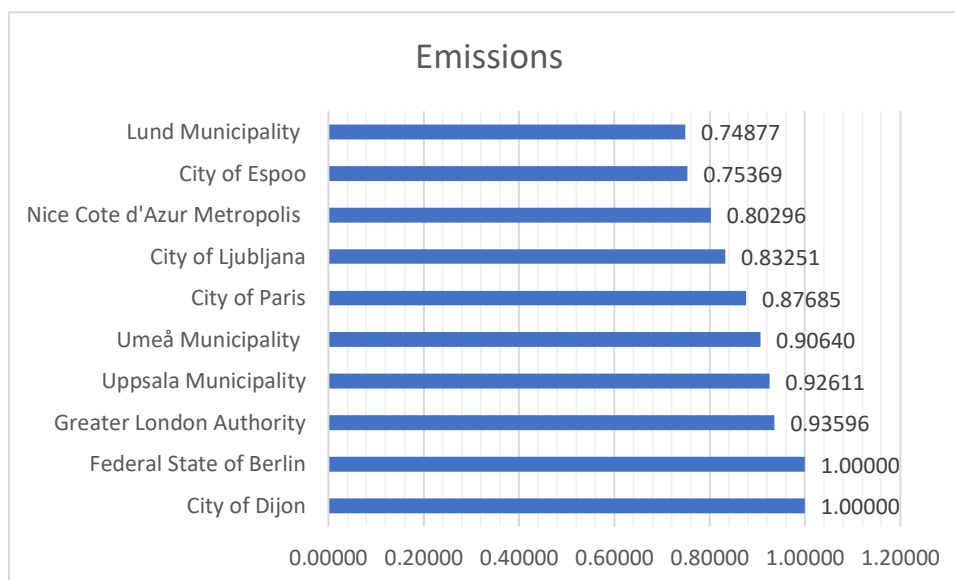
<b>Falköping Municipality</b>	0.18227	0.18982	0.45588	0.59286	0.13130	0.00000	0.27829	0.26149	C
<b>Municipality of Lagos</b>	0.05419	0.20611	0.01765	0.71429	0.23634	0.34326	0.20795	0.25426	C
<b>Greater Manchester Combined Authority</b>	0.50739	0.20320	0.02941	0.42857	0.28887	0.00000	0.32110	0.25408	C
<b>Municipality of Hørsholm</b>	0.25616	0.25191	0.00000	0.77857	0.13655	0.17358	0.16514	0.25170	C
<b>Municipality of Madrid</b>	0.34483	0.07718	0.07353	0.53571	0.55147	0.12953	0.04281	0.25072	C
<b>Ville de Nyon</b>	0.18227	0.14504	0.69118	0.59286	0.13130	0.00000	0.00000	0.24895	C
<b>City of Amsterdam</b>	0.44828	0.23664	0.02941	0.55000	0.10504	0.05181	0.29664	0.24540	C
<b>Wolverhampton City Council</b>	0.26108	0.32214	0.00000	0.42857	0.28887	0.20078	0.15596	0.23677	C
<b>Bath and North East Somerset Council</b>	0.19212	0.11858	0.45588	0.31429	0.28887	0.05181	0.22324	0.23497	C
<b>Southend-on-Sea Borough Council</b>	0.32512	0.16539	0.01765	0.64286	0.28887	0.00000	0.20489	0.23497	C
<b>Podgorica Capital City</b>	0.10345	0.32824	0.01765	0.32143	0.39391	0.17098	0.28135	0.23100	C
<b>Municipality of Torres Vedras</b>	0.26601	0.17557	0.00000	0.39048	0.28887	0.07772	0.40061	0.22847	C
<b>Municipality of Fafe</b>	0.02463	0.30789	0.35294	0.21429	0.39391	0.00000	0.29969	0.22762	C
<b>Istanbul Metropolitan Municipality</b>	0.21675	0.13011	0.04412	0.65714	0.46744	0.00000	0.06116	0.22525	C
<b>Municipality of Middelfart</b>	0.33498	0.14504	0.02941	0.65714	0.18382	0.00000	0.22630	0.22524	C
<b>City of York Council</b>	0.21182	0.26718	0.01765	0.64464	0.28887	0.05181	0.09174	0.22482	C
<b>Municipality of Tallinn</b>	0.13793	0.31196	0.02353	0.55000	0.49895	0.00000	0.04893	0.22447	C
<b>Municipality of Málaga</b>	0.29064	0.25903	0.35294	0.41429	0.13130	0.05181	0.06116	0.22303	C
<b>Municipality of Spezia</b>	0.05419	0.16947	0.02353	0.71429	0.13130	0.12953	0.33639	0.22267	C
<b>Durham County Council</b>	0.55665	0.07786	0.00000	0.42857	0.28887	0.05181	0.11315	0.21670	C
<b>RoskildeRoskilde Municipality</b>	0.18719	0.34860	0.00000	0.74286	0.13130	0.00000	0.07034	0.21147	C
<b>City of Warsaw</b>	0.16749	0.14504	0.04412	0.79286	0.00000	0.15544	0.17431	0.21132	C
<b>Plymouth City Council</b>	0.26601	0.21425	0.01765	0.74286	0.13130	0.00000	0.09174	0.20912	C
<b>Bergen Municipality</b>	0.26601	0.09415	0.02941	0.07143	0.39391	0.40674	0.19572	0.20819	C
<b>Municipality of L'Aquila</b>	0.05419	0.20204	0.01765	0.56548	0.28887	0.07902	0.23242	0.20566	C
<b>Coventry City Council</b>	0.23645	0.43003	0.01765	0.07143	0.13130	0.30699	0.24159	0.20506	C
<b>Klaipeda City Municipality</b>	0.06158	0.15182	0.36765	0.42857	0.00000	0.07772	0.34557	0.20470	C
<b>Sandnes Municipality</b>	0.23645	0.17557	0.01765	0.41429	0.28887	0.00000	0.29664	0.20421	C



<b>Cardiff City Council</b>	0.26108	0.13995	0.01765	0.47619	0.28887	0.00000	0.22630	0.20143	C
<b>Municipality of Faro</b>	0.05419	0.15182	0.11765	0.50714	0.23634	0.04846	0.29052	0.20087	C
<b>Adana Metropolitan Municipality</b>	0.04926	0.18575	0.02353	0.32143	0.39391	0.18329	0.24465	0.20026	C
<b>Bursa Nilüfer Municipality</b>	0.21429	0.15318	0.02353	0.47857	0.13130	0.07772	0.29664	0.19646	C
<b>Municipality of Kemi</b>	0.33744	0.17354	0.02353	0.42857	0.13130	0.00000	0.26606	0.19435	C
<b>Municipality of Iasi</b>	0.24138	0.09415	0.02353	0.07143	0.44643	0.32435	0.13456	0.19083	C
<b>Parma Municipality</b>	0.26601	0.05547	0.02353	0.63571	0.13655	0.05181	0.15596	0.18929	C
<b>Municipality of Nijmegen</b>	0.14286	0.20611	0.04412	0.53571	0.13130	0.00000	0.24771	0.18683	C
<b>City of Évora</b>	0.02463	0.18575	0.45588	0.34286	0.28887	0.00000	0.00000	0.18543	C
<b>Municipality of Prato</b>	0.27586	0.12875	0.02353	0.07143	0.28887	0.26917	0.21407	0.18167	C
<b>Cornwall Council</b>	0.29557	0.29975	0.02941	0.26429	0.13130	0.07772	0.15291	0.17871	C
<b>Municipality of Amarante</b>	0.00000	0.20102	0.00000	0.80476	0.23634	0.00000	0.00000	0.17745	C
<b>Municipality of Jammerbugt</b>	0.16749	0.06870	0.02353	0.64286	0.13130	0.00000	0.17431	0.17260	C
<b>Kirklees Council</b>	0.30049	0.12875	0.00000	0.42857	0.28887	0.00000	0.04893	0.17080	C
<b>South Lakeland District Council</b>	0.35468	0.09618	0.02353	0.48571	0.13130	0.00000	0.09174	0.16902	C
<b>Municipality of Coruche</b>	0.17241	0.32824	0.00000	0.35714	0.13130	0.00000	0.18654	0.16795	C
<b>Metropolitan City of Naples</b>	0.26601	0.12875	0.02353	0.42857	0.02626	0.22021	0.04893	0.16318	C
<b>Municipality of Mirandela</b>	0.00000	0.06870	0.02941	0.59286	0.18382	0.05181	0.15291	0.15422	D
<b>City of Gibraltar</b>	0.11823	0.12400	0.04412	0.42857	0.18382	0.00000	0.17431	0.15329	D
<b>Municipality of Rimini</b>	0.02956	0.15318	0.01765	0.42857	0.13130	0.05181	0.25076	0.15183	D
<b>Village of Kadiovacik</b>	0.11823	0.14504	0.02941	0.53571	0.13130	0.00000	0.09174	0.15021	D
<b>Gaziantep Metropolitan Municipality</b>	0.18227	0.23053	0.02941	0.07143	0.13130	0.00000	0.40367	0.14980	D
<b>Derry City &amp; Strabane</b>	0.10345	0.30534	0.02941	0.42857	0.13130	0.00000	0.04893	0.14957	D
<b>Municipality of Lucca</b>	0.06404	0.13690	0.02353	0.42857	0.13130	0.05181	0.17431	0.14435	D
<b>Municipality of Mafra</b>	0.02956	0.19254	0.01765	0.42857	0.28887	0.00000	0.04893	0.14373	D
<b>Municipality of Barreiro</b>	0.12808	0.05242	0.04412	0.41429	0.28887	0.00000	0.07034	0.14259	D
<b>Municipality of Funchal</b>	0.07882	0.44224	0.00000	0.12857	0.13130	0.05181	0.09786	0.13294	D
<b>Sønderborg Municipality</b>	0.33498	0.14504	0.02941	0.07143	0.13130	0.00000	0.17431	0.12664	D
<b>Municipality of Chieti</b>	0.02956	0.11247	0.01765	0.57857	0.13130	0.00000	0.00000	0.12422	D

<b>Alkmaar Municipality</b>	0.11330	0.10433	0.02941	0.07143	0.13130	0.00000	0.33639	0.11231	D
<b>Mezitli Municipality</b>	0.02956	0.10229	0.01765	0.00000	0.39391	0.00000	0.24159	0.11214	D
<b>Municipality of Odder</b>	0.02463	0.09754	0.00000	0.42857	0.13130	0.00000	0.09174	0.11054	D
<b>Municipality of Taurage</b>	0.00000	0.06361	0.02941	0.45000	0.13130	0.00000	0.07034	0.10638	D
<b>City of Alba Iulia</b>	0.02956	0.12875	0.02941	0.23571	0.13130	0.00000	0.11315	0.09541	D
<b>Municipality of Figueira da Foz</b>	0.02956	0.27125	0.00000	0.07143	0.28887	0.00000	0.00000	0.09444	D
<b>Essex County Council</b>	0.06158	0.07718	0.01765	0.19286	0.28887	0.00000	0.02141	0.09422	D
<b>Balikesir Metropolitan Municipality</b>	0.07882	0.11247	0.00000	0.07143	0.39391	0.00000	0.00000	0.09380	D
<b>Winchester City Council</b>	0.19704	0.06361	0.00000	0.07143	0.13130	0.00000	0.15291	0.08804	D
<b>Municipality of Ærøskøbing</b>	0.11330	0.14504	0.02941	0.07143	0.13130	0.00000	0.12232	0.08754	D
<b>Municipality of Ovar</b>	0.03941	0.03257	0.00000	0.17857	0.28887	0.00000	0.02141	0.08012	D
<b>Botosani Municipality</b>	0.00000	0.08601	0.00000	0.07143	0.13130	0.00000	0.24465	0.07620	D
<b>City of Gdynia</b>	0.07882	0.06361	0.02941	0.07143	0.13130	0.00000	0.15291	0.07535	D
<b>Municipality of Greifswald</b>	0.16256	0.07718	0.02353	0.00000	0.13130	0.00000	0.11315	0.07253	D
<b>Municipality of Odemira</b>	0.00000	0.25700	0.00000	0.02857	0.13130	0.00000	0.00000	0.05955	D
<b>Eskişehir Metropolitan Municipality</b>	0.02956	0.08804	0.02353	0.07143	0.13130	0.00000	0.04893	0.05611	D
<b>Seferihisar Municipality</b>	0.00000	0.00000	0.00000	0.17857	0.13130	0.00000	0.06116	0.05301	D
<b>Slough Borough Council</b>	0.02956	0.07176	0.01765	0.07143	0.13130	0.00000	0.00000	0.04596	D
<b>Municipality of Chişinău</b>	0.00000	0.02019	0.00000	0.00000	0.18382	0.00000	0.04893	0.03613	D
<b>Municipality of Pärnu</b>	0.00000	0.01272	0.02941	0.07143	0.13655	0.00000	0.00000	0.03573	D

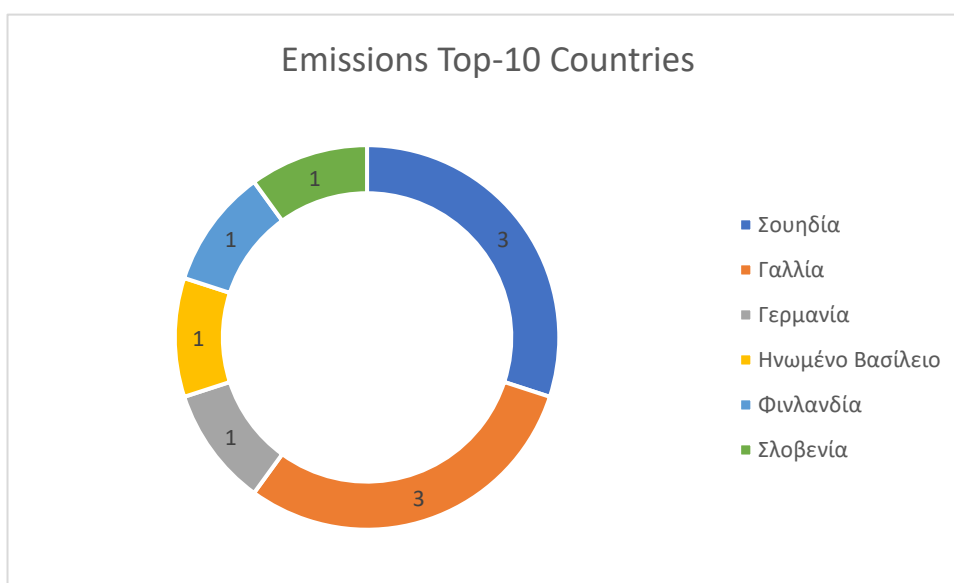
## 4.2 Μετρική Εκπομπών Αερίων



Εικόνα 24: Οι 10 καλύτερες τοπικές κυβερνήσεις στον τομέα των Εκπομπών Αερίων.

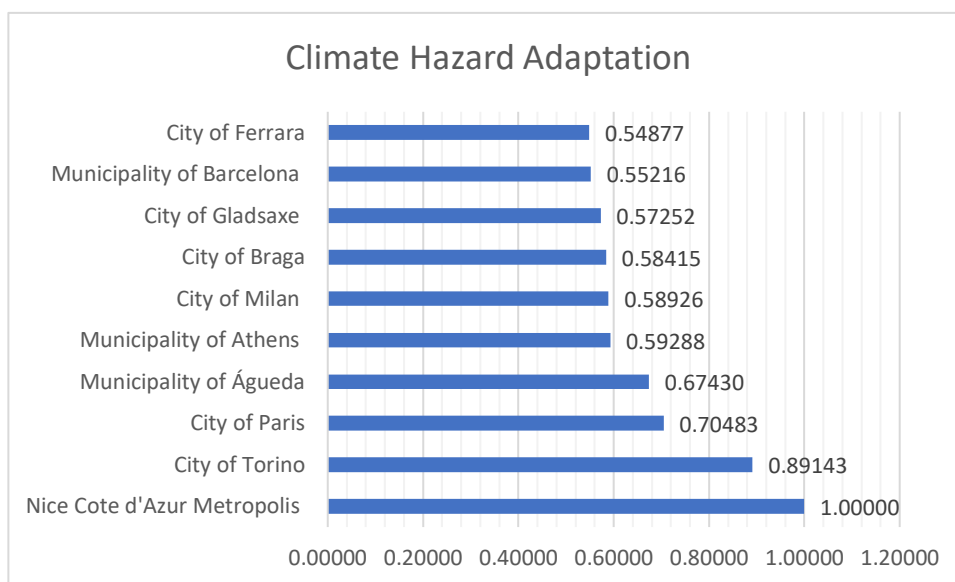
Στην πρώτη θέση αυτής της κατηγορίας, ισοβαθμούν το Βερολίνο με τη Ντιζόν και ακολουθούν Λονδίνο, Ουψάλα, Ουμέα, Παρίσι, Λιουμπλιάνα, Νίκαια, Έσποο και Λουντ.

Με βάση την Εικόνα 25, διαπιστώνεται ότι από τις 10 τοπικές κυβερνήσεις οι 3 ανήκουν στη Σουηδία και άλλες τρεις στη Γαλλία. Το παραπάνω ίσως υποδεικνύει την εφαρμογή κάποιας πολιτικής σε επίπεδο κρατών που εφαρμόζεται σε αυτές τις δύο χώρες και ενδεχομένως να έχει ως αποτέλεσμα οι τοπικές κυβερνήσεις τους να εντοπίζουν τις εκπομπές αερίων, να αντιμετωπίζουν την αύξησή τους και να παρατηρούν τις μεταβολές σε αυτές.



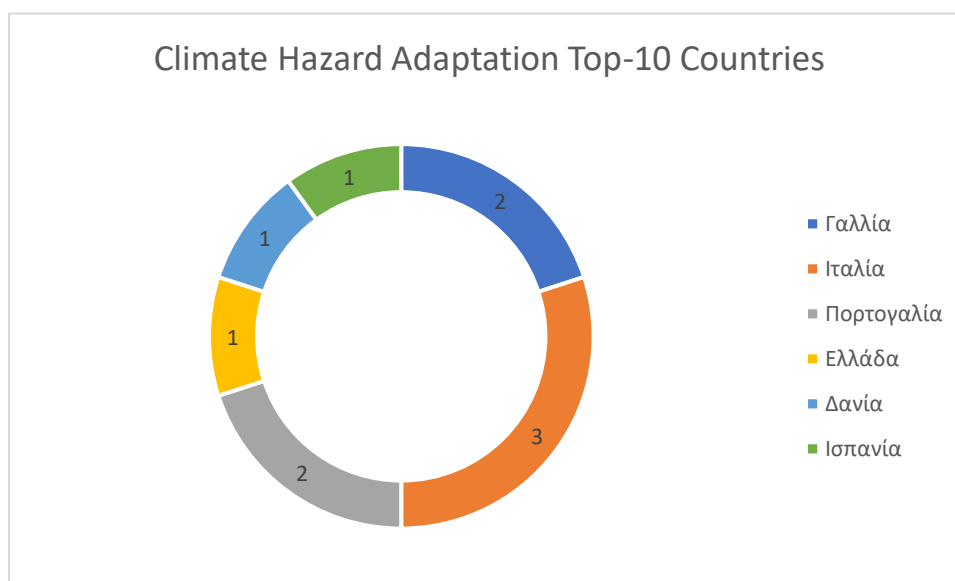
Εικόνα 25: Οι χώρες στις οποίες ανήκουν οι 10 κορυφαίες τοπικές κυβερνήσεις των εκπομπών αερίων.

### 4.3 Μετρική Αντιμετώπισης Κλιματικών Κινδύνων



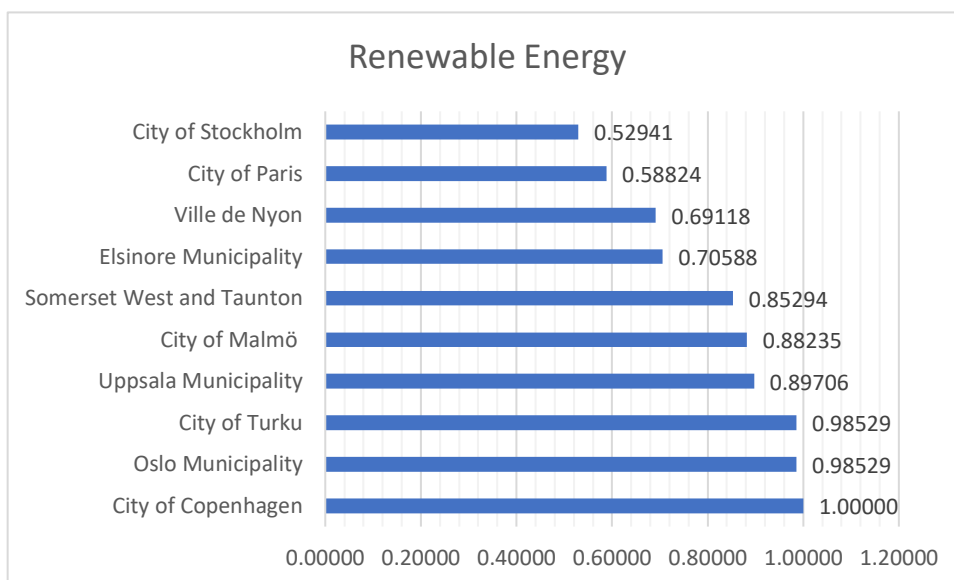
Εικόνα 26: Οι 10 καλύτερες πόλεις στον τομέα της Αντιμετώπισης της Κλιματικής Αλλαγής.

Η τοπική κυβέρνηση με την καλύτερη αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής είναι η Νίκαια, ακολουθούμενη από το Τορίνο. Στην πρώτη πεντάδα ανήκουν επίσης το Παρίσι, η Αγκουέδα και η Αθήνα, ενώ τη δεκάδα συμπληρώνουν το Μιλάνο, η Μπράγκα, το Γκλάντσαζε, η Βαρκελώνη και η Φερράρα. Από τις παραπάνω 10 πόλεις, οι 7 ανήκουν σε Μεσογειακές χώρες όπως φαίνεται και στην Εικόνα 27. Αναζητώντας τη βιβλιογραφία, βρέθηκε ότι 9 από τις 10 πόλεις (με εξαίρεση το Γκλάντσαζε της Δανίας) ανήκουν σε χώρες που συμμετείχαν στο «The Interreg MED Programme 2014-2020» ([139]), το οποίο είχε ως στόχο την προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης στην περιοχή της Μεσογείου και άρα έχουν υιοθετήσει κάποια κοινά μέτρα για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.



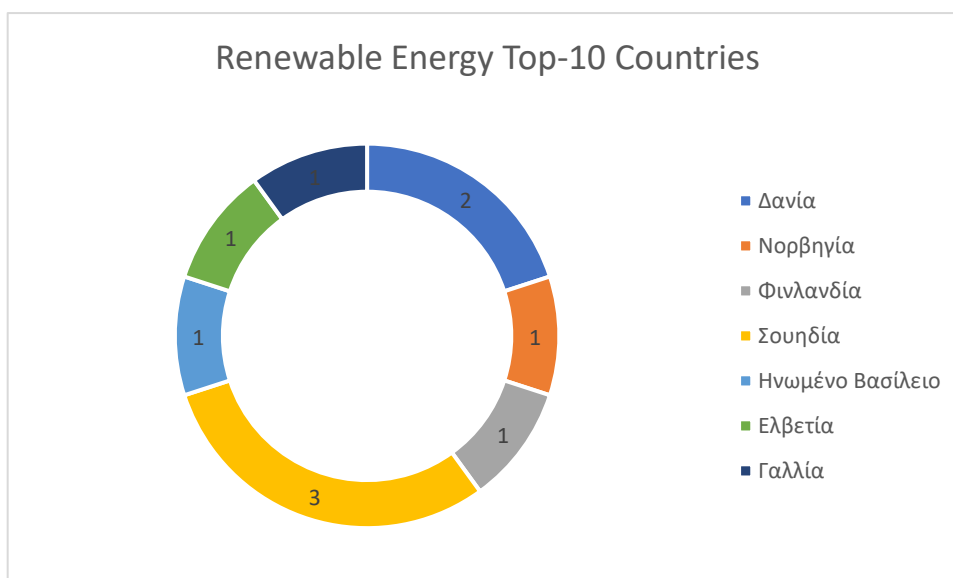
Εικόνα 27: Οι χώρες στις οποίες ανήκουν οι 10 κορυφαίες τοπικές κυβερνήσεις στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

#### 4.4 Μετρική Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας



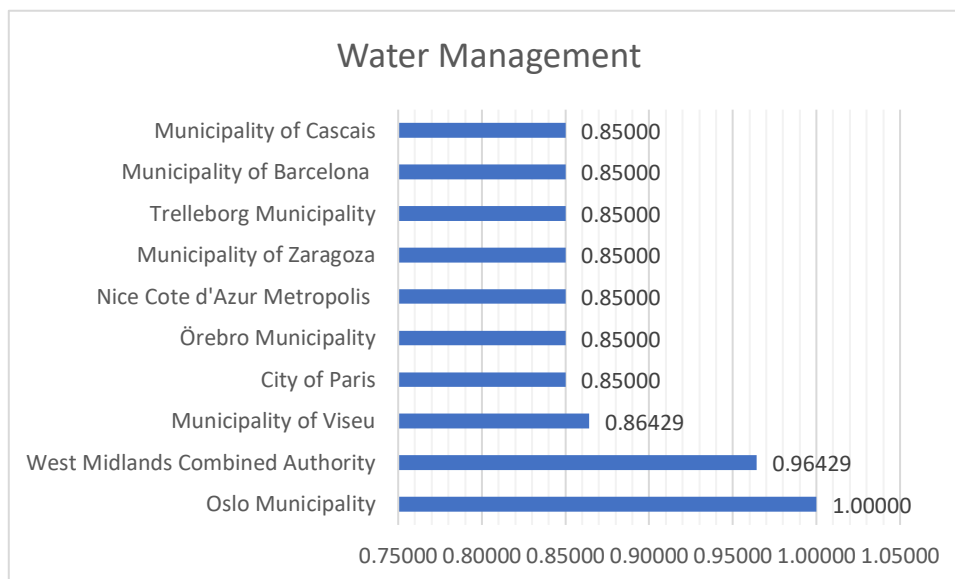
Εικόνα 28: Οι 10 καλύτερες τοπικές κυβερνήσεις στον τομέα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Στις τοπικές κυβερνήσεις με τις 10 μεγαλύτερες τιμές στην ανανεώσιμη ενέργεια ανήκουν η Κοπεγχάγη, το Όσλο, το Τουρκού, η Ουψάλα, το Μάλμε, το Σόμερσετ, η Νιόν, το Παρίσι και η Στοκχόλμη. Διαπιστώνεται ότι 7 από τις 10 κορυφαίες τοπικές κυβερνήσεις ανήκουν σε Σκανδιναβικές χώρες. Το συμπέρασμα αυτό, είναι σύμφωνο με τη βιβλιογραφία η οποία επισημαίνει ότι τα δύο τρίτα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη Σκανδιναβία προέρχονται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αυτό οφείλεται, στη μεγάλη ποσότητα υδροηλεκτρικής ενέργειας της Νορβηγίας και της Σουηδίας, στην καύση βιομάζας στη Φινλανδία και τη Σουηδία, καθώς και στο μερίδιο αιολικής ενέργειας της Δανίας, το οποίο αποτελεί και το υψηλότερο στον κόσμο ([140]).



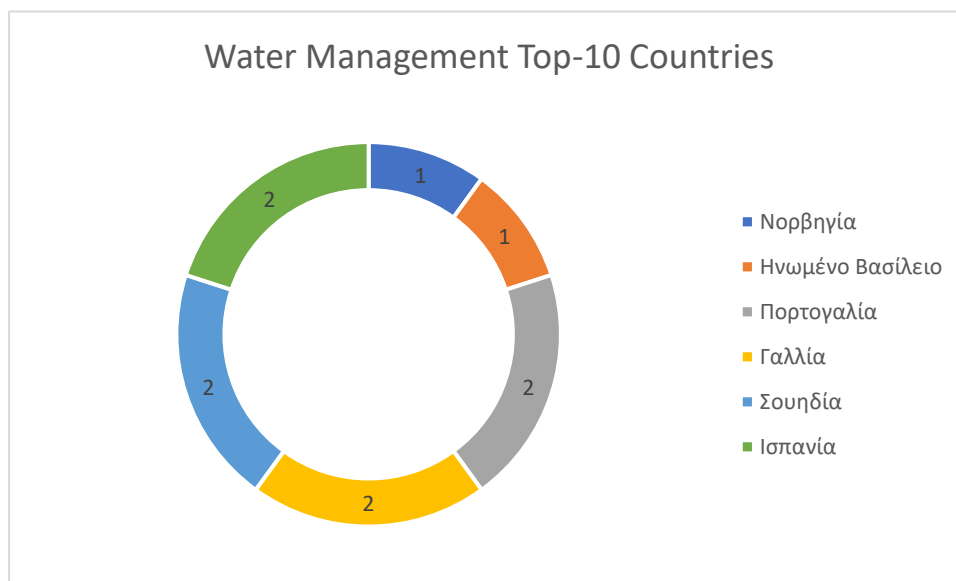
Εικόνα 29: Οι χώρες στις οποίες ανήκουν οι 10 κορυφαίες τοπικές κυβερνήσεις στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

## 4.5 Μετρική Διαχείρισης Υδάτων



Εικόνα 30: Οι 10 καλύτερες τοπικές κυβερνήσεις στον τομέα της Διαχείρισης Υδάτινων Πόρων

Οι πρώτες 10 θέσεις στην κατηγορία αυτή καταλαμβάνονται από Όσλο, Δυτικά Μίντλαντς, Βιζέου, Παρίσι, Όρεμπρο, Νίκαια, Σαραγόσα, Τρέλεμποργκ, Βαρκελώνη και Κασκαίς. Σε αυτή την κατηγορία παρατηρείται ότι όλες οι τοπικές κυβερνήσεις ανήκουν σε χώρες της δυτικής και βορειοδυτικής Ευρώπης.



Εικόνα 31: Οι χώρες στις οποίες ανήκουν οι 10 κορυφαίες τοπικές κυβερνήσεις στη διαχείριση υδάτων.

## 4.6 Μετρική Διαχείρισης Αποβλήτων



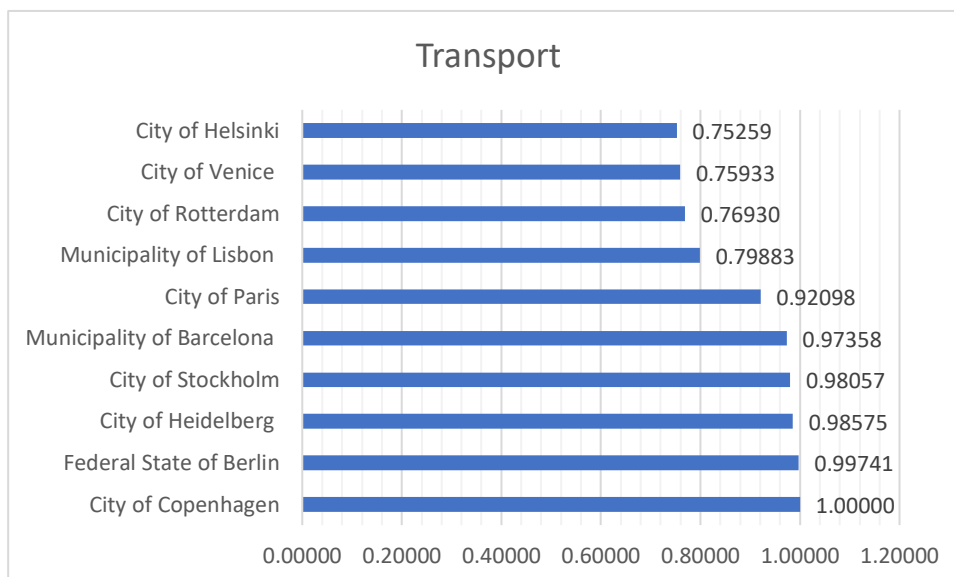
Εικόνα 32: Οι 10 καλύτερες τοπικές κυβερνήσεις στον τομέα της Διαχείρισης Αποβλήτων

Στην πρώτη θέση της διαχείρισης αποβλήτων βρίσκεται το Ρότερνταμ ακολουθούμενο πολύ κοντά από τη Βαρκελώνη και έπειτα από το Παρίσι. Στην πρώτη δεκάδα βρίσκονται επίσης η Λισαβόνα, το Μιλάνο, το Λονδίνο, το Βερολίνο, η Κοπεγχάγη, η Βενετία και η Στοκχόλμη. Στην κατηγορία αυτή δεν φαίνεται να υπάρχει κάποιο ιδιαίτερο γεωγραφικό μοτίβο, αλλά πρόκειται κατά κύριο λόγο για κάποιες από τις μεγαλύτερες ευρωπαϊκές πόλεις και μάλιστα στην πλειονότητά τους αποτελούν ευρωπαϊκές πρωτεύουσες.



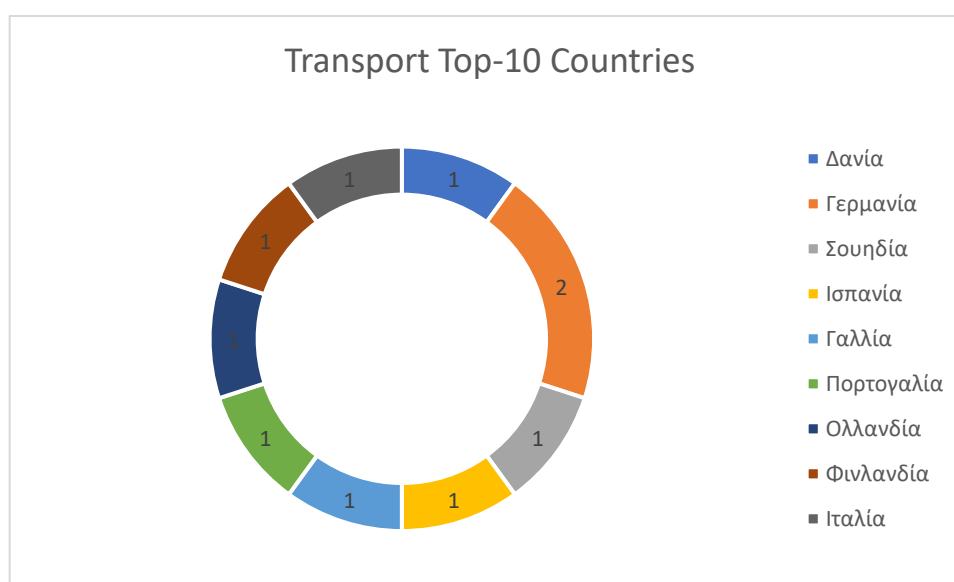
Εικόνα 33: Οι χώρες στις οποίες ανήκουν οι 10 κορυφαίες τοπικές κυβερνήσεις στη διαχείριση αποβλήτων.

## 4.7 Μετρική Μεταφορών



Εικόνα 34: Οι 10 καλύτερες τοπικές κυβερνήσεις στον τομέα των Μεταφορών

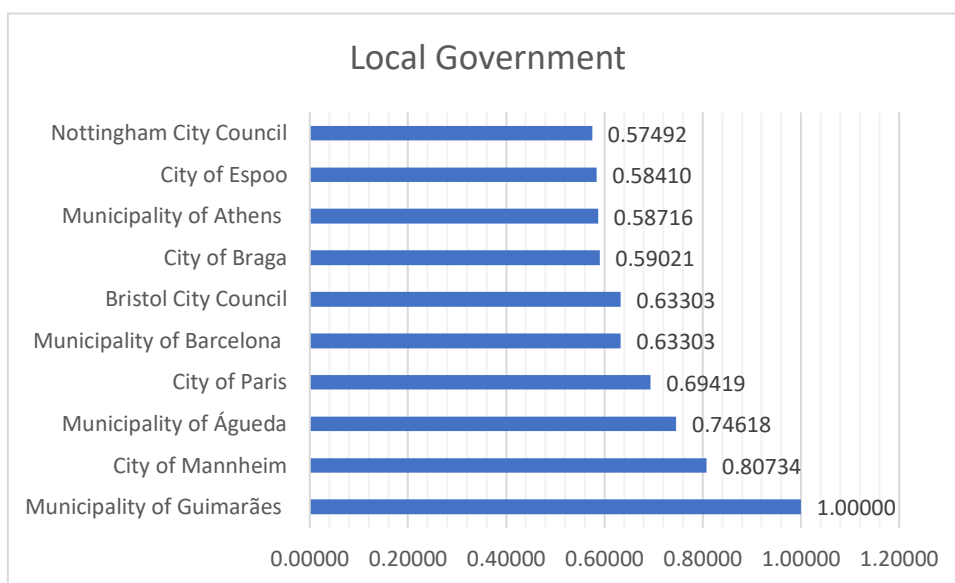
Στην πρώτη πεντάδα βρίσκονται Κοπεγχάγη, Βερολίνο, Χαϊδελβέργη, Στοκχόλμη και Βαρκελώνη. Στην επόμενη, πεντάδα ανήκουν το Παρίσι, η Λισαβόνα, το Ρότερνταμ, η Βενετία και το Ελσίνκι. Η Κοπεγχάγη δικαίως βρίσκεται στην κορυφή αφού θεωρείται η πιο φιλική προς τους ποδηλάτες πόλη στον κόσμο και επιπλέον από τις πιο φιλικές προς τους πεζούς. Επίσης, η Ολλανδία, η Σουηδία, το Ηνωμένο Βασίλειο και η Γερμανία είναι χώρες που έχουν αναπτύξει πολλές ποδηλατικές διαδρομές και ανήκουν στις πιο φιλικές προς τους ποδηλάτες παγκοσμίως. Ταυτόχρονα, το Παρίσι, η Λισαβόνα και η Βενετία αποτελούν ορισμένες από τις πιο φιλικές προς τον πεζό πόλεις στην Ευρώπη ([141]). Επομένως, τα παραπάνω συμπεράσματα συμφωνούν σε ένα βαθμό και με τη βιβλιογραφία.



Εικόνα 35: Οι χώρες στις οποίες ανήκουν οι 10 κορυφαίες τοπικές κυβερνήσεις στις μεταφορές.

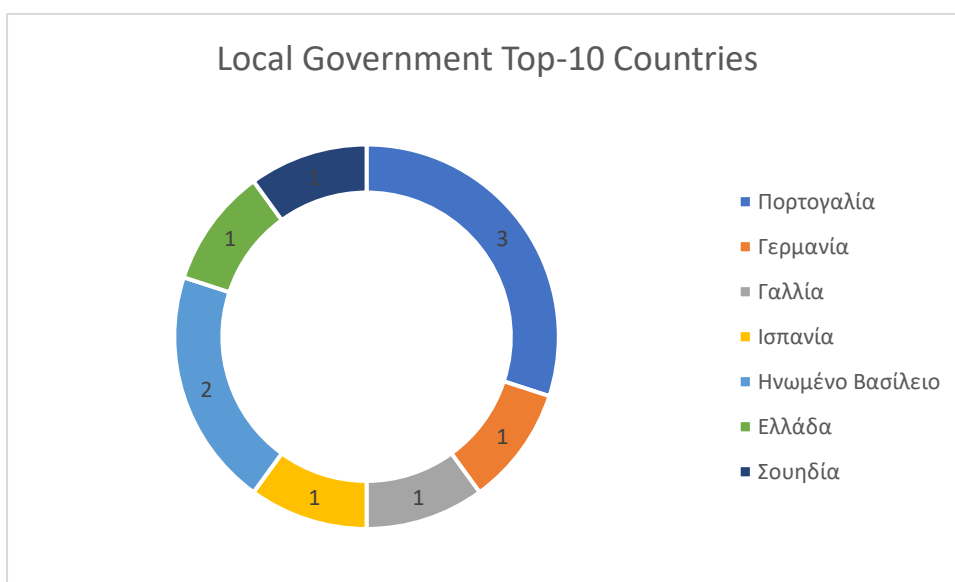


## 4.8 Μετρική Τοπικής Διακυβέρνησης



Εικόνα 36: Οι 10 καλύτερες τοπικές κυβερνήσεις στον τομέα της Τοπικής Διακυβέρνησης

Στις πρώτες 10 θέσεις του δείκτη αυτού βρίσκεται η Γκιμαράες, το Μάνχαιμ, η Αγκουέδα, το Παρίσι, η Βαρκελώνη, το Μπρίστολ, η Μπράγκα, η Αθήνα, το Έσποο και το Νότινγκαμ. Εδώ δεν μπορεί να εντοπιστεί κάποιος γεωγραφικός συσχετισμός των τοπικών κυβερνήσεων.



Εικόνα 37: Οι χώρες στις οποίες ανήκουν οι 10 κορυφαίες τοπικές κυβερνήσεις στην τοπική διακυβέρνηση.

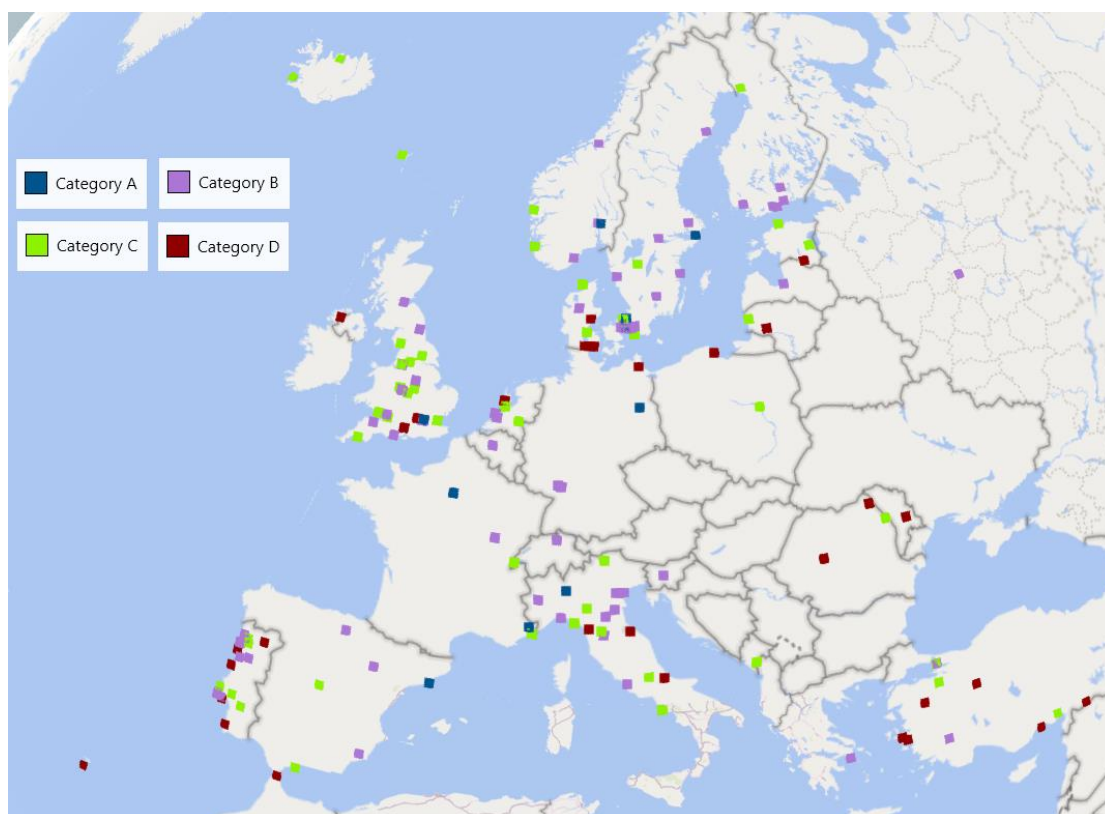
## 4.9 Συγκεντρωτικός Πίνακας Κορυφαίων Τοπικών Κυβερνήσεων ανά Κατηγορία

Πίνακας 13: Συγκεντρωτικός Πίνακας Κορυφαίων Τοπικών Κυβερνήσεων ανά Κατηγορία

Ranking	Emissions	Cl. Haz. Adaptation	Renewable Energy	Water	Waste	Transport	Local Gov.
1	Berlin	Nice	Copenhagen	Oslo	Rotterdam	Copenhagen	Guimarães
2	Dijon	Torino	Oslo	West Midlands	Barcelona	Berlin	Mannheim
3	London	Paris	Turku	Viseu	Paris	Heidelberg	Águeda
4	Uppsala	Águeda	Uppsala	Paris	Lisbon	Stockholm	Paris
5	Umeå	Athens	Malmö	Örebro	Milan	Barcelona	Barcelona
6	Paris	Milan	Somerset	Nice	London	Paris	Bristol
7	Ljubljana	Braga	Elsinore	Zaragoza	Berlin	Lisbon	Braga
8	Nice	Gladsaxe	Nyon	Trelleborg	Copenhagen	Rotterdam	Athens
9	Espoo	Barcelona	Paris	Barcelona	Venice	Venice	Espoo
10	Lund	Ferrara	Stockholm	Cascais	Stockholm	Helsinki	Nottingham

### 4.10 Συνολική Μετρική

Μελετώντας τη γεωγραφική θέση των τοπικών κυβερνήσεων που ανήκουν σε κάθε κατηγορία, είναι εμφανές ότι, στην Ανατολική Ευρώπη, δεν υπάρχουν πόλεις που να έχουν τοποθετηθεί στην κατηγορία Α. Η πλειονότητα των πόλεων ανήκουν στις κατηγορίες Β και C, γεγονός που εξηγείται από τη συσσώρευση των τιμών στα επίπεδα του 0.2-0.3, πολύ κοντά στη μέση τιμή.



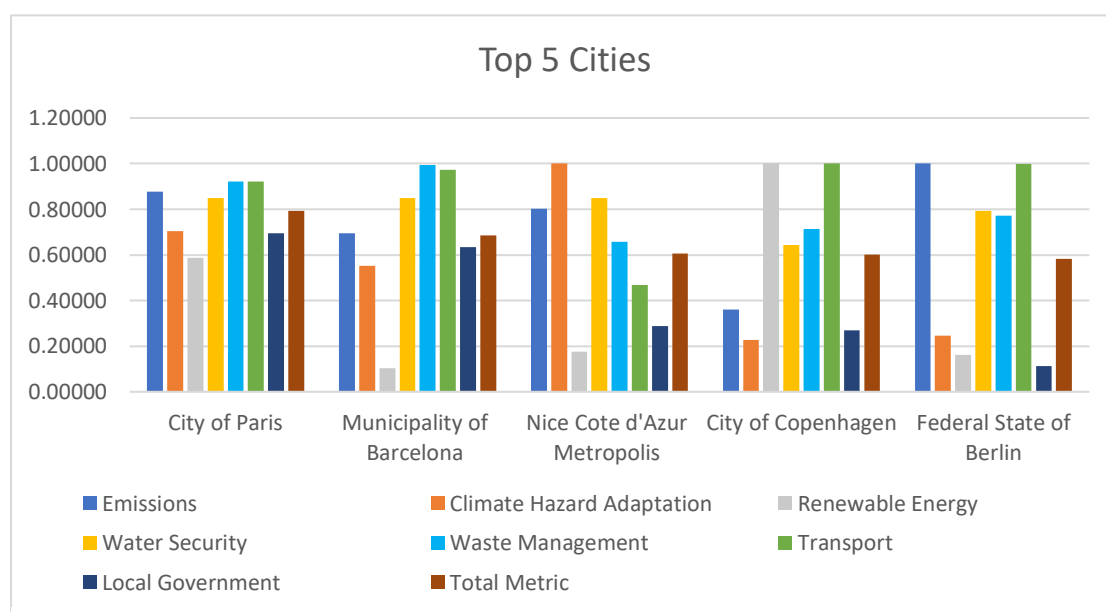
Εικόνα 38: Χάρτης των τοπικών κυβερνήσεων που απάντησαν στο ερωτηματολόγιο. Τα χρώματα εξαρτώνται από την κατηγορία στην οποία κατατάχθηκε η κάθε τοπική κυβέρνηση ανάλογα με τη συνολική μετρική της.

Από τη δεύτερη στήλη του Πίνακα 14, αλλά και το χάρτη που προηγήθηκε, διαπιστώνεται ότι οι τοπικές κυβερνήσεις με την υψηλότερη μετρική ανήκουν σε σκανδιναβικές χώρες ή είναι μεγάλες πόλεις της Βορειοδυτικής Ευρώπης. Το παραπάνω συμπέρασμα είναι σύμφωνο με τη βιβλιογραφία που μελετήθηκε στο Κεφάλαιο 2.

Πίνακας 14: Σύγκριση 10 κορυφαίων τοπικών κυβερνήσεων της Συνολικής Μετρικής που δημιουργήθηκε με αυτές 3 δεικτών της βιβλιογραφίας. Παρατηρείται ότι η πλειονότητά τους εμφανίζεται σε πάνω από έναν δείκτη.

Ranking	Total Metric	Green City Index	Integrated Sustainability Monitoring	Smart City Index
1	Paris	Copenhagen	Stockholm	Helsinki
2	Barcelona	Stockholm	Munich	Zurich
3	Nice Cote d'Azur	Oslo	Espoo	Oslo
4	Copenhagen	Vienna	Helsinki	Copenhagen
5	Berlin	Amsterdam	Copenhagen	Geneva
6	Oslo	Zurich	Tampere	Amsterdam
7	London	Helsinki	Amsterdam	Munich
8	Elsinore	Berlin	Vienna	Dusseldorf
9	Stockholm	Brussels	Frankfurt	London
10	Milan	Paris	Nijmegen	Stockholm

Από τον Πίνακα 13 παρατηρείται ότι το Παρίσι βρίσκεται στην πρώτη δεκάδα σε όλες τις επιμέρους μετρικές. Η Βαρκελώνη βρίσκεται στην πρώτη δεκάδα σε 5 από τις 7 μετρικές ενώ σε 3 από τις 7 βρίσκονται η Νίκαια, η Κοπεγχάγη και το Βερολίνο. Επομένως, είναι λογικό να βρίσκονται στις πρώτες 5 θέσεις της συνολικής μετρικής. Στο διάγραμμα της Εικόνας 34 παρατίθενται όλες οι επιμέρους μετρικές για τις 5 κορυφαίες πόλεις. Παρόλο που το Παρίσι είναι η μόνη πόλη που δεν κατέχει καμία πρώτη θέση, έχει πολύ υψηλές τιμές σε όλες τις μετρικές (άνω του 0.6), γεγονός που το φέρνει στην πρώτη θέση της συνολικής κατάταξης. Διαπιστώνεται, ακόμα, ότι και οι 5 πόλεις έχουν τιμή πάνω από 0.5 σε τουλάχιστον 5 από τις 7 μετρικές. Η συγκεκριμένη παρατήρηση υποδεικνύει ότι οι πόλεις που επενδύουν στον εντοπισμό, την αντιμετώπιση και την παρακολούθηση κλιματικών ζητημάτων το κάνουν σε όλες τις πτυχές του προβλήματος.

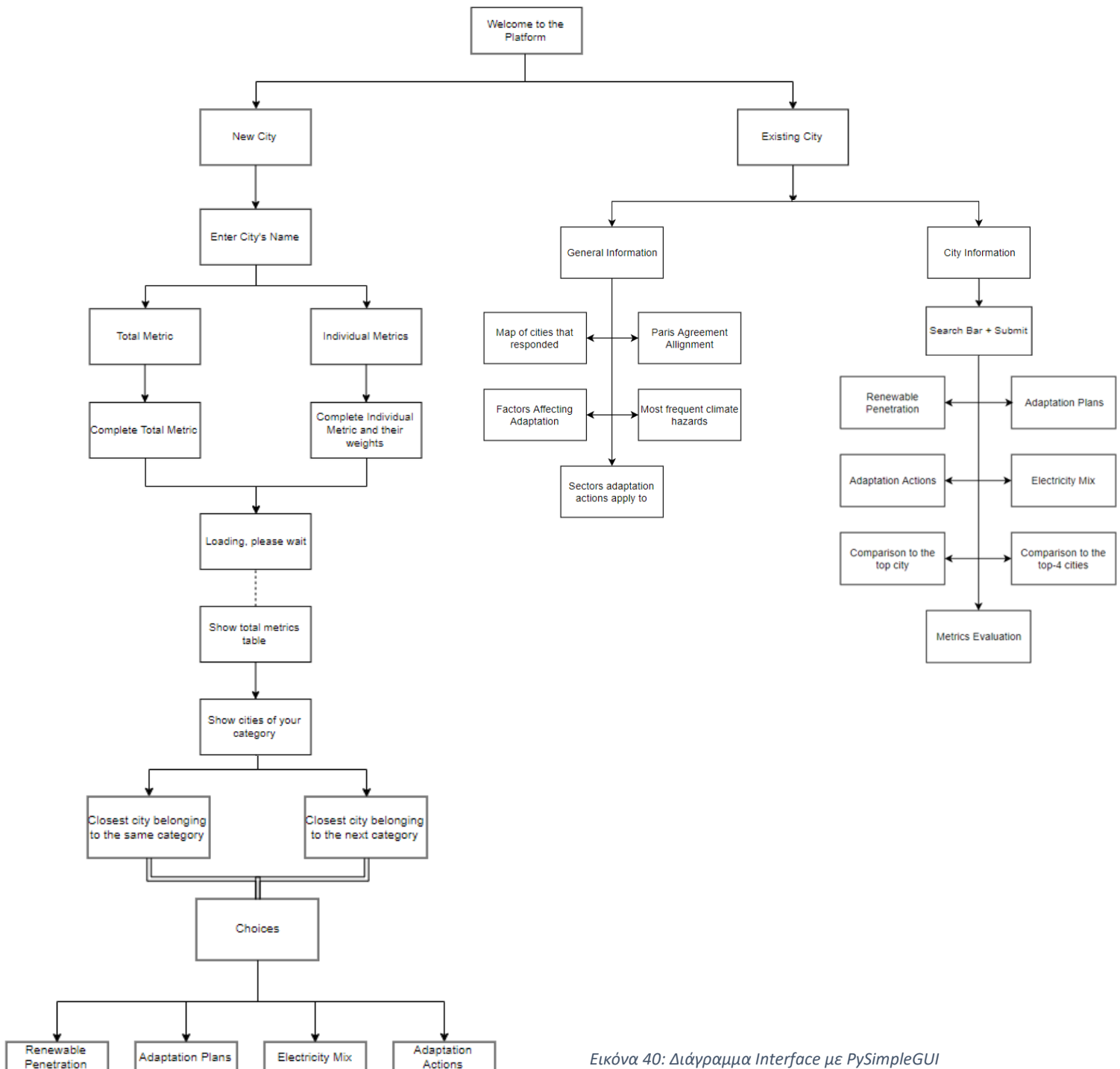


Εικόνα 39: Παρουσίαση Μετρικών για τις 5 πόλεις με τη μεγαλύτερη συνολική μετρική

# Κεφάλαιο 5: Εφαρμογή

## 5.1 Εργαλείο και Σχεδιασμός Εφαρμογής

Για την ανάπτυξη του εργαλείου χρησιμοποιήθηκε το πακέτο PySimpleGUI της Python. Πρόκειται για μία βιβλιοθήκη προσιτή στο χρήστη με την οποία έχει τη δυνατότητα να προσδιορίσει εύκολα τι επιθυμεί να περιέχεται σε κάθε οθόνη, τόσο ως προς το περιεχόμενο όσο και ως προς τη δομή. Πρώτο βήμα αποτέλεσε ο σχεδιασμός των δυνατοτήτων που θα παρέχονται στο χρήστη μέσω της πλατφόρμας. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται αναλυτικά το πλάνο δημιουργίας της διεπαφής μέσω PySimpleGUI.



Εικόνα 40: Διάγραμμα Interface με PySimpleGUI

Όπως φαίνεται κι από το διάγραμμα, μέσω του εργαλείου που δημιουργήθηκε, υλοποιούνται, πέρα από βασικές οπτικοποιήσεις, και μερικές πιο σύνθετες περιπτώσεις χρήσεις των μετρικών που αναπτύχθηκαν στο Κεφάλαιο 3 στη χάραξη πολιτικής σε επίπεδο τοπικών κυβερνήσεων.

Ξεκινώντας από τον πρώτο κλάδο, αν η τοπική κυβέρνηση δεν έχει συμπληρώσει το ερωτηματολόγιο, τότε ο χρήστης καλείται να γράψει το όνομά της. Θεωρείται έπειτα ότι μέσω συμπλήρωσης όλων των ερωτήσεων των μετρικών, ο χρήστης γνωρίζει τη συνολική μετρική του οργανισμού ή τις επιμέρους μετρικές κάθε κατηγορίας. Στην δεύτερη περίπτωση, καλείται επιπλέον να συμπληρώσει τους συντελεστές βαρύτητας των μετρικών προκειμένου να υπολογιστεί η συνολική μετρική με τη μέθοδο του σταθμισμένου μέσου όρου. Ύστερα, εμφανίζεται ο συνολικός πίνακας των μετρικών όλων των τοπικών κυβερνήσεων και, κατόπιν κατηγοριοποίησης της δοθείσας τοπικής κυβέρνησης με βάση το συνολικό δείκτη, παρουσιάζονται οι τοπικές κυβερνήσεις που ανήκουν στην ίδια κατηγορία με αυτή.

Όπως φάνηκε προηγουμένως, η γεωγραφική θέση δύο τοπικών κυβερνήσεων παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στη χάραξη πολιτικής. Μπορεί όταν πρόκειται για τοπικές κυβερνήσεις της ίδιας χώρας να είναι λογικό να ακολουθείται μία ευρεία, όμοια πολιτική, αλλά σύμφωνα με το κεφάλαιο 3.5.6 και τοπικές κυβερνήσεις γειτονικών χωρών παρουσιάζουν ομοιότητες. Για την αξιοποίηση αυτής της πληροφορίας, δίνονται στο χρήστη δύο επιλογές: είτε να του εμφανιστεί η κοντινότερη γεωγραφικά τοπική κυβέρνηση της ίδιας κατηγορίας είτε της αμέσως υψηλότερης. Στην πρώτη περίπτωση, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να συγκρίνει την τοπική κυβέρνησή του με αυτήν που ανήκει στην ίδια κατηγορία και πιθανώς, λόγω απόστασης, να ακολουθεί παρεμφερείς πολιτικές. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να γίνεται η μεταξύ τους σύγκριση και να υιοθετηθούν όποιες προτάσεις θεωρηθούν συμβατές με τις τρέχουσες ανάγκες της τοπικής κυβέρνησης. Στη δεύτερη περίπτωση, κατ' αντιστοιχία, δίνεται η δυνατότητα να συγκριθεί η τοπική κυβέρνηση με την κοντινότερή της από την αμέσως ανώτερη κατηγορία. Έτσι, προτείνονται σε αυτήν οι δράσεις εκείνες που, όχι απλά θα τη βελτιώσουν, αλλά πιθανώς θα την προωθήσουν και σε ανώτερη κατηγορία. Τα δεδομένα που μπορεί να δει ο χρήστης για την κοντινότερη τοπική κυβέρνηση είναι το μίγμα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που χρησιμοποιούνται, τα πλάνα προσαρμογής, το μίγμα ηλεκτρικής ενέργειας και τις δράσεις προσαρμογής για κάθε κλιματικό κίνδυνο που αντιμετωπίζει. Σε επόμενο στάδιο, πέρα από την κοντινότερη γεωγραφικά τοπική κυβέρνηση, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και άλλοι δείκτες ομοιότητας ως προτάσεις για κάθε μία. Για παράδειγμα, με εφαρμογή ομοιότητας συνημιτόνου, θα υπολογίζεται ποια τοπική κυβέρνηση είναι η κοντινότερη της άλλης και με βάση αυτή θα γίνονται οι σχετικές οπτικοποιήσεις.

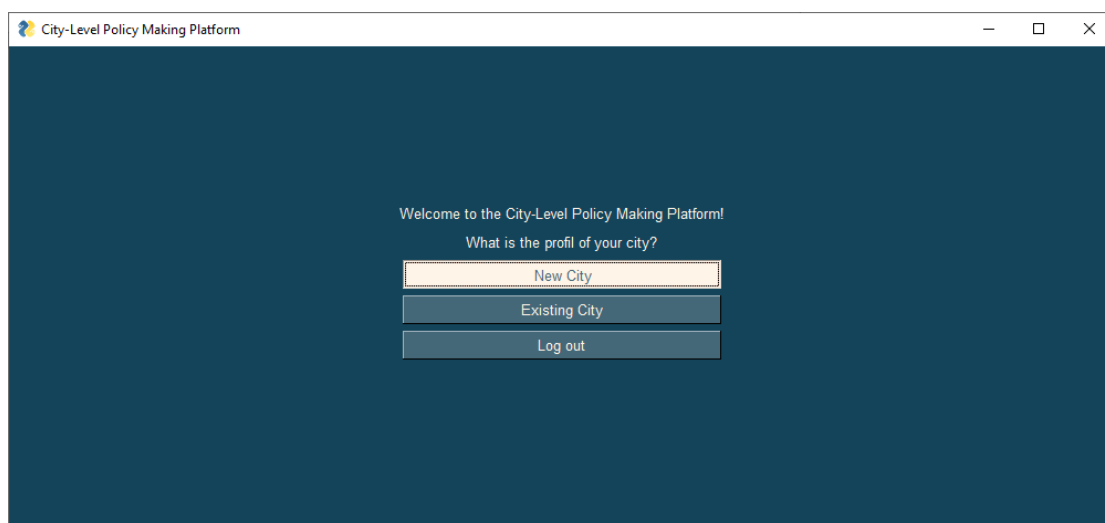
Συνεχίζοντας με το δεύτερο κλάδο του διαγράμματος, ο χρήστης μπορεί να ψάξει μέσω μπάρας αναζήτησης την τοπική κυβέρνηση που επιθυμεί, με την προϋπόθεση, βέβαια, αυτή να έχει συμπληρώσει το ερωτηματολόγιο. Πατώντας το κουμπί υποβολής εμφανίζονται οι ίδιες επιλογές με προηγουμένως και επιπλέον η σύγκριση με την κορυφαία τοπική κυβέρνηση σε ραβδόγραμμα και η σύγκριση με τις 4 καλύτερες τοπικές κυβερνήσεις σε διάγραμμα αράχνης. Με τις δύο νέες επιλογές που παρέχονται, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να συγκρίνει κάθε επιμέρους μετρική της τοπικής κυβέρνησης που τον ενδιαφέρει με τις καλύτερες προκειμένου να δει σε ποιες υστερεί και σε ποιες κυριαρχεί. Επίσης, παρουσιάζονται ορισμένες γενικές πληροφορίες για τις τοπικές κυβερνήσεις που συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο, μεταξύ των οποίων η θέση τους στο χάρτη, οι συχνότεροι κλιματικοί κίνδυνοι, οι συχνότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την προσαρμογή. Μία ακόμα επιλογή είναι η εμφάνιση σε ραβδόγραμμα των επιμέρους μετρικών της τοπικής κυβέρνησης με κατάλληλο χρώμα ανάλογα με την τιμή καθεμίας από αυτές. Με τον τρόπο αυτό, γίνεται φανερό πού πρέπει να στοχεύσει η κάθε μία και πού υπάρχουν τα μεγαλύτερα περιθώρια βελτίωσης. Με βάση το τελευταίο διάγραμμα, εμφανίζεται και η αναφορά, προσαρμοσμένη σε κάθε τοπική κυβέρνηση, με προτάσεις

βελτίωσης σε κάθε επιμέρους κατηγορία ανάλογα με την απόδοσή της σε αυτή και τα μέτρα που έχει ήδη λάβει.

## 5.2 Πρώτη Περίπτωση Χρήσης

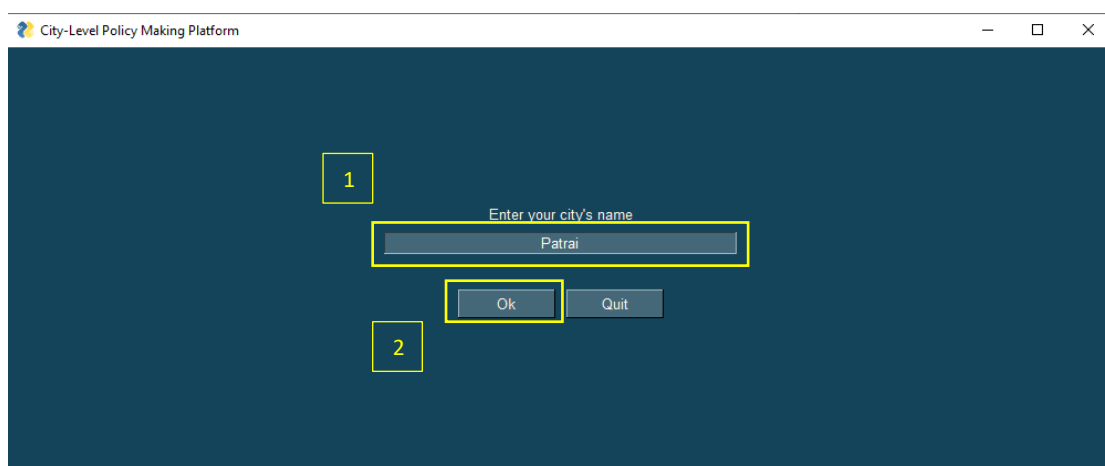
Έστω ότι χρησιμοποιεί την εφαρμογή ένα μέλος του δημοτικού συμβουλίου του δήμου Πατρών. Στόχος του δήμου είναι να υπολογιστεί, με βάση τη συνολική μετρική, η κατηγορία στην οποία ανήκει και να λάβει προτάσεις για πιθανές βελτιώσεις που μπορεί να κάνει στην πολιτική του έτσι ώστε να ανέλθει στην αμέσως επόμενη κατηγορία.

Στην αρχική οθόνη που εμφανίζεται, επιλέγει πως πρόκειται για νέα τοπική κυβέρνηση, αφού δεν έχει συμπληρώσει το ερωτηματολόγιο του ICLEI.



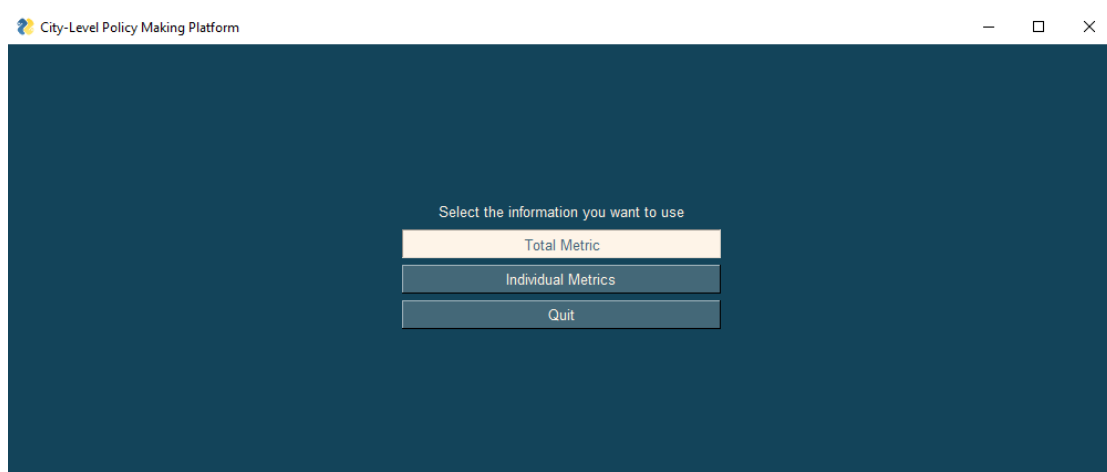
Εικόνα 43: Πρώτη Περίπτωση Χρήσης

Στη συνέχεια, καλείται να συμπληρώσει με λατινικούς χαρακτήρες το όνομα της πόλης, του συμβουλίου ή του δήμου.



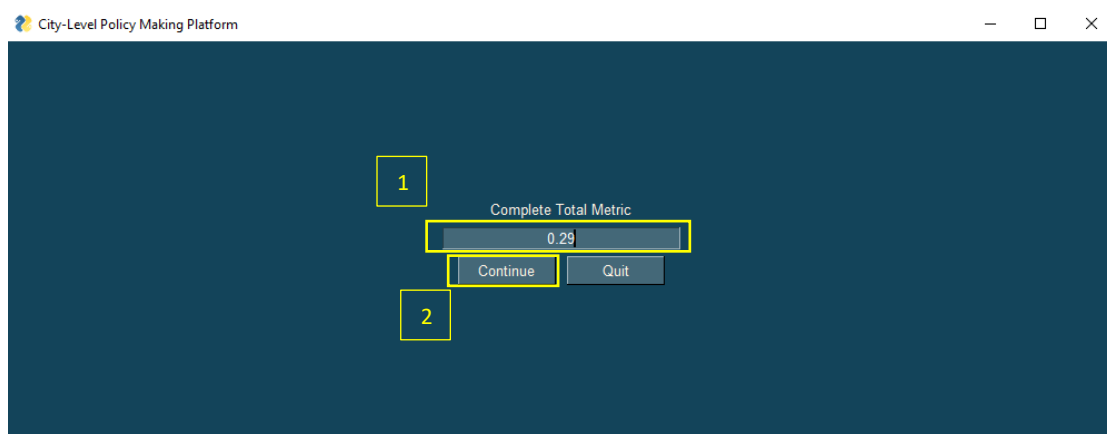
Εικόνα 44: Πρώτη Περίπτωση Χρήσης (1)

Αφού πατήσει το κουμπί επιβεβαίωσης «Ok», μεταβαίνει στην επόμενη οθόνη όπου επιλέγει «Total Metric», καθώς γνωρίζει εκ των προτέρων τη συνολική μετρική της Πάτρας την οποία και συμπληρώνει αμέσως μετά.



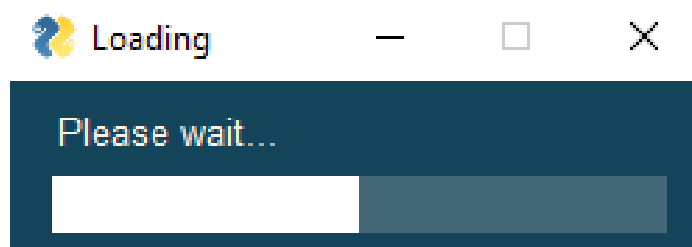
Εικόνα 45: Πρώτη Περίπτωση Χρήσης (2)

Αφού συμπληρωθεί η συνολική τιμή της μετρικής, πατάει το πλήκτρο «Continue»



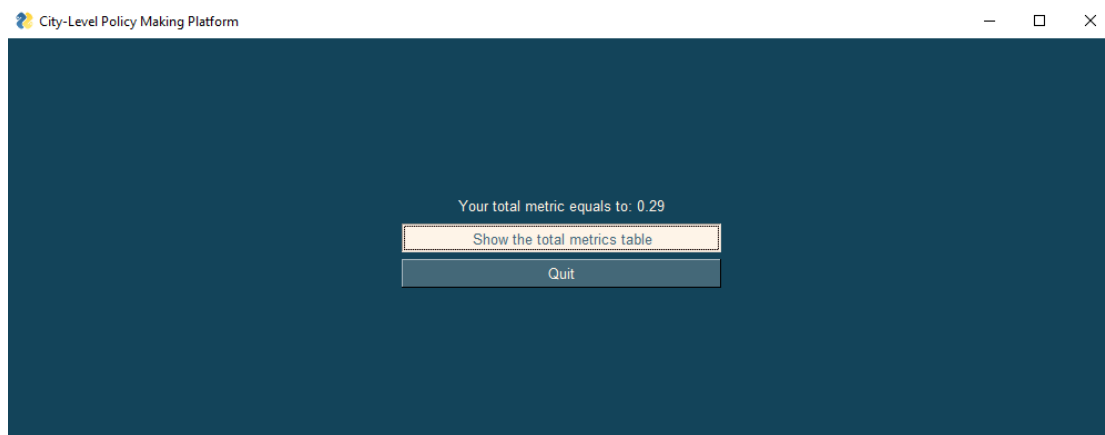
Εικόνα 46: Πρώτη Περίπτωση Χρήσης (3)

Στο σημείο αυτό εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο αναμονής. Η μπάρα του γεμίζει σταδιακά όσο τρέχει από πίσω ο απαιτούμενος κώδικας. Με την ολοκλήρωσή του, το παράθυρο εξαφανίζεται και την θέση του παίρνει η επόμενη οθόνη.



Εικόνα 47: Πρώτη Περίπτωση Χρήσης (4)

Εμφανίζεται ως επιβεβαίωση η συνολική μετρική του χρήστη και συνεχίζει πατώντας το κουμπί «Show the total metrics table».



Εικόνα 48: Πρώτη Περίπτωση Χρήσης (5)

Πατώντας το παραπάνω κουμπί, εμφανίζεται ο συνολικός πίνακας των μετρικών για όλες τις τοπικές κυβερνήσεις που έχουν συμπληρώσει το ερωτηματολόγιο. Μέσω της οριζόντιας γραμμής κύλισης ο χρήστης μπορεί να δει όλες τις επιμέρους μετρικές, τη συνολική μετρική και την κατηγορία μίας τοπικής κυβέρνησης ενώ με χρήση της κατακόρυφης μπορεί να δει τις πληροφορίες για κάθε μία από αυτές.

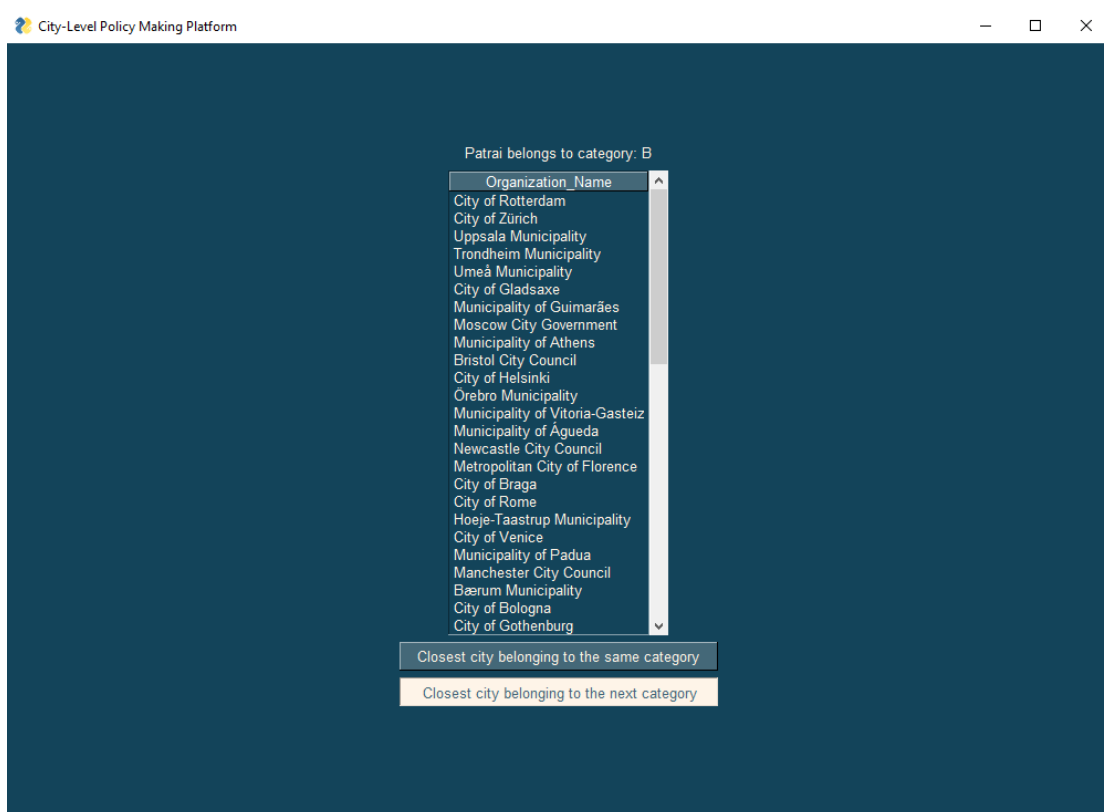
Organization Name	Emissions Metric	Climate Hazard Adaptation	Renewable Energy Metric	Water Security Metric
City of Paris	0.8768472906403941	0.7048346055979644	0.5882352941176471	
Municipality of Barcelona	0.6945812807881773	0.5521628498727735	0.10294117647058823	
Nice Cote d'Azur Metropolis	0.8029556650246306	1.0	0.17647058823529413	
City of Copenhagen	0.35960591133004927	0.22646310432569974	1.0	0.6428571428571428
Federal State of Berlin	1.0	0.24681933842239187	0.16176470588235295	0.7928571428571428
Oslo Municipality	0.4827586206896552	0.30788804071246817	0.9852941176470589	
Greater London Authority	0.9359605911330049	0.45038167938931295	0.5147058823529411	
Elsinore Municipality	0.6305418719211823	0.30788804071246817	0.7058823529411765	0.8142857142857142
City of Stockholm	0.4827586206896552	0.22646310432569974	0.5294117647058824	0.7785714285714285
City of Milan	0.6256157635467979	0.5892564320045236	0.058823529411764705	0.75274725274
City of Espoo	0.7536945812807881	0.36895674300254455	0.45588235294117646	0.7428571428571428
City of Dijon	1.0	0.41374045801526715	0.19117647058823528	0.66938775510
Lund Municipality	0.7487684729064039	0.26717557251908397	0.36764705882352944	0.7190476190
City of Turku	0.43349753694581283	0.26717557251908397	0.9852941176470589	0.7428571428571428
Municipality of Lisbon	0.27586206896551724	0.46734520780322314	0.058823529411764705	0.4857142857142857
City of Malmö	0.3054187192118227	0.25190839694656486	0.8823529411764706	
City of Torino	0.4236453201970443	0.8914334181509753	0.39705882352941174	0.4857142857142857
City of Heidelberg	0.43842364532019706	0.2128922815945717	0.14705882352941177	0.4642857142857142
City of Rotterdam	0.522167487684729	0.2162849872735368	0.058823529411764705	0.5357142857142857
City of Zürich	0.46798029556650245	0.21832061068702288	0.3382352941176471	0.80952380952
Uppsala Municipality	0.9261083743842364	0.270568278201866	0.8970588235294118	0.6714285714285714
Trondheim Municipality	0.5960591133004925	0.40458015267175573	0.36764705882352944	0.6714285714285714
Umeå Municipality	0.9064039408866994	0.1450381679389313	0.45588235294117646	0.6714285714285714
City of Gladsaxe	0.3891625615763547	0.5725190839694656	0.45588235294117646	0.8142857142857142
Municipality of Guimarães	0.4827586206896552	0.5114503816793893	0.029411764705882353	0.4178571428571428

Εικόνα 49: Πρώτη Περίπτωση Χρήσης (6)

Με το πάτημα του κουμπιού της παραπάνω σθόνης, ο δημοτικός σύμβουλος μπορεί να δει την κατηγορία στην οποία ανήκει η Πάτρα, καθώς και όλες τις τοπικές κυβερνήσεις που ανήκουν στην ίδια κατηγορία με αυτήν. Εφόσον ενδιαφέρεται για την αναβάθμιση του δήμου, θα

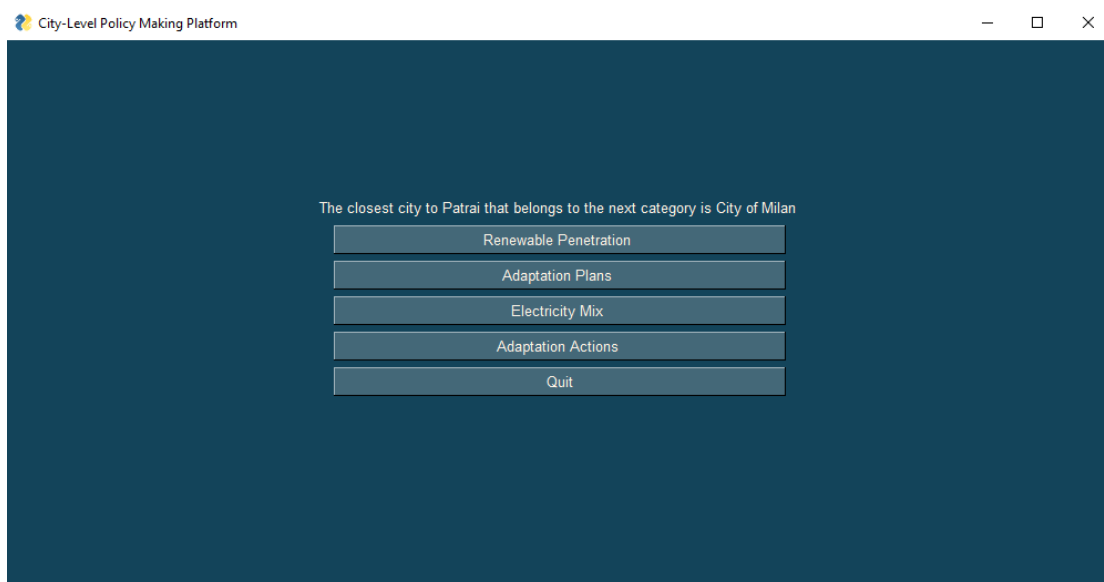


πατήσει το δεύτερο κουμπί το οποίο θα φανερώσει την τοπική κυβέρνηση της παρακάτω λίστας η οποία απέχει την μικρότερη απόσταση γεωγραφικά από την Πάτρα.



Εικόνα 50: Πρώτη Περίπτωση Χρήσης (7)

Όπως φαίνεται παρακάτω, πρόκειται για το Μιλάνο. Ο χρήστης, μπορεί τώρα να δει τις πληροφορίες που τον ενδιαφέρουν.



Εικόνα 51: Πρώτη Περίπτωση Χρήσης (8)

Αρχικά, πατώντας το κουμπί «Adaptation Plans», μπορεί να δει τα πλάνα προσαρμογής που έχει θέσει σε εφαρμογή το Μιλάνο. Με τον τρόπο αυτό, και εφόσον το Μιλάνο είναι σε καλύτερη κατάσταση από την Πάτρα, μπορεί η διακυβέρνηση της δεύτερης να πάρει ιδέες για μελλοντικά πλάνα που μπορεί να εφαρμόσει και τα οποία ενδέχεται να συμβάλουν στην πολιτική προσαρμογής του δήμου Πατρών καθώς και για τον τρόπο αντιμετώπισης κάθε κλιματικού κινδύνου που αντιμετωπίζει.

Adaptation Plan	Year
Piano Aria e Clima - Air Quality and Climate Plan	2020

Εικόνα 52: Πρώτη Περίπτωση Χρήσης (9)

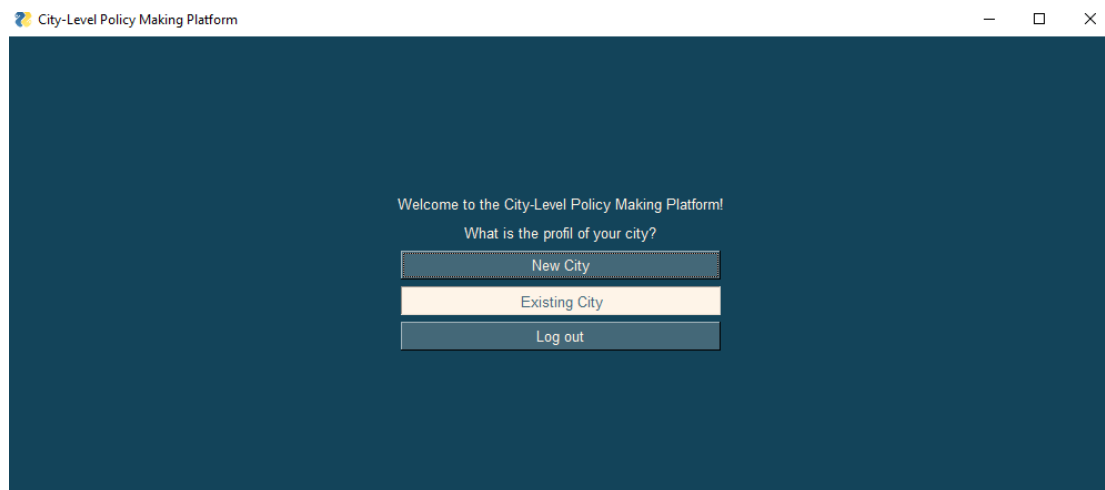
Climate Hazard	Adaptation Action
Extreme hot temperature > Extreme hot days	Tree planting and/or creation of green space
Extreme hot temperature > Heat wave	Incorporating climate change into long-term planning documents
Extreme hot temperature > Heat wave	Community engagement/education
Extreme Precipitation > Rain storm	Incorporating climate change into long-term planning documents
Extreme hot temperature > Extreme hot days	Shading in public spaces, markets
Extreme hot temperature > Heat wave	Heat mapping and thermal imaging
Flood and sea level rise > Flash / surface flood	Resilience and resistance measures for buildings
Extreme hot temperature > Extreme hot days	Tree planting and/or creation of green space
Flood and sea level rise > Flash / surface flood	Soil retention strategies
Extreme hot temperature > Extreme hot days	Cooling centers, pools, water parks/plazas
Extreme hot temperature > Extreme hot days	Public preparedness (including practice exercises/drills)
Water Scarcity > Drought	Economic diversification measures
Extreme hot temperature > Heat wave	Other
Extreme hot temperature > Heat wave	Other
Extreme hot temperature > Extreme hot days	Green roofs/walls
Flood and sea level rise > Flash / surface flood	Flood defences – development and operation & storage

Εικόνα 53: Πρώτη Περίπτωση Χρήσης (10)

## 5.3 Δεύτερη Περίπτωση Χρήσης

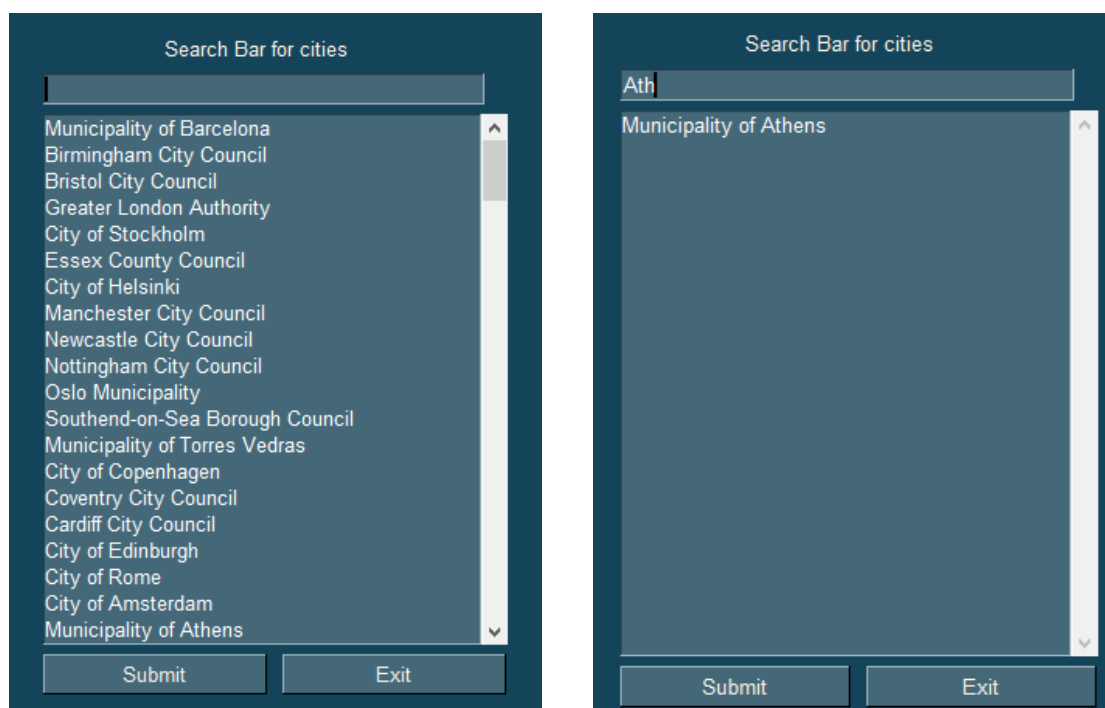
Έστω ότι χρησιμοποιεί την εφαρμογή ένα μέλος της τοπικής διακυβέρνησης της πόλης της Αθήνας, είτε από το Δήμο Αθηναίων είτε από την Περιφέρεια Αττικής. Στόχος της τοπικής κυβέρνησης είναι να συγκρίνει την απόδοση της πόλης με αυτή των κορυφαίων τοπικών κυβερνήσεων στην Ευρώπη και να λάβει εξατομικευμένες προτάσεις για τη βελτίωσή της και κατ' επέκταση για τη βέλτιστη αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

Στην αρχική οθόνη που εμφανίζεται, επιλέγει πως πρόκειται για υπάρχουσα πόλη, αφού έχει συμπληρώσει το ερωτηματολόγιο του ICLEI.



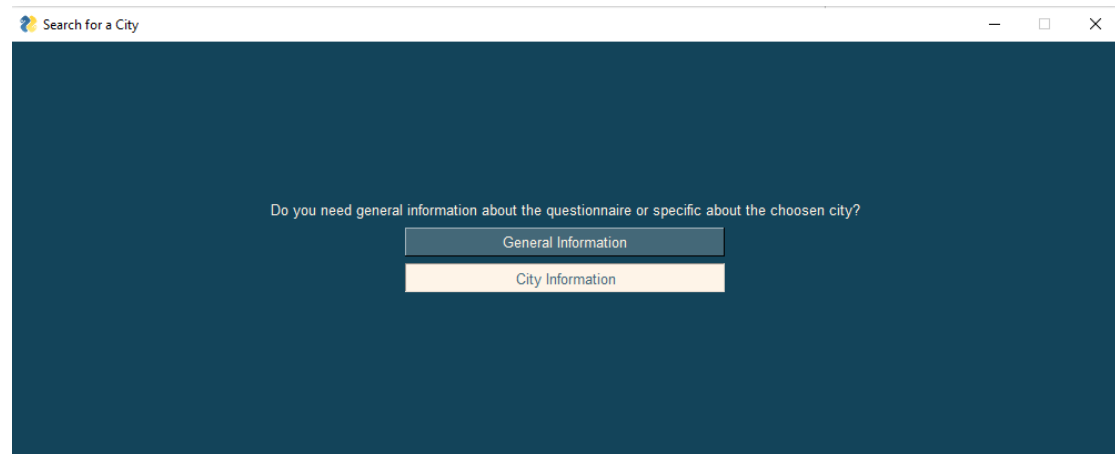
Εικόνα 54: Δεύτερη Περίπτωση Χρήσης

Μέσω της μπάρας αναζήτησης που εμφανίζεται στην επόμενη οθόνη, εντοπίζεται το όνομα της Αθήνας, το οποίο και επιλέγεται.



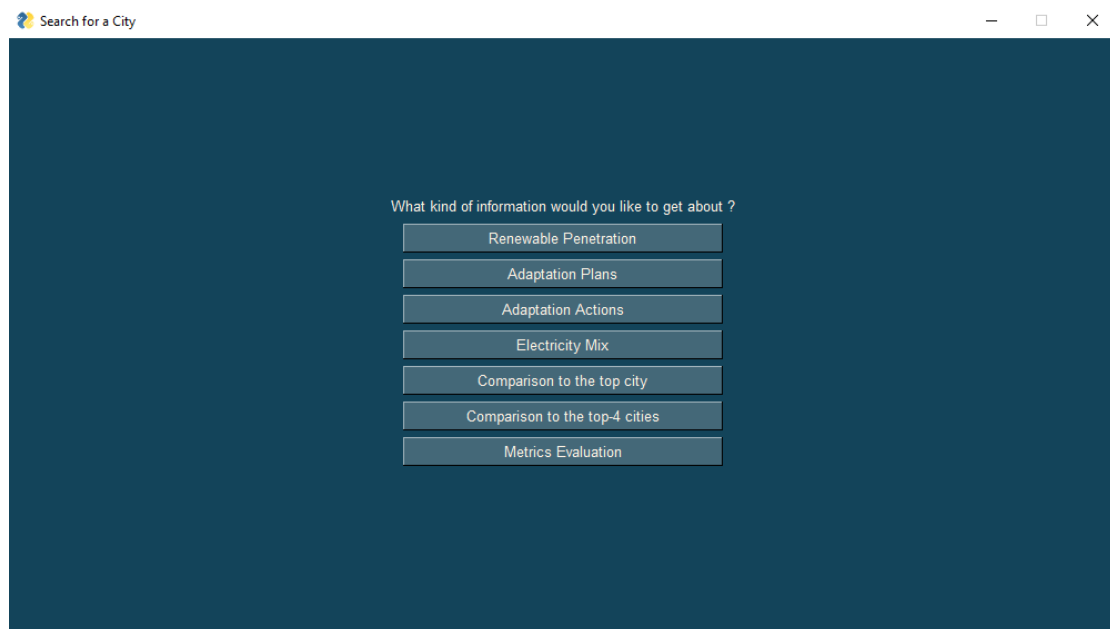
Εικόνα 55: Δεύτερη Περίπτωση Χρήσης (1)

Καθώς οι πληροφορίες που αναζητά ο υπεύθυνος αφορούν συγκεκριμένα το δήμο της Αθήνας, επιλέγεται το «City Information».



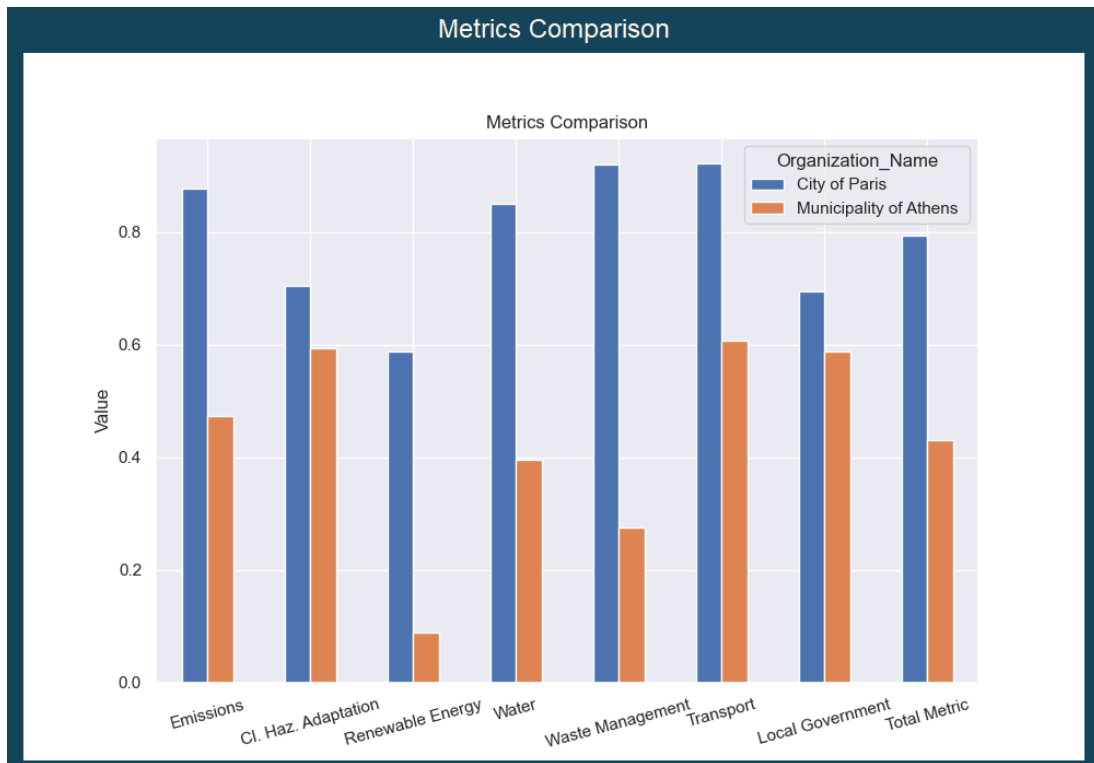
Εικόνα 56: Δεύτερη Περίπτωση Χρήσης (2)

Επιλέγονται διαδοχικά «Comparison to the top city», «Comparison to the top 4 cities», «Metrics Evaluation» προκειμένου να αποκτηθεί η επιθυμητή πληροφορία.



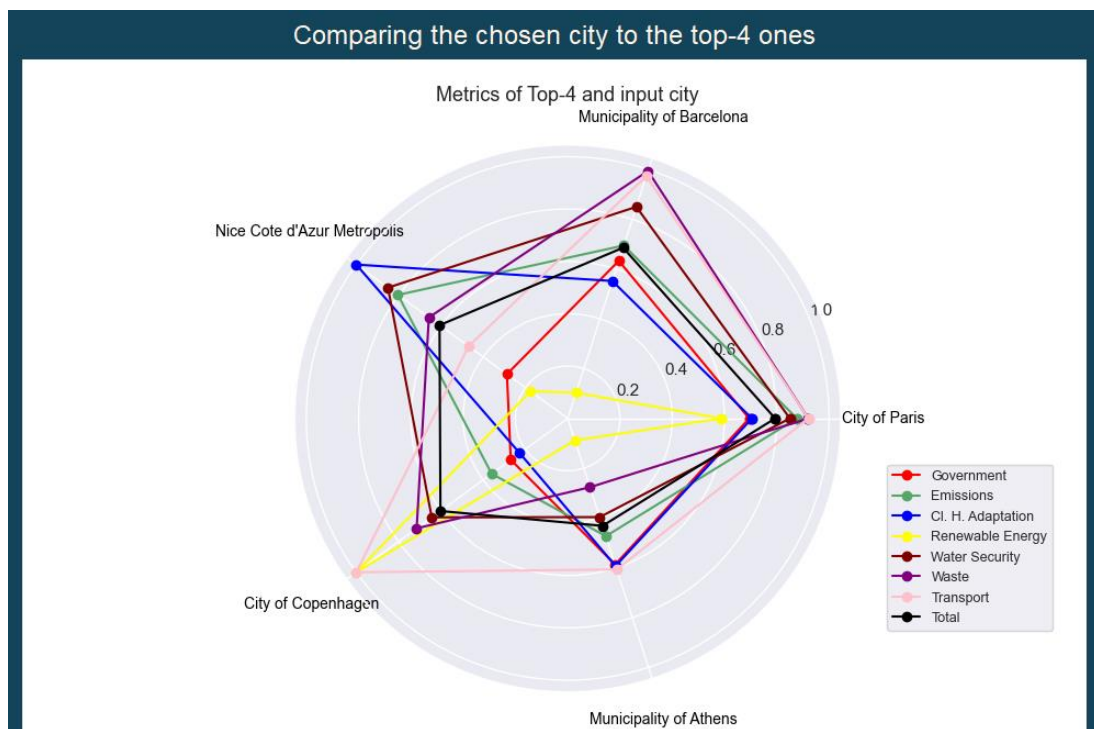
Εικόνα 57: Δεύτερη Περίπτωση Χρήσης (3)

Επιλέγοντας τη σύγκριση με την κορυφαία τοπική κυβέρνηση, φαίνεται η επίδοση της Αθήνας σε αντιπαραβολή με αυτή της πόλης του Παρισιού που βρίσκεται στην πρώτη θέση.



Εικόνα 58: Δεύτερη Περίπτωση Χρήσης (4)

Αυτό που μπορεί να παρατηρήσει η τοπική κυβέρνηση της Αθήνας, είναι ότι ο τομέας στον οποίο κυρίως υστερεί είναι αυτός της Ανανεώσιμης Ενέργειας και είναι αυτός που χρήζει άμεσης βελτίωσης. Ωστόσο, και στις υπόλοιπες μετρικές, με εξαίρεση ίσως της αντιμετώπισης στην κλιματική αλλαγή και της τοπικής διακυβέρνησης, βρίσκεται αρκετά χαμηλότερα από το Παρίσι. Επομένως, είναι σημαντική η εφαρμογή μέτρων σε κάθε τομέα με σκοπό την καλύτερη αντιμετώπιση των τρεχόντων κλιματικών ζητημάτων.

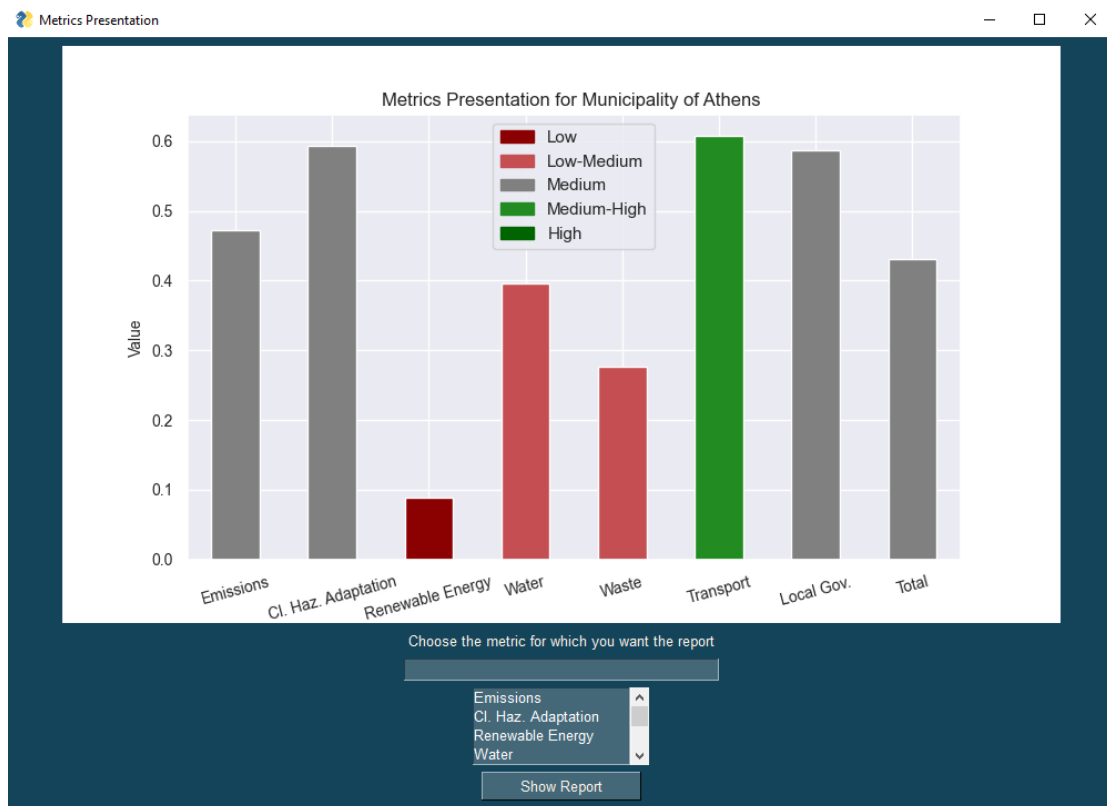


Εικόνα 59: Δεύτερη Περίπτωση Χρήσης (5)

Επιλέγοντας τη σύγκριση με τις τέσσερις καλύτερες τοπικές κυβερνήσεις της κατάταξης, ο χρήστης μπορεί να ενημερωθεί για την επίδοση των 5 τοπικών κυβερνήσεων στις επιμέρους μετρικές και είναι σε θέση να βγάλει συμπεράσματα για τη βελτίωση της Αθήνας.

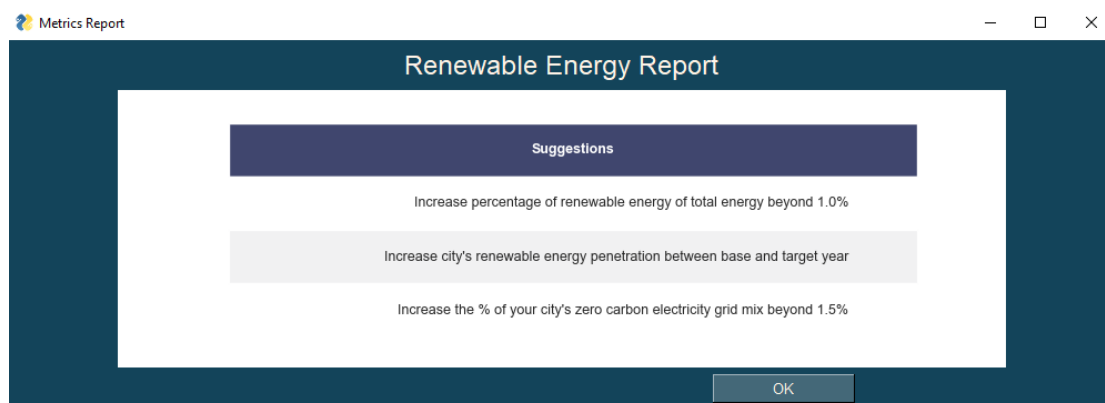
Συγκεκριμένα, διαπιστώνεται ότι η Αθήνα δεν υστερεί έναντι των κορυφαίων τοπικών κυβερνήσεων στον τομέα της τοπικής διακυβέρνησης και της αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής καθώς, σε σύγκριση με τουλάχιστον δύο από τις τέσσερις πρώτες τοπικές κυβερνήσεις, έχει πολύ κοντινές, αν όχι και υψηλότερες τιμές στις μετρικές αυτές. Εκεί που απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή είναι στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπου η τιμή της μετρικής είναι γύρω στο 0.1, και στον τομέα της διαχείρισης αποβλήτων όπου υστερεί σημαντικά σε σχέση με τις υπόλοιπες πόλεις. Με τον τρόπο αυτό, οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής της Αθήνας, ενημερώνονται για τους τομείς εκείνους που χρήζουν άμεσης βελτίωσης μέσω εφαρμογής κατάλληλων μέτρων, δράσεων και αποφάσεων.

Την προσπάθεια εντοπισμού των αδύναμων σημείων της πολιτικής μίας τοπικής κυβέρνησης και των κατάλληλων δράσεων για την ενίσχυσή τους, καλείται να διευκολύνει η επόμενη λειτουργία της πλατφόρμας. Μέσω της αξιολόγησης των μετρικών, η τοπική κυβέρνηση της Αθήνας λαμβάνει ένα γράφημα στο οποίο αξιολογούνται οι επιμέρους μετρικές της. Ο διαχωρισμός έχει γίνει στα διαστήματα  $[0, 0.2)$ ,  $[0.2, 0.4)$ ,  $[0.4, 0.6)$ ,  $[0.6, 0.8)$  και  $[0.8, 1.0]$  στα οποία έχουν δοθεί οι ετικέτες Low, Low-Medium, Medium, Medium-High και High αντίστοιχα. Ανάλογα με την ετικέτα κάθε μετρικής, η μπάρα σχεδιάζεται με διαφορετικό χρώμα όπως φαίνεται και στο ακόλουθο σχήμα.



Εικόνα 61: Δεύτερη Περίπτωση Χρήσης (6)

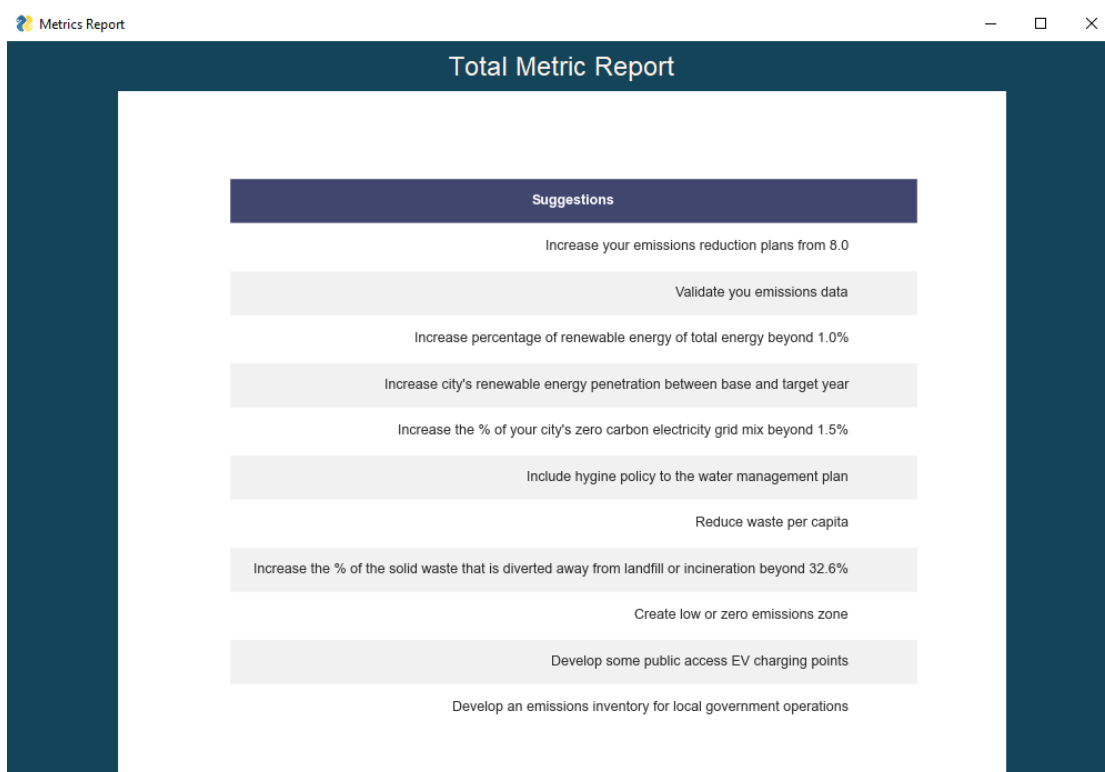
Στο κάτω μέρος της προηγούμενης οθόνης, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την κατηγορία για την οποία επιθυμεί να δει την αναφορά της πόλης του. Για παράδειγμα, για την Αθήνα, εφόσον το ενδιαφέρον κινείται γύρω από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας λόγω της χαμηλής απόδοσης, ο υπεύθυνος ενδιαφέρεται να πάρει ορισμένες εξατομικευμένες προτάσεις για βελτίωση τους.



Εικόνα 62: Δεύτερη Περίπτωση Χρήσης (7)

Συγκεκριμένα, προτείνεται στην Αθήνα η αύξηση του ποσοστού των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, το οποίο το 2020 είναι στο 1.0% με βάση το ερωτηματολόγιο του ICLEI που συμπλήρωσε. Επίσης, προτείνεται να τεθούν υψηλότεροι στόχοι μέσω πλάνων για την ευρύτερη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τέλος, μία επιπλέον πρόταση αποτελεί η χρήση zero-carbon πηγών ενέργειας, κάτι που μέχρι στιγμής ισχύει μόνο κατά το 1%.

Επιλέγοντας «Total Metric» για την παρουσίαση προτάσεων, ο χρήστης βλέπει όλες τις προτάσεις που έχουν γίνει στην Αθήνα, ανεξαρτήτως κατηγορίας.

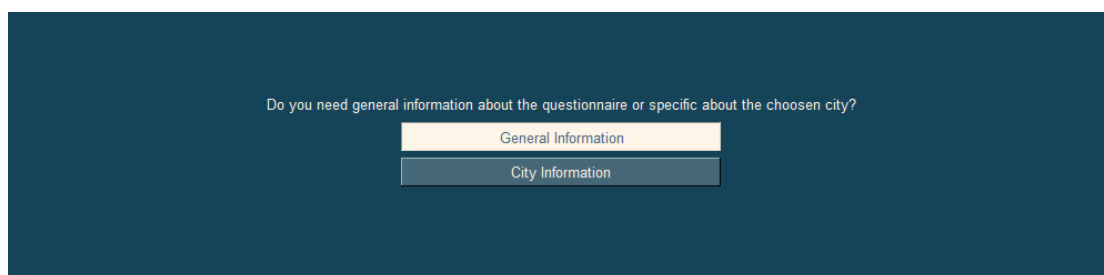


Εικόνα 63: Δεύτερη Περίπτωση Χρήσης (8)

## 5.4 Τρίτη Περίπτωση Χρήσης

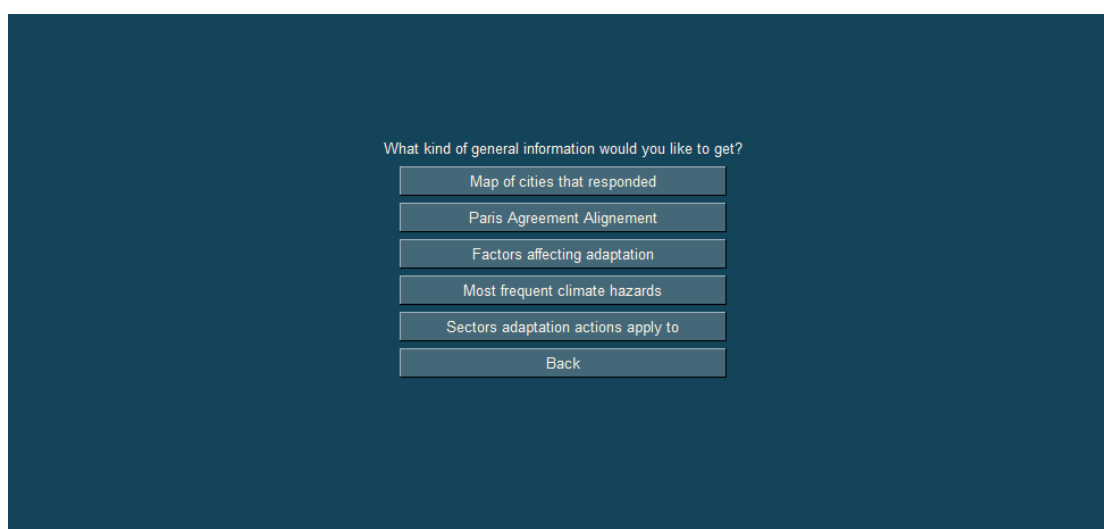
Έστω ότι η επιτροπή της Ευρωπαϊκής Ένωσης που ασχολείται με την κλιματική αλλαγή ή κάποιος άλλος σχετικός φορέας ενδιαφέρεται να αποκτήσει ορισμένες γενικότερες πληροφορίες μέσω του ερωτηματολογίου που έχουν συμπληρώσει οι τοπικές κυβερνήσεις. Στόχος είναι να ληφθούν ορισμένα κοινά μέτρα σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης ανάλογα με τις ανάγκες των τοπικών κυβερνήσεων και να υπολογιστεί ο προϋπολογισμός που απαιτείται για τη λήψη των μέτρων αυτών.

Ο χρήστης σε αυτή την περίπτωση, επιλέγει «General Information».



Εικόνα 64: Τρίτη Περίπτωση Χρήσης

Οι πληροφορίες που μπορεί να λάβει είναι η θέση των τοπικών κυβερνήσεων που έχουν απαντήσει το ερωτηματολόγιο ανάλογα με την κατηγορία στην οποία ανήκουν, το ποσοστό των τοπικών κυβερνήσεων τα μέτρα των οποίων είναι επαρκή για να φτάνουν το στόχο που έχει τεθεί από το Σύμφωνο των Παρισίων, τους παράγοντες που διευκολύνουν ή δυσχεραίνουν την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, τους συχνότερα εμφανιζόμενους κλιματικούς κινδύνους και τους τομείς στους οποίους αφορούν οι δράσεις προσαρμογής.

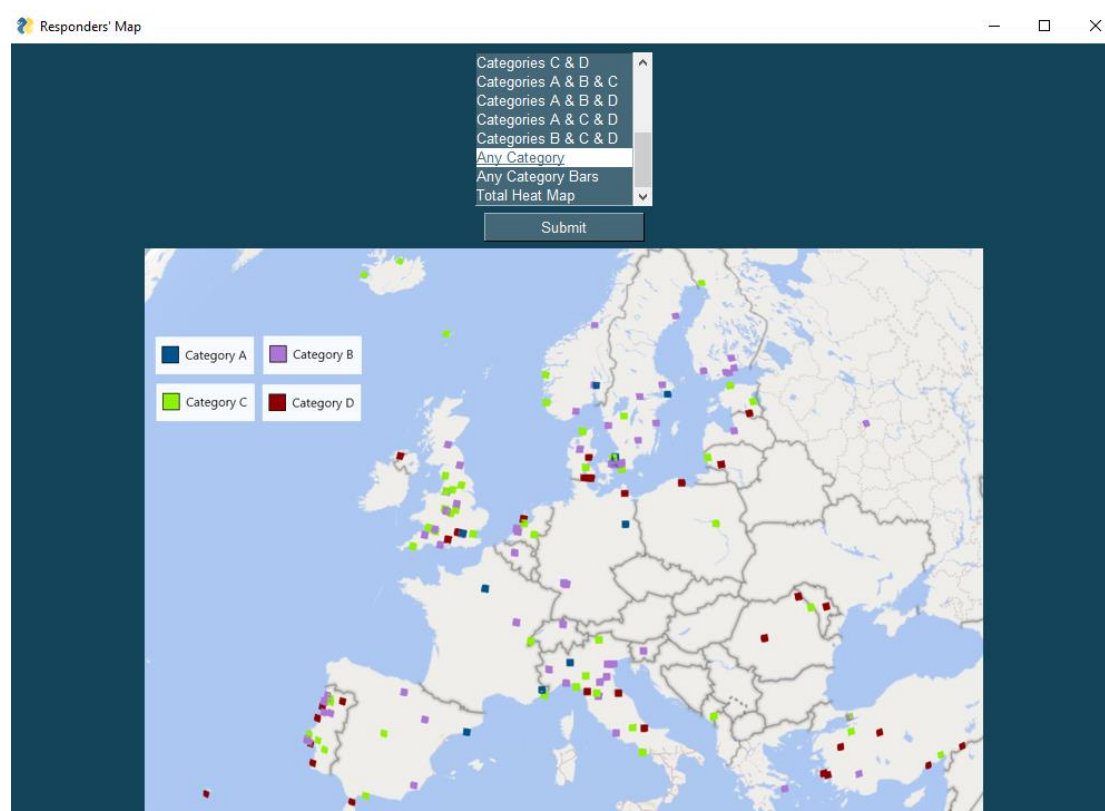


Εικόνα 65: Τρίτη Περίπτωση Χρήσης (1)



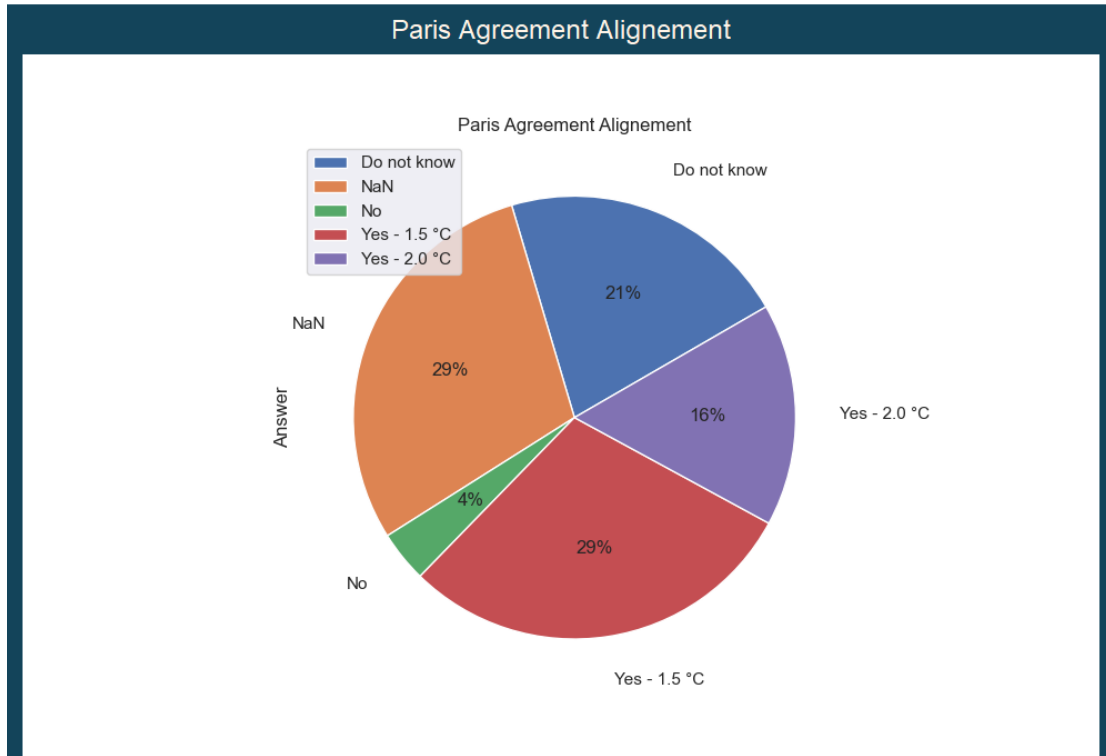
Από τη γεωγραφική θέση των τοπικών κυβερνήσεων που έχουν απαντήσει στο ερωτηματολόγιο, η επιτροπή μπορεί να προβληματιστεί σχετικά με την έλλειψη συμμετεχόντων από την Κεντρική Ευρώπη και τα Βαλκάνια και να αναζητήσει τα αίτια πίσω από αυτή. Είναι πιθανό, να οφείλεται σε ανεπαρκή εξοπλισμό μέτρησης των απαραίτητων στοιχείων και σε αυτή την περίπτωση αξίζει να σκεφτεί την χρηματοδότηση τοπικών κυβερνήσεων με σκοπό την παρακολούθηση όλων των κλιματικών παραγόντων.

Από τη γεωγραφική θέση των συμμετεχόντων που ανήκουν σε κάθε κατηγορία, μπορεί να παρατηρήσει ότι οι υψηλότερες τοπικές κυβερνήσεις στην κατάταξη, όσες δηλαδή ανήκουν στην κατηγορία Α, ανήκουν αποκλειστικά στη Βορειοδυτική Ευρώπη και την Ιβηρική Χερσόνησο και άρα να θέσει επιπρόσθετα μέτρα στην Νότιο-Ανατολική Ευρώπη.



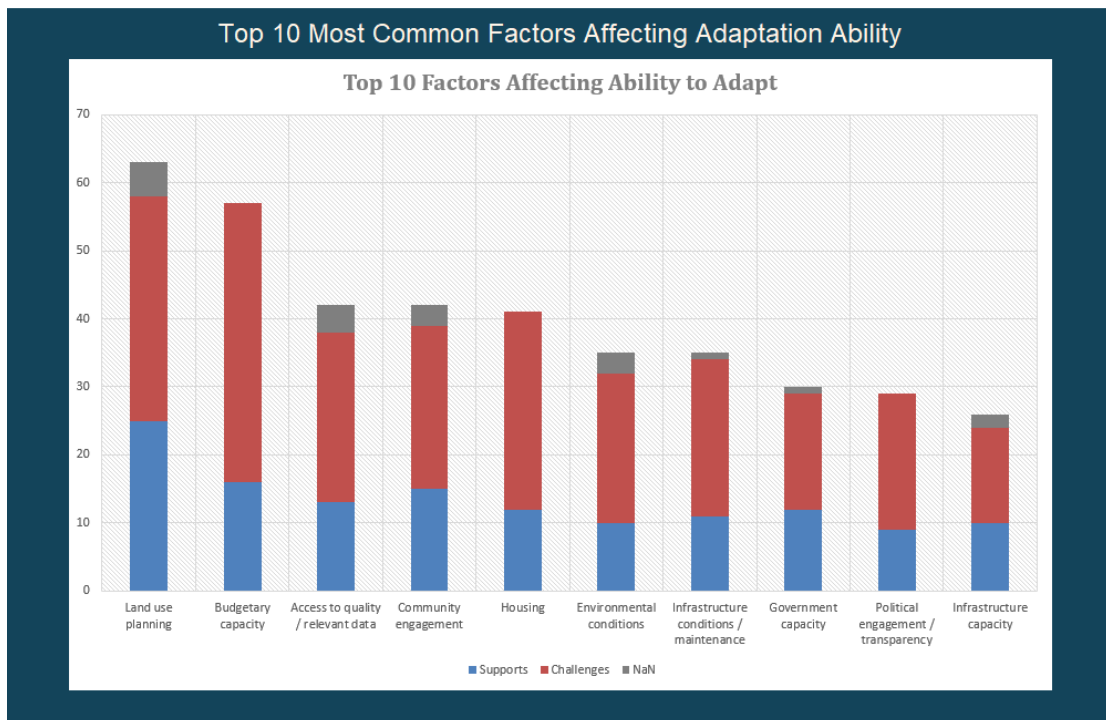
Εικόνα 66: Τρίτη Περίπτωση Χρήσης (2)

Μέσω της επιλογής «Paris Agreement Alignment», η επιτροπή διαπιστώνει ότι το 45% των πόλεων έχουν λάβει μέτρα στην κατεύθυνση της επίτευξης του στόχου των 1.5°-2.0° C. Ακόμα μεγαλύτερο είναι το ποσοστό των τοπικών κυβερνήσεων οι οποίες δεν γνωρίζουν τη συγκεκριμένη πληροφορία, ενώ μόλις το 4% απαντάει πως ο στόχος δεν θα επιτευχθεί. Με βάση αυτή την πληροφορία, η αρμόδια επιτροπή ενδέχεται να προτείνει τη λήψη επιπρόσθετων μέτρων σε επίπεδο κρατών προκειμένου να επιτευχθεί ο παραπάνω στόχος για αυτό το 4% καθώς και να απευθυνθεί στις τοπικές κυβερνήσεις που δήλωσαν αβεβαιότητα στο μέλλον με σκοπό να λάβει οριστικές απαντήσεις.



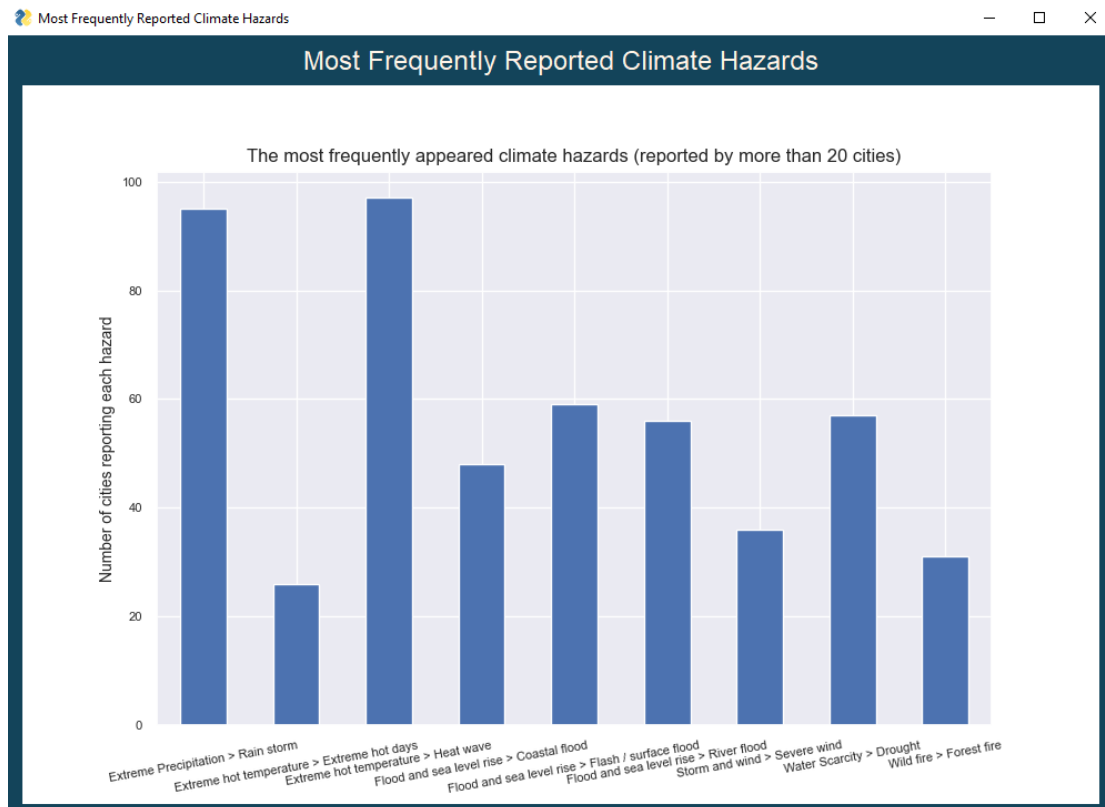
Εικόνα 67: Τρίτη Περίπτωση Χρήσης (3)

Με την επιλογή «Factors Affecting Adaptation», η επιτροπή πληροφορείται για τους 10 συχνότερα εντοπιζόμενους από τις τοπικές κυβερνήσεις παράγοντες που επηρεάζουν την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Σε κάθε μπάρα του διαγράμματος, φαίνεται με κόκκινο ή μπλε το πλήθος των συμμετεχόντων που δηλώνει ότι ο παράγοντας δυσκολεύει ή διευκολύνει την προσαρμογή αντίστοιχα.



Εικόνα 68: Τρίτη Περίπτωση Χρήσης (4)

Μία ιδιαίτερα χρήσιμη πληροφορία δίνεται από το παρακάτω διάγραμμα και αφορά τους κλιματικούς κινδύνους που εντοπίζονται από πολλές τοπικές κυβερνήσεις.



Εικόνα 69: Τρίτη Περίπτωση Χρήσης (5)

Με βάση το διάγραμμα διαπιστώνεται ότι πάνω από 90 τοπικές κυβερνήσεις φοβούνται τον καύσωνα που προκαλείται από ασυνήθιστα υψηλές θερμοκρασίες καθώς και τις έντονες καταιγίδες που προκαλούνται από την ακραία κατακρήμνιση. Έντονη ανησυχία παρατηρείται και για τις επιπτώσεις της ανόδου της στάθμης των θαλασσών. Εφόσον ένα τόσο μεγάλο ποσοστό των τοπικών κυβερνήσεων επισημαίνει κάποιους συγκεκριμένους κλιματικούς κινδύνους η επιτροπή, αφού ενημερωθεί για αυτούς, μπορεί να προτείνει μέτρα αντιμετώπισής τους και να ζητήσει τον απαιτούμενο εξοπλισμό και τη σύσταση ειδικών ομάδων διαχείρισης κινδύνων για περιπτώσεις έκτακτης ή μη εμφάνισής τους.

Γίνεται φανερό ότι πρόκειται για εργαλείο που μπορεί να προσελκύσει διάφορα είδη χρηστών και να συμβάλει στη λήψη αποφάσεων σχετικών με τη κλιματική αλλαγή.

## Κεφάλαιο 6: Επίλογος

Συνοψίζοντας, δημιουργήθηκαν μετρικές βασισμένες στις ερωτήσεις που περιείχε το ερωτηματολόγιο του ICLEI με σκοπό την κατάταξη των τοπικών κυβερνήσεων ανάλογα με το πόσο ενεργές είναι στην αντιμετώπιση κλιματικών ζητημάτων και τη διευκόλυνσή τους στη λήψη αποφάσεων σχετικά με την χάραξη πολιτικής στον τομέα αυτόν. Πρόκειται για μία μεθοδολογία που, αν και φαίνεται διαισθητική σε κάποια σημεία, έχει επαληθευθεί με αρκετούς τρόπους, ο σημαντικότερος εκ των οποίων είναι επαλήθευση από το ICLEI, τον βασικό ενδιαφερόμενο.

Τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας συνάδουν σε ικανοποιητικό βαθμό με τη βιβλιογραφία και προβλέπεται να είναι ακόμα πιο αποτελεσματικά αν αυξηθεί ο αριθμός των συμμετεχόντων όπως και η ποιότητα των δεδομένων. Ο μικρός αριθμός των συμμετεχόντων είναι ένα πρόβλημα που μπορεί να λυθεί εύκολα. Το ICLEI είναι ένας οργανισμός το δίκτυο του οποίου περιλαμβάνει 1750 πόλεις, κομητείες και ενώσεις και επομένως, αναμένεται η αύξηση του αριθμού των συμμετεχόντων χρόνο με το χρόνο. Το δεύτερο πρόβλημα είναι λίγο πιο ιδιαίτερο καθώς δεν μπορούν να διευκρινιστούν με βεβαιότητα τα αίτια πίσω από τις αναπάντητες ερωτήσεις. Ένα από τα ενδεχόμενα, είναι οι συμμετέχοντες να βρίσκουν ογκώδες το ερωτηματολόγιο και να προσπερνούν τις ερωτήσεις εκείνες που απαιτούν εκτενή ανάλυση και αναζήτηση. Η διευκόλυνση των συμμετεχόντων είναι ο λόγος που το ICLEI προσπαθεί τα τελευταία χρόνια να αντικαταστήσει όλες τις ερωτήσεις ανάπτυξης με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής. Το πιο πιθανό ενδεχόμενο, ωστόσο, είναι να μην έχει η πλειονότητα των τοπικών κυβερνήσεων ούτε τις πληροφορίες ούτε τα μέσα που απαιτούνται για την καταμέτρηση των ζητούμενων δεδομένων. Αυτό με τη σειρά του δείχνει είτε έλλειψη ενδιαφέροντος για κάποιους τομείς είτε έλλειψη πόρων για την ενίσχυση του ανθρωπίνου και του τεχνικού δυναμικού που απαιτείται για την έγκυρη και πλήρη απάντηση στις ερωτήσεις. Σε κάθε περίπτωση, καλό θα ήταν να κινηθούν οι τοπικές κυβερνήσεις προς την κατεύθυνση καταγραφής των δεδομένων καθώς ο εντοπισμός των προβλημάτων είναι η αφετηρία για την επίλυσή τους.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τόσο με την αύξηση του πλήθους των δεδομένων όσο και τη βελτίωση της ποιότητάς τους, θα βελτιωθεί και η ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Η αναβάθμιση αυτή, θα ανοίξει το δρόμο για βαθύτερη και εκτενέστερη ανάλυση δεδομένων η οποία ήταν αδύνατη λόγω έλλειψης δεδομένων. Η αύξηση των δεδομένων θα καταστήσει εφικτές τις εφαρμογές μηχανικής μάθησης με τις οποίες θα μπορεί να γίνει πρόβλεψη βασικότερων κλιματικών κινδύνων, των ιδανικότερων τρόπων αντιμετώπισης για καθέναν από αυτούς, καθώς και των επιπτώσεων που θα έχουν σε βάθος χρόνου. Επίσης, δυνατή θα είναι και η εφαρμογή αλγορίθμων συσταδοποίησης όπως ο αλγόριθμος ομαδοποίησης K-μέσων, ιεραρχικοί αλγόριθμοι και αλγόριθμοι ανταγωνιστικής μάθησης.

Η μεθοδολογία μπορεί να επεκταθεί και σε βάθος χρόνου με χρήση των ερωτηματολογίων του ICLEI επόμενων χρόνων. Ωστόσο, αυτό μπορεί να γίνει μόνο σε περίπτωση που η δομή διατηρηθεί ίδια και δεν αλλάξει από το ICLEI. Αυτός είναι άλλωστε και ο λόγος που δεν αξιοποιήθηκαν παρά ελάχιστα τα ερωτηματολόγια παλαιότερων χρόνων όπως του 2019, καθώς η δομή ορισμένων ερωτήσεων ήταν διαφορετική και αρκετές ερωτήσεις προστέθηκαν την επόμενη χρονιά. Πρέπει να σημειωθεί επιπλέον ότι δεν έγινε κάποια επαλήθευση των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν, με αποτέλεσμα η αξιοπιστία του συνόλου δεδομένων να στηρίζεται εξ ολοκλήρου στην ακρίβεια των απαντήσεων που έδωσαν οι συμμετέχοντες.

Επιπρόσθετα, το εργαλείο που αναπτύχθηκε προβάλλει κάποιες από τις δυνατότητες που μπορεί να παρέχει η αξιοποίηση κλιματικών δεδομένων σε επίπεδο πόλεων μέσω της δημιουργίας μετρικών. Απευθύνεται σε τοπικές κυβερνήσεις, κυβερνήσεις χωρών, διεθνείς

επιτροπές και οργανισμούς οι οποίοι μπορούν να επωφεληθούν από αυτό. Μεταξύ άλλων, παρέχει χρήσιμες πληροφορίες, συμβάλλει στην πρόβλεψη και το διαμοιρασμό του προϋπολογισμού, στην οργάνωση και εφαρμογή δράσεων και μέτρων προσαρμογής καθώς και στη σύγκριση μεταξύ τοπικών κυβερνήσεων και την παροχή προτάσεων βελτίωσης. Συνοπτικά, η εν λόγω πλατφόρμα δεν αποτελεί μόνο έναν τρόπο παρουσίασης και επεξεργασίας των δεδομένων του ερωτηματολογίου ή της μεθοδολογίας των μετρικών που αναπτύχθηκε. Αξιοποιώντας όλα τα παραπάνω, αποτελεί ένα εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων χάραξης πολιτικής για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής σε επίπεδο πόλεων καθώς παρέχει ένα μέρος της απαιτούμενης πληροφορίας για τη λήψη αποφάσεων και προτείνει κάποιες ενδεικτικές, προσαρμοσμένες προτάσεις που μπορούν να οδηγήσουν στην αναβάθμιση των τοπικών κυβερνήσεων και την καλύτερη αντιμετώπιση κλιματικών ζητημάτων.

## Βιβλιογραφία

- [1]. Amasyali, K. & El-Gohary, N. M. (2018). A review of data-driven building energy consumption prediction studies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 1192-1205. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.095>
- [2]. Mosavi, A. & Bahmani, A. (2019) Energy Consumption Prediction Using Machine Learning; A Review. Preprints 2019, 2019030131 (doi: 10.20944/preprints201903.0131.v1).
- [3]. Sena, S.A., Yakub F., Yusoff, N.M. & Ridwan, M. K. (2018). Conceptual Framework of Modelling for Malaysian Household, Electrical Energy Consumption using Artificial Neural Network, based on Techno-Socio Economic Approach.
- [4]. Oprea, A. & Reveiu, A. (2018). Informatics Solution for Energy Efficiency Improvement and Consumption Management of Householders.
- [5]. Deng, D. & Eckelman, M. J. (2017). Predictive modeling for US commercial building energy use: A comparison of existing statistical and machine learning algorithms using CBECS microdata.
- [6]. Deb, C., Lee, S.E. & Santamouris, M., (2018). Using artificial neural networks to assess HVAC related energy saving in retrofitted office buildings. *Solar Energy*, 2018. 163: p. 32-44.
- [7]. Yuan, T., et al.. (2018). Sample data selection method for improving the prediction accuracy of the Thermal energy consumption. *Energy and Buildings*, 2018. 158: p. 234-243.
- [8]. Alshibani, A. (2020). Prediction of the Energy Consumption of School Buildings.
- [9]. Papadopoulos, S., Azar, E., Woon, W., & Kontokosta, C.E. (2018). Evaluation of tree-based ensemble learning algorithms for building energy performance estimation. *Journal of Building Performance Simulation*, 11, 322 - 332.
- [10]. Wang, Z. W., Zeng, Y. R., Srinivasan, R. S. & Ahrentzen, S. (2018). Random Forest based hourly building energy prediction, *Energy and Buildings*, Volume 171, 2018, Pages 11-25.
- [11]. Alobaidi, M. H., Chebana, F. & Meguid, M. A. (2018). "Robust ensemble learning framework for day-ahead forecasting of household-based energy consumption," *Applied Energy*, Elsevier, vol. 212(C), pages 997-1012.
- [12]. Rahman, A., Srikumar, V. & Smith, A. D. (2018). Predicting electricity consumption for commercial and residential buildings using deep recurrent neural networks, *Applied Energy*, Volume 212, 2018, Pages 372-385.
- [13]. Rahman, A. & Smith, A. D. (2018). Predicting Thermal demand and sizing a stratified thermal storage tank using deep learning algorithms, 2018, *Applied Energy*, 228. 108-121.
- [14]. Singaravel, S., Suykens, J. & Geyer, P. (2017). Deep Neural Network Architectures for Component-Based Machine Learning Model in Building Energy Predictions.
- [15]. Sowinski, J. (2021). The Impact of the Selection of Exogenous Variables in the ANFIS Model on the Results of the Daily Load Forecast in the Power Company. *Energies* 2021, 14, 345. <https://doi.org/10.3390/en14020345>
- [16]. Jain, R.K., Damoulas, T. & Kontokosta, C.E. (2016). Towards data-driven energy consumption forecasting of multi-family residential buildings: feature selection via The Lasso. *Comput Civ Build Eng* 2016. <http://dx.doi.org/10.1061/9780784413616.208>.

- [17]. Kontokosta, C. & Tull, Ch. (2017). A data-driven predictive model of city-scale energy use in buildings., *Applied Energy*. 197. 303-317. 10.1016/j.apenergy.2017.04.005.
- [18]. Stul, K., Leenders, R. & Butaye, L. (2017). Development of a SVM Prediction Model to Optimize the Energy Consumption of Industrial Installations by Detecting and Classifying Errors at an Early Stage. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research* Vol. 6, No. 2, March 2017.
- [19]. Ahmad, M. W. & Rezgui, Y. (2017). Trees vs Neurons: Comparison between random forest and ANN for high-resolution prediction of building energy consumption, *Energy and Buildings*, Volume 147, 2017, Pages 77-89, ISSN 0378-7788, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.04.038>.
- [20]. Ahmad, M. W., Reynolds, J. & Rezgui, Y. (2018). Predictive modelling for solar thermal energy systems: A comparison of support vector regression, random forest, extra trees and regression trees. Article in *Journal of Cleaner Production*, DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.08.207
- [21]. Wahid, F. & Kim, D.H. (2017). Short-term energy consumption prediction in Korean residential buildings using optimized multi-layer perceptron, *Kuwait Journal of Science*. 44. 67-77.
- [22]. Safa, M., Allen, J., Shahi, A. & Haas, C. T. (2016). Improving sustainable office building operation by using historical data and linear models to predict energy usage.
- [23]. Chen, Y., H. Tan & Berardi, U. (2017). Day-ahead prediction of hourly electric demand in non-stationary operated commercial buildings: A clustering-based hybrid approach, *Energy and Buildings*, 2017. 148: p. 228-237.
- [24]. Popoola, O. M. (2016). Modelling of Residential Lighting Load Profile Using Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS), *International Journal of Green Energy*, 13. 10.1080/15435075.2016.1206013.
- [25]. Naji, S., Shamsirband, S., Bassar, H. et al. (2016). RETRACTED ARTICLE: Soft computing methodologies for estimation of energy consumption in buildings with different envelope parameters. *Energy Efficiency* 9, 435–453. <https://doi.org/10.1007/s12053-015-9373-z>
- [26]. Moon, J.W. and S.K. Jung, Development of a thermal control algorithm using artificial neural network models for improved thermal comfort and energy efficiency in accommodation buildings. *Applied Thermal Engineering*, 2016. 103: p. 1135-1144.
- [27]. Macas, M., et al. (2016). The role of data sample size and dimensionality in neural network-based forecasting of building Thermal related variables. *Energy and Buildings*, 2016. 111: p. 299-310.
- [28]. D. Zhai, T. Chaudhuri and Y. C. Soh; Modeling and optimization of different sparse augmented firefly algorithms for acmv systems under two case studies, 2017, *Building and Environment*, vol. 125, pp. 129-142, 2017.
- [29]. Zhang, F., Chirag, D., Lee, S. E., Yang, J. & Shah, K. W. (2016). Time series forecasting for building energy consumption using weighted Support Vector Regression with differential evolution optimization technique. Elsevier, *Energy and Buildings* 126 (2016) 94–103. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.05.028> 0378-7788/

- [30]. Idowu, S., Saguna, S., Ahlund, C. & Schelen, O. (2016) Applied machine learning: Forecasting heat load in district Thermal system,” *Energy and Buildings*, vol. 133, pp. 478–488, Dec. 2016. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778816310155>
- [31] Simonsson, J., Atta, K. T., Zachariah, D. & Birk, W. (2020). A latent variable approach to heat load prediction in thermal grids.
- [32]. Naji, S., Keivani, A., Shamshirband, S., Alengaram, U.J., Jumaat, M.Z., Mansor, Z., et al. (2016). Estimating building energy consumption using extreme learning machine method. *Energy* 2016; 97:506–16. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2015.11.037>.
- [33]. Mba, L., Meukam, P. & Kemajou, A. (2016). Application of Artificial Neural Network for Predicting the Indoor Air Temperature in Modern Building in Humid Region. *Energy and Buildings*, 2016. 121: p. 32-42.
- [34]. Mba, L., Meukam, P. & Kemajou, A. (2016). Application of artificial neural network for predicting hourly indoor air temperature and relative humidity in modern building in humid region. *Energy and Buildings*, 2016. 121: p. 32-42.
- [35]. Izadyar, N., Ghadamian, H., Ong, H. C., Moghadam, Z. C., Tong, W. & Shamshirband, S. (2015). Appraisal of the support vector machine to forecast residential Thermal demand for the District Thermal System based on the monthly overall natural gas consumption *Energy* 93: 1558-1567. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2015.10.015>.
- [36]. Izadyar, N., Ong, H. C., Shamshirband, S., Ghadamian, H. & Tong, C. W. (2015) Intelligent forecasting of residential Thermal demand for the District Thermal System based on the monthly overall natural gas consumption, *Energy and Buildings*, Volume 104, 2015, Pages 208-214, ISSN 0378-7788, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.07.006>
- [37]. Dong, B. L., Rahman, Z. & Vega, M. (2016). A hybrid model approach for forecasting future residential electricity consumption. *Energy Build* 2016;117:341–51. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.09.033>.
- [38]. Mocanu, E. N., Nguyen, P. H., Gibescu, M. & Kling, W. L. (2016). Deep learning for estimating building energy consumption, <https://doi.org/10.1016/j.segan.2016.02.005>
- [39]. Pérez-Chacón, R., Romera, J., Troncoso, A., Martínez-Álvarez, F. & Riquelme, J. C. (2018). Big Data Analytics for Discovering Electricity Consumption Patterns in Smart Cities.
- [40]. Li, K., Hu, Ch., Li, G. & Xue, W. (2015). Building's electricity consumption prediction using optimized artificial neural networks and principal component analysis, *Energy and Buildings* Volume 108, 1 December 2015, Pages 106-113, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.09.002>
- [41] Capozzoli, A., Grassi, D. & Causone, F. (2015). Estimation models of Thermal energy consumption in schools for local authorities planning, *Energy and Buildings*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.07.024>
- [42] Jovanović, R. Ž., Sretenović, A. A. & Živković, B. D. (2015). Ensemble of various neural networks for prediction of Thermal energy consumption. *Energy Build* 2015;94:189–99, <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.02.052>.
- [43]. Suh, D. & Chang, S. (2012). An Energy and Water Resource Demand Estimation Model for Multi-Family Housing Complexes in Korea. *Energies* 2012, 5, 4497-4516; doi:10.3390/en5114497



- [44]. Sretenovic, A., Jovanović, R., Novakovic, V., Nord, N. & Zivkovic, B. (2018). Support vector machine for the prediction of Thermal energy use, 2018, Thermal Science. 2018. 126-126. 10.2298/TSCII70526126S.
- [45]. Liu, Z., Wu, D., Liu, Y. et al. (2019). Accuracy analyses and model comparison of machine learning adopted in building energy consumption prediction, Energy Exploration & Exploitation; 37(4):1426-1451. doi:10.1177/0144598718822400
- [46] Ma, Z., Ye, C., Li, H. & Ma, W. (2018). Applying support vector machines to predict building energy consumption in China, Energy Procedia, Volume 152, 2018, Pages 780-786, ISSN 1876-6102, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.09.245>.
- [47]. Chou, J. & Bui, D. K. (2014). Modeling Thermal and cooling loads by artificial intelligence for energy-efficient building design. Energy Build 2014;82:437–46, <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.07.036>.
- [48]. Edwards, R., New, J. & Parker, L. (2012). Predicting future hourly residential electrical consumption: a machine learning case study. Energy Build 2012; 49:591–603. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.03.010>.
- [49]. Jain, R. K., Smith, K.M., Culligan, P. J. & Taylor J. E. (2014). Forecasting energy consumption of multi-family residential buildings using support vector regression: investigating the impact of temporal and spatial monitoring granularity on performance accuracy. Appl Energy 2014;123:168–78. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.02.057>.
- [50]. Iwafune, Y., Yagita, Y., Ikegami, T. & Ogimoto, K. (2014). Short-term forecasting of residential building load for distributed energy management. 2014 IEEE Int Energy Conf 2014:1197–204. <http://dx.doi.org/10.1109/ENERGYCON.2014.6850575>.
- [51]. Popescu, D. & Ungureanu, F. (2013). Prediction of space Thermal consumption in district heated apartments. Energy ASME 2013;6B. <http://dx.doi.org/10.1115/IMECE2013-64422>.
- [52]. Li, Q, Ren, P. & Meng, Q. (2010). Prediction model of annual energy consumption of residential buildings. 2010 Int Conf Adv Energy Eng 2010:223–6. <http://dx.doi.org/10.1109/ICAEE.2010.5557576>.
- [53]. Turhan, C., Kazanasmaz, T., Uygun, I., Ekmen, K. & Akkurt, G. (2014). Comparative study of a building energy performance software (KEP-IYTE-ESS) and ANN-based building heat load estimation. Energy Build 2014;85:115–25. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.09.026>.
- [54]. Farzana, S., Liu, M., Baldwin, A. & Hossain, M. (2014). Multi-model prediction and simulation of residential building energy in urban areas of Chongqing, South West China. Energy Build 2014;81:161–9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.06.007>
- [55]. Yun, K., Luck, R., Mago, P. & Cho, H. (2012). Building hourly thermal load prediction using an indexed ARX model. Energy Build 2012;54:225–33. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.08.007>.
- [56]. Catalina, T., Iordache, V. & Caracaleanu, B. (2013). Multiple regression model for fast prediction of the Thermal energy demand. Energy Build 2013;57:302–12. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.11.010>
- [57]. Xuemei, L., Lixing, D., Jinhu, L., Gang, X. & Jibin, L. (2010). A Novel Hybrid Approach of KPCA and SVM for Building Cooling Load Prediction. 2010 Third Int Conf Knowl Discov Data Min 2010:1. <http://dx.doi.org/10.1109/WKDD.2010.137>.

- [58]. Jinhu, Lv., Li, X., Lixing, D. & Liangzhong, J. (2010). Applying principal component analysis and weighted support vector machine in building cooling load forecasting, International Conference on Computer and Communication Technologies in Agriculture Engineering, Chengdu, China, pp. 434-437, doi: 10.1109/CCTAE.2010.5543476.
- [59]. Xuemei, L., Yuyan, D., Lixing, D, Liangzhong J. (2010). Building cooling load forecasting using fuzzy support vector machine and fuzzy C-mean clustering. Int Conf Comput Commun Technol Agric Eng 2010;1:438–41. <http://dx.doi.org/10.1109/CCTAE.2010.5543577>.
- [60]. Solomon D. M., Winter, R. L., Boulanger, A. G., Anderson, R. N. & Wu, L. L. (2011). Forecasting energy demand in large commercial buildings using support vector machine regression. Department of Computer Science, Columbia University.
- [61]. Dagnely, P., Ruelle, T., Tourwé, T., Tsiorkova, E. & Verhelst, C. (2015). Predicting hourly energy consumption. Can you beat an autoregressive model. Proceeding 24th Annu. Mach.Learn. Conference Belgium Netherlands, Benelearn, Delft, Netherlands, vol. 19.
- [62]. Massana, J., Pous, C., Burgas, L., Melendez, J. & Colomer, J. Short-term load forecasting in a non-residential building contrasting models and attributes. Energy Build 2015;92:322–30. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.02.007>.
- [63]. Peña, Y. K., Borges, C. E. & Fernández, I. (2011). Short-term load forecasting in non-residential buildings. AFRICON 2011;2011:1–6. <http://dx.doi.org/10.1109/AFRCON.2011.6072062>
- [64]. Zhao, H. X. & Magoules, F. (2010). Parallel Support Vector Machines Applied to the Prediction of Multiple Buildings Energy Consumption. Journal of Algorithms and Computational Technology, 4 (2), pp.231-250. fhal-00617930.
- [65]. Paudel, S., Nguyen, P. H., Kling, W. L., Elmitri, M., Lacarrière, B. & Le Corre, O. (2015). Support Vector Machine in Prediction of Building Energy Demand Using Pseudo Dynamic Approach. ECOS 2015-In: Proceedings of the 28th International Conference Effic. Cost, Optim. Simul. Environ. Impact Energy Syst., Pau.
- [66]. Liu, D. & Chen, Q. (2013). Prediction of building lighting energy consumption based on support vector regression. 9th Asian Control Conf; 2013: p. 1–5. doi:10.1109/ASCC.2013.6606376.
- [67]. Mena, R., Rodríguez, F., Castilla, M., Arahál, M. R. (2014) A prediction model based on neural networks for the energy consumption of a bioclimatic building. Energy Build 2014;82:142–55. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.06.052>
- [68]. Kwok, S. S. K. & Lee, E. W. M. (2011). A study of the importance of occupancy to building cooling load in prediction by intelligent approach. Energy Convers Manag 2011;52:2555–64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2011.02.002>
- [69]. Kwok S. S. K., Yuen, R. K. K. & Lee E. W. M. (2011). An intelligent approach to assessing the effect of building occupancy on building cooling load prediction. Build Environ 2011;46:1681–90. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.02.008>.
- [70]. Peña, Y. K., Borges, C. E., Agote, D. & Fernández, I. (2011). Short-term load forecasting in air-conditioned non-residential buildings. 2011 IEEE Int Symp Ind Electron 2011:1359–64. <http://dx.doi.org/10.1109/ISIE.2011.5984356>

- [71]. Platon, R., Dehkordi, V. R. & Martel, J. (2015). Hourly prediction of a building's electricity consumption using case-based reasoning, artificial neural networks and principal component analysis. *Energy Build* 2015;92:10–8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.01.047>
- [72]. Fernández, I., Borges, C. E. & Peña, Y. K. (2011). Efficient building load forecasting. *ETFA* 2011:1–8. <http://dx.doi.org/10.1109/ETFA.2011.6059103>.
- [73]. Paudel, S., Elmtiri, M., Kling, W. L., Corre, O. & Lacarrière, B. (2014). Pseudo dynamic transitional modeling of building heating energy demand using artificial neural network. *Energy Build* 2014;70:81–93. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.11.051>
- [74]. Kamaev, V. A., Shcherbakov, M. V., Panchenko, D. P., Shcherbakova, N. L. & Brebels, A. (2012). Using connectionist systems for electric energy consumption forecasting in shopping centers. *Autom Remote Control* 2012;73:1075–84. <http://dx.doi.org/10.1134/S0005117912060124>.
- [75]. Borges, C. E., Peña, Y. K., Fernández, I., Prieto, J. & Bretos, O. (2013). Assessing tolerance-based robust short-term load forecasting in buildings. *Energies* 2013;6:2110. <http://dx.doi.org/10.3390/en6042110>.
- [76]. Fan, C., Xiao, F. & Wang, S. (2014). Development of prediction models for next-day building energy consumption and peak power demand using data mining techniques. *Appl Energy* 2014;127:1–10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.04.016>.
- [77]. Wong, S. L., Wan, K. K. W., Lam T. N. T. (2010). Artificial neural networks for energy analysis of office buildings with daylighting. *Appl Energy* 2010;87:551–7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.06.028>
- [78]. Ferlito, S., Atrigna, M., Graditi, G., Vito, S. De., Salvato, M., Buonanno, A. et al. (2015) Predictive models for building's energy consumption: An Artificial Neural Network (ANN) approach. 2015 XVIII AISEM Annu Conference:1–4. <http://dx.doi.org/10.1109/AISEM.2015.7066836>.
- [79]. Bagnasco, A., Fresi, F., Saviozzi, M., Silvestro, F. & Vinci, A. (2015). Electrical consumption forecasting in hospital facilities: an application case. *Energy Build* 2015;103:261–70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.05.056>.
- [80]. Escrivá-Escrivá, G., Álvarez-Bel, C., Roldán-Blay, C. & Alcázar-Ortega, M. (2011). New artificial neural network prediction method for electrical consumption forecasting based on building end-uses. *Energy Build* 2011;43:3112–9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.08.008>
- [81]. Li, K., Su, H. & Chu, J. (2011). Forecasting building energy consumption using neural networks and hybrid neuro-fuzzy system: a comparative study. *Energy Build* 2011;43:2893–9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.07.010>
- [82]. Leung, M. C., Tse, N. C. F., Lai, L. L. & Chow, T. T. (2012). The use of occupancy space electrical power demand in building cooling load prediction. *Energy Build* 2012;55:151–63. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.08.032>.
- [83]. Korolija, I., Zhang, Y., Marjanovic-Halburd, L. & Hanby, V. I. (2013). Regression models for predicting UK office building energy consumption from heating and cooling demands. *Energy Build* 2013;59:214–27. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.12.005>

- [84]. Roldán-Blay, C., Escrivá-Escrivá, G., Álvarez-Bel, C., Roldán-Porta, C. & Rodríguez-García, J. Upgrade of an artificial neural network prediction method for electrical consumption forecasting using an hourly temperature curve model. *Energy Build* 2013;60:38–46. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.12.009>
- [85]. Jetcheva, J. G., Majidpour, M. & Chen, W. P. (2014). Neural network model ensembles for building-level electricity load forecasts. *Energy Build* 2014;84:214–23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.08.004>
- [86]. Zhao, D., Zhong, M., Zhang, X. & Su, X. (2016). Energy consumption predicting model of VRV (variable refrigerant volume) system in office buildings based on data mining. *Energy* 2016;102:660–8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2016.02.134>
- [87]. Chae, Y. T., Horesh, R., Hwang, Y. & Lee, Y. M. (2016). Artificial neural network model for forecasting sub-hourly electricity usage in commercial buildings. *Energy Build* 2016;111:184–94. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.11.045>.
- [88]. Massana, J., Pous, C., Burgas, L., Melendez, J. & Colomer, J. (2016). Short-term load forecasting for non-residential buildings contrasting artificial occupancy attributes. *Energy Build* 2016;130:519–31. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.08.081>.
- [89]. Shapi, M. K. M., Ramli, N. A. & Awal, L. J. (2021). Energy consumption prediction by using machine learning for smart building: Case study in Malaysia, *Developments in the Built Environment*, Volume 5, 2021, 100037, ISSN 2666-1659, <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2020.100037>.
- [90]. Jin-Young, K. & Sung-Bae, Ch. (2019). Electric Energy Consumption Prediction by Deep Learning with State Explainable Autoencoder, <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/4/739/pdf-vor>.
- [91]. Li, C., Tao, Y., Ao, W., Yang, S. & Bai, Y. (2018). Improving forecasting accuracy of daily enterprise electricity consumption using a random forest based on ensemble empirical mode decomposition. *Energy* 2018, 165, 1220–1227.
- [92]. Zhuochun, Wu., Xiaochen, Z., Yuqing, Ma. & Xinyan, Z. (2019). A hybrid model based on modified multi-objective cuckoo search algorithm for short-term load forecasting, *Applied Energy*, Volume 237, 2019, Pages 896-909, ISSN 0306-2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.01.046>.
- [93]. Barman, M., Choudhury, N. B. & Suma, S. (2018). A regional hybrid GOA-SVM model based on similar day approach for short-term load forecasting in Assam, India
- [94]. Xiao, L., Shao, W., Liang, T. & Wan, Ch. (). A combined model based on multiple seasonal patterns and modified firefly algorithm for electrical load forecasting
- [95]. Agrawal, R., Muchahary, F. & Tripathi, M. (2019). Ensemble of relevance vector machines and boosted trees for electricity price forecasting, *Applied Energy*, Volume 250, 2019, Pages 540-548, ISSN 0306-2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.05.062>.
- [96]. Lahouar, A., Ben J. & Slama, H. (2015). Day-ahead load forecast using random forest and expert input selection, *Energy Conversion and Management*, Volume 103, 2015, Pages 1040-1051, ISSN 0196-8904, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.07.041>.
- [97]. Nazari, H., Kazemi, A., Hashemi, M. H. et al. (2015). Evaluating the performance of genetic and particle swarm optimization algorithms to select an appropriate scenario for

forecasting energy demand using economic indicators: residential and commercial sectors of Iran. *Int J Energy Environ Eng* 6, 345–355. <https://doi.org/10.1007/s40095-015-0179-8>

[98]. Wang, L., Lee, W. M. & Yuen, R. K. K. (2018). Novel dynamic forecasting model for building cooling loads combining an artificial neural network and an ensemble approach, *Applied Energy*, Volume 228, 2018, Pages 1740-1753, ISSN 0306-2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.07.085>.

[99]. Guo, Y., Wang, J., Chen, H., Li, G., Liu, J. & Xu, Ch. (2018). Ronggeng Huang, Yao Huang, Machine learning-based thermal response time ahead energy demand prediction for building heating systems, *Applied Energy*, Volume 221, 2018, Pages 16-27, ISSN 0306-2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.03.125>.

[100]. Ahmad, T. & Chen, H. (2018). Short and medium-term forecasting of cooling and heating load demand in building environment with data-mining based approaches, *Energy and Buildings*, Volume 166, 2018, Pages 460-476, ISSN 0378-7788, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.01.066>.

[101]. Chou, J. S., Tran, D. S. (2018). Forecasting energy consumption time series using machine learning techniques based on usage patterns of residential householders, *Energy*, Volume 165, Part B, 2018, Pages 709-726, ISSN 0360-5442, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.09.144>.

[102]. Hribar, R., Potocnik, P., Silc, J. & Papa, G. (2019). A comparison of models for forecasting the residential natural gas. *Energy* 2019, 167, 511–522.

[103]. Reynolds, J., Ahmad, M.W., Rezgui, Y. & Hippolyte, J. L. (2019). Operational supply and demand optimisation of a multi-vector district energy system using artificial neural networks and a genetic algorithm. *Appl. Energy* 2019, 235, 699–713.

[104]. Ahmad, T., Chen, H., Shair, J., Xu, C. & Shair, J. (2019). Deployment of data-mining short and medium-term horizon cooling load forecasting models for building energy optimization and management. *Int. J. Refrig.* 2019, 98, 399–409

[105]. Zeng, A., Liu, S. & Yu, Y. (2019). Comparative study of data driven methods in building electricity use prediction, *Energy and Buildings*, Volume 194, 2019, Pages 289-300, ISSN 0378-7788, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.04.029>.

[106]. Cai, M., Pipattanasompom, M. & Rahman, S. (2019). Day-ahead building-level load forecasts using deep learning vs. traditional time-series techniques. *Appl. Energy* 2019, 236, 1078–1088.

[107]. Xu, L., Wang, S. & Tang, R. (2019). "Probabilistic load forecasting for buildings considering weather forecasting uncertainty and uncertain peak load," *Applied Energy*, Elsevier, vol. 237(C), pages 180-195.

[108]. Fan, C., Sun, Y., Zhao, Y., Song, M. & Wang, J. (2019). Deep learning-based feature engineering methods for improved building energy prediction. *Appl. Energy* 2019, 240, 35–45.

[109]. Tian, C., Li, C., Zhang, G. & Lv, Y. (2019). Data driven parallel prediction of building energy consumption using generative adversarial nets. *Energy Build.* 2019, 186, 230–243

[110]. Katsatos, M. & Mourtis, K. (2019). Application of Artificial Neuron Networks as energy consumption forecasting tool in the building of Regulatory Authority of Energy, Athens, Greece. *Energy Procedia* 2019, 157, 851–861.

- [111]. Xuan, Z., Xuehui, Z., Liequan, L., Zubing, F., Junwei, Y. & Dongmei, P. (2019). Forecasting performance comparison of two hybrid machine learning models for cooling load of a large-scale commercial building. *J. Build. Eng.* 2019, 21, 64–73.
- [112]. Homod, R.Z., Togun, H., Abd, H.J. & Sahari, K. S. M. (2020). A novel hybrid modelling structure fabricated by using Takagi-Sugeno fuzzy to forecast HVAC systems energy demand in real-time for Basra city. *Sustain. Cities Soc.* 2020, 56, 102091.
- [113]. Moon, J., Jung, S., Rew, J., Rho, S. & Hwang, E. (2020). Combination of short-term load forecasting models based on a stacking ensemble approach. *Energy Build.* 2020, 216, 109921.
- [114]. Gao, Y., Ruan, Y., Fang, C. & Yin, S. (2020). Deep learning and transfer learning models of energy consumption forecasting for a building with poor information data. *Energy Build.* 2020, 223, 110156.
- [115]. Brandi, S., Piscitelli, M. S., Martellacci, M. & Capozzoli, A. (2020). Deep reinforcement learning to optimise indoor temperature control and heating energy consumption in buildings, *Energy and Buildings*, Volume 224, 2020, 110225, ISSN 0378-7788, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110225>.
- [116]. Zeng, A., Ho, H. & Yu, Yao. (2020). Prediction of building electricity usage using Gaussian Process Regression, *Journal of Building Engineering*, Volume 28, 2020, 101054, ISSN 2352-7102, <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.101054>.
- [117]. Kim, M. K., Kim, Y.S. & Srebric, J. (2020). Predictions of electricity consumption in a campus building using occupant rates and weather elements with sensitivity analysis: Artificial neural network vs. linear regression. *Sustain. Cities Soc.* 2020, 62, 102385.
- [118]. Jallal, M. A., González-Vidal, A., Skarmeta, A. F., Chabaa, S. & Zeroual, A. (2020). A hybrid neuro-fuzzy inference system-based algorithm for time series forecasting applied to energy consumption prediction. *Appl. Energy* 2020, 268, 114977.
- [119]. Wang, Z., Hong, T. & Piette, M. A. (2020). Building thermal load prediction through shallow machine learning and deep learning. *Appl. Energy* 2020, 263, 114683
- [120]. Li, X. & Yao, R. (2020). A machine-learning-based approach to predict residential annual space heating and cooling loads considering occupant behaviour, *Energy*, Volume 212, 2020, 118676, ISSN 0360-5442, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118676>.
- [121]. Kamel, E., Sheikh, S. & Huang, X. (2020). Data-driven predictive models for residential building energy use based on the segregation of heating and cooling days. *Energy* 2020, 206, 118045
- [122]. Liu, C., Sun, B., Zhang, C. & Li, F. (2020). A hybrid prediction model for residential electricity consumption using holt-winters and extreme learning machine. *Appl. Energy* 2020, 275, 115383.
- [123]. Kiprijanovska, I., Stankoski, S., Ilievski, I., Jovanovski, S., Gams, M. & Gjoreski, H. (2020). HouseEC: Day-Ahead Household Electrical Energy Consumption Forecasting Using Deep Learning. *Energies* 2020, 13, 2672.
- [124]. Culaba, A.B., Del Rosario, A.J.R., Ubando, A.T. & Chang, J.-S. (2020). Machine learning-based energy consumption clustering and forecasting for mixed-use buildings. *Int. J. Energy Res.* 2020, er.552

- [125]. Le, T., Vo, M.T., Kieu, T., Hwang, E., Rho, S. & Baik, S.W. (2020). Multiple Electric Energy Consumption Forecasting Using a Cluster-Based Strategy for Transfer Learning in Smart Building. *Sensors* 2020, 20, 2668.
- [126]. Sun, G., Jiang, C., Wang, X. & Yang, X. (2020). Short-term building load forecast based on a data-mining feature selection and LSTM-RNN method. *IEEJ Trans. Electr. Electron. Eng.* 2020, 15, 1002–1010.
- [127]. Khan, Z.A., Hussain, T., Ullah, A., Rho, S., Lee, M. & Baik, S.W. (2020). Towards Efficient Electricity Forecasting in Residential and Commercial Buildings: A Novel Hybrid CNN with a LSTM-AE based Framework. *Sensors* 2020, 20, 1399.
- [128]. Lee, J., Kim, J. & Ko, W. (2019). Day-Ahead Electric Load Forecasting for the Residential Building with a Small-Size Dataset Based on a Self-Organizing Map and a Stacking Ensemble Learning Method. *Appl. Sci.* 2019, 9, 1231.
- [129]. Runge, J. & Zmeureanu, R. (2019). Forecasting Energy Use in Buildings Using Artificial Neural Networks: A Review. *Energies*. 12. 3254. 10.3390/en12173254.
- [130]. Deyslen, M. H., Luis, H. C., Felix, S. G., Duque, O. & Zorita, A. (2020). A Review of Energy Consumption Forecasting in Smart Buildings: Methods, Input Variables, Forecasting Horizon and Metrics. *Applied Sciences*. 10. 10.3390/app10238323.
- [131]. Fathi, S., Srinivasan, R., Fenner, A. & Fathi, S. (2020). Machine learning applications in urban building energy performance forecasting: A systematic review
- [132]. Patlitzianas, K. D., Doukas, H., Kagiannas, A. G. & Psarras J. (2007). Sustainable energy policy indicators: Review and recommendations.
- [133]. Zoeteman, B. C. J., Van der Zande, M., & Smeets, R. (2015). Integrated Sustainability Monitoring of 58 EU-Cities: A Study of European Green Capital Award Applicant Cities. *Telos*
- [134]. Brilhante, O. & Klaas, J. (2018). Green City Concept and a Method to Measure Green City Performance over Time Applied to Fifty Cities Globally: Influence of GDP, Population Size and Energy Efficiency.
- [135]. Razmjoo, A. A., Sumper A. & Davarpanah, A. (2019). Development of sustainable energy indexes by the utilization of new indicators: A comparative study.
- [136]. Bris, A., Chee, Ch. H. & Lanvin, B. (2020). Smart City Index 2020 by IMD, SCO, SUTD.
- [137]. Chen, C., Noble, I., Hellmann, J., Coffee, J., Murillo, M. & Chawla, N. (2015). University of Notre Dame Global Adaptation Index, Country Index Technical Report.
- [138]. Grafakos, S. et al. (2020). Integration of mitigation and adaptation in urban climate change action plans in Europe: A systematic assessment. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109623>.
- [139]. Interreg Mediterranean. (2021). *Interreg MED Programme*. Retrieved from <https://interreg-med.eu/>.
- [140]. Nordic Energy Research. (2021). *Nordic Electricity Production*. Retrieved from <https://www.nordicenergy.org/indicators/>.
- [141]. Parker, A. (2013). Countries with bicycle friendly road networks are safer for all users.

[142]. PySimpleGUI. (2018) *Python GUIs for Humans*. Retrieved from <https://pysimplegui.readthedocs.io/en/latest/>.

[143]. PySimpleGUI. (2019) *PySimpleGUI Demo Programs*. Retrieved from <https://github.com/PySimpleGUI/PySimpleGUI/tree/master/DemoPrograms>.

[144]. PySimpleGUI 4.44.0. (2018) *Python GUIs for Humans*. Retrieved from: <https://pypi.org/project/PySimpleGUI/>.

[145]. Protocol, K. (1997). Kyoto protocol. UNFCCC Website. Available online: [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php) (accessed on 1 January 2011).

[146]. Agreement, P. (2015, December). Paris agreement. In Report of the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (21st Session, 2015: Paris). Retrieved 6 December (Vol. 4, p. 2017).