ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
(ΕΛ.ΜΕ.ΠΑ.) ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΞΥΠΝΕΣ ΠΟΛΕΙΣ: Εργαλεία και Περιβαλλοντική Συμβολή

Διαμάντη Θεανώ

Επιβλέπουσα: Δρ. Κατσαμάκη Αναστασία

Χανιά, 2024

Στην μητέρα μου και τον γίο μου

Περιεχόμενα

Εισαγωγή..... 5

1. Διατύπωση υφιστάμενου προβλήματος.....6

Φαινόμενο του Θερμοκηπίου..... 7

Τρύπα του Όζοντος.....8

Κλιματική Αλλαγή.....9

Αστικοποίηση.....10

1.1 Έξυπνες Πόλεις..... 13

1.2 Ορισμός..... 15

1.3 Ιστορική Αναδρομή.....18

1.4 Χαρακτηριστικά Έξυπνων Πόλεων..... 19

1.5 Μοντέλα Έξυπνων Πόλεων.....21

2. Σχεδιασμός Έξυπνων Πόλεων.....23

2.1 Εργαλεία Βελτίωσης των Έξυπνων Πόλεων..... 24

2.1.1 Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ).....25

2.1.2 Internet of Things (IoT)..... 26

2.1.2 Big Data.....28

2.1.3 Digital Twins.....30

2.2 Κυκλική Οικονομία και Έξυπνες Πόλεις..... 31

2.3 Διαχείριση και Εξοικονόμηση Ενέργειας σε Κτήρια..... 33

2.3.1 Building envelopes.....34

2.3.2 Εσωτερικές συνθήκες..... 36

2.4 Συστήματα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης στα Κτίρια.....37

3. Σύγκριση Έξυπνων Πόλεων..... 40

3.1 Αξιολόγηση των υφιστάμενων μεθοδολογιών των έξυπνων πόλεων.....40

3.1.1 Internet of Things και Δίκτυα..... 40

3.1.2 Συγκοινωνίες.....42

3.1.3 Ενέργεια και Αειφορία..... 43

3.1.4 Υγειονομικές και Κοινωνικές Υπηρεσίες..... 45

3.1.5 Ασφάλεια και ανθεκτικότητα.....46

3.2 Σύγκριση έξυπνων πόλεων.....47

3.2.1 Πόλεις του Εξωτερικού.....47

3.2.2 Ελληνικές Πόλεις..... 51

4. Συμπεράσματα..... 55
4.1 Σύγκριση..... 55
4.2 Συζήτηση..... 57
Βιβλιογραφία..... 58

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1 : Λειτουργικό Μοντέλο Έξυπνης Πόλης..... 22
Εικόνα 2: IoT στις Έξυπνες Πόλεις..... 27
Εικόνα 3 : Τύποι των Big Data..... 29

Εισαγωγή

Οι βιώσιμες έξυπνες πόλεις είναι σύνθετα οικοσυστήματα που απαιτούν τη συνεργασία δημόσιου και ιδιωτικού τομέα. Αυτές οι πόλεις χρησιμοποιούν τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ) και χρειάζονται σημαντικές επενδύσεις και υποδομές για την ανάπτυξη έξυπνων δυνατοτήτων που ανταποκρίνονται στις ανάγκες των κατοίκων. Οι πόλεις έχουν γίνει βασικές πλατφόρμες για τον αστικό μετασχηματισμό, που περιλαμβάνει συνεργασία σε διάφορους τομείς όπως ο πολεοδομικός σχεδιασμός, οι μεταφορές, η διοίκηση, η υγειονομική περίθαλψη, η οικονομία, οι υποδομές, το περιβάλλον, η ασφάλεια, οι δημόσιες υπηρεσίες, η δέσμευση της κοινότητας και η καινοτομία. Οι έξυπνες πόλεις έχουν εξελιχθεί από απλή διαχείριση πόρων σε καινοτόμα οικοσυστήματα που αντιμετωπίζουν τοπικές προκλήσεις με τη βοήθεια δημόσιου, ιδιωτικού, αστικού και μη κυβερνητικού τομέα (Kim & Yang, 2023).

Η ταχεία αστικοποίηση δημιουργεί πολύπλοκες πιέσεις στις υποδομές, τα συστήματα, τις υπηρεσίες, τους πολίτες και το περιβάλλον, οδηγώντας στην ανάγκη για βιώσιμες λύσεις στις προκλήσεις της αστικής ανάπτυξης. Ο αστικός και πολεοδομικός σχεδιασμός διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων βελτιώνοντας τις συνδέσεις μεταξύ ανθρώπων και τόπων, της κίνησης και της αστικής μορφής, της φύσης και του δομημένου περιβάλλοντος. Οι έξυπνες προσεγγίσεις, όπως ορίζονται από το Βρετανικό Ινστιτούτο Προτύπων (BSI) ως «η εφαρμογή αυτόνομων ή ημι-αυτόνομων τεχνολογικών συστημάτων», βοηθούν τις αστικές λύσεις δημιουργώντας ψηφιακές συνδέσεις μεταξύ δικτύων, αισθητήρων και διασυνδεδεμένων συσκευών ΤΠΕ. Ωστόσο, η ανάπτυξη έξυπνων πόλεων είναι ουσιαστικά μια διεπιστημονική προσπάθεια, που απαιτεί την ενοποίηση φυσικών, ψηφιακών και ανθρώπινων συστημάτων για τη δημιουργία ενός βιώσιμου και χωρίς αποκλεισμούς μέλλον για τους πολίτες (Caird & Hallett, 2018).

Παρά τη σημαντική πρόοδο στις έξυπνες πόλεις παγκοσμίως, υπάρχει περιορισμένη έρευνα σχετικά με την αξιολόγηση των παρεμβάσεων τους και τη μέτρηση των αποτελεσμάτων των ενσωματωμένων έξυπνων τεχνολογιών για πόλεις και πολίτες. Οι πρακτικές αξιολόγησης εμποδίζονται από την έλλειψη σαφών ορισμών και βέλτιστων μεθόδων για την αξιολόγηση του αντίκτυπου των έξυπνων λύσεων στην απόδοση της πόλης. Η Ευρωπαϊκή Σύμπραξη Καινοτομίας για Έξυπνες Πόλεις και Κοινότητες (EIP-SCC) επεσήμανε την απουσία τυποποιημένων πλαισίων δεικτών έξυπνων πόλεων ευρέως αποδεκτών από τις πόλεις. Αυτό καθιστά δύσκολο τον προσδιορισμό της αξίας των έξυπνων αστικών εξελίξεων και την επίδειξη του αντίκτυπου που έχουν στα αποτελέσματα και τη βιωσιμότητα της πόλης (Caird & Hallett, 2018).

1. Διατύπωση υφιστάμενου προβλήματος

Σύμφωνα με έκθεση που δημοσιεύτηκε από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος, οι εκπομπές αερίου του θερμοκηπίου και η κατανάλωση αυξήθηκαν το 2021, λόγω της ανάκαμψης της Ευρώπης μετά την πανδημία. Σχετικά με την προοπτική εξέλιξης του παγκόσμιου πληθυσμού και μέσω των ευρημάτων της έκθεσης του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών διαπιστώνεται έντονος βαθμός αστικοποίησης. Με την οικονομική παραγωγή να αυξάνεται κατά 12 φορές, λόγω της αύξησης του πληθυσμού σχεδόν στα οκτώ δισεκατομμύρια, η αστικοποίηση έβγαλε εκατομμύρια ανθρώπους από τη φτώχεια, αλλά επηρέασε αρνητικά τα οικοσυστήματα και προκάλεσε κλιματική αλλαγή. Σε παγκόσμιο επίπεδο, το 75% του χερσαίου και το 40% του θαλάσσιου περιβάλλοντος έχουν υποστεί σοβαρές αλλοιώσεις. Οι στόχοι για το κλίμα και την ενέργεια απαιτούν τον υπερδιπλασιασμό της ετήσιας προόδου όσον αφορά την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς και τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η συνεχιζόμενη καύση ορυκτών καυσίμων, οι αλλαγές στη χρήση της γης και η αποδάσωση έχουν προκαλέσει την κλιματική αλλαγή.

Σχετικά με τα υφιστάμενα προβλήματα, υπάρχουν συγκεκριμένα φαινόμενα όπου οι επιπτώσεις τους απασχολούν όλο το πλανήτη, τα οποία αναλύονται παρακάτω.

Φαινόμενο του Θερμοκηπίου

Η υπερθέρμανση του πλανήτη αναφέρεται στη συνεχιζόμενη αύξηση των μέσων θερμοκρασιών σε όλη την ατμόσφαιρα της Γης, τις επιφάνειες της γης, τους ωκεανούς και τη βλάστηση. Αυτό το φαινόμενο οφείλεται κυρίως στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου», όπου ορισμένα αέρια στην ατμόσφαιρα, γνωστά ως αέρια θερμοκηπίου (GHGs) όπως το διοξείδιο του άνθρακα (CO2), το μεθάνιο (CH4) και το υποξείδιο του αζώτου (N2O), παγιδεύουν τη θερμότητα από τον ήλιο, που διαφορετικά θα διέφευγε πίσω στο διάστημα. Ενώ αυτά τα αέρια επιτρέπουν τη διέλευση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας, απορροφούν και εκπέμπουν εκ νέου υπέρυθρη ακτινοβολία, θερμαίνοντας αποτελεσματικά την επιφάνεια της Γης και την κατώτερη ατμόσφαιρα. Η βασική αρχή της θέρμανσης του πλανήτη μπορεί να γίνει αντιληπτή με τη θεώρηση της ηλιακής ακτινοβολίας, που θερμαίνει την επιφάνεια της Γης, και την θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από την επιφάνεια της Γης και την ατμόσφαιρα προς το διάστημα. Το άζωτο και το οξυγόνο, τα οποία βρίσκονται σε μεγαλύτερο ποσοστό στην ατμόσφαιρα, δεν συμβάλλουν στην απορρόφηση ή στην εκπομπή θερμικής ακτινοβολίας. Όμως, οι υδρατμοί και το διοξείδιο του άνθρακα απορροφούν μέρος της θερμικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την επιφάνεια, επιφέροντας μεταβολή 34°C μεταξύ της πραγματικής επιφανειακής θερμοκρασίας (15°C) και της θεωρητικής θερμοκρασίας (-19°C) που εκτιμάται από το απλοποιημένο μοντέλο ισοζυγίου της ενέργειας στην ατμόσφαιρα.

Μεταξύ των αερίων του θερμοκηπίου, το διοξείδιο του άνθρακα είναι ο σημαντικότερος παράγοντας στην υπερθέρμανση του πλανήτη, υπεύθυνος για πάνω από το 50% του ενισχυμένου φαινομένου του θερμοκηπίου. Πριν από τη Βιομηχανική Επανάσταση, η συγκέντρωση του CO2 στην ατμόσφαιρα παρέμενε σχετικά σταθερή στα 270–290 μέρη ανά εκατομμύριο (ppm). Ωστόσο, από τον 19ο αιώνα, με την ταχεία εκβιομηχάνιση και αστικοποίηση, τα επίπεδα CO2 αυξήθηκαν με επιταχυνόμενο ρυθμό. Μέχρι το 2005, οι συγκεντρώσεις CO2 είχαν φτάσει τα 379 ppm, ξεπερνώντας τη φυσική μεταβλητότητα που παρατηρήθηκε τα τελευταία 650.000 χρόνια. Εκθέσεις από φορείς όπως η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) και ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός (WMO) τονίζουν την ανησυχητική αύξηση των συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου. Η Τέταρτη Έκθεση Αξιολόγησης (AR4) της IPCC το 2007 υπογράμμισε τα πρωτοφανή

επίπεδα CO2, ενώ το Δελτίο Αερίων Θερμοκηπίου του WMO το 2011 επιβεβαίωσε ότι το 2010 σηματοδότησε νέο υψηλό επίπεδο συγκεντρώσεων αερίων θερμοκηπίου κατά τη βιομηχανική εποχή (Jianping et al., 2014).

Οι συνέπειες της υπερθέρμανσης του πλανήτη είναι ποικίλες και βαθιές. Περιλαμβάνουν τη μερική τήξη των πολικών παγετώνων, που οδηγεί στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας που απειλεί τις παράκτιες περιοχές με χαμηλό υψόμετρο. Οι αλλαγές στα πρότυπα βροχοπτώσεων και η αυξημένη συχνότητα ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως ξηρασίες και πλημμύρες, διαταράσσουν τα οικοσυστήματα και θέτουν κινδύνους για τη γεωργία, τους υδάτινους πόρους και την ανθρώπινη υγεία. Επιπλέον, η υπερθέρμανση του πλανήτη επιδεινώνει τις ασθένειες και τις ασθένειες που σχετίζονται με τη ζέστη, ενισχύοντας τις επιπτώσεις τόσο στο φυσικό περιβάλλον όσο και στις ανθρώπινες κοινωνίες. Συνοπτικά, η υπερθέρμανση του πλανήτη αντιπροσωπεύει μια κρίσιμη περιβαλλοντική πρόκληση με εκτεταμένες επιπτώσεις για τον πλανήτη. Η αντιμετώπιση των αιτίων της, ιδίως η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, παραμένει ζωτικής σημασίας για τον μετριασμό των δυσμενών συνεπειών και τη διασφάλιση της παγκόσμιας οικολογικής σταθερότητας και της ανθρώπινης ευημερίας (Jianping et al., 2014)..

Τρύπα του Όζοντος

Η καταστροφή του όζοντος προκαλείται κυρίως από ουσίες που καταστρέφουν το όζον (ODS), με τους χλωροφθοράνθρακες (CFC) να είναι οι κύριοι ένοχοι. Το στρώμα του όζοντος, μια ζωτική ασπίδα στη στρατόσφαιρα της Γης, απορροφά περισσότερο από το 99% των επιβλαβών υπεριωδών ακτίνων (UV) από τον ήλιο, προστατεύοντας τη ζωή στον πλανήτη μας σαν μια φυσική προστατευτική «ομπρέλα». Από τη δεκαετία του 1950, έχει παρατηρηθεί μια αξιοσημείωτη μείωση των συγκεντρώσεων του όζοντος που παρατηρείται μέσω της επιστημονικής έρευνας. Το 1974, καθιερώθηκε μια άμεση σχέση μεταξύ των εκπομπών CFC και της καταστροφής του όζοντος. Μέχρι τη δεκαετία του 1980, επιστήμονες στο Ηνωμένο Βασίλειο ανακάλυψαν μια «τρύπα του όζοντος» πάνω από την Ανταρκτική, που επιβεβαιώθηκε από δεδομένα από τον αμερικανικό δορυφόρο Nimbus-7. Στη συνέχεια, μια παρόμοια τρύπα του όζοντος παρατηρήθηκε πάνω από την Αρκτική

από Γερμανούς επιστήμονες. Καθώς η παρακολούθηση του όζοντος επεκτάθηκε παγκοσμίως, εντοπίστηκαν φαινόμενα εξάντλησης σε διάφορες περιοχές του κόσμου. Προβολές από την Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (USEPA) προειδοποίησαν ότι χωρίς περιορισμούς στις εκπομπές CFC, το όζον της στρατόσφαιρας θα μπορούσε να μειωθεί κατά 40% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1985 έως το 2075. Μια τέτοια εξάντληση θα είχε καταστροφικές συνέπειες, συμπεριλαμβανομένης σημαντικής αύξησης των περιπτώσεων καρκίνου του δέρματος, καταρράκτη. μειωμένες αποδόσεις των καλλιεργειών, απώλειες υδάτινων οικοσυστημάτων και κινδύνους για το ανθρώπινο ανοσοποιητικό σύστημα (Jianping et al., 2014).

Οι ουσίες που καταστρέφουν το όζον είναι εξαιρετικά σταθερές και μπορούν να παραμείνουν στην ατμόσφαιρα για 50 έως 100 χρόνια. Ακόμη και αν οι παγκόσμιες εκπομπές είχαν σταματήσει εντελώς, θα χρειαζόταν αρκετός χρόνος για να ανακάμψει το στρώμα του όζοντος. Η Επιστημονική Αξιολόγηση της Καταστροφής του Όζοντος του ΟΗΕ το 2010 ανέφερε ότι η παγκόσμια καταστροφή του όζοντος είχε σταματήσει και το στρώμα του όζοντος αναμενόταν σταδιακά να επουλωθεί. Ωστόσο, πρόσφατα δεδομένα παρατήρησης υποδηλώνουν ότι η καταστροφή του όζοντος στην Ανταρκτική παραμένει σοβαρή, όπως υποδεικνύεται από επίμονους δείκτες όπως η περιοχή, το βάθος και η διάρκεια της τρύπας του όζοντος. Για παράδειγμα, από το έτος 2000, η τ ρύπα του όζοντος πάνω από την Ανταρκτική έχει διατηρήσει σημαντική εξάντληση σε μια μεγάλη περιοχή, με μεγέθη κορυφής να ξεπερνούν τα 25 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα το 2003, το 2006 και το 2008. Το 2008 έφτασε τα 27,2 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα, ξεπερνώντας την περιοχή της Βόρειας Αμερικής. Από το 2009, το μέγεθος της τρύπας του όζοντος πάνω από την Ανταρκτική παρέμεινε σε παρόμοια υψηλά επίπεδα. Αυτή η συνεχιζόμενη σοβαρή εξάντληση υπογραμμίζει ότι η ανάκτηση της στιβάδας του όζοντος της ατμόσφαιρας εξακολουθεί να είναι μια μακρινή προοπτική, που απαιτεί συνεχείς παγκόσμιες προσπάθειες για τον μετριασμό των εκπομπών που καταστρέφουν το όζον και την προστασία της ασπίδας του όζοντος ζωτικής σημασίας για τη ζωή στη Γη (Τσάγκας, 2024).

Κλιματική Αλλαγή

Η κλιματική αλλαγή είναι ένα πιεστικό παγκόσμιο ζήτημα που καθοδηγείται κυρίως από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, ιδιαίτερα μετά τη βιομηχανική επανάσταση. Ανθρωπογενείς πηγές όπως οι βιομηχανικές διεργασίες, η γεωργία, οι μεταφορές και η αποψίλωση των δασών συμβάλλουν σημαντικά στην εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου (GHGs) όπως το διοξείδιο του άνθρακα (CO2), το μεθάνιο (CH4) και το υποξείδιο του αζώτου (N2O). Αυτές οι εκπομπές παγιδεύουν τη θερμότητα στην ατμόσφαιρα, οδηγώντας σε υπερθέρμανση του πλανήτη και επακόλουθες κλιματικές διαταραχές. Η Συμφωνία του Παρισιού, που θεσπίστηκε το 2015 βάσει της Σύμβασης Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC), αποτελεί μια κομβική διεθνή προσπάθεια για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής. Στοχεύει στον περιορισμό της αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας πολύ κάτω από τους 2 °C σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα, με φιλόδοξο στόχο να προσπαθήσει να την διατηρήσει κάτω από 1,5 °C. Αυτή η συμφωνία απαιτεί από τις χώρες να υποβάλλουν εθνικά καθορισμένες συνεισφορές (NDCs) στις οποίες περιγράφονται οι προσπάθειές τους για μείωση των εκπομπών και προσαρμογή στις κλιματικές επιπτώσεις. Διενεργούνται τακτικές παγκόσμιες απογραφές για την αξιολόγηση της προόδου και την ενίσχυση της δράσης για το κλίμα.

Οι στρατηγικές μετριασμού επικεντρώνονται στη μείωση των εκπομπών μέσω βιώσιμων πρακτικών και της μετάβασης σε τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Οι στρατηγικές προσαρμογής στοχεύουν στην ενίσχυση της ανθεκτικότητας έναντι των κλιματικών επιπτώσεων, ιδιαίτερα σε ευάλωτες κοινότητες. Παρά τις παγκόσμιες προσπάθειες, εξακολουθούν να υπάρχουν προκλήσεις όσον αφορά την κινητοποίηση επαρκών πόρων και την εφαρμογή αποτελεσματικών μέτρων για την επίτευξη αυτών των φιλόδοξων στόχων. Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες συνεχίζουν να οδηγούν την κλιματική αλλαγή, θέτοντας κινδύνους για τα οικοσυστήματα, την ανθρώπινη υγεία και την κοινωνικοοικονομική σταθερότητα παγκοσμίως. Η αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων απαιτεί διαρκή διεθνή συνεργασία, καινοτομία στην τεχνολογία και αποφασιστικές πολιτικές ενέργειες για την προστασία του πλανήτη για τις μελλοντικές γενιές (Abbass et al., 2022).

Αστικοποίηση

Μέχρι το 2050, προβλέπεται ότι το 66% του παγκόσμιου πληθυσμού θα ζει σε πόλεις, από περίπου 54% σήμερα. Αυτό σημαίνει ότι περίπου 2,4 δισεκατομμύρια περισσότεροι άνθρωποι θα ενταχθούν στον αστικό πληθυσμό παγκοσμίως. Αυτή η σημαντική αύξηση θα απαιτήσει ουσιαστικές επεκτάσεις των σημερινών αστικών περιοχών και την ανάπτυξη νέων. Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της αστικής επέκτασης θα συμβεί στην Ασία και την Αφρική, λόγω της ανάπτυξης τόσο των «μεγαλουπόλεων» και των μικρότερων αστικών περιοχών τα τελευταία τριάντα χρόνια. Σήμερα, οι πόλεις συνεισφέρουν περίπου το 80% του παγκόσμιου ΑΕΠ, ένα μοτίβο που ενδέχεται να συνεχιστεί. Χρησιμοποιούν επίσης το 75% της παγκόσμιας ενέργειας και ευθύνονται για το 70% των εκπομπών άνθρακα. Ο γρήγορος ρυθμός και η κλίμακα της αστικοποίησης φέρνει ένα μείγμα θετικών και αρνητικών επιπτώσεων, από αυξημένες οικονομικές ευκαιρίες και βελτιωμένες συνθήκες διαβίωσης έως πιθανές ανισότητες μεταξύ πόλης και υπαίθρου, μειωμένη ποιότητα ζωής και συγκρούσεις. Σαφώς, οι πόλεις είναι ζωτικής σημασίας για την προώθηση της αειφόρου ανάπτυξης παγκοσμίως. Επί του παρόντος, οι πόλεις καταλαμβάνουν λιγότερο από το 2% της επιφάνειας της Γης, αλλά καταναλώνουν πάνω από το 75% των παγκόσμιων φυσικών πόρων. Το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών προβλέπει ότι η κατανάλωση υλικών στις πόλεις θα αυξηθεί σε περίπου 90 δισεκατομμύρια τόνους έως το 2050, σε σύγκριση με τους 40 δισεκατομμύρια τόνους το 2010. Αυτοί οι πόροι περιλαμβάνουν πρωτογενή ενέργεια, πρώτες ύλες, ορυκτά καύσιμα, νερό και τρόφιμα (UNEP, 2018).

Ωστόσο, οι σύγχρονες πόλεις αντιμετωπίζουν πολυάριθμα τρωτά σημεία και απειλές. Χωρίς αποτελεσματικό σχεδιασμό, πολιτικές και υποστήριξη, η αστικοποίηση οδηγεί συχνά σε περιττούς κινδύνους και έξοδα, εμποδίζοντας τις πόλεις να αξιοποιήσουν πλήρως τις δυνατότητές τους. Ζητήματα όπως η αστική εξάπλωση και η άνοδος των άτυπων οικισμών γίνονται όλο και πιο συνηθισμένα, με τους κατοίκους σε αυτές τις περιοχές να στερούνται συχνά βασικές δημόσιες υπηρεσίες όπως η υγειονομική περίθαλψη και η διαχείριση απορριμμάτων. Καθώς οι αστικοί πληθυσμοί αυξάνονται, οι πόλεις γίνονται πιο περίπλοκες, περιπλέκοντας τον μακροπρόθεσμο σχεδιασμό και τη διαχείριση. Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής πρέπει να αντιμετωπίσουν μια ποικιλία προκλήσεων, συμπεριλαμβανομένων περιβαλλοντικών ζητημάτων, διανομής πόρων και κοινωνικών προκλήσεων, όπως η μείωση των ανισοτήτων εντός των πόλεων. Οι πόλεις παρουσιάζουν πληθώρα ευκαιριών και δυνατοτήτων για τους

κατοίκους τους, οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν πλήρως μόνο εάν οι πόλεις σχεδιάζονται με και για τους πολίτες τους. Αυτό περιλαμβάνει την εξέταση των διαφορετικών αναγκών και προσδοκιών του πληθυσμού, την εξασφάλιση ίσης και χωρίς αποκλεισμούς πρόσβαση στις υπηρεσίες και τη δημιουργία αστικών χώρων που ενισχύουν τη βιωσιμότητα.

Οι βιώσιμες πόλεις και κοινότητες αντιμετωπίζουν σημαντικές προκλήσεις δεδομένων, με το 60% των απαραίτητων δεδομένων για την αξιολόγηση της προόδου να είναι ανεπαρκές. Αυτό το χάσμα εμποδίζει τις προσπάθειες παρακολούθησης της προόδου και αντιμετώπισης κενών στη γεωγραφική κάλυψη, την επικαιρότητα και την κατανομή κατά εισόδημα, φύλο, ηλικία, εθνικότητα, αναπηρία και άλλους παράγοντες. Αυτή η έλλειψη δεδομένων καθιστά δύσκολο για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής και τους καινοτόμους αστικούς φορείς να επικεντρώσουν τις προσπάθειές τους εκεί που χρειάζονται περισσότερο. Η ροή εργασίας στις Έξυπνες πόλεις και αστικοποίηση του Παγκόσμιου Κέντρου στοχεύει στη δημιουργία βιώσιμων, χωρίς αποκλεισμούς, βιώσιμων και ανθεκτικών αστικών περιοχών, χρησιμοποιώντας την ψηφιοποίηση και την καινοτομία για τη βελτίωση της ζωής και των μέσων διαβίωσης. Αυτό περιλαμβάνει τη διαμόρφωση πολιτικών για τη χωρίς αποκλεισμούς και βιώσιμη ανάπτυξη, την υποστήριξη της τοπικής ανάπτυξης των οικοσυστημάτων, την ενίσχυση των ψηφιακών δεξιοτήτων και ικανοτήτων και τον εντοπισμό και την εφαρμογή των καταλληλότερων λύσεων (UNDP, 2024).

Αυτή η ταχεία αστικοποίηση αναμένεται να φέρει προκλήσεις που σχετίζονται με την αστική ανάπτυξη, την απόδοση, την ανταγωνιστικότητα και την ποιότητα ζωής για τους κατοίκους. Προβλήματα όπως η διαχείριση των απορριμμάτων, η σπανιότητα πόρων, η ατμοσφαιρική ρύπανση, η κυκλοφοριακή συμφόρηση και η επιδείνωση της δημόσιας υποδομής είναι πιθανό να ενταθούν, επηρεάζοντας την ανθρώπινη υγεία και τη συνολική βιωσιμότητα. Η ιδέα της έξυπνης πόλης έχει αναδειχθεί ως πιθανή λύση σε αυτά τα ζητήματα. Η κλιματική αλλαγή, ο αυξανόμενος πληθυσμός, η ατμοσφαιρική ρύπανση, ο παγκόσμιος ανταγωνισμός και η οικονομική κρίση, αποτελούν μόνο μερικές από τις προκλήσεις που έχουν να αντιμετωπίσουν οι μεγαλουπόλεις. Για την αντιμετώπιση αυτών, χρειάζεται η δημιουργία ενός πλάνου που θα συνδυάζει την διαχείριση και την εξοικονόμηση ενέργειας.

1.1Έξυπνες Πόλεις

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, η βιώσιμη διαχείριση των πόλεων έχει αναδειχθεί ως σημαντική πρόκληση. Οι πόλεις παγκοσμίως αντιμετωπίζουν μοναδικά εμπόδια για την επίτευξη βιώσιμης ανάπτυξης, συμπεριλαμβανομένου ενός ευρέος φάσματος περιβαλλοντικών και κοινωνικών θεμάτων. Τα περιβαλλοντικά προβλήματα περιλαμβάνουν την τοπική κυκλοφοριακή συμφόρηση, την ατμοσφαιρική ρύπανση, τα αυξανόμενα στερεά απόβλητα και την υψηλή, συχνά αναποτελεσματική, κατανάλωση ενέργειας και υλικών, τα οποία συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή. Από κοινωνική πλευρά, ζητήματα όπως ο διαχωρισμός, οι αυξανόμενες κοινωνικές εντάσεις, ο κακός αστικός σχεδιασμός, η κοινωνική στέρηση, η αναστάτωση της κοινότητας, οι αστικές συγκρούσεις και βία, η κοινωνική πόλωση και η αυξανόμενη αστική φτώχεια περιπλέκουν ακόμη περισσότερο την αστική διαχείριση (Yigitcanlar et al., 2019).

Για να αντιμετωπίσουν αυτές τις προκλήσεις, επαγγελματίες και ακαδημαϊκοί έχουν εξερευνήσει καινοτόμες λύσεις, εξελιγμένες μεθόδους και προηγμένες τεχνολογίες, που οδηγούν στην ανάπτυξη της έννοιας της Έξυπνης Πόλης. Τα τελευταία χρόνια, το μοντέλο της έξυπνης πόλης έχει προωθηθεί ως ένα ολοκληρωμένο εργαλείο για την αντιμετώπιση αστικών και περιβαλλοντικών προκλήσεων. Πολλές πόλεις φιλοδοξούν πλέον να είναι «έξυπνες», αν και η ιδέα, η οποία κέρδισε δημοτικότητα πριν από περίπου μια δεκαετία, εξακολουθεί να εξελίσσεται. Δεν υπάρχει ενιαίος, παγκοσμίως αποδεκτός ορισμός της έξυπνης πόλης, καθώς ο όρος ερμηνεύεται διαφορετικά σε διάφορους τομείς όπως η τεχνολογία, η οικονομία, η κοινωνία, το περιβάλλον και η διακυβέρνηση. Γενικά, οι έξυπνες πόλεις θεωρούνται ως η ενοποίηση της τεχνολογίας με τα αστικά περιβάλλοντα. Αρχικά, η ιδέα της έξυπνης πόλης στόχευε κυρίως στην αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προκλήσεων στις αστικές περιοχές. Ωστόσο, οι τρέχουσες πρακτικές επικεντρώνονται σε μεγάλο βαθμό στην τεχνολογία. Οι σύγχρονες έξυπνες πόλεις θεωρούνται συχνά ως κέντρα τεχνολογικής καινοτομίας και όχι ως κόμβοι βιώσιμης ανάπτυξης, προσελκύοντας κριτική τόσο από επαγγελματίες όσο και από θεωρητικούς. Οι επικριτές υποστηρίζουν ότι οι πόλεις πρέπει να είναι πλήρως έξυπνες, όχι μόνο μέσω της εφαρμογής μοντέρνων τεχνολογιών για την επίλυση συγκεκριμένων αστικών ζητημάτων. Η έμφαση πρέπει

να μετατοπιστεί πέρα α πό την τεχνολογία για να επιτευχθεί πραγματική βιωσιμότητα (Ahvenniemi et al., 2016).

Σήμερα, η εστίαση έχει μετατοπιστεί προς τις «έξυπνες βιώσιμες πόλεις», όπου το «βιώσιμο» και το «έξυπνο» πρέπει να συνυπάρξουν για να επιτευχθούν τα επιθυμητά αποτελέσματα. Αυτή η ιδέα έχει συγκεντρώσει παγκόσμιο ενδιαφέρον, ειδικά μεταξύ των δυτικών χωρών που στοχεύουν στη δημιουργία περιβαλλοντικά βιώσιμων έξυπνων πόλεων. Μια έξυπνη βιώσιμη πόλη στοχεύει να καλύψει τις ανάγκες των σημερινών κατοίκων της, χωρίς να διακυβεύεται η ικανότητα των μελλοντικών γενεών να καλύπτουν τις δικές τους ανάγκες, με σεβασμό τόσο στα τοπικά όσο και στα πλανητικά περιβαλλοντικά όρια και με την υποστήριξη της Τεχνολογίας Πληροφοριών και Επικοινωνιών (ΤΠΕ). Οι ΤΠΕ διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στο σχεδιασμό, τη λειτουργία και τη διαχείριση των αστικών συστημάτων, συμβάλλοντας έτσι στη βιωσιμότητα (Chang et al., 2018).

Για να είναι οι πόλεις πραγματικά έξυπνες, πρέπει επίσης να είναι βιώσιμες, ενσωματώνοντας όχι μόνο περιβαλλοντικές, αλλά και κοινωνικές και οικονομικές διαστάσεις. Ωστόσο, η κοινωνική πτυχή της βιωσιμότητας συχνά αντιμετωπίζεται λιγότερο. Η κοινωνική βιωσιμότητα περιλαμβάνει πολλαπλές διαστάσεις και στερείται συγκεκριμένου ορισμού λόγω της πολυπλοκότητάς της. Η αποτελεσματική δέσμευση της κοινότητας επηρεάζει θετικά την κοινωνική βιωσιμότητα, ωστόσο η σχέση μεταξύ κοινωνικής βιωσιμότητας και έξυπνων πόλεων έχει λάβει λιγότερη επιστημονική προσοχή σε σύγκριση με τον ρόλο των ΤΠΕ στην προώθηση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Η βιβλιογραφία εστιάζει συχνά περισσότερο σε τεχνολογικά πλαίσια και πτυχές των έξυπνων πόλεων παρά σε πτυχές κοινότητας και πολιτικής. Παρά τη δυνατότητα των ΤΠΕ να διευκολύνει τη συμμετοχή του κοινού, υπάρχει περιορισμένη έρευνα σχετικά με τις πραγματικές πρακτικές συμμετοχής των πολιτών σε έξυπνες πόλεις (Colantonio, 2013).

Τα έξυπνα έργα στην Ευρώπη, για παράδειγμα, έχουν επικεντρωθεί κυρίως στην αποτελεσματική περιβαλλοντική διαχείριση, με ανεπαρκή προσοχή στον κοινωνικό τους αντίκτυπο. Στη Βόρεια Ασία, οι έξυπνες πόλεις όπως το Songdo επικρίνονται ότι είναι διαδικασίες από πάνω προς τα κάτω, καθοδηγούμενες από το κράτος με ελάχιστη συμμετοχή του κοινού. Οι τρέχουσες πρακτικές έξυπνων πόλεων κινδυνεύουν να δημιουργήσουν μακροπρόθεσμες εξαρτήσεις από την τεχνολογία,

ενώ παραμελούν τα κοινωνικο-χωρικά ζητήματα. Ως εκ τούτου, η ανάπτυξη μιας έξυπνης και βιώσιμης πόλης απαιτεί ανάπτυξη χωρίς αποκλεισμούς και βιώσιμη, που επιτυγχάνεται μέσω μιας ισορροπημένης ενοποίησης έξυπνων ανθρώπων, πολιτικών και τεχνολογιών (Bouzguenda et al., 2019).

1.2 Ορισμός

Τα τελευταία χρόνια, οι έξυπνες πόλεις έχουν συγκεντρώσει σημαντικό ενδιαφέρον και επενδύσεις, με πολυάριθμες πρωτοβουλίες και έργα σε εξέλιξη παγκοσμίως. Ωστόσο, η απουσία ενός καθολικά αποδεκτού ορισμού της έξυπνης πόλης θέτει σημαντικές προκλήσεις για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, τους σχεδιαστές πόλεων και τους ενδιαφερόμενους φορείς που στοχεύουν να αναπτύξουν και να εφαρμόσουν αυτές τις πρωτοβουλίες. Υπάρχει μια πληθώρα ορισμών, ο καθένας από τους οποίους προσφέρει διαφορετικές εννοιολογικές ερμηνείες και συχνά χρησιμοποιεί όρους όπως «έξυπνος» ή «ψηφιακός». Κατά συνέπεια, η έννοια μιας έξυπνης πόλης παραμένει ασαφής και διφορούμενη, με τη χρήση της να ποικίλλει ευρέως σε διαφορετικά πλαίσια. Αν και πολλές πρωτοβουλίες έξυπνων πόλεων δίνουν έμφαση σε θέματα όπως η βιωσιμότητα, η αποτελεσματικότητα και η ποιότητα ζωής, το ευρύ φάσμα ιδεών και πρωτοβουλιών που περιλαμβάνονται στον όρο συμβάλλει στην έλλειψη ενός σαφούς, καθολικού ορισμού. Αυτές οι ιδέες και πρωτοβουλίες διαφέρουν σημαντικά βάσει γεωγραφικών και κοινωνικοοικονομικών πλαισίων. Η ανάλυση των ορισμών των έξυπνων πόλεων τονίζει ότι η κύρια εστίαση είναι στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων. Η συχνή αναφορά της «τεχνολογίας» δείχνει ότι είναι ένα θεμελιώδες εργαλείο που χρησιμοποιείται για την υλοποίηση έργων έξυπνων πόλεων (Gracias et al., 2023).

Παρά αυτό το κοινό θέμα, η έλλειψη καθολικού ορισμού παραμένει. Οι έξυπνες πόλεις έχουν σχεδιαστεί με διάφορους τρόπους, καθεμία από τις οποίες υπογραμμίζει

διαφορετικές πτυχές της αστικής ζωής που ενισχύονται από την τεχνολογία και τη συμμετοχή των πολιτών. Ακολουθούν διάφορες ερμηνείες:

- Μια πόλη με καλές επιδόσεις χαρακτηρίζεται από πρόοδο στην οικονομική ανάπτυξη, τη συμμετοχή των πολιτών, τη διακυβέρνηση, την κινητικότητα, την περιβαλλοντική βιωσιμότητα και την ευρύτερη βιωσιμότητα. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της έξυπνης συνεργασίας αυτοπροσδιοριζόμενων, ανεξάρτητων και συνειδητοποιημένων πολιτών (Giffinger et al., 2007).
- Οι Έξυπνες Βιώσιμες Πόλεις αξιοποιούν τις τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ) για τη βελτιστοποίηση της χρήσης των πόρων, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση κόστους και ενέργειας, τη βελτιωμένη παροχή υπηρεσιών και ποιότητα ζωής και ελαχιστοποιημένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα (Giffinger et al., 2007).
- Η Hitachi οραματίζεται τις Έξυπνες Βιώσιμες Πόλεις ως την επίτευξη παγκόσμιας περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και ασφάλειας και ευκολίας στον τρόπο ζωής μέσω συντονισμένων υποδομών. Αυτές οι πόλεις διαθέτουν δύο επίπεδα υποδομής: το ένα υποστηρίζει τον τρόπο ζωής των καταναλωτών και το άλλο διαχειρίζεται τα αστικά συστήματα, και τα δύο συνδεδεμένα μέσω της τεχνολογίας πληροφοριών (ΤΠ) (Cassandras, 2016).
- Οι έξυπνες πόλεις αποτελούνται από ποικίλα, διασυνδεδεμένα στοιχεία που ανταλλάσσουν συνεχώς δεδομένα, βελτιώνοντας έτσι την ποιότητα ζωής του πληθυσμού (Baig et al, 2017).
- Μια έξυπνη πόλη χρησιμοποιεί έναν συνδυασμό τεχνολογιών συλλογής, επεξεργασίας και διάδοσης δεδομένων, μαζί με τεχνολογίες δικτύωσης και υπολογιστών και ισχυρά μέτρα ασφάλειας δεδομένων και απορρήτου. Αυτές οι καινοτομίες υποστηρίζουν εφαρμογές που βελτιώνουν τη συνολική ποιότητα ζωής σε διάφορες διαστάσεις, συμπεριλαμβανομένων των υπηρεσιών κοινής ωφέλειας, της υγείας, των μεταφορών, της ψυχαγωγίας και των κρατικών υπηρεσιών (Gharaibeh et al., 2017).
- Μια έξυπνη βιώσιμη πόλη είναι μια καινοτόμος αστική περιοχή που χρησιμοποιεί ΤΠΕ και άλλες μεθόδους για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής, την αποτελεσματικότητα των αστικών λειτουργιών και υπηρεσιών και την ανταγωνιστικότητα. Διασφαλίζει ότι ανταποκρίνεται στις παρούσες και

μελλοντικές ανάγκες οικονομικής, κοινωνικής και περιβαλλοντικής βιωσιμότητας (Singh et al., 2022)

- Μια έξυπνη πόλη θεωρείται ως ένα περίπλοκο κυβερνο-κοινωνικό-τεχνικό σύστημα όπου άνθρωποι, τεχνουργήματα στον κυβερνοχώρο και τεχνικά συστήματα αλληλεπιδρούν για την επίτευξη στόχων που σχετίζονται με την ποιότητα της αστικής ζωής (De Nicola &Villani, 2021).

Αυτοί οι ορισμοί υπογραμμίζουν ότι ο κύριος στόχος των έξυπνων πόλεων είναι η βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων. Η τεχνολογία διαδραματίζει θεμελιώδη ρόλο στην εκτέλεση έργων έξυπνης πόλης, ωστόσο ο καθολικά αποδεκτός ορισμός της έξυπνης πόλης παραμένει ασαφής. Ο όρος «έξυπνη πόλη» περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα ιδεών και πρωτοβουλιών, οι οποίες μπορεί να διαφέρουν σημαντικά ανάλογα με τα γεωγραφικά και κοινωνικοοικονομικά πλαίσια. Η κατανόηση αυτών των ποικίλων προοπτικών μπορεί να βοηθήσει στην καθοδήγηση της ανάπτυξης και της εφαρμογής πρωτοβουλιών έξυπνων πόλεων που στοχεύουν στη βελτίωση της αστικής ζωής και της βιωσιμότητας. Ενώ πολλές εργασίες έχουν εξερευνήσει διάφορους ορισμούς, ο προτεινόμενος ορισμός που ενσωματώνει τα βασικά στοιχεία μιας έξυπνης πόλης είναι ο εξής:

«Οι έξυπνες πόλεις αξιοποιούν τις ψηφιακές τεχνολογίες, τις τεχνολογίες επικοινωνίας και την ανάλυση δεδομένων για να δημιουργήσουν ένα αποδοτικό και αποτελεσματικό περιβάλλον υπηρεσιών που βελτιώνει την ποιότητα ζωής στην πόλη και προάγει τη βιωσιμότητα».

Αυτός ο ορισμός ενσωματώνει τα βασικά στοιχεία του τι συνιστά μια έξυπνη πόλη: τη χρήση ψηφιακών τεχνολογιών, τεχνολογιών επικοινωνίας και ανάλυσης δεδομένων για τη βελτίωση της αστικής ζωής και την προώθηση της βιωσιμότητας. Με την παροχή ενός σαφούς ορισμού, αυτή η έρευνα στοχεύει να βοηθήσει τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, τους σχεδιαστές πόλεων και τους ενδιαφερόμενους φορείς στην ανάπτυξη και εφαρμογή πρωτοβουλιών έξυπνων πόλεων που ευθυγραμμίζονται με τους στόχους της βελτίωσης της αστικής ζωής και της προώθησης της βιωσιμότητας. Ενώ η έλλειψη ενός καθολικά συμφωνημένου ορισμού των έξυπνων πόλεων παρουσιάζει προκλήσεις για τους ενδιαφερόμενους, ο προτεινόμενος ορισμός προσφέρει ένα σαφές πλαίσιο για την κατανόηση της έννοιας και των στόχων της (Gracias et al., 2023).

1.3 Ιστορική Αναδρομή

Η έννοια των έξυπνων πόλεων έχει πλούσιο ιστορικό υπόβαθρο, που χρονολογείται από τις αρχές του 20ου αιώνα, αλλά κέρδισε σημαντική προβολή στα τέλη του 20ου και στις αρχές του 21ου αιώνα. Η ιστορική εξέλιξη των έξυπνων πόλεων μπορεί να εντοπιστεί μέσα από διάφορες φάσεις, καθεμία από τις οποίες χαρακτηρίζεται από ξεχωριστές έννοιες, τεχνολογικές καινοτομίες και τάσεις αστικοποίησης. Στις αρχές του 20ου αιώνα ξεκίνησε η χρήση της τεχνολογίας για τη βελτίωση της αστικής ζωής. Οι πρωτοπόροι στοχαστές εκείνης της εποχής οραματίστηκαν πόλεις του μέλλοντος που εκμεταλλεύονταν τη δύναμη του ηλεκτρισμού, των τηλεπικοινωνιών και του αυτοματισμού. Σημαντικές πρώιμες επιρροές περιλαμβάνουν το κίνημα Garden City του Ebenezer Howard στα τέλη του 19ου αιώνα, το οποίο είχε ως στόχο να συνδυάσει τα οφέλη της υπαίθρου και της πόλης μέσω αποτελεσματικών υποδομών και χώρων πρασίνου. Ομοίως, η ιδέα της Radiant City του Le Corbusier στις αρχές του 20ου αιώνα πρότεινε ένα εξαιρετικά σχεδιασμένο αστικό περιβάλλον με αποτελεσματική υποδομή για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής.

Η δυναμική για την ανάπτυξη των έξυπνων πόλεων επιταχύνθηκε στο δεύτερο μισό του 20ου αιώνα, ωθούμενη από τις ραγδαίες τεχνολογικές εξελίξεις και την αυξανόμενη αστικοποίηση. Κατά τη διάρκεια των δεκαετιών του 1970 και του 1980, σημαντικά ορόσημα περιλάμβαναν την ανάπτυξη δικτύων αισθητήρων και συστημάτων πρώιμου αστικού αυτοματισμού, όπως συστήματα ελέγχου κυκλοφορίας και αρχικές προσπάθειες για τη διαχείριση ενέργειας. Αυτές οι τεχνολογίες έθεσαν τις βάσεις για πιο εξελιγμένες εφαρμογές έξυπνων πόλεων. Η δεκαετία του 1990 σηματοδότησε μια κομβική δεκαετία με την εμφάνιση της ψηφιακής υποδομής και του διαδικτύου. Αυτή η εποχή έθεσε τα θεμέλια για τα διασυνδεδεμένα αστικά οικοσυστήματα που ορίζουν τις έξυπνες πόλεις σήμερα. Πόλεις όπως η Σιγκαπούρη, η Βαρκελώνη και η Σεούλ αναδείχθηκαν πρώιμα πρωτοπόρες, αξιοποιώντας την τεχνολογία για τη βελτίωση της διακυβέρνησης, της βιωσιμότητας και των υπηρεσιών προς τους πολίτες. Αυτές οι πόλεις άρχισαν να πειραματίζονται με ψηφιακές λύσεις για τη βελτίωση της αστικής διαχείρισης και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων τους (Adenekan et al., 2024).

Μπαίνοντας στις αρχές του 21ου αιώνα, υπήρξε ένας σημαντικός πολλαπλασιασμός των πρωτοβουλιών για έξυπνες πόλεις παγκοσμίως. Αυτή η περίοδος χαρακτηρίστηκε από την εμφάνιση του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT), του υπολογιστικού νέφους και της προηγμένης ανάλυσης δεδομένων. Οι πόλεις άρχισαν να αναπτύσσουν έξυπνα δίκτυα, έξυπνα συστήματα μεταφορών και πλατφόρμες ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Αυτές οι τεχνολογίες χρησιμοποιήθηκαν για τη βελτιστοποίηση της κατανομής των πόρων, τη βελτίωση της κινητικότητας και την αύξηση της συμμετοχής των πολιτών. Η ενσωμάτωση συσκευών IoT επέτρεψε τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, η οποία βελτίωσε τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων σε διάφορους αστικούς τομείς. Τα τελευταία χρόνια, η εστίαση στις έξυπνες πόλεις έχει επεκταθεί για να συμπεριλάβει τη βιωσιμότητα και την ανθεκτικότητα απέναντι στις περιβαλλοντικές προκλήσεις. Οι πόλεις διερευνούν τώρα τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, έξυπνων συστημάτων διαχείρισης απορριμμάτων και πρακτικών βιώσιμου αστικού σχεδιασμού. Επιπλέον, η πανδημία COVID-19 έχει επιταχύνει την υιοθέτηση ψηφιακών τεχνολογιών στις πόλεις, υπογραμμίζοντας τη σημασία των έξυπνων λύσεων για τη διατήρηση των αστικών υπηρεσιών και τη διασφάλιση της δημόσιας υγείας και ασφάλειας (Adenekan et al., 2024).

Συνολικά, η ιστορική εξέλιξη των έξυπνων πόλεων αντανακλά ένα συνεχές ταξίδι καινοτομίας και προσαρμογής, με γνώμονα την ανάγκη αντιμετώπισης των πολύπλοκων προκλήσεων της αστικοποίησης και βελτίωσης της ποιότητας ζωής για τους κατοίκους των πόλεων. Καθώς η τεχνολογία συνεχίζει να προοδεύει, η έννοια των έξυπνων πόλεων πιθανότατα θα εξελιχθεί περαιτέρω, ενσωματώνοντας νέες καινοτομίες και ανταποκρινόμενη στις αναδυόμενες αστικές ανάγκες.

1.4 Χαρακτηριστικά Έξυπνων Πόλεων

Η έννοια των έξυπνων πόλεων περιλαμβάνει πολλαπλές διαστάσεις, καθεμία από τις οποίες επικεντρώνεται στη βελτίωση της αστικής βιωσιμότητας, της ποιότητας ζωής (Quality of Life, QoL), της αστικοποίησης και της ευφυΐας. Αυτά τα χαρακτηριστικά αποτελούνται από διάφορα υπο-χαρακτηριστικά που συμβάλλουν συλλογικά στην ολιστική ανάπτυξη και λειτουργικότητα μιας έξυπνης πόλης. Η βιωσιμότητα, ένα θεμελιώδες χαρακτηριστικό, περιλαμβάνει πτυχές όπως οι υποδομές και η διακυβέρνηση, η διαχείριση της ρύπανσης και των απορριμμάτων, η ενεργειακή

απόδοση, η κλιματική ανθεκτικότητα, η κοινωνική ισότητα, η οικονομική ζωτικότητα και η δημόσια υγεία. Ο πρωταρχικός στόχος είναι να επιτευχθεί μια αρμονική ισορροπία εντός του αστικού οικοσυστήματος με ταυτόχρονη αποτελεσματική διαχείριση των λειτουργιών της πόλης. Η βελτίωση της ποιότητας ζωής είναι ένας κεντρικός στόχος, που περιλαμβάνει τόσο τη συναισθηματική όσο και την οικονομική ευημερία των κατοίκων των πόλεων. Οι προσπάθειες για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής περιλαμβάνουν καινοτόμες λύσεις που στοχεύουν στη μείωση των κοινωνικών ανισοτήτων και στην προώθηση της συμμετοχής των πολιτών χωρίς αποκλεισμούς. Πολλές πόλεις σε όλο τον κόσμο έχουν υιοθετήσει ισχυρές κοινωνικές πολιτικές και πλαίσια παροχής υπηρεσιών για να ενδυναμώσουν τους πολίτες τους, ενισχύοντας έτσι τη συνολική αστική βιωσιμότητα και την οικονομική ευημερία (Jong et al., 2015).

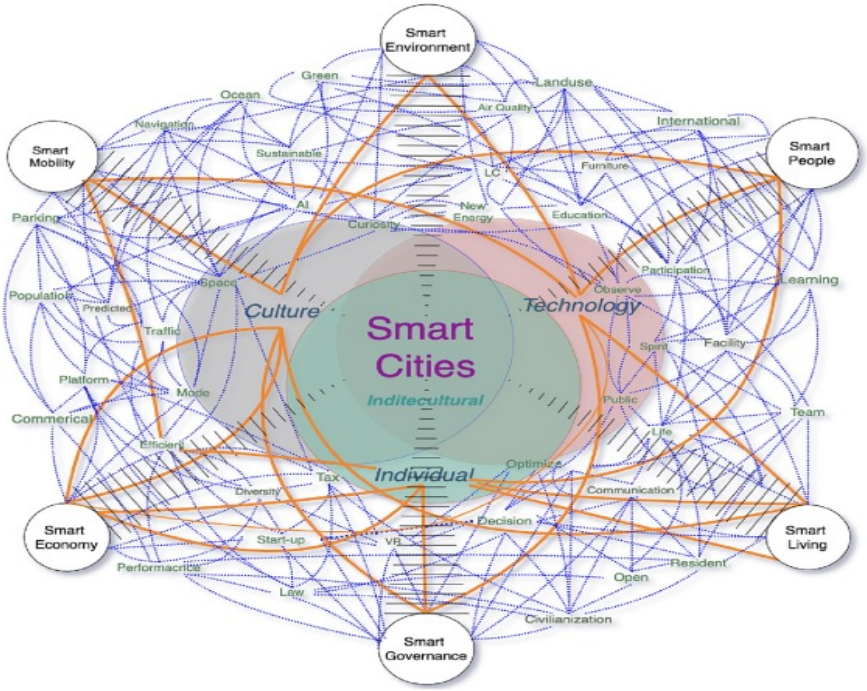
Η αστικοποίηση, ένα άλλο βασικό χαρακτηριστικό, αντιμετωπίζει τις τεχνολογικές, οικονομικές, υποδομές και πτυχές διακυβέρνησης της αστικής ανάπτυξης και μετασχηματισμού. Περιλαμβάνει τη βιώσιμη διαχείριση της μετάβασης από τα φυσικά περιβάλλοντα στα αστικά τοπία, εν μέσω των προκλήσεων που θέτει η ταχεία αστικοποίηση, όπως η διαχείριση απορριμμάτων, η ατμοσφαιρική ρύπανση, η κυκλοφοριακή συμφόρηση, τα θέματα δημόσιας υγείας, η εξάντληση των πόρων και η γήρανση των υποδομών. Οι σύγχρονες προσεγγίσεις για την αστικοποίηση δίνουν έμφαση στις ανθεκτικές πρακτικές αστικής διαχείρισης που ενσωματώνουν την οικονομική ανάπτυξη με την αποτελεσματική διαμόρφωση και εφαρμογή πολιτικής. Η νοημοσύνη στο πλαίσιο των έξυπνων πόλεων αναφέρεται στη μόχλευση τεχνολογικών καινοτομιών για την ενίσχυση των κοινωνικών, περιβαλλοντικών και οικονομικών σημείων αναφοράς. Αυτό περιλαμβάνει την ανάπτυξη προηγμένων τεχνολογιών πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ), ανάλυση δεδομένων και έξυπνες λύσεις υποδομής για τη βελτιστοποίηση των αστικών υπηρεσιών, τη βελτίωση της κατανομής πόρων και την προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης. Η εξέλιξη των έξυπνων πόλεων έχει τις ρίζες της στην αντιμετώπιση των περίπλοκων αλληλεξαρτήσεων και αλληλεπιδράσεων μεταξύ αυτών των διαστάσεων, με στόχο τη δημιουργία σε αστικά περιβάλλοντα όχι μόνο αποτελεσματικών και βιώσιμων, αλλά και ανθεκτικών στις μελλοντικές προκλήσεις και βιώσιμων για τις επόμενες γενιές (Silva et al., 2018).

1.5 Μοντέλα Έξυπνων Πόλεων

Καθώς οι έξυπνες πόλεις πολλαπλασιάζονται παγκοσμίως, υπάρχει συνεχής συζήτηση και σύγχυση σχετικά με τη διασύνδεση των διαστάσεών τους. Παραδοσιακά, αυτές οι διαστάσεις -τεχνολογία, άνθρωποι, κοινωνία και χώρος- έχουν αναλυθεί ξεχωριστά, εστιάζοντας στη βελτίωση των σχέσεων τους. Ωστόσο, η τρέχουσα προσέγγιση συχνά διαχωρίζει αυτές τις διαστάσεις, γεγονός που μπορεί να εμποδίσει την ικανότητα μιας έξυπνης πόλης να λειτουργεί αυτόνομα και αποτελεσματικά. Προχωρώντας προς μια ολοκληρωμένη προοπτική, οι έξυπνες πόλεις στοχεύουν να συγχωνεύσουν απρόσκοπτα αυτές τις διαστάσεις. Η ενσωμάτωση εδώ σημαίνει συνδυασμό τεχνολογίας, κοινωνικών πτυχών και χωροταξικού σχεδιασμού για τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης και των λειτουργιών της πόλης. Οι προηγούμενες προσεγγίσεις έχουν τμηματοποιήσει αυτές τις διαστάσεις σε διάφορους βαθμούς: η τεχνολογία βοηθά τις ανθρώπινες δραστηριότητες εντός περιορισμένων θεσμικών πλαισίων, οι κοινωνικές δομές χωρίζονται σε διακριτές γεωγραφικές ενότητες ανά τεχνολογία και οι χωρικές διαστάσεις αναζητούν συστημική ολοκλήρωση.

Κοιτάζοντας το μέλλον, η πρόκληση έγκειται στον προσδιορισμό του εάν οι υπάρχοντες συνδυασμοί διαστάσεων είναι κατάλληλοι για μελλοντικές δομές έξυπνων πόλεων. Το βάθος της ενοποίησης μεταξύ των διαστάσεων καθορίζει την πρόοδο μιας έξυπνης πόλης. Για την προώθηση αυτής της ολοκλήρωσης, μοντέλα όπως το πλαίσιο "IndiTeCultural" προτείνουν τον συνδυασμό μεμονωμένων χαρακτηριστικών, τεχνολογίας και πολιτισμικών πτυχών. Αυτή η προσέγγιση διασφαλίζει ότι η τεχνολογία παρέχει εξατομικευμένες υπηρεσίες προσαρμοσμένες στις ατομικές ανάγκες, ενισχύοντας ένα πολυπολιτισμικό περιβάλλον όπου η πολιτιστική ποικιλομορφία εμπλουτίζει τη ζωή της πόλης. Πρακτικά, αυτό το ολοκληρωμένο πλαίσιο επιτρέπει στις έξυπνες πόλεις να λειτουργούν πιο δυναμικά, ανταποκρινόμενες σε σύνθετες προκλήσεις σε πραγματικό χρόνο χωρίς να βασίζονται σε άκαμπτα δομικά πλαίσια. Αυτή η ευελιξία ενισχύει τη βιωσιμότητα των πόρων, προσαρμόζεται στις διαφορετικές ανάγκες των πολιτών και προωθεί μια ισορροπημένη σχέση μεταξύ των ατομικών ελευθεριών και των συλλογικών πολιτιστικών πλαισίων. Έτσι, οι έξυπνες πόλεις μπορούν να εξελιχθούν σε προσαρμοστικά, ευφυή συστήματα ικανά να βελτιώσουν τη συνολική ποιότητα ζωής,

ενώ αγκαλιάζουν την πολιτισμική ποικιλομορφία και την ατομικότητα (Yang & Zhen, 2024).



Εικόνα 1 : Λειτουργικό Μοντέλο Έξυπνης Πόλης

Τα πολιτιστικά-περιφερειακά μοντέλα έξυπνων πόλεων αντικατοπτρίζουν ποικίλες προσεγγίσεις που υιοθετούνται παγκοσμίως, επηρεαζόμενες από τις τοπικές πολιτικές, κοινωνικές και πολιτιστικές δυναμικές. Αυτά τα μοντέλα είναι καθοριστικά για τη γεφύρωση του χάσματος μεταξύ θεωρητικών εννοιών και πρακτικών εφαρμογών πρωτοβουλιών για έξυπνες πόλεις. Αναλύοντας τις διακριτές αναπτυξιακές διαδρομές των έξυπνων πόλεων σε διαφορετικές πολιτιστικές περιοχές, οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής και οι πολεοδόμοι μπορούν να επιταχύνουν την αποτελεσματική ανάπτυξη τεχνολογιών και στρατηγικών έξυπνων πόλεων προσαρμοσμένων στα τοπικά πλαίσια. Αυτή η προσέγγιση όχι μόνο προάγει τη βιώσιμη αστική ανάπτυξη αλλά επίσης ενισχύει την προσαρμοστικότητα των πλαισίων έξυπνων πόλεων για να ανταποκριθούν στις εξελισσόμενες προσδοκίες και προκλήσεις που αντιμετωπίζουν διαφορετικοί πληθυσμοί παγκοσμίως. Ως εκ τούτου, η κατανόηση και η ενσωμάτωση της πολιτιστικής ποικιλομορφίας στον έξυπνο σχεδιασμό και τις λειτουργίες των

πόλεων είναι απαραίτητη για την επίτευξη της αστικής ευημερίας και ανθεκτικότητας σε ένα ολοένα και πιο δυναμικό παγκόσμιο τοπίο (Yang & Zhen, 2024).

2. Σχεδιασμός Έξυπνων Πόλεων

Η σημασία του πολεοδομικού σχεδιασμού και της ανάπτυξης υποδομών στις σύγχρονες πόλεις είναι τεράστια. Η υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα και η περίπλοκη φύση των αστικών περιβαλλόντων απαιτούν σχολαστικές, προνοητικές προσεγγίσεις για να διασφαλιστεί ότι οι πόλεις παραμένουν δυναμικές, κατοικήσιμες και βιώσιμες. Ο αστικός σχεδιασμός χρησιμεύει ως το προσχέδιο για την ανάπτυξη της πόλης, αντιμετωπίζοντας διάφορες πτυχές όπως η χρήση γης, τα δίκτυα μεταφοράς, η στέγαση, οι δημόσιες ανέσεις και οι χώροι πρασίνου. Οι υποδομές, από την άλλη πλευρά, αποτελούν την απτή βάση που υλοποιεί αυτά τα σχέδια, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων για την ενέργεια, τις μεταφορές, την επικοινωνία και όχι μόνο. Ο αναποτελεσματικός πολεοδομικός σχεδιασμός και η κακοσυντηρημένη υποδομή μπορούν να εμποδίσουν την ικανότητα μιας πόλης να καλύψει τις ανάγκες των κατοίκων της, οδηγώντας σε προβλήματα όπως η συμφόρηση, η ρύπανση, η αναποτελεσματική χρήση των πόρων και η χαμηλότερη ποιότητα ζωής. Ως εκ τούτου, οι πολεοδόμοι και οι προγραμματιστές υποδομών διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη διαμόρφωση πόλεων που είναι αποτελεσματικές και βιώσιμες.

Εκτός από αυτά τα παραδοσιακά στοιχεία, η έννοια των έξυπνων πόλεων έχει αναδειχθεί ως ζωτικής σημασίας πτυχή του σύγχρονου αστικού σχεδιασμού. Οι έξυπνες πόλεις αξιοποιούν την τεχνολογία και τα δεδομένα για να βελτιώσουν τις αστικές υπηρεσίες, να βελτιώσουν τη βιωσιμότητα και να ενισχύσουν τη συνολική ποιότητα ζωής για τους κατοίκους τους. Αυτό περιλαμβάνει την ενσωμάτωση ψηφιακών λύσεων στην υποδομή της πόλης, όπως η χρήση αισθητήρων για την παρακολούθηση της κυκλοφορίας και τη βελτιστοποίηση της ροής, την υλοποίηση ενεργειακά αποδοτικών κτιρίων με έξυπνα δίκτυα και την παροχή στους κατοίκους πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο μέσω συνδεδεμένων συσκευών. Ο σχεδιασμός μιας έξυπνης πόλης απαιτεί όχι μόνο μια ολοκληρωμένη κατανόηση των παραδοσιακών αρχών πολεοδομικού σχεδιασμού, αλλά και μια καινοτόμο

προσέγγιση για την ενσωμάτωση τεχνολογιών αιχμής. Αυτό διασφαλίζει ότι οι πόλεις δεν είναι μόνο εξοπλισμένες για να χειρίζονται τις τρέχουσες απαιτήσεις, αλλά είναι επίσης προσαρμόσιμες στις μελλοντικές προκλήσεις, καθιστώντας την αστική ζωή πιο άνετη, αποτελεσματική και βιώσιμη.

2.1 Εργαλεία Βελτίωσης των Έξυπνων Πόλεων

Οι πολεοδόμοι και οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής σήμερα αξιοποιούν όλο και περισσότερο τις τεχνολογικές εξελίξεις για να βελτιώσουν την οικονομική ανάπτυξη, την οργανωτική αποτελεσματικότητα, την κοινωνική ισότητα και την ποιότητα ζωής στις πόλεις. Η επέκταση των ευρυζωνικών δικτύων έχει φέρει επανάσταση στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ενδιαφερομένων, διευκολύνοντας την πρόσβαση σε παγκόσμιες πληροφορίες και εργαλεία, ενισχύοντας έτσι τα τοπικά και παγκόσμια δίκτυα. Αυτό οδήγησε στην ιδέα των έξυπνων πόλεων, η οποία αντιπροσωπεύει μια νέα προσέγγιση στη βιώσιμη αστική ανάπτυξη με στόχο την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας, της ευημερίας και της κοινωνικής ένταξης εν μέσω παγκόσμιων προκλήσεων αστικοποίησης.

Κεντρικό στοιχείο αυτής της εξέλιξης είναι η υιοθέτηση πλαισίων συμμετοχικού σχεδιασμού με δυνατότητα ΤΠΕ. Αυτά τα πλαίσια στοχεύουν στην υποστήριξη των πόλεων στη μετάβασή τους προς τις πρωτοβουλίες έξυπνων πόλεων, εμπλέκοντας διάφορους παράγοντες, όπως φορείς χάραξης πολιτικής, ενδιαφερόμενους φορείς και πολίτες στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων. Ο συμμετοχικός σχεδιασμός διασφαλίζει μια ισορροπημένη εκπροσώπηση συμφερόντων και πόρων, προωθεί παραγωγικούς διαλόγους και επιπλέον προωθεί την οικειοποίηση των αποτελεσμάτων του σχεδιασμού. Με την ενσωμάτωση των γνώσεων των πολιτών και της τοπικής γνώσης, ο συμμετοχικός σχεδιασμός επιτρέπει τον εντοπισμό προκλήσεων που σχετίζονται με την κοινότητα και την ανάπτυξη προσαρμοσμένων λύσεων που αντικατοπτρίζουν τις τοπικές ανάγκες και προτεραιότητες.

Επιπλέον, η στροφή προς τα εργαλεία ηλεκτρονικής συμμετοχής και τις διαδικτυακές πλατφόρμες έχει εκδημοκρατίσει περαιτέρω τη διαδικασία σχεδιασμού. Αυτά τα ψηφιακά εργαλεία διευκολύνουν την ευρύτερη συμμετοχή, ενισχύουν τη διαφάνεια και επιτρέπουν την αποτελεσματική ανταλλαγή γνώσεων μεταξύ διαφορετικών

ομάδων, εμπλουτίζοντας έτσι τον διάλογο σχεδιασμού και διασφαλίζοντας ότι οι αποφάσεις ευθυγραμμίζονται στενά με τις φιλοδοξίες της κοινότητας. Αυτή η συλλογική προσέγγιση όχι μόνο ενισχύει τη νομιμότητα των αποφάσεων πολεοδομικού σχεδιασμού, αλλά επίσης προωθεί την καινοτομία και την ανταπόκριση στις τοπικές προκλήσεις, συμβάλλοντας τελικά σε πιο ανθεκτικά και βιώσιμα αστικά περιβάλλοντα (Stratigea et al., 2016).

2.1.1 Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ)

Η ταχεία ενσωμάτωση και η ευρεία χρήση των Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) έχουν επηρεάσει βαθιά την καθημερινή ζωή, καθιστώντας τα κομβικά εργαλεία για την επιδίωξη στόχων βιωσιμότητας σε οικονομικούς, κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς τομείς. Οι ΤΠΕ έχουν αλλάξει θεμελιωδώς τον τρόπο προσέγγισης των αστικών και περιφερειακών προκλήσεων, προσφέροντας νέους δρόμους για την κατανόηση χωρικών ζητημάτων μέσω δεδομένων με επίγνωση του πλαισίου και εικονικής εξερεύνησης περιβαλλόντων και κοινοτήτων. Αυτή η τεχνολογική επανάσταση έφερε επίσης επανάσταση στον συμμετοχικό και χωρικό σχεδιασμό, επιτρέποντας την ανάπτυξη και τη χρήση εργαλείων ηλεκτρονικού σχεδιασμού και ηλεκτρονικής συμμετοχής. Στα αστικά περιβάλλοντα, οι ΤΠΕ έχουν αναδειχθεί ως κινητήριος δύναμη στην εξέλιξη προς μια κοινωνία που βασίζεται στην πληροφορία. Έδωσαν τη δυνατότητα στους πολίτες να συνεισφέρουν ενεργά στην παραγωγή αστικής πληροφορίας, απομακρύνοντας τους παραδοσιακούς ρόλους όπου οι σχεδιαστές και οι επαγγελματίες ήταν οι κύριοι παραγωγοί και χρήστες αστικών δεδομένων. Αυτή η αλλαγή έχει ξεκλειδώσει τεράστιες δυνατότητες, καθώς διαφορετικές ομάδες χρηστών παράγουν πλέον πληθώρα πληροφοριών, αν και συχνά δεν σχετίζονται με ζητήματα σχεδιασμού όπως ο τουρισμός ή η ψυχαγωγία. Οι πολεοδόμοι και οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων αντιμετωπίζουν την πρόκληση να αξιοποιήσουν αυτόν τον πλούτο δεδομένων που δημιουργούνται από τους πολίτες για να ενημερώσουν και να ενισχύσουν τις προσπάθειες πολεοδομικού σχεδιασμού.

Ωστόσο, παρά τα βήματα που έγιναν στα ψηφιακά εργαλεία και τεχνολογίες, παραμένουν αρκετές προκλήσεις. Η προσβασιμότητα σε εφαρμογές ΤΠΕ σε πολλές αστικές περιοχές, οι φιλικές προς τον χρήστη διεπαφές και η σαφής κατανόηση των

πλεονεκτημάτων τους εξακολουθούν να αποτελούν εμπόδια. Επιπλέον, συχνά υπάρχει έλλειψη γενικών αστικών στρατηγικών ή σχεδίων που αυτές οι τεχνολογίες θα μπορούσαν να εξυπηρετήσουν αποτελεσματικά. Η ενσωμάτωση των ΤΠΕ στον πολεοδομικό σχεδιασμό απαιτεί μια ολιστική, διεπιστημονική προσέγγιση για την πλήρη αξιοποίηση των δυνατοτήτων τους. Για την επιδίωξη των στόχων βιωσιμότητας, η υιοθέτηση των ΤΠΕ παρουσιάζει ευκαιρίες και πολυπλοκότητες για τους σχεδιαστές, τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων και το κοινό. Ενώ οι ΤΠΕ είναι ουδέτερες τεχνολογίες, η εφαρμογή τους μπορεί να επηρεάσει τα πολιτικά και κοινωνικά αποτελέσματα, διαμορφώνοντας συμμετοχικές διαδικασίες κεντρικές για τις σύγχρονες προκλήσεις σχεδιασμού. Οι αρμόδιοι για τον σχεδιασμό αναγνωρίζουν την αξία των ΤΠΕ στη διεύρυνση του πεδίου της συμβολής των πολιτών και των ενδιαφερομένων, διευκολύνοντας έτσι τα πιο περιεκτικά και τοπικά προσαρμοσμένα αποτελέσματα σχεδιασμού. Οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων βλέπουν τις ΤΠΕ ως εργαλεία για την ενίσχυση της διαφάνειας, της νομιμότητας και της προσαρμογής στις εξελισσόμενες κοινωνικές ανάγκες, ενώ το κοινό επωφελείται από την αυξημένη πρόσβαση σε πόρους που ενισχύουν την τεκμηριωμένη συμμετοχή στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων (Rahul & Pratt, 2023).

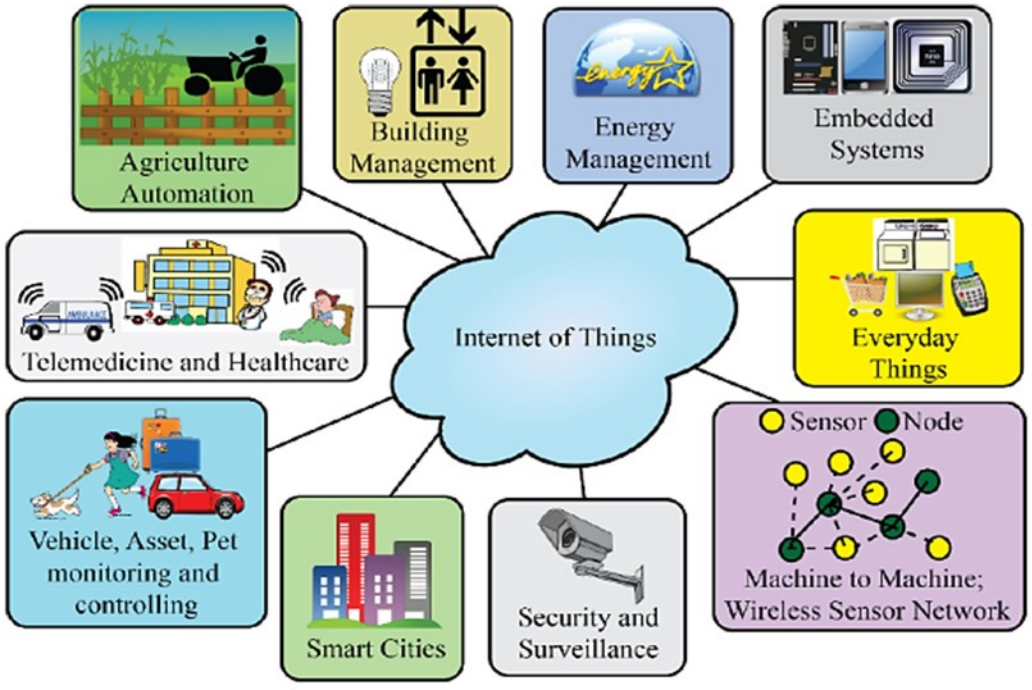
Ουσιαστικά, η υιοθέτηση των ΤΠΕ στον αστικό σχεδιασμό σηματοδοτεί μια στροφή μετασχηματισμού προς πιο περιεκτικές, προσαρμοστικές και πλούσιες σε γνώση πρακτικές σχεδιασμού, αξιοποιώντας την τεχνολογία για την αντιμετώπιση των σύγχρονων αστικών προκλήσεων και τη βελτίωση των αποτελεσμάτων της βιωσιμότητας.

2.1.2 Internet of Things (IoT)

Στο επίκεντρο των πρωτοβουλιών Smart City βρίσκεται η μεταμορφωτική δύναμη του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT), μιας τεχνολογίας που συνδέει καθημερινές συσκευές με το Διαδίκτυο, επιτρέποντάς τους να συλλέγουν και να μοιράζονται δεδομένα και επιτρέποντας σε ορισμένες περιπτώσεις τον τηλεχειρισμό και τον αυτοματισμό. Το IoT περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα στοιχείων όπως αισθητήρες, ενεργοποιητές, ηλεκτρονικά και δίκτυα, όλα διασυνδεδεμένα για να δημιουργήσουν ένα δίκτυο φυσικών αντικειμένων. Αυτά τα αντικείμενα περιλαμβάνουν όχι μόνο

παραδοσιακές συσκευές όπως υπολογιστές και smartphones, αλλά και αισθητήρες που είναι ενσωματωμένοι σε υποδομές, οχήματα, ενεργειακά συστήματα και άλλα.

Η ενσωμάτωση του IoT στις Έξυπνες Πόλεις διευκολύνει τη βελτιωμένη επικοινωνία και την αποτελεσματικότητα σε διάφορα συστήματα. Αισθητήρες όπως το RFID, οι υπέρυθρες και το GPS διαδραματίζουν κρίσιμους ρόλους σε εργασίες που κυμαίνονται από την παρακολούθηση των επιπέδων ρύπανσης έως τη βελτιστοποίηση της ροής της κυκλοφορίας και τη βελτίωση της διαχείρισης ενέργειας. Αυτή η τεχνολογία υποστηρίζει τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, τα οποία είναι απαραίτητα για την τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων και τη διαμόρφωση πολιτικής. Οι προβλέψεις δείχνουν εκθετική ανάπτυξη στην υιοθέτηση του IoT, με δισεκατομμύρια συσκευές να αναμένεται να συνδεθούν έως το 2025. Αυτή η επέκταση οδηγεί στην καινοτομία και δημιουργεί σημαντικές επιχειρηματικές ευκαιρίες, ιδιαίτερα στην ανάπτυξη λύσεων που βελτιώνουν τις αστικές υποδομές και υπηρεσίες (Syed et al., 2021).



Εικόνα 2: IoT στις Έξυπνες Πόλεις

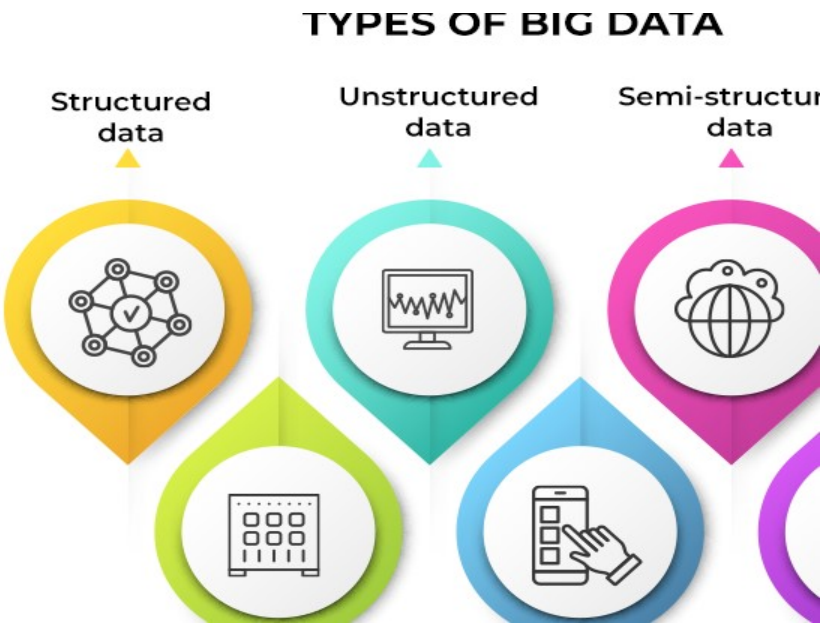
Παρά τα πιθανά οφέλη του, η ανάπτυξη του IoT σε Έξυπνες Πόλεις παρουσιάζει αρκετές προκλήσεις. Ένα κρίσιμο ζήτημα είναι η εξασφάλιση επαρκών πόρων και

διαχείρισης για συσκευές που λειτουργούν σε ένα φάσμα υπολογιστικής ισχύος - από αισθητήρες χαμηλής χωρητικότητας έως επεξεργαστές υψηλής απόδοσης. Η διαχείριση των τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων που παράγονται από συσκευές IoT απαιτεί επίσης προηγμένες τεχνολογίες για την κατηγοριοποίηση και την ενοποίηση δεδομένων. Επιπλέον, η διαλειτουργικότητα των εφαρμογών IoT σε διάφορα δίκτυα και περιβάλλοντα είναι ζωτικής σημασίας για την απρόσκοπτη παροχή υπηρεσιών σε Έξυπνες Πόλεις. Η ανάπτυξη ισχυρών μέτρων κυβερνοασφάλειας είναι εξίσου επιτακτική για την προστασία των ευαίσθητων δεδομένων και τη διασφάλιση του απορρήτου, δεδομένης της διασυνδεδεμένης φύσης των συστημάτων IoT. Η αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων απαιτεί συντονισμένες προσπάθειες στην έρευνα, την ανάπτυξη και τη χάραξη πολιτικής για την αξιοποίηση του πλήρους δυναμικού του IoT για την οικοδόμηση εξυπνότερων, πιο βιώσιμων πόλεων. Καθώς οι πόλεις συνεχίζουν να εξελίσσονται, η αξιοποίηση των τεχνολογιών IoT θα είναι απαραίτητη για τη βελτίωση του αστικού βιοτικού επιπέδου, της διαχείρισης των πόρων και της συνολικής ποιότητας ζωής των κατοίκων (Park et al., 2018).

2.1.2 Big Data

Οι έξυπνες πόλεις προωθούνται από τις εξελίξεις στην επιστήμη, την τεχνολογία και την αστική επέκταση, με τα μεγάλα δεδομένα να αναδεικνύονται ως βασικό στοιχείο για τη βελτιστοποίηση των αστικών υπηρεσιών και τη βελτίωση της ευημερίας των πολιτών. Τα μεγάλα δεδομένα που δημιουργούνται μέσω αισθητήρων και συσκευών IoT ενσωματωμένων σε υποδομές έξυπνων πόλεων, περιλαμβάνουν τεράστιο όγκο πληροφοριών που μπορούν να φέρουν επανάσταση στον τρόπο λειτουργίας των πόλεων. Η ανάλυση μεγάλων δεδομένων επιτρέπει ένα ευρύ φάσμα υπηρεσιών έξυπνων πόλεων, όπως η διαχείριση ενέργειας, η παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα, η διαχείριση απορριμμάτων, ο έλεγχος της κυκλοφορίας και ο αυτοματισμός έξυπνων κτιρίων. Αυτές οι εφαρμογές όχι μόνο απλοποιούν τις λειτουργίες αλλά συμβάλλουν επίσης στη μείωση του κόστους, στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα και στη συνολική βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων. Τα βασικά χαρακτηριστικά των μεγάλων δεδομένων περιλαμβάνουν τον τεράστιο όγκο τους, τη δημιουργία σε πραγματικό χρόνο και τους διαφορετικούς τύπους - που κυμαίνονται από δομημένες έως μη δομημένες πηγές δεδομένων. Η τεράστια κλίμακα και ο

γρήγορος ρυθμός παραγωγής δεδομένων απαιτούν προηγμένες δυνατότητες ανάλυσης πέρα α πό τις παραδοσιακές μεθόδους. Η ανάλυση μεγάλων δεδομένων σε έξυπνες πόλεις περιλαμβάνει εξελιγμένους αλγόριθμους ικανούς να επεξεργάζονται και να ερμηνεύουν αποτελεσματικά αυτόν τον πλούτο πληροφοριών περιβάλλοντα (Al Nuaimi et al., 2015).



Εικόνα 3 : Τύποι των Big Data

Επιπλέον, η ενσωμάτωση συσκευών συνδεδεμένων με IoT έχει αυξήσει εκθετικά τη δημιουργία δεδομένων, η οποία αναμένεται να αυξηθεί από 13,6 Zetta Byte το 2018 σε 79,4 Zetta Bytes έως το 2025. Η αποτελεσματική αξιοποίηση αυτών των δεδομένων απαιτεί ισχυρούς αλγόριθμους ανάλυσης δεδομένων που μπορούν να χειριστούν την πολυπλοκότητα και τη μεταβλητότητα στις αστικές ροές δεδομένων. Τεχνικές όπως η βαθιά εκμάθηση έχουν αποδειχθεί πολύτιμες για την ικανότητά τους να εξάγουν ουσιαστικές γνώσεις από μεγάλα σύνολα δεδομένων, βελτιώνοντας τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων σε διάφορες εφαρμογές έξυπνων πόλεων.

Ουσιαστικά, η ανάλυση μεγάλων δεδομένων είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη έξυπνων πόλεων, διευκολύνοντας τη λήψη αποφάσεων βάσει δεδομένων, βελτιστοποιώντας την κατανομή πόρων και ενισχύοντας την αστική ανθεκτικότητα. Καθώς οι πόλεις συνεχίζουν να εξελίσσονται, η αποτελεσματική διαχείριση και

χρήση μεγάλων δεδομένων θα παραμείνει ζωτικής σημασίας για την επίτευξη βιώσιμων αστικών περιβαλλόντων χωρίς αποκλεισμούς περιβάλλοντα (Al Nuaimi et al., 2015).

2.1.3 Digital Twins

Τα Digital Twins (ψηφιακά δίδυμα) αντιπροσωπεύουν μια πλατφόρμα αιχμής για τη συγκέντρωση και την οπτικοποίηση περιεκτικών συνόλων δεδομένων από διάφορες πηγές σε μια ενοποιημένη, προσβάσιμη μορφή. Στον πυρήνα του, ένα Digital Twin ξεκινά με ένα ψηφιακό αντίγραφο ενός φυσικού περιβάλλοντος, ενσωματώνοντας δεδομένα από αρχεία πόλεων, εξωτερικούς συνεργάτες όπως περιβαλλοντικές υπηρεσίες και συσκευές IoT και δεδομένα για το κλίμα σε πραγματικό χρόνο. Αυτή η συγχώνευση δεδομένων επιτρέπει πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο και προγνωστικές προσομοιώσεις, προσφέροντας μια προληπτική προσέγγιση στην αστική διαχείριση.

Πρακτικά, τα Digital Twins διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην επίτευξη στόχων βιωσιμότητας στις έξυπνες πόλεις. Για παράδειγμα, μπορούν να παρακολουθούν και να προβλέψουν με ακρίβεια τα επίπεδα CO_2 στις αστικές περιοχές, διευκολύνοντας τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων σχετικά με στρατηγικές μείωσης των εκπομπών. Κατά την αξιολόγηση έργων υποδομής, όπως η εισαγωγή αποκλειστικών λωρίδων λεωφορείων, τα Digital Twins προσομοιώνουν πιθανές επιπτώσεις στη ροή της κυκλοφορίας και τα επίπεδα ρύπανσης, βοηθώντας στη βέλτιστη λήψη αποφάσεων για τον αστικό σχεδιασμό. Η αξία των Digital Twins έγκειται στην ικανότητά τους να μετατρέπουν τα ακατέργαστα δεδομένα σε χρήσιμες πληροφορίες. Παρέχοντας μια ολιστική, τρισδιάστατη προβολή πόλεων ή συγκεκριμένων ζωνών, όπως λιμάνια και πανεπιστημιουπόλεις, τα Digital Twins αποτυπώνουν περίπλοκες λεπτομέρειες όπως τοπογραφία εδάφους, ύψη κτιρίων και περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως μοτίβα ανέμου για την παρακολούθηση της ρύπανσης (Reed, 2023).

Κοιτάζοντας το μέλλον, τα Digital Twins πρόκειται να γίνουν απαραίτητα εργαλεία για έξυπνες πόλεις τα επόμενα πέντε χρόνια. Ενδυναμώνουν τις πόλεις να αξιοποιούν αποτελεσματικά τα δεδομένα τους, αυξάνοντας την αποδοτικότητα, μειώνοντας το κόστος και προωθώντας τα προγράμματα βιωσιμότητας. Οι μελλοντικές εξελίξεις

αναμένεται να ενσωματώσουν την επαυξημένη πραγματικότητα (AR) και την εικονική πραγματικότητα (VR) για βελτιωμένες εμπειρίες χρήστη, καθιστώντας τα σύνθετα δεδομένα πιο προσιτά και κατανοητά τόσο στους ενδιαφερόμενους όσο και στο κοινό.

Επιπλέον, η συνεργασία μεταξύ τμημάτων της πόλης, ιδιωτικών τομέων και ερευνητικών ιδρυμάτων πρόκειται να επεκταθεί, ενισχύοντας την καινοτομία και διασφαλίζοντας ότι τα Digital Twins εξελίσσονται για να ανταποκρίνονται αποτελεσματικά στις διάφορες αστικές ανάγκες. Τελικά, το Digital Twin αποτελεί παράδειγμα του τρόπου με τον οποίο οι τεχνολογίες έξυπνων πόλεων αξιοποιούν την κοινή χρήση δεδομένων και προηγμένες αναλύσεις για την αντιμετώπιση σύνθετων αστικών προκλήσεων και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων (Reed, 2023).

2.2 Κυκλική Οικονομία και Έξυπνες Πόλεις

Το σύστημα κυκλικής οικονομίας (CE) είναι επανορθωτικό και αναγεννητικό, με στόχο την αποσύνδεση της οικονομικής ανάπτυξης από τη χρήση πόρων. Αυτός ο μετασχηματισμός περιλαμβάνει τον επανασχεδιασμό προϊόντων και υπηρεσιών από την αρχική φάση σύλληψης για την υποστήριξη μακροπρόθεσμων στόχων βιωσιμότητας. Η έννοια του CE έχει συζητηθεί εκτενώς, με ποικίλους ορισμούς που τονίζουν διαφορετικές πτυχές, όπως οι αρχές 3R (μείωση, επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση). Ωστόσο, είναι απαραίτητη μια συστημική αλλαγή για την πλήρη εφαρμογή του. Οι πρακτικές CE ευθυγραμμίζονται με τους στόχους βιώσιμης ανάπτυξης, συμβάλλοντας στην επίτευξη στόχων μέσω καινοτόμων εργαλείων και προσεγγίσεων. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει ενσωματώσει το CE στο πλαίσιο πολιτικής της για την προώθηση βιώσιμων οικονομικών συστημάτων και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Το CE ελαχιστοποιεί την εισαγωγή πόρων, τα απόβλητα, τις εκπομπές και τη διαρροή ενέργειας προάγοντας μακροχρόνιο σχεδιασμό, συντήρηση, επαναχρησιμοποίηση, ανακατασκευή και ανακύκλωση. Αυτή η προσέγγιση έρχεται σε αντίθεση με τη γραμμική οικονομία. Η φιλοσοφία Lean Green, που στοχεύει στη μείωση της ζήτησης υλικών και ενέργειας, συμπληρώνει το CE εστιάζοντας σε αποδοτικές δομές και καινοτόμο τεχνολογία. Η υιοθέτηση του CE

απαιτεί αλλαγές στην κοινωνική νοοτροπία, δίνοντας έμφαση στην επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση προϊόντων για τη μείωση της ανάγκης για παρθένα υλικά και τον μετριασμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων όπως οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και η αποψίλωση των δασών. Μεγάλοι παγκόσμιοι θεσμοί, συμπεριλαμβανομένων των Ηνωμένων Εθνών και της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχουν αναγνωρίσει τη σημασία της βιωσιμότητας και έχουν ξεκινήσει διάφορα μέτρα και κανονισμούς για να υποστηρίξουν τη μετάβαση σε CE (Dinca et al., 2022).

Οι βασικές πρωτοβουλίες και τα έγγραφα της ΕΕ που προωθούν την CE περιλαμβάνουν τον Οδικό Χάρτη για μια Ευρώπη με αποδοτική χρήση των πόρων, την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία και αρκετές οδηγίες και κανονισμούς που στοχεύουν στην προώθηση μιας καθαρότερης, πιο ανταγωνιστικής οικονομίας. Η εκπαίδευση και η ευαισθητοποίηση του κοινού είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη της βιωσιμότητας, με τις κυβερνήσεις να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, του αειφόρου τουρισμού και της αποτελεσματικής περιβαλλοντικής διαχείρισης (Zhan et al., 2021).

Η έννοια της κυκλικής οικονομίας (CE) έχει ενσωματώσει όλο και περισσότερο διάφορες ιδέες με επίκεντρο τη βιωσιμότητα, συμπεριλαμβανομένης της βιομηχανικής οικολογίας, της οικολογικής απόδοσης, της διαχείρισης απορριμμάτων, των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, της ανακύκλωσης και των έξυπνων πόλεων. Καθορισμένο με πολλούς τρόπους, το CE δίνει συχνά έμφαση στην επιβράδυνση, το κλείσιμο και τον περιορισμό των βρόχων πόρων και θεωρείται ως μια νέα νοοτροπία ή μονοπάτι εκβιομηχάνισης που δίνει προτεραιότητα στην επαναχρησιμοποίηση και τη μείωση των απορριμμάτων μέσω καλύτερου σχεδιασμού. Πολυάριθμες μελέτες υπογραμμίζουν τη σύνδεση μεταξύ της CE, της βιώσιμης ανάπτυξης (SD) και των Στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης (SDGs). Αυτές οι μελέτες υπογραμμίζουν την ενσωμάτωση μη οικονομικών πτυχών στην ανάπτυξη και τη σημασία της διαχείρισης της ροής υλικών και ενέργειας μεταξύ της φύσης και του ανθρώπου, ιδίως δεδομένων των αυξανόμενων πληθυσμιακών και καταναλωτικών πιέσεων στο περιβάλλον. Η μετάβαση στη κυκλική οικονομία είναι ζωτικής σημασίας για τους βιώσιμους οικονομικούς στόχους της ΕΕ με χαμηλές εκπομπές άνθρακα και αποδοτικούς πόρους (Dinca et al., 2022).

Συνολικά, η CE αναγνωρίζεται ως ζωτικής σημασίας πολιτική για την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων και την τόνωση της οικονομικής ανάπτυξης, απαιτώντας τη συμμετοχή διαφόρων ενδιαφερομένων και την πλήρη επανεξέταση των υφιστάμενων συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων.

2.3 Διαχείριση και Εξοικονόμηση Ενέργειας σε Κτήρια

Η κλιματική αλλαγή και η αύξηση της χρήσης ενέργειας αποτελούν σημαντικές παγκόσμιες ανησυχίες, με την Κίνα και τις Ηνωμένες Πολιτείες να είναι οι μεγαλύτεροι καταναλωτές ενέργειας. Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας της Κίνας σημείωσε σημαντική αύξηση από το 1978 έως το 2010, καθιστώντας την τον μεγαλύτερο καταναλωτή ενέργειας στον κόσμο μέχρι το 2009. Οι συνολικές εκπομπές άνθρακα που σχετίζονται με την ενέργεια της Κίνας ξεπέρασαν αυτές των ΗΠΑ το 2007 και προβλέπεται να ξεπεράσουν τους 10 γιγατόνους έως το 2050. Τα κτίρια συνεισφέρουν σημαντικά σε αυτές τις εκπομπές, που αντιπροσωπεύουν περίπου το ένα τρίτο των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που οφείλονται τόσο στη λειτουργική όσο και στην ενσωματωμένη ενέργεια. Για την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων, υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για κτίρια καθαρής μηδενικής ενέργειας (ZEB) και κτίρια καθαρής μηδενικής ενέργειας (NZEBs), τα οποία στοχεύουν στην εξισορρόπηση της κατανάλωσης ενέργειας με την ενέργεια που παράγεται μέσω ανανεώσιμων συστημάτων. Η έννοια της καθαρής ενέργειας, που εφαρμόζεται από τη δεκαετία του 1970 σε διάφορους τομείς, αξιολογεί την ενέργεια που παρέχεται από μια τεχνολογία σε σχέση με την ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή της. Στον κτιριακό τομέα, τα NZEB αναφέρονται συνήθως σε κτίρια συνδεδεμένα στο ενεργειακό δίκτυο, εξισορροπώντας την κατανάλωση ενέργειας και την παραγωγή σε διάστημα ενός έτους. Τα ZEB μπορούν επίσης να περιλαμβάνουν αυτόνομα κτίρια που δεν είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο (Li et al., 2013).

Αρκετές χώρες έχουν υιοθετήσει τα ZEB ως μέρος των μελλοντικών τους ενεργειακών στόχων κτιρίων, συμπεριλαμβανομένων των πρωτοβουλιών του Υπουργείου Ενέργειας των ΗΠΑ και της Οδηγίας της ΕΕ για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων. Περιπτωσιολογικές μελέτες σε όλο τον κόσμο έχουν

καταδείξει τη δυνατότητα των ZEB να μειώσουν την εξάντληση των ενεργειακών πόρων και την υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Τα ZEB γενικά χρησιμοποιούν δύο βασικές στρατηγικές σχεδιασμού: ελαχιστοποίηση της χρήσης ενέργειας μέσω αποτελεσματικών μέτρων (ειδικά για θέρμανση και ψύξη) και χρήση τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την κάλυψη των ελάχιστων ενεργειακών αναγκών (Li et al., 2013).

Τα μέτρα ενεργειακής απόδοσης είναι ζωτικής σημασίας σε κτίρια μηδενικής ενέργειας (ZEB) λόγω των συχνά περιορισμένων επιλογών για επιτόπια παραγωγή ενέργειας, όπως οι περιορισμοί χώρου για ηλιακά συστήματα σε πολυώροφα κτίρια. Διάφορες χώρες έχουν αναπτύξει ενεργειακά πρότυπα και οδηγίες κτιρίων προσαρμοσμένα στα τοπικά κλίματα και τις αρχιτεκτονικές πρακτικές. Σημαντικά στοιχεία εδώ περιλαμβάνουν την οδηγία της ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (EPBD), το Πρότυπο της Αμερικανικής Εταιρείας Μηχανικών Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού (ASHRAE) στις ΗΠΑ και το Πρότυπο Σχεδιασμού της Κίνας για την Ενεργειακή Απόδοση Δημόσιων Κτιρίων. Οι αρχιτέκτονες και οι μηχανικοί συνήθως σχεδιάζουν κτίρια ώστε να πληρούν ή να υπερβαίνουν αυτά τα πρότυπα εφαρμόζοντας μέτρα ενεργειακής απόδοσης. Αυτά τα μέτρα, που ισχύουν τόσο για νέες κατασκευές όσο και για μετασκευές, εμπίπτουν σε τρεις κύριες κατηγορίες, οι οποίες αναλύονται παρακάτω.

2.3.1 Building envelopes

Τα διαφορετικά κλίματα απαιτούν ξεχωριστά σχέδια κελύφους κτιρίων για την αντιμετώπιση των τοπικών κλιματικών συνθηκών. Έχουν αναπτυχθεί διάφοροι δείκτες και κριτήρια για την αξιολόγηση της θερμικής απόδοσης των περιβλημάτων κτιρίων, όπως η συνολική τιμή μεταφοράς θερμότητας (OTTV) για υποτροπικά κλίματα, η αξιολόγηση για την ενέργεια και τη θερμική απόδοση (EETP) σε ζώνες ζεστού καλοκαιριού και κρύου χειμώνα, τη θερμική τιμή μεταφοράς (ETTV) σε τροπικά κλίματα και βιοκλιματικές προσεγγίσεις που χρησιμοποιούν στρατηγικές παθητικού σχεδιασμού για διαφορετικές κλιματικές ζώνες. Ο στόχος είναι να ελαχιστοποιηθεί το κέρδος θερμότητας το καλοκαίρι και η απώλεια θερμότητας το χειμώνα μέσω του κελύφους του κτιρίου, μειώνοντας έτσι τις αντίστοιχες απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης (Lam et al., 2008).

Οι βασικές εκτιμήσεις σχετικά με τα τέσσερα ενεργειακά αποδοτικά μέτρα για τα κελύφη κτιρίων περιλαμβάνουν τη θερμομόνωση, τη θερμική μάζα, τα παράθυρα/τζάμια (συμπεριλαμβανομένου του φωτισμού ημέρας) και τις ανακλαστικές/πράσινες στέγες. Η θερμομόνωση τείνει να είναι πιο αποτελεσματική σε κτίρια που κυριαρχούν στη θέρμανση σε ψυχρότερα κλίματα και λιγότερο αποτελεσματική σε κτίρια όπου κυριαρχεί η ψύξη με υψηλά εσωτερικά θερμικά φορτία σε θερμότερα κλίματα. Υπάρχει ένα σημείο πέρα α πό το οποίο η πρόσθετη μόνωση μπορεί να είναι αντιπαραγωγική, γνωστό ως σημείο θερμικής κάμψης, όπου μπορεί να αυξήσει τις απαιτήσεις ψύξης κατά τη διάρκεια ήπιων εποχών. Το βέλτιστο πάχος μόνωσης μπορεί να προσδιοριστεί μέσω ανάλυσης οικονομικού κόστους, ανάλυσης ενέργειας κύκλου ζωής και εκπομπών CO_2 και βέλτιστων από άποψη κόστους επιπέδων ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης για κτίρια και στοιχεία. Η ανάλυση εκπομπών CO_2 του κύκλου ζωής ευνοείται όλο και περισσότερο λόγω της εστίασής της στην περιβαλλοντική αποτελεσματικότητα (Masoso & Grobler, 2008). Η ενσωμάτωση της θερμικής μάζας με τον νυχτερινό αερισμό (φυσικό ή μηχανικό) μπορεί να βελτιστοποιήσει την εξοικονόμηση ενέργειας. Αυτή η στρατηγική βοηθά στην αποφυγή της υπερθέρμανσης του καλοκαιριού και στη μείωση των απαιτήσεων ψύξης, μετριάζοντας τις επιπτώσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη σε εσωτερικά περιβάλλοντα (Artmann et al., 2007) . Όσον αφορά τα παράθυρα και τα τζάμια, η σχεδιαστική προσέγγιση περιλαμβάνει τη μείωση της αναλογίας παραθύρου προς τοίχο (WWR) και τη χρήση διπλών/τριπλών υαλοπινάκων με γυαλί χαμηλής εκπομπής και κοιλότητες γεμάτες αδρανές αέριο για την ελαχιστοποίηση του κέρδους/απώλειας θερμότητας. Σε θερμότερα κλίματα, χρησιμοποιείται συχνά μονό ανακλαστικό γυαλί. Τα αποτελεσματικά σχέδια φωτισμού ημέρας μπορούν να εξοικονομήσουν ενέργεια μειώνοντας την ανάγκη για τεχνητό φωτισμό και μειώνοντας την απαγωγή θερμότητας από τις εγκαταστάσεις φωτισμού (Loutzenhiser et al., 2007). Οι αντανακλαστικές στέγες αντανακλούν την περισσότερη εισερχόμενη ηλιακή θερμότητα, μειώνοντας σημαντικά τα ψυκτικά φορτία. Σε υγρά, τροπικά/υποτροπικά κλίματα, οι πράσινες στέγες παρέχουν εξαιρετική θερμική απόδοση μέσω της λανθάνουσας απαγωγής θερμότητας, αποτρέποντας τη διοχέτευση της ηλιακής θερμότητας στο κτίριο. Ωστόσο, στο πλαίσιο των Κτιρίων Μηδενικής Ενέργειας (ZEB), οι αντανακλαστικές και οι πράσινες στέγες ενδέχεται να έρχονται σε σύγκρουση με την ανάγκη για χώρο στέγης για συστήματα ανανεώσιμων πηγών

ενέργειας όπως φωτοβολταϊκά πάνελ και ανεμογεννήτριες, γεγονός που καθιστά απαραίτητο συμβιβασμό μεταξύ αυτών των απαιτήσεων (Tsang & Jim, 2011).

2.3.2 Εσωτερικές συνθήκες

Οι εσωτερικές πηγές θερμότητας και οι μέγιστες επιτρεπόμενες εσωτερικές θερμοκρασίες επηρεάζουν σημαντικά τις απαιτήσεις ψύξης στα κτίρια. Η αντιμετώπιση των συνθηκών σχεδιασμού εσωτερικού χώρου και η πυκνότητα φορτίου φωτισμού (LLD) προσφέρει σημαντικές δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας και μετριασμού. Αυτά τα μέτρα ισχύουν τόσο για νέα όσο και για υφιστάμενα κτίρια, κάτι που είναι κρίσιμο δεδομένου του μεγάλου χρονικού πλαισίου που απαιτείται για την αντικατάσταση των υφιστάμενων κατασκευών. Το LLD επηρεάζει τη χρήση ενέργειας τόσο για φωτισμό όσο και για κλιματισμό, ειδικά σε θερμότερα κλίματα. Τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας των κτιρίων μπορούν να βοηθήσουν στη ρύθμιση των θερμικών συνθηκών και των επιπέδων φωτισμού των εσωτερικών χώρων (Halawa & Hoof, 2012).

Για συνθήκες σχεδιασμού εσωτερικού χώρου, η προσαρμογή των ρυθμίσεων του θερμοστάτη μπορεί να μειώσει σημαντικά τις ανάγκες ψύξης και θέρμανσης. Για παράδειγμα, μια έρευνα στην Αγγλία έδειξε διαφορετικές ρυθμίσεις θερμοστάτη, υποδεικνύοντας ένα πιθανό πρόγραμμα «κοινωνικού κανόνα» για τη μείωση των θερμοκρασιών σε υπερθερμαινόμενα σπίτια. Μελέτες έχουν δείξει ότι η αύξηση της θερινής θερμοκρασίας καθορισμένου σημείου (SST) μπορεί να μειώσει τη χρήση ενέργειας για συστήματα HVAC, με αξιοσημείωτες μειώσεις στη ζήτηση αιχμής σε κτίρια κατοικιών. Η προσαρμοστική προσέγγιση θερμικής άνεσης, η οποία επιτρέπει ένα ευρύτερο φάσμα αποδεκτών εσωτερικών θερμοκρασιών, έχει επεκταθεί σε διάφορα συστήματα εξαερισμού και πλήρως κλιματιζόμενα κτίρια. Η μείωση των εσωτερικών θερμικών φορτίων κατά 10 W/m² μπορεί να μειώσει την υπερθέρμανση του καλοκαιριού κατά 1 °C, μειώνοντας τις απαιτήσεις σε ενέργεια ψύξης. Το Electric LLD επηρεάζει σημαντικά τη θερμική και ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, καθιστώντας το βασικό παράγοντα στον σχεδιασμό ενεργειακής απόδοσης. Η πρόοδος στις ενεργειακά αποδοτικές τεχνολογίες φωτισμού, όπως τα ηλεκτρονικά στραγγαλιστικά πηνία με δυνατότητα dimmable, τα ψηφιακά χειριστήρια και οι λαμπτήρες LED, έχουν δείξει μεγάλες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας. Αυτές

οι εξελίξεις, ιδιαίτερα στην τεχνολογία LED, είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη καλύτερης ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας στο σχεδιασμό κτιρίων (Huang et al. Huang B. J., 2007).

2.3.3 Συστήματα Υπηρεσιών Κτιρίων

Στα κτίρια, ιδιαίτερα στα μη οικιστικά όπου κυριαρχεί η ψύξη, οι καταναλωτές πρωτογενούς ενέργειας είναι το HVAC και ο ηλεκτρικός φωτισμός, που αντιπροσωπεύουν το 40–60% και το 20–30% της συνολικής χρήσης ενέργειας, αντίστοιχα. Τα βασικά μέτρα ενεργειακής απόδοσης για HVAC περιλαμβάνουν συστήματα μεταβλητού όγκου αέρα, μεταβλητές ταχύτητες κίνησης για ανεμιστήρες και αντλίες και μονάδες ψύκτη υψηλής COP με βέλτιστο έλεγχο. Αυτά τα μέτρα συχνά συνδέονται μεταξύ τους σε κτιριακά έργα. Για παράδειγμα, σε ένα κτίριο γραφείων στο Λονδίνο, ο αέρας εξάγεται μέσω ενός συστήματος τριπλών υαλοπινάκων πριν επιστρέψει στη μονάδα HVAC, ενσωματώνοντας το περίβλημα του κτιρίου με το σύστημα HVAC. Ομοίως, ο σχεδιασμός του φωτισμού ημέρας επηρεάζει τόσο το κέλυφος του κτιρίου όσο και τον ηλεκτρικό φωτισμό, επηρεάζοντας τις εσωτερικές συνθήκες και το σύστημα HVAC. Για να αξιολογηθούν αποτελεσματικά αυτά τα ενεργειακά αποδοτικά μέτρα, είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη οι δυναμικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ του κελύφους του κτιρίου, των συστημάτων υπηρεσιών, των συνθηκών εσωτερικών χώρων και του εξωτερικού κλίματος (Chidiac et al., 2011).

2.4 Συστήματα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης στα Κτίρια

Ακόμη και με βέλτιστα ενεργειακά αποδοτικά μέτρα, τα κτίρια εξακολουθούν να απαιτούν ενέργεια για καθημερινές λειτουργίες. Τα Κτίρια Μηδενικής Ενέργειας (ZEB) το επιτυγχάνουν μέσω τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως φωτοβολταϊκά (PV) και ενσωματωμένα σε κτίρια φωτοβολταϊκά συστήματα (BIPV), ανεμογεννήτριες, ηλιακά θερμικά συστήματα, αντλίες θερμότητας και τηλεθέρμανση και ψύξη. Τα φωτοβολταϊκά (PV) και BIPV συστήματα είναι πολλά υποσχόμενα, με όλες τις περιπτωσιολογικές μελέτες ZEB να χρησιμοποιούν κάποια μορφή

τεχνολογίας φωτοβολταϊκών. Αυτά τα συστήματα τοποθετούνται συχνά σε στέγες και προσόψεις, ενσωματώνοντας τη δομή του κτιρίου. Καινοτομίες όπως οι ημιδιαφανείς φωτοβολταϊκές μονάδες και τα υβριδικά φωτοβολταϊκά θερμικά συστήματα (HPVT) βελτιώνουν την απόδοση παράγοντας τόσο ηλεκτρική όσο και θερμική ενέργεια. Η αποτελεσματικότητα των φωτοβολταϊκών συστημάτων ποικίλλει ανάλογα με τον χρόνο και τις καιρικές συνθήκες και η ενσωμάτωση μεγάλης κλίμακας μπορεί να μειώσει σημαντικά την εξάρτηση από ορυκτά καύσιμα, αν και μπορεί να δημιουργήσει ζητήματα σταθερότητας ισχύος (Li et al., 2013).

Οι ανεμογεννήτριες συμπληρώνουν την ηλιακή ενέργεια λόγω της συμπληρωματικής διαθεσιμότητάς τους. Τα υβριδικά φωτοβολταϊκά-αιολικά συστήματα προσφέρουν καλύτερη ενεργειακή απόδοση και μπορούν να ενισχύσουν τη σταθερότητα του δικτύου, αν και εξακολουθούν να υπάρχουν προκλήσεις όσον αφορά την ενσωμάτωση κυμαινόμενων ανανεώσιμων πηγών στα υπάρχοντα δίκτυα. Τα ηλιακά θερμικά συστήματα (SWH) είναι ζωτικής σημασίας για τις ανάγκες ζεστού νερού οικιακής χρήσης, προσφέροντας σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση του CO_2. Καινοτομίες στο σχεδιασμό SWH, όπως συλλέκτες χαμηλού προφίλ και προηγμένα συστήματα θερμοσίφωνα, βελτιώνουν την απόδοση και την ενσωμάτωση στα σχέδια κτιρίων. Οι αντλίες θερμότητας παρέχουν αποτελεσματική θέρμανση και ψύξη χρησιμοποιώντας τη θερμότητα του περιβάλλοντος. Οι εξελίξεις περιλαμβάνουν την ενσωμάτωση αντλιών θερμότητας με πηγή αέρα (ASHP) με ηλιακούς συλλέκτες και την ανάπτυξη αντλιών θερμότητας εδάφους (GSHP) για ισορροπημένα φορτία θέρμανσης και ψύξης. Τα υβριδικά συστήματα αντιμετωπίζουν ζητήματα συσσώρευσης ή εξάντλησης θερμότητας, βελτιώνοντας την απόδοση σε διάφορα κλίματα. Τα συστήματα τηλεθέρμανσης και ψύξης (DHC) προσφέρουν απόδοση και περιβαλλοντικά οφέλη συγκεντρώνοντας τη θέρμανση και την ψύξη, μειώνοντας το κόστος και τις εκπομπές μεμονωμένων κτιρίων. Οι μελέτες δείχνουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση του CO_2 σε περιοχές που υιοθετούν DHC, παρά το αρχικό κόστος υποδομής (Li et al., 2013).

Αυτές οι τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη ZEB, συμβάλλοντας στην ενεργειακή απόδοση, τη βιωσιμότητα και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Συνοπτικά, τα κτίρια μηδενικής ενέργειας (ZEB) είναι ζωτικής σημασίας για τη βιώσιμη ανάπτυξη, αλλά απαιτούν περαιτέρω έρευνα σε τρεις βασικούς τομείς:

- Ανάλυση κύκλου ζωής: Βελτιστοποίηση ενεργειακά αποδοτικών μέτρων έναντι τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις λειτουργικές όσο και τις ενσωματωμένες ενεργειακές επιπτώσεις.
- Κλιματική αλλαγή: Σχεδιασμός ευαίσθητων στο κλίμα ZEB χρησιμοποιώντας πολυετείς προσομοιώσεις και επιλογή κατάλληλων κλιματικών μοντέλων για ακριβείς ενεργειακές προβλέψεις. Διερεύνηση συστημάτων ψύξης περιοχής και ηλιακής ενέργειας.
- Κοινωνική πολιτική: Προώθηση της δημόσιας υποστήριξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ενίσχυση μιας θετικής περιβαλλοντικής στάσης και ενσωμάτωση κοινωνικοοικονομικών προβληματισμών στις στρατηγικές αειφόρου ενέργειας.

3. Σύγκριση Έξυπνων Πόλεων

3.1 Αξιολόγηση των υφιστάμενων μεθοδολογιών των έξυπνων πόλεων

3.1.1 Internet of Things και Δίκτυα

Η αξιολόγηση των υφιστάμενων μεθοδολογιών έξυπνων πόλεων περιλαμβάνει την εξέταση των διαφόρων προσεγγίσεων και πλαισίων που έχουν υιοθετήσει οι πόλεις παγκοσμίως για να ενσωματώσουν τις έξυπνες τεχνολογίες στον αστικό σχεδιασμό και τη διαχείριση. Στον τομέα της τεχνολογικής εξέλιξης και του Internet of Things, η Βαρκελώνη έχει αξιοποιήσει αποτελεσματικά το εκτεταμένο δίκτυο οπτικών ινών της για να υποστηρίξει διάφορα συστήματα IoT σε αστικές υπηρεσίες, βελτιώνοντας σημαντικά την ενεργειακή απόδοση, τη διαχείριση απορριμμάτων και τις δημόσιες επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας. Η εγκατάσταση 19.500 έξυπνων μετρητών βελτιστοποιεί την κατανάλωση ενέργειας, ενώ οι δημοτικοί έξυπνοι κάδοι εξοπλισμένοι με αισθητήρες βελτιώνουν τις διαδρομές συλλογής απορριμμάτων και παρακολουθούν τα επίπεδα απορριμμάτων, με σχέδια για τον εντοπισμό επικίνδυνων υλικών. Το Masterplan Lighting της Βαρκελώνης μετέφερε πάνω από 1.100 λαμπτήρες σε έξυπνη τεχνολογία LED έως το 2014, επιτυγχάνοντας μείωση κατά 30% στην κατανάλωση ενέργειας μέσω προσαρμοστικού φωτισμού και ενσωμάτωσής τους στο δίκτυο Wi-Fi της πόλης και στο σύστημα παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα. Επιπλέον, οι τεχνολογίες IoT στα πάρκα των πόλεων επέτρεψαν τον απομακρυσμένο έλεγχο των συστημάτων άρδευσης, με αποτέλεσμα μια αύξηση 25% στην εξοικονόμηση νερού και ετήσια εξοικονόμηση περίπου 555.000 $. Αυτά τα διασυνδεδεμένα συστήματα, η διαχείριση των οποίων γίνεται μέσω της πλατφόρμας Sentilo ανοιχτού κώδικα, διευκολύνουν την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των φορέων της πόλης και των πολιτών, ενισχύοντας τις λειτουργίες της πόλης και τη δημόσια δέσμευση. Οι πρωτοβουλίες έξυπνων πόλεων της Βαρκελώνης οδήγησαν σε σημαντικά οικονομικά οφέλη, συμπεριλαμβανομένων 58 εκατομμυρίων δολαρίων σε εξοικονόμηση νερού, 50 εκατομμυρίων δολαρίων σε αυξημένα έσοδα στάθμευσης και 37 εκατομμυρίων δολαρίων σε εξοικονόμηση ενέργειας από τον έξυπνο φωτισμό. Επιπλέον, αυτές οι προσπάθειες έχουν δημιουργήσει περισσότερες από 47.000 νέες θέσεις εργασίας, καταδεικνύοντας την

επιτυχία της πόλης στη χρήση επενδύσεων στο IoT για την επίτευξη σημαντικών οικονομικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών κερδών (Portals, 2024).

Επίσης, η πρωτοβουλία Smart Nation της Σιγκαπούρης αξιοποιεί το IoT για να βελτιώσει τις συνθήκες διαβίωσης, να δημιουργήσει οικονομικές ευκαιρίες και να δημιουργήσει αποτελεσματική ψηφιακή υποδομή. Οι εφαρμογές IoT καλύπτουν διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένων των ευφυών συστημάτων μεταφορών, των έξυπνων ενεργειακών δικτύων, της απομακρυσμένης παρακολούθησης της υγείας για τους ηλικιωμένους και των αισθητήρων με δυνατότητα AI στην εκπαίδευση. Η κυβέρνηση οδηγεί την έρευνα IoT μέσω του Εργαστηρίου Καινοτομίας IoT, επιδεικνύοντας μια ισχυρή δέσμευση για την υιοθέτηση λύσεων IoT. Με πάνω από 84% διείσδυση στο διαδίκτυο, η Σιγκαπούρη έχει ψηφιοποιήσει το 99% των κυβερνητικών υπηρεσιών της και έχει εφαρμόσει πολυάριθμες εφαρμογές IoT, όπως προηγμένη διαχείριση κυκλοφορίας και έξυπνους αισθητήρες για την παρακολούθηση της ποιότητας του νερού. Η επιτυχία της πόλης-κράτους ως έξυπνης πόλης αποδίδεται στην ισχυρή συνεργασία μεταξύ της κυβέρνησης, του ιδιωτικού τομέα και των ερευνητικών ιδρυμάτων, ενισχύοντας ένα οικοσύστημα που βασίζεται στην καινοτομία. Παρά τα επιτεύγματά της, η Σιγκαπούρη αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις στην ανάπτυξή της στο IoT, συμπεριλαμβανομένων των ανησυχιών για το απόρρητο δεδομένων, των περιορισμών της υποδομής δικτύου, της έλλειψης έμπειρων εργαζομένων στο IoT και ζητημάτων διαχείρισης και συντήρησης συσκευών. Οι ισχυροί νόμοι για την προστασία δεδομένων, όπως ο νόμος περί προστασίας δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα (PDPA) και οι επενδύσεις σε δίκτυα 5G και οπτικών ινών στοχεύουν στην αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων. Η κυβέρνηση προωθεί επίσης την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο μέσω του Οργανισμού Κυβερνοασφάλειας (CSA) και πρωτοβουλιών για την καλλιέργεια τοπικών ταλέντων. Δίνοντας προτεραιότητα στο απόρρητο δεδομένων, ενισχύοντας την υποδομή δικτύου και επενδύοντας στην ανάπτυξη εργατικού δυναμικού και στη διαχείριση συσκευών, η Σιγκαπούρη προσπαθεί να διατηρήσει την ηγετική της θέση στην ανάπτυξη έξυπνων πόλεων, διασφαλίζοντας τη συνεχή ανθεκτικότητα και αξιοπιστία του οικοσυστήματος IoT (Telecom, 2024).

3.1.2 Συγκοινωνίες

Όσον αφορά την αστική κινητικότητα και τις συγκοινωνίες, η έξυπνη κινητικότητα στο Τόκιο εστιάζει στην εφαρμογή προηγμένων τεχνολογιών και καινοτόμων λύσεων για τη βελτίωση της αποδοτικότητας των μεταφορών, της συνδεσιμότητας και της βιωσιμότητας στην πολυσύχναστη μητρόπολη. Μια βασική πτυχή είναι το εξαιρετικά ολοκληρωμένο σύστημα δημόσιων μεταφορών του Τόκιο, το οποίο περιλαμβάνει ένα εκτεταμένο δίκτυο τρένων, μετρό και λεωφορείων που παρέχουν ολοκληρωμένη κάλυψη και απρόσκοπτη πλοήγηση στους επιβάτες. Οι πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο μέσω εφαρμογών και ανακοινώσεων για κινητά κρατούν τους επιβάτες ενήμερους για τα χρονοδιαγράμματα, τις καθυστερήσεις και τις αλλαγές πλατφόρμας, βελτιώνοντας τον προγραμματισμό του ταξιδιού και μειώνοντας τους χρόνους αναμονής. Η πόλη δίνει επίσης έμφαση στην πολυτροπική ολοκλήρωση, διευκολύνοντας τις ομαλές μεταφορές μεταξύ τρένων, λεωφορείων και ποδηλάτων με καλά σχεδιασμένους κόμβους μεταφοράς και συγχρονισμένα χρονοδιαγράμματα για την κάλυψη των διαφορετικών αναγκών των μετακινούμενων. Η βιωσιμότητα αποτελεί σημαντικό στοιχείο των πρωτοβουλιών έξυπνης κινητικότητας του Τόκιο. Η πόλη προωθεί τη χρήση ηλεκτρικών οχημάτων (EV) και αναπτύσσει υποδομή φόρτισης EV για τη μείωση των εκπομπών άνθρακα και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Τα έξυπνα συστήματα στάθμευσης που χρησιμοποιούν αισθητήρες και ψηφιακή σήμανση βοηθούν τους οδηγούς να βρίσκουν διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης, βελτιστοποιώντας τη χρήση των πόρων και μειώνοντας τη συμφόρηση. Η συνεργασία και η καινοτομία οδηγούν αυτές τις πρωτοβουλίες, με την κυβέρνηση, τους φορείς μεταφορών και τα ερευνητικά ιδρύματα να συνεργάζονται για την εφαρμογή προηγμένων τεχνολογιών και τη συνεχή βελτίωση των υπηρεσιών μεταφορών. Αυτή η συλλογική προσέγγιση διασφαλίζει ότι το Τόκιο παραμένει στην πρώτη γραμμή των λύσεων έξυπνης μετακίνησης, προσαρμόζοντας τις εξελισσόμενες ανάγκες μεταφοράς και συμβάλλοντας σε ένα καθαρότερο και πιο αποτελεσματικό αστικό περιβάλλον (Wolniak & Grebski, 2023).

Η Σιγκαπούρη και το Τόκιο διαθέτουν και τα δύο εξαιρετικά ολοκληρωμένα συστήματα δημόσιων μεταφορών που περιλαμβάνουν εκτεταμένα δίκτυα τρένων, λεωφορείων και ταξί, διευκολύνοντας την απρόσκοπτη μετακίνηση στις αντίστοιχες πόλεις τους. Και στις δύο πόλεις, οι ανέπαφες έξυπνες κάρτες (EZ-Link στη

Σιγκαπούρη, Suica και PASMO στο Τόκιο) επιτρέπουν εύκολες πληρωμές ναύλου σε διάφορους τρόπους μεταφοράς. Οι πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τα χρονοδιαγράμματα, τις καθυστερήσεις και τις διακοπές είναι προσβάσιμες μέσω εφαρμογών για κινητά και ψηφιακών οθονών, βοηθώντας τους μετακινούμενους στον προγραμματισμό του ταξιδιού. Και οι δύο πόλεις προωθούν τις βιώσιμες μεταφορές μέσω της υιοθέτησης ηλεκτρικών οχημάτων και της ανάπτυξης υποδομής φόρτισης. Επιπλέον, τα προγράμματα κοινής χρήσης ποδηλάτων και οι φιλικές προς τους πεζούς υποδομές ενισχύουν περαιτέρω τις φιλικές προς το περιβάλλον επιλογές ταξιδιού. Η συνεργασία μεταξύ κυβέρνησης, φορέων μεταφορών και παρόχων τεχνολογίας οδηγεί στην εφαρμογή προηγμένων λύσεων έξυπνης μετακίνησης, βελτιώνοντας τη συνολική ταξιδιωτική εμπειρία τόσο για τους κατοίκους όσο και για τους επισκέπτες (Wolniak & Grebski, 2023).

3.1.3 Ενέργεια και Αειφορία

Σχετικά με τον τομέα της ενέργειας, το Φράιμπουργκ, γνωστό ως οικολογική μητρόπολη, έχει ενσωματώσει τη βιώσιμη ανάπτυξη στην αστική πολιτική του εδώ και δεκαετίες, στοχεύοντας στην ουδετερότητα των εκπομπών άνθρακα έως το 2050. Η στρατηγική της πόλης εστιάζει σε τρεις βασικούς τομείς: μεταφορές, στέγαση και ενέργεια και διαχείριση φυσικών πόρων. Στις μεταφορές, το Φράιμπουργκ περιορίζει την κυκλοφορία των αυτοκινήτων μετατρέποντας τις θέσεις στάθμευσης σε δημόσιους χώρους, εφαρμόζοντας οικιστικούς δρόμους που χαλαρώνουν την κυκλοφορία και εισάγοντας όρια ταχύτητας 30 km/h στους κεντρικούς δρόμους. Η πόλη διαθέτει εκτεταμένο δίκτυο δημόσιων συγκοινωνιών και διαδρομές πεζών και ποδηλάτων, με πάνω από το ένα τέταρτο των διαδρομών να γίνονται με ποδήλατο. Στον τομέα της στέγασης και της ενέργειας, το Freiburg βελτιστοποιεί τα κτίρια για ενεργειακή απόδοση, επιβάλλοντας κριτήρια χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας για νέες κατασκευές και ανακαινίσεις από το 2011. Η πόλη πρωτοστάτησε στα πρότυπα με καινοτομίες όπως το πρώτο παθητικό σπίτι πολλαπλών οικογενειών στον κόσμο στην κατασκευή ξυλείας και η πρώτη γειτονιά PlusEnergyHouse. Πάνω από το 50% της ηλεκτρικής ενέργειας και της θερμότητας που χρησιμοποιούνται στα κτίρια παράγονται τοπικά, με την ηλιακή και την αιολική ενέργεια να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο. Το Φράιμπουργκ έχει επίσης προστατεύσει πάνω από το ήμισυ της

φυσικής του επικράτειας, διαχειρίζεται με βιώσιμο τρόπο τα δημοτικά δάση και απαγορεύει τις επιβλαβείς γεωργικές χημικές ουσίες για την προστασία των υδάτινων πόρων. Αυτά τα μέτρα ευθυγραμμίζονται με τις μακροπρόθεσμες δεσμεύσεις της πόλης για βιωσιμότητα (Ebner-Eschenbach, 2024).

Το Βανκούβερ είναι έτοιμο να επιτύχει 100% ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έως το 2050, αξιοποιώντας την 25ετή κληρονομιά του για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και τη διατήρηση χαμηλών κατά κεφαλήν εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η στρατηγική για τις ανανεώσιμες πόλεις εστιάζει στην ηλεκτροδότηση των κτιρίων και των μεταφορών, αξιοποιώντας το καθαρό, αξιόπιστο ηλεκτρικό σύστημα της πόλης. Αυτή η στρατηγική δεν στοχεύει μόνο στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά και στην αύξηση και διαφοροποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η έμφαση του Βανκούβερ στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα συμβάλει στην οικονομική ανθεκτικότητα, την περιβαλλοντική υγεία και την ποιότητα ζωής, μετατρέποντας την πόλη σε κόμβο καινοτομίας με βιώσιμες, υψηλής ποιότητας ευκαιρίες απασχόλησης. Κλειδί για αυτόν τον μετασχηματισμό είναι οι ολοκληρωμένες προσπάθειες του Βανκούβερ στις δημόσιες συγκοινωνίες, την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και τις βιώσιμες πρακτικές. Η πόλη χρησιμοποιεί ήδη το 31% των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με σημαντικά τμήματα των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που προέρχονται από κτίρια και μεταφορές. Η στρατηγική ενθαρρύνει τη χρήση τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως η ηλιακή, η αιολική και τα βιοκαύσιμα, και προωθεί καινοτομίες όπως η παθητική στέγαση και η έξυπνη διαχείριση ενέργειας. Προάγοντας μια προσέγγιση συνεργασίας μεταξύ της κυβέρνησης, των επιχειρήσεων και των κατοίκων, το Βανκούβερ στοχεύει να μειώσει το αποτύπωμα άνθρακα, να ενισχύσει τη βιωσιμότητα των πόλεων και να πρωτοστατήσει παγκοσμίως στην περιβαλλοντική διαχείριση και την οικονομική σταθερότητα (Robertson, 2024).

Η πρωτοβουλία Smart City Wien της Βιέννης στοχεύει σε μελλοντικό ενεργειακό εφοδιασμό που βασίζεται κυρίως σε τοπικά παραγόμενες ανανεώσιμες πηγές, μειώνοντας σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας μέσω της ενισχυμένης ενεργειακής απόδοσης και της ηλεκτροδότησης των τομέων μεταφορών και θέρμανσης. Η στρατηγική της πόλης περιλαμβάνει τεράστιες επενδύσεις στην ενεργειακή απόδοση, τη μετάβαση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε όλους τους τομείς και τη χρήση της απορριπτόμενης θερμότητας. Ο μετασχηματισμός του ενεργειακού συστήματος της

Βιέννης επικεντρώνεται στην ενσωμάτωση έξυπνων δικτύων για τη βελτιστοποίηση της αποκεντρωμένης παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας και στη συμμετοχή ιδιωτικών νοικοκυριών και επιχειρήσεων στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτή η προσέγγιση υποστηρίζει τους κλιματικούς στόχους της Βιέννης, διασφαλίζοντας έναν ασφαλή, οικονομικά προσιτό και πράσινο εφοδιασμό ενέργειας. Όσον αφορά την κινητικότητα, η Βιέννη δίνει έμφαση στη μείωση της ανάγκης για ταξίδια, στη στροφή σε αποδοτικές δημόσιες συγκοινωνίες και κοινές επιλογές κινητικότητας και στη μετάβαση σε συστήματα πρόωσης χωρίς άνθρακα για οχήματα. Η πολιτική μεταφορών της πόλης ευθυγραμμίζεται με τους κλιματικούς στόχους, δίνοντας έμφαση στην κοινωνική ένταξη και την προσιτή κινητικότητα. Οι δημόσιες συγκοινωνίες παραμένουν η ραχοκοκαλιά του συστήματος κινητικότητας της Βιέννης, που συμπληρώνεται από υπηρεσίες κινητικότητας κοινής χρήσης που είναι προσβάσιμες μέσω της πλατφόρμας WienMobil. Η πόλη προωθεί επίσης την ιδέα της πόλης των 15 λεπτών για να καλύψει τις καθημερινές ανάγκες των κατοίκων σε μικρές αποστάσεις. Στην κατασκευή και την ανακαίνιση κτιρίων, η Βιέννη εστιάζει στη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα, την ενεργειακή απόδοση και τη χρήση φιλικών προς το κλίμα πηγών ενέργειας, με στόχο την πλήρη κατάργηση των συστημάτων θέρμανσης με φυσικό αέριο και την προώθηση της κυκλικής οικονομίας στα δομικά υλικά (Deistler & Homeier, 2022).

3.1.4 Υγειονομικές και Κοινωνικές Υπηρεσίες

Οι σύγχρονες τεχνολογίες πληροφοριών μεταμορφώνουν την υγειονομική περίθαλψη στις έξυπνες πόλεις ενισχύοντας τη διαθεσιμότητα και την ποιότητα των ιατρικών υπηρεσιών μέσω καινοτόμων λύσεων. Η ενοποίηση της τηλεϊατρικής, των φορητών συσκευών και της ανταλλαγής δεδομένων σε πραγματικό χρόνο επιτρέπει την αποτελεσματική απομακρυσμένη παροχή συμβουλών, την ταχύτερη πρόσβαση στις πληροφορίες των ασθενών και την προληπτική διαχείριση της υγειονομικής περίθαλψης. Οι έξυπνες πόλεις αξιοποιούν συστήματα Big Data και γεωπληροφοριών για την πρόβλεψη ιατρικών αναγκών με βάση διάφορους παράγοντες όπως η πυκνότητα του πληθυσμού, οι περιβαλλοντικές συνθήκες και οι τάσεις της υγείας. Αυτή η προσέγγιση που βασίζεται στην τεχνολογία βελτιστοποιεί την παροχή ιατρικών υπηρεσιών, μειώνει τους χρόνους αναμονής και βελτιώνει τη συνολική

αποτελεσματικότητα των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης. Παραδείγματα από παγκόσμιες έξυπνες πόλεις απεικονίζουν τις ποικίλες εφαρμογές αυτών των τεχνολογιών. Πόλεις όπως η Βαρκελώνη και η Σιγκαπούρη χρησιμοποιούν εργαλεία τηλεϊατρικής και απομακρυσμένης παρακολούθησης, ενώ το Σαν Φρανσίσκο και το Τόκιο επικεντρώνονται στα συστήματα απόκρισης έκτακτης ανάγκης και φροντίδας ηλικιωμένων. Άλλες πόλεις, όπως η Καμπέρα και η Σεούλ, έχουν αναπτύξει ψηφιακά αρχεία υγείας και υπηρεσίες τηλε-υγείας για τον εξορθολογισμό της παροχής υγειονομικής περίθαλψης. Το Ντουμπάι και το Ελσίνκι χρησιμοποιούν πλατφόρμες για πρόσβαση σε υπηρεσίες υγείας και διαχείριση συνταγών, ενώ το Τορόντο και το Νέο Δελχί δίνουν έμφαση στην ανταλλαγή δεδομένων και στα ψηφιακά αναγνωριστικά υγείας για τη βελτίωση της προσβασιμότητας και της εξατομίκευσης των υπηρεσιών. Αυτά τα παραδείγματα υπογραμμίζουν την ευρεία και αποτελεσματική χρήση της τεχνολογίας για την αντιμετώπιση των προκλήσεων της υγειονομικής περίθαλψης και τη βελτίωση των υπηρεσιών σε έξυπνες πόλεις (Kalpaeva et al., 2023).

3.1.5 Ασφάλεια και ανθεκτικότητα

Οι έξυπνες πόλεις σε όλο τον κόσμο χρησιμοποιούν ολοκληρωμένες στρατηγικές κυβερνοασφάλειας για να προστατεύσουν τις ψηφιακές τους υποδομές και να προστατεύσουν τα δεδομένα των πολιτών. Στη Σιγκαπούρη, ο Οργανισμός Κυβερνοασφάλειας ηγείται των προσπαθειών με ένα εθνικό πλαίσιο που εστιάζει στον εντοπισμό απειλών, την ασφαλή διαχείριση ψηφιακής ταυτότητας και τις συνεργασίες δημόσιου-ιδιωτικού τομέα. Ομοίως, η Βαρκελώνη έχει αναπτύξει ένα Σχέδιο Ασφάλειας Έξυπνης Πόλης που περιλαμβάνει ισχυρές προστασίες για συσκευές IoT και δημόσιες υπηρεσίες, που υποστηρίζονται από τη συνεργασία με εθνικούς και διεθνείς οργανισμούς. Το Σαν Φρανσίσκο εφαρμόζει ένα Πλαίσιο Κυβερνοασφάλειας που δίνει προτεραιότητα στην ασφάλεια του δημόσιου Wi-Fi και των ζωτικών υποδομών, παράλληλα με την τακτική εκπαίδευση για τους υπαλλήλους της πόλης. Το Ντουμπάι ενσωματώνει την κυβερνοασφάλεια στην Πρωτοβουλία του Smart Dubai, αναπτύσσοντας προηγμένες τεχνολογίες και αυστηρά μέτρα απορρήτου δεδομένων για την προστασία του ψηφιακού του οικοσυστήματος.

Στη Σεούλ, το σχέδιο Smart Seoul 2020 περιλαμβάνει το Seoul Cyber Security Center, το οποίο διαχειρίζεται και ανταποκρίνεται σε απειλές στον κυβερνοχώρο, διασφαλίζοντας παράλληλα προστασία δεδομένων και ασφαλή επικοινωνία. Το Ελσίνκι δίνει έμφαση στην ασφάλεια δεδομένων και στην προστασία της υποδομής μέσω της Στρατηγικής Ασφάλειας Έξυπνων Πόλεων, αξιοποιώντας την εθνική συνεργασία και την ανταλλαγή πληροφοριών σχετικά με τις απειλές. Αυτές οι πόλεις επιδεικνύουν μια προληπτική προσέγγιση για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο, ενσωματώνοντας προηγμένες τεχνολογίες, αυστηρές πολιτικές και συλλογικές προσπάθειες για την ασφάλεια των συστημάτων έξυπνων πόλεων και τη βελτίωση της συνολικής ασφάλειας και ιδιωτικότητας για τους κατοίκους τους (Alibasic et al., 2017).

3.2 Σύγκριση έξυπνων πόλεων

3.2.1 Πόλεις του Εξωτερικού

Άμστερνταμ

Η πρωτοβουλία για τη δημιουργία του προγράμματος έξυπνης πόλης του Άμστερνταμ ξεκίνησε το 2007 μέσω μιας συνεργασίας μεταξύ της Amsterdam Innovation Motor (AIM), της Liander και της δημοτικής διοίκησης. Στόχος ήταν η αξιοποίηση της τεχνολογίας πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ) για την αντιμετώπιση περιβαλλοντικών ζητημάτων και την προώθηση της βιωσιμότητας. Οι δραστηριότητες σχεδιασμού ξεκίνησαν το 2008, κατά τις οποίες σχηματίστηκαν διάφορες ομάδες εργασίας για να ηγηθούν της διαδικασίας. Η στρατηγική της έξυπνης πόλης του Άμστερνταμ ενσωματώθηκε στο στρατηγικό πλαίσιο της πόλης, ευθυγραμμιζόμενη με τις προτεραιότητές της για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής, με στόχο τη μείωση των εκπομπών CO2 κατά 40% έως το 2025. Οι βασικοί τομείς εστίασης περιελάμβαναν χώρους διαβίωσης, χώρους εργασίας, κινητικότητα και δημόσιους χώρους. Η στρατηγική καθοδηγήθηκε από τις αρχές της συλλογικής προσπάθειας, της οικονομικής βιωσιμότητας, της τεχνολογικής καινοτομίας και της διάδοσης της γνώσης. Η μεθοδολογία Living Lab υιοθετήθηκε για τη συμμετοχή των

πολιτών στη δοκιμή τεχνολογικών λύσεων. Ο οργανισμός Smart City του Άμστερνταμ ιδρύθηκε για να επιβλέπει την υλοποίηση του έργου, με συγκεκριμένες ομάδες εργασίας που διαχειρίζονται ξεχωριστά καθήκοντα (Mora & Bolici, 2017).

Η στρατηγική για την έξυπνη πόλη του Άμστερνταμ δίνει έμφαση στην υλοποίηση έργων που βασίζονται σε ΤΠΕ για την εισαγωγή νέων εφαρμογών, υπηρεσιών, συσκευών και υποδομών. Η πόλη στοχεύει να χρησιμεύσει ως κόμβος καινοτομίας, αξιοποιώντας την τεχνολογία, τη συνεργασία και τις καινοτόμες μεθόδους χρηματοδότησης για τη βελτίωση των αστικών επιδόσεων. Μέχρι το 2013, αυτή η πρωτοβουλία περιελάβανε 70 εταίρους σε 37 έργα έξυπνων πόλεων που εστίαζαν στην ενεργειακή μετάβαση, την κινητικότητα και τη συνδεσιμότητα. Για πρόσβαση σε πόρους και τεχνογνωσία, το Άμστερνταμ συμμετείχε σε διάφορες ευρωπαϊκές πρωτοβουλίες όπως το Citadel, το Common4EU, το NICE, τις Digital Cities και τις Open Cities. Η πλατφόρμα Smart City του Άμστερνταμ λειτουργεί ως καταλύτης, ενώνοντας τους ενδιαφερόμενους φορείς της αστικής διακυβέρνησης για να σχηματίσουν συνεργασίες που προάγουν τη βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη. Το Amsterdam Smart City Foundation επιβλέπει τον συντονισμό και την υλοποίηση αυτών των έργων. Τα έργα επιλέγονται με βάση τη σκοπιμότητα, το κόστος και τη δυνητική μείωση του CO2, με την Ομάδα Εστίασης του Ιδρύματος να εγκρίνει προτάσεις και να προσκαλεί εταίρους στη φάση υλοποίησης. Η χρηματοδότηση προέρχεται από διάφορες εταιρείες και κρατικούς φορείς που συμμετέχουν στα έργα. Ο αριθμός των έργων και των εταίρων έχει αυξηθεί με την πάροδο του χρόνου, με την πρόοδο να παρακολουθείται τακτικά και τα αποτελέσματα να αξιολογούνται ως προς την επεκτασιμότητα και τον αντίκτυπο στη μείωση του CO2. Η ανταλλαγή γνώσεων είναι ένα κρίσιμο στοιχείο της στρατηγικής, που διευκολύνεται μέσω συνεδρίων, άρθρων, εκθέσεων, ενημερωτικών δελτίων, παρουσιάσεων, περιηγήσεων, διαγωνισμών, εργαστηρίων και πλατφορμών μέσων κοινωνικής δικτύωσης. Η συνεχής αναθεώρηση και προσαρμογή διασφαλίζει ότι η στρατηγική παραμένει δυναμική και ανταποκρίνεται στις μεταβαλλόμενες ανάγκες. Το πεδίο δράσης έχει επεκταθεί και περιλαμβάνει την έξυπνη κινητικότητα, την έξυπνη ζωή, την έξυπνη κοινωνία, τα μεγάλα και ανοιχτά δεδομένα, τις έξυπνες περιοχές, την έξυπνη οικονομία και τις υποδομές (Mora & Bolici, 2017).

Το Άμστερνταμ συνέχισε να βασίζεται στις πρώτες του επιτυχίες, με αρκετά αξιόλογα έργα που υπογραμμίζουν τη δέσμευσή του στις αρχές της έξυπνης πόλης. Το

Άμστερνταμ έχει εγκαταστήσει έξυπνα συστήματα φωτισμού δρόμου που προσαρμόζουν τη φωτεινότητα με βάση την κυκλοφορία πεζών και οχημάτων, μειώνοντας σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας και τη φωτορύπανση. Επίσης, η πόλη έχει αναπτύξει ένα ολοκληρωμένο δίκτυο σταθμών φόρτισης EV για να υποστηρίζει τον αυξανόμενο αριθμό ηλεκτρικών οχημάτων, ενθαρρύνοντας την απομάκρυνση από τα αυτοκίνητα που κινούνται με ορυκτά καύσιμα. Τα έργα Smart Grid στο Άμστερνταμ στοχεύουν στην ενίσχυση της αποδοτικότητας και της αξιοπιστίας της διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, ενσωματώνοντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και επιτρέποντας τη διαχείριση ενέργειας σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, το Άμστερνταμ είναι πρωτοποριακές προσπάθειες στην κυκλική οικονομία, εστιάζοντας στη μείωση των απορριμμάτων και στην προώθηση της επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης υλικών. Τα έργα περιλαμβάνουν αστική γεωργία, εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας από απόβλητα και πρωτοβουλίες για τη μείωση των πλαστικών μιας χρήσης. Δεδομένων των μοναδικών γεωγραφικών προκλήσεων του Άμστερνταμ, η πόλη έχει εφαρμόσει προηγμένα συστήματα διαχείρισης νερού που παρακολουθούν τα επίπεδα και την ποιότητα των υδάτων, συμβάλλοντας στην αποφυγή πλημμυρών και διασφαλίζοντας βιώσιμη παροχή νερού (Danielou, 2014).

Στον τομέα του τουρισμού, η πόλη αξιοποιεί δεδομένα για τη διαχείριση των τουριστικών ροών, μειώνοντας τον αντίκτυπο του υψηλού αριθμού επισκεπτών στις τοπικές κοινότητες και διατηρώντας τους χώρους πολιτιστικής κληρονομιάς. Ωστόσο, και σε άλλους τομείς όπως στον τομέα της υγείας, το Άμστερνταμ προωθεί ψηφιακές λύσεις υγείας, όπως την απομακρυσμένη παρακολούθηση για ασθενείς με χρόνια νοσήματα και τα έξυπνα συστήματα στο σπίτι για ηλικιωμένους, βελτιώνοντας την προσβασιμότητα και την αποτελεσματικότητα της υγειονομικής περίθαλψης. Για να προωθήσει τη μεγαλύτερη συμμετοχή των πολιτών, το Άμστερνταμ έχει αναπτύξει ψηφιακές πλατφόρμες όπου οι κάτοικοι μπορούν να παρέχουν πληροφορίες για αποφάσεις πολεοδομικού σχεδιασμού, διασφαλίζοντας ότι η ανάπτυξη της έξυπνης πόλης αντανακλά τις ανάγκες και τις επιθυμίες των κατοίκων της. Γενικά, η προσέγγιση του Άμστερνταμ για να γίνει μια έξυπνη πόλη είναι ολιστική, ενσωματώνοντας την τεχνολογική καινοτομία με τις πρακτικές βιώσιμης αστικής ανάπτυξης. Μέσω της συνεχούς συνεργασίας, των επενδύσεων και της προσαρμογής, το Άμστερνταμ στοχεύει να βελτιώσει την ποιότητα ζωής των κατοίκων του, ενώ

παράλληλα αντιμετωπίζει τις περιβαλλοντικές προκλήσεις και προωθεί την οικονομική ανάπτυξη (Somayya & Ramaswamy, 2016).

Βαρκελώνη

Ο αστικός μετασχηματισμός της Βαρκελώνης ξεκίνησε τη δεκαετία του 1980 και εξελίχθηκε από μια πόλη σε οικονομική κρίση με ελλείμματα υποδομών σε κορυφαία μητρόπολη. Η πόλη, που χαρακτηρίζεται από την πυκνή αστικοποίησή της και τη στενή συνεργασία μεταξύ πολιτικών και εταιρειών, αναγνώρισε την ανάγκη για μια πρωτοβουλία Smart City λόγω ελλείψεων στον στρατηγικό σχεδιασμό που σχετίζονται με τη στέγαση, τα περιβαλλοντικά ζητήματα, το νερό, τις μεταφορές και την ενέργεια. Οι Ολυμπιακοί Αγώνες του 1992 επικεντρώθηκαν κυρίως στις εσωτερικές υποδομές, υπογραμμίζοντας την αναγκαιότητα μιας συνολικής αστικής στρατηγικής. Κατά συνέπεια, στη δεκαετία του 1990, οι αρχές της πόλης, μαζί με διάφορους οργανισμούς και ιδρύματα, ανέπτυξαν το στρατηγικό σχέδιο Έξυπνης Πόλης για να τοποθετήσουν τη Βαρκελώνη ως ηγέτη στην ανάπτυξη έξυπνων πόλεων σε όλη την Ευρώπη. Η σύλληψη της Smart City Barcelona δίνει έμφαση σε μια πόλη υψηλής τεχνολογίας, προηγμένης τεχνολογίας που συνδέει ανθρώπους, πληροφορίες και αστικά στοιχεία μέσω νέων τεχνολογιών για να δημιουργήσει μια βιώσιμη, πράσινη, ανταγωνιστική και καινοτόμο πόλη με βελτιωμένη ποιότητα ζωής και αποτελεσματική διοίκηση. Η πρωτοβουλία είναι μια συλλογική προσπάθεια που περιλαμβάνει εταιρείες, ακαδημαϊκά ιδρύματα, κυβερνητικές αρχές και κατοίκους, με στόχο την προώθηση της οικονομικής ανάπτυξης και της αστικής ανάπτυξης. Ο πρωταρχικός στόχος του μοντέλου Έξυπνης Πόλης της Βαρκελώνης είναι να αξιοποιήσει τις ΤΠΕ για να μεταμορφώσει τη δημόσια διοίκηση, καθιστώντας την πιο προσιτή, αποτελεσματική και διαφανή. Με την παροχή έξυπνων υπηρεσιών, η Βαρκελώνη επιδιώκει να ενισχύσει τη συνεργασία μεταξύ του συμβουλίου, της κοινωνίας των πολιτών και του επαγγελματικού τομέα, με ιδιαίτερη έμφαση στην ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας, την προώθηση της καινοτομίας, τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των δημόσιων υπηρεσιών και τη διευκόλυνση της επικοινωνίας και της πρόσβασης σε πληροφορίες σε τοπικό και διεθνές επίπεδο.

Η πρωτοβουλία Smart City στη Βαρκελώνη αποτελεί μέρος ενός προηγμένου μοντέλου που στοχεύει στη δημιουργία μιας κοινωνίας της γνώσης μέσω της

αλληλεπίδρασης πολιτών, εταιρειών, ιδρυμάτων και διοίκησης της πόλης. Το μοντέλο βασίζεται σε τέσσερις βασικούς πυλώνες: Έξυπνη Διακυβέρνηση, Έξυπνη Οικονομία, Έξυπνη Ζωή και Έξυπνοι Άνθρωποι. Η Έξυπνη Διακυβέρνηση εστιάζει στην ενίσχυση της πρόσβασης σε κρατικές πληροφορίες μέσω εργαλείων όπως τα Ανοιχτά Δεδομένα. Η Έξυπνη Οικονομία προωθεί την καινοτομία δημιουργώντας συμπλέγματα όπου συνεργάζονται εταιρείες, σχολές και πολίτες. Το Smart Living στοχεύει στην υιοθέτηση νέων τεχνολογιών, ιδιαίτερα στις δημόσιες συγκοινωνίες και τις δημοτικές υπηρεσίες. Το Smart People περιλαμβάνει προγράμματα κατάρτισης ψηφιακού γραμματισμού. Αυτές οι πρωτοβουλίες υποστηρίζονται από υποδομές όπως η περιοχή καινοτομίας 22@Barcelona, έ να εταιρικό δίκτυο οπτικών ινών, δίκτυα πλέγματος Wi-Fi, αισθητήρες και δημόσιο Wi-Fi. Τα θεμέλια του μοντέλου Έξυπνης Πόλης της Βαρκελώνης στηρίζονται σε τρεις πυλώνες: πανταχού παρούσες υποδομές, πληροφορίες και ανθρώπινο κεφάλαιο. Οι πανταχού παρούσες υποδομές, όπως τα δίκτυα οπτικών ινών και οι αισθητήρες, είναι απαραίτητες για τη σύνδεση στοιχείων της πόλης και τη διευκόλυνση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ πολιτών και διοίκησης. Οι πληροφορίες, που συλλέγονται από αισθητήρες πόλης, Ανοιχτά Δεδομένα, ψηφιακά αποτυπώματα, μέσα κοινωνικής δικτύωσης και πλήθος, είναι ζωτικής σημασίας για την καινοτομία και την παροχή έξυπνων υπηρεσιών. Το ανθρώπινο κεφάλαιο, που περιλαμβάνει ενεργό συμμετοχή από το κοινό, τα κέντρα καινοτομίας, τις εταιρείες και τους επιχειρηματίες, είναι το κλειδί για να γίνει η πόλη πιο έξυπνη. Η πρωτοβουλία Έξυπνης Πόλης ενσωματώνει έτσι την τεχνολογική υποδομή, τη χρήση δεδομένων και τη συμμετοχή της κοινότητας για την ενίσχυση της αστικής διαβίωσης και την προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης (Bakıcı et al., 2013).

3.2.2 Ελληνικές Πόλεις

Έξι ελληνικές πόλεις, η Αθήνα, τα Ιωάννινα, η Καλαμάτα, η Κοζάνη, η Θεσσαλονίκη και τα Τρίκαλα, έχουν επιλεγεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή για να συμμετάσχουν στην αποστολή της ΕΕ για 100 κλιματικά ουδέτερες και έξυπνες πόλεις έως το 2030. Αυτή η πρωτοβουλία, μέρος της έρευνας Horizon Europe και το πρόγραμμα καινοτομίας, στοχεύει στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και του ψηφιακού μετασχηματισμού. Η επιλογή αποτελεί απόδειξη της σκληρής δουλειάς και της

συνεργασίας μεταξύ αυτών των πόλεων και του Ελληνικού Υπουργείου Περιβάλλοντος. Η αποστολή τονίζει τον κεντρικό ρόλο των πόλεων στην επίτευξη της κλιματικής ουδετερότητας, δεδομένου ότι στεγάζουν το 75% των πολιτών της ΕΕ, καταναλώνουν πάνω από το 65% της παγκόσμιας ενέργειας και αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το 70% των παγκόσμιων εκπομπών CO_2. Οι 100 επιλεγμένες πόλεις θα λειτουργήσουν ως κόμβοι πειραματισμού και καινοτομίας, με στόχο να γίνουν κλιματικά ουδέτερες και έξυπνες έως το 2030, σημαντικά μπροστά από τον στόχο της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας για το 2050 (E.U., 2022).

Αθήνα

Η Αθήνα, η ιστορική πρωτεύουσα της Ελλάδας, είναι μια πόλη αρχαίων μνημείων και σύγχρονου δυναμισμού. Ονομάστηκε Ευρωπαϊκή Πρωτεύουσα Καινοτομίας το 2018, η Αθήνα αξιοποιεί το επιχειρηματικό της πνεύμα και την ψηφιακή οικονομία για να προωθήσει την ανάπτυξη και την καινοτομία. Το «Athena Project» είναι μια εμβληματική πρωτοβουλία που στοχεύει στη βελτίωση της αστικής διαβίωσης μέσω της ενισχυμένης καθαριότητας, της προσβασιμότητας και ενός ευρέος φάσματος ηλεκτρονικών υπηρεσιών για κατοίκους και επισκέπτες. Ως μέρος της αποστολής Cities, η Αθήνα εστιάζει στη βιώσιμη αστική ανάπτυξη, στη μείωση των εκπομπών και στην ενίσχυση των δημόσιων υπηρεσιών μέσω έξυπνων τεχνολογιών.

Ιωάννινα

Τα Ιωάννινα, η πρωτεύουσα της περιφέρειας της Ηπείρου, είναι μια γραφική παραλίμνια πόλη με πλούσια ιστορία. Γνωστά για τα αστικά χαρακτηριστικά τους και ως εμπορικό και διοικητικό κόμβο, τα Ιωάννινα δίνουν προτεραιότητα στη βιώσιμη αστική ανάπτυξη και την προστασία του περιβάλλοντος. Η συμμετοχή στην αποστολή Cities θα βοηθήσει τα Ιωάννινα να βελτιώσουν την ποιότητα του αέρα, να προωθήσουν έναν πιο υγιεινό τρόπο ζωής, να ενισχύσουν την κινητικότητα, να δημιουργήσουν νέες θέσεις εργασίας και να αναβαθμίσουν το περιβάλλον. Η πόλη στοχεύει στην εφαρμογή έξυπνων τεχνολογιών και ολιστικών λύσεων πολεοδομικού σχεδιασμού για την επίτευξη αυτών των στόχων.

Καλαμάτα

Η Καλαμάτα, που βρίσκεται στη νοτιοδυτική Πελοπόννησο, έχει αντιμετωπίσει προκλήσεις από ακραία καιρικά φαινόμενα. Τα τελευταία πέντε χρόνια, η πόλη έχει

επενδύσει πάνω από 120 εκατομμύρια ευρώ σε εθνικά και κοινοτικά έργα για τον μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Μέσω δημόσιας διαβούλευσης, η Καλαμάτα έχει αναπτύξει μια πρόταση για να γίνει μια κλιματικά ουδέτερη και έξυπνη πόλη. Η πόλη στοχεύει να αξιοποιήσει την εμπειρία της σε εθνικά και κοινοτικά έργα για να ενισχύσει τη βιωσιμότητά της, να βελτιώσει τις δημόσιες υπηρεσίες και να προωθήσει ευεργετικές συνέργειες και δίκτυα.

Κοζάνη

Η Κοζάνη, μια πόλη στη βόρεια Ελλάδα και πρωτεύουσα της περιφέρειας Κοζάνης στη Δυτική Μακεδονία, μεταβαίνει από την κληρονομιά των λιγνιτικών σταθμών σε ένα καθεστώς καθαρής ενέργειας. Μετά την απόφαση της ελληνικής κυβέρνησης να κλείσει όλα τα εργοστάσια με καύση άνθρακα έως το 2023, η Κοζάνη αναπτύσσει ένα Στρατηγικό Σχέδιο με επίκεντρο τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τον ψηφιακό μετασχηματισμό. Η συμμετοχή στην αποστολή Cities θα βοηθήσει την Κοζάνη να επιτύχει τους φιλόδοξους στόχους της για ενεργειακή απόδοση και βιώσιμη ανάπτυξη.

Θεσσαλονίκη

Η Θεσσαλονίκη, η δεύτερη μεγαλύτερη πόλη της Ελλάδας, είναι ζωτικής σημασίας εμπορικός κόμβος με το δεύτερο μεγαλύτερο λιμάνι της χώρας. Η πόλη έχει δεσμευτεί να γίνει ένας ολοκληρωμένος, ανοιχτός και συμμετοχικός χώρος μέσω της αποτελεσματικής χρήσης της τεχνολογίας της πληροφορίας και της επικοινωνίας. Οι στόχοι περιλαμβάνουν τη δημιουργία μιας διασυνδεδεμένης πόλης, την ενίσχυση της συμμετοχής των πολιτών και την αύξηση της ψηφιακής καινοτομίας. Η Θεσσαλονίκη στοχεύει να αξιοποιήσει τη στρατηγική της θέση και τους πόρους της για να γίνει πρότυπο για έξυπνες και κλιματικά ουδέτερες πόλεις.

Τρίκαλα

Τα Τρίκαλα, μια πόλη με ιστορία πρωτοβουλιών για έξυπνες πόλεις που χρονολογούνται από το 2004, αναδείχθηκαν πρόσφατα ως εξέχον παράδειγμα επιτυχημένης έξυπνης πόλης στην Ελλάδα. Ο μετασχηματισμός της πόλης σε ναυαρχίδα της έξυπνης πόλης καταδεικνύει ότι η βιωσιμότητα στην ανάπτυξη της έξυπνης πόλης εξαρτάται από την τοπική δέσμευση και μια βιώσιμη εξελικτική πορεία. Η Ψηφιακή Πόλη των Τρικάλων, γνωστή ως e-Trikala, τονίζει τη σημασία

ενός ψηφιακού περιβάλλοντος για την ανταλλαγή γνώσης και τις υπηρεσίες Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης. Η μεθοδολογία ανάπτυξης πίσω από το e-Trikala εξέτασε πολλούς παράγοντες που επηρεάζουν το ψηφιακό τοπίο, προσφέροντας ένα μοντέλο που μπορούν να μιμηθούν και άλλες πόλεις. Οι βασικές εφαρμογές στα Τρίκαλα περιλαμβάνουν την Έξυπνη Διαχείριση Απορριμμάτων, η οποία χρησιμοποιεί αισθητήρες για τη βελτιστοποίηση των διαδρομών συλλογής απορριμμάτων και την Ανάλυση Συνθηκών Κυκλοφορίας μέσω CCTV, που βοηθά στη διαχείριση της στάθμευσης και της ροής της κυκλοφορίας. Η πόλη προσφέρει επίσης υπηρεσίες Τηλε-Φροντίδας για κατοίκους που έχουν ανάγκη, δημιουργώντας Αρχεία Υγείας για την παροχή ολοκληρωμένης πρωτοβάθμιας φροντίδας υγείας. Επιπλέον, το Controlled Parking χρησιμοποιεί ανάλυση βίντεο για την παρακολούθηση της διαθεσιμότητας στάθμευσης, την πρόληψη της παράνομης στάθμευσης και τη διασφάλιση της συμμόρφωσης με τους κανονισμούς στάθμευσης, όλα αυτά προστατεύοντας τα προσωπικά δεδομένα. Αυτές οι πρωτοβουλίες ενισχύουν συλλογικά την αστική ζωή, επιδεικνύοντας τη δέσμευση των Τρικάλων να αξιοποιεί την τεχνολογία για βιώσιμη και αποτελεσματική διαχείριση της πόλης (Anthopoulos, 2019).

Το πιλοτικό έργο στο κέντρο της πόλης των Τρικάλων, όπου δοκιμάστηκε ένα λεωφορείο χωρίς οδηγό, στοχεύει να προσφέρει υπηρεσίες Smart City σε όλο τον δήμο. Αυτό το έργο επιδιώκει να προσφέρει ένα παραγωγικό περιβάλλον για έξυπνες εφαρμογές, να εκπαιδεύσει την τοπική κοινότητα και να δημιουργήσει μια μελέτη περίπτωσης ευαισθητοποίησης που μπορεί να τυποποιηθεί και να επεκταθεί. Τα οφέλη περιλαμβάνουν δωρεάν πρόσβαση Wi-Fi, διάδοση χρήσιμων πληροφοριών και συνεργασία με το δίκτυο εθελοντών του δήμου για σωτήριες εφαρμογές. Οι τοπικές επιχειρήσεις μπορούν να έχουν πρόσβαση σε μικρο-ιστοσελίδες και να προσφέρουν στοχευμένες προωθητικές ενέργειες. Το έργο διευκολύνει επίσης τους κατοίκους στην απόκτηση βασικών πιστοποιητικών και στην πρόσβαση σε ανοιχτά γεωγραφικά δεδομένα. Το Trikala Mobile CheckApp επιτρέπει στους κατοίκους να στέλνουν αιτήματα απευθείας στις δημοτικές αρχές, να παρακολουθούν την πρόοδο των αναφορών και να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες όπως ανακοινώσεις, εκδηλώσεις και τουριστικούς οδηγούς (Kapiki, 2021).

Οι πρωτοβουλίες των Τρικάλων περιλαμβάνουν επίσης ένα Σύστημα Παρακολούθησης Περιβαλλοντικών Συνθηκών που αξιολογεί την ποιότητα του αέρα,

τα σωματίδια και τα επίπεδα θορύβου για την αξιολόγηση των επιπτώσεων στη δημόσια υγεία. Η ψηφιακή πλατφόρμα Smart+Connected χρησιμοποιεί το IoT για τη διαχείριση εφαρμογών επιτήρησης και πληροφοριών, συλλέγοντας και αναλύοντας δεδομένα προς όφελος των κατοίκων και των επιχειρήσεων. Μεταξύ αυτών των έργων, το σύστημα ηλεκτρονικών παραπόνων έχει επηρεάσει σημαντικά τις ζωές των κατοίκων, χειριζόμενος περίπου 4.000 αιτήματα από το 2018, με ταχύτερη επίλυση προβλημάτων και αυξημένη διαφάνεια. Αυτή η ολοκληρωμένη προσέγγιση για την ανάπτυξη έξυπνων πόλεων καταδεικνύει τη δέσμευση των Τρικάλων για την ενίσχυση της αστικής διαβίωσης μέσω της τεχνολογίας (Kapiki, 2021).

4. Συμπεράσματα

4.1 Σύγκριση

Τα Τρίκαλα και το Άμστερνταμ αποτελούν αξιόλογα παραδείγματα πρωτοβουλιών για έξυπνες πόλεις, το καθένα με μοναδικές προσεγγίσεις και επιτεύγματα. Τα Τρίκαλα, έχουν κάνει σημαντικά βήματα στην υιοθέτηση έξυπνων τεχνολογιών για τη βελτίωση της αστικής διαβίωσης. Τα Τρίκαλα μέσω της ίδρυσης του e-Trikala, έχει επικεντρωθεί στη μόχλευση των ΤΠΕ για τη βελτίωση των δημοτικών υπηρεσιών, τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας και τη συμμετοχή των πολιτών. Τα βασικά έργα περιλαμβάνουν την έξυπνη διαχείριση απορριμμάτων, την ανάλυση των κυκλοφοριακών συνθηκών μέσω CCTV, την τηλε-φροντίδα για ευάλωτες ομάδες και τα συστήματα ελεγχόμενης στάθμευσης. Συγκεκριμένα, η πόλη χρησιμοποιεί αισθητήρες για τη βελτιστοποίηση της συλλογής απορριμμάτων, CCTV και αναλυτικά στοιχεία για την παρακολούθηση και τη βελτίωση της ροής της κυκλοφορίας, συστήματα Tele-Care παρακολούθησης της υγείας για τους ηλικιωμένους και τους ευάλωτους πληθυσμούς, και αναλύσεις βίντεο για τη διαχείριση της διαθεσιμότητας στάθμευσης και την επιβολή κανονισμών.

Το Άμστερνταμ έχει μια ολοκληρωμένη στρατηγική έξυπνης πόλης που αντιμετωπίζει ένα ευρύ φάσμα αστικών προκλήσεων. Η πόλη στοχεύει στη μείωση των εκπομπών CO2 κατά 40% έως το 2025, στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, στην ενίσχυση της κινητικότητας και στην προώθηση της οικονομικής βιωσιμότητας

μέσω της τεχνολογικής καινοτομίας. Η στρατηγική του Άμστερνταμ είναι ενσωματωμένη στο ευρύτερο στρατηγικό πλαίσιο της πόλης για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και τη βελτίωση της αστικής ζωής. Πιο συγκεκριμένα, το Άμστερνταμ πραγματοποίησε έργα για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της ενεργειακής απόδοσης, ενίσχυσε τα μέσα μαζικής μεταφοράς, προγράμματα κοινής χρήσης ποδηλάτων και ηλεκτρικών οχημάτων, χρησιμοποίησε έξυπνο φωτισμό, διαχείριση απορριμμάτων και δημιούργησε χώρους πρασίνου και χρησιμοποίησε εκτεταμένα τα ΤΠΕ για τη διαχείριση της πόλης και τη συμμετοχή των πολιτών. Όσο αφορά τη συμμετοχή του πολίτη, τα Τρίκαλα δίνουν έμφαση στην άμεση εμπλοκή των πολιτών μέσω πλατφορμών όπως το Trikala Mobile CheckAPP, το οποίο επιτρέπει στους κατοίκους να υποβάλλουν αιτήματα και να παρακολουθούν την πρόοδό τους. Πραγματοποιούνται επίσης δημόσιες διαβουλεύσεις και εργαστήρια για τη συμμετοχή των πολιτών σε έργα έξυπνων πόλεων. Το Άμστερνταμ χρησιμοποιεί τη μεθοδολογία Living Lab, εμπλέκοντας τους πολίτες στη δοκιμή και την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών. Η πλατφόρμα Smart City του Άμστερνταμ προωθεί τη συνεργασία μεταξύ κατοίκων, επιχειρήσεων και κυβέρνησης. Η συμμετοχή των πολιτών διευκολύνεται μέσω πρωτοβουλιών ανοικτών δεδομένων, δημόσιες διαβουλεύσεις και συμμετοχικό προϋπολογισμό.

Τόσο τα Τρίκαλα όσο και το Άμστερνταμ έχουν κάνει σημαντικά βήματα στα έξυπνα ταξίδια τους στην πόλη, αν και σε διαφορετικές κλίμακες και με ξεχωριστές προσεγγίσεις. Οι προσπάθειες των Τρικάλων είναι αξιέπαινες για μια μικρότερη πόλη, με επίκεντρο τις πρακτικές και άμεσες αστικές βελτιώσεις. Το Άμστερνταμ, με τους εκτεταμένους πόρους και το ευρύτερο όραμά του, λειτουργεί ως πρότυπο για την ενσωμάτωση της βιωσιμότητας, της καινοτομίας και της συμμετοχής των πολιτών σε ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο έξυπνης πόλης. Οι πρωτοβουλίες κάθε πόλης αντικατοπτρίζουν τα μοναδικά πλαίσια και τις ικανότητές τους, προσφέροντας πολύτιμα μαθήματα για άλλες αστικές περιοχές που φιλοδοξούν να γίνουν έξυπνες πόλεις.

Οι ελληνικές έξυπνες πόλεις, όπως η Αθήνα και η Θεσσαλονίκη, εργάζονται ενεργά για την ενσωμάτωση προηγμένων τεχνολογιών για τη βελτίωση της αστικής ζωής, αλλά συχνά υστερούν σε σχέση με τις κορυφαίες έξυπνες πόλεις στην Ευρώπη, όπως την Κοπεγχάγη, το Άμστερνταμ ή τη Βαρκελώνη, όσον αφορά την καινοτομία και την εφαρμογή. Στην Ελλάδα, οι πρωτοβουλίες για έξυπνες πόλεις επικεντρώνονται

στη βελτίωση των δημόσιων υπηρεσιών, των μεταφορών και της ενεργειακής απόδοσης μέσω της χρήσης IoT, AI και λύσεων που βασίζονται σε δεδομένα. Ωστόσο, αυτά τα έργα συχνά περιορίζονται από οικονομικές προκλήσεις, βραδύτερους ρυθμούς υιοθέτησης και την ανάγκη για ουσιαστική αναβάθμιση των υποδομών. Αντίθετα, οι κορυφαίες έξυπνες πόλεις της Ευρώπης επωφελούνται από πιο ισχυρή χρηματοδότηση, ισχυρότερη πολιτική υποστήριξη και ένα καλά εδραιωμένο τεχνολογικό οικοσύστημα, που τους επιτρέπει να υλοποιούν έργα μεγάλης κλίμακας όπως αυτόνομες δημόσιες συγκοινωνίες, ευρεία χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ολοκληρωμένες ψηφιακές πλατφόρμες για εμπλοκή των πολιτών. Ενώ οι ελληνικές έξυπνες πόλεις κάνουν σημαντικά βήματα προόδου, εξακολουθούν να πλησιάζουν τις αντίστοιχες ευρωπαϊκές χώρες, οι οποίες συχνά θεωρούνται παγκόσμιοι ηγέτες στην καινοτομία, τη βιωσιμότητα και τη βιωσιμότητα των έξυπνων πόλεων. Ωστόσο, τόσο οι ελληνικές όσο και οι ευρωπαϊκές έξυπνες πόλεις έχουν κοινό στόχο τη βελτίωση της αστικής ζωής μέσω της τεχνολογίας και της βιωσιμότητας, αν και σε διαφορετικούς ρυθμούς και κλίμακες.

4.2 Συζήτηση

Η εξέταση διαφόρων έξυπνων πόλεων αποκάλυψε ότι οι πραγματικές εμπειρίες συχνά διαφέρουν από τις θεωρητικές προσδοκίες και τις πρόσφατες αναφορές. Τα έξυπνα στοιχεία, συμπεριλαμβανομένων της κυβερνο-φυσικής νοημοσύνης και υπηρεσιών όπως το Wi-Fi, οι εφαρμογές και οι έξυπνοι σταθμοί, ενισχύουν τις βασικές λειτουργίες και βελτιώνουν την ικανοποίηση των πολιτών. Οι έξυπνες πόλεις αποδείχθηκαν ωφέλιμες για τους δήμους μειώνοντας το εσωτερικό κόστος και επιτρέποντας την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο παραγόντων όπως η ποιότητα του αέρα και η ασφάλεια του δρόμου. Τα μελλοντικά οράματα για τις έξυπνες πόλεις περιλαμβάνουν την ενσωμάτωση κυβερνοφυσικών συστημάτων σε υπάρχουσες και νέες περιοχές, την προώθηση της ανάπτυξης της ψηφιακής οικονομίας και την ενίσχυση της παρακολούθησης των πόλεων έως το 2050.

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας εντοπίστηκαν βασικά χαρακτηριστικά που πρέπει να διαθέτει μια πόλη για να θεωρείται έξυπνη: έξυπνη ατζέντα, ανοιχτά δεδομένα, έξυπνες υπηρεσίες ή εφαρμογές και κάποια έξυπνη υποδομή. Αυτά τα

χαρακτηριστικά είναι εύκολα επαληθεύσιμα και απαραίτητα για μια πόλη να διεκδικήσει η ίδια την έξυπνη κατάστασή της. Οι πόλεις που εξετάστηκαν ήταν μεγάλες πόλεις ή πρωτεύουσες, παρέχοντας μια αντιπροσωπευτική αλλά όχι εξαντλητική άποψη της πραγματικότητας των έξυπνων πόλεων. Η μελλοντική έρευνα θα διερευνήσει το παράδοξο των προτύπων έξυπνων πόλεων που δίνουν έμφαση στη νοημοσύνη που βασίζεται στις ΤΠΕ, ενώ παράλληλα θα μετρήσει διάφορες πτυχές της τοπικής ικανότητας.

Βιβλιογραφία

Abbass K., Qasim M. Z., Song H., Murshed M., Mahmood H., Younis J. (2022, 04 04). A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. Environmental Science and Pollution Research, 29, σσ. 42539-42559.

Adenekan O. A., Ezeigweneme C., Chukwurah E. G. (2024, 05 12). The evolution of smart cities: Integrating technology, governance, and sustainable development. International Journal of Applied Research in Social Sciences, 6(5), p. https://fepbl.com/index.php/ijarss/article/view/1131.

Ahvenniemi H., Huovila A., Pinto-Seppä I., Airaksinen M. (2016, 09 26). What are the differences between sustainable and smart cities? Cities, 60, pp. 234-245.

Alibasic A., Al Junaibi R., Aung Z., Lee W., Omar A. M. (2017, 01). Cybersecurity for Smart Cities: A Brief Review. International Workshop on Data Analytics for Renewable Energy Integration, pp. 22-30.

Al Nuaimi E., Al Neyadi H., Mohamed N., Al-Jaroodi J. (2015, 12 01). Applications of big data to smart cities. Journal of Internet Services and Applications, 6(25), pp. https://jisajournal.springeropen.com/articles/10.1186/s13174-015-0041-5

Anthopoulos, L. (2019, 07 11). The smart city of Trikala. Smart City Emergence, pp. 149-171.

Artmann N., Manz H., Heiselberg P. (2007). Climatic potential for passive cooling of buildings by night-time ventilation in Europe. Applied Energy, 84(2), σσ. 187-201.

Baig Z. A., Szewczyk P., Valli C., Rabadia P., Hannay P., Chernyshev M., Johnstone M., Kerai P., Ibrahim A., Sansurooah K., Syed N., Peacock M. (2017, 09 18). Future challenges for smart cities: Cyber-security and digital forensics. Digital Investigation, 22, pp. 3-13 https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1742287617300579.

Bakıcı T., Almirall E., Wareham J. (2013). A Smart City Initiative: the Case of Barcelona. J Knowl Econ., 4, pp. 135–148.

Bouzguenda I., Alalouch C., Fava N. (2019, 06 14). Towards smart sustainable cities: A review of the role digital citizen participation could play in advancing social sustainability. Sustainable Cities and Society, 50, p. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670718322881#bib0145.

Caird S. P. & Hallett S. H., (2018, 05 23). Towards evaluation design for smart city development. Journal of Urban Design, 24(2) , pp. 188-209.

Cassandras, C. (2016, 07 25). Smart Cities as Cyber-Physical Social Systems. Engineering, 2(2), pp. 156-158 https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095809916309420?via%3Dihub#bib6

Chang D. L., Sabatini-Marques J., Da Costa E. M., Selig P. M., Yigitcanlar T. (2018, 02 13). Knowledge-based, smart and sustainable cities: a provocation for a conceptual framework. Journal of Open Innovation Technology Market and Complexity, 4 (1) , pp. https://www.mdpi.com/2199-8531/4/1/5.

Chidiac S.E., Catania E.J.C., Morofsky E., Foo S. (2011, 07 01). Effectiveness of single and multiple energy retrofit measures on the energy consumption of office buildings. Energy, 36(8), σσ. 5037-5052.

Colantonio, A. (2013, 05). Social sustainability: A review and critique of traditional versus emerging themes and assessment methods. LSE Research Online, p. https://eprints.lse.ac.uk/35867/.

Danielou, J. (2014). Smart city and sustainable city : the case of Amsterdam. Cities Territories Governance, pp. https://www.citego.org/bdf_fiche-document-2429_en.html.

Deistler J. & Homeier I. (2022). Smart City Strategy Vienna. Vienna: Vienna Municipal Administration.

De Nicola A. &Villani M. L. (2021, 05 17). Smart City Ontologies and Their Applications: A Systematic Literature Review. Sustainability, 13(10), pp. https://www.mdpi.com/2071-1050/13/10/5578.

Dinca G., Milan A. A., Andronic M. L., Pasztori A. M., Dinca D. (2022, 06 22). Does Circular Economy Contribute to Smart Cities' Sustainable Development? International Journal of Environ. Res. Public Health, 19(13) , σσ. https://www.mdpi.com/1660-4601/19/13/7627.

E.U., (2022, 05 26). Six Greek cities to become EU climate-neutral and smart cities by 2030. Retrieved from greeknewsagenda: https://www.greeknewsagenda.gr/six-greek-cities-to-become-eu-climate-neutral-and-smart-cities-by-2030/

Ebner-Eschenbach M. (2024, 07 20). City of Freiburg-im-Breisgau. Retrieved from https://energy-cities.eu/: https://energy-cities.eu/members/city-of-freiburg-im-breisgau/

Germanakos, G. G. (2023, 10 25). Smart Cities: Innovations in Urban Planning and Infrastructure. Ανάκτηση από https://www.linkedin.com/pulse/smart-cities-innovations-urban-planning-giorgos-germanakos-aeakf/

Gharaibeh A., Salahuddin M. A., Hussini S. J., Khreishah A., Khalil I., Guizani M., Al-Fuqaha A., (2017, 08 07). Smart Cities: A Survey on Data Management, Security, and Enabling Technologies. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 19(4), pp. 2456-2501.

Giffinger R., Fertner C., Kramar H., Kalasek R., Pichler-Milanović N., Meijers N. (2007). Smart cities : Ranking of European medium-sized cities . Vienna: Centre of Regional Science.

Gracias J. S., Parnell G. S., Specking E., Pohl E. A., Buchanan R. (2023, 07 11). Smart Cities—A Structured Literature Review. Smart Cities, 6(4), pp. 1719-1743 https://www.mdpi.com/2624-6511/6/4/80.

Halawa E & Hoof J. (2012, 04 19). The adaptive approach to thermal comfort: A critical overview. Energy and Buildings, 51, σσ. 101-110.

Huang B. J., Hsu P. C., Wu M. S., Tang C. W. (2007, 07 27). Study of system dynamics model and control of a high power LED lighting luminaire. Energy, 32, σσ. 2187-2198.

Jianping L., Minrong L., Jinnan W., Jianjian L., Hongwen S., Maoxing H. (2014, 01 01). Global Environmental Issues and Human Wellbeing. Report on Global Environmental Competitiveness, σσ. 3-21.

Jong M., Joss S., Schraven D., Zhan C., Weijnen M. (2015, 12 16). Sustainable–smart–resilient–low carbon–eco–knowledge cities; making sense of a multitude of concepts promoting sustainable urbanization. Journal of Cleaner Production, 109, pp. 25-38.

KalpaevaZ., Rodionova E., Dominiak V. (2023). The role of smart cities in countering health threats: a review of practices. E3S Web of Conferences, 435, pp. https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2023/72/e3sconf_rec2023_05005.pdf.

Kapiki, S. (2021). Smart City and IoT Technologies Enabling Smart Tourism: the Case of Greece. Thessaloniki : International Hellenic University– Thessaloniki campus.

Kim N. & Yang S. (2023, 03 23). Conceptually Related Smart Cities Services from the Perspectives of Governance and Sociotechnical Systems in Europe. Systems, 11(4), pp. https://www.mdpi.com/2079-8954/11/4/166.

Lam J. C., Yang L., Tsang C. L. (2008, 09). Energy performance of building envelopes in different climate zones in China. Applied Energy, 85(9), σσ. 800-817.

Li D. H. W., Yang L., Lam J. C. (2013, 06 07). Zero energy buildings and sustainable development implications – A review. Energy, 54, σσ. 1-10.

Loutzenhiser P. G., Maxwell G. M., Manz H. (2007, 10). An empirical validation of the daylighting algorithms and associated interactions in building energy simulation programs using various shading devices and windows. Energy, 32(10), σσ. 1855-1870.

Masoso O. T. & Grobler L. J. (2008, 05 02). A new and innovative look at anti-insulation behaviour in building energy consumption. Energy Build, 40, σσ. https://pdf.sciencedirectassets.com/271089/1-s2.0-S0378778808X00076/1-s2.0-

S0378778808000923/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEC0aCXVzLWVhc3QtMSJGMEQCIDTO8jgTMVGA81VzvC9XMIRx%2BJaxd41qVNt5USf6sLBOAiBn1h1b03YD9IXVu4EVVOmdYvXMKq6LmzxH3fcPqfSALC.

Mora L. & Bolici R. (2017, 01). How to Become a Smart City: Learning from Amsterdam. Smart and Sustainable Planning for Cities and Regions: Results of SSPCR , σσ. 251-266.

Park E., Del Pobil A. P., Kwon S. J. (2018, 05 01). The Role of Internet of Things (IoT) in Smart Cities: Technology Roadmap-oriented Approaches. Sustainability, 10(5), pp. https://www.mdpi.com/2071-1050/10/5/1388.

Portals, N. (2024, 07 21). How the smart city Barcelona brought IoT to life? Retrieved from iotnewsportal: https://www.iotnewsportal.com/cities/how-the-smart-city-barcelona-brought-iot-to-life

Rahul A. & Pratt M. K. (2023, 11). ICT (information and communications technology or technologies). Ανάκτηση από TechTarget: https://www.techtarget.com/searchcio/definition/ICT-information-and-communications-technology-or-technologies

Reed, G. (2023, 01 30). How digital twins can transform smart cities. Opendatasoft, pp. https://www.opendatasoft.com/en/blog/how-digital-twins-can-transform-smart-cities/#:~:text=Digital%20twins%20allow%20cities%20to,address%20economic%20and%20social%20disparities

Robertson, M. G. (2024). Renewable City Strategy 2015-2050. Vancouver: City of Vancouver.

Silva B. N., Khan M., Han K. (2018, 02 20). Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities. Sustainable Cities and Society, 38, pp. 697-713.

Singh D. K., Sobti R., Jain A., Malik P. K., Le D. N. (2022, 02 16). LoRa based intelligent soil and weather condition monitoring with internet of things for precision

agriculture in smart cities. IET Communications, 16(5), p. https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1049/cmu2.12352.

Somayya M. & Ramaswamy R. (2016). Amsterdam Smart City (ASC) : fishing village to sustainable city. India: IT Applications Group, National Institute of Industrial Engineering .

Stratigea et al., S. A. (2016, 03 23). Tools and Technologies for Planning the Development of Smart Cities. Journal of Urban Technology, 22(2), σ. https://www.researchgate.net/publication/278035100_Tools_and_Technologies_for_Planning_the_Development_of_Smart_Cities

Syed A. S., Sierra-Sosa D., Kumar A., Elmaghraby A. (2021, 03 30). IoT in Smart Cities: A Survey of Technologies, Practices and Challenges. Smart Cities, 4(2) , pp. 429-475 https://www.mdpi.com/2624-6511/4/2/24.

Tsang S. W. & Jim C. Y. (2011, 05). Theoretical evaluation of thermal and energy performance of tropical green roofs. Energy, 36(5), σσ. 3590-3598.

Telecom (2024, 07 21). IoT in Singapore: A Pioneering Smart City. Retrieved from Caburn Telecom: https://caburntelecom.com/iot-in-singapore/

UNDP, United Nations Development Programme (2024, 06 10). SMART CITIES AND URBANISATION. Retrieved from United Nations Development Programme: https://www.undp.org/policy-centre/singapore/smart-cities-and-urbanisation

UNEP, United Nations Environment Programme (2018). The Weight of Cities: Resource Requirements of Future Urbanization. Retrieved from UNEP: https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/31623;jsessionid=C4B012A8597E8C2FCE36BB35BAF68FB3

Wolniak R. & Grebski W. (2023). Smart mobility in smart city – Singapore and Tokyo Comparison. Silesian University of Technology, pp. 751-770.

Yang R. & Zhen F. (2024, 05 07). Smart city development Models: A cross-cultural regional analysis from theory to practice. Research in Globalization, 8, σ. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590051X24000303.

Yigitcanlar T., Kamruzzaman M., Foth M., Sabatini J., Costa E., Ioppolo G. (2019). Can cities become smart without being sustainable? A systematic review of the literature. Sustainable Cities and Society, 45, pp. 348-365.

Zhan Z., Ali L., Sarwat S., Godil D. I., Dinca G., Anser M. K. (2021, 07 15). A step towards environmental mitigation: Do tourism, renewable energy and institutions really matter? A QARDL approach. Science of The Total Environment, 778, σ. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969721012766.

Τσάγκας, Χ. (2024, 06 08). Προστασία Στιβάδας του Όζοντος. Ανάκτηση από Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας: https://ypen.gov.gr/perivallon/klimatiki-allagi/prostasia-stivadas-tou-ozontos/