



**ΤΜΗΜΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΚΡΙΣΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

Διπλωματική Εργασία

**Κοινή Επικοινωνία και τηλεπισκόπηση για περιβαλλοντικούς σκοπούς σε
έξυπνες πόλεις.**

ΤΟΥ

ΜΙΧΑΗΛ ΜΠΑΛΤΖΩΗ

ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2024

ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ

Δήλωση Πνευματικών Δικαιωμάτων

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ.

3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα Διπλωματική Εργασία με τίτλο:

“Κοινή Επικοινωνία (Joint Communication) και τηλεπισκόπηση (Remote Sensing) για περιβαλλοντικούς σκοπούς σε έξυπνες πόλεις.”

καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και οι πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας και αναφέρονται ρητώς μέσα στο κείμενο που συνοδεύουν και η οποία έχει εκπονηθεί στο Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Πειραιώς αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή / και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και μόνο.

Copyright (C) **Μιχάλης Μπαλτζώης, 2024, Πειραιάς**

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω την ειλικρινή μου ευγνωμοσύνη στον καθηγητή μου, κ. Ιωάννη Μανιάτη, για την πολύτιμη καθοδήγηση και την ευκαιρία που μου παρείχε ώστε να παρακολουθήσω και να ολοκληρώσω το μεταπτυχιακό μου. Η εμπιστοσύνη και η υποστήριξη του αποτέλεσαν καταλυτικό παράγοντα στην ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας.

Επιπλέον, ευχαριστώ θερμά την κα. Ιωάννα Βούλγαρη για τη διαρκή της βοήθεια και στήριξη καθ' όλη τη διάρκεια του μεταπτυχιακού μου, καθώς και την καθηγήτρια της διπλωματικής μου, κα. Αγγελική Αλεξίου, για την πολύτιμη καθοδήγηση, τις γνώσεις και τις συμβουλές της, που συνέβαλαν ουσιαστικά στην επιτυχή ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	3
Περιεχόμενα.....	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	8
ABSTRACT.....	9
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
1.1 Κλιματική Αλλαγή και Πόλεις	10
1.2 Προσδιορισμός των βασικών αστικών περιβαλλοντικών προκλήσεων	11
1.2.1 Ατμοσφαιρική Ρύπανση.....	11
1.2.2 Διαχείριση νερού και μόλυνση	15
1.2.3 Στέγαση και ενεργειακή φτώχεια.....	15
1.2.4 Μεταφορές.....	15
1.2.5 Επίδραση της αστικής θερμικής νησίδας.....	16
1.2.6 Διαχείριση αποβλήτων.....	16
1.2.7 Ηχορύπανση.....	16
1.3 Χρήση της τεχνολογίας για αντιμετώπιση των προβλημάτων στις πόλεις.....	17
1.3.1 Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ICT)	17
1.3.2 Remote sensing & joint communication technologies.....	19
1.3.3 Έξυπνες πόλεις και περιβάλλον (Smart city and environment).....	20
1.4 Διασφάλιση προσωπικών δεδομένων με την χρήση IoT.....	21
1.5 Στόχος	22
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	23
2.1 Ατμοσφαιρική Ρύπανση.....	23
2.1.1 Ανασκόπηση της αστικής πληροφορικής στη διαχείριση της ποιότητας του αέρα ως υπηρεσία έξυπνης πόλης: τεχνολογία νέφους: μια ολοκληρωμένη προοπτική IoT, AI και τεχνολογίας νέφους.....	23

2.1.2 Ανοιχτού Κώδικα Σύστημα Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης μέσω IoT για Τροπικά Περιβάλλοντα: Σχεδιασμός, Κατασκευή και Επικύρωση	24
2.2 Νερό	25
2.2.1 IoT στην παρακολούθηση της ποιότητας του νερού - Είμαστε πραγματικά εδώ;	25
2.3 Θερμότητα	27
2.3.1 Διερεύνηση του μικροκλίματος της κυκλοφορίας οχημάτων στην αστική θερμική νησίδα μέσω της συσκευής IoT-Based	27
2.3.2 Ανάπτυξη ενός συστήματος παρακολούθησης και πρόβλεψης της θερμοκρασίας με βάση το IoT για την αστική θερμική νησίδα (UHI)	28
2.3.3 Τηλεπισκόπηση για την έρευνα της αστικής θερμικής νησίδας: Προόδου, τρέχοντα ζητήματα και προοπτικές	29
2.4 Απόβλητα	30
2.4.1 Ευρετικές προσεγγίσεις για την αντιμετώπιση του προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων στο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων με βάση το Iot	30
2.4.2 Τεχνητή νοημοσύνη για τη διαχείριση αποβλήτων σε έξυπνες πόλεις: Ανασκόπηση	31
2.5 Βιωσιμότητα	32
2.5.1 Επιλογή χαρτοφυλακίου εφαρμογών του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) για τις βιώσιμες αστικές μεταφορές: μια νέα υβριδική προσέγγιση λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια	32
2.5.2 Η απεξάρτηση των πόλεων από τον άνθρακα και ο ρόλος των απομακρυσμένων συστημάτων για το σχεδιασμό, την ανάπτυξη και την παρακολούθηση περιοχών με χαμηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα	33
2.5.3 Χτίζοντας ένα πιο βιώσιμο μέλλον με το 6G	34
2.5.4 Ανίχνευση της κλιματικής αλλαγής μέσω υποδομών επικοινωνίας Terahertz: 6G: Μια ανατρεπτική εφαρμογή των δικτύων 6G	39
2.5.5 Όραμα για την επεξεργασία δεδομένων IoT, 5G και 6G: Εφαρμογές στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής	41

2.5.6 Βιώσιμη ανάπτυξη των έξυπνων πόλεων: μια συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας	44
2.5.7 Μείωση της παραγωγικότητας και της αναπνοής των οικοσυστημάτων κατά τη διάρκεια της ευρωπαϊκής καλοκαιρινής κλιματικής ανωμαλίας του 2003: μια κοινή ανάλυση πύργου ροής, τηλεπισκόπησης και μοντελοποίησης	45
3. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....	48
3.1 Αυτόνομες δημόσιες μεταφορές και διαχείριση της κυκλοφορίας.....	48
Μελέτη περίπτωσης 1:	50
Μελέτη περίπτωσης 2:	50
3.2 Συστήματα παρακολούθησης και αντιμετώπισης της ποιότητας του αέρα σε πραγματικό χρόνο	51
Μελέτη περίπτωσης 1:	53
Μελέτη περίπτωσης 2:	54
3.3 Αυτοματισμοί πράσινων κτιρίων και διαχείριση ενέργειας	55
Μελέτη περίπτωσης 1:	57
3.4 Κυκλική οικονομία και διαχείριση αποβλήτων	58
Μελέτη περίπτωσης 1:	60
3.5 Διαχείριση των υδάτων στις πόλεις και βιώσιμες πρακτικές.....	61
Μελέτη περίπτωσης 1:	64
3.6 Αντιμετώπιση Κρίσεων κοντά σε πόλεις.....	66
Μελέτη περίπτωσης 1:	68
Μελέτη περίπτωσης 2:	69
4. Συμπεράσματα	71
5. Βιβλιογραφία	74

Εικόνες

Εικόνα 1 Εκπομπές ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ανά έτος για την Ελλάδα ..	14
Εικόνα 2 Έξυπνο monitoring της ποιότητας του νερού.....	27
Εικόνα 3 Η χρήση του 6G στην μετακίνηση και στην διαχείριση της γεωργίας	37
Εικόνα 4 Η χρήση του 6G στην μετακίνηση και στις τηλεπικοινωνίες	38
Εικόνα 5 Η χρήση του 6G στα έξυπνα δίκτυα.....	39
Εικόνα 6 Terahertz 6G δίκτυα	40
Εικόνα 7 Ατμοσφαιρική ανίχνευση μέσω του φάσματος για υπερ-ευρυζωνικές επικοινωνίες	40
Εικόνα 8 Μοντελοποίηση βάσει δεικτών στο χάρτη της Ευρώπης.....	47
Εικόνα 9 Εφαρμογή 6G και IoT στην αντιμετώπιση ατμοσφαιρικής ρύπανσης από MMM.....	49
Εικόνα 10 Εφαρμογή 6G και IoT στην αντιμετώπιση κρίσιμων ατμοσφαιρικών ρυπάνσεων στις πόλεις.....	53
Εικόνα 11 Εφαρμογή 6G και IoT στην διαχείριση ενέργειας	57
Εικόνα 12 Εφαρμογή 6G και IoT στην διαχείριση των αποβλήτων στις πόλεις.....	60
Εικόνα 13 Εφαρμογή 6G και IoT στην αντιμετώπιση προβλημάτων στα ύδατα	64
Εικόνα 14 Εφαρμογή 6G και IoT στην αντιμετώπιση κρίσιμων καταστάσεων	68

Πίνακες

Πίνακας 1 Πίνακας εκπομπών ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα για το έτος 2020 σε χώρες τις Ευρώπης.....	12
Πίνακας 2 Πίνακας εκπομπών ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα για το έτος 2020 σε χώρες τις Ευρώπης ανά κάτοικο	12
Πίνακας 3 Τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σε σύγχρονες πόλεις	24

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διπλωματική εργασία με τίτλο «*Κοινή Επικοινωνία και Τηλεπισκόπηση για Περιβαλλοντικούς Σκοπούς σε Έξυπνες Πόλεις*» πραγματεύεται την αξιοποίηση προηγμένων τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών (ICT) και τηλεπισκόπησης για την περιβαλλοντική διαχείριση σε αστικά κέντρα. Στόχος της έρευνας είναι να αναδείξει πώς η χρήση αυτών των τεχνολογιών μπορεί να βοηθήσει τις έξυπνες πόλεις να προσαρμοστούν σε κλιματικές προκλήσεις και να συμβάλουν στη βιώσιμη ανάπτυξη.

Οι τεχνολογίες τηλεπισκόπησης και κοινής επικοινωνίας μπορούν να υποστηρίξουν τις πόλεις στη διαχείριση περιβαλλοντικών προβλημάτων, όπως η ατμοσφαιρική ρύπανση, η ενεργειακή φτώχεια, και η διαχείριση νερού. Αυτές οι τεχνολογίες παρέχουν τη δυνατότητα για συνεχή παρακολούθηση περιβαλλοντικών παραμέτρων, συμβάλλοντας στην άμεση λήψη αποφάσεων για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής και την ενίσχυση της βιωσιμότητας των αστικών κέντρων. Με τον τρόπο αυτό, οι πόλεις μπορούν να γίνουν πιο ανθεκτικές στις προκλήσεις της κλιματικής αλλαγής και να προωθήσουν πρακτικές φιλικές προς το περιβάλλον.

Επιπλέον, η εργασία διερευνά την εφαρμογή τεχνολογιών 5G και 6G στις έξυπνες πόλεις, καθώς και τη δυνατότητα χρήσης της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης για την ανάλυση δεδομένων και τη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο. Η ταχύτητα και η χαμηλή καθυστέρηση που προσφέρουν τα νέα δίκτυα επιτρέπουν την άμεση ανταλλαγή μεγάλων όγκων δεδομένων, ενισχύοντας την αποδοτικότητα των αστικών υποδομών. Παράλληλα, οι εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να προβλέπουν περιβαλλοντικούς κινδύνους και να βελτιστοποιούν τη χρήση των πόρων, όπως η ενέργεια και το νερό. Οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να ενισχύσουν την περιβαλλοντική παρακολούθηση και τη βιώσιμη διαχείριση των πόρων, βελτιώνοντας τη ζωή των πολιτών και την ανθεκτικότητα των πόλεων στην κλιματική αλλαγή.

Η διπλωματική καταλήγει ότι οι έξυπνες πόλεις μπορούν να διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, εφόσον υιοθετήσουν και ενσωματώσουν αυτές τις καινοτόμες τεχνολογίες. Μέσω της συνδυαστικής χρήσης δικτύων επικοινωνίας, αισθητήρων και αναλυτικών εργαλείων, οι πόλεις μπορούν να γίνουν πιο βιώσιμες και ανθεκτικές, προσφέροντας στους πολίτες ένα καλύτερο περιβάλλον διαβίωσης.

ABSTRACT

The thesis entitled "Shared Communication and Remote Sensing for Environmental Purposes in Smart Cities" deals with the use of advanced information and communication technologies (ICT) and remote sensing for environmental management in urban centres. The aim of the research is to highlight how the use of these technologies can help smart cities adapt to climate challenges and contribute to sustainable development.

Remote sensing and shared communication technologies can support cities in managing environmental problems such as air pollution, energy poverty, and water management. These technologies enable continuous monitoring of environmental parameters, contributing to immediate decision-making to improve the quality of life and enhance the sustainability of urban centres. In this way, cities can become more resilient to the challenges of climate change and promote environmentally friendly practices.

In addition, the paper explores the application of 5G and 6G technologies in smart cities, as well as the possibility of using artificial intelligence and machine learning for real-time data analysis and decision making. The speed and low latency offered by the new networks allow the instant exchange of large volumes of data, boosting the efficiency of urban infrastructure. At the same time, AI applications can predict environmental risks and optimise the use of resources such as energy and water. These technologies can enhance environmental monitoring and sustainable resource management, improving citizens' lives and cities' resilience to climate change.

The thesis concludes that smart cities can play a key role in reducing environmental impacts if they adopt and integrate these innovative technologies. Through the combined use of communication networks, sensors and analytical tools, cities can become more sustainable and resilient, offering citizens a better living environment.

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Κλιματική Αλλαγή και Πόλεις

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί βαθιά και κλιμακούμενη απειλή για το παγκόσμιο περιβάλλον και οι επιπτώσεις της γίνονται όλο και πιο εμφανείς παγκοσμίως. Η άνοδος της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας, που αποδίδεται κυρίως σε ανθρώπινες δραστηριότητες όπως η καύση ορυκτών καυσίμων και η αποψίλωση των δασών, πυροδοτεί έναν καταρράκτη συνεπειών που επηρεάζουν τις αστικές περιοχές. Οι πόλεις, που συχνά χαρακτηρίζονται από συγκεντρωμένους πληθυσμούς και υποδομές, αντιμετωπίζουν αυξημένη ευπάθεια στις δυσμενείς επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Οι καύσωνες γίνονται πιο έντονοι και παρατεταμένοι, επιδεινώνοντας το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας και ασκώντας πρόσθετη πίεση στους εύλωτους πληθυσμούς. Επιπλέον, οι αλλαγές στα πρότυπα βροχόπτωσης οδηγούν σε συχνότερες και σοβαρότερες πλημμύρες ή ξηρασίες, θέτοντας σε δοκιμασία τα αστικά συστήματα διαχείρισης νερού. Ο αλληλένδετος χαρακτήρας των προκλήσεων που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή απαιτεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση, με τις πόλεις να διαδραματίζουν καίριο ρόλο τόσο στη συμβολή όσο και στον μετριασμό των επιπτώσεων αυτού του παγκόσμιου φαινομένου.

Οι πόλεις δεν είναι μόνο εστίες επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, αλλά και βασικοί παράγοντες στη διαμόρφωση της πορείας των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Οι αστικές περιοχές ευθύνονται για το 75% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου μέρος, βάση των Ηνωμένων Εθνών, που προέρχονται από την κατανάλωση ενέργειας, τις μεταφορές και τις βιομηχανικές δραστηριότητες. (UN, 2017) Ωστόσο, οι πόλεις αποτελούν επίσης κέντρα καινοτομίας, ανάπτυξης πολιτικής και βιώσιμων πρακτικών. Οι δράσεις που λαμβάνονται στα αστικά κέντρα μπορούν να επηρεάσουν τις ευρύτερες κοινωνικές μεταβάσεις προς οικονομίες χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Πρωτοβουλίες όπως τα προγράμματα πράσινων κτιρίων, οι βελτιώσεις των δημόσιων μεταφορών και η ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι ζωτικής σημασίας για τη μείωση του αστικού αποτυπώματος άνθρακα.

Καθώς οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής εντείνονται, οι πόλεις πρέπει να προσαρμοστούν προληπτικά για να διασφαλίσουν την ευημερία των κατοίκων τους και τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα των αστικών υποδομών. Η ενσωμάτωση του ανθεκτικού στο κλίμα αστικού σχεδιασμού, η προώθηση των χώρων πρασίνου και η

ανάπτυξη βιώσιμων συστημάτων μεταφορών αποτελούν βασικές συνιστώσες αυτής της διαδικασίας προσαρμογής. Επιπλέον, οι πόλεις μπορούν να αξιοποιήσουν τις τεχνολογικές εξελίξεις, συμπεριλαμβανομένης της τηλεπισκόπησης και των κοινών συστημάτων επικοινωνίας με τις εφαρμογές των συστημάτων 6G, για να ενισχύσουν την ικανότητά τους να παρακολουθούν και να ανταποκρίνονται στις προκλήσεις που σχετίζονται με το κλίμα. Μέσω της καινοτομίας και της δέσμευσης για βιώσιμες πρακτικές, οι πόλεις μπορούν να αντιμετωπίσουν αλλά και να συμβάλλουν σημαντικά στην παγκόσμια προσπάθεια για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και την οικοδόμηση ενός πιο ανθεκτικού και βιώσιμου μέλλοντος.

1.2 Προσδιορισμός των βασικών αστικών περιβαλλοντικών προκλήσεων

1.2.1 Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Οι αστικές περιοχές χαρακτηρίζονται συχνά από υψηλά επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, κυρίως λόγω της αυξημένης κυκλοφορίας οχημάτων, των βιομηχανικών δραστηριοτήτων και της καύσης ορυκτών καυσίμων. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις ρύπων όπως τα αιωρούμενα σωματίδια (PM), το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) και το όζον θέτουν σημαντικούς κινδύνους για την υγεία των κατοίκων. Η έκθεση σε ατμοσφαιρικούς ρύπους μπορεί να οδηγήσει σε αναπνευστικές και καρδιαγγειακές παθήσεις, επηρεάζοντας ιδιαίτερα ευάλωτους πληθυσμούς όπως τα παιδιά και οι ηλικιωμένοι. Οι σωρευτικές επιπτώσεις της μακροχρόνιας έκθεσης σε κακή ποιότητα του αέρα συμβάλλουν σε μια κρίση δημόσιας υγείας, γεγονός που καθιστά αναγκαίες ολοκληρωμένες στρατηγικές για τη μείωση των εκπομπών, πρωτοβουλίες για πράσινες μεταφορές και την προώθηση καθαρότερων πηγών ενέργειας στο αστικό περιβάλλον.

Η αυξανόμενη αστική ατμοσφαιρική ρύπανση και οι επακόλουθες επιπτώσεις στην υγεία και την οικονομία αποτελούν μείζον θέμα παγκοσμίως. Στο αστικό περιβάλλον, σωματίδια (PM₁₀-PM_{2.5}), διοξείδιο του θείου (SO₂), οξείδια του αζώτου (NO_x), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), μόλυβδος και όζον (O₃), πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) αποτελούν βασικούς ρύπους (Oke et al., 2017). Εκπέμπονται από ποικίλες φυσικές και ανθρωπογενείς πηγές, όπως τα αυτοκίνητα, παραγωγή ενέργειας (άνθρακας, βιομάζα, παράγωγα πετρελαίου), κατασκευαστικές και βιομηχανικές δραστηριότητες, ανοιχτή καύση, σκόνη (Karagulian et al., 2015).

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Για παράδειγμα, έχει υπολογιστεί από το Υπουργείο Περιβάλλοντος οι ισοδύναμες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην Αθήνα από το 2005 έως το 2020 (εικόνα 1). Από το 2005 μέχρι το 2020 παρατηρείται μία πτώση 44% στις συνολικές εκπομπές ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα αλλά παρατηρείται υψηλή εκπομπή συγκριτικά με άλλες χώρες (πίνακας 1) Βάση της Παγκόσμιας τράπεζας όπου δίνει δεδομένα για τις ισοδύναμες εκπομπές διοξειδίου άνθρακα, παρατηρείται ότι το 2020 οι εκπομπές ανά άτομο στην Ελλάδα ήταν 4.8 metric tons ενώ σε άλλες χώρες της Ευρώπης με ίδιο ή υψηλότερο πληθυσμό είναι ίσο ή μικρότερο. (World Bank Open Data)

Πίνακας 1 Πίνακας εκπομπών ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα για το έτος 2020 σε χώρες τις Ευρώπης (World Bank Open Data)

Country	Population (2020)	2020 CO2 Emissions (kt)
Greece	10,723,464	51,002
Portugal	10,355,643	49,467
Colombia	51,169,375	54,404
Algeria	44,897,342	26,373
Kazakhstan	18,832,000	21,408
Hungary	9,722,386	25,161
Romania	19,154,937	22,073
Slovakia	5,460,951	13,803
Albania	2,871,312	8,476
Montenegro	627,589	1,08
North Macedonia	2,086,837	7,515
Croatia	3,996,488	14,546
Bulgaria	6,939,738	18,619
Belarus	9,482,000	9,186
Ukraine	43,783,789	55,23

Πίνακας 2 Πίνακας εκπομπών ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα για το έτος 2020 σε χώρες τις Ευρώπης ανά κάτοικο (World Bank Open Data)

Countries	CO2 emissions (metric tons per capita)
Greece	4.77
Portugal	3.78

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Romania	3.56
Ukraine	3.75
UK	4.60
Denmark	4.70
Italy	4.73
Turkey	4.89
Austria	6.63

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A. GHG emissions per gas (excluding LULUCF)																
CO ₂	113.888,97	112.419,54	114.545,69	111.080,37	104.319,84	97.354,15	94.505,23	91.392,59	81.713,26	78.639,62	74.927,63	71.364,16	74.845,05	71.781,99	65.756,23	55.610,28
CH ₄	11.407,33	11.482,28	11.362,41	11.241,70	10.864,03	11.082,19	10.936,97	10.776,02	10.533,54	10.340,35	10.145,94	9.797,52	10.096,52	10.217,07	9.991,41	9.685,20
N ₂ O	5.942,35	5.773,55	5.881,91	5.635,19	5.271,06	5.471,60	5.223,91	4.796,84	4.496,35	4.294,70	4.226,87	4.282,94	4.343,59	4.260,64	4.249,71	4.264,37
HFC	5.078,03	2.723,63	3.246,63	3.712,35	4.036,02	4.467,76	4.747,22	5.153,36	5.740,51	5.842,57	5.999,45	6.223,77	6.177,73	5.917,00	5.464,57	5.122,68
PFC	91,51	87,21	103,04	118,95	91,35	129,44	110,53	147,77	172,56	134,63	119,52	135,17	125,79	135,31	137,10	148,15
SF ₆	6.15600	7.98000	9.46200	7.18200	5.01600	5.85960	5.13000	5.04857	5.15117	4.92154	5.06042	5.20201	5.01111	4.94269	4.92057	4.93861
Total	136.414,35	132.494,19	135.149,15	131.795,74	124.587,31	118.511,01	115.528,99	112.271,63	102.661,38	99.256,79	95.424,48	91.808,76	95.593,70	92.316,96	85.603,94	74.835,61
B. GHG emissions/removals from LULUCF																
CO ₂	-3.308,21	-3.338,38	-1.826,78	-3.019,05	-3.103,80	-3.076,99	-3.166,00	-3.149,19	-1.614,72	-150,80	-3.745,52	-3.521,90	-3.282,72	-4.066,24	-3.164,36	-3.987,55
CH ₄	10,54	20,96	321,27	43,55	46,16	16,41	17,81	43,71	16,00	9,40	10,81	31,67	18,55	19,42	77,68	18,71
N ₂ O	14,76	16,44	42,11	20,12	20,80	17,50	16,93	19,36	16,55	15,63	15,52	16,96	15,73	15,95	20,84	15,83
Total	-3.282,91	-3.300,98	-1.463,40	-2.955,37	-3.036,83	-3.043,08	-3.131,25	-3.086,12	-1.582,16	-125,78	-3.719,19	-3.473,26	-3.248,44	-4.030,87	-3.065,85	-3.953,00
C. GHG Emissions from International Transport																
CO ₂	11.815,09	12.727,53	13.103,79	12.862,32	11.147,83	11.373,02	11.652,07	9.727,87	9.382,76	8.878,27	8.657,31	8.664,95	10.401,69	10.995,10	12.239,22	6.744,60
CH ₄	19,89	21,52	22,09	21,68	18,35	19,06	19,56	16,00	15,09	13,22	12,52	12,06	15,12	15,62	17,92	11,15
N ₂ O	223,68	235,55	227,13	216,42	196,01	206,56	195,71	167,63	171,56	160,30	172,75	175,45	198,25	197,32	227,54	169,19
Total	12058,66	12984,61	13353,01	13100,42	11362,19	11598,64	11867,34	9911,50	9569,40	9051,78	8842,57	8852,46	10615,06	11208,05	12484,68	6924,94

1) Emissions / removals from *Land Use, Land Use Change and Forestry* are not included in national totals

2) *Land Use, Land Use Change and Forestry* is not included

Εικόνα 1 Εκπομπές ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ανά έτος για την Ελλάδα (ΥΠΕΝ, 2022)

1.2.2 Διαχείριση νερού και μόλυνση

Από την ανεπαρκή υποδομή ύδρευσης και αποχέτευσης μέχρι τη μόλυνση των υδάτινων σωμάτων. Η ταχεία αστικοποίηση συχνά επιβαρύνει τους υπάρχοντες υδάτινους πόρους, οδηγώντας σε ελλείψεις και αυξημένο ανταγωνισμό για καθαρό νερό. Επιπλέον, η ακατάλληλη διάθεση βιομηχανικών και οικιακών αποβλήτων μπορεί να μολύνει τις πηγές νερού, θέτοντας σε κίνδυνο τόσο την ανθρώπινη υγεία όσο και τα οικοσυστήματα. Οι πρακτικές βιώσιμης διαχείρισης των υδάτων, συμπεριλαμβανομένης της αποδοτικής χρήσης του νερού, των κατάλληλων συστημάτων αποχέτευσης και της προστασίας των αστικών λεκανών απορροής, είναι απαραίτητες για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων και την εξασφάλιση ασφαλούς και αξιόπιστου εφοδιασμού των αστικών πληθυσμών με νερό.

1.2.3 Στέγαση και ενεργειακή φτώχεια

Οι αστικές περιοχές αντιμετωπίζουν συχνά προκλήσεις που σχετίζονται με την έλλειψη στέγασης, τις ανεπαρκείς συνθήκες διαβίωσης και την ενεργειακή φτώχεια. Η ταχεία αύξηση του πληθυσμού στις πόλεις μπορεί να ξεπεράσει την ανάπτυξη οικονομικά προσιτών κατοικιών, οδηγώντας σε άτυπους οικισμούς και παραγκουπόλεις. Επιπλέον, η ενεργειακή φτώχεια, που χαρακτηρίζεται από περιορισμένη πρόσβαση σε αξιόπιστες και οικονομικά προσιτές ενεργειακές υπηρεσίες, πλήττει δυσανάλογα τις περιθωριοποιημένες κοινότητες. Η αντιμετώπιση της στέγασης και της ενεργειακής φτώχειας απαιτεί έναν αστικό σχεδιασμό χωρίς αποκλεισμούς, την ανάπτυξη οικονομικά προσιτών λύσεων στέγασης και την προώθηση βιώσιμων ενεργειακών πρακτικών, ώστε να διασφαλιστεί ότι όλοι οι κάτοικοι των πόλεων έχουν πρόσβαση σε ασφαλή, οικονομικά προσιτή στέγαση και αξιόπιστες πηγές ενέργειας.

1.2.4 Μεταφορές

Τα συστήματα αστικών μεταφορών συμβάλλουν σημαντικά στις περιβαλλοντικές προκλήσεις, συμπεριλαμβανομένης της κυκλοφοριακής συμφόρησης, της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η εξάρτηση από τα ιδιωτικά οχήματα, οι αναποτελεσματικές δημόσιες συγκοινωνίες και οι ανεπαρκείς υποδομές μπορούν να οδηγήσουν σε κυκλοφοριακό κομφούζιο, σπατάλη ενέργειας και αύξηση των ατμοσφαιρικών ρύπων. Οι λύσεις βιώσιμης αστικής κινητικότητας, όπως η ανάπτυξη αποτελεσματικών δικτύων δημόσιων μεταφορών, υποδομών φιλικών προς τους πεζούς και η προώθηση της ποδηλασίας, είναι ζωτικής σημασίας για τον

μετριασμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των μεταφορών στις πόλεις και τη βελτίωση της συνολικής ποιότητας ζωής στις πόλεις.

1.2.5 Επίδραση της αστικής θερμικής νησίδας

Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας αναφέρεται στο φαινόμενο όπου οι αστικές περιοχές παρουσιάζουν υψηλότερες θερμοκρασίες από τις γύρω αγροτικές και μη αστικές περιοχές λόγω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και των τροποποιήσεων του φυσικού τοπίου. Η εκτεταμένη χρήση σκυροδέματος και ασφάλτου, η μείωση των χώρων πρασίνου και η συγκέντρωση θερμών επιφανειών συμβάλλουν στην αύξηση των θερμοκρασιών στις πόλεις. Το φαινόμενο αυτό επιδεινώνει τους καύσωνες, εγκυμονεί κινδύνους για την υγεία και αυξάνει την κατανάλωση ενέργειας για ψύξη. Η εφαρμογή στρατηγικών αστικού σχεδιασμού που δίνουν προτεραιότητα στις πράσινες υποδομές, όπως τα πάρκα και οι πράσινες στέγες, μπορεί να συμβάλει στον μετριασμό του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας, ενισχύοντας την ανθεκτικότητα των πόλεων στις αυξανόμενες θερμοκρασίες και προωθώντας ένα πιο βιώσιμο αστικό περιβάλλον.

1.2.6 Διαχείριση αποβλήτων

Πολλές πόλεις παλεύουν με τον αυξανόμενο όγκο των αστικών στερεών αποβλήτων. Η ακατάλληλη διάθεση, η ανεπαρκής υποδομή ανακύκλωσης και η επικράτηση των πλαστικών μιας χρήσης συμβάλλουν στην περιβαλλοντική υποβάθμιση. Οι χώροι υγειονομικής ταφής και η αποτέφρωση, κοινές μέθοδοι διάθεσης αποβλήτων, ενέχουν κινδύνους για το περιβάλλον και την υγεία. Οι ενισχυμένες στρατηγικές μείωσης των αποβλήτων, τα προγράμματα ανακύκλωσης και η προώθηση των αρχών της κυκλικής οικονομίας είναι απαραίτητες για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων. Δίνοντας προτεραιότητα στη μείωση των αποβλήτων στην πηγή, εφαρμόζοντας αποτελεσματικές πρακτικές ανακύκλωσης και διερευνώντας καινοτόμες τεχνολογίες μετατροπής των αποβλήτων σε ενέργεια, οι πόλεις μπορούν να συμβάλλουν σε ένα πιο βιώσιμο και περιβαλλοντικά υπεύθυνο αστικό μέλλον.

1.2.7 Ηχορύπανση

Η περιβαλλοντική θορύβηση στις αστικές περιοχές εκτινάσσεται, κυρίως λόγω της αυξανόμενης κίνησης και των εντεινόμενων βιομηχανικών και ψυχαγωγικών δραστηριοτήτων. Εκτιμάται ότι περίπου το 20% του πληθυσμού της Ευρωπαϊκής Ένωσης βρίσκεται υπό την επίδραση επιπέδων θορύβου που θεωρούνται μη αποδεκτά.

Ο αυξανόμενος θόρυβος αυτός έχει σοβαρές επιπτώσεις στην ποιότητα ζωής, προκαλεί υψηλά επίπεδα στρες, διαταραχές του ύπνου και αναφέρεται ως παράγοντας που σχετίζεται με δυσμενείς επιδράσεις στην υγεία, συμπεριλαμβανομένων καρδιαγγειακών προβλημάτων. Το φαινόμενο αυτό επηρεάζει όχι μόνο την ανθρώπινη υγεία αλλά και την άγρια πανίδα, αναδεικνύοντας την επείγουσα ανάγκη για στρατηγικές μείωσης της θορύβησης και για την ανάπτυξη βιώσιμων προσεγγίσεων στον αστικό σχεδιασμό και την κοινωνική πολιτική. (Kurrer, 2024)

1.3 Χρήση της τεχνολογίας για αντιμετώπιση των προβλημάτων στις πόλεις

Καθώς οι πόλεις αντιμετωπίζουν την πολυπλοκότητα της ταχείας αστικοποίησης και των περιβαλλοντικών προκλήσεων, η ενσωμάτωση προηγμένων τεχνολογιών έχει αναδειχθεί σε μετασχηματιστική δύναμη στη διαχείριση των προβλημάτων στις πόλεις. Η χρήση του Διαδικτύου των πραγμάτων (IoT), της τηλεπισκόπησης και των κοινών πλατφορμών επικοινωνίας προσφέρει στις πόλεις πρωτοφανείς δυνατότητες παρακολούθησης, ανάλυσης και αντιμετώπισης περιβαλλοντικών ζητημάτων σε πραγματικό χρόνο. Αυτή η τεχνολογική συνέργεια όχι μόνο ενισχύει την αποτελεσματικότητα της περιβαλλοντικής παρακολούθησης, αλλά επιτρέπει επίσης τη λήψη αποφάσεων βάσει δεδομένων σε διάφορους αστικούς τομείς. Σε αυτό το πλαίσιο, ο σκοπός της ενσωμάτωσης αυτών των τεχνολογιών είναι πολύπλευρος: από την παροχή στις πόλεις μιας πιο εκλεπτυσμένης κατανόησης των περιβαλλοντικών τους συνθηκών έως τη βελτιστοποίηση της ανθεκτικότητας των υποδομών, την προώθηση της εμπλοκής της κοινότητας και την ενδυνάμωση των πολιτών να συμβάλλουν ενεργά στη βιώσιμη ανάπτυξη του αστικού τους περιβάλλοντος. (Umesh Bodkhe, 2023)

1.3.1 Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ICT)

Οι Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ICT) αποτελούν ένα ευρύ φάσμα τεχνολογικών εργαλείων και πόρων απαραίτητων για διάφορες λειτουργίες που σχετίζονται με τη μετάδοση, την αποθήκευση, τη δημιουργία, τον διαμοιρασμό και την ανταλλαγή πληροφοριών. Αυτή η εκτεταμένη κατηγορία περιλαμβάνει ένα φάσμα συσκευών και πλατφορμών, συμπεριλαμβανομένων των υπολογιστών, του Διαδικτύου με τα ποικίλα στοιχεία του, όπως οι ιστότοποι, τα ιστολόγια και τα ηλεκτρονικά μηνύματα, καθώς και τεχνολογίες που διευκολύνουν τη ζωντανή μετάδοση, όπως το ραδιόφωνο, η τηλεόραση και η διαδικτυακή μετάδοση. Επιπλέον, οι τεχνολογίες

καταγεγραμμένης μετάδοσης, όπως το podcasting και οι συσκευές αναπαραγωγής ήχου/βίντεο, μαζί με τις συσκευές αποθήκευσης, συμβάλλουν στο πολύπλευρο τοπίο των ICT. Επιπλέον, η τηλεφωνία, σταθερή ή κινητή, δορυφορική ή με δυνατότητες οπτικοακουστικής/βιντεοδιάσκεψης, διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στον ολοκληρωμένο τομέα των ICT. (UNESCO,2017)

Η περίπλοκη σχέση μεταξύ των Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ICT) και των δικτύων έχει καθοριστική σημασία για τη διαμόρφωση του τοπίου της σύγχρονης επικοινωνίας. Η εξέλιξη από το 4G με LTE τεχνολογία στο 5G όπου προσφέρει:

- 10-100 φορές μεγαλύτερο εύρος ζώνης από το 4G,
- μείωση κατά 90% της αναλογίας κατανάλωσης ενέργειας προς την παρεχόμενη υπηρεσία, ιδίως στην κινητή τηλεφωνία και τις συσκευές.
- Ένα αξιόπιστο δίκτυο για τη σύνδεση περισσότερων από 7 τρισεκατομμύρια συσκευών στο Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) που είναι ελέγχονται από πάνω από 7,5 δισεκατομμύρια ανθρώπους,
- Ένα ταχύτερο, ασφαλές και εύρωστο δίκτυο με σχεδόν μηδενικό χρόνο διακοπής λειτουργίας- και
- Ενεργοποίηση προηγμένης ελεγχόμενης από τον χρήστη ιδιωτικότητας. (UN)

Η αναμενόμενη εμφάνιση του 6G αναδεικνύουν τη δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ των ICT και των τεχνολογιών δικτύων. Με κάθε εξέλιξη, η χωρητικότητα και η ταχύτητα των δικτύων έχουν εξελιχθεί, επηρεάζοντας τις δυνατότητες των εργαλείων και των πόρων ICT. Τα δίκτυα 4G σηματοδότησαν τη στροφή προς το ταχύτερο κινητό διαδίκτυο, επιτρέποντας την ενισχυμένη επικοινωνία και ανταλλαγή δεδομένων μέσω smartphones και άλλων συσκευών. Η έλευση του 5G έφερε πρωτοφανή ταχύτητα και χαμηλή καθυστέρηση, προωθώντας καινοτομίες όπως το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) και η επαυξημένη πραγματικότητα. Με το βλέμμα στραμμένο στο 6G, η σύνδεση μεταξύ ICT και δικτύων είναι έτοιμη να φτάσει σε νέα ύψη, με προσδοκίες για ακόμη ταχύτερες ταχύτητες, χαμηλότερη καθυστέρηση και μεγαλύτερη χωρητικότητα, ανοίγοντας το δρόμο για μετασχηματιστικές τεχνολογίες όπως η ολογραφική επικοινωνία και οι προηγμένες δυνατότητες ανίχνευσης. Στην ουσία, η συμβιωτική σχέση μεταξύ των ICT και των εξελισσόμενων γενεών δικτύων συνεχίζει να διαμορφώνει τον τρόπο με τον οποίο επικοινωνούμε, συνεργαζόμαστε και έχουμε

πρόσβαση σε πληροφορίες σε έναν ολοένα και πιο διασυνδεδεμένο κόσμο. (Ericsson,2021)

1.3.2 Remote sensing & joint communication technologies

Οι τεχνολογίες τηλεπισκόπησης και κοινής επικοινωνίας διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών ζητημάτων που αντιμετωπίζουν οι πόλεις. Η τηλεπισκόπηση περιλαμβάνει τη χρήση δορυφορικών ή εναέριων αισθητήρων για τη συλλογή πληροφοριών σχετικά με την επιφάνεια, την ατμόσφαιρα και τους ωκεανούς της Γης. Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει στις πόλεις να παρακολουθούν και να αναλύουν διάφορες περιβαλλοντικές παραμέτρους, όπως η ποιότητα του αέρα και του νερού, οι αλλαγές στη χρήση γης και η υγεία της βλάστησης. Με τη χρήση της τηλεπισκόπησης, οι πόλεις μπορούν να λαμβάνουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και να αποκτούν πολύτιμες γνώσεις σχετικά με την κατάσταση του περιβάλλοντός τους, επιτρέποντας τη λήψη πιο τεκμηριωμένων αποφάσεων.

Εκτός από την τηλεπισκόπηση, οι τεχνολογίες κοινής επικοινωνίας ενισχύουν περαιτέρω τις δυνατότητες των πόλεων να διαχειρίζονται και να μετριάζουν τις περιβαλλοντικές προκλήσεις. Οι τεχνολογίες αυτές επιτρέπουν την απρόσκοπτη συνεργασία και ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των διαφόρων ενδιαφερόμενων φορέων, συμπεριλαμβανομένων των κυβερνητικών υπηρεσιών, των ερευνητικών ιδρυμάτων και του κοινού. Μέσω κοινών πλατφορμών επικοινωνίας, οι πόλεις μπορούν να συντονίζουν τις προσπάθειες για τη συλλογική αντιμετώπιση περιβαλλοντικών ζητημάτων. Για παράδειγμα, η ανταλλαγή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο μπορεί να διευκολύνει την ταχύτερη ανταπόκριση σε περιβαλλοντικές καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, όπως περιστατικά ρύπανσης ή φυσικές καταστροφές. Αυτή η διασυνδεδεμένη προσέγγιση προωθεί μια πιο ολοκληρωμένη κατανόηση των περιβαλλοντικών ζητημάτων και προωθεί συνεργατικές λύσεις.

Η ενσωμάτωση των τεχνολογιών τηλεπισκόπησης και κοινής επικοινωνίας δίνει στις πόλεις τη δυνατότητα να εφαρμόζουν προληπτικές και βιώσιμες στρατηγικές περιβαλλοντικής διαχείρισης. Με τη συνεχή παρακολούθηση των περιβαλλοντικών δεικτών, οι πόλεις μπορούν να εντοπίζουν τάσεις και πρότυπα, επιτρέποντας την έγκαιρη παρέμβαση και τη λήψη προληπτικών μέτρων. Αυτή η προσέγγιση με γνώμονα την τεχνολογία ενισχύει την ικανότητα αξιολόγησης των επιπτώσεων της αστικής ανάπτυξης στο περιβάλλον, βελτιστοποίησης της κατανομής των πόρων και εφαρμογής

στοχευμένων παρεμβάσεων για τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα και του νερού. Τελικά, η συνέργεια μεταξύ της τηλεπισκόπησης και των κοινών τεχνολογιών επικοινωνίας συμβάλλει στην οικοδόμηση ανθεκτικών, περιβαλλοντικά συνειδητοποιημένων πόλεων, ικανών να αντιμετωπίσουν τις πολύπλοκες προκλήσεις που θέτουν η αστικοποίηση και η κλιματική αλλαγή.

1.3.3 Έξυπνες πόλεις και περιβάλλον (Smart city and environment)

Οι πρωτοβουλίες για έξυπνες πόλεις αξιοποιούν προηγμένες τεχνολογίες για τη βελτίωση της αστικής ζωής και η ενσωμάτωσή τους με την περιβαλλοντική παρακολούθηση και διαχείριση αποτελεί βασική πτυχή της δημιουργίας βιώσιμων αστικών περιβαλλόντων. Μια από τις σημαντικές συνεισφορές της τεχνολογίας έξυπνων πόλεων στο αστικό περιβάλλον είναι η εφαρμογή ευφυών υποδομών. Έξυπνοι αισθητήρες και συσκευές IoT μπορούν να αναπτυχθούν στρατηγικά σε όλη την πόλη για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα και του νερού, των επιπέδων θορύβου και άλλων περιβαλλοντικών παραμέτρων σε πραγματικό χρόνο. Τα δεδομένα αυτά αναλύονται στη συνέχεια για τον εντοπισμό μοτίβων και τάσεων, επιτρέποντας στους αξιωματούχους της πόλης να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις σχετικά με την κατανομή των πόρων, τα μέτρα ελέγχου της ρύπανσης και την ανάπτυξη των υποδομών. Με την προληπτική αντιμετώπιση περιβαλλοντικών ζητημάτων, οι έξυπνες πόλεις μπορούν να δημιουργήσουν πιο υγιείς και πιο βιώσιμους αστικούς χώρους για τους κατοίκους τους.

Επιπλέον, οι τεχνολογίες έξυπνων πόλεων επιτρέπουν την αποτελεσματική διαχείριση των πόρων, μειώνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Τα ολοκληρωμένα συστήματα για τη διαχείριση των αποβλήτων, τη διανομή ενέργειας και τις μεταφορές μπορούν να βελτιστοποιήσουν τη χρήση των πόρων, να ελαχιστοποιήσουν την κατανάλωση ενέργειας και να μειώσουν τις εκπομπές. Για παράδειγμα, τα έξυπνα δίκτυα μπορούν να βελτιώσουν την αποδοτικότητα της διανομής ενέργειας, ενώ τα ευφυή συστήματα μεταφορών μπορούν να βελτιστοποιήσουν τη ροή της κυκλοφορίας, μειώνοντας τη συμφόρηση και την ατμοσφαιρική ρύπανση. Τα έξυπνα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων μπορούν να βελτιώσουν τη διαδικασία συλλογής και διάθεσης, ελαχιστοποιώντας τους περιβαλλοντικούς κινδύνους. Το συνολικό αποτέλεσμα είναι ένα πιο βιώσιμο αστικό περιβάλλον, όπου η τεχνολογία αξιοποιείται για τη δημιουργία μιας ισορροπίας μεταξύ της αστικής ανάπτυξης και της διατήρησης του περιβάλλοντος,

εξασφαλίζοντας την ευημερία τόσο της πόλης όσο και των κατοίκων της. (Maurizio Murrioni et.al.,2023)

1.4 Διασφάλιση προσωπικών δεδομένων με την χρήση IoT

Στην εποχή της ψηφιακής επανάστασης, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) έχει καταστεί ένας από τους πιο καθοριστικούς παράγοντες μετασχηματισμού τόσο για τα άτομα όσο και για τις επιχειρήσεις. Το IoT επιτρέπει τη σύνδεση φυσικών αντικειμένων στο διαδίκτυο, διευκολύνοντας την αλληλεπίδραση μεταξύ συσκευών και χρηστών. Αυτή η τεχνολογία έχει ήδη βελτιώσει τις ζωές εκατομμυρίων ανθρώπων μέσω της αύξησης της παραγωγικότητας, της αποδοτικότητας και της άνεσης, ενώ παράλληλα έχει επιφέρει σημαντικές καινοτομίες στον βιομηχανικό τομέα και τις υπηρεσίες. Ωστόσο, η ταχεία αυτή υιοθέτηση δεν έρχεται χωρίς προκλήσεις, καθώς θέματα ασφαλείας και ιδιωτικότητας είναι εγγενή σε ένα περιβάλλον που συνδέει τόσο πολλές συσκευές και χρήστες.

Η ευρεία διασύνδεση των συσκευών IoT επιτρέπει σε αυτές να συλλέγουν και να ανταλλάσσουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, γεγονός που καθιστά απαραίτητο τον εντοπισμό των δυνητικών κινδύνων για την ιδιωτικότητα και την ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων. Ειδικότερα, η αυξανόμενη χρήση αυτών των τεχνολογιών τόσο στον ιδιωτικό όσο και στον δημόσιο τομέα εγείρει ανησυχίες για την πιθανή κακή χρήση των δεδομένων και τις επιθέσεις σε ευαίσθητες πληροφορίες. Παρότι η τεχνολογία IoT προσφέρει πολλαπλά οφέλη, η έλλειψη κατάλληλων μηχανισμών ασφαλείας μπορεί να θέσει σε κίνδυνο τα δεδομένα των χρηστών, κάτι που υπογραμμίζει την αναγκαιότητα ύπαρξης αυστηρών πρωτοκόλλων προστασίας.

Η συνειδητοποίηση των κινδύνων ασφαλείας και ιδιωτικότητας από τους χρήστες των συσκευών IoT είναι κρίσιμη. Έρευνες δείχνουν ότι όσο περισσότερο αντιλαμβάνονται οι χρήστες την χρησιμότητα των IoT τεχνολογιών, τόσο περισσότερο είναι πιθανό να ενδιαφερθούν για την προστασία των δεδομένων τους και να αναπτύξουν μεγαλύτερη συνείδηση για τα μέτρα ασφαλείας που απαιτούνται. Η τεχνολογία αυτή μπορεί να προσφέρει εξαιρετικά οφέλη, αλλά μόνο αν συνοδεύεται από επαρκείς ρυθμίσεις που προστατεύουν τα προσωπικά δεδομένα και την ιδιωτικότητα.

Συνολικά, η ανάπτυξη ενός ασφαλούς περιβάλλοντος IoT αποτελεί συλλογική ευθύνη κυβερνήσεων, βιομηχανιών και χρηστών. Ο σχεδιασμός πολιτικών και η εκπαίδευση των χρηστών θα διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματική προστασία

των δεδομένων. Με την αυξανόμενη διείσδυση του IoT στις καθημερινές μας δραστηριότητες, η ανάγκη για ενισχυμένες λύσεις ασφάλειας καθίσταται πιο επιτακτική από ποτέ, εξασφαλίζοντας ένα βιώσιμο και ασφαλές ψηφιακό μέλλον. (Hanis Haidar Abdul Karim et.al, 2023)

1.5 Στόχος

Ο στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη και κατανόηση της εφαρμογής τεχνολογιών κοινής επικοινωνίας και τηλεπισκόπησης για περιβαλλοντικούς σκοπούς στις έξυπνες πόλεις. Η εργασία επικεντρώνεται στη διερεύνηση του πώς οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να συμβάλουν στην αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προβλημάτων, όπως η ατμοσφαιρική ρύπανση, η ενεργειακή φτώχεια, και η διαχείριση των υδάτινων πόρων. Στόχος είναι η χρήση των καινοτόμων αυτών εργαλείων για τη δημιουργία πιο βιώσιμων και ανθεκτικών πόλεων.

Παράλληλα, η εργασία διερευνά πώς οι τεχνολογίες 5G και 6G με την χρήση ICT μπορούν να υποστηρίξουν την περιβαλλοντική παρακολούθηση και διαχείριση στις έξυπνες πόλεις, διευκολύνοντας την άμεση ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των διαφόρων συστημάτων. Επιπλέον, εξετάζεται η δυνατότητα αξιοποίησης της τεχνητής νοημοσύνης για τη βελτιστοποίηση της περιβαλλοντικής διαχείρισης και τη λήψη αποτελεσματικών αποφάσεων σε κρίσιμους τομείς, όπως η ενέργεια και οι φυσικοί πόροι.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Ατμοσφαιρική Ρύπανση

2.1.1 Ανασκόπηση της αστικής πληροφορικής στη διαχείριση της ποιότητας του αέρα ως υπηρεσία έξυπνης πόλης: τεχνολογία νέφους: μια ολοκληρωμένη προοπτική IoT, AI και τεχνολογίας νέφους

Η μελέτη της Akshara Kaginalkar, σε συνεργασία με τους Shamita Kumar, Prahant Gargava, και Dev Niyogi (2021), επικεντρώνεται στη διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο οι τεχνολογίες του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT), της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI), και του Cloud Computing μπορούν να ενσωματωθούν για τη διαχείριση της ποιότητας του αέρα στις έξυπνες πόλεις. Οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η αυξανόμενη αστικοποίηση, σε συνδυασμό με την περιβαλλοντική επιβάρυνση, καθιστά αναγκαία τη χρήση προηγμένων τεχνολογιών για την αποτελεσματική διαχείριση των περιβαλλοντικών πόρων.

Ειδικότερα, η μελέτη παρουσιάζει τη δυνατότητα εφαρμογής ενός συστήματος διαχείρισης της ποιότητας του αέρα μέσω τεχνολογιών χαμηλού κόστους αισθητήρων (LCS), δορυφορικών δεδομένων και ανοιχτών δεδομένων (Open Data). Στη μεθοδολογία τους, οι ερευνητές θέτουν δύο βασικά ερωτήματα: ποιες τεχνολογίες είναι πιο κατάλληλες για την παρακολούθηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και πώς μπορούν αυτές να ενσωματωθούν σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα υποστήριξης για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων των έξυπνων πόλεων. Με τη χρήση τεχνολογιών όπως οι αισθητήρες IoT και τα δεδομένα πλήθους (crowd-sourced data), προτείνεται ένα καινοτόμο σύστημα παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα, το οποίο βασίζεται στην πολυτομεακή μοντελοποίηση και τα συστήματα υποστήριξης λήψης αποφάσεων (DSS).

Η έρευνα αυτή αναδεικνύει τη σημασία της χρήσης των τεχνολογιών αιχμής για τη βελτίωση της αστικής διαχείρισης και προτείνει λύσεις που μπορούν να μειώσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις στις σύγχρονες πόλεις, καθιστώντας τις πιο βιώσιμες και ανθεκτικές στις προκλήσεις της κλιματικής αλλαγής. (Kaginalkar, 2021)

Πίνακας 3 Τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σε σύγχρονες πόλεις

A/A	Τεχνολογίες
1	IoT
2	Χαμηλού κόστους Σένσορες
3	Φορητές συσκευές
4	Κινητά Τηλέφωνα
5	Μέσα κοινωνικής δικτύωση
6	Χρήση δεδομένων από πλήθους
7	Τεχνητή Νοημοσύνη και Μηχανική Μάθηση (AI/ML)
8	Μεγάλα δεδομένα
9	Cloud Computing
10	GIS
11	Δορυφόροι
12	Πολυτομεακή μοντελοποίηση (Multi-sector modeling)
13	Συστήματα υποστήριξης λήψης αποφάσεων (DSS)
14	Προσεχές τεχνολογίες

2.1.2 Ανοιχτού Κώδικα Σύστημα Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης μέσω IoT για Τροπικά Περιβάλλοντα: Σχεδιασμός, Κατασκευή και Επικύρωση

Η μελέτη των Edwin Collado και συνεργατών (2024) παρουσιάζει την ανάπτυξη ενός συστήματος παρακολούθησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης, βασισμένου στο Internet of Things (IoT), προσαρμοσμένου για τροπικά περιβάλλοντα. Στόχος της μελέτης είναι η δημιουργία ενός χαμηλού κόστους και ενεργειακά αποδοτικού συστήματος που θα επιτρέπει τη μέτρηση της συγκέντρωσης ατμοσφαιρικών ρύπων, όπως το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το διοξείδιο του αζώτου (NO₂), το διοξείδιο του θείου (SO₂), τα αιωρούμενα σωματίδια (PM_{2.5}, PM₁₀) και το όζον (O₃), καθώς και μεταβλητές μετεωρολογίας.

Το σύστημα αποτελείται από έναν σταθμό μέτρησης εξοπλισμένο με αισθητήρες, οι οποίοι συλλέγουν δεδομένα σχετικά με την ποιότητα του αέρα και τις μετεωρολογικές συνθήκες, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η ταχύτητα και η κατεύθυνση του ανέμου. Τα δεδομένα αυτά μεταφέρονται σε πραγματικό χρόνο μέσω του διαδικτύου, παρέχοντας στους χρήστες τη δυνατότητα ανάλυσης μέσω μιας διαδραστικής πλατφόρμας οπτικοποίησης.

Για την προστασία των ευαίσθητων ηλεκτρονικών εξαρτημάτων από τις αντίξοες καιρικές συνθήκες των τροπικών κλιμάτων, σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε ένα προστατευτικό περίβλημα με τη χρήση λογισμικού SolidWorks και τεχνολογίας 3D εκτύπωσης. Το περίβλημα αυτό δοκιμάστηκε μέσω προσομοιώσεων για την αντοχή του σε ακραίες κλιματικές συνθήκες, διασφαλίζοντας την αξιοπιστία του συστήματος.

Το σύστημα αυτό αποτελεί μια επεκτάσιμη λύση για την παρακολούθηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, με δυνατότητα προσαρμογής σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές, συμβάλλοντας στην κατανόηση της συμπεριφοράς των ρύπων και στη βελτίωση της περιβαλλοντικής διαχείρισης. (Edwin Collado,2024)

2.2 Νερό

2.2.1 IoT στην παρακολούθηση της ποιότητας του νερού - Είμαστε πραγματικά εδώ;

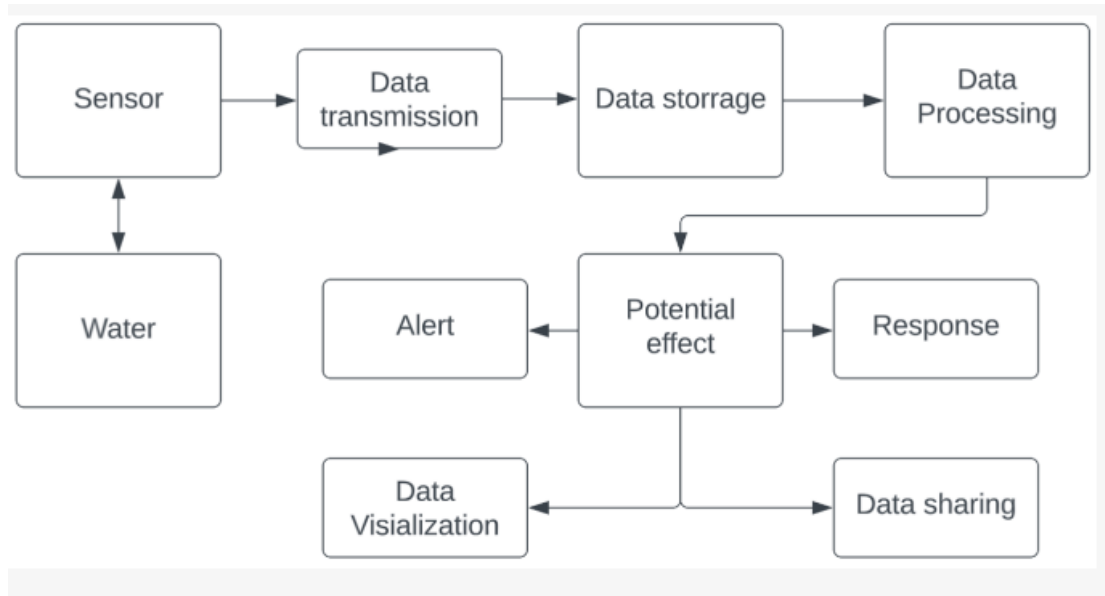
Η ευρεία υιοθέτηση του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) είναι εμφανής σε διάφορους τομείς, επεκτεινόμενη πέρα από τις βιομηχανικές εφαρμογές και διεισδύοντας σε κάθε πτυχή της ιδιωτικής ζωής. Ενώ συνήθως συνδέεται με περίπλοκους αισθητήρες και πολύπλοκες τεχνολογίες, ο αντίκτυπος του IoT στις βιοεπιστήμες είναι ιδιαίτερα αξιοσημείωτος. Προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, επιτρέποντας τη μείωση του κόστους που συνδέεται με την έρευνα πεδίου, τις αποστολές και τη μεταφορά πολυάριθμων αισθητήρων που είναι απαραίτητοι για φυσικές και χημικές μετρήσεις. Η βιβλιογραφία είναι γεμάτη με καινοτόμες ιδέες για την αξιοποίηση της συλλογής δεδομένων από απόσταση στην περιβαλλοντική έρευνα. Παρά τις εξελίξεις αυτές, τίθεται ένα κρίσιμο ερώτημα από την ερευνήτρια Małgorzata Miller: μπορούμε να ισχυριστούμε ότι το IoT έχει εδραιωθεί στο πεδίο των φυσικών επιστημών;

Το έργο της Małgorzata Miller et.al. προτρέπει σε έναν προβληματισμό σχετικά με το βαθμό στον οποίο το IoT έχει εμπεδωθεί στις φυσικές επιστήμες και κυρίως στην

ποιότητα του νερού. Η εργασία εμβαθύνει στην ευρεία χρήση του IoT, κυρίως στη βιομηχανία και την ιδιωτική ζωή, και υπογραμμίζει τον καθοριστικό του ρόλο στην ελαχιστοποίηση του κόστους που σχετίζεται με την έρευνα πεδίου και την ανάπτυξη αισθητήρων στις επιστήμες της ζωής.

Πιο συγκεκριμένα, θεωρεί η χρήση ειδικών αισθητήρων για την ποιότητα του νερού (σε λίμνες, ποτάμια κ.λ.π) όπως δείκτες για το BOD (βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο) και pH μπορούν να δώσουν μια σημαντική εικόνα για τα επίπεδα μόλυνσης και της οξύτητας των υδάτων, δείκτες σημαντικής σημασίας για την επιβίωση των οργανισμών. Θεωρεί όμως ότι πρέπει να γίνει σωστή καταγραφή, διαχείριση και επεξεργασία δεδομένων (clean data) για την κατανόηση τους. Επίσης, η αξιοποίηση του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) στην αξιολόγηση της ποιότητας του νερού υπόσχεται να βελτιώσει την ασφάλεια και την αξιοπιστία των προμηθειών πόσιμου νερού. Η ενσωμάτωση των δυνατοτήτων παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο και συλλογής δεδομένων που προσφέρουν οι τεχνολογίες IoT μπορεί να φέρει επανάσταση στη διαχείριση των υδάτινων πόρων. Δίνοντας τη δυνατότητα στις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας νερού και στους αρμόδιους οργανισμούς να εντοπίζουν γρήγορα και να ανταποκρίνονται σε πιθανά ζητήματα, το IoT συμβάλλει στη διασφάλιση καθαρών, ασφαλών και βιώσιμων πηγών νερού για τις κοινότητες. Αυτή η προληπτική προσέγγιση που διευκολύνεται από το IoT έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει σημαντικά τη συνολική ποιότητα και την προσβασιμότητα του πόσιμου νερού. Σημαντικοί δείκτες για την ποιότητα του νερού είναι οι εξής:

1. pH
2. Θερμοκρασία
3. Διαλυμένο οξυγόνο
4. Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS)
5. Διαφάνεια
6. Αγωγιμότητα
7. Χλωροφύλλη
8. Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)
9. Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD)
10. Αμμωνία



Εικόνα 2 Έξυπνο monitoring της ποιότητας του νερού

Βασικά προβλήματα στην χρήση των συστημάτων IoT για τα ύδατα είναι ότι οι δημόσιοι οργανισμοί μπορεί να μην έχουν τις απαραίτητες γνώσεις για την λειτουργία τους, όπως και ελλιπή χρηματοδότηση. Σημαντικό θέμα είναι και η διαχείριση των δεδομένων καθώς πρέπει να ξεκαθαριστεί το ποιός έχει την κυριότητα και την ευθύνη τους. (Malgorzata Miller, 2023)

2.3 Θερμότητα

2.3.1 Διερεύνηση του μικροκλίματος της κυκλοφορίας οχημάτων στην αστική θερμική νησίδα μέσω της συσκευής IoT-Based

Σημαντικό πρόβλημα στις πόλεις που αφορά την υγεία των ανθρώπων και τις καλές συνθήκες διαβίωσης, είναι το μικροκλίμα που δημιουργείται σε διάφορα σημεία της πόλης με ονομασία Αστική Θερμική Νησίδα (Urban Heat Island). Η έρευνα του Emir Husnir et.al. σχετικά με το φαινόμενο αυτό εστίασε στην καταγραφή δεδομένων αξιοποιώντας δύο διαφορετικούς αισθητήρες με τον πρώτο να είναι όργανα σταθερού σταθμού που έχουν σχεδιαστεί για να αλληλεπιδρούν στο διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) και το δεύτερο να είναι κάμερα συστήματος ελέγχου κυκλοφορίας με οπτικοποίηση CCTV για ανίχνευση αντικειμένων ώστε να αναλύεται ο όγκος της κυκλοφορίας με βάση τον χρόνο. Αναλύοντας τα δεδομένα τους παρατήρησαν πως σε ώρες αιχμής το φαινόμενο του UHI μπορεί να αυξηθεί η θερμοκρασία κατά 7 οC. Η θερμοκρασία του αέρα με πυκνή κυκλοφορία έχει υψηλότερο μέσο όρο θερμοκρασίας

συγκριτικά με τις προαστιακές περιοχές. Επίσης, όπου παρατηρήθηκαν υψηλές θερμοκρασίες υπήρχε κυκλοφοριακή συμφόρηση με τις εκπομπές καυσαερίων (CO₂, NO, HC, CO, SO₂, PM₁₀) να είναι πολύ υψηλές, να επηρεάζει την εντροπία του περιβάλλοντος με αποτέλεσμα ο αέρας να μην ανανεώνεται και να είναι θερμότερος. Μόνο κατά την διάρκεια των βροχοπτώσεων, τα καυσαέρια δεσμεύονται με το νερό και έτσι ανανεωνόταν ο αέρας στην περιοχή μελέτης. Έτσι, χρησιμοποιώντας σένσορες και τεχνολογίες βασισμένες στο IoT για την κατανόηση και την ανάλυση του περιβάλλοντος μπορούν να προκύψουν στοχευμένες αναλύσεις ώστε να βελτιωθούν οι καταστάσεις και τα προβλήματα σε μικρές περιοχές. (Emir Husni, 2022)

2.3.2 Ανάπτυξη ενός συστήματος παρακολούθησης και πρόβλεψης της θερμοκρασίας με βάση το IoT για την αστική θερμική νησίδα (UHI)

Οι Hidayat και Soekirno (2021) στη μελέτη τους εστιάζουν στην ανάπτυξη ενός συστήματος βασισμένου στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) για την παρακολούθηση και την πρόβλεψη των μεταβολών της θερμοκρασίας που σχετίζονται με το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας (UHI). Το φαινόμενο UHI εμφανίζεται όταν οι αστικές περιοχές παρουσιάζουν σημαντικά υψηλότερες θερμοκρασίες σε σύγκριση με το αγροτικό τους περιβάλλον λόγω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, της αστικοποίησης και της αντικατάστασης των φυσικών τοπίων με τεχνητές επιφάνειες όπως το σκυρόδεμα και η άσφαλτος.

Στόχος της μελέτης είναι η δημιουργία ενός αξιόπιστου συστήματος μέτρησης και πρόβλεψης των διακυμάνσεων της θερμοκρασίας σε αστικές και αγροτικές περιοχές, το οποίο είναι ζωτικής σημασίας για τις στρατηγικές αστικού σχεδιασμού που αποσκοπούν στον μετριασμό των επιπτώσεων της UHI. Το σύστημα ενσωματώνει αισθητήρες θερμοκρασίας DS18B20, μικροελεγκτές ESP8266 και ένα διαδικτυακό πίνακα ελέγχου σε πραγματικό χρόνο για την οπτικοποίηση των δεδομένων. Η τεχνολογία IoT επιτρέπει τη συνεχή παρακολούθηση των δεδομένων θερμοκρασίας σε πραγματικό χρόνο, τα οποία διαβιβάζονται σε έναν διακομιστή για ανάλυση.

Ένα σημαντικό στοιχείο του συστήματος είναι η ενσωμάτωση ενός μοντέλου τεχνητού νευρωνικού δικτύου (ANN), το οποίο χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της θερμοκρασίας. Το μοντέλο ANN επέδειξε ακρίβεια πρόβλεψης 85,1%, αναδεικνύοντας την αποτελεσματικότητά του στην πρόβλεψη μελλοντικών μεταβολών της θερμοκρασίας και βοηθώντας στη διαχείριση των επιπτώσεων της UHI. Επιπλέον, οι

δοκιμές βαθμονόμησης έδειξαν ότι το σύστημα πέτυχε υψηλή ακρίβεια, με συντελεστή συσχέτισης (R^2) 0,99996 για τις αστικές περιοχές και 0,99997 για τις αγροτικές περιοχές. (D J Hidayat, 2021)

2.3.3 Τηλεπισκόπηση για την έρευνα της αστικής θερμικής νησίδας:

Προόδου, τρέχοντα ζητήματα και προοπτικές

Ο Phan Kieu Diem και οι συνεργάτες του (2024) παρουσιάζουν μια ολοκληρωμένη ανασκόπηση σχετικά με τη χρήση τεχνολογιών τηλεπισκόπησης για την έρευνα της αστικής θερμικής νησίδας (UHI). Το έγγραφο τονίζει την αυξανόμενη σημασία της έρευνας UHI, η οποία καθοδηγείται από την αναγνώριση των επιπτώσεων της θερμικής καταπόνησης στην ανθρώπινη υγεία, το αστικό περιβάλλον και την ανθεκτικότητα, ιδίως στο πλαίσιο της αστικοποίησης και της κλιματικής αλλαγής.

Η ανασκόπηση επικεντρώνεται στην έρευνα για την επιφανειακή αστική θερμική νησίδα (SUHI), τονίζοντας πώς οι τεχνολογίες τηλεπισκόπησης έχουν διευκολύνει την καλύτερη κατανόηση των χωροχρονικών χαρακτηριστικών της UHI. Ωστόσο, παρά την πρόοδο που έχει σημειωθεί, εξακολουθούν να υπάρχουν σημαντικά κενά στη γνώση, μεθοδολογικές ασυνέπειες και προκλήσεις, όπως οι ποικίλοι ορισμοί των αστικών και αγροτικών περιοχών και τα προβλήματα με τη νεφοκάλυψη στα δεδομένα τηλεπισκόπησης.

Οι Diem κ.ά. αξιολογούν συστηματικά τις μελέτες SUHI της τελευταίας δεκαετίας, προσδιορίζοντας παράγοντες ελέγχου, ποσοτικά υποκατάστατα και στρατηγικές μετριάσμου. Οι βασικές ιδέες από την ανασκόπηση περιλαμβάνουν τον ρόλο της χρήσης γης και της κάλυψης γης στην οδήγηση της SUHI, καθώς και τη σημασία των στρατηγικών ψύξης, όπως το αστικό πράσινο, τα υδάτινα σώματα και ο βελτιωμένος αστικός σχεδιασμός για τον μετριασμό των επιπτώσεων της UHI. Το έγγραφο συζητά επίσης τη διαφορετική δυναμική του σχηματισμού SUHI σε διάφορες πόλεις και περιοχές, η οποία επηρεάζεται από παράγοντες όπως το κλίμα, η αστικοποίηση και οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Τέλος, η ανασκόπηση ζητά την καθιέρωση μιας τυποποιημένης μεθοδολογίας για την ανίχνευση και τον ποσοτικό προσδιορισμό του SUHI με τη χρήση δεδομένων τηλεπισκόπησης, ώστε να βελτιωθεί η διασταυρούμενη σύγκριση μεταξύ πόλεων και να ενισχυθεί η αξιοπιστία των εκτιμήσεων του UHI. Το παρόν έγγραφο χρησιμεύει ως πολύτιμο σημείο αναφοράς για μελλοντικές προσπάθειες έρευνας και αστικού

σχεδιασμού με στόχο την αντιμετώπιση του UHI και των επιπτώσεών του. (Phan Kieu Diem et.al, 2024)

2.4 Απόβλητα

2.4.1 Ευρετικές προσεγγίσεις για την αντιμετώπιση του προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων στο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων με βάση το Iot

Οι Rahmanifar et al. (2023) εστιάζουν στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των αστικών συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων (WMS) με την ενσωμάτωση του Διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) για την παρακολούθηση της στάθμης των αποβλήτων σε πραγματικό χρόνο στις έξυπνες πόλεις. Στη μελέτη παρουσιάζεται ένα πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων (VRP) δύο εικοσιτετραγώνων με στόχο τη βελτιστοποίηση των διαδρομών συλλογής αποβλήτων για την ελαχιστοποίηση του λειτουργικού κόστους και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Το προτεινόμενο σύστημα περιλαμβάνει τη χρήση χωρητικών οχημάτων για τη συλλογή αποβλήτων από τους κάδους και τη μεταφορά τους σε κέντρα διαχωρισμού, ενώ ένα άλλο στρώμα οχημάτων μεταφέρει τα ταξινομημένα απόβλητα σε κέντρα ανακύκλωσης. Μια σημαντική πρόκληση που αντιμετωπίζεται είναι η δυναμική και απρόβλεπτη φύση της παραγωγής αποβλήτων, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε μη αποδοτική στατική δρομολόγηση στα παραδοσιακά συστήματα. Οι συγγραφείς προτείνουν τη χρήση συσκευών IoT για την παρακολούθηση των επιπέδων πλήρωσης των κάδων σε πραγματικό χρόνο και τη δυναμική ενημέρωση των διαδρομών συλλογής, ενισχύοντας την αποτελεσματικότητα των εργασιών διαχείρισης αποβλήτων.

Η μελέτη χρησιμοποιεί διάφορους ευρετικούς και μετα-ευρετικούς αλγορίθμους, συμπεριλαμβανομένων των αλγορίθμων Simulated Annealing (SA) και Social Engineering Optimizer (SEO), για την επίλυση του προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων. Οι αλγόριθμοι έχουν σχεδιαστεί για να χειρίζονται μεγάλα σύνολα δεδομένων και η απόδοσή τους αξιολογείται με βάση κριτήρια όπως η βελτιστοποίηση διαδρομής, οι εκπομπές CO₂ και το λειτουργικό κόστος. Οι συγγραφείς εισάγουν ένα υβριδικό μοντέλο δύο βημάτων που ενσωματώνει αυτούς τους αλγορίθμους με ευρετικές μεθόδους, βελτιώνοντας την ποιότητα των αρχικών λύσεων και τη συνολική απόδοση του συστήματος.

Οι βασικές συνεισφορές της εργασίας περιλαμβάνουν την ανάπτυξη ενός βιώσιμου μοντέλου διαχείρισης αποβλήτων που αξιοποιεί την τεχνολογία IoT για τη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο, μειώνοντας σημαντικά την κατανάλωση καυσίμων, τις εκπομπές και το λειτουργικό κόστος που σχετίζονται με τη συλλογή αποβλήτων. Η προσέγγιση αυτή όχι μόνο βελτιώνει την αποδοτικότητα της συλλογής αποβλήτων, αλλά συμβάλλει και στην επίτευξη των στόχων βιωσιμότητας σε αστικά περιβάλλοντα. (Golman Rahmanifar et.al, 2023)

2.4.2 Τεχνητή νοημοσύνη για τη διαχείριση αποβλήτων σε έξυπνες πόλεις:

Ανασκόπηση

Οι Bingbing Fang κ.ά. (2023) παρουσιάζουν μια ολοκληρωμένη επισκόπηση της εφαρμογής της τεχνητής νοημοσύνης (AI) στα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων, εστιάζοντας στις έξυπνες πόλεις. Η μελέτη υπογραμμίζει την αυξανόμενη σημασία των τεχνολογιών TN στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της συλλογής, διαλογής και διάθεσης των αποβλήτων, καθώς και στην ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Οι συγγραφείς εξετάζουν διάφορους τομείς στους οποίους έχει εφαρμοστεί η TN, συμπεριλαμβανομένων των έξυπνων κάδων, των ρομπότ διαλογής αποβλήτων και των μοντέλων πρόβλεψης για την παραγωγή αποβλήτων.

Μια από τις βασικές συνεισφορές του άρθρου είναι η επίδειξη της ικανότητας της TN να βελτιστοποιεί την εφοδιαστική της συλλογής αποβλήτων, μειώνοντας την απόσταση μεταφοράς έως και 36,8%, μειώνοντας το κόστος κατά 13,35% και εξοικονομώντας χρόνο κατά 28,22%. Επιπλέον, τα συστήματα που βασίζονται στην TN έχουν επιδείξει αξιοσημείωτη ακρίβεια στον εντοπισμό και τη διαλογή των αποβλήτων, με ακρίβεια που κυμαίνεται από 72,8% έως 99,95%. Αυτές οι βελτιώσεις στη διαδικασία διαχείρισης αποβλήτων έχουν τη δυνατότητα να ενισχύσουν σημαντικά τις προσπάθειες βιωσιμότητας στις αστικές περιοχές.

Η ανασκόπηση εξετάζει επίσης τον τρόπο με τον οποίο η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να συνδυαστεί με τεχνικές χημικής ανάλυσης για τη βελτίωση διεργασιών όπως η πυρόλυση αποβλήτων και η εκτίμηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης με μοντέλα μηχανικής μάθησης μπορεί να βελτιστοποιήσει τις διεργασίες μετατροπής αποβλήτων σε ενέργεια, καθιστώντας τις πιο αποτελεσματικές και φιλικές προς το περιβάλλον. Με τη χρήση TN στη διαχείριση αποβλήτων, οι πόλεις μπορούν όχι μόνο να βελτιώσουν τη λειτουργική αποδοτικότητα

αλλά και να συμβάλουν στην επίτευξη μιας «κυκλικής οικονομίας μηδενικών αποβλήτων».

Η μελέτη καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η υιοθέτηση τεχνολογιών TN στη διαχείριση αποβλήτων θα οδηγήσει σε σημαντικές προόδους στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα, στην εξοικονόμηση κόστους και στη βελτίωση της δημόσιας υγείας στις έξυπνες πόλεις. (Bingbing Fang et.al.,2023)

2.5 Βιωσιμότητα

2.5.1 Επιλογή χαρτοφυλακίου εφαρμογών του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) για τις βιώσιμες αστικές μεταφορές: μια νέα υβριδική προσέγγιση λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια

Η μελέτη του Jalil Heidary Dahooie με τίτλο "A portfolio selection of internet of things (IoT) applications for the sustainable urban transportation: A novel hybrid multi criteria decision making approach" αντιμετωπίζει την ανάγκη για μια ολοκληρωμένη προσέγγιση λήψης αποφάσεων με την εισαγωγή ενός νέου πίνακα χαρτοφυλακίου προσαρμοσμένου για τον εντοπισμό εφαρμογών IoT στον τομέα των αστικών μεταφορών. Ο προτεινόμενος πίνακας έχει σχεδιαστεί γύρω από δύο κρίσιμες διαστάσεις: τον αντίκτυπο στη βιώσιμη ανάπτυξη (BA) και τη σκοπιμότητα εφαρμογής του IoT. Η έρευνα χρησιμοποιεί μια υβριδική προσέγγιση λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια για να διευκολύνει τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων. Μέσω συστηματικής βιβλιογραφικής ανασκόπησης εντοπίζονται δεκαεπτά διαφορετικές εφαρμογές του IoT στις αστικές μεταφορές, οι οποίες αποτελούν τη βάση για την επακόλουθη ανάλυση. Η μελέτη χρησιμοποιεί μια καινοτόμο μεθοδολογία, συνδυάζοντας τον βελτιωμένο ασαφή γνωστικό χάρτη (FCM) με τη μέθοδο καλύτερης αξίας (BWM), για να καθορίσει τη σχέση μεταξύ των κριτηρίων SD και των προκλήσεων που σχετίζονται με την εφαρμογή του IoT. Η προσέγγιση αυτή όχι μόνο προσδιορίζει τη σημασία αυτών των κριτηρίων αλλά παρέχει επίσης πληροφορίες σχετικά με τη διασύνδεσή τους. Η ιεράρχηση των εφαρμογών IoT επιτυγχάνεται στη συνέχεια μέσω της εφαρμογής της μεθόδου Additive Ratio Assessment (ARAS). Η μέθοδος αυτή λαμβάνει υπόψη τόσο τα κριτήρια ΑΔ όσο και τις προκλήσεις του IoT, προσφέροντας μια ισχυρή βάση για τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων ώστε να κατανέμουν αποτελεσματικά τους πόρους. Για τη σύνθεση της διαδικασίας αξιολόγησης, χρησιμοποιείται ένας προσαρμοσμένος πίνακας επιπτώσεων-

σκοπιμότητας, ο οποίος επιτρέπει την ταυτόχρονη αξιολόγηση και των δύο κριτηρίων και βοηθά στην επιλογή ενός βέλτιστου χαρτοφυλακίου εφαρμογών IoT.

Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας αποκαλύπτουν ότι, στο πλαίσιο μιας αναπτυσσόμενης χώρας, η κοινή χρήση ποδηλάτων και η κοινή χρήση αυτοκινήτων αναδεικνύονται ως οι κορυφαίες προτεραιότητες για επενδύσεις. Αυτή η ιεράρχηση είναι αποτέλεσμα της ολοκληρωμένης ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε μέσω του προτεινόμενου πλαισίου λήψης αποφάσεων, τονίζοντας τη σημασία της εξέτασης τόσο της βιώσιμης ανάπτυξης όσο και της σκοπιμότητας κατά τη στρατηγική επένδυση σε εφαρμογές IoT για τις αστικές μεταφορές. (Jalil Heidary Dahooie et.al.,2023)

2.5.2 Η απεξάρτηση των πόλεων από τον άνθρακα και ο ρόλος των απομακρυσμένων συστημάτων για το σχεδιασμό, την ανάπτυξη και την παρακολούθηση περιοχών με χαμηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα

Κατά τη διάρκεια του IOP Συνεδρίου με θέμα τη Γη και τις Περιβαλλοντικές Επιστήμες, ο υποψήφιος διδάκτορ του Curtin Πανεπιστημίου, J M Bunning, επισημαίνει τη σημαντική πρόκληση της αστικοποίησης και της ανάγκης για αποτελεσματική διαχείριση των περιβαλλοντικών ζητημάτων από τις πόλεις. Καταδεικνύει ότι οι πόλεις είναι υπεύθυνες για το 71% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων και το 30-40% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, σύμφωνα με το IPCC. Η χρήση τεχνολογιών, ειδικότερα της τηλεπισκόπησης, αναδεικνύεται ως ζωτική για τη διαχείριση αυτών των προβλημάτων εντός των πόλεων. Παρά τη σημαντική πρόοδο της δορυφορικής τεχνολογίας, η ανταλλαγή δεδομένων παραμένει ένα κεντρικό ζήτημα. Η ανάπτυξη συνεργασίας μεταξύ δημών, επιχειρήσεων και ειδικών σε τεχνολογίες όπως το Γεωγραφικό Σύστημα (GIS) μπορεί να αποτελέσει κλειδί για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος. Στη συνέχεια της έρευνάς του, ο Bunning προτείνει την αναβάθμιση των υποδομών σχετικά με τη μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος, περιλαμβανομένης της διαχείρισης αποβλήτων και των μεταφορών, καθώς και τη βελτίωση της διαχείρισης του κόστους και των υλικών. Επίσης, υπογραμμίζει τη σημασία της συμμετοχής των πολιτών στη μείωση των εκπομπών και στην ενίσχυση της επικοινωνίας μεταξύ τους και των δημοτικών αρχών για την αντιμετώπιση κοινών προβλημάτων.

Τέλος, για την επιτυχή υλοποίηση των προαναφερθέντων μέτρων, οι τοπικές κυβερνήσεις και οι κοινότητες τους πρέπει να εφοδιαστούν με τα κατάλληλα εργαλεία

για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη χαμηλών εκπομπών άνθρακα περιοχών. Η τηλεπισκόπηση αποτελεί κλειδί σε αυτήν τη διαδικασία, προσφέροντας υποστήριξη στις τοπικές αρχές για τον σχεδιασμό, τη χαρτογράφηση, την ανάπτυξη, τη διαχείριση και την παρακολούθηση των υποδομών με χαμηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Ταυτόχρονα, η τηλεπισκόπηση ενισχύει την ικανότητα των δήμων να προσελκύσουν επιχειρήσεις που επενδύουν σε έργα μείωσης εκπομπών, δημιουργώντας ένα ευνοϊκό περιβάλλον για βιώσιμη ανάπτυξη. Η συνεργασία με διαστημικούς οργανισμούς επιτρέπει τη μετατροπή των δεδομένων ανίχνευσης άνθρακα σε πληροφορίες που είναι προσιτές και κατανοητές για τις τοπικές αρχές, ενισχύοντας τη λήψη τεκμηριωμένων και αποτελεσματικών αποφάσεων. Η ενσωμάτωση δραστηριοτήτων "επίγειας επαλήθευσης", όπως η συλλογή δεδομένων στο έδαφος, σε συνεργασία με τις τοπικές αρχές, ενισχύει την αξιοπιστία των δορυφορικών δεδομένων. Οι βελτιωμένες δυνατότητες πρόσβασης σε εργαλεία τηλεπισκόπησης συμβάλλουν στην ανάπτυξη ολοκληρωμένων, αποτελεσματικών συστημάτων χαμηλών εκπομπών, ενισχύοντας την αειφορία και την ανθεκτικότητα των πόλεων έναντι των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. (J M Bunning, 2014)

2.5.3 Χτίζοντας ένα πιο βιώσιμο μέλλον με το 6G

Ο Satish Dhanasekaran από την εταιρεία Keysight στο άρθρο του αναγράφει τις πιθανές λειτουργίες του δικτύου 6G ως προς ένα πιο αειφόρο και βιώσιμο μέλλον. Λόγω της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής και των ακραίων φαινομένων που προκύπτουν από αυτή, εκατόν τριάντα πέντε χώρες και εκατοντάδες εταιρείες παγκοσμίως έχουν δεσμευτεί με την μείωση των εκπομπών αερίων και την σταθεροποίηση της μέσης αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη. Επομένως, οι νέες τεχνολογίες που δημιουργούνται πρέπει να εντάσσονται στην πράσινη ανάπτυξη με τους ηλεκτρονικούς σχεδιασμούς να μπορεί να υποστηρίξει την ανάπτυξη συστημάτων καθαρής ενέργειας, την ανάλυση δεδομένων για περιβαλλοντικές εφαρμογές και τις τεχνολογικές εξελίξεις στις μηχανές που μειώνουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Έχοντας ως βάση αυτή την λογική, ο Satish παραθέτει τις λειτουργίες του 6G όπου μπορούν να βοηθήσουν στο περιβάλλον.

2.5.3.1 Μεταφορές και 6G

Βάση του EPA (Environmental Protection Agency of US) οι μεταφορές προκαλούν το 29% των αερίων του θερμοκηπίου στις Ηνωμένες Πολιτείες. Το 6G θα επιτρέψει στις

μεταφορές να χρησιμοποιήσουν έξυπνα συστήματα μεταφοράς και logistics συνδέοντας τα οχήματα και τις δομές μεταφορών. Τα αυτόματα ηλεκτρικά φορτηγά θα μπορούν να συνεισφέρουν στην καθαρή ατμόσφαιρα και στην μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα καθώς θα μειώνουν την κίνηση στους αυτοκινητόδρομους. Όλα αυτά θα λειτουργούν με ασύρματη σύνδεση μέσω σευσόρων, servers και την χρήση του AI. Η σύνδεση των τεχνολογιών αυτών θα επιτρέψει στα οχήματα, στις κάμερες κυκλοφορίας, στα φανάρια και στους αυτοκινητόδρομους να επικοινωνούν άμεσα και συγχρονισμένα. Το GSMA (Global System for Mobile Communications Association) δημοσίευσε ότι ο έλεγχος των οχημάτων, η βέλτιστες διαδρομές, η μείωση των καυσίμων μέσω τηλεματικής και AI βοήθησαν στο να μειωθούν 105 εκατομύρια τόνοι αερίων του θερμοκηπίου το 2018.

2.5.3.2 Κατασκευαστικός τομέας και 6G

Βάση του 5G, το 6G θα εκσυγχρονίζει όλα τα στάδια παραγωγής εννορχηστρώνοντας όλες τις παραγωγικές δραστηριότητες αλλά και της εφοδιαστικής αλυσίδας αυτοματοποιώντας τα μηχανήματα, επικοινωνώντας μεταξύ τους και χρησιμοποιώντας τη ρομποτική με αποτέλεσμα να κάνει πιο ασφαλή και πιο αποτελεσματική την παραγωγική διαδικασία. Η χρήση του 6G θα βοηθήσει και στον έλεγχο των εκπομπών αερίων, την διαχείριση ενέργειας νερού και αποβλήτων και την αποτελεσματικότερη διαχείριση των λειτουργιών ενός εργοστασίου παραγωγής όπως και κατάφερε το Έξυπνο 5G Εργοστάσιο της Ericsson που μείωσε τα απόβλητα κατά 5%, εξοικονόμησε 5% στο ενεργειακό κόστος και αύξησε τη συνολική ενεργειακή απόδοση κατά 24%.

2.5.3.3 Γεωργία και 6G

Η έξυπνη γεωργία ανοίγει νέους ορίζοντες στη βελτιστοποίηση της παραγωγής καλλιεργειών, την εξοικονόμηση πόρων και την προώθηση της υγείας του εδάφους, παρέχοντας συγχρόνως πολύτιμες πληροφορίες για την παρακολούθηση του ζωικού κεφαλαίου. Στην Καλιφόρνια, όπου η γεωργία καταναλώνει το 80% του συνολικού ύδατος, ένα δίκτυο αισθητήρων που λειτουργεί με ηλιακή ενέργεια και διαθέτει σύνδεση LTE κατάφερε να μειώσει την κατανάλωση ύδατος κατά 6% και τις εκπομπές κατά 5%, σύμφωνα με έκθεση του GSMA. Παράλληλα, η Qualcomm πρόσφατα διαπίστωσε ότι η συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από drones και αισθητήρες IoT οδηγεί σε πιο αποτελεσματικό και ακριβή ψεκασμό φυτοφαρμάκων, με δυνητική μείωση της συνολικής χρήσης κατά 50%, σύμφωνα με την πρόσφατη έρευνα της εταιρείας.

2.5.3.4 Ενέργεια και 6G

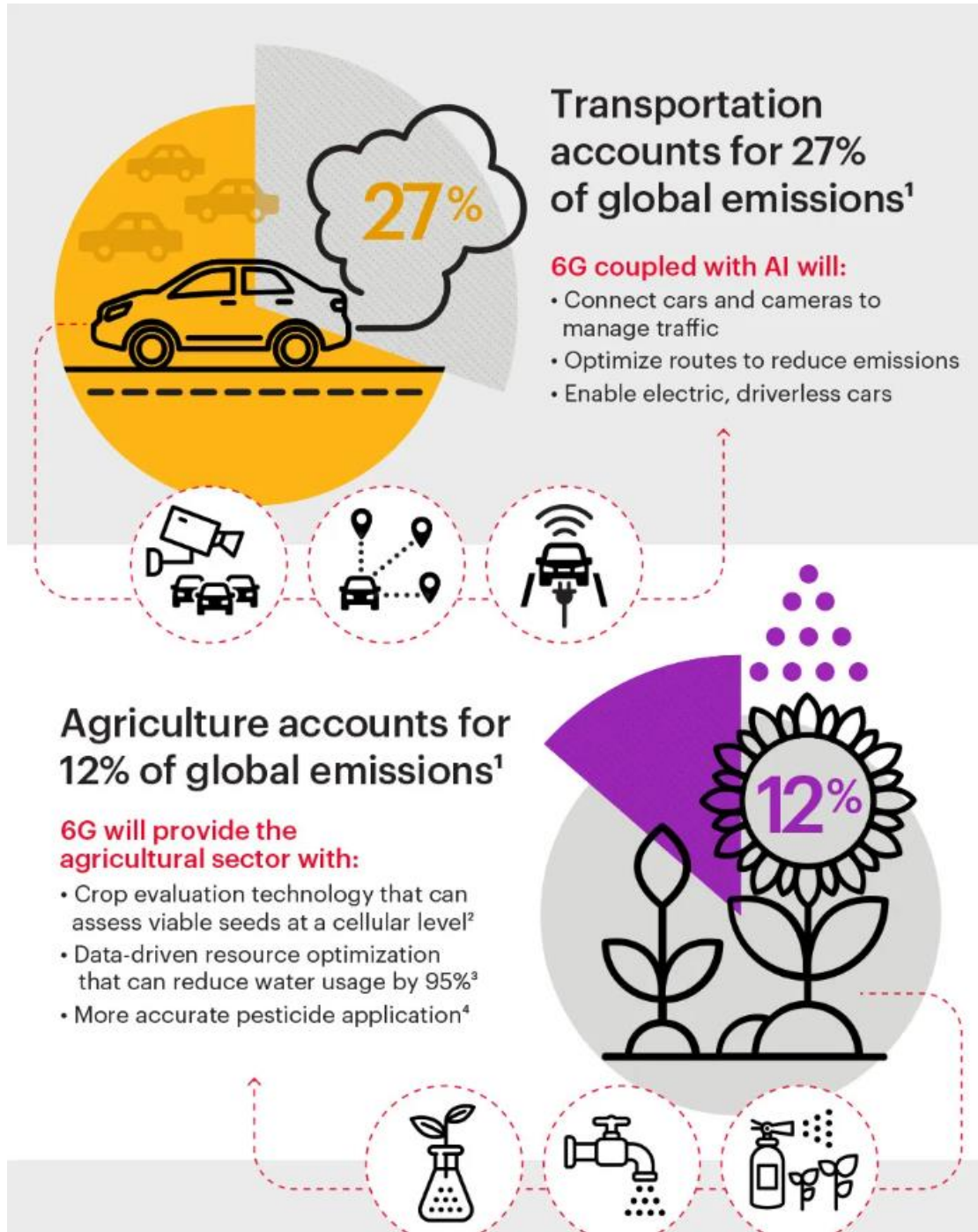
Καθώς ο παγκόσμιος πληθυσμός συνεχώς αυξάνεται, είναι αναγκαίο να αντιμετωπίσουμε την πρόκληση της διαχείρισης και μείωσης της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων. Η εξέλιξη προς το 6G αναμένεται να συμβάλει στην κρίσιμη μετάβαση προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ενισχύοντας παράλληλα την ανάπτυξη έξυπνων δικτύων.

Τα έξυπνα δίκτυα θα επιτρέψουν στις κοινότητες να παρακολουθούν ενεργά τις αυξανόμενες ενεργειακές ανάγκες, να βελτιστοποιούν την ηλεκτρική διανομή και να χρησιμοποιούν αυτοματισμούς για τη διαχείριση των σημαντικών διακυμάνσεων στα φορτία. Σύμφωνα με έκθεση της Qualcomm, τα συνδεδεμένα με 5G έξυπνα δίκτυα αναμένεται να μειώσουν την κατανάλωση φυσικού αερίου και ηλεκτρικής ενέργειας κατά 12%, και η περαιτέρω εξέλιξη προς το 6G αναμένεται να επιταχύνει αυτή την πρόοδο. Η τεχνολογία αυτή προορίζεται να αποτελέσει σημαντικό παράγοντα για την επίτευξη βιώσιμων και αποδοτικών λύσεων στον τομέα της ενέργειας.

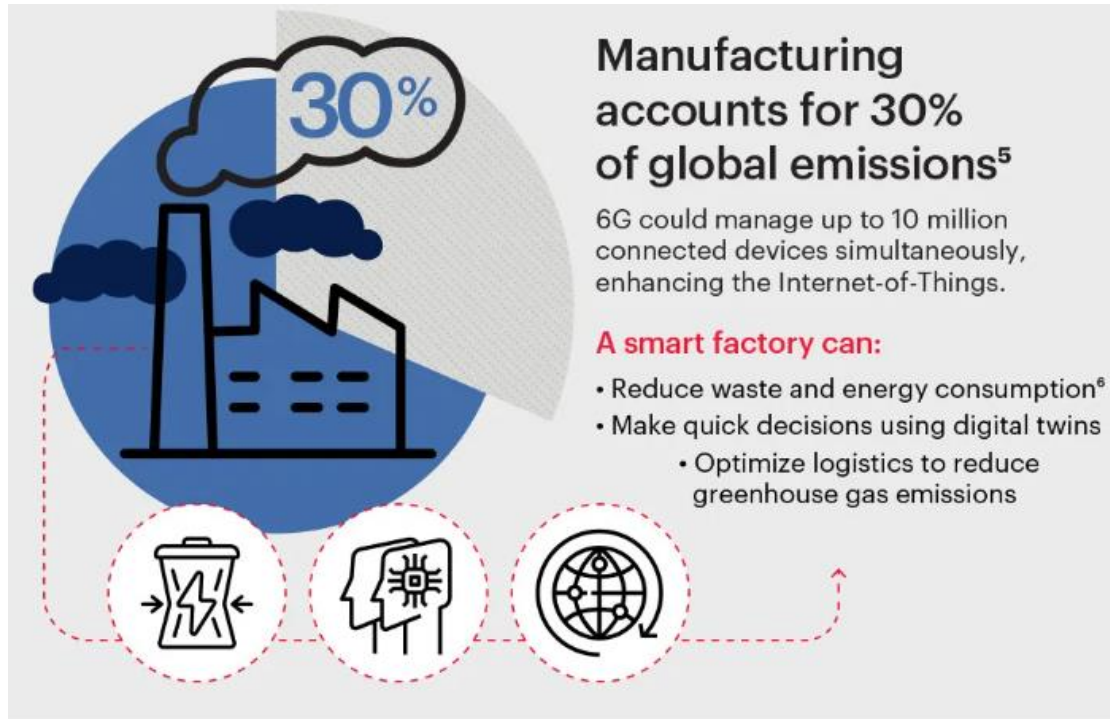
2.5.3.5 ICT

Η βιομηχανία ΤΠΕ ήδη διαθέτει σημαντικό οικολογικό αποτύπωμα, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 1/10 της παγκόσμιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, με προβλεπόμενη αύξηση. Η βιομηχανία ασύρματων επικοινωνιών, σημαντικό μέρος του τομέα ΤΠΕ, θέτει ως προτεραιότητα για την 6G τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και την ολοκλήρωση της βιωσιμότητας στις επιχειρησιακές διαδικασίες και τη διαχείριση του κύκλου ζωής.

Επί του παρόντος, το δίκτυο ραδιοπρόσβασης (RAN) απορροφά πάνω από το ήμισυ της ενέργειας του ασύρματου δικτύου. Η κίνηση προς την cloudification μεταφέρει ένα μεγαλύτερο μέρος της κατανάλωσης σε κέντρα δεδομένων, όπου η προοπτική για περιβαλλοντικά φιλικές λύσεις είναι υψηλή. Τεχνικές όπως η έξυπνη αδρανοποίηση και η συγκέντρωση πόρων ενσωματώνονται ήδη στο 5G, ενώ για το 6G διερευνώνται πιο προηγμένες προσεγγίσεις. (Satish Dhanasekaran, 2020)



Εικόνα 3 Η χρήση του 6G στην μετακίνηση και στην διαχείριση της γεωργίας (Jenn Mullen 2024)

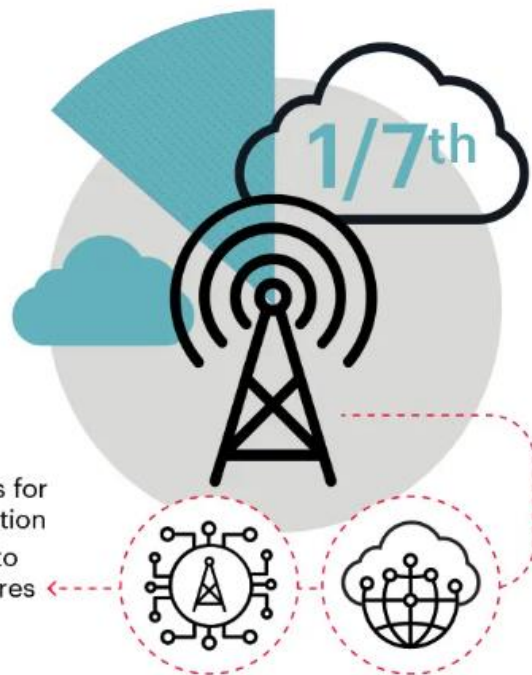


Telecommunications account for 1/7th of global energy consumption⁷

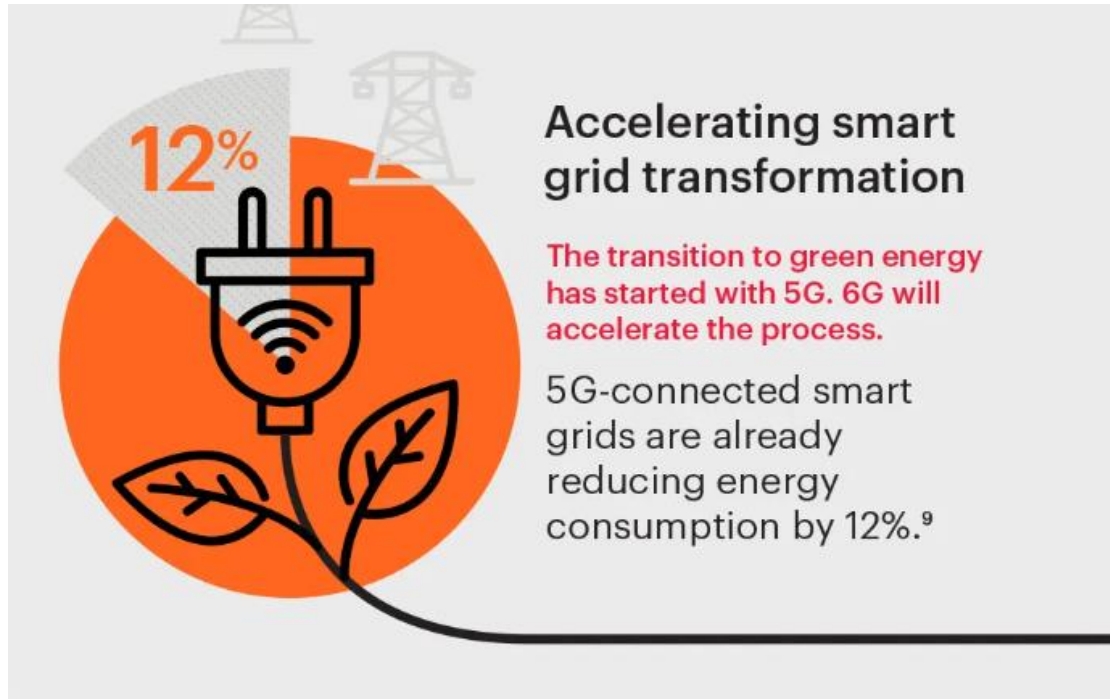
With the pandemic, internet usage spiked – 90% of Americans say connectivity has been essential.⁶

6G will change how networks are structured:

- Radio Access Network (RAN) accounts for 50% of the total 5G network consumption
- With 6G, the infrastructure will move to the cloud, reducing energy expenditures



Εικόνα 4 Η χρήση του 6G στην μετακίνηση και στις τηλεπικοινωνίες (Jenn Mullen 2024)

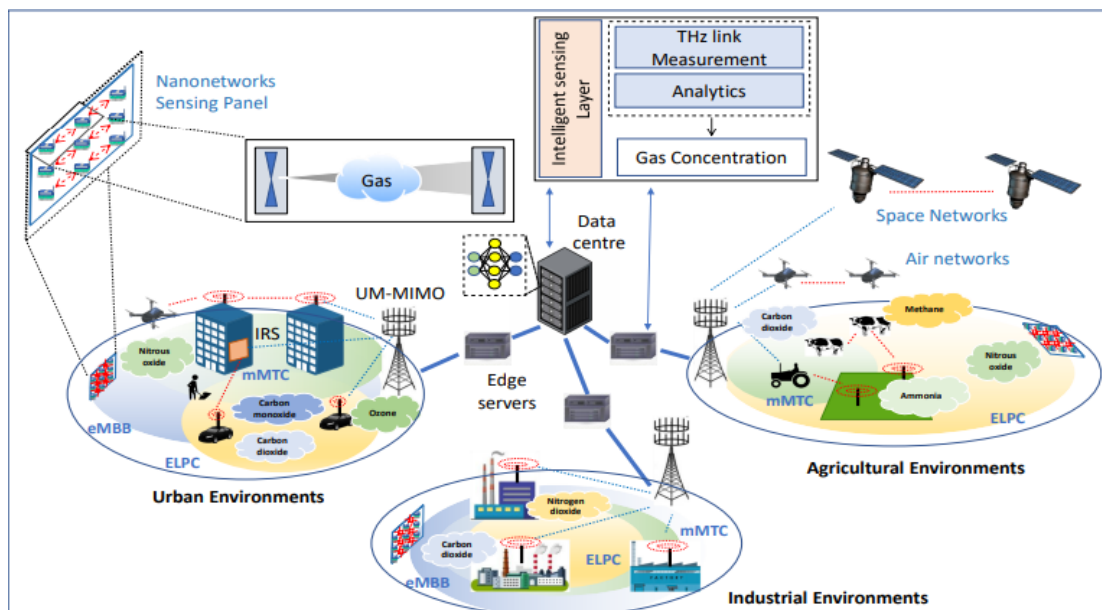


Εικόνα 5 Η χρήση του 6G στα έξυπνα δίκτυα (Jenn Mullen 2024)

2.5.4 Ανίχνευση της κλιματικής αλλαγής μέσω υποδομών επικοινωνίας

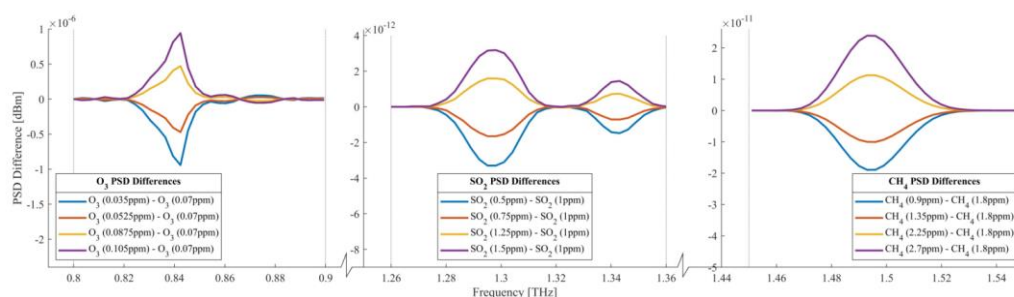
Terahertz: 6G: Μια ανατρεπτική εφαρμογή των δικτύων 6G

Ο συγγραφέας Lasantha Thakshila Wedage αναφέρεται στην έρευνά του για την επίδραση της κλιματικής αλλαγής που προκαλείται από την απελευθέρωση αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Το θέμα αυτό ωθεί σε ανάγκη ανάπτυξης νέων τεχνολογιών για την ανίχνευση και μέτρηση των εκπομπών επιβλαβών αερίων. Παράλληλα, εξετάζει την εξέλιξη των δικτύων ασύρματης επικοινωνίας, με έμφαση στην ευρύτερη ανάπτυξη υποδομών κινητών τηλεπικοινωνιών.



Εικόνα 6 Terahertz 6G δίκτυα

Ειδικότερα, αναφέρει ότι το φάσμα των terahertz (THz), που ακόμη δεν αξιοποιείται επαρκώς, αναμένεται να έχει σημαντικό ρόλο στο πλαίσιο του 6G. Εξετάζεται η χρήση αυτού του φάσματος για υπερ-ευρυζωνικές επικοινωνίες και ατμοσφαιρική ανίχνευση. Στο πλαίσιο της ατμοσφαιρικής ανίχνευσης, εξηγεί ότι η απορρόφηση σημάτων THz από μόρια αερίων χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της σύνθεσης των ατμοσφαιρικών αερίων μαζί με την βοήθεια της μηχανικής μάθησης.



Εικόνα 7 Ατμοσφαιρική ανίχνευση μέσω του φάσματος για υπερ-ευρυζωνικές επικοινωνίες

Τέλος, παρουσιάζει προκαταρκτικά αποτελέσματα που αναδεικνύουν τις επιπτώσεις της απώλειας διαδρομής του σήματος και της φασματικής πυκνότητας ισχύος, ενώ προτείνει μια αρχιτεκτονική δικτύου 6G που δείχνει πώς η υποδομή αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση της κλιματικής αλλαγής πέραν του ρόλου της στην ασύρματη επικοινωνία, δηλαδή μέσω μιας προκαταρκτικής ανάλυσης, παρουσιάζει πώς η απώλεια διαδρομής και η φασματική πυκνότητα ισχύος μπορούν να

χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση διαφόρων τύπων αερίων του θερμοκηπίου. (Lasantha Thakshila Wedage et.al.,2023)

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10273258>

<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=10273258>

2.5.5 Όραμα για την επεξεργασία δεδομένων IoT, 5G και 6G: Εφαρμογές στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής

Η έρευνα της Soukaina El Maachi et.al επικεντρώνεται στην ανάλυση των επιπτώσεων της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής. Με την παγκόσμια αύξηση των θερμοκρασιών και τις συνεχείς κλιματικές απειλές, οι συγγραφείς αναφέρουν ότι η κλιματική αλλαγή θεωρείται η μεγαλύτερη παγκόσμια απειλή για την υγεία. Εξετάζουν πώς η διεθνής κοινότητα, μέσω της Συμφωνίας του Παρισιού και των Στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης, προσπαθεί να αντιμετωπίσει αυτήν την πρόκληση, εστιάζοντας στην οικολογικοποίηση, την προώθηση της ανθρώπινης ανάπτυξης και τη διατήρηση της βιόσφαιρας.

Ακόμα, εξετάζεται πώς οι περιβαλλοντικές προκλήσεις, όπως η κλιματική αλλαγή, έχουν προσελκύσει προσοχή, και πώς η περιβαλλοντική παρακολούθηση, μοντελοποίηση και διαχείριση βοηθούν στην κατανόηση των φυσικών περιβαλλοντικών διεργασιών. Επισημαίνεται η σημασία της επιστημονικής και μηχανικής τεχνολογίας στη βελτίωση των οικολογικών συνθηκών και η ανάγκη κατανόησης αποτελεσματικών μεθόδων παρακολούθησης και ρύθμισης των οικολογικών διεργασιών. Η έρευνα εξετάζει πρωτοβουλίες σε παγκόσμιο επίπεδο για τη χρήση των τελευταίων εξελίξεων στις τεχνολογίες 5G/6G και το IoT προκειμένου να παρακολουθεί, μοντελοποιεί και αντιμετωπίσει τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής σε τομείς όπως η γεωργία, η εξάντληση των υδάτινων πόρων και η διάβρωση των ακτών.

2.5.5.1 Ένα ολοκληρωμένο σύστημα για την περιφερειακή περιβαλλοντική παρακολούθηση και διαχείριση με βάση το Διαδίκτυο των Πραγμάτων

Στο πλαίσιο της έρευνας, αναπτύχθηκε ένα νέο Σύστημα Πληροφοριών Περιβάλλοντος (IIS) που βασίζεται στο πλαίσιο του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) για την περιφερειακή περιβαλλοντική παρακολούθηση και διαχείριση [6]. Η αρχιτεκτονική

του IIS περιλαμβάνει τέσσερα επίπεδα: το επίπεδο αντίληψης, το επίπεδο δικτύου, το επίπεδο ενδιάμεσου λογισμικού και το επίπεδο εφαρμογής.

Στο επίπεδο αντίληψης, συλλέγονται δεδομένα από πολλαπλές πηγές, όπως δορυφόροι, ραντάρ, επιτόπια μετεωρολογικά όργανα, κινητά, RFID κ.λπ. Στο επίπεδο δικτύου, διασφαλίζεται η μετάδοση δεδομένων και οι διασυνδέσεις, συνήθως σε ασύρματα δίκτυα μικρής εμβέλειας. Στο επίπεδο ενδιάμεσου λογισμικού, γίνεται η αποσύνθεση πολύπλοκων συστημάτων σε απλούστερα και εξασφαλίζονται οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των στοιχείων μέσω RESTful ή JDBS. Το επίπεδο εφαρμογών χρησιμοποιείται για την αποθήκευση, οργάνωση, επεξεργασία και κοινή χρήση περιβαλλοντικών δεδομένων μέσω πλατφόρμας cloud και science.

Το σύστημα χρησιμοποίησε σύνολα δεδομένων πολλαπλών πηγών, περιλαμβανομένων μετεωρολογικών δεδομένων 50 ετών, προβλέψεων θερμοκρασίας του αέρα και βροχόπτωσης, καθώς και 10 ετών συνόλων δεδομένων Modis. Τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν την τάση υπερθέρμανσης του πλανήτη, καθώς η μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα αυξήθηκε κατά 1,24 τα τελευταία 50 χρόνια, με ορατή αύξηση της βροχόπτωσης στο Xinjiang.

2.5.5.2 Μια υπηρεσία ανοικτού κώδικα και χαμηλού κόστους για τη διαχείριση της άρδευσης μέσω του Διαδικτύου των Πραγμάτων

Στην δεύτερη χρήση του IoT, παρουσιάζει το LoRaWAN, ένα πρότζεκτ που συνδυάζει μεγάλη εμβέλεια, χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και ασφαλή μετάδοση δεδομένων. Αναπτύχθηκε για δημιουργία δικτύων χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας και ευρείας περιοχής (LPWAN) και στοχεύει σε αισθητήρες και εφαρμογές που μεταδίδουν μικρές ποσότητες δεδομένων σε μεγάλες αποστάσεις. Επιπλέον, το έργο εστιάζεται στην καινοτομία της τεχνικής διαχείρισης άρδευσης, υπολογίζοντας τη ζήτηση νερού σε πραγματικό χρόνο με χρήση δεδομένων εδάφους και καιρού.

Για τον σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκαν δύο είδη κόμβων: ένας μετεωρολογικός σταθμός για την παρακολούθηση μετεωρολογικών μεταβλητών και ένας αγροτικός σταθμός για την παρακολούθηση υγρασίας εδάφους και νερού που εφαρμόζεται.

Οι τελικοί κόμβοι στηρίζονται σε υλικό όπως το Arduino, το Raspberry και το Pycom. Η μονάδα LoRaWAN βασίζεται στην Pycom LoPy 1.0 και χρησιμοποιείται για τη μετάδοση δεδομένων στις πύλες LoRaWAN, προγραμματίζεται σε MicroPython.

Η πλατφόρμα πύλης περιλαμβάνει έναν συγκεντρωτή iC880A, ένα Raspberry PI, μια προ-διαμορφωμένη κάρτα SD και ένα περίβλημα αλουμινίου. Για τη διαχείριση των δεδομένων, χρησιμοποιείται η ανοικτού κώδικα λύση ThingsBoard, που επιτρέπει την αποθήκευση, διαχείριση και οπτικοποίηση της τηλεμετρίας των συσκευών. Οι αγρότες έχουν πρόσβαση στην υπηρεσία διαχείρισης άρδευσης συνδέοντας μια διαδικτυακή εφαρμογή με τον εξυπηρετητή LoRaWAN και το σύστημα backend της εφαρμογής που αναπτύσσεται στο δημόσιο cloud. Το πιλοτικό έργο αναμένεται να διαρκέσει τρία χρόνια, εφαρμόζοντας την τεχνολογία στην καλλιέργεια εσπεριδοειδών στη Σικελία.

2.5.5.3 Σύστημα παρακολούθησης ακτών με βάση την κοινωνική πλατφόρμα του Διαδικτύου των Πραγμάτων

Τέλος, λόγω του προβλήματος της παράκτιας διάβρωσης, η Ιταλία εξετάζει λύσεις για τη διαχείριση του μεγάλου αριθμού τουριστών, ενώ παράλληλα προσπαθεί να περιορίσει τη διάβρωση των ακτών. Σε αντίθεση με τα 5616 χιλιόμετρα της συνολικής ακτογραμμής της Ιταλίας, τα 1840 χιλιόμετρα της ακτογραμμής της Σαρδηνίας φιλοξενούν οικοσυστήματα υψηλής οικολογικής αξίας, γεγονός που έχει αναγνωριστεί με τη δημιουργία προστατευόμενων φυσικών περιοχών. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, η παρούσα μελέτη προτείνει μια αρχιτεκτονική συστήματος που επιτρέπει τη συνεργατική παρακολούθηση των παραλιών της Σαρδηνίας.

Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική βασίζεται στην πλατφόρμα Lysis, μια πλατφόρμα IoT αρχιτεκτονικής τεσσάρων επιπέδων που αποτελείται από τα επίπεδα πραγματικού κόσμου, εικονικοποίησης, συνάθροισης, και εφαρμογής. Το σύστημα περιλαμβάνει επίσης μονάδες όπως μονάδες παραλίας και θάλασσας, πλατφόρμα λύσης, και μικρομηχανή ταξινομητή Crowd Trainer.

Η μονάδα παραλίας συλλέγει φωτογραφίες και παρακολουθεί τη θερμοκρασία, την υγρασία του αέρα, τη διεύθυνση και την ένταση του ανέμου, καθώς και την υπεριώδη ακτινοβολία. Η μονάδα θάλασσας μετρά τις παραμέτρους του νερού, όπως θερμοκρασία, υγρασία, pH και κίνηση των κυμάτων.

Η πλατφόρμα λύσης διασφαλίζει την επικοινωνία μεταξύ των μονάδων, ενώ η μικρομηχανή ταξινομητή Crowd Trainer είναι υπεύθυνη για την εκπαίδευση του μοντέλου ταξινομητή για την ανίχνευση πλήθους. Τέλος, η πύλη διαχείρισης παρέχει διεπαφή χρήστη για την οπτικοποίηση των δεδομένων και τη διαχείριση της

εφαρμογής. Το προτεινόμενο σύστημα εγκαταστάθηκε στην παραλία Poetto του Κάλιαρι από το 2017, παρακολουθώντας την πυκνότητα του πλήθους και περιβαλλοντικές παραμέτρους. (Soukaina El Maachi et.al.,2022)

2.5.6 Βιώσιμη ανάπτυξη των έξυπνων πόλεων: μια συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας

Evelin Priscila Trindade και οι συνεργάτες της (2022) διεξάγουν μια συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας για την ανάπτυξη βιώσιμων έξυπνων πόλεων, εστιάζοντας στη σύνδεση των εννοιών της βιωσιμότητας και των έξυπνων πόλεων. Η μελέτη αυτή αναλύει ένα ευρύ φάσμα επιστημονικών ερευνών για να κατανοήσει πώς η τεχνολογία της πληροφορίας και των επικοινωνιών (ICT) μπορεί να συμβάλει στη βιώσιμη αστική ανάπτυξη.

Η έρευνα βασίζεται σε δεδομένα από τρεις μεγάλες βάσεις (Scopus, Science Direct, και Emerald Insight), με τη χρήση όρων όπως "έξυπνη πόλη" και "βιωσιμότητα." Οι συγγραφείς αναλύουν μοντέλα, πλαίσια και εργαλεία που αναπτύσσονται για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας και της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας των πόλεων, επισημαίνοντας πώς οι έξυπνες πόλεις μπορούν να χρησιμοποιήσουν τεχνολογία για να επιτύχουν βιώσιμους στόχους.

Στο επίκεντρο της ανάλυσης βρίσκονται τα ζητήματα που σχετίζονται με τη βιωσιμότητα και τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι πόλεις, όπως η κλιματική αλλαγή και η εξάντληση των φυσικών πόρων. Οι συγγραφείς τονίζουν ότι οι έξυπνες πόλεις μπορούν να επιτύχουν την κοινωνική και περιβαλλοντική βιωσιμότητα μέσω της χρήσης προηγμένων τεχνολογιών και της ανάπτυξης πολιτικών που ευνοούν τη συμμετοχή των πολιτών και την αποτελεσματική διαχείριση των πόρων. (Evelin Priscila Trindade, 2017)

2.5.7 Μείωση της παραγωγικότητας και της αναπνοής των οικοσυστημάτων κατά τη διάρκεια της ευρωπαϊκής καλοκαιρινής κλιματικής ανωμαλίας του 2003: μια κοινή ανάλυση πύργου ροής, τηλεπισκόπησης και μοντελοποίησης

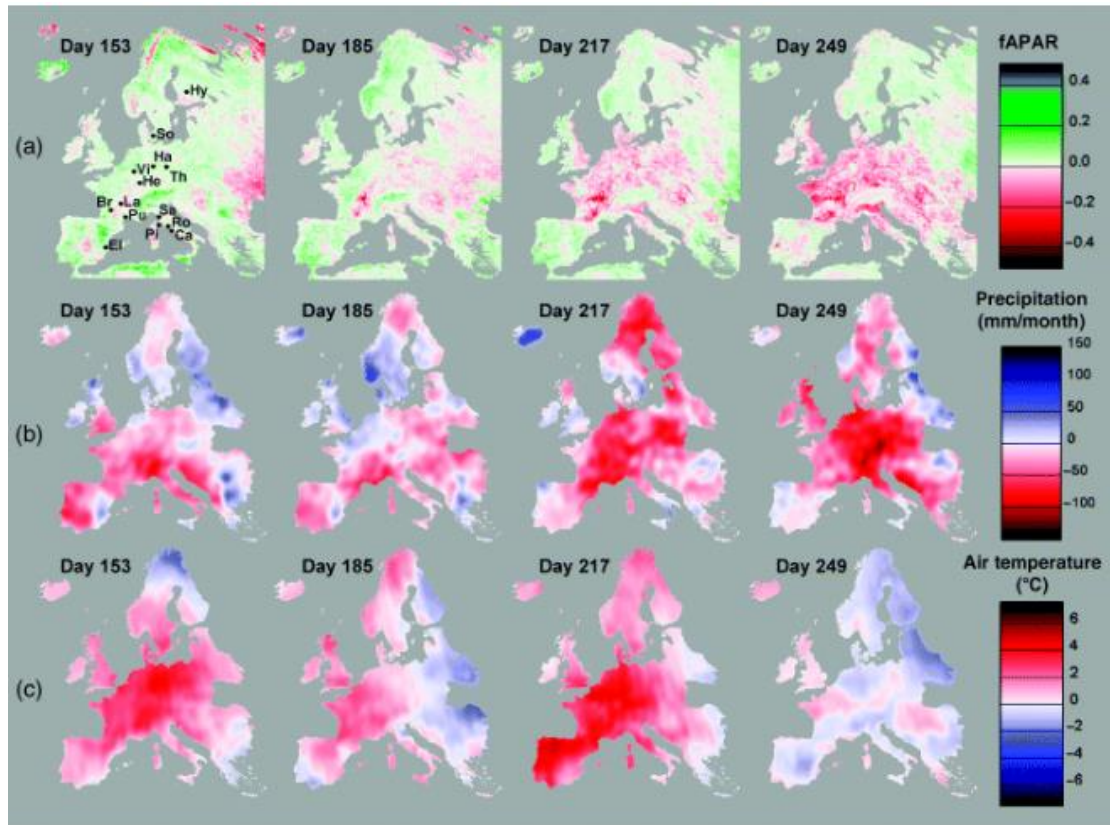
Οι M. Reichstein et al. διεξήγαγαν μια ολοκληρωμένη ανάλυση, χρησιμοποιώντας δεδομένα από τις ευρωπαϊκές τοποθεσίες παρακολούθησης CARBOEUROPE/FLUXNET, παρατηρήσεις τηλεπισκόπησης μέσω του αισθητήρα EOS-MODIS και μοντελοποίηση οικοσυστημάτων, για να διερευνήσουν τον αντίκτυπο του καύσωνα του 2003 στην παραγωγικότητα και το ισοζύγιο άνθρακα της ευρωπαϊκής βιόσφαιρας. Τα δεδομένα αποκάλυψαν σταθερά μια σημαντική αρνητική ανωμαλία στην πρωτογενή παραγωγικότητα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού του 2003. Σε αντίθεση με τις συμβατικές προσδοκίες που συνδέονται με τους καύσωνες, η μελέτη διαπίστωσε ότι η μείωση της παραγωγικότητας δεν οφειλόταν αποκλειστικά στις υψηλές θερμοκρασίες (θερμικό στρες), αλλά προκλήθηκε κυρίως από τον περιορισμό του νερού (στρες ξηρασίας). Ειδικότερα, τόσο η ακαθάριστη πρωτογενής παραγωγικότητα όσο και η αναπνοή του οικοσυστήματος παρουσίασαν σημαντική μείωση, με την τελευταία να πέφτει κατά περισσότερο από $80 \text{ gC m}^{-2} \text{ month}^{-1}$. Τα ευρήματα αναδεικνύουν την πολυπλοκότητα της απόκρισης των οικοσυστημάτων σε ακραία κλιματικά φαινόμενα, αμφισβητώντας τη συμβατική κατανόηση των επιπτώσεων του καύσωνα στη δυναμική του άνθρακα. Επιπλέον, η μελέτη υπογραμμίζει τη διασύνδεση των ροών άνθρακα και νερού, αποκαλύπτοντας μια ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των ανωμαλιών τους.

Επιπροσθέτως των επιτόπιων δεδομένων, οι παρατηρήσεις τηλεπισκόπησης από το MODIS και το AVHRR έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην ανάλυση. Οι παρατηρήσεις αυτές έδειξαν μια σημαντική αρνητική ανωμαλία στο κλάσμα της απορροφούμενης φωτοσυνθετικά ενεργού ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού του 2003, η οποία ξεπέρασε τις πέντε τυπικές αποκλίσεις των προηγούμενων ετών. Η χωρική κατανομή αυτής της ανωμαλίας ακολούθησε στενά τα κλιματικά πρότυπα και τις χρήσεις γης, με την κεντρική Δυτική Ευρώπη να εμφανίζει τις μεγαλύτερες ανωμαλίες, μαζί με τις περιοχές όπου κυριαρχούν οι καλλιέργειες ή τα λιβάδια. Η μελέτη εισήγαγε την έννοια της αποδοτικότητας της χρήσης του νερού (WUE), η οποία ορίζεται ως η ακαθάριστη πρόσληψη άνθρακα διαιρεμένη με την εξατμισοδιαπνοή ($WUE=GPP/ET$), η οποία διέφερε μεταξύ των περιοχών αλλά παρουσίασε μικρές μεταβολές από έτος σε

έτος. Τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι ενώ η WUE διέφερε χωρικά, μειώθηκε κατά τη διάρκεια του έτους του καύσωνα. Η ενσωμάτωση δεδομένων τηλεπισκόπησης με επιτόπιες μετρήσεις παρείχε μια ολιστική κατανόηση της περιβαλλοντικής δυναμικής κατά τη διάρκεια του καύσωνα, αναδεικνύοντας τις δυνατότητες τέτοιων ολοκληρωμένων προσεγγίσεων για τη μελέτη των επιπτώσεων ακραίων φαινομένων στις διεργασίες των οικοσυστημάτων.

Η μελέτη χρησιμοποίησε τέσσερα διαφορετικά και σε μεγάλο βαθμό ανεξάρτητα συστήματα μοντελοποίησης για να αξιολογήσει τον αντίκτυπο του καύσωνα στις συνιστώσες του ισοζυγίου άνθρακα της ευρωπαϊκής χερσαίας βιόσφαιρας. Αναγνωρίζοντας τον περιορισμό της διενέργειας επίσημης σύγκρισης των μοντέλων χωρίς τα δεδομένα οδήγησης σε αυτό το στάδιο, οι ερευνητές αποδέχθηκαν τυχόν παρατηρούμενες διαφορές μεταξύ των συστημάτων μοντελοποίησης ως συντηρητικές εκτιμήσεις. Οι διαφορές αυτές μπορεί να οφείλονται σε διαφοροποιήσεις των μοντέλων ή των δεδομένων εισόδου. Τα επιλεγμένα μοντέλα καλύπτουν ένα φάσμα από προσεγγίσεις προσανατολισμένες στη διαδικασία έως προσεγγίσεις προσανατολισμένες στα δεδομένα, καθένα από τα οποία προσφέρει ξεχωριστές γνώσεις στην ανάλυση:

- ORCHIDEE
- LPJ-DGVM
- Ημι-εμπειρικό μοντέλο ανάλυσης δεδομένων για απομακρυσμένη καταγραφή δεδομένων ακτινοβολίας
- Με την εφαρμογή τεχνητών νευρωνικών δικτύων (ANN) ακολουθήθηκε μια εντελώς προσανατολισμένη στα δεδομένα προσέγγιση μοντελοποίησης. (Markus Reichstein, 2007)



Εικόνα 8 Μοντελοποίηση βάσει δεικτών στο χάρτη της Ευρώπης

3. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

3.1 Αυτόνομες δημόσιες μεταφορές και διαχείριση της κυκλοφορίας

Στις σύγχρονες πόλεις, η αυξανόμενη κίνηση στους δρόμους, οι καθυστερήσεις στα μέσα μεταφοράς και η συνεχής αύξηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα αποτελούν σημαντικές προκλήσεις. Η αύξηση του πληθυσμού και η διαρκής εξάρτηση από ιδιωτικά οχήματα δημιουργούν κυκλοφοριακή συμφόρηση, μειώνουν την ποιότητα ζωής και επιβαρύνουν το περιβάλλον με τις εκπομπές αερίων. Τα παραδοσιακά μέσα διαχείρισης της κυκλοφορίας και των δημόσιων συγκοινωνιών αποδεικνύονται συχνά ανεπαρκή για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων, ιδίως σε ώρες αιχμής. (Laisheng Xiao et.al, 2011)

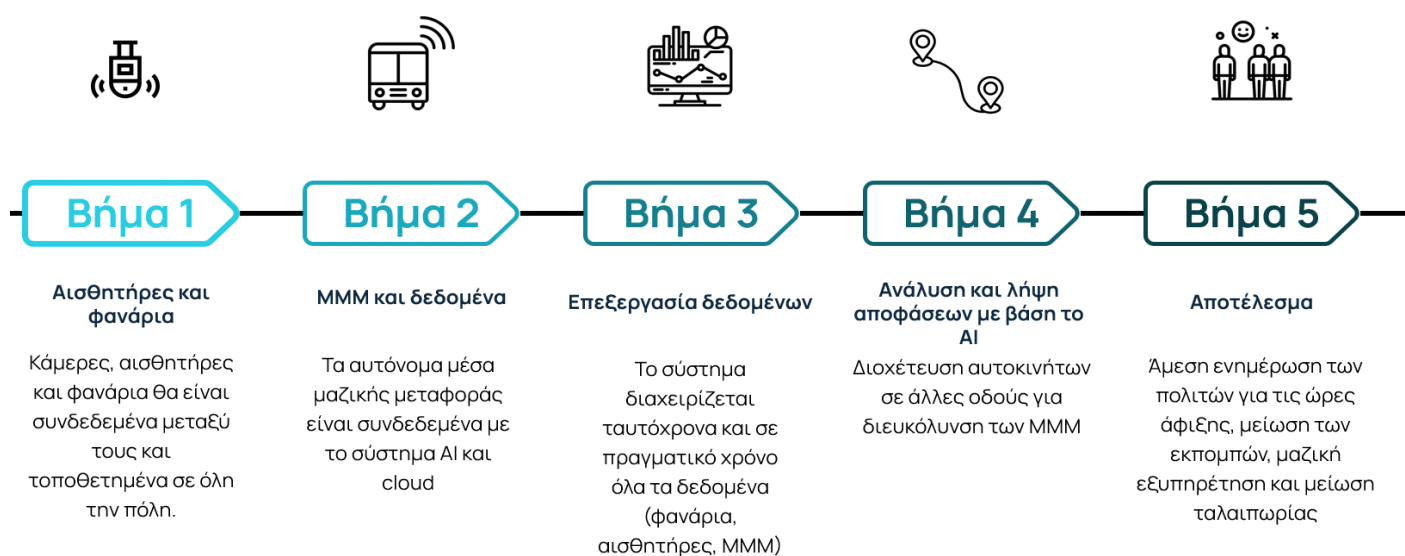
Η αυτόνομη δημόσια συγκοινωνία θα είναι βασισμένη σε συστήματα τεχνητής νοημοσύνης και δίκτυα 6G που επιτρέπουν σε λεωφορεία, τρένα και οχήματα να λειτουργούν χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Τα αυτόνομα οχήματα θα διαθέτουν αισθητήρες και κάμερες που τους επιτρέπουν να "βλέπουν" το περιβάλλον τους και να λαμβάνουν αποφάσεις σε πραγματικό χρόνο, όπως το να αποφεύγουν εμπόδια και να προσαρμόζουν την ταχύτητά τους ανάλογα με την κίνηση. Η διαδικασία αυτή θα λειτουργήσει πολύ με machine learning μοντέλο καθώς οι χιλιάδες εικόνες που θα στέλνουν τα αυτοκίνητα και η κάμερες θα αναλύονται άμεσα με την βοήθεια του 6G. Η σύνδεση αυτών των οχημάτων με ένα κεντρικό δίκτυο, το οποίο μπορεί να λαμβάνει δεδομένα από την κυκλοφορία και τις καιρικές συνθήκες μέσω 6G, επιτρέπει την ταχεία προσαρμογή των διαδρομών και των δρομολογίων, βελτιστοποιώντας τη ροή της κυκλοφορίας και μειώνοντας τις καθυστερήσεις και τις εκπομπές αερίων. (Jalil Heidary Dahooie, 2023)

Παράλληλα, η τεχνολογία 6G επιτρέπει την άμεση επικοινωνία μεταξύ των οχημάτων και των υποδομών της πόλης, όπως τα φανάρια και οι σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων μέσω cloud. Αυτή η επικοινωνία διευκολύνει τη διαχείριση της κυκλοφορίας, όπου τα αυτόνομα οχήματα μπορούν να συντονίζονται μεταξύ τους και να ακολουθούν βέλτιστες διαδρομές. Για παράδειγμα, αν υπάρξει κυκλοφοριακή συμφόρηση σε μία περιοχή, το σύστημα θα μπορεί να ανακατευθύνει τα οχήματα μέσω εναλλακτικών διαδρομών, μειώνοντας τον συνολικό χρόνο μετακίνησης και την κατανάλωση καυσίμων. Επίσης, τα φανάρια θα μπορούν να προσαρμόζουν τη

λειτουργία τους αυτόματα, ανάλογα με τη ροή των οχημάτων, αποτρέποντας την περιττή αναμονή και τη συμφόρηση.

Η μείωση των εκπομπών είναι ένα από τα μεγαλύτερα οφέλη του αυτόνομου συστήματος μεταφορών. Τα αυτόνομα οχήματα είναι συχνά ηλεκτρικά και χρησιμοποιούν προηγμένες τεχνολογίες για τη βέλτιστη κατανάλωση ενέργειας. Η ικανότητά τους να επικοινωνούν μεταξύ τους και με το δίκτυο μεταφορών τους επιτρέπει να προσαρμόζουν την ταχύτητα και τη διαδρομή τους για να αποφεύγουν τις περιοχές με κυκλοφοριακή συμφόρηση, μειώνοντας έτσι την κατανάλωση ενέργειας. Επιπλέον, η ακριβής διαχείριση των δρομολογίων δημόσιων συγκοινωνιών εξασφαλίζει ότι δεν γίνονται περιττές διαδρομές, συμβάλλοντας στη συνολική μείωση των εκπομπών ρύπων.

Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της πόλης μπορεί να μειωθεί μέσω ενός τέτοιου συστήματος διαχείρισης της κυκλοφορίας. Η ελαχιστοποίηση των καθυστερήσεων, σε συνδυασμό με τη μείωση της ανάγκης για ιδιωτικά οχήματα, δημιουργεί μια πιο βιώσιμη λύση για τις σύγχρονες πόλεις. Οι επιβάτες θα έχουν την ευκαιρία να μετακινούνται γρήγορα και με ακρίβεια, χωρίς να ανησυχούν για την κυκλοφορία ή για τη διαθεσιμότητα χώρων στάθμευσης.



Εικόνα 9 Εφαρμογή 6G και IoT στην αντιμετώπιση ατμοσφαιρικής ρύπανσης από MMM

Μελέτη περίπτωσης 1:

Ένα αυτόνομο λεωφορείο θα ξεκινά τη διαδρομή του από το κέντρο της πόλης κατά την ώρα αιχμής. Χρησιμοποιώντας αισθητήρες και κάμερες, το όχημα παρακολουθεί συνεχώς την κατάσταση της κυκλοφορίας σε συνδυασμό με έξυπνα φανάρια και κάμερες κυκλοφορίας.

Οι πληροφορίες μεταδίδονται σε πραγματικό χρόνο μέσω του δικτύου 6G στο κεντρικό σύστημα διαχείρισης κυκλοφορίας (τύπου cloud). Το σύστημα αναλύει τα δεδομένα και εντοπίζει αυξημένη κίνηση σε μια από τις βασικές οδικές αρτηρίες με την βοήθεια ΑΙ τεχνολογίας. Αμέσως, το σύστημα θα ενημερώνεται για το ότι έρχεται λεωφορείο στην περιοχή συμφόρισης οπότε θα ανακατευθύνει οχήματα σε άλλη διαδρομή ώστε το λεωφορείο μόλις φτάσει στο σημείο να μπορέσει να περάσει και να μην καθυστερήσουν οι επιβάτες.

Ταυτόχρονα, το σύστημα θα αναπροσαρμόζει τα φανάρια στην περιοχή για να διευκολύνει την ομαλή ροή των υπόλοιπων οχημάτων, αποτρέποντας την δημιουργία νέων μπουτιλιαρισμάτων. Οι επιβάτες ενημερώνονται μέσω των κινητών τους για την ακριβή ώρα άφιξης του λεωφορείου στη στάση τους, χάρη στη συνεχή ροή δεδομένων μεταξύ των οχημάτων και του κεντρικού συστήματος.

Με αυτόν τον τρόπο, το σύστημα διαχειρίζεται αποδοτικά την κυκλοφορία, μειώνει τη συνολική κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές ρύπων, ενώ ταυτόχρονα εξασφαλίζει ταχύτερες και πιο αξιόπιστες μετακινήσεις για τους πολίτες.

Μελέτη περίπτωσης 2:

Ένα διαφορετική εφαρμογή της χρήσης του 6G, του IoT και της ΑΙ για τη διαχείριση της κυκλοφορίας και τη μείωση των εκπομπών CO₂ μπορεί να είναι η δυναμική διαχείριση χώρων στάθμευσης σε πολυσύχναστες περιοχές των πόλεων. Η δυσκολία στην εύρεση χώρων στάθμευσης οδηγεί συχνά τους οδηγούς να κάνουν κύκλους σε πολυσύχναστους δρόμους, αυξάνοντας τις εκπομπές CO₂ και επιβαρύνοντας την κυκλοφοριακή συμφόρηση. Με την ενσωμάτωση αισθητήρων IoT στους χώρους στάθμευσης και στις αστικές περιοχές, η πόλη μπορεί να παρακολουθεί σε πραγματικό χρόνο τη διαθεσιμότητα των θέσεων στάθμευσης και να καθοδηγεί τους οδηγούς στα πλησιέστερα διαθέσιμα σημεία.

Οι αισθητήρες αυτοί μπορούν να μεταδίδουν δεδομένα μέσω του δικτύου 6G σε κεντρικό σύστημα διαχείρισης της πόλης, το οποίο στη συνέχεια αναλύει την κατάσταση μέσω αλγορίθμων AI. Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να προτείνει στους οδηγούς μέσω εφαρμογών κινητών τηλεφώνων τις καλύτερες θέσεις στάθμευσης με βάση την εγγύτητά τους στον προορισμό, αποτρέποντας την ανάγκη περιττής οδήγησης. Παράλληλα, το σύστημα μπορεί να προσαρμόζει τη χρέωση των θέσεων στάθμευσης, επιτρέποντας έτσι την καλύτερη κατανομή τους κατά τις ώρες αιχμής και μειώνοντας τη συμφόρηση σε κεντρικές περιοχές.

Ένα τέτοιο σύστημα οδηγεί σε σημαντική μείωση των εκπομπών CO₂, καθώς οι οδηγοί δεν θα χρειάζεται να κάνουν άσκοπους κύκλους αναζητώντας στάθμευση. Η εφαρμογή AI και 6G σε συνδυασμό με τους αισθητήρες IoT προσφέρει έναν έξυπνο τρόπο διαχείρισης των χώρων στάθμευσης, διευκολύνοντας την κυκλοφορία, μειώνοντας την κατανάλωση καυσίμων και ενισχύοντας τη βιωσιμότητα των αστικών περιοχών.

3.2 Συστήματα παρακολούθησης και αντιμετώπισης της ποιότητας του αέρα σε πραγματικό χρόνο

Οι πόλεις αντιμετωπίζουν σοβαρό πρόβλημα με την ατμοσφαιρική ρύπανση. Οι κυκλοφοριακές συμφορήσεις, οι λέβητες καύσης, οι αντλίες θερμότητας, οι μηχανές καύσης από οχήματα αλλά και από τα πλοία σε πόλεις κοντά σε λιμάνι καθιστούν το κλίμα ανθυγιεινό και ανυπόφορο. Όμως, κάποιες περιοχές επηρεάζονται περισσότερο ενώ άλλες λιγότερο διότι παράγοντας είναι και οι καιρικές συνθήκες όπως ο άνεμος.

Με την τεχνολογία 6G η ενημέρωση των πολιτών για την ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να γίνει άμεση και σωτήρια σε ορισμένες περιπτώσεις. Για να επιτευχθεί όμως αυτό θα πρέπει να εγκατασταθούν τεχνολογίες IOT και κεραίες 6G ώστε να λειτουργήσει αποτελεσματικά ένα τέτοιο μοντέλο. Μία τέτοια λύση μπορεί να είναι κοστοβόρα αλλά σίγουρα θα βοηθήσει τους πολίτες στην υγεία τους.

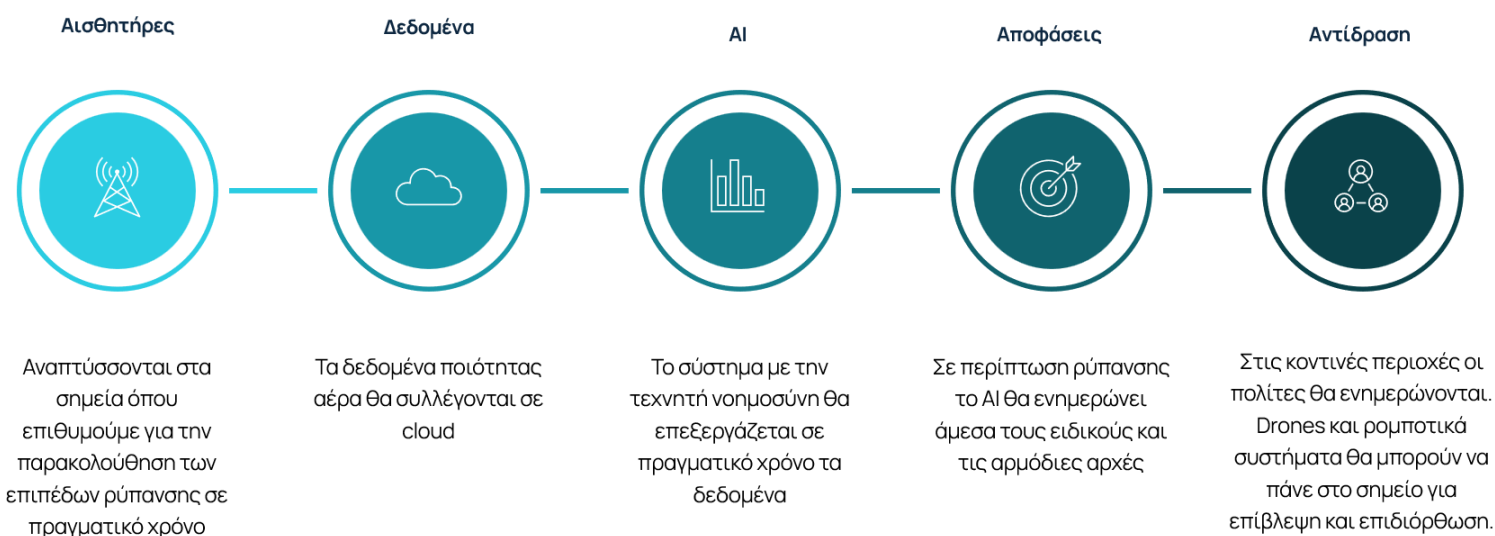
Το μοντέλο που θα χρησιμοποιηθεί για την λειτουργία του μέσου ενημέρωσης των πολιτών για την ατμοσφαιρική ρύπανση και την ποιότητα αέρα είναι απλό και σύνθετο ταυτόχρονα.

Η λειτουργία του βασίζεται σε έναν εκτεταμένο δίκτυο αισθητήρων ποιότητας αέρα που τοποθετούνται στρατηγικά σε διάφορες περιοχές της πόλης. Οι αισθητήρες αυτοί καταγράφουν σε πραγματικό χρόνο στοιχεία όπως η συγκέντρωση σωματιδίων, τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα, του αζώτου και άλλων ρυπογόνων ουσιών.

Τα δεδομένα που συλλέγονται από τους αισθητήρες αποστέλλονται μέσω του δικτύου 6G σε ένα κεντρικό σύστημα παρακολούθησης. Το δίκτυο 6G επιτρέπει την εξαιρετικά γρήγορη και αξιόπιστη μετάδοση μεγάλου όγκου δεδομένων, εξασφαλίζοντας ότι οι πληροφορίες φτάνουν άμεσα στο κέντρο ελέγχου χωρίς καθυστερήσεις. Εκεί, τα δεδομένα αυτά αναλύονται από ένα σύστημα τεχνητής νοημοσύνης που έχει τη δυνατότητα να αναγνωρίζει μοτίβα, να προβλέπει κινδύνους και να εντοπίζει περιοχές όπου η ρύπανση υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια.

Με βάση την ανάλυση των δεδομένων, το σύστημα θα λαμβάνει αποφάσεις για την ενεργοποίηση άμεσων μέτρων. Αυτά τα μέτρα μπορεί να περιλαμβάνουν την ανακατεύθυνση της κυκλοφορίας για να μειωθεί η κίνηση σε περιοχές με υψηλή ρύπανση, τη μείωση των βιομηχανικών εκπομπών ή την ενημέρωση των πολιτών για την αποφυγή εξωτερικών δραστηριοτήτων. Σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, το σύστημα θα στέλνει ειδοποιήσεις στους κατοίκους και τις αρμόδιες αρχές, προλαμβάνοντας σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και στο περιβάλλον.

Το σύστημα αυτό προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής στις πόλεις, καθώς επιτρέπει την έγκαιρη και αποτελεσματική αντιμετώπιση της ρύπανσης. Συνδυάζοντας αισθητήρες, δίκτυα επικοινωνίας υψηλής ταχύτητας και τεχνητή νοημοσύνη όπως φαίνεται και στο διάγραμμα ροής, οι πόλεις μπορούν να υιοθετήσουν μια πιο προληπτική και προσαρμοστική προσέγγιση για τη διαχείριση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, βελτιώνοντας την υγεία των πολιτών και μειώνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.



Εικόνα 10 Εφαρμογή 6G και IoT στην αντιμετώπιση κρίσιμων ατμοσφαιρικών ρυπάνσεων στις πόλεις

Μελέτη περίπτωσης 1:

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής της τεχνολογίας 6G και του IoT για την προστασία των πολιτών είναι η παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια πυρκαγιάς κοντά σε αστική περιοχή. Σε περίπτωση εκδήλωσης πυρκαγιάς, οι αισθητήρες ποιότητας αέρα που βρίσκονται εγκατεστημένοι σε στρατηγικά σημεία θα ανιχνεύσουν άμεσα τα αυξημένα επίπεδα αιωρούμενων σωματιδίων και καπνού. Τα δεδομένα από αυτούς τους αισθητήρες θα μεταδοθούν μέσω του δικτύου 6G στο κεντρικό σύστημα διαχείρισης, όπου θα υποβληθούν σε άμεση ανάλυση από αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης (AI), επιτρέποντας την αξιολόγηση της ρύπανσης και της εξάπλωσής της σε πραγματικό χρόνο.

Η τεχνητή νοημοσύνη, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που συλλέγονται, μπορεί να προβλέψει την κατεύθυνση και την ένταση της ρύπανσης, λαμβάνοντας υπόψη και τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες, όπως η ταχύτητα του ανέμου. Με βάση αυτές τις προβλέψεις, το σύστημα μπορεί να αποστείλει άμεσα ειδοποιήσεις στους πολίτες μέσω εφαρμογών κινητών τηλεφώνων ή άλλων έξυπνων συσκευών, προτρέποντάς τους να αποφύγουν συγκεκριμένες περιοχές ή να παραμείνουν σε εσωτερικούς χώρους για να μειώσουν την έκθεση στα επιβλαβή σωματίδια. Ταυτόχρονα, το σύστημα μπορεί να ανακατευθύνει την κυκλοφορία των οχημάτων μακριά από τις περιοχές που πλήττονται περισσότερο από την ατμοσφαιρική ρύπανση.

Με την άμεση ανταπόκριση του συστήματος και την ενεργοποίηση μέτρων προστασίας, διασφαλίζεται η προστασία της δημόσιας υγείας, ενώ περιορίζεται η έκθεση των πολιτών σε επικίνδυνες συνθήκες. Η ταχύτητα και η ακρίβεια της τεχνολογίας 6G σε συνδυασμό με τις δυνατότητες των αισθητήρων IoT και της AI παρέχουν μια αποτελεσματική λύση για την πρόληψη σοβαρών επιπτώσεων στη δημόσια υγεία κατά τη διάρκεια κρίσεων όπως οι πυρκαγιές. Με αυτόν τον τρόπο, ενισχύεται η ανθεκτικότητα των πόλεων στις περιβαλλοντικές κρίσεις και μειώνονται οι κίνδυνοι για τους πολίτες.

Μελέτη περίπτωσης 2:

Ένα ακόμη παράδειγμα εφαρμογής της τεχνολογίας 6G και του ICT είναι η παρακολούθηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από βιομηχανικές μονάδες, όπως ένα εργοστάσιο που εκπέμπει ρύπους στην ατμόσφαιρα ή εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας με χρήση πυρηνικής ενέργειας. Οι αισθητήρες ICT που έχουν τοποθετηθεί γύρω από το εργοστάσιο και σε κοντινές αστικές περιοχές ανιχνεύουν συνεχώς τα επίπεδα ρύπων όπως το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), και τα σωματίδια PM_{2.5} και PM₁₀ ή και άλλα. Τα δεδομένα αυτά αποστέλλονται σε πραγματικό χρόνο μέσω του δικτύου 6G σε ένα κεντρικό σύστημα διαχείρισης, όπου η τεχνητή νοημοσύνη (AI) αναλύει τις μετρήσεις και ανιχνεύει τυχόν υπερβάσεις των επιτρεπτών ορίων ρύπανσης.

Σε περίπτωση που η AI εντοπίσει αυξημένα επίπεδα ρύπων, το σύστημα μπορεί να εκδώσει άμεσες ειδοποιήσεις τόσο προς τις βιομηχανικές αρχές όσο και προς τις δημοτικές αρχές για την ανάγκη λήψης μέτρων. Μπορεί, για παράδειγμα, να προταθεί η προσωρινή μείωση της παραγωγής στο εργοστάσιο για να περιοριστούν οι εκπομπές ρύπων. Παράλληλα, οι κάτοικοι των κοντινών περιοχών λαμβάνουν ειδοποιήσεις μέσω εφαρμογών στα κινητά τους τηλέφωνα, ενημερώνοντάς τους για τα επίπεδα ρύπανσης και παρέχοντας οδηγίες για να παραμείνουν σε εσωτερικούς χώρους, να χρησιμοποιούν καθαριστές αέρα ή να αποφεύγουν την έντονη εξωτερική δραστηριότητα.

Σε περίπτωση επικίνδυνων διαρροών, σύστημα απομακρυσμένης διαχείρισης ρομπότ ή δικλίδων ασφαλείας μπορεί να ενεργοποιηθεί για την διαχείριση των διαρροών ώστε να μην κινδυνέψει το προσωπικό. Η χρήση των τεχνολογιών αυτών θα επιτυγχάνετε χωρίς καθυστερήσεις και σε ζωντανό χρόνο με την χρήση του δικτύου 6G.

Αυτή η προληπτική και άμεση διαχείριση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης μέσω της τεχνολογίας 6G και των αισθητήρων ICT συμβάλλει στην προστασία της δημόσιας υγείας, περιορίζοντας την έκθεση των πολιτών σε επικίνδυνους ρύπους. Επιπλέον, παρέχει στις βιομηχανικές και δημοτικές αρχές τα απαραίτητα εργαλεία για τη γρήγορη λήψη αποφάσεων και τη μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης και της άμεσης αντιμετώπισης. Έτσι, ενισχύεται η βιωσιμότητα των βιομηχανικών δραστηριοτήτων σε αστικές περιοχές, εξισορροπώντας την οικονομική ανάπτυξη με την προστασία του περιβάλλοντος και της υγείας των πολιτών.

3.3 Αυτοματισμοί πράσινων κτιρίων και διαχείριση ενέργειας

Στις σύγχρονες πόλεις, η κατανάλωση ενέργειας από κτίρια είναι ένας από τους μεγαλύτερους παράγοντες που συμβάλλουν στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και την περιβαλλοντική επιβάρυνση. Οι παραδοσιακές μέθοδοι διαχείρισης ενέργειας σε κτίρια είναι συχνά αναποτελεσματικές, με τη θέρμανση, τον κλιματισμό και το φωτισμό να λειτουργούν χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι πραγματικές ανάγκες των χρηστών. Αυτή η σπατάλη ενέργειας αυξάνει το λειτουργικό κόστος και επηρεάζει το περιβάλλον αρνητικά. Για να αντιμετωπιστούν αυτές οι προκλήσεις, η **Αυτοματοποιημένη Διαχείριση Ενέργειας σε Πράσινα Κτίρια** με τη χρήση τεχνολογίας 6G μπορεί να προσφέρει μια ολοκληρωμένη λύση που επιτρέπει την έξυπνη διαχείριση των πόρων και τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης.

Αυτόματη Διαχείριση Θέρμανσης, Κλιματισμού και Φωτισμού

Με την υιοθέτηση της τεχνολογίας 6G, οι συσκευές θέρμανσης, κλιματισμού και φωτισμού μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα κεντρικό σύστημα διαχείρισης που παρακολουθεί σε πραγματικό χρόνο τις ανάγκες των ενοίκων. Οι αισθητήρες που τοποθετούνται σε στρατηγικά σημεία σε όλο το κτίριο ανιχνεύουν την παρουσία των ενοίκων, τη θερμοκρασία, το επίπεδο φωτισμού και άλλους παράγοντες. Με τη συλλογή αυτών των δεδομένων, το σύστημα μπορεί να προσαρμόσει αυτόματα τη λειτουργία των συσκευών, μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας όταν δεν είναι απαραίτητο, όπως σε άδεια δωμάτια ή σε ώρες χαμηλής χρήσης.

Προσαρμοστική Χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των πράσινων κτιρίων είναι η δυνατότητα αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια. Η

τεχνολογία 6G επιτρέπει τη συνεχή παρακολούθηση της παραγωγής ενέργειας από αυτές τις πηγές, ενώ το σύστημα τεχνητής νοημοσύνης διαχειρίζεται τότε θα χρησιμοποιηθεί η ενέργεια από τις ανανεώσιμες πηγές και τότε θα χρειαστεί να καταφύγει στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Με αυτόν τον τρόπο, το κτίριο μπορεί να βελτιστοποιήσει τη χρήση της ενέργειας, διασφαλίζοντας τη μέγιστη απόδοση και ελαχιστοποιώντας το περιβαλλοντικό του αποτύπωμα.

Εξοικονόμηση Ενέργειας Μέσω Προβλεπτικής Ανάλυσης

Η χρήση δεδομένων και αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης επιτρέπει στο σύστημα να κάνει προβλέψεις για τις μελλοντικές ανάγκες ενέργειας του κτιρίου. Βάσει της συμπεριφοράς των χρηστών, των καιρικών συνθηκών και της ζήτησης ενέργειας, το σύστημα μπορεί να προσαρμόσει τις ρυθμίσεις του αυτόματα. Για παράδειγμα, αν προβλέπεται μια ηλιόλουστη μέρα, το σύστημα μπορεί να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση ή φωτισμό, εκμεταλλευόμενο το φυσικό φως και τη ζέστη του ήλιου. Έτσι, οι λειτουργίες του κτιρίου γίνονται πιο αποδοτικές, μειώνοντας το κόστος και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Ενοποίηση Διαφορετικών Συστημάτων σε Ένα Οικοσύστημα

Η ενσωμάτωση όλων των διαφορετικών συστημάτων ενός κτιρίου – όπως ο φωτισμός, η θέρμανση, η ψύξη και τα συστήματα ασφαλείας – σε ένα ενιαίο δίκτυο επιτρέπει τον καλύτερο συντονισμό των ενεργειακών αναγκών. Όλα τα συστήματα επικοινωνούν μέσω του δικτύου 6G, επιτρέποντας στον διαχειριστή του κτιρίου να παρακολουθεί την κατανάλωση ενέργειας και να προσαρμόζει τη λειτουργία του κτιρίου για να επιτυγχάνεται η μέγιστη εξοικονόμηση. Αυτό παρέχει και στους χρήστες του κτιρίου τη δυνατότητα να ελέγχουν τα συστήματα μέσω των συσκευών τους, προσαρμόζοντας τις συνθήκες στους προσωπικούς τους χώρους με άμεσο και αποτελεσματικό τρόπο.



Εικόνα 11 Εφαρμογή 6G και IoT στην διαχείριση ενέργειας

Μελέτη περίπτωσης 1:

Το παράδειγμα αφορά ένα κτίριο γραφείων που έχει υιοθετήσει την αυτοματοποιημένη διαχείριση ενέργειας μέσω 6G. Καθώς οι εργαζόμενοι εισέρχονται στο κτίριο το πρωί, οι αισθητήρες ανιχνεύουν την παρουσία τους και προσαρμόζουν αυτόματα τη θερμοκρασία και τον φωτισμό στα γραφεία. Οι κοινόχρηστοι χώροι, όπως οι αίθουσες συνεδριάσεων, παραμένουν σε λειτουργία εξοικονόμησης ενέργειας μέχρι να ανιχνευθεί η παρουσία κάποιου ατόμου, ενώ οι χώροι που δεν χρησιμοποιούνται παραμένουν μη ενεργοί, μειώνοντας τη σπατάλη ενέργειας.

Παράλληλα, το κτίριο διαθέτει ηλιακούς συλλέκτες στην οροφή του, και το σύστημα διαχείρισης ενέργειας παρακολουθεί συνεχώς την παραγωγή ηλιακής ενέργειας. Όταν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές, το κτίριο τροφοδοτείται αποκλειστικά από την παραγόμενη ηλιακή ενέργεια, ενώ όταν η ζήτηση αυξάνεται, το σύστημα προσαρμόζει τη λειτουργία των συσκευών για να ελαχιστοποιήσει την εξάρτηση από το δίκτυο. Το σύστημα θα διαθέτει AI ώστε εκτός από τον έλεγχο των συσκευών και την διαχείριση της ενέργειας σε πραγματικό χρόνο, θα μπορεί να αποκτά πληροφορίες σχετικές με την ηλιακή δραστηριότητα και τον καιρό ώστε να αποθηκεύει και να προσαρμόζει την ενέργεια που παράγει.

Οι εργαζόμενοι ενημερώνονται για την εξοικονόμηση ενέργειας μέσω εφαρμογών στα κινητά τους, επιτρέποντας τους να προσαρμόζουν τη λειτουργία των χώρων εργασίας τους ανάλογα με τις ανάγκες τους, χωρίς να επηρεάζεται η ενεργειακή αποδοτικότητα του κτιρίου. Με αυτόν τον τρόπο, το κτίριο γραφείων επιτυγχάνει τη βέλτιστη χρήση της ενέργειας, ελαχιστοποιώντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του και μειώνοντας το λειτουργικό κόστος, προσφέροντας παράλληλα ένα άνετο περιβάλλον εργασίας με δυνατότητες πρόβλεψης και στατιστικής ανάλυσης.

3.4 Κυκλική οικονομία και διαχείριση αποβλήτων

Η παραδοσιακή γραμμική οικονομία, που ακολουθεί το μοντέλο "παράγω - χρησιμοποιώ - απορρίπτω", έχει οδηγήσει σε τεράστιες περιβαλλοντικές προκλήσεις, όπως η υπερκατανάλωση φυσικών πόρων, η αύξηση της παραγωγής αποβλήτων και η επιβάρυνση του περιβάλλοντος με πλαστικά και άλλες μορφές ρύπανσης. Η ανάγκη για πιο βιώσιμες πρακτικές γίνεται επιτακτική καθώς οι πόροι εξαντλούνται και οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής γίνονται ολοένα και πιο έντονες. Η **κυκλική οικονομία** και η **διαχείριση αποβλήτων** προτείνονται ως λύση για τη μείωση της σπατάλης πόρων και τη μεγιστοποίηση της αξίας των υλικών σε όλη τη διάρκεια της ζωής τους, μέσω επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης και αποδοτικότερης διαχείρισης των αποβλήτων.

Κύριες Αρχές της Κυκλικής Οικονομίας

Η κυκλική οικονομία βασίζεται σε τρεις κύριες αρχές: τη μείωση της σπατάλης, την επαναχρησιμοποίηση προϊόντων και την ανακύκλωση υλικών. Αντί για την απόρριψη προϊόντων στο τέλος του κύκλου ζωής τους, τα προϊόντα μπορούν να ανασχεδιαστούν ώστε να διαρκούν περισσότερο, να επισκευάζονται, να επαναχρησιμοποιούνται ή να ανακυκλώνονται, μειώνοντας την ανάγκη για νέους πόρους. Αυτή η προσέγγιση έχει στόχο να διατηρήσει τους πόρους σε χρήση όσο το δυνατόν περισσότερο, να εξαλείψει τα απόβλητα και να μειώσει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της παραγωγής.

Διαχείριση Αποβλήτων μέσω Τεχνολογίας 6G και IoT

Η κυκλική οικονομία απαιτεί καινοτόμες τεχνολογίες για τη διαχείριση των αποβλήτων και την παρακολούθηση της ροής των υλικών. Με τη χρήση του δικτύου 6G και της τεχνολογίας IoT (Internet of Things), τα απόβλητα μπορούν να παρακολουθούνται από

την αρχική τους δημιουργία έως την τελική τους διάθεση. Έξυπνοι κάδοι απορριμμάτων εξοπλισμένοι με αισθητήρες μπορούν να ανιχνεύουν τα επίπεδα αποβλήτων σε πραγματικό χρόνο και να προγραμματίζουν την αποκομιδή μόνο όταν είναι απαραίτητο, μειώνοντας τις περιττές μεταφορές και τις εκπομπές ρύπων.

Κύκλος Ζωής Υλικών και Ανάλυση Δεδομένων

Η ανάλυση δεδομένων που βασίζεται στην τεχνητή νοημοσύνη και τα δεδομένα που συλλέγονται από αισθητήρες επιτρέπει στους διαχειριστές αποβλήτων να κατανοούν καλύτερα τον κύκλο ζωής των υλικών. Η παρακολούθηση των υλικών από τη φάση της παραγωγής έως την απόρριψη τους επιτρέπει τον εντοπισμό των βέλτιστων σημείων για επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωση. Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να προσδιορίσει πότε ένα προϊόν ή υλικό μπορεί να ανακυκλωθεί ή να επαναχρησιμοποιηθεί, προωθώντας μια οικονομία κλειστού βρόγχου που ελαχιστοποιεί τη σπατάλη.

Ανάπτυξη Κλειστών Βρόγχων και Νέων Αγορών

Η κυκλική οικονομία δημιουργεί νέες ευκαιρίες για την ανάπτυξη κλειστών βρόγχων, όπου τα υλικά που συλλέγονται μέσω της διαχείρισης αποβλήτων επιστρέφουν στην παραγωγική αλυσίδα ως πρώτες ύλες. Αυτή η διαδικασία μπορεί να δημιουργήσει νέες αγορές για ανακυκλωμένα υλικά και να μειώσει την ανάγκη για την εξόρυξη νέων φυσικών πόρων. Επιπλέον, η προώθηση βιώσιμων προϊόντων με μεγαλύτερο κύκλο ζωής και η ανάπτυξη υποδομών ανακύκλωσης υποστηρίζουν τη μετάβαση σε ένα πιο βιώσιμο οικονομικό μοντέλο.



Εικόνα 12 Εφαρμογή 6G και IoT στην διαχείριση των αποβλήτων στις πόλεις

Μελέτη περίπτωσης 1:

Μία πόλη που έχει εφαρμόσει ένα έξυπνο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων βασισμένο στις αρχές της κυκλικής οικονομίας, το οποίο ενσωματώνει τεχνολογίες όπως το 6G, το IoT, την τεχνητή νοημοσύνη (AI), καθώς και το Joint Communication and Sensing (JC&S). Στο πλαίσιο αυτού του συστήματος, οι κάδοι απορριμμάτων είναι εξοπλισμένοι με αισθητήρες IoT που παρακολουθούν τα επίπεδα αποβλήτων σε πραγματικό χρόνο, ενώ η τεχνολογία της τηλεπισκόπησης επιτρέπει την ταυτόχρονη παρακολούθηση και μετάδοση δεδομένων με μεγαλύτερη ακρίβεια και αποδοτικότητα. Όταν οι κάδοι γεμίσουν, το σύστημα αποστέλλει αυτόματα ειδοποιήσεις στους διαχειριστές, επιτρέποντας την αποκομιδή μόνο όπου είναι απαραίτητο, βελτιστοποιώντας έτσι τη χρήση πόρων και μειώνοντας τα λειτουργικά κόστη.

Επιπλέον, η τεχνολογία της τηλεπισκόπησης επιτρέπει την καλύτερη παρακολούθηση της ροής των αποβλήτων, συνδυάζοντας την ακριβή επικοινωνία δεδομένων με την αίσθηση των περιβαλλοντικών παραμέτρων. Με αυτόν τον τρόπο, εξασφαλίζεται η ακριβής ενημέρωση για την κατάσταση των κάδων απορριμμάτων και την πληρότητά

τους, ενώ οι κάδοι εξοπλισμένοι με αυτόματα συστήματα διαχωρισμού μπορούν να διαχωρίζουν τα ανακυκλώσιμα από τα μη ανακυκλώσιμα υλικά, προτού αυτά μεταφερθούν στους χώρους υγειονομικής ταφής. Αυτό μειώνει τη σπατάλη υλικών και ενισχύει τη βιωσιμότητα μέσω της ανακύκλωσης και της επαναχρησιμοποίησης πρώτων υλών, συμβάλλοντας στην κυκλική οικονομία.

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) αναλύει τα δεδομένα που συλλέγονται μέσω των αισθητήρων IoT, εντοπίζοντας περιοχές με αυξημένη παραγωγή αποβλήτων. Με βάση αυτή την ανάλυση, το σύστημα μπορεί να προτείνει βελτιώσεις στη στρατηγική αποκομιδής και διαχείρισης, όπως η προσαρμογή των κάδων στις ανάγκες της εκάστοτε περιοχής ή η ρύθμιση της συχνότητας αποκομιδής. Παράλληλα, οι πολίτες ενημερώνονται μέσω εφαρμογών για την τοποθεσία των κάδων ανακύκλωσης και για την προσωπική τους επίδοση στην ανακύκλωση, ενισχύοντας τη συμμετοχή τους στις πρακτικές της κυκλικής οικονομίας.

Το σύστημα αυτό συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της ποσότητας αποβλήτων που καταλήγουν στους χώρους υγειονομικής ταφής, αυξάνει τα ποσοστά ανακύκλωσης και μειώνει τα λειτουργικά έξοδα που συνδέονται με τη διαχείριση αποβλήτων. Η τεχνολογία της τηλεπισκόπησης ενισχύει την αποδοτικότητα του συστήματος, προσφέροντας υψηλή ακρίβεια στην παρακολούθηση και διαχείριση των απορριμμάτων, ενώ εξασφαλίζει μια βιώσιμη και καινοτόμα προσέγγιση στη διαχείριση των πόρων της πόλης.

3.5 Διαχείριση των υδάτων στις πόλεις και βιώσιμες πρακτικές

Η διαχείριση των υδάτινων πόρων αποτελεί μία από τις πιο κρίσιμες προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι σύγχρονες πόλεις. Η υπερκατανάλωση, η ποιότητα (pH, αλατότητα, οι διαρροές στα δίκτυα ύδρευσης, οι ανεπαρκείς υποδομές και οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, όπως οι ξηρασίες και οι πλημμύρες, επιβαρύνουν τα συστήματα ύδρευσης και αποχέτευσης. Σε πολλές περιπτώσεις, οι πόλεις δεν έχουν επαρκείς μηχανισμούς για την έγκαιρη ανίχνευση προβλημάτων ή την αποδοτική χρήση των υδάτινων πόρων. Για την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων και τη μετάβαση σε ένα βιώσιμο μοντέλο διαχείρισης, είναι απαραίτητη η ανάπτυξη ενός έξυπνου συστήματος

διαχείρισης υδάτων που να βασίζεται στην τεχνολογία 6G και στην τεχνητή νοημοσύνη.(Manmeet Singh et.al., 2020)

Παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο μέσω δικτύου IoT και 6G

Ένας βασικός πυλώνας του συστήματος διαχείρισης υδάτων είναι η **τοποθέτηση αισθητήρων IoT** σε στρατηγικά σημεία του δικτύου ύδρευσης, των δεξαμενών, των αγωγών και των συστημάτων αποχέτευσης. Οι αισθητήρες θα συλλέγουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τη ροή του νερού, την πίεση, την ποιότητα και την κατανάλωση. Η σύνδεση μέσω του δικτύου 6G επιτρέπει την άμεση και συνεχή μετάδοση αυτών των δεδομένων με σχεδόν μηδενική καθυστέρηση. Η διαδικασία αυτή διευκολύνει την ανίχνευση προβλημάτων όπως οι διαρροές ή οι βλάβες στο δίκτυο, προτού προκαλέσουν μεγαλύτερα προβλήματα, επιτρέποντας την άμεση επέμβαση και την αποτροπή απώλειας νερού.

Η **τεχνητή νοημοσύνη (AI)** διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην ανάλυση των δεδομένων που συλλέγονται από τους αισθητήρες. Η AI θα αναλύει τις ροές του νερού και εντοπίζει μοτίβα που υποδηλώνουν πιθανές μελλοντικές βλάβες ή υπερκατανάλωση (διαφορές στην πίεση, μολύνσεις). Αυτή η δυνατότητα **προβλεπτικής συντήρησης** επιτρέπει στον διαχειριστή του δικτύου να προγραμματίσει τις απαραίτητες παρεμβάσεις προτού υπάρξουν σοβαρά προβλήματα και κυρίως στην υγεία των πολιτών, εξασφαλίζοντας τη μακροχρόνια βιωσιμότητα των υποδομών και μειώνοντας το κόστος συντήρησης. Επιπλέον, η AI θα μπορεί να προτείνει λύσεις βελτιστοποίησης της κατανάλωσης, όπως η ρύθμιση της πίεσης σε ώρες αιχμής, αποτρέποντας την υπερφόρτωση του συστήματος.

Απομακρυσμένη διαχείριση και αυτοματοποίηση μέσω ρομπότ

Μία καινοτόμος πτυχή της διαχείρισης υδάτων με 6G είναι η δυνατότητα απομακρυσμένης διαχείρισης και αυτοματοποίησης με την χρήση ρομπότ, όπου θα **ελέγχονται εξ αποστάσεως** μέσω του δικτύου 6G, οι εργαζόμενοι θα μπορούν να επιθεωρούν ή να συντηρούν τα συστήματα ύδρευσης και αποχέτευσης χωρίς να βρίσκονται φυσικά στο σημείο. Αυτά τα ρομπότ, εξοπλισμένα με κάμερες και αισθητήρες, μπορούν να κατευθύνονται στις βλάβες σε σημεία που είναι δύσκολο να προσεγγιστούν, ενώ η χρήση τους επιτρέπει την πραγματοποίηση λεπτομερών

επισκευών με εξαιρετική ακρίβεια. Η εξ αποστάσεως χρήση ρομπότ με μηδενική καθυστέρηση πληροφορίας μέσω του δικτύου 6G, θα εξασφαλίζει την άμεση ανταπόκριση σε προβλήματα, συμβάλλοντας στην αποτελεσματική συντήρηση του δικτύου με μείωση κόστους ανθρώπινου δυναμικού αλλά και εργαλείων.

Βιωσιμότητα και εξοικονόμηση πόρων

Η εφαρμογή του 6G και της AI στη διαχείριση υδάτων οδηγεί σε σημαντική εξοικονόμηση πόρων και βελτιώνει τη βιωσιμότητα των πόλεων. Η δυνατότητα άμεσης ανίχνευσης διαρροών και προβλημάτων μειώνει την απώλεια νερού, ενώ η βελτιστοποίηση της κατανάλωσης εξασφαλίζει ότι το νερό χρησιμοποιείται αποτελεσματικά, ακόμα και σε περιόδους ξηρασίας ή αυξημένης ζήτησης. Επιπλέον, η αυτοματοποίηση της διαχείρισης με ρομπότ μειώνει το κόστος εργασίας και αυξάνει την ασφάλεια των εργαζομένων, καθώς οι επιθεωρήσεις και οι επισκευές μπορούν να πραγματοποιηθούν εξ αποστάσεως. Η τεχνολογία 6G παρέχει τις υποδομές για την ανάπτυξη ενός έξυπνου δικτύου που συμβάλλει στην αειφόρο διαχείριση των υδάτινων πόρων, μειώνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε μία περίοδο όπου η κλιματική κρίση έχει αρχίσει να επηρεάζει με ξηρασίες και λειψανδρίες.

Διαχείριση δικτύου υδάτων μέσω δικτύου αισθητήρων και τηλεπισκόπησης



Εικόνα 13 Εφαρμογή 6G και IoT στην αντιμετώπιση προβλημάτων στα ύδατα

Μελέτη περίπτωσης 1:

Σε μια μεγάλη πόλη που αντιμετωπίζει συχνά προβλήματα με διαρροές στο δίκτυο ύδρευσης, η απώλεια χιλιάδων κυβικών μέτρων νερού κάθε μήνα έχει σημαντικές επιπτώσεις στην οικονομία και το περιβάλλον. Για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος, η πόλη αποφασίζει να εφαρμόσει ένα έξυπνο σύστημα διαχείρισης υδάτων με τη χρήση τεχνολογίας 6G και τεχνητής νοημοσύνης (AI). Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει την τοποθέτηση αισθητήρων σε ολόκληρο το δίκτυο ύδρευσης και αποχέτευσης, οι οποίοι παρακολουθούν συνεχώς την κατανάλωση νερού και την πίεση. Οι αισθητήρες καταγράφουν τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και τα μεταδίδουν στο κεντρικό σύστημα μέσω του δικτύου 6G, επιτρέποντας την άμεση ανάλυση τους.

Η τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιεί τα δεδομένα για να εντοπίζει σημεία στο δίκτυο με ασυνήθιστη πτώση πίεσης, που αποτελεί ένδειξη πιθανής διαρροής. Όταν εντοπιστεί τέτοιο σημείο, η AI προτείνει άμεση επέμβαση. Ένα ρομπότ, το οποίο μπορεί να ελεγχθεί εξ αποστάσεως μέσω του 6G, αποστέλλεται στο σημείο της διαρροής. Το ρομπότ πραγματοποιεί επιθεώρηση και επιβεβαιώνει την ύπαρξη διαρροής, ενώ

παράλληλα εκτελεί τις απαραίτητες επισκευές με την καθοδήγηση τεχνικού από το κέντρο ελέγχου. Αυτή η διαδικασία εξασφαλίζει την άμεση επίλυση του προβλήματος, μειώνοντας τις απώλειες νερού χωρίς καθυστερήσεις.

Επιπλέον, το σύστημα ενημερώνει τους πολίτες της περιοχής για τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης νερού. Μέσω μιας εφαρμογής, οι κάτοικοι μπορούν να παρακολουθούν τα στατιστικά στοιχεία σχετικά με τη δική τους κατανάλωση νερού και να λαμβάνουν συμβουλές για την αποδοτική χρήση του. Με αυτόν τον τρόπο, η πόλη καταφέρνει να μειώσει τις απώλειες νερού, να βελτιώσει τη βιωσιμότητα της διαχείρισης των υδάτινων πόρων και να ενισχύσει την ευαισθητοποίηση των πολιτών για την εξοικονόμηση νερού. Σε μια μεγάλη πόλη που αντιμετωπίζει συχνά προβλήματα με διαρροές στο δίκτυο ύδρευσης, η απώλεια χιλιάδων κυβικών μέτρων νερού κάθε μήνα έχει σημαντικές επιπτώσεις στην οικονομία και το περιβάλλον. Για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος, η πόλη αποφασίζει να εφαρμόσει ένα έξυπνο σύστημα διαχείρισης υδάτων με τη χρήση τεχνολογίας 6G και τεχνητής νοημοσύνης (AI). Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει την τοποθέτηση αισθητήρων σε ολόκληρο το δίκτυο ύδρευσης και αποχέτευσης, οι οποίοι παρακολουθούν συνεχώς την κατανάλωση νερού και την πίεση. Οι αισθητήρες καταγράφουν τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και τα μεταδίδουν στο κεντρικό σύστημα μέσω του δικτύου 6G, επιτρέποντας την άμεση ανάλυση τους.

Η τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιεί τα δεδομένα για να εντοπίζει σημεία στο δίκτυο με ασυνήθιστη πτώση πίεσης, που αποτελεί ένδειξη πιθανής διαρροής. Όταν εντοπιστεί τέτοιο σημείο, η AI προτείνει άμεση επέμβαση. Ένα ρομπότ, το οποίο μπορεί να ελεγχθεί εξ αποστάσεως μέσω του 6G, αποστέλλεται στο σημείο της διαρροής. Το ρομπότ πραγματοποιεί επιθεώρηση και επιβεβαιώνει την ύπαρξη διαρροής, ενώ παράλληλα εκτελεί τις απαραίτητες επισκευές με την καθοδήγηση τεχνικού από το κέντρο ελέγχου. Αυτή η διαδικασία εξασφαλίζει την άμεση επίλυση του προβλήματος, μειώνοντας τις απώλειες νερού χωρίς καθυστερήσεις.

Επιπλέον, το σύστημα ενημερώνει τους πολίτες της περιοχής για τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης νερού. Μέσω μιας εφαρμογής, οι κάτοικοι μπορούν να

παρακολουθούν τα στατιστικά στοιχεία σχετικά με τη δική τους κατανάλωση νερού και να λαμβάνουν συμβουλές για την αποδοτική χρήση του. Με αυτόν τον τρόπο, η πόλη καταφέρνει να μειώσει τις απώλειες νερού, να βελτιώσει τη βιωσιμότητα της διαχείρισης των υδάτινων πόρων και να ενισχύσει την ευαισθητοποίηση των πολιτών για την εξοικονόμηση νερού.

3.6 Αντιμετώπιση Κρίσεων κοντά σε πόλεις.

Τα επικίνδυνα φαινόμενα, όπως οι πλημμύρες, οι πυρκαγιές, οι σεισμοί και οι έντονες καιρικές συνθήκες, αποτελούν σημαντική απειλή για τις πόλεις και την ασφάλεια των κατοίκων τους. Λόγω της κλιματικής αλλαγής, η συχνότητα και η ένταση αυτών των φαινομένων αυξάνονται, προκαλώντας εκτεταμένες ζημιές σε υποδομές, απώλειες ζωών και μεγάλα οικονομικά κόστη. Οι παραδοσιακές μέθοδοι πρόληψης και αντιμετώπισης αυτών των φαινομένων είναι συχνά ανεπαρκείς, καθώς βασίζονται σε καθυστερημένη ενημέρωση και αδυναμία ανίχνευσης σε πρώιμα στάδια. Η ανάγκη για άμεση πρόβλεψη, ανίχνευση και ενημέρωση των πολιτών, σε συνδυασμό με την άμεση κινητοποίηση των αρμόδιων φορέων, καθιστά επιτακτική την ανάπτυξη συστημάτων που βασίζονται στην τεχνολογία 6G και το Internet of Things (IoT). (Stefan Poslad et al., 2015)

Παρακολούθηση και ανίχνευση μέσω αισθητήρων IoT

Η τοποθέτηση αισθητήρων IoT σε στρατηγικά σημεία κοντά ή μέσα στις πόλεις μπορεί να προσφέρει συνεχή παρακολούθηση των επικίνδυνων φαινομένων. Οι αισθητήρες αυτοί μπορούν να μετρούν την υγρασία του εδάφους, τη θερμοκρασία, την ποιότητα του αέρα, την ταχύτητα ανέμου και τη σεισμική δραστηριότητα. Για παράδειγμα, σε περιοχές που είναι επιρρεπείς σε πλημμύρες, αισθητήρες μπορούν να ανιχνεύουν αυξήσεις στη στάθμη των υδάτων ή στις ροές ποταμών. Σε περιοχές με υψηλή επικινδυνότητα για πυρκαγιές, οι αισθητήρες μπορούν να παρακολουθούν τη θερμοκρασία και την υγρασία, ανιχνεύοντας πιθανούς κινδύνους πριν αυτοί εξελιχθούν σε πραγματικές καταστροφές.

Άμεση μετάδοση δεδομένων μέσω δικτύων 6G

Η χρήση του δικτύου 6G επιτρέπει τη **μετάδοση μεγάλων όγκων δεδομένων** με ελάχιστη καθυστέρηση, προσφέροντας σε πραγματικό χρόνο πληροφορίες σχετικά με

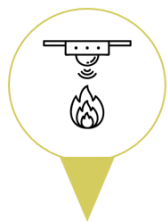
επικίνδυνα φαινόμενα. Οι αισθητήρες IoT που παρακολουθούν τις συνθήκες μπορούν να στείλουν τα δεδομένα αυτά σε κεντρικά συστήματα ανάλυσης, τα οποία στη συνέχεια χρησιμοποιούν **αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης (AI)** για να αναλύσουν τα δεδομένα και να εντοπίσουν επικίνδυνες καταστάσεις προτού αυτές κλιμακωθούν. Αυτό επιτρέπει την πρόληψη των φαινομένων σε αρχικό στάδιο και δίνει χρόνο στις αρχές να προετοιμαστούν κατάλληλα και να λάβουν προληπτικά μέτρα.

Πρόβλεψη μέσω τεχνητής νοημοσύνης και ανάλυσης δεδομένων

Η **τεχνητή νοημοσύνη** μπορεί να παίζει καθοριστικό ρόλο στην πρόβλεψη επικίνδυνων φαινομένων μέσω της ανάλυσης δεδομένων και της αναγνώρισης μοτίβων. Για παράδειγμα, οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης μπορούν να αναλύσουν ιστορικά δεδομένα για την κλιματική συμπεριφορά, όπως την καταγραφή βροχοπτώσεων, θερμοκρασιών και ανέμων, και να συνδυάσουν αυτά τα δεδομένα με τις τρέχουσες παρατηρήσεις των αισθητήρων IoT. Με αυτόν τον τρόπο, το σύστημα μπορεί να προβλέψει την πιθανότητα πλημμυρών ή πυρκαγιών, προσφέροντας την ευκαιρία στις αρχές να λάβουν τα κατάλληλα μέτρα προτού οι κίνδυνοι εκδηλωθούν. Η δυνατότητα πρόβλεψης φαινομένων όπως οι πλημμύρες μπορεί να μειώσει σημαντικά τις επιπτώσεις τους στις υποδομές και την ασφάλεια των πολιτών.

Άμεση ενημέρωση των πολιτών και κινητοποίηση μέσω εφαρμογών

Η άμεση ενημέρωση των πολιτών είναι απαραίτητη για τη μείωση των επιπτώσεων των επικίνδυνων φαινομένων. Μέσω δικτύων 6G, οι πολίτες μπορούν να λαμβάνουν ειδοποιήσεις σε πραγματικό χρόνο μέσω εφαρμογών στα κινητά τους τηλέφωνα ή άλλες συνδεδεμένες συσκευές. Σε περίπτωση ανίχνευσης επικίνδυνων φαινομένων, οι πολίτες θα ενημερώνονται άμεσα για τον κίνδυνο, λαμβάνοντας πληροφορίες για τα απαραίτητα μέτρα που πρέπει να ακολουθήσουν, όπως η εκκένωση ή η αποφυγή συγκεκριμένων περιοχών. Επιπλέον, οι εφαρμογές αυτές μπορούν να προσφέρουν αναλυτικές πληροφορίες για τις συνθήκες του φαινομένου και οδηγίες για την ασφαλή μετακίνηση ή την παροχή πρώτων βοηθειών, ελαχιστοποιώντας τους κινδύνους.



AI και δεδομένα

«Διαβάζοντας» τις καιρικές συνθήκες το AI αντιλαμβάνεται επικίνδυνα φαινόμενα



Ασφάλεια

Δικλίδες ασφαλείας ενεργοποιούνται ή από κέντρο ελέγχου ή αυτόματα



Σένσορες

Σένσορες σε διάφορα σημεία εντός και εκτός πόλεων



Αντίδραση

Σε περίπτωση ανίχνευσης ενός φαινομένου, αυτόνομα drone και κέντρα ελέγχου ενημερώνονται



Ειδοποίηση

Άμεση ειδοποίηση των πολιτών

Εικόνα 14 Εφαρμογή 6G και IoT στην αντιμετώπιση κρίσιμων καταστάσεων

Μελέτη περίπτωσης 1:

Σε μια περιοχή κοντά σε μια μεγάλη πόλη, η οποία είναι ιδιαίτερα ευάλωτη σε πυρκαγιές κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, εγκαθίσταται ένα έξυπνο σύστημα πρόληψης και αντιμετώπισης πυρκαγιών, βασισμένο στην τεχνολογία 6G και το Internet of Things (IoT). Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει μια σειρά από αισθητήρες IoT, οι οποίοι παρακολουθούν κρίσιμες περιβαλλοντικές παραμέτρους, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία του εδάφους και η ταχύτητα του ανέμου σε πραγματικό χρόνο. Όταν οι αισθητήρες καταγράψουν αυξημένες θερμοκρασίες και μειωμένα επίπεδα υγρασίας, το σύστημα συγκεντρώνει τα δεδομένα και τα αναλύει μέσω τεχνητής νοημοσύνης (AI), αξιοποιώντας επίσης εικόνες από κάμερες και άλλες πηγές για να εκτιμήσει την πιθανότητα έναρξης πυρκαγιάς.

Μόλις η AI ανιχνεύσει αυξημένη πιθανότητα πυρκαγιάς, το σύστημα αποστέλλει άμεσες ειδοποιήσεις στις αρμόδιες αρχές και κινητοποιεί τις πυροσβεστικές δυνάμεις. Οι πυροσβέστες ενημερώνονται με ακρίβεια για τις συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή και προχωρούν σε επιθεωρήσεις, λαμβάνοντας προληπτικά μέτρα, όπως τη δημιουργία ζωνών πυρασφάλειας και την απομάκρυνση ξερών χόρτων. Η έγκαιρη αυτή κινητοποίηση μειώνει τις πιθανότητες εκδήλωσης πυρκαγιάς και ενισχύει την ασφάλεια της περιοχής.

Παράλληλα, οι κάτοικοι της περιοχής λαμβάνουν άμεσες ειδοποιήσεις στα κινητά τους τηλέφωνα μέσω εφαρμογών συνδεδεμένων στο δίκτυο 6G, με οδηγίες για τα μέτρα που πρέπει να λάβουν, όπως το κλείσιμο παραθύρων για να αποφευχθεί η εισροή καπνού, η αποφυγή περιοχών υψηλού κινδύνου και η προετοιμασία για πιθανή εκκένωση. Αυτό το ολοκληρωμένο σύστημα παρέχει έγκαιρη πρόληψη και άμεση ανταπόκριση, μειώνοντας τον κίνδυνο καταστροφών και προστατεύοντας τις ζωές και τις περιουσίες των πολιτών.

Μελέτη περίπτωσης 2:

Σε μια αστική περιοχή με ποταμούς εκτός και εντός της, που συχνά υπερχειλίζουν κατά τις έντονες βροχοπτώσεις, εγκαθίσταται ένα έξυπνο σύστημα διαχείρισης πλημμυρών με τη χρήση της τεχνολογίας 6G και του Internet of Things (IoT). Οι αισθητήρες τοποθετούνται στρατηγικά κατά μήκος των ποταμών και σε δεξαμενές, παρακολουθώντας σε πραγματικό χρόνο τη στάθμη των υδάτων και τη ροή τους. Τα δεδομένα από αυτούς τους αισθητήρες αποστέλλονται άμεσα μέσω του 6G δικτύου στις αρμόδιες αρχές, προσφέροντας ακριβή και έγκαιρη ενημέρωση σχετικά με την υδάτινη κατάσταση της περιοχής.

Κατά τη διάρκεια μιας έντονης βροχόπτωσης, οι αισθητήρες ανιχνεύουν τη ραγδαία αύξηση στη στάθμη των υδάτων και ενημερώνουν τις αρχές σε πραγματικό χρόνο. Η τεχνητή νοημοσύνη (AI), αναλύοντας τα δεδομένα από τους αισθητήρες σε συνδυασμό με τις καιρικές συνθήκες, προβλέπει τον κίνδυνο υπερχειλίσης σε συγκεκριμένες γέφυρες και χαμηλά σημεία της πόλης. Βάσει αυτών των δεδομένων, οι αρμόδιες αρχές ενεργοποιούν αυτόματα αντλίες και φράγματα, προσαρμόζοντας την κατεύθυνση των υδάτων προς περιοχές με μικρότερο κίνδυνο πλημμύρας. Όλες αυτές οι ενέργειες γίνονται απομακρυσμένα και σε πραγματικό χρόνο, εξασφαλίζοντας άμεση παρέμβαση.

Ταυτόχρονα, οι πολίτες ενημερώνονται άμεσα μέσω των κινητών τους τηλεφώνων για την κατάσταση, λαμβάνοντας ειδοποιήσεις για τις περιοχές που πρέπει να αποφύγουν και οδηγίες για την παραμονή τους σε ασφαλή σημεία. Με αυτόν τον τρόπο, το σύστημα καταφέρνει να προλάβει μια σοβαρή πλημμύρα, περιορίζοντας τις ζημιές σε υποδομές και προστατεύοντας τη ζωή και την ασφάλεια των πολιτών. Η ταχύτητα και

η ακρίβεια του συστήματος προσφέρουν μια αποτελεσματική λύση στη διαχείριση πλημμυρών σε αστικές περιοχές, μειώνοντας τις καταστροφικές επιπτώσεις τέτοιων φυσικών φαινομένων.

4.Συμπεράσματα

Η τεχνολογία των δικτύων 6G σε συνδυασμό με το Internet of Things (IoT) αποτελεί μία από τις πιο καινοτόμες λύσεις για τη βελτίωση της λειτουργίας των σύγχρονων πόλεων. Η δυναμική του 6G, με τις υπερυψηλές ταχύτητες δεδομένων και την ελάχιστη καθυστέρηση, επιτρέπει τη συνεχή ροή πληροφοριών από τους αισθητήρες IoT σε πραγματικό χρόνο. Αυτή η δυνατότητα καθιστά το 6G ιδανικό εργαλείο για τη συλλογή και ανάλυση τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων, επιτρέποντας την άμεση αντίδραση και την καλύτερη διαχείριση κρίσιμων καταστάσεων. Παράλληλα, η επεξεργασία αυτών των δεδομένων μέσω αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης (AI) ενισχύει την ικανότητα των συστημάτων να προβλέπουν και να προλαμβάνουν επικίνδυνες καταστάσεις, με θετικές επιπτώσεις για την ασφάλεια και τη βιωσιμότητα των πόλεων.

Η ανάπτυξη έξυπνων πόλεων με τη χρήση του 6G και του IoT είναι αναγκαία για την αντιμετώπιση των σύγχρονων περιβαλλοντικών προκλήσεων. Τα αστικά κέντρα είναι ευάλωτα σε ατμοσφαιρικές ρυπάνσεις, πλημμύρες, πυρκαγιές, σεισμούς και άλλες φυσικές καταστροφές, που έχουν σοβαρές συνέπειες για την ανθρώπινη ζωή και τις υποδομές. Μέσω της τεχνολογίας 6G, οι πόλεις μπορούν να παρακολουθούν τους περιβαλλοντικούς κινδύνους σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας την έγκαιρη αντίδραση και την πρόληψη των καταστροφών. Η δυνατότητα ενσωμάτωσης αισθητήρων IoT σε κρίσιμες περιοχές, όπως δίκτυα ύδρευσης, ενεργειακά συστήματα και δημόσιες υποδομές, ενισχύει την ανθεκτικότητα των πόλεων σε περιβαλλοντικές κρίσεις και καθιστά τις πόλεις πιο προσαρμοστικές στις σύγχρονες προκλήσεις.

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του συνδυασμού 6G και IoT είναι η δυνατότητα άμεσης πρόβλεψης και διαχείρισης επικίνδυνων φυσικών φαινομένων. Μέσω των αισθητήρων IoT που παρακολουθούν παραμέτρους όπως η υγρασία του εδάφους, η θερμοκρασία και η στάθμη των υδάτων, τα δεδομένα που συλλέγονται αναλύονται από αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης για την έγκαιρη πρόβλεψη κρίσεων, όπως οι πλημμύρες και οι πυρκαγιές. Το 6G επιτρέπει την άμεση αποστολή δεδομένων σε κεντρικά συστήματα διαχείρισης, παρέχοντας στις αρμόδιες αρχές τη δυνατότητα να αντιδράσουν άμεσα και αποτελεσματικά. Η έγκαιρη παρέμβαση μπορεί να μειώσει σημαντικά τις συνέπειες των φυσικών καταστροφών και να συμβάλει στην καλύτερη διαχείριση των πόρων της πόλης.

Επιπλέον, η χρήση του 6G και του IoT παρέχει τη δυνατότητα στους πολίτες να ενημερώνονται άμεσα και να λαμβάνουν κρίσιμες ειδοποιήσεις σε περιπτώσεις κρίσεων. Μέσω δικτύων 6G, οι πολίτες μπορούν να λαμβάνουν ειδοποιήσεις στο κινητό τους τηλέφωνο για επικίνδυνα φαινόμενα, όπως πλημμύρες ή πυρκαγιές, επιτρέποντάς τους να λάβουν προληπτικά μέτρα για την ασφάλειά τους πριν καν εμφανιστούν τα επικίνδυνα φαινόμενα. Η χρήση εφαρμογών που ενημερώνουν σε πραγματικό χρόνο για την εξέλιξη των φυσικών φαινομένων μπορεί να μειώσει την έκθεση των πολιτών σε κινδύνους και να αυξήσει την εμπιστοσύνη τους στα συστήματα διαχείρισης κρίσεων.

Τα συστήματα της κοινής επικοινωνίας και τηλεπισκόπισης σε συνδυασμό με το IoT και τις τεχνολογίες του 5G, 6G παρά τα σημαντικά οφέλη που προσφέρουν στην ψηφιοποίηση των πόλεων και τη βελτίωση των υπηρεσιών, παρουσιάζουν σημαντικές προκλήσεις στον τομέα της ασφάλειας των δεδομένων. Η διασύνδεση εκατομμυρίων συσκευών και η ανταλλαγή μεγάλων όγκων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο αυξάνουν την ευπάθεια σε επιθέσεις, όπως οι παραβιάσεις προσωπικών δεδομένων, τα κενά ασφαλείας και οι επιθέσεις τύπου Denial of Service (DoS). Η διαχείριση αυτών των προκλήσεων απαιτεί την υιοθέτηση προηγμένων πρωτοκόλλων ασφαλείας, την κρυπτογράφηση δεδομένων και την ανάπτυξη πιο ανθεκτικών και ασφαλών υποδομών επικοινωνίας, ώστε να διασφαλίζεται η ακεραιότητα και η προστασία των δεδομένων σε όλες τις φάσεις της λειτουργίας τους καθώς θα έχουν πρωταγωνιστικό ρόλο τα επόμενα χρόνια.

Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας 6G και IoT στις έξυπνες πόλεις ταυτόχρονα μπορεί να προσφέρει εξαιρετικά οφέλη όσον αφορά τη βιωσιμότητα και την προσαρμογή στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Οι πόλεις που θα επενδύσουν σε αυτές τις τεχνολογίες θα είναι σε θέση να διαχειρίζονται τους πόρους τους πιο αποδοτικά, μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας και νερού, καθώς και την έκθεση των πολιτών σε περιβαλλοντικούς κινδύνους καθώς με την κλιματική κρίση τα φαινόμενα θα είναι πιο έντονα. Τα συστήματα διαχείρισης των πόλεων θα μπορούν να προβλέπουν με ακρίβεια τις ανάγκες και τους κινδύνους, προσφέροντας έτσι καλύτερη ποιότητα ζωής στους κατοίκους και μειώνοντας το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των πόλεων ενημερώνοντάς τους άμεσα και σε ζωντανό χρόνο.

Συνολικά, η αξιοποίηση των τεχνολογιών τηλεπισκόπησης και κοινής επικοινωνίας στις έξυπνες πόλεις αποτελεί ένα κρίσιμο βήμα για την ανάπτυξη πιο βιώσιμων, ανθεκτικών και ασφαλών αστικών περιβαλλόντων. Η ικανότητα παρακολούθησης, πρόβλεψης και άμεσης αντίδρασης σε επικίνδυνα φαινόμενα μπορεί να προσφέρει σημαντικές λύσεις στις σύγχρονες προκλήσεις που αντιμετωπίζουν τα αστικά κέντρα, ενώ η τεχνολογία αυτή παρέχει τη βάση για μία νέα εποχή στη διαχείριση βιώσιμων πόλεων και φυσικών καταστροφών. Μέσω της συνεργασίας των τεχνολογιών αυτών, οι πόλεις μπορούν να γίνουν πιο έξυπνες, αποτελεσματικές και προσαρμοστικές στις μεταβαλλόμενες συνθήκες που προκύπτουν και από την κλιματική κρίση, διασφαλίζοντας ταυτόχρονα τη βιωσιμότητα για τις μελλοντικές γενιές.

5.Βιβλιογραφία

Bunning, J M. “Decarbonising Cities and the Role of Remote Sensing for Planning, Developing, and Monitoring Low Carbon Precincts.” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 17, 18 Mar. 2014, p. 012009, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/17/1/012009>. Accessed 25 Mar. 2021.

Collado, Edwin, et al. “Open-Source Internet of Things (IoT)-Based Air Pollution Monitoring System with Protective Case for Tropical Environments.” *HardwareX*, vol. 19, 1 Sept. 2024, pp. e00560–e00560, <https://doi.org/10.1016/j.ohx.2024.e00560>. Accessed 14 Aug. 2024.

Delloite. “Forces of Change: Smart Cities.” *Deloitte Insights*, www2.deloitte.com/xen/en/insights/focus/smart-city/overview.html.

Diem, Phan Kieu, et al. “Remote Sensing for Urban Heat Island Research: Progress, Current Issues, and Perspectives.” *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, vol. 33, 1 Jan. 2024, p. 101081, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352938523001635, <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2023.101081>.

El Maachi, Soukaina, et al. “Vision of IoT, 5G and 6G Data Processing: Applications in Climate Change Mitigation.” *2022 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS)*, 22 Nov. 2022, pp. 1–6, ieeexplore.ieee.org/document/10082846, <https://doi.org/10.1109/ispacs57703.2022.10082846>. Accessed 17 Nov. 2024.

Environment, U. N. “Cities and Climate Change.” *UNEP - UN Environment Programme*, 2017, www.unep.org/explore-topics/resource-efficiency/what-we-do/cities-and-climate-change.

Ericsson. “6G Research Is Ramping Up.” *Www.ericsson.com*, 8 July 2021, www.ericsson.com/en/6g.

Fang, Bingbing, et al. “Artificial Intelligence for Waste Management in Smart Cities: A Review.” *Environmental Chemistry Letters*, vol. 21, no. 21, 9 May 2023, rdcu.be/dcDew, <https://doi.org/10.1007/s10311-023-01604-3>.

Hanis Haidar Abdul Karim. “View of Awareness of IoT with Safeguarding Personal Data in the Connected World.” *Upnjatim.ac.id*, 2024, ic-ebgc.upnjatim.ac.id/index.php/ic-ebgc/article/view/81/79. Accessed 17 Nov. 2024.

Heidary Dahooie, Jalil, et al. “A Portfolio Selection of Internet of Things (IoTs) Applications for the Sustainable Urban Transportation: A Novel Hybrid Multi Criteria Decision Making Approach.” *Technology in Society*, vol. 75, 1 Nov. 2023, p. 102366, [www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0160791X23001719](https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102366), <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102366>.

Hidayat, D J, and S Soekirno. “Development of Temperature Monitoring and Prediction System for Urban Heat Island (UHI) Based on the Internet of Things.” *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1816, no. 1, 1 Feb. 2021, p. 012054, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1816/1/012054>.

Husni, Emir, et al. “Microclimate Investigation of Vehicular Traffic on the Urban Heat Island through IoT-Based Device.” *Heliyon*, vol. 8, no. 11, 1 Nov. 2022, p. e11739, [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844022030274](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11739), <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11739>.

Kaginalkar, Akshara, et al. “Review of Urban Computing in Air Quality Management as Smart City Service: An Integrated IoT, AI, and Cloud Technology Perspective.” *Urban Climate*, vol. 39, Sept. 2021, p. 100972, <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100972>.

Kurrer, Christian. “Ατμοσφαιρική ρύπανση και ηχορύπανση | Θεματολογικά δελτία για την Ευρωπαϊκή Ένωση | Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο.” *Www.europarl.europa.eu*, Apr. 2024,

www.europarl.europa.eu/factsheets/el/sheet/75/%CE%B1%CF%84%CE%BC%CE%BF%CF%83%CF%86%CE%B1%CE%B9%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%B7-%CF%81%CF%85%CF%80%CE%B1%CE%BD%CF%83%CE%B7-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%B7%CF%87%CE%BF%CF%81%CF%85%CF%80%CE%B1%CE%BD%CF%83%CE%B7.

Lasantha Thakshila Wedage, et al. “Climate Change Sensing through Terahertz Communication Infrastructure: A Disruptive Application of 6G Networks.” *IEEE*

Network, 6 Oct. 2023, pp. 1–1, ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10273258, <https://doi.org/10.1109/mnet.2023.3321523>. Accessed 17 Nov. 2024.

Miller, Małgorzata, et al. “IoT in Water Quality Monitoring—Are We Really Here?” *Sensors*, vol. 23, no. 2, 1 Jan. 2023, p. 960, www.mdpi.com/1424-8220/23/2/960, <https://doi.org/10.3390/s23020960>.

MINISTRY of ENVIRONMENT and ENERGY c L I M a T E c H a N G E E M I S S I O N S I N v E N T O R Y NATIONAL INVENTORY REPORT of GREECE for GREENHOUSE and OTHER GASES for the YEARS 1990-2020. 2022.

Mullen, Jenn. “How 6G Will Advance a Sustainable Future Infographic.” *Keysight.com*, 2024, www.keysight.com/blogs/keys/thought-leadership/2022/09/13/how-6g-will-advance-a-sustainable-future?&cc=GR&lc=eng. Accessed 17 Nov. 2024.

Murroni, Maurizio, et al. “6G—Enabling the New Smart City: A Survey.” *Sensors*, vol. 23, no. 17, 1 Jan. 2023, p. 7528, www.mdpi.com/1424-8220/23/17/7528, <https://doi.org/10.3390/s23177528>.

Poslad, Stefan, et al. “A Semantic IoT Early Warning System for Natural Environment Crisis Management.” *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, vol. 3, no. 2, June 2015, pp. 246–257, <https://doi.org/10.1109/tetc.2015.2432742>.

Rahmanifar, Golman, et al. “Heuristic Approaches to Address Vehicle Routing Problem in the Iot-Based Waste Management System.” *Expert Systems with Applications*, vol. 220, 15 June 2023, p. 119708, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417423002099#b0295, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.119708>.

Reichstein, Markus, et al. “Reduction of Ecosystem Productivity and Respiration during the European Summer 2003 Climate Anomaly: A Joint Flux Tower, Remote Sensing and Modelling Analysis.” *Global Change Biology*, vol. 13, no. 3, 1 Mar. 2007, pp. 634–651, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01224.x>. Accessed 21 Apr. 2023.

Satish Dhanasekaran. “Building a More Sustainable Future with 6G.” *Keysight.com*, 2020, www.keysight.com/blogs/keys/thought-leadership/2022/09/13/building-a-more-sustainable-future-with-6g. Accessed 17 Nov. 2024.

Singh, Manmeet, and Suhaib Ahmed. “IoT Based Smart Water Management Systems: A Systematic Review.” *Materials Today: Proceedings*, vol. 46, Oct. 2020, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.588>.

Trindade, Evelin Priscila, et al. “Sustainable Development of Smart Cities: A Systematic Review of the Literature.” *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, vol. 3, no. 1, 4 Aug. 2017, www.mdpi.com/2199-8531/3/3/11, <https://doi.org/10.1186/s40852-017-0063-2>.

Umesh Bodkhe, and Sudeep Tanwar. “Network Management Schemes for IoT Environment towards 6G: A Comprehensive Review.” *Microprocessors and Microsystems*, vol. 103, 1 Nov. 2023, pp. 104928–104928, <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2023.104928>.

UN. *ICT Trends*.

UNESCO. “Information and Communication Technologies (ICT) | Unesco IIEP Learning Portal.” *Learningportal.iiep.unesco.org*, 2017, learningportal.iiep.unesco.org/en/glossary/information-and-communication-technologies-ict.

“World Bank Open Data.” *World Bank Open Data*, data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC?end=2020&start=2020&view=map.

Xiao, Laisheng , and Zhengxia Wang. *Internet of Things: A New Application for Intelligent Traffic Monitoring System* . JOURNAL OF NETWORKS, June 6AD, [www.researchgate.net/profile/Laisheng-](http://www.researchgate.net/profile/Laisheng-Xiao/publication/220383965_Internet_of_Things_A_New_Application_for_Intelligent_Traffic_Monitoring_System/links/5673d5ae08ae04d9b09be27f/Internet-of-Things-A-New-Application-for-Intelligent-Traffic-Monitoring-System.pdf)

[Xiao/publication/220383965_Internet_of_Things_A_New_Application_for_Intelligent_Traffic_Monitoring_System/links/5673d5ae08ae04d9b09be27f/Internet-of-Things-A-New-Application-for-Intelligent-Traffic-Monitoring-System.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Laisheng-Xiao/publication/220383965_Internet_of_Things_A_New_Application_for_Intelligent_Traffic_Monitoring_System/links/5673d5ae08ae04d9b09be27f/Internet-of-Things-A-New-Application-for-Intelligent-Traffic-Monitoring-System.pdf).

