

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΔΙΕΘΝΩΝ ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΑΪΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**



**ΠΜΣ «ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ, ΔΙΚΑΙΟ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ»**

**Διπλωματική Εργασία**

**«Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Πυρηνική Ενέργεια στις  
Έξυπνες Πόλεις: Θεσμικό Πλαίσιο, Στρατηγικές, Υποδομές»**

**Φοιτητής: Νικόλαος Πετρίχος**

**Α.Μ.: ΜΕΔ 16045**

Πειραιάς, 2021

Ο δηλών Νικόλαος Πετρίχος βεβαιώνω ότι το έργο που εκπονήθηκε και παρουσιάζεται στην υποβαλλόμενη διπλωματική εργασία με τίτλο «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Πυρηνική Ενέργεια στις Έξυπνες Πόλεις: Θεσμικό Πλαίσιο, Στρατηγικές, Υποδομές» είναι αποκλειστικά και ατομικά δικό μου. Υλικό που έχει αντληθεί από πηγές, έχει καταλλήλως αναφερθεί. Τελώ εν γνώσει του ότι σε περίπτωση διαπίστωσης ότι, αν δεν συντρέχουν τα άνω, θα μου αφαιρεθεί ο παρεχόμενος τίτλος.

*Yes, my friends, I believe that water will one day be employed as fuel, that hydrogen and oxygen which constitute it, used singly or together, will furnish an inexhaustible source of heat and light, of an intensity of which coal is not capable.... When the deposits of coal are exhausted, we shall heat and warm ourselves with water. Water will be the coal of the future.*

*Jules Verne, The Mysterious Island (1874-5)*

## Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	4
Ευχαριστίες.....	7
Περίληψη .....	8
Λέξεις – Κλειδιά .....	8
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή .....	9
1.1. Εισαγωγή .....	9
1.2. Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας .....	10
1.3. Δομή της Διπλωματικής Εργασίας .....	10
1.4. Συνεισφορά της Διπλωματικής Εργασίας.....	11
Κεφάλαιο 2. Μεθοδολογία.....	12
2.1. Μεθοδολογία, ερευνητικό ζητούμενο και ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας.....	12
Κεφάλαιο 3. Τάσεις σε πόλεις, νέα δίκτυα ως υποδομές και έξυπνοι μετρητές.....	13
3.1. Οι τάσεις στις πόλεις.....	13
3.1.1. Δημογραφικές παρατηρήσεις για τις πόλεις .....	13
3.1.2. Ο αναμενόμενος υπερπληθυσμός και οι μεταναστευτικές ροές.....	13
3.1.3. Η αστικοποίηση, η κατανάλωση ενέργειας και ο συσχετισμός ζήτησης-κατανάλωσης .....	13
3.2. Τα νέα δίκτυα ως υποδομές της έξυπνης ενέργειας.....	18
3.2.1. Η αντικατάσταση των παλιών από τα νέα ηλεκτρικά δίκτυα: τα έξυπνα δίκτυα .....	19

3.2.2. Οι πολιτικές και οι ρυθμιστικές τάσεις για τα έξυπνα δίκτυα .....	22
3.2.3. Το μικροδίκτυο και η ενίσχυση της στιβαρότητας των υποδομών στις έξυπνες πόλεις	23
3.3. Οι έξυπνοι μετρητές, το Internet of Things και η διαχείριση της ζήτησης.....	25
3.3.1. Ο επαναπροσδιορισμός του ρόλου του τελικού χρήστη στο νέο ενεργειακό τοπίο .....	26
3.3.2. Η ανάγκη για ταχύτερη εισαγωγή της αποκεντρωμένης ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ στα έξυπνα ηλεκτρικά δίκτυα και στον κτιριακό τομέα μέσω των πόλεων .....	27
3.3.3. Ειδικότερα οι έξυπνοι μετρητές και η ενεργειακή φτώχεια.....	28
Κεφάλαιο 4. Ενεργειακό μίγμα, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, και πυρηνικά .....	29
4.1. Το καθαρό ενεργειακό μίγμα: ΑΠΕ, πυρηνικά και μετά υδρογόνο .....	29
4.2. Πολιτικές σε τομείς των έξυπνων πόλεων.....	33
4.2.1. Η θέρμανση και η ψύξη των κτιρίων.....	33
4.2.2. Ο Αναβαθμισμένος Σχεδιασμός των Μετακινήσεων στους Δρόμους και η Ηλεκτροκίνηση στις Έξυπνες Πόλεις.....	35
4.3. Οι ΑΠΕ στις έξυπνες πόλεις .....	36
4.3.1. Το Θεσμικό Πλαίσιο.....	37
4.3.2. Το Πρόγραμμα της ΕΕ για το Αστικό Περιβάλλον .....	38
4.3.3. Οι Υπόλοιπες Πολιτικές .....	38
4.3.4. ΑΠΕ και ενεργειακή χωρική εξάπλωση .....	39
4.3.5. Τα Είδη των ΑΠΕ στις έξυπνες πόλεις.....	41
4.3.6. ΑΠΕ και αποθήκευση ενέργειας στις έξυπνες πόλεις .....	49

4.3.7. Παγκόσμια ζήτηση ηλεκτρισμού και ταχύτητα διείσδυσης των ΑΠΕ στην αγορά ...	50
4.4. Η πυρηνική ενέργεια στις έξυπνες πόλεις .....	51
4.4.1. Τα χαρακτηριστικά τους, τα αρνητικά, η ευελιξία και η αδράνεια .....	51
4.4.2. Η επιτάχυνση της καινοτομίας και οι μικροί σπονδυλωτοί πυρηνικοί σταθμοί.....	54
4.5. Το υδρογόνο και οι έξυπνες πόλεις.....	55
Κεφάλαιο 5. Επίλογος.....	56
5.1. Συμπεράσματα .....	56
5.2. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	57
Βιβλιογραφικές Αναφορές.....	58

## Ευχαριστίες

Θέλω να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως τον Επιβλέποντα Αναπληρωτή Καθηγητή Ιωάννη Παραβάντη. Με την ένθερμη υποστήριξή του, την καθοδήγησή του και τα καίρια σχόλιά του η παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώθηκε σε μία πολύ δύσκολη για όλους περίοδο. Με την ευκαιρία της εργασίας αυτής, ο Καθηγητής Ι. Παραβάντης και το Τμήμα Διεθνών και Ευρωπαϊκών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιά μου έδωσαν την ευκαιρία να έρθω σε επαφή με το συναρπαστικό κόσμο της ενέργειας και να μελετήσω ειδικότερα τις εκφάνσεις της στα αστικά περιβάλλοντα. Εύχομαι από πλευράς μου να ανταποκρίθηκα επάξια στο υψηλό επίπεδο των σπουδών του προγράμματος και στις προσδοκίες του Καθηγητή μου. Επίσης, πολλά ευχαριστώ απευθύνω και προς τα μέλη της Τριμελούς Επιτροπής, για την υποστήριξη και τη συνδρομή που μου παρείχαν.

Τέλος, είμαι απεριόριστα ευγνώμων στην οικογένειά μου που με περιβάλλει με αγάπη και υποστήριξη, ιδίως κατά την προετοιμασία και συγγραφή της παρούσας εργασίας.

## Περίληψη

Η απανθρακοποίηση και η απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα προχωράνε με δυσχέρειες. Η ενεργειακή μετάβαση σε καθαρά ενεργειακά συστήματα υποδεικνύει την ανάγκη για τη χρήση ενός ευέλικτου ενεργειακού μίγματος, από ΑΠΕ και πυρηνική ενέργεια, ως εναλλακτικού σχεδίου. Τα νέα ευέλικτα ηλεκτρικά κυκλώματα, τα μικροδίκτυα και οι έξυπνοι μετρητές στα αστικά περιβάλλοντα, εξυπηρετούν ιδίως την ψύξη-θέρμανση των κτιρίων και τις μεταφορές. Στις πόλεις συντελείται ως επί το πλείστον η κατανάλωση του ηλεκτρισμού. Η τοποθέτηση των ΑΠΕ μέσα στα αστικά περιβάλλοντα αποτρέπουν την ενεργειακή χωρική εξάπλωση. Οι νέοι μικροί σπονδυλωτοί πυρηνικοί σταθμοί αντικαθιστούν παγκοσμίως τα γερασμένα πυρηνικά εργοστάσια. Οι έξυπνες εφαρμογές στις πόλεις και οι τεχνολογικές εφαρμογές, που εξασφαλίζουν την αμφίδρομη κυκλοφορία ηλεκτρισμού και πληροφοριών, αναβαθμίζουν το ρόλο του τελικού χρήστη του ηλεκτρισμού. Όλα μαζί προετοιμάζουν τα αστικά οικοσυστήματα για την ερχόμενη Οικονομία του πράσινου υδρογόνου.

## Λέξεις – Κλειδιά

έξυπνες πόλεις, καθαρό ενεργειακό μίγμα, απανθρακοποίηση ψύξης – θέρμανσης κτιρίων και μεταφορών, έξυπνα ηλεκτρικά δίκτυα, έξυπνοι μετρητές, μικροδίκτυα, αναβάθμιση ρόλου τελικού καταναλωτή ηλεκτρισμού, ενεργειακή χωρική εξάπλωση, ΑΠΕ σε αστικά περιβάλλοντα, μικροί σπονδυλωτοί αντιδραστήρες, πράσινο υδρογόνο.



# Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

## 1.1. Εισαγωγή

Η αποτίμηση των lockdowns λόγω COVID-19 αποδεικνύει πως μία «εξωτερικότητα», ένα αναπάντεχο και εξαιρετικό υγειονομικό επείγον γεγονός, μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις στη ζήτηση και στην κατανάλωση της ενέργειας. Η πραγματική Οικονομία παρέμεινε εκτεθειμένη. Οι ρυθμοί της ηλεκτροπαραγωγής και οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου επανέρχονται στα προ πανδημίας υψηλά επίπεδα, καθώς για την κάλυψη των αναγκών χρησιμοποιείται εντατικά τόσο ο άνθρακας όσο και τα ορυκτά καύσιμα. Οι πρόσφατες εξελίξεις υποδεικνύουν ότι οι δυσχέρειες στην απανθρακοποίηση είναι πιθανές.

Έχει γίνει ευρέως αντιληπτό ότι, όσο δεν υπάρχει εναλλακτικό σχέδιο για την καθαρή ενέργεια, η ενεργειακή μετάβαση σε καθαρά ενεργειακά συστήματα θα καθυστερήσει. Όσο αυξημένη κι αν είναι η διείδυση και η υπερεντατικοποίηση των ΑΠΕ, αυτές ακόμα αντιπροσωπεύουν μόνο το 5% παγκοσμίως της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Η ανανεώσιμη ενέργεια επί του παρόντος εξαντλείται σχεδόν στην ηλεκτροπαραγωγή, που εκπροσωπεί παγκοσμίως το 21,3% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας.

Εξ ετέρου, πολλές μικρές και μεγάλες πόλεις σε όλο τον κόσμο προσπαθούν να υιοθετήσουν στρατηγικές μηδενικού ισοζυγίου άνθρακα στην τοπική τους περιφέρεια και να μετασχηματίσουν την τροφοδοσία τους σε ενέργεια, από τα υφιστάμενα ρυπογόνα, στα μελλοντικά βιώσιμα και «καθαρά» ενεργειακά συστήματα. Αυτά, σε συνδυασμό με τα αποτελεσματικά συστήματα αποθήκευσης και διάθεσης της ενέργειας στο καταναλωτικό κοινό είναι τομείς, που συνδυαζόμενοι με τις νέες τεχνολογίες πληροφοριακών συστημάτων και επικοινωνιών, στο πεδίο των πόλεων και των μεγαλουπόλεων, μπορούν να βελτιώσουν την ποιότητα ζωής των κατοίκων τους.

Οι πόλεις παγκοσμίως είτε εξαρχής οικοδομούνται είτε μετατρέπονται σε «έξυπνες». Η ανάγκη για εξυπηρέτηση μεγάλων πληθυσμιακών φορτίων είναι πλέον μεγάλη. Η ενεργειακά έξυπνη πόλη καθίσταται το κατ' εξοχήν περιβάλλον παραγωγής και κατανάλωσης του ηλεκτρισμού. Χρησιμοποιεί δυναμικά την τεχνολογία, «διαβάζει» και αξιολογεί τα συλλεγόμενα στοιχεία και πληροφορίες και φτιάχνει έξυπνα δίκτυα. Η ραχοκοκαλιά της είναι το νέο ηλεκτρικό, ψηφιακό, ευέλικτο και εξισορροπητικό δίκτυο, που αναβαθμίζει το παραδοσιακό. Στην άκρη του τοποθετεί τον έξυπνο μετρητή, που δημιουργεί το νέο καταναλωτή ενέργειας. Λαμβάνει μέτρα, που επιτρέπουν τον έλεγχο της χρήσης της ενέργειας, την αυτοματοποίηση, τη διατήρησή της, την αποκεντρωμένη παραγωγή της, την αποθήκευση, την εξισορρόπηση προσφοράς και ζήτησης, με οικονομικά αποδοτικό τρόπο, με αξιοπιστία και ασφάλεια.

Τι θα γινόταν όμως, αν στη θέση του άνθρακα και των ορυκτών καυσίμων, γινόταν χρήση της πυρηνικής ενέργειας, ως προϊούσας μορφής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, που θα διαδεχθεί το υδρογόνο; Η παρούσα εργασία επεξεργάζεται ακροθιγώς το ενδεχόμενο αυτό, εξετάζοντας πώς στους χώρους των έξυπνων πόλεων είναι εφικτή η χρήση καθαρής ενέργειας, από το συνδυασμό των ΑΠΕ και των πυρηνικών, ως προπομπών του πράσινου υδρογόνου, για την κάλυψη των αναγκών των κτιρίων τους και των μετακινήσεων, παράλληλα με την ψηφιοποίηση, την τεχνολογία και το μηχανισμό εξοικονόμησης ενέργειας.

Οι ΑΠΕ χρειάζονται όμως πάρα πολύ χώρο, που δεν είναι πάντα διαθέσιμος. Η αλλαγή στις χρήσεις γης και η ενδεδειγμένη χωροθέτησή τους έρχονται εκ νέου στο προσκήνιο. Επίσης, η κοινωνική αποδοχή για την χρήση των νέων ενεργειακών συστημάτων από τον τελικό χρήστη (καταναλωτή) και η υιοθέτηση υπεύθυνων καταναλωτικών μοτίβων εξασφαλίζουν την αμφίδρομη κυκλοφορία των πληροφοριών μέσω των έξυπνων μετρητών.

## **1.2. Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας**

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι αναδείξει ένα πιθανό εναλλακτικό σενάριο για την υιοθέτηση του καθαρού ενεργειακού μίγματος από ΑΠΕ και πυρηνικά ως προπομπών του πράσινου υδρογόνου, στην ηλεκτροδότηση των κτιρίων, στα ρυπογόνα συστήματα ψύξης – θέρμανσης και στις μεταφορές εντός του αστικού χώρου και διερευνά τις πολιτικές, τις στρατηγικές και τις υποδομές των έξυπνων πόλεων, που έχουν τη δυνατότητα να υποστηρίξουν το σενάριο αυτό.

## **1.3. Δομή της Διπλωματικής Εργασίας**

Οργανωτικά η εργασία διαρθρώνεται σε πέντε κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο (1.-) αναφέρεται ακροθιγώς στο θέμα της εργασίας συνολικά, στο σκοπό, στη δομή και στη συνεισφορά της. Στο δεύτερο κεφάλαιο (2.-) επισκοπείται η μεθοδολογία, που χρησιμοποιήθηκε, το ερευνητικό ζητούμενο και προσδιορίζονται τα κρίσιμα ζητήματα της εργασίας. Στο τρίτο κεφάλαιο (3.-) εξετάζονται εν συντομία οι τάσεις και τα φαινόμενα στις πόλεις, τα νέα δίκτυα και οι έξυπνοι μετρητές, ως υποδομές. Στο τέταρτο κεφάλαιο (4.-) παρουσιάζεται το προτεινόμενο καθαρό ενεργειακό μίγμα ως έξυπνη ενέργεια, από τις ΑΠΕ και τα πυρηνικά, ως προπομποί του πράσινου υδρογόνου. Αναδεικνύονται οι σχετικές πολιτικές και τα αντίστοιχα θεσμικά πλαίσια. Στο πέμπτο κεφάλαιο (5.-) εξάγονται τα συμπεράσματα της εργασίας και απαντώνται τα ερευνητικά ερωτήματα.

#### **1.4. Συνεισφορά της Διπλωματικής Εργασίας**

Η παρούσα εργασία επιχειρεί να διερευνήσει μία εναλλακτική εκδοχή για την υιοθέτηση της καθαρής ενέργειας στο αυτοτελές μικρο-δίκτυο ηλεκτρισμού της έξυπνης πόλης. Η σταθερότητα και η ασφάλεια στον εφοδιασμό είναι το κομβικό ζήτημα, που καλείται να ρυθμίσει το έξυπνο δίκτυο. Το προτεινόμενο ενεργειακό μίγμα στην έξυπνη πόλη για την παραγωγή του ηλεκτρισμού (ΑΠΕ, πυρηνική ενέργεια, υδρογόνο) και τα συλλεγόμενα δεδομένα από τους πολίτες της συντείνουν στην ισορροπημένη λειτουργία της, ανάλογα με την προσφορά και τη ζήτηση. Επίσης, η παρούσα εργασία επισημαίνει την ανάγκη για την άρτια ρύθμιση της συμπληρωματικότητας μεταξύ των πηγών ενέργειας και προτείνει λύσεις για την εξασφάλιση της ισορροπημένης λειτουργίας του ενεργειακού αστικού οικοσυστήματος.

## **Κεφάλαιο 2. Μεθοδολογία**

### **2.1. Μεθοδολογία, ερευνητικό ζητούμενο και ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας**

Για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας αρχικά ελήφθησαν υπόψιν τα πρόσφατα δεδομένα από τις δημοσιευμένες μελέτες του IEA “World Energy Outlook” (IEA, d., 2021) και “Global Energy Review, Assessing the effects of economic recoveries on global energy demand and CO<sub>2</sub> emissions in 2021 (IEA, a., 2021) και “Empowering Cities for a Net Zero Future” (IEA, c., 2021).

Στη συνέχεια, εντοπίστηκε το ερευνητικό ζητούμενό της, δηλ. αν υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής του καθαρού ενεργειακού μίγματος από ΑΠΕ και πυρηνική ενέργεια στις έξυπνες πόλεις.

Ακολούθως, ετέθησαν τα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας, που αφορούν:

(α) τη συμβατότητα της πυρηνικής ενέργειας με τη φύση και τους σκοπούς των έξυπνων πόλεων

(β) τη δυνατότητα συνδυασμού των ΑΠΕ με την πυρηνική ενέργεια για την επίτευξη ενός καθαρού ενεργειακού μείγματος

(γ) την εξασφάλιση ως προαπαιτούμενου του κατάλληλου χώρου για εγκατάσταση των ΑΠΕ στα αστικά περιβάλλοντα

(δ) τη δυνατότητα του νέου έξυπνου δικτύου στο αστικό οικοσύστημα της έξυπνης πόλης να εξυπηρετήσει το συνδυασμό αυτό, και

(ε) τη συνεισφορά των έξυπνων μετρητών στη διαμόρφωση του νέου ρόλου του καταναλωτή ενεργειακών υπηρεσιών.

## **Κεφάλαιο 3. Τάσεις σε πόλεις, νέα δίκτυα ως υποδομές και έξυπνοι μετρητές**

### **3.1. Οι τάσεις στις πόλεις**

#### **3.1.1. Δημογραφικές παρατηρήσεις για τις πόλεις**

Οι στατιστικές και οι μετρήσεις δείχνουν ότι περισσότερο από το ήμισυ του παγκόσμιου πληθυσμού κατοικεί πλέον στις πόλεις. Στην Ευρώπη, σύμφωνα με τις στατιστικές της Eurostat, το 75% περίπου του πληθυσμού ήδη κατοικεί σε πόλεις (European Commission, 2018), φαινόμενο που βαίνει αυξούμενο. Επίσης, οι πόλεις καταλαμβάνουν μόλις το 3% της στεριάς του Πλανήτη. Εκεί καταναλώνεται το 75% των φυσικών πόρων και εκεί παράγεται το 60-80% των εκπομπών του θερμοκηπίου (UN, 2012). Το 90% των αστικών περιοχών παγκοσμίως είναι παράκτιες (C40Cities). Στις αστικές περιοχές καταναλώνονται τα 2/3 της παγκόσμιας ενέργειας (C40Cities). Η σχετική Έκθεση του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών αναφέρει ότι το 55,8 % του παγκόσμιου πληθυσμού κατοικούσε το 2018 σε αστικές περιοχές κι ότι ως το 2030 οι αστικές περιοχές θα κατοικούνται από το 60% του πληθυσμού παγκοσμίως (European Commission, 2018). Το ποσοστό αυτό αναμένεται να προσεγγίσει το 68% έως το 2050 (United Nations, 2018).

#### **3.1.2. Ο αναμενόμενος υπερπληθυσμός και οι μεταναστευτικές ροές**

Η πρόοδος της Ιατρικής και η αυξημένη γεωργική παραγωγή έχουν συντείνει στην αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού, με γοργούς ρυθμούς και σε μεγάλο βαθμό. Οι προβλέψεις του ΟΗΕ είναι ότι έως το 2050 ο πληθυσμός της Γης θα έχει ξεπεράσει τα 9,5 δισεκατομμύρια ανθρώπους και έως το 2100 τα 11 δισεκατομμύρια. Παρόμοιας κλίμακας θα είναι και η παγκόσμια αύξηση της κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας και παραγωγής ρύπων και καταλοίπων.

Η αστάθεια και το μεγάλο έλλειμμα βιωσιμότητας θα οδηγήσουν σε μεταναστευτικές ροές. Είτε ως πρόσφυγες είτε ως μετανάστες, ο αριθμός των ανθρώπων, που αναμένεται να μετακινηθούν, θα είναι πάρα πολύ μεγάλος. Έκθεση της Παγκόσμιας Τράπεζας του 2018 (World Bank Group, 2018) εκτιμά ότι μέχρι το 2050 θα υπάρξουν περίπου 143 εκατομμύρια εσωτερικοί «περιβαλλοντικοί μετανάστες», που θα μετακινηθούν από τα εύαλτα περιβάλλοντα των χωρών τους σε άλλα πιο πρόσφορα. Η αδυναμία πρόσβασης σε κάποια μορφή ενέργειας ή ηλεκτρισμού υποκινούν μαζί με άλλες αιτίες τη μετακίνηση των πληθυσμών.

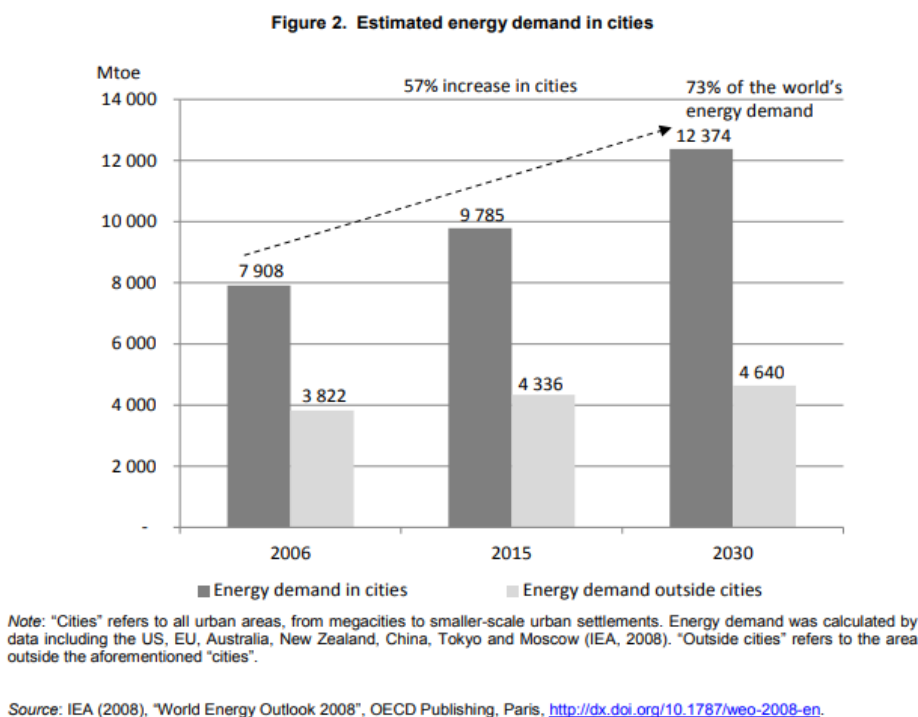
#### **3.1.3. Η αστικοποίηση, η κατανάλωση ενέργειας και ο συσχετισμός ζήτησης-κατανάλωσης**

Ο αστικός τρόπος ζωής προσελκύει με αμείωτο ρυθμό τους ανθρώπους στις πόλεις. Οι αστικές περιοχές καταναλώνουν περίπου το 75% παγκοσμίως της πρωτογενούς ηλεκτρικής παραγωγής. Το ποσοστό αυτό αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά στο μέλλον (Guterres, 2021). Αναλόγως αναμένεται να αναπτυχθούν αυξητικά οι αστικές ενεργειακές υποδομές και οι παρεχόμενες

υπηρεσίες ενέργειας. Εντός του παγκοσμίου ενεργειακού μίγματος, ο ηλεκτρισμός αποτελεί το δεύτερο κατά σειρά καύσιμο, που ικανοποιεί το 19% της παγκόσμιας ενεργειακής ζήτησης (Chowdhury, P. et al., 2019). Η ενεργειακή μετάβαση σε «καθαρότερες» μορφές ενέργειας, που έχει ξεκινήσει, περνάει μέσα από τις πόλεις, και διαπερνά όλο το αστικό τοπίο. Από τα κτίρια και τις μεταφορές, την αστική επιχειρηματικότητα, την καινοτομία και τα αστικά ενεργειακά συστήματα διανομής ενέργειας.

Από το πιο κάτω γράφημα της ΙΕΑ προκύπτει η πρόβλεψη για την προοδευτική άνοδο της ζήτησης ηλεκτρισμού στις αστικές περιοχές σε σχέση με την αντίστοιχη στάσιμη ζήτηση ηλεκτρισμού στις μη-αστικές περιοχές, για το χρονικό διάστημα από το 2006 έως το 2030.

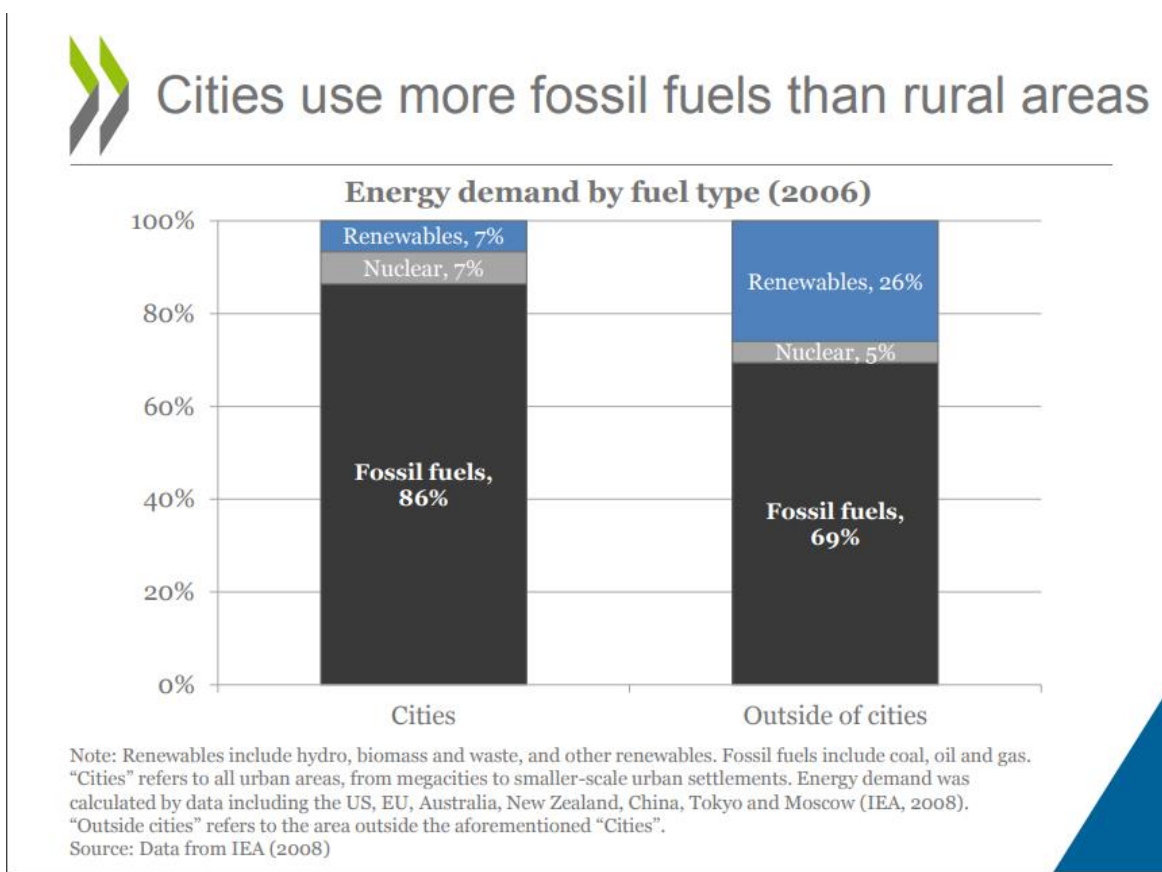
**Γράφημα 3.1. Η πρόβλεψη της προοδευτικής ανόδου της ζήτησης ηλεκτρισμού στις αστικές περιοχές σε σχέση τις μη-αστικές από το 2006 έως το 2030.**



Πηγή: OECD, *Energy and Resilient Cities*, 2016, Masaru Sugahara & Leslie Bertmont.

Οι πόλεις σε σχέση με τις αγροτικές περιοχές χρησιμοποιούσαν το 2006 περισσότερα ορυκτά καύσιμα.

**Γράφημα 3.2. Οι πόλεις χρησιμοποιούσαν το 2006 περισσότερα ορυκτά καύσιμα απ' τις περιοχές εκτός πόλεων.**



Πηγή: OECD, Study: Energy and Resilient Cities, Cities use more fossil fuels than rural areas p.7, [www.oecd.org](http://www.oecd.org).

Αυτό άρχισε σταδιακά να αλλάζει με την εισαγωγή πολιτικών για την «καθαρή ενέργεια». Σήμερα, περισσότερο από ποτέ, οι πόλεις είναι αυτές που καθορίζουν το μέλλον. Μεγάλη είναι η πρόκληση της χρήσης της προηγμένης τεχνολογίας στις πόλεις, που θα ανταποκρίνεται και θα υποστηρίζει την πρόοδο και την οικονομική ανάπτυξη, ταυτόχρονα δε, θα προάγει το υψηλό επίπεδο ζωής και θα εξασφαλίζει την ευζωία των κατοίκων τους, χρησιμοποιώντας την περιβαλλοντικά ουδέτερη ηλεκτροπαραγωγή.

Οι πόλεις οι ίδιες πλέον ως οντότητες στοχεύουν στις μηδενικές εκπομπές. Επειδή οι πόλεις είναι πιο ευέλικτα σχήματα, έχουν συγκριτικό πλεονέκτημα έναντι των κεντρικών κυβερνήσεων. Μπορούν να ανταποκριθούν καλύτερα στις ενεργειακές μεταβάσεις. Μερικές πόλεις κατά διαστήματα θέτουν υψηλότερους στόχους από τις ίδιες τις εθνικές τους κυβερνήσεις. Από τον πιο κάτω συγκριτικό πίνακα προκύπτουν οι φιλόδοξοι στόχοι των πόλεων του Πιρπινιάν στη Γαλλία, του Μονάχου Γερμανίας και του Μπρίστολ Ηνωμένου Βασιλείου, για την υιοθέτηση της

ανανεώσιμης ενέργειας, πιο υψηλοί απ' τους αντίστοιχους εθνικούς στόχους των χωρών τους, ή και την ΕΕ ακόμα. Επιπλέον, η πλειονότητα των εκπομπών θερμοκηπικών αερίων προέρχεται από την ψύξη και τη θέρμανση των κτιρίων (51%) και τις μετακινήσεις μέσα στις πόλεις (32%) (REN21, 2021). Ωστε, το πεδίο δράσης των τοπικών αρχών προσφέρεται για απτά αποτελέσματα.

**Πίνακας 3.1. Πόλεις με υψηλότερους κλιματικούς στόχους απ' τις εθνικές τους κυβερνήσεις.**

<b>Targets of RE deployment of cities, national governments and EU</b>			
	<b>City's targets</b>	<b>National targets</b>	<b>EU targets</b>
<b>Perpignan (France)</b>	100% (2015) (Perpignan Méditerranée)	23% (2020) 32% (2030)	
<b>Munich (Germany)</b>	100% (2025)	40-45% (2025) 55-60% (2035) 80% (2050)	20% (2020) 27% (2030)
<b>Bristol (UK)</b>	20% (2020)	15% (2020)	

Source: Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy, France (n.d), IEA (2015), C40 Cities (2014), Bristol 2015 (2015), Barcelona City Council (n.d), European Commission (2016),

Πηγή: OECD, Masaru Sugahara Study: *Energy and Resilient Cities, Some cities develop more ambitious visions and targets than national governments*, p. 18. <https://www.oecd.org/cfe/regionaldevelopment/energy-and-resilient-cities.pdf>

Επίσης, από το πιο κάτω γράφημα προκύπτει ο συσχετισμός του μεριδίου του αστικού πληθυσμού για το έτος 2010 και της συνολικής τελικής κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας σε διάφορες ανεπτυγμένες χώρες.

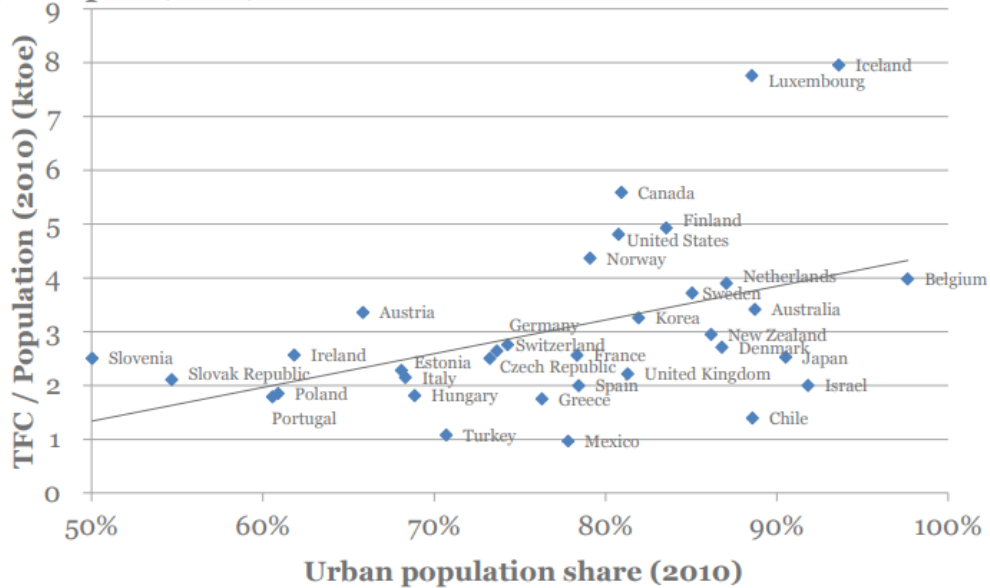


Γράφημα 1.3. Ο συσχετισμός της αστικοποίησης με την κατανάλωση ενέργειας.



## Urbanisation correlates with energy consumption

Urban population share and Total final consumption of energy per capita (2010)



Source: Own calculations based on the data from UN (2014), IEA (2015)

Πηγή: OECD, Study: Energy and Resilient Cities, Urbanization and Energy, Urbanization correlates with energy consumption, p. 7, [www.oecd.org](http://www.oecd.org).

Στις πόλεις η ζήτηση ενέργειας αφορά τα κτίρια και τις μεταφορές. Στον πυρήνα της βρίσκεται το ενεργειακά έξυπνο δίκτυο. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στα κτίρια αφορούν τη θέρμανση και την ψύξη, το μαγείρεμα και τις συσκευές. Στις μεταφορές, η βιωσιμότητα εξασφαλίζεται με την ηλεκτροκίνηση, το υδρογόνο και τα βιοκαύσιμα. Τα έξυπνα δίκτυα εξασφαλίζουν την εξοικονόμηση ενέργειας. Οι τοπικές διοικήσεις των πόλεων έχουν την ευχέρεια να προβλέψουν για την παραγωγή αποκεντρωμένης ανανεώσιμης ενέργειας σε τοπικό επίπεδο. Έχει υπολογιστεί ότι η εγκατάσταση καταναμημένων ανανεώσιμων τεχνολογιών στα κτίρια και η παραγωγή βιοαερίου, βιομεθανίου και άλλων βιοκαυσίμων, μετά την επεξεργασία των αστικών αποβλήτων και των αστικών λυμάτων σχεδόν εξαρκούν για την κάλυψη των αναγκών χαμηλής τάσης μιας πόλης. Το σημαντικό όμως είναι ότι οι τοπικές αρχές μπορούν να εισηγηθούν και να προωθήσουν με τους μηχανισμούς τους την «καθαρή» ενέργεια, που χρειάζεται η πόλη, για να παραμείνει το περιβάλλον της υγιές και βιώσιμο. Είτε δρώντας οι ίδιες οι τοπικές αρχές ως παράδειγμα με την

υιοθέτηση των κατάλληλων πολιτικών στα κτίρια και τις εγκαταστάσεις τους είτε με την επιβράβευση υιοθέτησης από τις επιχειρήσεις, τα νοικοκυριά, τις τοπικές κοινωνίες και τις ομάδες πολιτών. Λαμβάνοντας ως δεδομένο ότι οι διοικήσεις των πόλεων είναι συνήθως υπεύθυνες για τον αστικό σχεδιασμό και τη δημιουργία ζωνών και χρήσεων γης, μπορούν να θέσουν οι ίδιες φιλόδοξους στόχους για τη χρήση «καθαρής» ενέργειας.

### **3.2. Τα νέα δίκτυα ως υποδομές της έξυπνης ενέργειας**

Η έξυπνη ενέργεια είναι η στοχευμένη ενέργεια. Πρόκειται για μέθοδο χρήσης της ενέργειας πιο αποδοτικά από τις ήδη υπάρχουσες γνωστές πηγές, κι όχι από καινούργιες. Ιδίως, η ΕΕ έχοντας θέσει ως στόχο την κλιματική ουδετερότητα, έχει δρομολογήσει την ενεργειακή μετατροπή της σ'ένα από τα πιο βιώσιμα συστήματα. Παράλληλα με τη χρήση του καθαρού ενεργειακού μίγματος, που θα εξετάσουμε στο επόμενο κεφάλαιο, απαιτείται και η ενεργοποίηση του μηχανισμού εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς και η απαραίτητη αποσύνδεση<sup>1</sup> της οικονομικής ανάπτυξης από την κατανάλωση ενέργειας.

Από τις μελέτες και τις στατιστικές συνήθως επιβεβαιώνεται η 'εμπειρική σχέση' μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας και της οικονομικής ανάπτυξης, ιδίως στις 34 ευρωπαϊκές οικονομίες, που διερευνήθηκαν για χρονικό διάστημα από το 2008 έως το 2019. Σε αυτές περιλαμβάνονται οι 27 χώρες της ΕΕ (Topolewski, 2021). Ο συσχετισμός αυτός είχε παλιότερα εντοπισθεί από τους Kraft και Kraft (Kraft & Kraft, 1978). και άλλους μελετητές και πλέον επιβεβαιώνεται αξιωματικά. Η σημασία του συσχετισμού αυτού είναι μεγάλη, ιδίως στον τομέα της εξοικονόμησης της ενέργειας, που σε περαιτέρω σημείο της παρούσας εργασίας, θα συζητηθεί ξεχωριστά. Οι ευρωπαϊκές χώρες καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας, γεγονός που αξιωματικά συνεπάγεται την οικονομική τους ανάπτυξη.

Περαιτέρω, είναι ερευνητές οι συνέπειες της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας, που θα προκύψει από το μηχανισμό της εξοικονόμησης ενέργειας και η ανάσχεση ή όχι της οικονομικής τους ανάπτυξης. Οι επαληθευμένες μελέτες προκρίνουν ότι ο μηχανισμός της εξοικονόμησης ενέργειας δεν θα έχει αρνητικό αντίκτυπο στην διαδικασία της οικονομικής ανάπτυξης των χωρών, που τον υιοθετούν, αλλά αντίθετα βελτιώνουν την ποιότητα ζωής των κατοίκων τους (Topolewski, 2021).

---

<sup>1</sup> Decoupling

### 3.2.1. Η αντικατάσταση των παλιών από τα νέα ηλεκτρικά δίκτυα: τα έξυπνα δίκτυα

Τα ηλεκτρικά δίκτυα του 20<sup>ου</sup> αιώνα ήταν προικισμένα και άκρως επαναστατικά για την εποχή τους. Σχεδιάστηκαν αρχικά από τους εμπνευσμένους πρωτοπόρους Thomas Edison και Nikola Tesla. Η ροή του ηλεκτρισμού σ' αυτά είναι μονόπλευρη. Εκκινείται από την παραγωγή προς τα κέντρα της κατανάλωσης της ενέργειας. Οι αυξομειώσεις της ζήτησης ισχύος επιτυγχάνοντο με τη ρύθμιση της παραγωγής προς τα πάνω ή προς τα κάτω. Όμως, τα καθετοποιημένα ηλεκτρικά συστήματα, με την άκαμπτη παραγωγή και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας, με τον ιεραρχικό και ανελαστικό συστημικό έλεγχο, δεν μπορούν πια να εξασφαλίσουν τις παρούσες ανάγκες νοικοκυριών και επιχειρήσεων ούτε τις ακραίες εκφάνσεις της κλιματικής αλλαγής ούτε να διαχειριστούν αποδοτικά την αυξανόμενη διείσδυση των ΑΠΕ στο ηλεκτρικό δίκτυο. Σήμερα οι σύγχρονες ανάγκες είναι διαφορετικές.

Τα ηλεκτρικά δίκτυα δεν χρειάζεται βεβαίως να αλλάξουν βεβαίως μορφή, αλλά να ανανεωθούν. Αφενός η αύξηση του πληθυσμού στις πόλεις και ο αναμενόμενος υπερπληθυσμός, συνεπαγόμενος την αντίστοιχη υπερ-κατανάλωση ηλεκτρισμού στις πόλεις, ως προελέχθη, θα κλυδωνίσουν σοβαρά τα παλιά ηλεκτρικά δίκτυα. Με την άνοδο της μέσης αστικής τάξης (Κίνα-Ινδία), την πρόοδο της Τεχνολογίας και της Επιστήμης, όλο και περισσότερες συσκευές θα προστίθενται στα νοικοκυριά και στις λοιπές εγκαταστάσεις. Ενδεικτικά, η οικιακή κατανάλωση θα απαιτεί όλο και περισσότερους φούρνους, ψυγεία, τηλεοράσεις,. Στους υπόλοιπους χώρους, όπως στα σχολεία, στη δημόσια διοίκηση και στους εργασιακούς χώρους, θα χρειάζονται περισσότεροι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, στα νοσοκομεία και στις απομακρυσμένες περιοχές, εργαλεία και συσκευές για την τηλεμετρία και την τηλεϊατρική κλπ. Αφετέρου, σε επείγουσες ανάγκες ακραίου ψύχους, καύσωνα, πτώσης δέντρων και πυρκαγιάς δασών, τα πεπαλαιωμένα ηλεκτρικά συστήματα αδυνατούν να ανταποκριθούν. Ο υπολογισμός των δαπανών, εκατομμυρίων ευρώ, για την αποκατάσταση και την αναβάθμιση των ηλεκτρικών δικτύων, αποδεικνύει την επείγουσα ανάγκη για τον επανασχεδιασμό τους. Από την άλλη όμως, οι ΑΠΕ, όπως η αιολική ή ηλιακή ενέργεια, που είναι διακοπτόμενες, μειώνουν την αξιοπιστία των ενεργειακών συστημάτων. Επειδή οι ΑΠΕ είναι συνήθως και αποκεντρωμένες (αφού η ενέργεια παράγεται σε γεωγραφικά απομακρυσμένες περιοχές), μειώνεται και η συνολική αξιοπιστία του ηλεκτρικού συστήματος, που επιβαρύνεται.

Η αναβάθμιση των ηλεκτρικών δικτύων σε 'έξυπνα' είναι μια απαίτηση της σύγχρονης εποχής. Η προσθήκη του επιθετικού όρου «έξυπνα» ή «ευφυή» δηλώνει την εγγύηση ότι τα νέα δίκτυα αποτελούνται από ό,τι πιο σύγχρονο και τεχνολογικά εξελιγμένο υπάρχει και συμβαδίζουν με την συντονισμένη εξέλιξη της ανθρώπινης και της τεχνητής νοημοσύνης. Με την πρόοδο της 4<sup>ης</sup> Βιομηχανικής Επανάστασης, που έχει ξεκινήσει, η αναβάθμιση των παλιών δικτύων, η ηλεκτρονική ρύθμιση της ισχύος και ο έλεγχος της ηλεκτρικής ενέργειας θα συνεπαχθούν την αναδιάρθρωση της συνολικής βιομηχανίας του ηλεκτρισμού.

Έτσι, τα νέα-έξυπνα δίκτυα είναι ψηφιακά, διαθέτουν αισθητήρες και εξυπηρετούν την κατανομημένη παραγωγή. Είναι ευπροσάρμοστα και διαθέτουν συστήματα αυτοπαρακολούθησης και αυτορρύθμισης. Επιτρέπουν την αμφίδρομη ροή του ηλεκτρισμού και των πληροφοριών. Αφορούν κάθε στάδιο από την παραγωγή, τη μεταφορά, την διανομή και την προμήθεια ηλεκτρισμού, σε όλα τα περιβάλλοντα. Επιτρέπουν τη σύνδεση γεννητριών κάθε μεγέθους και τεχνολογίας. Ενσωματώνουν σωρεία ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων και επικοινωνιακών εφαρμογών και συνδυάζονται καλύτερα και πιο ομαλά με τις ΑΠΕ. Η τεχνολογία των επικοινωνιακών συστημάτων επιτρέπει τον εντοπισμό, τη διερεύνηση και τη ρύθμιση στη χρήση και κατανάλωση ενέργειας. Παρέχουν καλύτερη ποιότητα ηλεκτρισμού με τη διπλής κατεύθυνσης (αμφίδρομη) επικοινωνία. Εξισορροπούν την προσφορά και τη ζήτηση ισχύος σε πραγματικό χρόνο, εξομαλύνοντας τις «αιχμές» και αποφεύγοντας την κάλυψη από τις εφεδρείες. Το έξυπνο δίκτυο μπορεί να προσφέρει αλληλεπίδραση μεταξύ ζήτησης ισχύος και παραγωγής ισχύος σε πραγματικό χρόνο.

Επίσης, εξασφαλίζεται ο καλύτερος υπολογισμός του ισοζυγίου. Οι διαχειριστές του δικτύου μπορούν να ανιχνεύσουν τα σφάλματα και να βρίσκουν ταχύτερα την εναλλακτική διαδρομή για τη ροή του ηλεκτρισμού, παρακάμπτοντας το σφάλμα. Έτσι, αυξάνεται η αξιοπιστία του συστήματος και μειώνεται το κόστος. Κάνουν τη βέλτιστη χρήση της αποκεντρωμένης ηλεκτροπαραγωγής των ΑΠΕ. Γίνεται με αυτά αποδοτικότερη η χρήση της υπάρχουσας εγκατεστημένης ισχύος και των συστημάτων μεταφοράς και διανομής του ηλεκτρισμού και μειώνονται οι απώλειες. Αλλάζει και ο μηχανισμός κοστολόγησης, που αφορά τις υψηλότερες τιμές σε ώρες αιχμής, και εκλείπει η ανάγκη χρήσης των εφεδρειών.

Τα έξυπνα δίκτυα μπορούν να συνομιλούν με τις άλλες έξυπνες ηλεκτρικές συσκευές. Τα έξυπνα δίκτυα έχουν την ικανότητα της αυτοθεραπείας και της αυτορρύθμισης. Όταν αυξομειώνεται παραδείγματος χάριν η ταχύτητα του ανέμου στα αιολικά πάρκα ή όταν τα σύννεφα καλύπτουν τον ήλιο στα ηλιακά πάρκα, αποφεύγεται η αύξηση του ‘ramping’, δηλ. οι απότομες μεταβολές στην ηλεκτροπαραγωγή, που πλήττουν τη σταθερότητα του ηλεκτρικού συστήματος. Επειδή το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο είναι ψηφιακό σύστημα, είναι ευάλωτο στις πιθανές κακόβουλες επιθέσεις του κυβερνοχώρου. Διαθέτει ένα έξυπνο σύστημα προστασίας, για να το χαλυβδώσει έναντι αυτών και να προστατεύσει την ιδιωτικότητα.

Επίσης, τα έξυπνα δίκτυα παρέχουν πάρα πολλές δυνατότητες και υπηρεσίες στον τελικό χρήστη, ο οποίος αυτενεργεί και δεν είναι ο παθητικός καταναλωτής του ηλεκτρισμού ως προϊόντος. Είναι ενεργός συμμετοχος από την παραγωγή έως την κατανάλωσή του. Μάλιστα, μπορεί να παράγει

ενέργεια, όπου αυτό προβλέπεται, από το φωτοβολταϊκό στη στέγη του σπιτιού του και να τον διαθέσει στο δίκτυο. Έτσι γίνεται, από καταναλωτής prosumer<sup>2</sup>.

Τα συστήματα V2G και G2V, που προϋποθέτουν τα ηλεκτρικά οχήματα (EV's) έχουν προβλεφθεί, για να παρέχουν ενέργεια στο δίκτυο, όταν η ζήτηση θα είναι μεγάλη. Ο ρυθμιστικός ρόλος των μπαταριών των ηλεκτρικών οχημάτων θα είναι κομβικός και θα διευκολύνει το «ξύρισμα» των ακμών της ηλεκτρικής ενέργειας. Όταν η ζήτηση είναι χαμηλή, θα μπορεί να γίνεται η φόρτιση των μπαταριών των ηλεκτρικών οχημάτων. Όταν θα υπάρχει ανάγκη για ηλεκτρική ενέργεια, θα μπορεί να αποφορτίζεται η μπαταρία τους και να διοχετεύεται η ηλεκτρική ενέργεια πίσω στο δίκτυο. Με τον τρόπο αυτό η έξυπνη πόλη χρησιμοποιεί το έξυπνο δίκτυο. Η αμφίδρομη ροή της ενέργειας εξασφαλίζει το υγιές περιβάλλον της έξυπνης πόλης, φυσικό και οικονομικό. Η νέα αυτή χρήση της υπάρχουσας – αποθηκευμένης ενέργειας, μειώνει τις περιττές εκπομπές θερμοκηπικών αερίων και μειώνει τις «αιχμές» στη ζήτηση ενέργειας, «πρασινίζοντας» την ηλεκτροπαραγωγή.

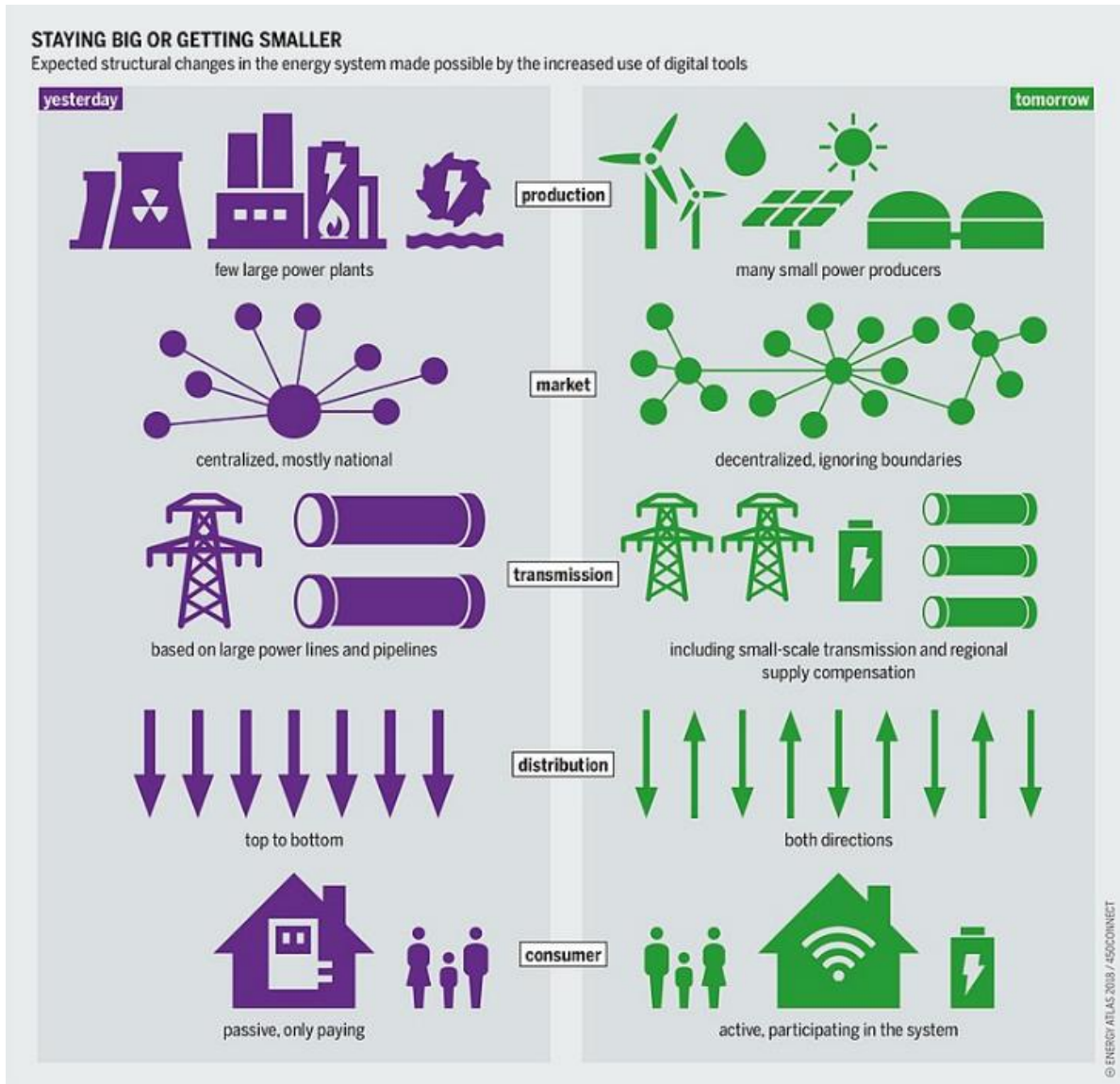
Τα έξυπνα ηλεκτρικά δίκτυα τα διακρίνει ο διάχυτος έλεγχος και η αυτοπαρακολούθηση. Με αισθητήρες μπορεί να ελέγχεται η κατάσταση της στατικότητας του πύργου μετάδοσης, η ταλάντωση των αγωγών, η απόκλιση του ανέμου, η μικρο-μετεωρολογία (ηλιοφάνεια, βροχόπτωση, ταχύτητα του ανέμου, υγρασία κ.ά.), η δόνηση του ανέμου, η θερμοκρασία και το πάγωμα των αγωγών. Οι συλλεγείσες πληροφορίες μεταδίδονται συνολικά από τις εγκαταστάσεις προς τα κέντρα παρακολούθησης μέσω ενός δικτύου επικοινωνίας, πχ κινητής τηλεφωνίας. Ο μεγάλος όγκος δεδομένων θα μπορεί να αναλυθεί και να επιτρέψει και την ορθή τιμολόγηση σε πραγματικό χρόνο. Ωστε είναι εξαιρετικά κρίσιμο, οι επιχειρήσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας να καθορίσουν εκ των προτέρων τις απαιτήσεις τους για τα συστήματα επικοινωνίας που θα χρειάζονται και να βρουν τις κατάλληλες υποδομές. Οι καταναλωτές πάλι θα μπορούν να εξοικονομούν ενέργεια και να απενεργοποιούν αχρείαστες ηλεκτρικές συσκευές, όταν πχ η τιμή του ηλεκτρισμού ξεπερνά μια συγκεκριμένη τιμή ή όταν λαμβάνει χώρα ένα πραγματικό, πρόσκαιρο, γεγονός που αφορά το δίκτυο, όπως η μείωση παραγωγής ισχύος στα φωτοβολταϊκά πάρκα λόγω συννεφιάς.

Από τον πιο κάτω πίνακα προκύπτουν διακριτά οι διαφορές των παραδοσιακών δικτύων σε σχέση με τα νέα, οι οποίες συζητήθηκαν πιο πάνω.

---

<sup>2</sup> Consumer//Prosumer (= producer + consumer).

**Γράφημα 3.4. Σύγκριση παλιών και νέων ηλεκτρικών δικτύων**



Πηγή: *Energy Atlas 2018: Figures and Facts about Renewables in Europe* – <https://energytransition.org/2018/04/europe-must-choose-a-green-future/>

### 3.2.2. Οι πολιτικές και οι ρυθμιστικές τάσεις για τα έξυπνα δίκτυα

Επειδή ακριβώς στην ΕΕ τα έξυπνα δίκτυα αντιμετωπίζονται ως υποδομές, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή με το Clean Energy Package πρότεινε το 2020 τη χρηματοδότηση μέτρων, που θα διευκολύνουν τους διαχειριστές του δικτύου να ενσωματώσουν την ευφυέστερη τεχνολογία στις πρακτικές τους. Αυτή ήρθε να συμπληρώσει το παλαιότερο σχέδιο της ΕΕ, το Strategic Energy Technology, του 2009. Το Clean Energy Package στοχεύει στη διευκόλυνση της μετάβασης από

τα ορυκτά καύσιμα στις «πράσινες» μορφές ενέργειας, χρησιμοποιώντας την ψηφιοποίηση των συστημάτων. Ο σχεδιασμός της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας βασίζεται περισσότερο από ποτέ στην ψηφιοποίηση.

Η Οδηγία για τον Ηλεκτρισμό EU2019/944:

α) δίνει στους καταναλωτές το δικαίωμα να αιτηθούν από τον πάροχό τους τον έξυπνο μετρητή και το συμβόλαιο δυναμικής τιμολόγησης.

β) υποχρεώνει τα κράτη-μέλη της ΕΕ να μεριμνήσουν για την εισαγωγή των έξυπνων μετρητών μετά από μία θετική ανάλυση κόστους-οφέλους. Υπολογίζεται ότι το 80% των τελικών καταναλωτών θα εξοπλισθεί με έξυπνους μετρητές, 7 έτη μετά την εκπόνηση της πιο πάνω μελέτης. Στις περιπτώσεις που τα ίδια τα κράτη-μέλη έχουν, σε προγενέστερο στάδιο (πριν την Οδηγία EU2019/944), ήδη μεριμνήσει για την υιοθέτηση των έξυπνων μετρητών, το ορόσημο είναι το 2024.

γ) ορίζει τα κατώτατα τεχνικά και λειτουργικά standards, για την εξασφάλιση πληροφόρησης για την πραγματική κατανάλωση, τον πραγματικό χρόνο κατανάλωσης ενέργειας και το ιστορικό της κατανάλωσης, με έμφαση στην κυβερνοασφάλεια, την προστασία της ιδιωτικότητας και των προσωπικών δεδομένων του καταναλωτή.

δ) θέτει όρους για τη διαχείριση των δεδομένων

ε) ειδικότερα, αναγνωρίζει την εξαιρετική σημασία των έξυπνων δικτύων. Ο ευρωπαϊκός σύνδεσμος ENTSO-E και οι ευρωπαϊκοί διαχειριστές δικτύου διανομής (DSO's) οφείλουν να προάγουν την ψηφιοποίηση των δικτύων μεταφοράς και διανομής ηλεκτρισμού, δίνοντας προτεραιότητα σε καινοτόμες τεχνολογίες, όπως η αποθήκευση της ενέργειας, η ανταπόκριση στη ζήτηση κ.ά. Αντίστοιχες προβλέψεις γίνονται και για τα κτίρια καθαυτά.

### **3.2.3. Το μικροδίκτυο<sup>3</sup> και η ενίσχυση της στιβαρότητας των υποδομών στις έξυπνες πόλεις**

Το μικροδίκτυο είναι ένα σύστημα διασυνδεδεμένων φορτίων και κατανεμημένων ενεργειακών πόρων εντός καθορισμένων ηλεκτρικών ορίων. Ενεργεί ως ξεχωριστή, αυτόνομη και τοπική

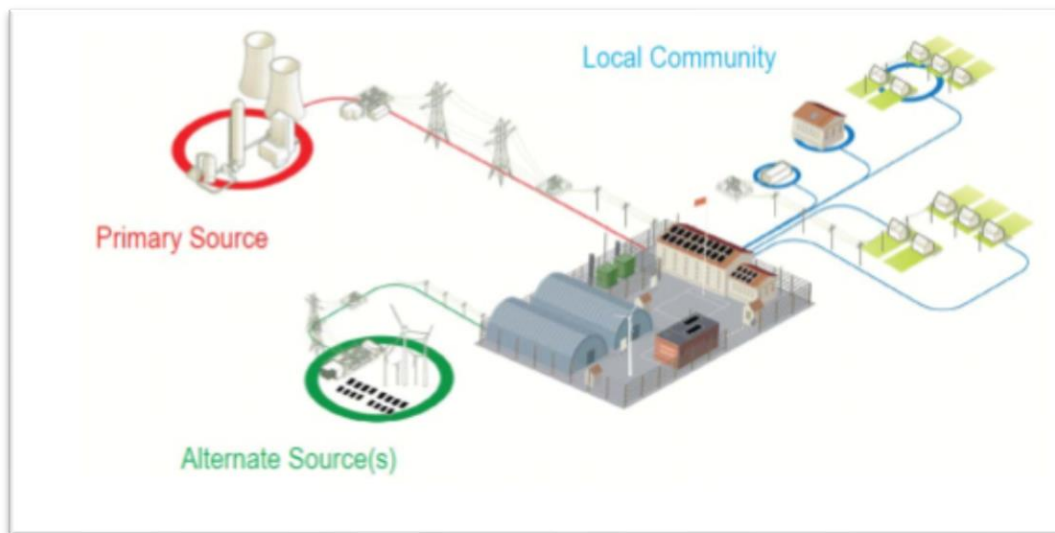
---

<sup>3</sup> Microgrid

λειτουργική οντότητα, που μπορεί να συνδεθεί και να αποσυνδεθεί από ένα μεγαλύτερο δίκτυο, ώστε να του επιτρέψει να λειτουργήσει και σε διασύνδεση με το δίκτυο και σε απομονωμένη λειτουργία<sup>4</sup>. Με αυτό εξασφαλίζεται η ανθεκτικότητα των οικοσυστημάτων των έξυπνων πόλεων, καθώς και οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, στο ευρύτερο δίκτυο, που εξυπηρετεί. Συνήθως η απομακρυσμένη τοποθεσία της μονάδας παραγωγής επιβάλλει τη δημιουργία του. Απαντά πολύ συχνά στα συστήματα των έξυπνων πόλεων και εξασφαλίζει τη διαρκή λειτουργεί των σημαντικών συστατικών τους, όπως πχ τα φανάρια ρύθμισης της κυκλοφορίας, η βελτιστοποίηση του φωτισμού των δρόμων. Χρησιμοποιεί σένσορες, μηχανές τεχνητής νοημοσύνης και τους μηχανισμούς διαχείρισης των πληροφοριών του machine learning. Προς το παρόν τα microgrids δεν είναι ώριμες εφαρμογές. Η μοναδική αποτρεπτική συνθήκη για τη διαδεδομένη υιοθέτησή του είναι το υψηλό κόστος, που βεβαίως αναμένεται να μειωθεί σταδιακά εντός της επόμενης δεκαετίας.

Στον πιο κάτω πίνακα απεικονίζεται η διάρθρωσή του και διακρίνονται σε αυτόν η τοπική κοινότητα (σε μια έξυπνη πόλη), η πρωτογενής πηγή ενέργειας και η εναλλακτική.

**Γράφημα 3.5. Διάρθρωση μικροδικτύου**



Πηγή: Tamer Rousan, *Smart cities and microgrids* pubs.naruc.org

---

<sup>4</sup> Island Mode



### 3.3. Οι έξυπνοι μετρητές, το Internet of Things και η διαχείριση της ζήτησης<sup>5</sup>

Στη μία άκρη του έξυπνου δικτύου υπάρχει η ηλεκτροπαραγωγή, η διάθεση και η έξυπνη διανομή. Γι αυτές έγινε αναφορά πιο πάνω. Στην άλλη άκρη του έξυπνου δικτύου, αυτού της κατανάλωσης, υπάρχει ο ‘έξυπνος μετρητής’, που εξασφαλίζει, εκτός άλλων, την έξυπνη διαχείριση της ηλεκτρικής ενέργειας και την καλύτερη συντήρηση του δικτύου. Πρόκειται για μία από τις σημαντικότερες συσκευές των έξυπνων δικτύων, που χρησιμοποιεί το IoT, υποστηριζόμενη από μία ειδική μορφή επικοινωνίας, την Προηγμένη Υποδομή Μέτρησης<sup>6</sup>. Αυτή ουσιαστικά χαρτογραφεί τη διαδρομή της αμφίδρομης επικοινωνίας των έξυπνων μετρητών με το πληροφορικό σύστημα των προμηθευτών κοινής ωφελείας, ενσύρματα ή ασύρματα. Εκτός από τη λειτουργία της αμφίδρομης ροής της ηλεκτρικής ενέργειας και της αμφίδρομης επικοινωνίας πληροφοριών, ο έξυπνος μετρητής θα εξασφαλίζει τη λειτουργία του ελέγχου του φορτίου και τη λειτουργία απεικόνισης της χρέωσης. Για τους καταναλωτές θα προκύψει μεγάλη ωφέλεια, καθώς θα μπορούν να προγραμματίζουν και να εποπτεύουν την κατανάλωσή τους<sup>7</sup>.

Στο δομημένο περιβάλλον των έξυπνων πόλεων, η διαχείριση της ζήτησης εστιάζεται κυρίως σε, μικρής χρονικής κλίμακας – βραχυπρόθεσμα γεγονότα, όπως η ανταπόκριση στη ζήτηση<sup>8</sup>. Αυτά είναι συμφυή με την έννοια των έξυπνων πόλεων και τον ευφυή έλεγχο, όπου οι πληροφορίες λαμβάνονται σε πραγματικό χρόνο και προκαλούν αυτοματοποιημένες αποφάσεις. Στιγμιαίες αλλαγές στα φορτία μπορεί να διευκολύνουν κιάλας την ικανοποίηση των περιορισμών της προσφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, χωρίς να επηρεάζουν την άνεση μέσα στο κτίριο, εφόσον, κατόπιν αρμοδίου ελέγχου (O’Dwyer, Edw., et al, 2019).

Τα έξυπνα δίκτυα θα βοηθήσουν να υιοθετηθεί μια πιο υγιής και συνειδητή καταναλωτική συμπεριφορά. Οι παρατηρήσεις των μοτίβων της κατανάλωσης μέσα στα νοικοκυριά θα βοηθήσουν πάρα πολύ και την ηλεκτροπαραγωγική Βιομηχανία να έχει ανατροφοδότηση για την κατανόηση του πως χρησιμοποιείται το τελικό προϊόν της, ο ηλεκτρισμός, εντός των άλλοτε «κεκλεισμένων θυρών» των νοικοκυριών, και μάλιστα στο παρόν πρώιμο στάδιο της ευδοκίμησης του έξυπνου δικτύου (Bulkeley, H., et al., 2015). Οι διαχειριστές του συστήματος διανομής θα

---

<sup>5</sup> Demand Side Management – DSM.

<sup>6</sup> Advanced Metering Infrastructure, AMI.

<sup>7</sup> Πρακτικές ‘governing the self’.

<sup>8</sup> Demand Respond, DR.

επωφεληθούν, ιδιαιτέρως από τις πληροφορίες αυτές, γιατί η καλύτερη διαχείριση του δικτύου τους θα μειώσει τα διαχειριστικά τους έξοδα και το κόστος διατήρησης.

### **3.3.1. Ο επαναπροσδιορισμός του ρόλου του τελικού χρήστη στο νέο ενεργειακό τοπίο**

Τα νέα έξυπνα δίκτυα δεν είναι πλέον παθητικά, αλλά ενεργά συστήματα. Ενσωματώνουν τις διεσπαρμένες ΑΠΕ και ενημερώνουν τους καταναλωτές για την ενέργεια που καταναλώνουν. Εξασφαλίζουν την ενεργειακή ασφάλεια και την ποιότητα της λειτουργίας των δικτύων. Σε περιβάλλοντα ενεργειακής μετάβασης προς την ηλεκτροπαραγωγή χαμηλού-μηδενικού ανθρακικού αποτυπώματος εμφανίζονται ως μία απαραίκλιτη συνθήκη. Συλλέγουν δεδομένα τεραστίου όγκου σε κάθε στάδιο και σημείο του δικτύου, και μάλιστα με την υποχρέωση να διασφαλίζουν με αξιοπιστία και εμπιστευτικότητα.

Οι διοικητικές αρχές της πόλης και οι πάροχοι του ηλεκτρικού δεν πρέπει να αντιμετωπίζουν την ανάγκη ανανέωσης του δικτύου ως ένα τεχνικό ζήτημα μόνο. Μέχρι πρότινος, οι αλλαγές (πχ στους μετρητές) επιβάλλονταν κάθετα από τον πάροχο ή τη δημόσια-τοπική αρχή προς τον καταναλωτή, γεγονός που ενδεχομένως να πυροδοτούσε διαφωνίες και να προέκυπταν δυσλειτουργίες. Πλέον, πολλές τοπικές διοικήσεις αίρουν την υποχρεωτικότητα των αλλαγών και καλλιεργούν περιβάλλοντα συναίνεσης και συνεργασίας. Αναδύεται η ανάγκη να επαναπροσδιοριστεί σταδιακά, αλλά ριζικά, η σχέση μεταξύ όλων των παραγόντων του νέου έξυπνου δικτύου με τον τελικό χρήστη τους.

Ο καταναλωτής, δηλ. ο τελικός χρήστης του νέου δικτύου θα κληθεί να αποδεχθεί και να χρησιμοποιήσει από μόνος του περισσότερη τεχνολογία και τις ίδιες τις υποδομές. Η αποδοτικότητα του νέου έξυπνου δικτύου θα εξαρτηθεί από την κοινωνική αποδοχή και την αποδοχή του καταναλωτή, ο οποίος θα επιδεικνύει, ή όχι, προσαρμοστική συμπεριφορά. Η συμμόρφωση προς τα νέα δεδομένα και η αποφυγή της άσκοπης κατανάλωσης θα πλαισιώσουν τα νέα μοτίβα των κοινωνικά αποδεκτών συμπεριφορών. Και ενώ στην αρχή η τοποθέτηση των ΑΠΕ εντός της πόλης, πχ φωτοβολταϊκά στις ταράτσες ή στις στέγες των σπιτιών, οδηγεί στην προσδοκία οικονομικού οφέλους από το Έξυπνο Δίκτυο, σταδιακά με την παρακολούθηση της κατανάλωσής του μέσω του έξυπνου μετρητή και άλλων οικιακών συσκευών, ο τελικός χρήστης εκπαιδεύεται να υιοθετεί νέα μοτίβα στην κατανάλωση της ενέργειας (εξοικονόμηση).

Η υλοποίηση του νέου έξυπνου δικτύου λοιπόν δεν είναι μονοσήμαντη ούτε μπορεί να επιβληθεί ως κάθετη επιταγή άνωθεν προς τον καταναλωτή. Αφ'ής στιγμής ο μέχρι πρότινος οικιακός καταναλωτής ενέργειας της πόλης καλείται να αποδεχθεί την τοποθέτηση στην οροφή του κτιρίου, όπου κατοικεί, της συσκευής παραγωγής ενέργειας (πχ φωτοβολταϊκό), ή ενός έξυπνου μετρητή, και να φροντίζει ο ίδιος γι αυτές, ο ρόλος του αναβαθμίζεται. Τα επόμενα χρόνια, εκατομμύρια καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας λόγω των έξυπνων δικτύων, θα αναγορευτούν σε συντελεστές της ηλεκτροπαραγωγής.

Χάρι στα έξυπνα σπίτια, στην ηλεκτροκίνηση και στην απομακρυσμένη κινητικότητα θα δημιουργηθούν νέα επιχειρηματικά μοντέλα και νέες καινοτόμες επιχειρηματικές δυνατότητες. Την ίδια γραμμή θα αναγκαστεί να ακολουθήσει και ο δημόσιος τομέας, για να παραμείνει ανταγωνιστικός. Το πολύ σημαντικό όμως αποτέλεσμα, που θα προκύψει οπωσδήποτε, είναι το εξής, ότι πλέον ο καταναλωτής θα έχει ο ίδιος πρόσβαση σε πραγματικό χρόνο στα δεδομένα της κατανάλωσής του. Ούτως ώστε, χάρι στην αξιοπιστία, τη διαφάνεια και την αμεσότητα, ο καταναλωτής θα μπορεί να επέμβει την κατάλληλη στιγμή διορθωτικά μετά από το τιμολογιακό σήμα της αγοράς<sup>9</sup> και να ρυθμίσει την κατανάλωσή του. Η δυνατότητα αυτή αναμένεται να οδηγήσει στη διαμόρφωση υπεύθυνων καταναλωτικών συμπεριφορών, με απαιτήσεις εκατέρωθεν. Οι οικιακοί καταναλωτές θα έχουν την ευχέρεια να εφαρμόσουν τις αρχές της εξοικονόμησης ενέργειας και να εγκαταλείψουν τις ενεργοβόρες συνήθειες (Bulkeley, H., et al., 2015). Οι έξυπνοι μετρητές επίσης, θα επιτρέψουν στους τελικούς χρήστες να συμμετέχουν απευθείας στην αγορά της ενέργειας, μέσω προγραμμάτων ανταπόκρισης στη ζήτηση, να εντοπίσουν τα τιμολογιακά σημάδια της αγοράς και να επωφεληθούν από τη χαμηλότερη προσφερόμενη χρέωση ηλεκτρισμού.

### **3.3.2. Η ανάγκη για ταχύτερη εισαγωγή της αποκεντρωμένης ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ στα έξυπνα ηλεκτρικά δίκτυα και στον κτιριακό τομέα μέσω των πόλεων**

Οι νέες συνθήκες υποδεικνύουν την αναγκαιότητα για την αναδιάρθρωση των ενεργειακών πρακτικών και την ενσωμάτωση σε αυτές των νέων πολιτικών. Παράλληλα, διαφαίνεται και η ανάγκη για το κλείσιμο του ‘χάσματος εφαρμογής’, ώστε να καθιερωθεί η αποκεντρωμένη ηλεκτροπαραγωγή. Ο στόχος για την ταχύτερη επίτευξη της ηλεκτροδότησης των πόλεων οφείλει να εργαλειοποιεί κατ’ίσο τρόπο την επέκταση του υπάρχοντος ηλεκτρικού δικτύου, τα mini-grids και τα αυτόνομα ηλεκτρικά συστήματα, ως διαθέσιμα εργαλεία. Για τον ίδιο επίσης λόγο δίδονται και οικονομικά κίνητρα, ώστε να ολοκληρωθεί κατά το δυνατόν συντομότερα η ενεργειακή μετάβαση.

Οι πόλεις αποδεικνύεται ότι έχουν τεράστιο δυναμικό, για να προωθήσουν πρακτικές μείωσης της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Από μελέτη επί 3.649 πόλεων ανά τον κόσμο προέκυψε ότι σε τοπικό επίπεδο κάθε πόλη έχει τεράστια δυναμική για την προώθηση με αποδοτικό τρόπο της ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ (IRENA, 2018).

Στις αγορές ενέργειας οι ΑΠΕ έχουν σχεδόν εξομοιωθεί με τα επιδοτούμενα μέχρι πρότινος ορυκτά καύσιμα. Οι υπολογισμοί των τοπικών υπηρεσιών κοινής ωφελείας δείχνουν ότι η

---

<sup>9</sup> Market price signal

εισαγωγή των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα μιας πόλης μπορεί να μειώσει τις τιμές του ηλεκτρισμού, σε συνδυασμό με μακροχρόνιες συμφωνίες αγοράς ενέργειας (ΣΑΕ)<sup>10</sup>. Εξυπακούεται ότι οι χαμηλές τιμές του ηλεκτρισμού δεν θα μπορούσε να επιτευχθούν με την κατασκευή νέων συμβατικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής. Συνδυαστικά, οι ΑΠΕ προσφέρονται για τη μείωση του κόστους παραγωγής του ηλεκτρισμού, έχουν μειωμένες ανάγκες για νερό, δεν χρειάζονται καύσιμα για τη λειτουργία τους και δεν έχουν ρυθμιστικό ρίσκο.

Οπότε, η ανάγκη εργαλειοποίησης κάθε διαθέσιμου μέσου για την ταχύτερη εισαγωγή της αποκεντρωμένης ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ στα έξυπνα ηλεκτρικά δίκτυα και στις ανακαινίσεις των κτιρίων είναι πλέον απαραίτητη.

### **3.3.3. Ειδικότερα οι έξυπνοι μετρητές και η ενεργειακή φτώχεια**

Στα πλαίσια της ενεργειακής και κοινωνικής τους πολιτικής, οι πόλεις μπορεί επίσης να διερευνούν μέτρα και λύσεις για την ενίσχυση των ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών. Η ενεργειακή φτώχεια είναι ένα κοινωνικό φαινόμενο, διαφορετικό από την (οικονομική) φτώχεια και εντοπίζεται ως επί το πλείστον στις πόλεις. Αφορά τα ευπαθή νοικοκυριά, που συνήθως στεγάζονται σε ενεργειακά υποβαθμισμένα κτίρια και που δεν μπορούν να ανταποκριθούν στην πληρωμή των λογαριασμών ηλεκτρικής ενέργειας, για να εξασφαλίζουν ενεργειακές υπηρεσίες. Ειδικότερα, ως πρόσφορο και εύκολα εφαρμόσιμο μέτρο συνδυαζόμενο με τους έξυπνους μετρητές, προβάλλει η δυνατότητα προπληρωμής (NEA, 2021), ούτως ώστε να προεξοφλείται η αναμενόμενη ηλεκτρική ενέργεια, που θα καταναλωθεί, πριν την πραγματική κατανάλωσή της. Γενικότερα, η «έξυπνη» αξιοποίηση και η ανάλυση των δεδομένων, που θα προκύψουν από τους έξυπνους μετρητές, θα φωτίσουν με μεγάλες λεπτομέρειες το φαινόμενο της ενεργειακής φτώχειας, ως προς το είδος και τις συνθήκες της, και μάλιστα, τοπικά, σε κάθε συγκεκριμένο αστικό περιβάλλον, που διαθέτει ξεχωριστές κλιματολογικές, οικιστικές συνθήκες και κτιριακές υποδομές, με σκοπό την ενίσχυση των ευάλωτων νοικοκυριών και τη βελτιστοποίηση της συμπεριληπτικής καινοτομίας.

---

<sup>10</sup> PPA's.

## **Κεφάλαιο 4. Ενεργειακό μίγμα, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, και πυρηνικά**

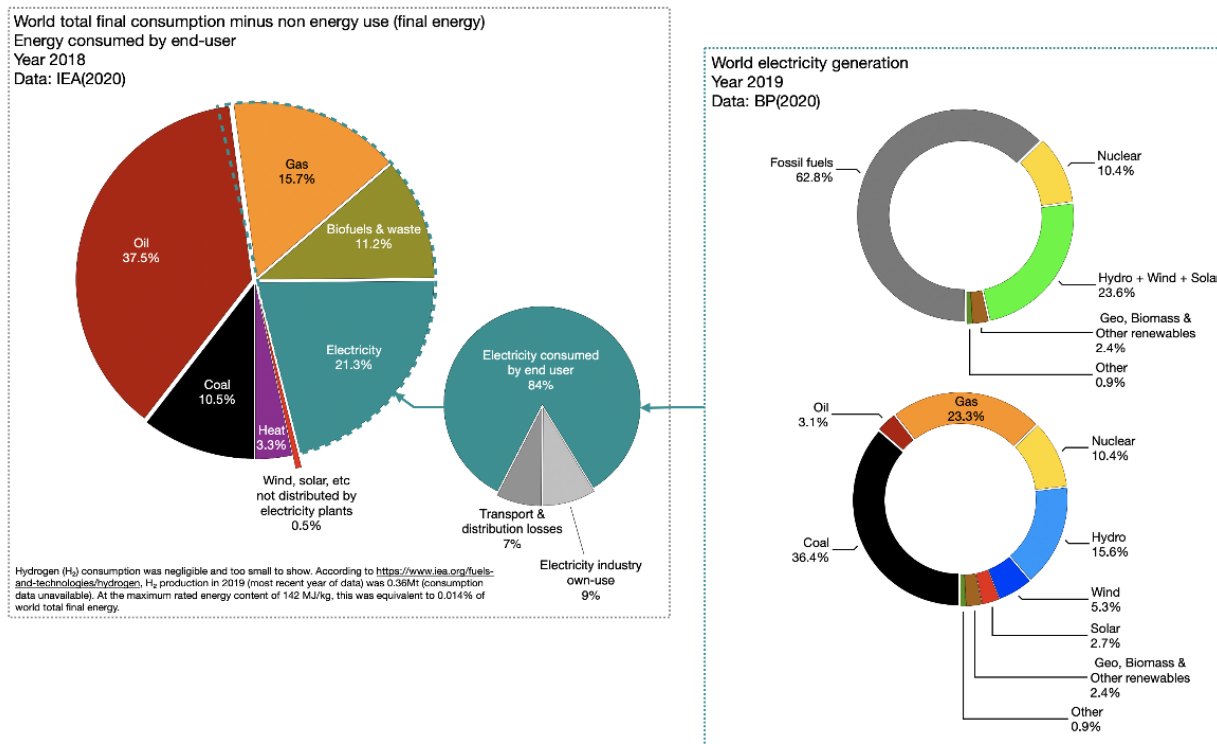
### **4.1. Το καθαρό ενεργειακό μίγμα: ΑΠΕ, πυρηνικά και μετά υδρογόνο**

Όπως προκύπτει από τα στοιχεία της ΙΕΑ, που ενσωματώθηκαν στο πιο κάτω γράφημα, η συνολική τελική παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας το 2018 αφορούσε σε ποσοστό 21,3% την ηλεκτροπαραγωγή. Από αυτό το 21,3%, ποσοστό της τάξης του 84% καταναλώθηκε από τους τελικούς χρήστες, ποσοστό της τάξης του 9% αναλώθηκε από την ίδια τη βιομηχανία ηλεκτρισμού και το υπόλοιπο 7% αφορούσε απώλειες κατά τη μεταφορά και τη διανομή του ηλεκτρικού ρεύματος. Στο πιο γράφημα (πίτα) υπ' αριθ. 4. (αριστερά) απεικονίζονται τα ποσοστά αυτά.

Αντίστοιχα, όπως προκύπτει από το γράφημα (doughnut) υπ' αριθ. 5. (δεξιά), το 2019 σύμφωνα με στοιχεία της BP, οι ΑΠΕ συμμετείχαν στην παγκόσμια ηλεκτροπαραγωγή με ποσοστό 23,6%, η πυρηνική ενέργεια με ποσοστό 10,4% και τα ορυκτά καύσιμα με ποσοστό 62,8%.

**Γράφημα 2.1. Η κατανομή της συνολικής τελικής παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας το 2018**

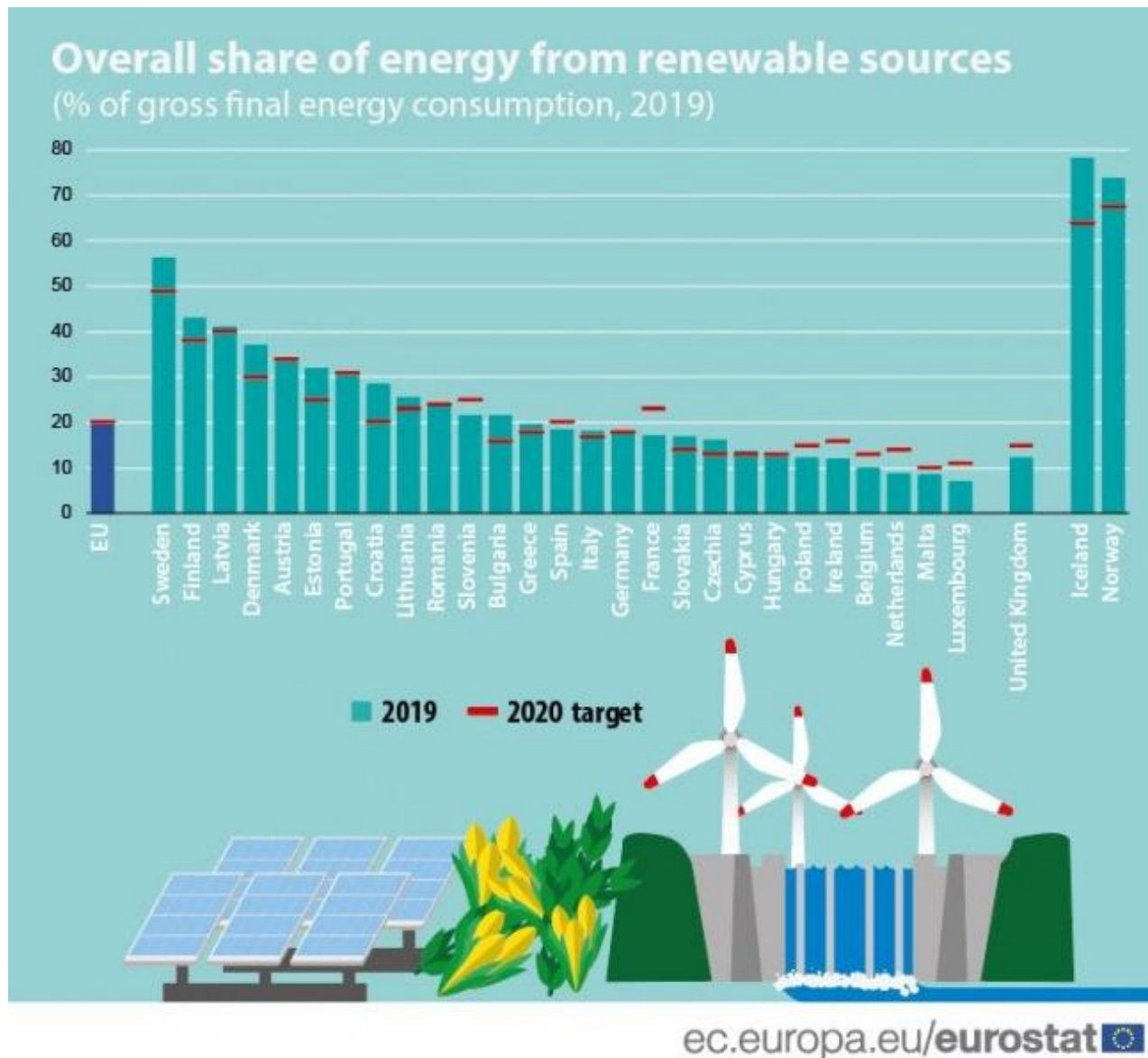
**Γράφημα 4.2. Η κατανομή των πηγών ενέργειας στην παγκόσμια ηλεκτροπαραγωγή το 2019**



Πηγή: World Energy Data, <https://www.worldenergydata.org/world-total-final-consumption>.

Ειδικότερα, στην Ευρωπαϊκή Ένωση, για το ίδιο έτος, το 2019, στο πιο κάτω ραβδόγραμμα απεικονίζεται το συνολικό μερίδιο της ακαθάριστης τελικής κατανάλωσης ενέργειας από ΑΠΕ ανά ευρωπαϊκή χώρα και συνολικά για την ΕΕ, καθώς και ο στόχος της ΕΕ για το 2020 (20%). Από το ίδιο ραβδόγραμμα προκύπτει ότι η Ελλάδα με ποσοστό 19,67% είναι πολύ κοντά στη μέση τιμή της ΕΕ των 27 (=19,73%). Έτσι, προκύπτει ότι το 2019 η ΕΕ και η Ελλάδα αντίστοιχα ήταν πολύ κοντά στο στόχο του 20% για τη συμμετοχή των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας.

Γράφημα 4.3. Το συνολικό μερίδιο της ακαθάριστης τελικής κατανάλωσης ενέργειας από ΑΠΕ ανά ευρωπαϊκή χώρα και συνολικά για την ΕΕ



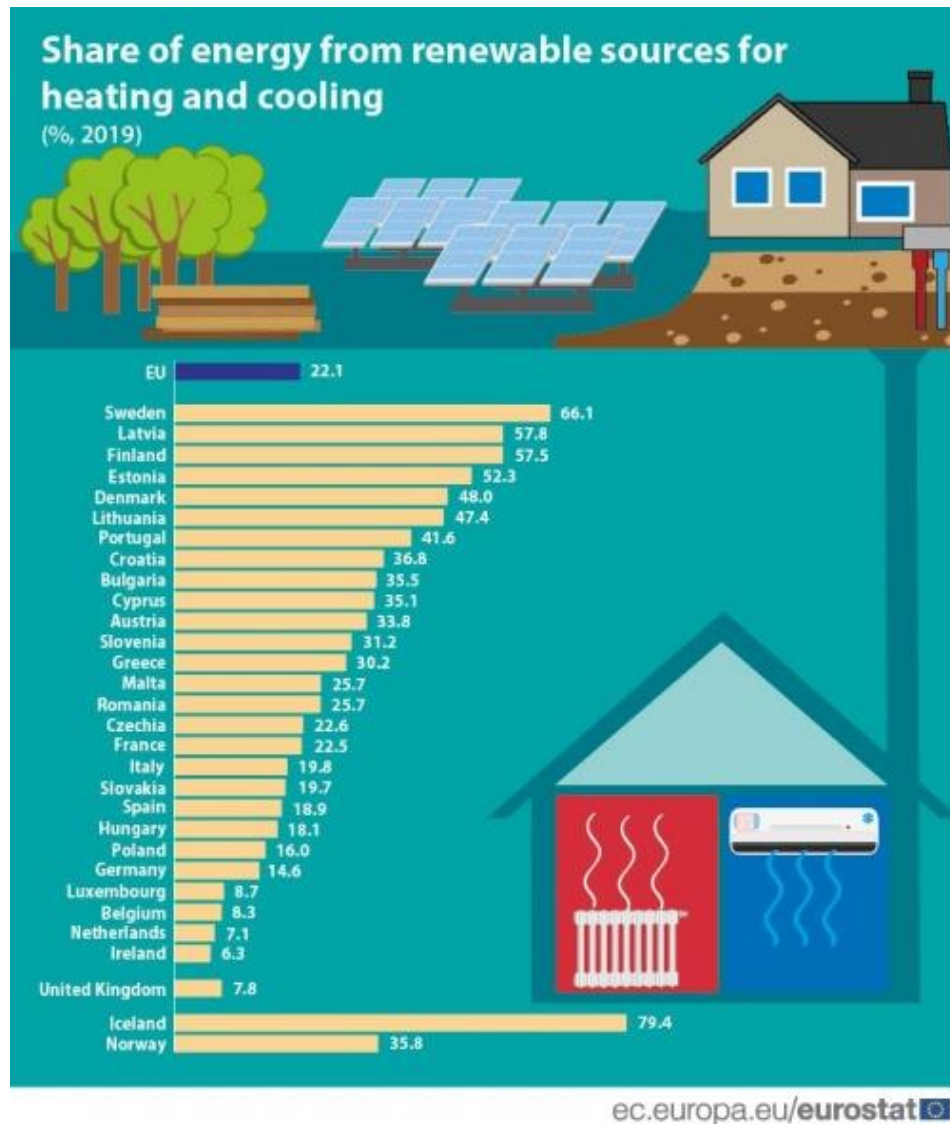
Πηγή: EC EU / EUROSTAT.

[https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Share\\_of\\_energy\\_from\\_renewable\\_sources\\_2019\\_data.15Jan2021.JPG#filelinks](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Share_of_energy_from_renewable_sources_2019_data.15Jan2021.JPG#filelinks)

Στους τομείς που αφορούν ειδικότερα τις «έξυπνες πόλεις» σημαίνουσα είναι η θέρμανση και η ψύξη των κτιρίων και οι μεταφορές. Στην ΕΕ το 2019 οι ΑΠΕ συμμετείχαν στη λειτουργία θέρμανσης/ψύξης με ποσοστό 22,1% στην ΕΕ και στην Ελλάδα με 30,2%. Στις μεταφορές όμως

για το 2019 η ΕΕ έφτασε κοντά στο στόχο του 2020, ενώ η Ελλάδα απείχε πολύ. Οι τιμές αυτές φαίνονται ειδικότερα από τα πιο κάτω ραβδογράμματα (Γράφημα 7 & Γράφημα 8).

*Γράφημα 4.4. Ποσοστό ενέργειας από ΑΠΕ για ψύξη και θέρμανση*

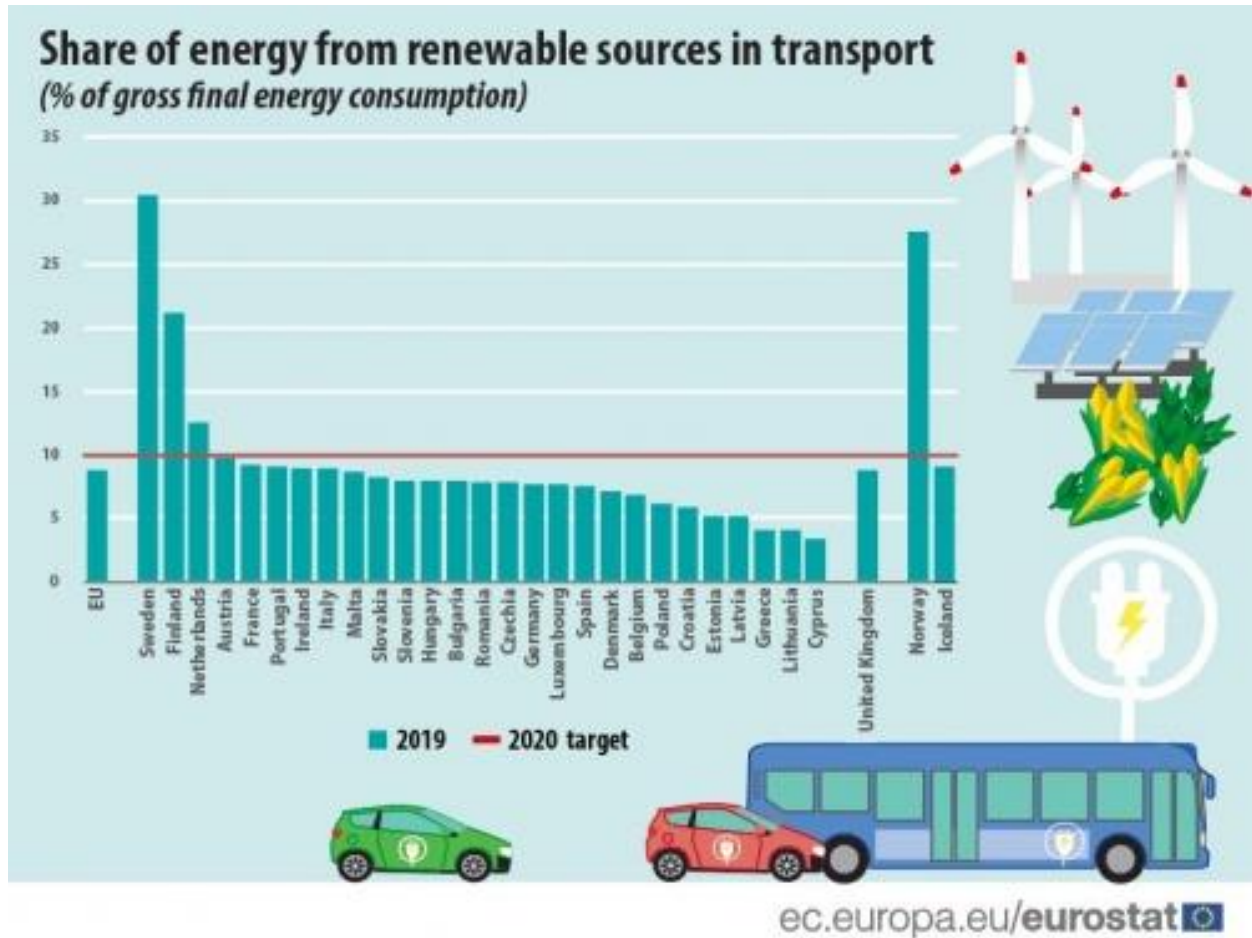


Πηγή: EC EU.

[https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Share\\_of\\_energy\\_from\\_renewable\\_sources\\_2019\\_data,15Jan2021.JPG#filelinks](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Share_of_energy_from_renewable_sources_2019_data,15Jan2021.JPG#filelinks)



Γράφημα 4.5. Ποσοστό ενέργειας από ΑΠΕ για τις μεταφορές.



Πηγή: EC EU.

[https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Share\\_of\\_energy\\_from\\_renewable\\_sources\\_2019\\_data,15Jan2021.JPG#filelinks](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Share_of_energy_from_renewable_sources_2019_data,15Jan2021.JPG#filelinks)

## 4.2. Πολιτικές σε τομείς των έξυπνων πόλεων

### 4.2.1. Η θέρμανση και η ψύξη των κτιρίων

Η θέρμανση των κτιρίων είναι υπεύθυνη για το 51% της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας και το 70% στηρίζεται σε ορυκτά καύσιμα. Επειδή μέχρι πρότινος ο ρυθμός ανακαίνισης των ευρωπαϊκών κτιρίων ήταν αργός, η πρόοδος στην υιοθέτηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

ήταν ασήμαντη. Πλέον, με το Κύμα Ανακαινίσεων της ΕΕ<sup>11</sup> και την έμφαση των πολιτικών στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων, αναμένεται να εφαρμοσθούν συνδυαστικές πολιτικές. Έτσι, όσον αφορά την τηλεθέρμανση-τηλεψύξη <sup>12</sup> :

Η παροχή θέρμανσης γίνεται με ειδικό δίκτυο μονωμένων αγωγών, που μεταφέρουν ζεστό νερό. Το νερό θερμαίνεται σε λέβητες, συνήθως σε θερμοηλεκτρικά εργοστάσια στην ευρύτερη περιοχή, αρκετά μακριά από τον τόπο της κατανάλωσης. Δηλαδή, ένας συνήθως κεντρικός καυστήρας, κι όχι ατομικοί, θερμαίνει ολόκληρη την πόλη, χιλιόμετρα μακριά. Το σύστημα αυτό αφορά περιοχές με βαρύ χειμώνα, όπου υπάρχει μεγάλη ανάγκη για θέρμανση των εσωτερικών χώρων των κτιρίων. Η μέθοδος αυτή έχει μεγάλες απαιτήσεις σε κεφάλαια,. Συνήθως τα δίκτυά της λογίζονται ως υποδομές ή η κατασκευή τους έχει χρηματοδοτηθεί από χαμηλότοκα δάνεια, από δημοτικές αρχές ή τοπικές/δημοτικές επιχειρήσεις. Σε κάποιες χώρες αποτελεί κατάλοιπο των παλιών κομμουνιστικών καθεστώτων και δεν είναι προτιμητέα, καθώς αναφέρεται σε παλιές συνήθειες. Επί της ουσίας χρησιμοποιείται το θερμικό φορτίο του ατμού στους εγγύς της πόλης θερμοηλεκτρικούς σταθμούς, που λειτουργούν με την καύση κυρίως των ορυκτών καυσίμων ή του λιγνίτη και δευτερευόντως σε ενέργεια παραγόμενη από τα απορρίμματα ή από βιοκαύσιμα και τελευταίες την αιολική και την ηλιακή ενέργεια. Τηλεθέρμανση χρησιμοποιείται στην Κίνα, στις ΗΠΑ, στη Δανία, την Πολωνία, τη Γερμανία, την Ελβετία, την Ιαπωνία και αλλού. Αντίστοιχα, μπορεί να λειτουργήσει και η τηλεψύξη σε χώρες με θερμά κλίματα, παρόλο που οι περισσότερες χώρες χρησιμοποιούν A/C. Ακόμα καλύτερες αποδόσεις μπορούν να επιτευχθούν με τη συνδυαστική χρήση του αποτελέσματος του δροσισμού, που προέρχεται από το νερό των λιμνών, των ποταμιών και της θάλασσας. Σε μεγάλη κλίμακα χρησιμοποιούν τηλεψύξη η Στοκχόλμη, το Παρίσι και το Ελσίνκι. Η τηλεψύξη επίσης χρησιμοποιείται στην Ιαπωνία, στις ΗΠΑ και κυρίως στα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, όπου το 2014 το φορτίο ψύξης καλυπτόταν από τηλεψύξη κατά 15%.

Στην Ελλάδα τέτοια συστήματα υπάρχουν στην Πτολεμαΐδα στη Μεγαλόπολη, στην Κοζάνη, στο Αμύνταιο, στο Φιλώτα και στις Σέρρες, όπου και τα αντίστοιχα εργοστάσια.

Σημαντική ωφέλεια προέρχεται από τη σύνδεση των υποδομών αυτών με τις ΑΠΕ. Η Ελβετία, η Σουηδία και η Δανία έχουν ήδη προχωρήσει στο συνδυασμό της τηλεθέρμανσης/τηλεψύξης με τις

---

<sup>11</sup> Renovation Wave

<sup>12</sup> District Heating & Cooling

ΑΠΕ. Οι μελέτες δείχνουν ότι τουλάχιστον το 20% της ενέργειας για την τηλεθέρμανση/τηλεψύξη μπορεί να προκύψει από τις ΑΠΕ (IRENA, IEA and REN21, 2020) & (IRENA, 2017).

#### **4.2.2. Ο Αναβαθμισμένος Σχεδιασμός των Μετακινήσεων στους Δρόμους και η Ηλεκτροκίνηση στις Έξυπνες Πόλεις**

Οι δρόμοι είναι ίσως οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι δημόσιοι χώροι στην καθημερινότητα μιας πόλης. Συνολικά στις μετακινήσεις, στους δρόμους και στους χώρους παρκαρίσματος είναι αφιερωμένο το 10-30% της εδαφικής έκτασης μιας πόλης (Will, 2018). Κατ' άλλους υπολογισμούς οι δρόμοι μόνο καταλαμβάνουν το 25% κατά μέσο όρο του αστικού χώρου (UN URBAN HABITAT, 2013). Με δεδομένο ότι το 1/4 του αστικού δημοσίου χώρου είναι οι δρόμοι, που εξυπηρετούν κυρίως τα αυτοκίνητα, δίνεται το έναυσμα για τις αλλαγές σε οικονομικά, φυσικά, υγιά και ασφαλή περιβάλλοντα. Η αναβάθμιση του σχεδιασμού τους αποσκοπεί στην κινητικότητα και στην προσβασιμότητα, κι όχι αποκλειστικά στις μετακινήσεις.

Τα ευφυή συστήματα μεταφορών με αυτόνομα και τα συνδεδεμένα οχήματα είναι η εικόνα από το μέλλον, που κοντοζυγώνει το παρόν. Με το 5G και το 6G, τα μεμονωμένα οχήματα θα επικοινωνούν μεταξύ τους και με τις οδικές υποδομές<sup>13</sup>. Οι ιδιότητες αυτές των δρόμων τους καθιστούν σύνολα σημείων με πολλαπλές δυνατότητες για τις εφαρμογές της αποκεντρωμένης ενέργειας, από την τοποθέτηση έξυπνων λαμπτήρων για το φωτισμό των πεζοδρομίων και των στάσεων, από τα σημεία φόρτισης των οχημάτων έως και την εφαρμογή των ψηφιακών και τεχνολογικών συστημάτων.

Από την άλλη, η υιοθέτηση της ηλεκτροκίνησης στα δημόσια και στα ιδιωτικά οχήματα αναμένεται να μειώσει τον όγκο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Στις πόλεις οι αστικές μεταφορές προκαλούν 4 δισεκατομμύρια τόνους ισοδυνάμου του CO<sub>2</sub>, δηλ. το 40% επί του συνόλου του τομέα των μεταφορών (IEA, c., 2021). Η δυσκολία υιοθέτησης της ηλεκτροκίνησης εντοπίζεται μέχρι στιγμής στο υψηλό της κόστος και στις δυσχέρειες των μπαταριών τους, (πχ στο μεγάλο όγκο που καταλαμβάνει η μπαταρία στα φορτηγά οχήματα), γεγονότα αποτρεπτικά ιδίως για τις εμπορικές μεταφορές και την τροφοδοσία μέσα στις πόλεις. Οι μικρές διαδρομές και οι χαμηλές ταχύτητες μέσα στις πόλεις δεν εξυπηρετούνται αποτελεσματικά από τις ντιζελομηχανές και τα ορυκτά καύσιμα (IEA, 2014).

---

<sup>13</sup> V2V, V2I, V2P, V2N, V2X.

Οι χώροι και οι χρήσεις τους εξετάζονται εκ νέου, και υπό το πρίσμα των μετακινήσεων, που προκαλούν ως δίκτυο τοποθεσιών πλέον, για την κυκλοφορία ανθρώπων και αγαθών. Οι πόλεις τείνουν να επεκτείνονται οριζοντίως μακριά από τα κέντρα τους, σε χαλαρές κι όχι πυκνές δομές, συνήθως σε υπανάπτυκτες περιοχές τους. Το φαινόμενο ονομάζεται άτακτη εξάπλωση της αστικής περιοχής<sup>14</sup>. Οι οικονομικές δυσχέρειες, που προκαλούνται από αυτές τις επεκτάσεις αποτρέπουν τις διοικήσεις των πόλεων από τη βέλτιστη παροχή υπηρεσιών προς τους τελικούς χρήστες.

Χαρακτηριστικό είναι ότι οι μετακινήσεις στις περιοχές αυτές δίνουν έμφαση στη χρήση ΙΧ με ένα μόνο άτομο εντός αυτού και με έναν μόνο προορισμό, με συνέπεια τη χαμηλή ποιότητα αέρα μέσα στην πόλη. Συνήθως οι αραιοδομημένες αυτές επεκτάσεις αφορούν οικιστικές ζώνες, που είναι αποσυνδεδεμένες από το αστικό τους κέντρο. Οι Ευρωπαϊκές πόλεις έχουν καλύτερη οργάνωση στις δημόσιες και δημοτικές συγκοινωνίες. Οι κατανομές αυτές είναι σημαντικές κυρίως στις πόλεις της Αμερικής και της Αυστραλίας, που επίσης χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα για τις μετακινήσεις. Η εξάρτηση των μετακινήσεων από τα ορυκτά καύσιμα μπορεί να συμβαδίζει με έναν ιδιότυπο μορφότυπο ενεργειακής φτώχειας, που κυρίως μελετάται στον αγγλοσαξονικό χώρο, την «φτώχεια των καυσίμων» ή αλλιώς «φτώχεια στις μεταφορές»<sup>15</sup>. Ενδεικτικά, η Ασιατική Αναπτυξιακή Τράπεζα χρηματοδότησε το 2017 100.000 ηλεκτρικά τρίκυκλα οχήματα στη Μανίλα των Φιλιππίνων, για να ενισχύσει το εισόδημα των χαμηλά αμειβόμενων οδηγών τους και για να περιορίσει τις εκπομπές των καυσαερίων.

### **4.3. Οι ΑΠΕ στις έξυπνες πόλεις**

Οι έξυπνες πόλεις είναι οι κατεξοχήν πρέσβειρες της ευζωίας και της βιωσιμότητας. Οι στόχοι τους αυτοί συνάδουν απολύτως με τις εφαρμογές των ΑΠΕ, και μάλιστα σε αποκεντρωμένο-τοπικό επίπεδο. Στόχους για τη χρήση ενέργειας από ΑΠΕ έχουν θέσει 671 πόλεις, κυρίως στην Ευρώπη και τη Βόρειο Αμερική. Συνήθως πρόκειται για πόλεις με 100.000 έως 500.000 κατοίκους (IRENA, 2020). Οι ΑΠΕ μεταφέρουν από το κεντρικό-εθνικό επίπεδο στο τοπικό-περιφερειακό επίπεδο τη δυνατότητα σχεδιασμού και ρυθμίσεως των ενεργειακών συστημάτων. Οι φωτοβολταϊκές και οι αιολικές εγκαταστάσεις, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες πηγές ενέργειας, μπορεί να χρησιμοποιηθούν και σε τοπικό επίπεδο, από τις ίδιες τις πόλεις, μέσα στις πόλεις. Η ενέργεια μπορεί να παράγεται και από τους ίδιους τους κατοίκους, στις στέγες ιδιωτικών και

---

<sup>14</sup> Urban sprawl

<sup>15</sup> Fuel poverty/Transport poverty

δημόσιων κτιρίων ή σε κατάλληλα διαμορφωμένους χώρους. Οι καταναλωτές δηλ. μπορεί να είναι και παραγωγοί. Δημιουργείται μια νέα κλάσα παραγωγού-καταναλωτή, οι prosumers.

Με τα έξυπνα δίκτυα, η ενέργεια μπορεί να αποθηκευτεί, σε μπαταρίες, ακόμα και σε αυτές της ηλεκτροκίνησης, και να διοχετευθεί πάλι στο δίκτυο, όταν θα υπάρχει ζήτηση γι αυτήν και όταν η τιμή θα είναι συμφέρουσα για τον καταναλωτή, που θα τη διοχετεύσει πίσω στο δίκτυο. Η λύση αυτή είναι στέρεα, γιατί στηρίζεται στην ιδέα ότι «Οι πόλεις προσφέρουν κάτι για όλους, όταν αυτό δημιουργείται από όλους», δηλ. στηρίζεται στη συμμετοχικό ήτα στην καθολικότητα και στη συμπερίληψη. Οι μεγαλύτερες πόλεις και οι mega-cities έχουν ορίσει τις ΑΠΕ, μόνο ως προς ένα μικρό κλάσμα του ενεργειακού τους μίγματος (IRENA, 2020), προφανώς επειδή δεν μπορούν ακόμα να καλυφθεί μόνο από αυτές το σύνολο των δραστηριοτήτων τους. Μόνο μία mega-city, το Los Angeles στην Καλιφόρνια των ΗΠΑ, έχει θέσει ως στόχο να χρησιμοποιεί ενέργεια, 100% παραγόμενη από ΑΠΕ (IEEFA, 2021).

Οι «έξυπνες πόλεις» χρησιμοποιούν τις ΑΠΕ, σε συνδυασμό με την τεχνολογία του IoT (σένσορες, μετρητές) και τις υπάρχουσες ενεργειακές υποδομές, ώστε να συσσωρεύσουν ενεργειακά δεδομένα. Η ψηφιακή τεχνολογία έχει τοποθετήσει στο κέντρο των παρατηρήσεων και των δοκιμών της τον άνθρωπο και τη συμπεριφορά του, προκειμένου να μελετήσει μοτίβα και να καταλήξει σε διευκολυντικά γι αυτόν ενεργειακά πρότυπα. Η τεχνολογία ανοίγει ένα νέο πεδίο οικονομικής ανάπτυξης. Αποφεύγονται τα περιττά κόστη, που επιβαρύνουν και τον τελικό καταναλωτή και επιτυγχάνεται η ενεργειακή αποδοτικότητα. Στόχοι της διαδικασίας αυτής στις «έξυπνες πόλεις» είναι η δημιουργία ευνοϊκού περιβάλλοντος για την οικονομική ανάπτυξη πολιτών και επιχειρήσεων, τη βιωσιμότητα και την ποιότητα της ζωής.

#### **4.3.1. Το Θεσμικό Πλαίσιο**

Η ΕΕ υποστηρίζει τους στόχους της Ατζέντας 30 του ΟΗΕ. Ειδικότερα, την καθαρή ενέργεια στις έξυπνες πόλεις αφορούν ο στόχος 7 (“καθαρή και φτηνή ενέργεια”), ο στόχος 9 (“βιομηχανία, καινοτομία και υποδομές”) και ο στόχος 11 (“βιώσιμες πόλεις και κοινότητες”). Υπογράφοντας και εφαρμόζοντας τη Συνθήκη του Παρισιού (2015) η ΕΕ ανέδειξε εκ νέου την πρόθεσή της να είναι ηγέτιδα δύναμη παγκοσμίως στην εισαγωγή πράσινων πολιτικών.

Στην ΕΕ βασικές διατάξεις για την ενεργειακή πολιτική περιέχονται όχι τόσο στις ιδρυτικές της συνθήκες, αλλά κυρίως στη Συνθήκη της Λισαβόνας (2009). Στο άρθρο της υπ’ αριθ. 194, κατοχυρώθηκε η αρμοδιότητα της ΕΕ για την άσκησης ενιαίας πολιτικής σχετικά με την ενέργεια. Παρόμοιες προβλέψεις σε επίπεδο παραγωγού δικαίου στην ΕΕ, είχαν και οι διαδοχικές Δέσμες Μέτρων, που διαρκώς συντείνουν στην εξέλιξη και στην απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής

ενέργειας και φυσικού αερίου. Το ‘χειμερινό πακέτο’ ή ‘πακέτο καθαρής ενέργειας’<sup>16</sup> στόχευσε στην επίτευξη της Ενεργειακής Ένωσης και εισήγαγε πολύ διαφορετικές και βαθύτερες μεταρρυθμίσεις. Ακόμα, η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία<sup>17</sup> του 2019, ο συνοδευτικός της Μηχανισμός Δίκαιης Μετάβασης<sup>18</sup>, ο Ευρωπαϊκός Νόμος για το Κλίμα, που τα κράτη-μέλη προσαρμόζουν στις εθνικές νομοθεσίες τους, η υπό διαμόρφωση θεσμοθέτηση του Ευρωπαϊκού Συμφώνου για το Κλίμα<sup>19</sup>, που θα διευκολύνει τη συμμετοχή των κοινωνικών φορέων στην εφαρμογή της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας, αποδεικνύουν ότι οι προθέσεις της ΕΕ στους τομείς της ενέργειας και του περιβάλλοντος δεν είναι συμβολικές, αλλά πραγματικές και ουσιαστικές. Σε εθνικό επίπεδο κρατών – μελών σημαντική είναι η υποχρέωση σύνταξης και επικαιροποίησης των Εθνικών Σχεδίων για την Ενέργεια και το Κλίμα<sup>20</sup>. Επίσης, σε τοπικό επίπεδο, η Συμφωνία των Δημάρχων για το Κλίμα και την Ενέργεια.

#### **4.3.2. Το Πρόγραμμα της ΕΕ για το Αστικό Περιβάλλον**

Το Πρόγραμμα για το Αστικό Περιβάλλον υιοθετήθηκε από την ΕΕ το 2016, μαζί με τη Συνθήκη του Άμστερνταμ. Αφορά το συντονισμό των πολιτικών και των νομοθεσιών της ΕΕ, που μπορεί να έχουν πιθανή επίδραση στα αστικά περιβάλλοντα να ενισχύσει την κοινωνικοοικονομική συνοχή στα περιβάλλοντα αυτά.. Οι τρεις πυλώνες του είναι οι Καλύτερη Νομοθεσία, Καλύτερη Χρηματοδότηση, Καλύτερη Γνώση.

#### **4.3.3. Οι Υπόλοιπες Πολιτικές**

Το πακέτο μέτρων της ΕΕ ‘Fit for 55’ στοχοθετεί την αύξηση της ενέργειας από ΑΠΕ από το 32% στο 40% και στην απλοποίηση της διαδικασίας αδειοδότησης για τις ΑΠΕ. Επίσης, εισάγει ξεχωριστό σύστημα εμπορίας ρύπων από τα κτίρια και τις μεταφορές.

---

<sup>16</sup> Winter/Clean energy package

<sup>17</sup> European Green Deal

<sup>18</sup> Just Transition Mechanism ‘

<sup>19</sup>European Climate Pact

<sup>20</sup> Στην Ελλάδα, το ΕΣΕΚ

Η πολιτική Καθαρή Ενέργεια για Όλους εστιάζει στην ενεργειακή αποδοτική των κτιρίων στις ΑΠΕ και στην κατάστρωση της σύγχρονης αγοράς ηλεκτρισμού στην ΕΕ με βάση τη νέα εμπορική πραγματικότητα.

Η Οδηγία 2018/844 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων στην ΕΕ αποσκοπεί στη βελτίωσή τους. Καθορίζει τις ελάχιστες απαιτήσεις για τη θέρμανση και την ψύξη των χώρων, την παραγωγή ζεστού νερού για οικιακή χρήση, τον εξαιρισμό, την ενσωματωμένη εγκατάσταση φωτισμού και άλλα τεχνικά χαρακτηριστικά τους.

Το Σύμφωνο των Δημάρχων για το Κλίμα και την Ενέργεια<sup>21</sup> στην ΕΕ αντικατοπτρίζει τις δεσμεύσεις των ενεργειακών και κλιματικών πολιτικών των αιρετών αντιπροσώπων σε τοπικό επίπεδο.

Το SET Plan- Στρατηγικό Σχέδιο Ενέργειας και Τεχνολογίας είναι μία πρωτοβουλία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την επιτάχυνση και την ευρεία εφαρμογή των τεχνολογιών χαμηλής εκπομπής άνθρακα, με τη συνεργασία των κρατών – μελών της ΕΕ, της ίδιας της ΕΕ ως σύνολο των εταιρειών τεχνολογίας αιχμής και των ερευνητικών ιδρυμάτων.

Το Στρατηγικό Σύστημα Πληροφοριών των έξυπνων πόλεων– SCIS είναι μία πλατφόρμα γνώσης για την ανταλλαγή πληροφοριών, στοιχείων, εμπειριών και τεχνογνωσίας για τη δημιουργία έξυπνων πόλεων και καθαρών, ενεργειακά αποδοτικών και κλιματικά φιλικών αστικών περιβαλλόντων.

Το πρόγραμμα Smart Cities Marketplace είναι ο συγκερασμός δύο προηγούμενων προγραμμάτων της Ευρωπαϊκής Επιτροπής σε μία και μόνη πλατφόρμα, που επιδιώκει να φέρει κοντά τις πόλεις, τις βιομηχανίες, τους επενδυτές, τους ερευνητές και τους υπόλοιπους παράγοντες της πόλεις, με σκοπό τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών και την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων.

#### **4.3.4. ΑΠΕ και ενεργειακή χωρική εξάπλωση**

Η ενέργεια ως ορισμός αφορά την ικανότητα να παραχθεί έργο. Τα ορυκτά καύσιμα επειδή διαθέτουν ενεργειακή πυκνότητα (“power density”) μπορούν να παράγουν έργο μέσω της καθετοποιημένης άντλησης πρώτης ύλης από το υπέδαφος. Παραδοσιακά αυτό συνεπάγεται την

---

<sup>21</sup> Covenant of Mayors for Climate and Energy

κατάληψη μικρού χώρου στην επιφάνεια της Γης κατά την εξόρυξη και την παραγωγή ενέργειας. Και η προγενέστερη των ορυκτών καυσίμων πηγή ενέργειας, είτε ως βιομάζα από τα δάση είτε ως κάρβουνο-άνθρακας, απαιτούσε την οριζόντια εκμετάλλευση σε πολύ μεγάλη κλίμακα με οριζόντιο τρόπο στην επιφάνεια της Γης (Huber & McCarthy, 2017). Τα φωτοβολταϊκά και τα αιολικά πάρκα, τα υδροηλεκτρικά και η αντλησιοταμίευση, καθώς και οι λοιπές εγκαταστάσεις αποθήκευσης χρειάζονται πάρα πολύ χώρο, για να αναπτυχθούν. Μία συνέπεια της μετάβασης από τα συμβατικά συστήματα ορυκτών καυσίμων στα «καθαρά» ενεργειακά συστήματα είναι η ενεργειακή χωρική εξάπλωση<sup>22</sup> και αυτή αποτελεί το αρνητικό γεωγραφικό αποτύπωμα της «καθαρής ενέργειας».

Ένας τρόπος ειδικότερου προσδιορισμού είναι η χρήση της ενεργειακής πυκνότητας ως μέτρο σύγκρισης κάθε μορφής ενέργειας. Η πυκνότητα ισχύος<sup>23</sup> συντείνει στον υπολογισμό της μέσης τιμής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να παραχθεί οριζοντίως σε ένα τετραγωνικό μέτρο της υποδομής κάθε μορφής ενέργειας, είτε πρόκειται για βιομάζα, που έχει τη χαμηλότερη ( $0,8 \text{ W/m}^2$ ) είτε για ορυκτά καύσιμα, όπως το φυσικό αέριο, που έχει την υψηλότερη ( $1000 \text{ W/m}^2$ ) ή τις ΑΠΕ κ.ο.κ. Συγκριτικά, τα αιολικά και τα φωτοβολταϊκά πάρκα χρειάζονται 40-50 φορές περισσότερο χώρο απ'ό,τι ο άνθρακας και 90-100 φορές περισσότερο χώρο απ'ό,τι το φυσικό αέριο (Leiden University, 2018). Και ναί μεν ο απαιτούμενος χώρος για τις ΑΠΕ είναι πολλαπλάσιος, όμως θα παραμείνει καθαρός και απαλλαγμένος από επικίνδυνες εκπομπές αερίων. Ακόμα, πλην της βάσης στήριξης, ως χώρος μπορεί να χρησιμοποιηθεί συνδυαστικά με τη γεωργική παραγωγή. Επιπλέον, μέρος των ΑΠΕ μπορεί να τοποθετηθεί σε off-shore αιολικά πάρκα. Το αξιοσημείωτο πάντως είναι ότι, σύμφωνα με την έκθεση<sup>24</sup> του ΙΕΑ του Ιουλίου 2021, οι ΑΠΕ, παρόλο που εμφάνισαν μειωμένη παραγωγή ενέργειας κατά τα ακραία καιρικά φαινόμενα του πρώτου εξαμήνου του 2021, εντούτοις δεν ήταν αυτές που δυσλειτούργησαν και δεν προκάλεσαν τα μεγάλα ενεργειακά ελλείμματα (IEA, b., 2021).

Επειδή ακριβώς με τις ΑΠΕ είναι απαραίτητες πολύ μεγάλες επιφάνειες χώρου στην επιφάνεια της Γης κατά την παραγωγή, την αποθήκευση και τη διανομή της ενέργειας, και όχι στο υπέδαφος, η αλλαγή των χρήσεων γης<sup>25</sup> είναι αναπόφευκτη. Ήδη με τις εκτεταμένες δασικές πυρκαγιές του

---

<sup>22</sup> Energy sprawl

<sup>23</sup> Power density

<sup>24</sup> πιο πάνω αναφερθείσα

<sup>25</sup> Land use change



καλοκαιριού του 2021 περίξ της Μεσογείου καταστράφηκαν τεράστιες εκτάσεις δάσους. Παρόλα αυτά η επέκταση των ΑΠΕ είναι αδήριτη ανάγκη.

Η αλλαγή στις χρήσεις γης για την παραγωγή ενέργειας χρειάζεται ενδελεχή και προσεκτικό πολεοδομικό και ρυμοτομικό σχεδιασμό. Κοντά στις πόλεις χώρος για ΑΠΕ συνήθως δεν υπάρχει ή προορίζεται ήδη για άλλες χρήσεις, (περιαστικού πρασίνου), παρούσες ή μελλοντικές (δυναμική επέκταση της πόλης, προάστια). Η αλόγιστη υιοθέτηση της παραγωγής «πράσινης» ενέργειας, χωρίς περιβαλλοντικό αποτύπωμα, τελικά επηρεάζει τα εναπομείναντα εδάφη, τη βιοποικιλότητα και τα ενδιαιτήματα της άγριας ζωής και προκαλεί συνακόλουθα την απώλεια των οικοσυστημικών υπηρεσιών του περιβάλλοντος και των κοινωνικών ωφελειών του. Για το λόγο αυτό απαιτείται ο εκ των προτέρων προσδιορισμός των χρήσεων γης, και αν είναι δυνατόν, σε μεγάλη κλίμακα.

Συνήθως για τις ΑΠΕ προτιμώνται εκτάσεις χωρίς ιδιαίζουσα περιβαλλοντική αξία. Μεγάλη προσοχή χρειάζεται να δοθεί σε εκτάσεις που φαινομενικά δεν έχουν αξία, αλλά η ικανότητά τους εντοπίζεται σε άλλες λειτουργίες. Επίσης, προτιμάται και η τοποθέτηση της παραγωγής της «πράσινης» ενέργειας πολύ κοντά στον τόπο κατανάλωσής της. Έτσι, αποφεύγονται οι απώλειες κατά τη μεταφορά και τα υψηλά κόστη του δικτύου διανομής της. Στα πλαίσια αυτά ενθαρρύνεται στις «έξυπνες πόλεις» η τοποθέτηση των πανέλων επί των στεγών των σπιτιών ή των (δημοσίων) κτιρίων που εξυπηρετούν, ηλιακών κεραμιδιών, ηλιακών τζαμιών και άλλων συναφών κατασκευαστικών υλικών. Δεν υπάρχει κατάληψη επιπλέον χώρου για την παραγωγή «καθαρής ενέργειας». Ενισχύεται ο θεσμός της περιβαλλοντικής δικαιοσύνης: η ενέργεια δεν παράγεται απομακρυσμένα και σε άγνωστο χώρο, αλλά εκεί ακριβώς όπου θα χρησιμοποιηθεί. Η (βιομηχανική) παραγωγή της επιβαρύνει τους χρήστες της, ισομοιρασμένα. Όχι, μόνο συγκεκριμένες εδαφικές περιφέρειες και τους κατοίκους τους. Προκρίνεται ακόμα ως προσφορότερη η χρησιμοποίηση ήδη υπαρχουσών, πλην παροπλισμών βιομηχανικών ζωνών, πρώην λατομικών χώρων και αγροτικών γαιών κοντά στην πόλη.

Όπως και με την αποθήκευση, έτσι και με την παραγωγή πρωτίστως της «καθαρής ενέργειας», διερευνάται η αυτοτέλεια και η αυτονομία κάθε κτιρίου της «έξυπνης πόλης» για την ικανοποίηση των δικών του ενεργειακών αναγκών. Καθώς, όμως αυτό δεν είναι ακόμα εφικτό λόγω της ατέλειας της αποθήκευσης και της στοχαστικότητας των ΑΠΕ, η σταθερή παραγωγή και προμήθεια «καθαρής» ενέργειας μέσω της πυρηνικής ενέργειας διερευνάται στο πιο κάτω κεφάλαιο, ως λύση.

#### **4.3.5. Τα Είδη των ΑΠΕ στις έξυπνες πόλεις**

Η ηλεκτροπαραγωγή μέσω των υδροηλεκτρικών, της βιοενέργειας και των συστημάτων μετατροπής απορριμμάτων σε ενέργεια ήδη έχουν κομβικό ρόλο στους ανανεώσιμους στόχους των πόλεων και στην απομάκρυνση της ηλεκτροπαραγωγής από τα ορυκτά καύσιμα. Η ηλιακή ενέργεια και η γεωθερμία εξαπλώνονται σταδιακά, ενώ η αιολική ενέργεια λόγω των εκτενών

εκτάσεων, που απαιτεί, διαδραματίζει στις πόλεις μειωμένο ρόλο, εκτός αν υπάρχει πρόβλεψη για αιολικά πάρκα πέριξ των πόλεων. Οι ΑΠΕ δημιουργούν κατανεμημένους ενεργειακούς πόρους<sup>26</sup>, που χρησιμοποιούνται είτε για την αυτοπαραγωγή ενέργειας είτε για τη δυνητική συμμετοχή της παραγόμενης ενέργειας στο κεντρικό – κυρίως δίκτυο είτε στο μικροδίκτυο (Deloitte, 2019). Στις υπηρεσίες κοινής ωφελείας, η αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ των κατανεμημένων ενεργειακών και του δικτύου, είναι το κατεξοχήν χαρακτηριστικό γνώρισμα.

### Πίνακας 4.1. Συνεισφορά των ΑΠΕ στους στόχους της έξυπνης πόλης.

FIGURE 3

#### How renewables can contribute to smart city goals



\*Prosumer: Energy consumer and producer.

Source: Deloitte analysis.

Deloitte Insights | deloitte.com/insights

Πηγή: *Deloitte, Renewables (em)power smart cities,*  
<https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/power-and-utilities/smart-renewable-cities-wind-solar.html>

<sup>26</sup> Distributed energy resources (DER)

#### **4.3.5.1. Μικρά Υδροηλεκτρικά**

Τα υδροηλεκτρικά έργα παράγουν την πλέον «καθαρή» και σταθερή μορφή ηλεκτρισμού. Τα φράγματα με τη βοήθεια τουρμπινών συλλέγουν τις απαραίτητες ποσότητες νερού. Όταν μαζεύουν υπερβολικές ποσότητες, μπορεί να προξενήσουν σημαντική επέμβαση στο φυσικό περιβάλλον. Στα αρνητικά τους καταγράφεται το ότι τεμαχίζουν και απομονώνουν τα ποτάμια οικοσυστήματα και, ενδεχομένως, ότι αλλάζουν τη ροή των ποταμιών λόγω της παύσης μεταφοράς ιλύος, θρεπτικών συστατικών και οξυγόνου για τους υδρόβιους ζώντες οργανισμούς. Η υδροηλεκτρική είναι εξαιρετικά σημαντική μορφή ενέργειας και αποτελεί το 17% της παγκόσμιας ηλεκτροπαραγωγής.

Παρά τη μαζική χρήση της μεθόδου αυτής, υπάρχουν ανεκμετάλλευτοι όγκοι νερού, μέσω του δικτύου πόσιμου νερού, που μπορεί να χρησιμοποιηθούν από τις πόλεις. Η νέα υδροηλεκτρική τεχνολογία συλλέγει ενέργεια μέσα από το δίκτυο του πόσιμου νερού των πόλεων, δηλ. μέσα από τους ίδιους τους σωλήνες του δικτύου, με ειδικά σχεδιασμένες ενδοαυλικές μικρο-τουρμπίνες. Οι τελευταίες μπορούν να τοποθετηθούν επί των βαλβίδων εκτόνωσης της πίεσης (ανακουφιστικών), συσσωρεύοντας την πίεση στο δίκτυο του νερού, που σε αντίθετη περίπτωση, χάνεται. Καθώς το νερό ρέει από τα ρεζερβουάρ αποθήκευσης μέσα στο δίκτυο των σωληνώσεων, δημιουργεί αυξημένη ταχύτητα και πίεση, που ελεγχόταν με τις ανακουφιστικές βαλβίδες. Αυτές απελευθέρωναν το ενεργειακό δυναμικό φορτίο της αναπτυσσόμενης θερμότητας, το οποίο χανόταν, αντί να το προσλαμβάνουν. Επί των βαλβίδων, μπορεί να τοποθετηθούν συστήματα με 5 πτερύγια, (ενδεικτικά, όπως το LucidPipe στο Πόρτλαντ των ΗΠΑ). Καθώς το νερό διοχετεύεται μέσα από σφαιρικές τουρμπίνες, κινεί μία γεννήτρια ηλεκτροπαραγωγής και μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό.

Ενδεικτικά, η Enel Produzione, θυγατρική της ιταλικής ENEL, για την ενίσχυση του υδροηλεκτρικού της δυναμικού, θα απορροφήσει το μερίδιο της ERG Power Generation, που διαθέτει 19 υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις, 7 μικρο-υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις, 4 εκ των οποίων αυτή τη στιγμή (Αύγουστος 2021) είναι στο στάδιο της κατασκευής.

#### **4.3.5.2. Ενέργεια του Ωκεανού**

Το νερό καλύπτει το 70% της επιφάνειας του Πλανήτη μας. Το 90% των αστικών περιοχών παγκοσμίως είναι παράκτιες, ως προελέχθη. Το 40% του πληθυσμού παγκοσμίως κατοικεί εντός 100km από τις ακτές. Ως φυσικός πόρος για την παραγωγή ενέργειας ο ωκεανός (η θάλασσα) παραμένει ακόμα αναξιοποίητος και καμία τεχνολογία δεν είναι ώριμη για μαζική εφαρμογή, καθώς τίθεται θέμα βιωσιμότητας και οικονομικής αποδοτικότητας των έργων. Η παραγωγή ενέργειας μπορεί να προκύψει από την ενέργεια των κυμάτων, των ρευμάτων, της παλίρροιας και της άμπωτης και της διαφοράς θερμοκρασίας. Λαμβανομένου υπόψιν ότι οι Έξυπνες Ωκεάνιες Πόλεις δεν έχουν ακόμα ευρέως εμπεδωθεί, οι ακτογραμμές και οι λιμένες προσφέρονται για την

εφαρμογή των πρακτικών των έξυπνων πόλεων. Προ 20ετίας περίπου η Κοπεγχάγη άρχισε να αποκαθιστά το λιμάνι της και το ανέδειξε σε ένα εξαιρετικό δημόσιο χώρο, με πάρκα νερού, χώρους κολύμβησης, καγιάκ, βάρκες για ψυχαγωγία και πικνίκ και υδρο-ταξί.

Από τους πρώτους μηχανικούς, που παρήγαγαν ηλεκτρισμό με την παλίρροια, ήταν ο Dexter Cooper το 1920 στον Κόλπο Πασαμακουόντι του Καναδά και στο γειτονικό Κόλπο Κόμπσουκ στο Μέϊν των ΗΠΑ. Το πρώτο έργο όμως παραγωγής ηλεκτρισμού από την ενέργεια του ωκεανού παραδόθηκε το 1967 στις εκβολές του ποταμού Ρανς στη Βόρεια Γαλλία, που εκμεταλλεύτηκε την παλίρροια. Επρόκειτο για ένα ακριβό έργο, με κατασκευή υδροστροβίλων εξ ολοκλήρου από ανοξείδωτο χάλυβα, συνολικής ισχύος 240MW. Μοναδικό στο είδος του έργο για αστική χρήση της ωκεάνιας ενέργειας είναι αυτό στο Roosevelt Island της Νέας Υόρκης, που όμως δεν είναι ενεργό. Το ίδιο και η «φάρμα των κυμάτων» στις βόρειες ακτές της Πορτογαλίας, έργο, που έπαψε το 2014.

Στον Βορειοανατολικό Ατλαντικό Ωκεανό η SEV, κεντρικός προμηθευτής ενέργειας στα νησιά Φαρόε, σε συνεργασία με τη σουηδική εταιρεία Minesto θα εγκαταστήσουν δύο συστήματα συνδεδεμένα με δίκτυα που θα εκμεταλλεύονται την ενέργεια της παλίρροιας με τη χρήση ανεμόπτερων (χαρταετών), κατάλληλα για δίκτυα μικρότερης κλίμακας (CNBC, 2020). Το ίδιο και η Orbital Marine Power με την πιο δυνατή τουρμπίνα παλίρροιας στα νησιά Orkney, σε ύδατα κοντά στη Βόρεια Σκωτία, όπου εδράζεται το Ευρωπαϊκό Κέντρο Θαλάσσιας Ενέργειας<sup>27</sup> για δοκιμές και παλιρροϊκές εφαρμογές ανοικτής θαλάσσης. Ενδιαφέρον φαίνεται και ο συνδυασμός της κυματικής ενέργειας με τα off-shore αιολικά. Άλλες χώρες που ερευνούν αυτή τη μορφή ενέργειας είναι η Νορβηγία (Τρομσό), η (Δυτική) Αυστραλία, οι ΗΠΑ, η Σκωτία και το Ηνωμένο Βασίλειο. Παρόλο που η ΕΕ ευνοεί την ωκεάνια ενέργεια, και συλλέγει στοιχεία μέσω του WindEurope, η έρευνα είναι ακόμα στα σπάργανα.

#### ***4.3.5.3. Βιοενέργεια από καλλιεργούμενα φυτά ή από αγροτικά και δασικά υπολείμματα και η Κυκλική Οικονομία***

Η βιοενέργεια μπορεί ασφαλώς, στα πλαίσια της Κυκλικής Οικονομίας, να προέλθει από την επεξεργασία των υπολειμμάτων της αγροτικής και δασικής βιομάζας, από δάση και αγροτικές καλλιέργειες κοντά στις πόλεις. Κατά τα λοιπά, η αυτοτελής καλλιέργεια οργανικής ύλης για την καθαυτή παραγωγή βιομάζας εμπίπτει στην προβληματική ότι η επισιτιστική ασφάλεια επιτάσσει την αποφυγή αλόγιστης καλλιέργειας φυτών για μη-διατροφικούς σκοπούς ανθρώπων και ζώων, δηλ. για την παραγωγή ενέργειας. Η αυξημένη ανάγκη των καλλιεργειών για αρδευτικό νερό, οι

---

<sup>27</sup> EMEC, European Marine Energy Centre

ήδη επιβαρυνμένες εκτάσεις γης και οι δυσκολίες των χρήσεων γης κοντά στις πόλεις, δεν επιτρέπουν την αυτοτελή καλλιέργεια φυτών για την περαιτέρω παραγωγή βιομάζας.

Στην ΕΕ δίνεται προτεραιότητα οι καλλιέργειες να εξυπηρετούν κυρίως τις αγροδιατροφικές αλυσίδες για τη σίτιση ανθρώπων και ζώων, τη χημική, τη φαρμακευτική και την κατασκευαστική βιομηχανία, για την παραγωγή αγαθών και για τις κατασκευές και εσχάτως για τις ενεργειακές ανάγκες. Η ΕΕ το 2020 με το EU Taxonomy, καθόρισε τις δικαιούμενες χρηματοδότησης μορφές ενέργειας. Η παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ, από υδρογόνο που έχει παραχθεί από ΑΠΕ, από ανακυκλωμένα υλικά, από βιομάζα κλπ είναι περιβαλλοντικά συμβατές με τους στόχους της ΕΕ. Επειδή παρατηρείται η σταθερή αύξηση της χρήσης της βιομάζας στον ενεργειακό τομέα, η ΕΕ συμπεριέλαβε στην επικαιροποιημένη RED<sup>28</sup> τα υπολείμματα της δασικής βιομάζας. Ούτως ώστε, στα πλαίσια της κυκλικής οικονομίας και μόνο τα δασικών υπολείμματα των ευρωπαϊκών δασών μπορούν να χρησιμεύσουν για την παραγωγή ενέργειας.

Στην Ελλάδα μεγάλη συμμετοχή στην παραγωγή θερμότητας από βιομάζα έχουν τα υπολείμματα από τα ελαιοτριβεία και τα πυρηνελαιουργεία σε ελαιοπαραγωγικές περιφέρειες της Χώρας (Πελοπόννησος, Κρήτη), που βρίσκουν και οικιακές και βιομηχανικές εφαρμογές.

#### ***4.3.5.4. Βιοενέργεια από στερεά και υγρά οικιακά απορρίμματα και λύματα και η Κυκλική Οικονομία***

Η βιοενέργεια μπορεί επίσης να προέλθει από την επεξεργασία των αστικών αποβλήτων, αστικών λυμάτων και αστικών απορριμμάτων, τα οποία προκύπτουν από την κατανάλωση των αγαθών εντός των πόλεων. Ο όγκος των αστικών απορριμμάτων και των αστικών λυμάτων μέσα στις πόλεις είναι πολύ μεγάλος. Η λύση της παραγωγής ενέργειας από αυτά<sup>29</sup> στο τοπικό επίπεδο της πόλης είναι πολύ δελεαστική, γιατί με την ίδια δραστηριότητα αντιμετωπίζονται σε τοπικό επίπεδο δύο σημαντικά προβλήματα λειτουργίας μιας πόλης, αυτό της αποκομιδής και επεξεργασίας των σκουπιδιών/του αποχετευτικού συστήματος και αυτό της ενέργειας, που χρειάζεται η πόλη. Επομένως, τόσο από πλευράς εφοδιαστικής αλυσίδας όσο και από περιβαλλοντικής και ενεργειακής άποψης η λύση αυτή είναι πολύ αποδοτική.

---

<sup>28</sup> στις 04-06-2021

<sup>29</sup> Waste-to-energy

Οι πιο ώριμες τεχνολογίες μετατροπής είναι η απευθείας καύση/αποτέφρωση, η αναερόβια χώνευση, και η αεριοποίηση. Με αυτές τις μεθόδους, οι πρώτες ύλες μετατρέπονται σε πηγές ενέργειας. Είτε σε θερμική ενέργεια για απευθείας χρήση ως πηγή θερμότητας είτε σε ενεργειακούς φορείς, όπως ο ηλεκτρισμός και το βιοαέριο. Όμως, για την εφαρμογή τους στις πόλεις είναι απαραίτητη η κοινωνική τους αποδοχή, μέσω εκπαίδευσης και της ευαισθητοποίησης του κοινού.

Η ΕΕ κάνει μεγάλη προσπάθεια να μειώσει την υγειονομική ταφή των απορριμμάτων και να εφαρμόσει τις αρχές της Κυκλικής Οικονομίας. Ο χρυσός κανόνας στην ΕΕ είναι αυτός των 3 R (: Reduce, Reuse, Recycle). Στην ΕΕ τα αστικά απόβλητα θεωρούνται πλέον πόρος και η επεξεργασία τους μειώνει το κόστος διαχείρισης, εδραιώνει την καλύτερη δυνατή επιλογή στη χρήση της διαθέσιμης γης και αποτρέπει την υποβάθμιση των εδαφών και των υδάτων. Η χώρα μας υπολείπεται ακόμα στην εισαγωγή των οικιακών αποβλήτων στο ενεργειακό της ισοζύγιο, αλλά έχει στοχοθετήσει τη μείωση της υγειονομικής τους ταφής στο 25% έως το 2025.

#### ***4.3.5.5. Ηλιακή Ενέργεια***

Υφίστανται δύο τύποι τεχνολογιών για τη συλλογή ηλιακής ακτινοβολίας για παραγωγή ενέργειας: τα φωτοβολταϊκά, που παράγουν ηλεκτρισμό και οι ηλιακοί συλλέκτες που παράγουν θερμική ενέργεια και χρησιμεύουν για τη θέρμανση του νερού στα κτίρια, λύση εξαιρετικά φτηνή. Η Ελλάδα έχει μεγάλη τεχνογνωσία στο είδος αυτό, που αφορά τους ηλιακούς θερμοσίφωνες. Υποστηρίζονται ποικίλες εφαρμογές στα αστικά περιβάλλοντα και πολλές χώρες τις έχουν καταστήσει υποχρεωτικές στους κτιριακούς και πολεοδομικούς τους κώδικες. Και οι δύο τύποι μπορούν να λειτουργήσουν είτε μεμονωμένα είτε διασυνδεδεμένα σε δίκτυο. Μορφές: φωτοβολταϊκά συστήματα (PV), φωτοβολταϊκά ενσωματωμένα σε κτίρια<sup>30</sup> (BIPV), διάφορες ηλιακές θερμικές τεχνολογίες (όπως συγκεντρωτικά ηλιακά συστήματα) και η ηλιακή φωτοβολταϊκή-θερμική (PV-T). Η ηλιακή θερμική ακτινοβολία μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για θέρμανση όσο και για δροσισμό.

Τα φωτοβολταϊκά στις στέγες και στις προσόψεις προσφέρονται ιδιαίτερα, διότι δεν δρουν ανταγωνιστικά. Δεν καταλαμβάνουν χώρο προορισμένο για άλλη χρήση ούτε επιπλέον χώρο. Επιπλέον, η παραγωγή της ενέργειας βρίσκεται ακριβώς μέσα στην πόλη, στο σημείο της κατανάλωσής της και θα υπάρχουν οι ελάχιστες απώλειες κατά τη μεταφορά της.

---

<sup>30</sup> Building integrated PV

Στα δομημένα περιβάλλοντα των πόλεων τα συστήματα αυτά τοποθετούνται ως επί το πλείστον στις σκεπές και στις προσόψεις των κτιρίων και το μέγεθός τους είναι συνήθως μικρότερο από τα αυτοτελώς τοποθετημένα στα περίχωρα των πόλεων. Με τη σταδιακή μείωση του κόστους της τεχνολογίας αυτής, η χρήση της στις πόλεις γενικεύεται. Επειδή η χρήση της συλλεγόμενης ενέργειας είναι τοπική, αποφεύγονται οι απώλειες, που θα υπήρχαν εάν χρειαζόταν να γίνει μεταφορά ενέργειας σε μακριά απόσταση μέσω δικτύου. Επίσης, τα τοπικά αυτά συστήματα έχουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στις ακραίες καιρικές συνθήκες και την κλιματική αλλαγή.

Οι αντιξοότητες για την εφαρμογή τους στις πόλεις αφορούν τη γη. Ως προελέχθη, οι πόλεις συνήθως δεν διαθέτουν κατάλληλη διαθέσιμα εδάφη για την αυτοτελή τοποθέτησή τους, οπότε ανταγωνιστικές χρήσεις, όπως η γεωργία και οι λοιπές προστατευόμενες εκτάσεις (καταφύγια άγριας ζωής κλπ) τα αντιμάχονται. Τα εδάφη παραμένουν διαθέσιμα και ακάλυπτα για κάθε άλλη χρήση.

#### ***4.3.5.6. Απευθείας Χρήση της Γεωθερμίας***

Η μέθοδος αυτή αναμένεται να σημειώσει ιδιαίτερη πρόοδο και θα έχει πιο εκτεταμένη εφαρμογή τα επόμενα χρόνια, καθώς ο τομέας της γεωθερμίας ανασυγκροτείται και επεκτείνεται ταχέως. Η παραγωγή από γεωθερμία είναι σταθερή, χωρίς διακυμάνσεις ισχύος εν αντιθέσει με τις υπόλοιπες ΑΠΕ. Η απευθείας άντληση θερμότητας από το έδαφος ενδείκνυται για τη θέρμανση και ψύξη των οικιακών χώρων και την παροχή ζεστού νερού, σε βάθος από 10 έως 150 μέτρα. Η θερμότητα που αντλείται απευθείας, της τάξης των 10°C-150°C είναι καταλληλότερη για τις πιο πάνω χρήσεις παρά για τη μετατροπή της σε ηλεκτρισμό. Γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας, με θερμότητα της τάξης των 150°C και άνω, είναι κατάλληλα για ηλεκτροπαραγωγή.

Για τη γεωθερμία απαιτούνται εκτεταμένες έρευνες, παρόμοιες με αυτές των υδρογονανθράκων, γιατί κάθε γεωθερμικό πεδίο έχει τα δικά του μοναδικά χαρακτηριστικά. Στην Ελλάδα απαντάνε κάθε είδους γεωθερμικά δυναμικά πεδία (Μήλος, Νίσυρος, Λέσβος, και λοιπές περιοχές της χώρας). Για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκαλούνται έχουν αναπτυχθεί νέες τεχνολογίες και τεχνικές, ανεβάζοντας τις δαπάνες της επένδυσης και το κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης.

Η απευθείας χρήση της γεωθερμίας συνδυάζεται ιδανικά με τα συστήματα τηλεθέρμανσης στις πόλεις, αντικαθιστώντας τα ορυκτά καύσιμα, χωρίς ιδιαίτερες δαπάνες για τη μετατροπή. Αλλά και μόνη της ως stand – alone – project η απευθείας χρήση της γεωθερμίας μπορεί να καλύψει ενεργειακά ένα μεμονωμένο κτίριο, αν οι απαιτήσεις θερμότητας είναι ανεπαρκείς για την επέκταση του υπάρχοντος δικτύου. Συνήθως απαιτούνται τρύπες – πηγάδια, που μπορούν πολύ εύκολα να συγχωνευτούν με το αστικό τοπίο και να περάσουν απαρατήρητα. Ιδίως στην Ευρώπη, το 25% του πληθυσμού κατοικεί πάνω από γεωθερμικά πεδία, με την Ελβετία να κατέχει την

πρωτιά παγκοσμίως όσον αφορά την έκταση του δικτύου νέων γεωτρήσεων για εναλλάκτες θερμότητας (IRENA, 2020).

Το περίσσειμα ενέργειας που απελευθερώνεται από τη γεωθερμία μπορεί να μετακυληθεί, για να χρησιμοποιηθεί και σε άλλες χρήσεις, (πχ αγροτικές-θερμοκήπια, ιχθυοκαλλιέργειες, τηλεθέρμανση, ξήρανση προϊόντων, βιομηχανικές διεργασίες, θερμά λουτρά), ιδίως όταν αυτές βρίσκονται κοντά στην πόλη, μειώνοντας το διαχειριστικό κόστος και καθιστώντας τη γεωθερμία με τον τρόπο αυτό οικονομικά ανταγωνιστική. Είναι χαρακτηριστικό ότι η Κίνα και η Τουρκία χρησιμοποίησαν το 2015 στα θερμοκήπιά τους το 80% της παγκόσμιας παραχθείσας μέσω γεωθερμίας θερμότητας (Allam & Newman, 2018).

#### **4.3.5.7. Αστική Αιολική Ενέργεια**

Παρά την εκτεταμένη τοποθέτηση των αιολικών εγκαταστάσεων σε μεγάλες εκτάσεις, η χρήση τους εντός των πόλεων παραμένει περιορισμένη. Η αδυναμία των ανεμογεννητριών να εγκλωβίζουν τον αέρα μικρής ταχύτητας και τις ροές χαμηλής ισχύος, σε συνδυασμό με την ηχητική και οπτική όχληση, που ενδεχομένως να προκαλούν, καθώς και το έλλειμμα γνώσης της αεροδυναμικής εντός των πόλεων και η έλλειψη ελεύθερου χώρου για τη χρήση αυτή, καθιστά σπάνια την ύπαρξη ανεμογεννητριών μέσα στις πόλεις. Όλα αυτά όμως δεν αποτρέπουν την έρευνα να συνεχίζει τις εκτιμήσεις της και για τα σύνθετα αστικά περιβάλλοντα. Επειδή όμως σε μία πόλη υπάρχουν πολλά κτίρια διαφόρων υψών και δυναμικής, οι μεμονωμένες μελέτες μπορεί να βρίθουν ανακριβειών ή να είναι ανεφάρμοστες σε ελαφρά αλλαγμένες συνθήκες, καθώς αλλάζει το συνολικό αιολικό δυναμικό.

Τα πλεονεκτήματά τους παραμένουν ισχυρά, καθώς η ενέργεια παράγεται εκεί, όπου θα καταναλωθεί, χωρίς να εξαρτάται ούτε να υφίσταται απώλειες από το δίκτυο διανομής και δεν γεννώνται θερμοκηπικά αέρια εντός της πόλης κατά την ηλεκτροπαραγωγή και κατά τη χρήση της ενέργειας. Στην Κίνα, στις ΗΠΑ και στο Ηνωμένο Βασίλειο, υπάρχει η τάση να τοποθετούνται μικρότερες, κάθετες ή οριζόντιες, τουρμπίνες επί των κτιρίων για εφαρμογές στις πόλεις, και όχι μόνο, που μπορούν να προσλαμβάνουν την ενέργεια των διαφορετικών κατευθύνσεων του ανέμου εντός των πόλεων (Dilimulati, A., et al., 2018). Οι μικρές ανεμογεννήτριες καθέτου άξονα φαίνεται να είναι πιο αποδοτικές στα αστικά περιβάλλοντα, πάνω στις σκεπές των κτιρίων, λόγω της ικανότητάς τους να προσλαμβάνουν άνεμο διαφορετικών κατευθύνσεων και της χαμηλότερης ηχητικής όχλησης που προκαλούν. Το υψηλό όμως κόστος τοποθέτησης και η μικρή δυναμική πρόσληψης του αέρα εντός των πόλεων, καθώς και η αυξημένη πυκνότητα των κτιρίων εντός της πόλης, που εγκλωβίζει τον αέρα, καθιστά τις αστικές ανεμογεννήτριες ακριβή επένδυση με μεγάλο διακύβευμα για ένα αστικό νοικοκυριό. Γι αυτό τις συναντά κανείς ως επί το πλείστον στις ανοικτές εκτάσεις και σε αιολικά πάρκα, που είναι περιοχές απομακρυσμένες και συνήθως εκτός δικτύου.



#### **4.3.6. ΑΠΕ και αποθήκευση ενέργειας στις έξυπνες πόλεις**

Στις «έξυπνες πόλεις» το ενεργειακό τοπίο είναι εξαιρετικά βεβαρυσμένο. Υπάρχουν συσκευές, μηχανισμοί, ηλεκτρικά οχήματα, «έξυπνα κτίρια». Οι συνθήκες της «έξυπνης πόλης» και η διαρκώς αυξούμενη ζήτηση για «καθαρή ενέργεια» επιβάλλουν την αποθήκευση της ενέργειας από τις ΑΠΕ. Η διαφοροποίηση των «έξυπνων πόλεων» σε σχέση με τις συμβατικές έγκειται στο ότι ο ρυθμός της κατανάλωσης ενέργειας πρέπει να προσαρμόζεται με το ρυθμό παραγωγής της. Κι αυτό δεν είναι πάντα εφικτό. Η διαλειμματικότητα, η πληθώρα, η μεγάλη διασπορά και η στοχαστικότητα των ΑΠΕ ενδέχεται να προκαλέσουν ποσότητα ενέργειας, που δεν χρειάζεται να καταναλωθεί άμεσα, για αυτό και μπορεί να αποθηκευτεί. Καθώς, στην Ευρώπη τουλάχιστον, είναι στοχοθετημένη η ηλεκτροπαραγωγή μόνο μέσω «καθαρής ενέργειας», χωρίς προέλευση από ορυκτά καύσιμα ή λιγνίτη, οι ΑΠΕ είναι μονόδρομος.

##### **4.3.6.1. Η Αποθήκευση της Ενέργειας – LIBs-SCs.**

Οι μπαταρίες ιόντων-λιθίου μπορούν να αποθηκεύσουν την ενέργεια, που μπορεί να παράγεται από τις ΑΠΕ. Η αποθήκευση της ενέργειας είναι επιβεβλημένη, και μάλιστα όχι στις απομακρυσμένες μονάδες παραγωγής ενέργειας, αλλά οπωσδήποτε, εντός των τειχών της πόλης, στα κτίρια, στα οχήματα και στις συσκευές. Η ηλεκτροχημική αποθήκευση ενέργειας (EES) είναι ιδιαίτερης σημασίας στις ηλεκτρονικές συσκευές προσωπικής-ατομικής χρήσης, στα ηλεκτρικά οχήματα και στα έξυπνα δίκτυα. Εκτός από τις μπαταρίες ιόντων λιθίου (LIBs) σημαντικό ρόλο έχουν και οι υπερπυκνωτές (SCs) (Liu, J., et al., 2017). Όσον αφορά τις φορητές συσκευές καταβάλλεται μεγάλη προσπάθεια για την κατανόηση του πλήρους δυναμικού των νανοδομημένων χωρητικών υλικών, ιδίως για τα εξωτερικά ψευδοχωρητικά υλικά και τα υβριδικά ηλεκτρόδια (Liu, Y., et al., 2020).

##### **4.3.6.2. Η Αποθήκευση της Ενέργειας – IoT**

Υβριδικά συστήματα γεωθερμίας μπορούν επίσης να χρησιμεύσουν και για την αποθήκευση ενέργειας.<sup>31, 32</sup> Ομοίως και η αντλησιοταμίευση.

---

<sup>31</sup> BTES, borehole thermal energy systems

<sup>32</sup> ATEs, aquifer thermal energy systems

Επίσης, από πλευράς βέλτιστης διαχείρισης της ενέργειας στις έξυπνες πόλεις και της αποθήκευσής της μπορεί να χρησιμοποιηθεί το έξυπνο δίκτυο διανομής στηριζόμενο στα πλαίσια του IoT (Golpîra & Bahramara, 2020). Το δίκτυο διανομής διακρίνεται σε δύο βασικά συστήματα: ένα κεντρικό νέφος (πυρήνας, ‘core cloud’) και τα ακραία νέφη (άκρες, ‘edge clouds’). Στα ακραία νέφη η διαχείριση των μικροδικτύων γίνεται από το διαχειριστή του συσσωρευτή των μικροδικτύων. Αντίστοιχα, ο διαχειριστής του συστήματος διανομής είναι επιφορτισμένος με τη διαχείριση της ενέργειας στο κεντρικό νέφος. Η ικανότητα μεταφοράς των φορτίων των μικροδικτύων μειώνει το συνολικό επιχειρησιακό κόστος των ακραίων δικτύων.

Αλλάζοντας το μοτίβο του φόρτου κατανάλωσης, για τα ακραία νέφη και τις ώρες αιχμής του φορτίου τους, το σύστημα αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των συνολικών λειτουργικών εξόδων των ακραίων νεφών. Η αποθήκευση της ενέργειας με τον τρόπο αυτό διενεργείται, όταν η ενέργεια τιμολογείται με χαμηλή τιμή μέσω της αγοραστικής αξίας από την αγορά ενέργειας και αποφορτίζεται (=καταναλώνεται), όταν η ενέργεια τιμολογείται με υψηλή τιμή. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται τόσο η ικανοποίηση της ζήτησης του δικτύου και η τροφοδοσία με ενέργεια που απαιτούν τα ακραία νέφη, εξισορροπώντας το ισοζύγιο ενέργειας με το ελάχιστο δυνατό κόστος.

#### **4.3.7. Παγκόσμια ζήτηση ηλεκτρισμού και ταχύτητα διείσδυσης των ΑΠΕ στην αγορά**

Η καθαρή ενέργεια προερχόμενη από τις ΑΠΕ εξασφαλίζει μεν την ελαστικότητα και την ηλεκτροδότηση απομακρυσμένων – δύσβατων σημείων της πόλης, πλην δεν έχει φτάσει στο σημείο να εξασφαλίζει τη σταθερότητα της ηλεκτροπαραγωγής ούτε την πυκνότητα του ηλεκτρισμού, ως κατεξοχήν καυσίμου του αστικού περιβάλλοντος. Όσο αυξημένη κι αν είναι η διείσδυση και η υπερεντατικοποίηση των ΑΠΕ, αυτές ακόμα αντιπροσωπεύουν μόνο το 5% παγκοσμίως της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας.

Παρόλο που οι ΑΠΕ επεκτείνονται ταχύτατα, δεν μπορούν να ανταποκριθούν στην αυξανόμενη ζήτηση ηλεκτρισμού. Διότι η επανάκαμψη της ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια που σημειώθηκε το 2021 μετά τα lockdowns ήταν υπέρμετρη και η καθαρή ενέργεια δεν μπορεί ακόμα να ανταποκριθεί στις αυξημένες απαιτήσεις της αγοράς. Η πτώση του 1% στη ζήτηση που σημειώθηκε το 2020, υπολογίζεται ότι θα καλυφθεί από την αύξηση της ζήτησης κατά 4% το 2021 και κατά 5% το 2022, σύμφωνα με την πρόβλεψη του IEA (IEA, b., 2021). Η ηλεκτροπαραγωγή από τις ΑΠΕ σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του IEA θα καλύψει μόνο το ήμισυ της παγκόσμιας προβλεπόμενης αύξησης της ζήτησης το 2021 και το 2022.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα προσωρινά την αναγκαστική στροφή της ηλεκτροπαραγωγής προς τα ορυκτά καύσιμα με τη συνακόλουθη αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου τα επόμενα χρόνια. Επίσης η ηλεκτροπαραγωγή από πυρηνικά προβλέπεται ότι θα αυξηθεί κατά 1% το 2021

και κατά 2% το 2022. Επομένως, πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας μέσα στις πόλεις είτε από τα έξυπνα ηλεκτρικά δίκτυα είτε από την ανακαίνιση των κτιρίων είναι οπωσδήποτε απαραίτητες.

#### **4.4. Η πυρηνική ενέργεια στις έξυπνες πόλεις**

Η πυρηνική ενέργεια έχει ανακάμψει σχεδόν στα προ-Covid περιόδου επίπεδα. Εντός του έτους 2021 έχει αυξηθεί κατά 2% (IEA Global Energy Review, 2021). Στις ανεπτυγμένες οικονομίες υπάρχει η δέσμευση για το σταδιακό κλείσιμο των εργοστασίων πυρηνικής ενέργειας, καθώς το κόστος της είναι πια μεγάλο. Είναι χαρακτηριστικό ότι η τιμή του ακατέργαστου ουρανίου έχει ανεβεί πάνω από 48 δολάρια ανά λίβρα στα μέσα Οκτωβρίου 2021, πλησιάζοντας το υψηλό των 9 τελευταίων ετών (50,8 δολάρια το Σεπτέμβριο του 2021). Γι αυτό πολλά κράτη δεσμεύτηκαν να κλείσουν τα υπάρχοντα εργοστάσια, αλλά εξετάζουν την ίδρυση μικρών πυρηνικών σταθμών, που θα τους επιτρέψει και την εξαγωγή ενέργειας στις γείτονες χώρες.

Η Κίνα, η Ινδία, τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, το Πακιστάν και η Ρωσία εξασφαλίζουν τον ενεργειακό τους εφοδιασμό με καθαρή πυρηνική ενέργεια, θέτοντας σε λειτουργία νέους πυρηνικούς αντιδραστήρες (IEA, a., 2021). Η πυρηνική ενέργεια εξασφαλίζει τη συνεχή παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρισμού για την κάλυψη του φορτίου βάσης και μάλιστα σε προβλέψιμες τιμές. Γι αυτό η πυρηνική ενέργεια παραμένει ελκυστική για τις χώρες, που αντιμετωπίζουν ραγδαία αύξηση της ενεργειακής τους ζήτησης.

##### **4.4.1. Τα χαρακτηριστικά τους, τα αρνητικά, η ευελιξία και η αδράνεια**

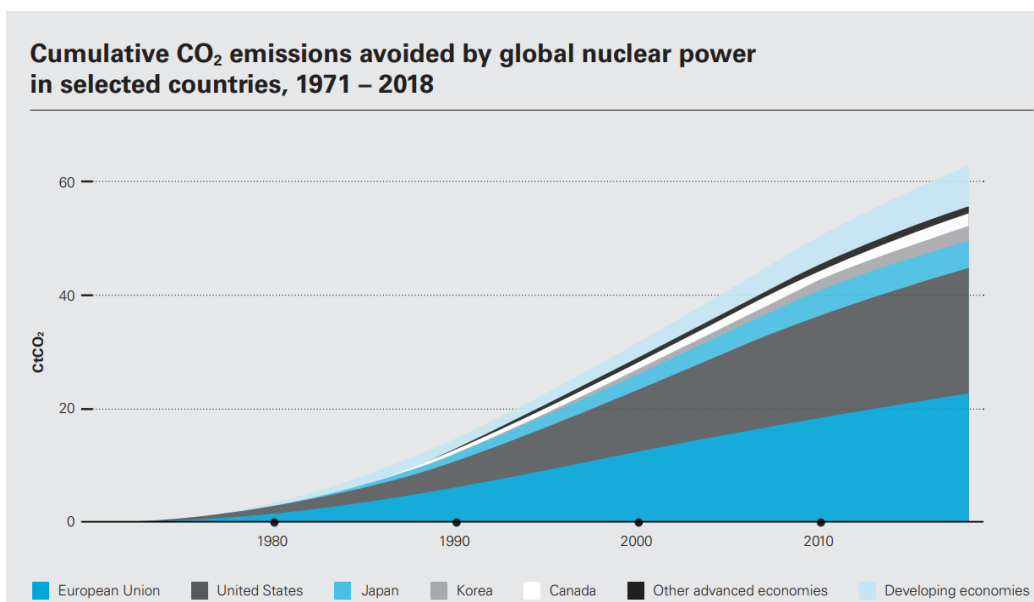
Η πυρηνική ενέργεια διακρίνεται για τη σταθερότητα και την πυκνότητά της. Είναι μέθοδος που καταλαμβάνει συγκεκριμένο χώρο (κάθετο) κατά την ηλεκτροπαραγωγή και δεν προκαλεί ενεργειακή χωρική επέκταση (οριζόντια εξάπλωση). Στη δομή του το εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από πυρηνικά μοιάζει πολύ με το συμβατικό θερμοηλεκτρικό σταθμό ορυκτών καυσίμων. Παράγει σταθερά ηλεκτρισμό απαλλαγμένο από άνθρακα, 24 ώρες την ημέρα, 7 ημέρες την εβδομάδα. Προβληματίζουν όμως την κοινή γνώμη ο κίνδυνος πυρηνικού ατυχήματος, η διαχείριση των πυρηνικών αποβλήτων και η απομάκρυνση του πυρηνικού σταθμού κατά το πέρας της ζωής του. Το πυρηνικό εργοστάσιο ηλεκτροπαραγωγής απαιτεί πολύ καλή αρχική μελέτη σχεδιασμού και διαρκή επιτήρηση λειτουργίας από πλευράς προσωπικού, καθώς και ικανότητα άμεσης επέμβασης.

Μία τυπική πυρηνική εγκατάσταση 1.000 mW χρειάζεται 1 τετραγωνικό μίλι για να λειτουργήσει ενώ για την αντίστοιχη παραγόμενη ποσότητα τα αιολικά πάρκα χρειάζονται 360 φορές περισσότερο χώρο και τα ηλιακά – φωτοβολταϊκά πάρκα 75 φορές περισσότερο χώρο.

Και ενώ τα ατυχήματα έχουν κλονίσει την εμπιστοσύνη των πολιτών στην πυρηνική ενέργεια. Τα περισσότερα οφείλονταν στην κακή συντήρηση, στην περικοπή των δαπανών συντήρησης, στην παλαιότητα των πυρηνικών αντιδραστήρων και στις ρωγμές από συγκαλυμμένα ατυχήματα.

Δεν μπορεί όμως να παραγνωριστεί η συμβολή των πυρηνικών στην απομάκρυνση του άνθρακα από την ηλεκτροπαραγωγή. Υπολογίζεται μάλιστα ότι τα τελευταία 50 χρόνια έχουν αφαιρεθεί 55 Gt εκπομπών CO<sub>2</sub> απ' την ατμόσφαιρα (IEA, 2019). Στο πιο κάτω γράφημα ο IEA υπολογίζει ακόμα μεγαλύτερες τιμές παγκοσμίως για την περίοδο από το 1971 έως το 2018, της τάξης άνω των 62 Gt εκπομπών CO<sub>2</sub>.

**Γράφημα 4.6. Οι τιμές αφαίρεσης εκπομπών CO<sub>2</sub> παγκοσμίως από το 1972 έως το 2018 λόγω της πυρηνικής ενέργειας**



Πηγή: IEA

Ο μέσος όρος λειτουργίας των ευρωπαϊκών αντιδραστήρων είναι τα 35 έτη και των αμερικανικών τα 39 (IEA, 2019), δηλ. πρόκειται για υποδομές που γηράσκουν, ενώ η δυστοκία στη χρηματοδότηση παραμένει εμφανής.

Ο αναμενόμενος υπερπληθυσμός στην Ινδία και στην Κίνα θα δημιουργήσει δεκάδες νέες πόλεις με μεγάλες ανάγκες για κατασκευαστικά υλικά (τσιμέντο, χάλυβα, σίδηρο) από τις ενεργοβόρες βιομηχανίες, που συνήθως κείνται σε ζώνες κοντά στις πόλεις. Σε ανερχόμενες οικονομίες, όπως

η Ινδία και η Κίνα, αυτό θα έχει ως συνέπεια την ευρεία κατασκευή πυρηνικών εργοστασίων για ηλεκτροπαραγωγή, εν αντιθέσει με τις λοιπές ανεπτυγμένες οικονομίες, που έχουν δεσμευτεί να μην κατασκευάσουν νέα άλλα πυρηνικά εργοστάσια.

Κατά την παρούσα ενεργειακή μετάβαση, οι ΑΠΕ δεν έχουν ακόμα την ικανότητα να εξασφαλίσουν σταθερή, αξιόπιστη και βιώσιμη ηλεκτροπαραγωγή, ικανοποιώντας τη ζήτηση. Η διαλειμματική τους φύση και η αδυναμία στην παρούσα φάση για μαζική αποθήκευση ενέργειας από ΑΠΕ, αναγκάζει τα δίκτυα να αναζητούν ενέργεια από άλλες συμπληρωματικές ενεργειακές, σταθερές και τραπεζικές, πηγές. Για να επιτευχθεί η εισροή ενέργειας στο δίκτυο από διαφορετικές πηγές (σταθερή πυρηνική ενέργεια/διαλειμματικές ΑΠΕ), το ίδιο το ηλεκτρικό κύκλωμα πρέπει να αποκτήσει μεγάλη ευελιξία και προσαρμοστικότητα. Για να καταφέρει το εργοστάσιο της πυρηνικής ηλεκτροπαραγωγής να λειτουργήσει με ευελιξία, θα χρησιμοποιήσει την αδράνεια των μεγάλων αμμοτουρμπινών, ως μέθοδο σταθεροποίησης των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, εξασφαλίζοντας σταθερή και προσαρμόσιμη προσφορά ενέργειας. Αυτές μπορεί να λειτουργούν, ρυθμιζόμενες αναλόγως σε χαμηλότερες ή ελαφρά υψηλότερες στροφές, εξισορροπώντας τις διακυμάνσεις της συχνότητας<sup>33</sup>, απορροφώντας τις αιφνίδιες μεταβολές και τις αυξομειώσεις της ζήτησης. Στο ενεργειακό μίγμα, το ρόλο αυτό της εξισορρόπησης προσφοράς-ζήτησης (on/off) σε σχέση με τις ΑΠΕ, στα κλασσικά ηλεκτρικά κυκλώματα, παραδοσιακά τον είχαν αναλάβει μέχρι τώρα τα εργοστάσια ορυκτών καυσίμων/άνθρακα.

Τα έξυπνα πλέον ηλεκτρικά κυκλώματα, που κατά κόρον χρησιμοποιούνται στις έξυπνες πόλεις, μπορούν με δυναμικό τρόπο να κάνουν εναλλαγές κατά την εισροή ενέργειας διαφορετικής προέλευσης, χαρακτηριστικό τους που η τεχνολογία διαρκώς βελτιώνει. Η τεχνητή νοημοσύνη, η αυτοματοποίηση, η ψηφιοποίηση και το IoT επιτρέπουν τη βελτίωση της 'τεχνολογίας παραγωγής', συντείνοντας στην αποδοτικότητά της. Η μέθοδος του forecasting της τεχνητής νοημοσύνης μπορεί με μεγάλη ακρίβεια βάσει των συλλεγόμενων πληροφοριών να προβλέψει τις συννεφιασμένες ημέρες ή τις ημέρες άπνοιας, ώστε να γίνει έγκαιρα και έγκυρα ο προγραμματισμός της παραγωγής, χωρίς κενά. Το ίδιο μπορεί να συμβεί και επί ακραίων καιρικών φαινομένων, όπου οι αισθητήρες πχ μπορεί να εντοπίσουν τη ζημιά/φθορά και να ειδοποιήσουν τους διαχειριστές του δικτύου, που θα εξασφαλίσουν με εναλλακτική τροφοδότηση την προσφορά ενέργειας, χωρίς να μεσολαβήσει διακοπή. Το σινιάλο, δηλ. η προειδοποίηση, ειδοποιεί για το πρόβλημα (πχ καταιγίδα), βοηθά στην επιδιόρθωσή του την ώρα ακριβώς που συμβαίνει, καθοδηγηθεί για την άντληση ενέργειας από εναλλακτική πηγή ή για την επαναδρομολόγηση της παροχής της μέσα από άλλη διαδρομή. Ωστε, τα έξυπνα ηλεκτρικά κυκλώματα επιτρέπουν την

---

<sup>33</sup> Frequency fluctuation

ενεργό διασύνδεση σ' αυτά διαφόρων πηγών ενέργειας και τη δυναμική χρησιμοποίησή τους, αναλόγως των αναγκών.

Το θέμα αυτό παρουσιάζει ερευνητικό ενδιαφέρον στο πλαίσιο των πρόσφατων κακοκαιριών. Τα ευρήματα της έρευνας του ERCOT<sup>34</sup> ανέδειξαν την πρωτοφανή ζήτηση ηλεκτρισμού από πλευράς καταναλωτών την κρίσιμο περίοδο του χιονιά Ugi και την ταυτόχρονη αδυναμία τροφοδοσίας ρεύματος. Ο λόγος είναι ότι το 60% των Τεξανών εξαρτάται από τη θέρμανση μέσω ηλεκτρισμού και τα σπίτια τους δεν είναι επαρκώς μονωμένα. Αντίστοιχα, και η ηλεκτροπαραγωγή στο Τέξας την περίοδο του Φεβρουαρίου 2021 επλήγη από το χιονιά. Με τις υψηλές θερμοκρασίες πάγωσε το σύστημα τροφοδοσίας αερίου της ηλεκτροπαραγωγής. Δόθηκε προτεραιότητα στη διοχέτευση του εναπομείναντος αερίου για τη θέρμανση των οικιών, κι όχι για την ηλεκτροπαραγωγή. Αλλά και ο τομέας της ηλεκτροπαραγωγής που λειτουργούσε με αέριο ή αιολικά, δεν μπορούσε να αποδώσει, διότι οι ασυνήθιστα χαμηλές θερμοκρασίες πάγωσαν τα συστήματα ελέγχου τους. Συνολικά το 48% της συνολικής βιομηχανίας της ηλεκτροπαραγωγής δεν μπόρεσε να λειτουργήσει (Jones, St. H., et al., 2021, με τις εκεί παραπομπές) & (NEA, 2020).

#### **4.4.2. Η επιτάχυνση της καινοτομίας και οι μικροί σπονδυλωτοί πυρηνικοί σταθμοί<sup>35</sup>**

Για τη διασφάλιση της ενεργειακής επάρκειας, ο συνδυασμός ΑΠΕ και μικρών σπονδυλωτών σταθμών είναι ο πλέον ελκυστικός, ιδίως για όσες χώρες έχουν προαναγγείλει το κλείσιμο των πυρηνικών τους εργοστασίων, όπως οι ΗΠΑ, η Μεγάλη Βρετανία και η Γαλλία. Πρόκειται για μια νέα λύση, που θεωρείται αξιόπιστος τρόπος συμπλήρωσης της ηλεκτροπαραγωγής, με ισχύ όμως κατά δέκα φορές μικρότερη από τα κλασικά πυρηνικά εργοστάσια (10 MW αντί για 100 MW), μικρότερες μονάδες που δεν εγγυώνται τη χαμηλή τιμή της πυρηνικής ενέργειας που θα παραχθεί, αλλά υψηλότερα επίπεδα ελέγχου. Προτείνεται η επιτάχυνση της υιοθέτησης της καινοτόμου αυτής λύσης (IEA, 2020) από τις κυβερνήσεις, σε όλο το εύρος των τεχνολογιών από τους ηλεκτρολύτες υδρογόνου έως τους «σπονδυλωτούς» πυρηνικούς αντιδραστήρες. Παρόλο που οι μικροί πυρηνικοί αντιδραστήρες έχουν εξαγγελθεί από τις 3 πιο πάνω χώρες, εντούτοις δεν λειτουργεί κανένας σταθμός, ώστε να εξελεγχθεί το πραγματικό κόστος λειτουργίας των μονάδων αυτών.

---

<sup>34</sup> Electric Reliability Council of Texas

<sup>35</sup> Small modular reactors (SMR)

#### 4.5. Το υδρογόνο και οι έξυπνες πόλεις

Το 95 % του υδρογόνου σήμερα παράγεται με την αναμόρφωση του μεθανίου με ατμό. Η ΕΕ υιοθέτησε το 2020 τη Στρατηγική για το υδρογόνο, που αφορά την παραγωγή και χρήση του ανανεώσιμου υδρογόνου. Σκοπός της είναι η σταδιακή απανθρακοποίηση της ενωσιακής οικονομίας, από κοινού με τις δεσμεύσεις της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας, και η ευρεία χρήση του σε «δύσκολους» τομείς της οικονομίας. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην πολύ σημαντική αποθηκευτική του ιδιότητα μεγάλης κλίμακας και στη χρησιμοποίησή του στον τομέα των μεταφορών. Για την παραγωγή της «καθαρής» ενέργειας από υδρογόνο (το χαρακτηριζόμενο ως «πράσινο») η ενέργεια από φωτοβολταϊκά πάνελς αποθηκεύεται σε μία μπαταρία και στη συνέχεια χρησιμοποιείται ένας ηλεκτρολύτης για την παραγωγή αγνού αερίου υδρογόνου. Αυτό αποθηκεύεται σε ένα κύλινδρο ή σε ένα δοχείο, πριν προχωρήσει η παραγωγή «καθαρής» ηλεκτρικής ενέργειας με μηδενικούς ρύπους. Επομένως, η ιδιότητα του υδρογόνου να αποθηκεύει την ανανεώσιμη ενέργεια με τρόπο ευέλικτο, δηλ. να καλύπτει τη διαλειμματικότητα των ΑΠΕ, ικανοποιώντας τη ζήτηση ηλεκτρισμού και, ταυτόχρονα, η ικανότητά του να απαλλάσσει από τον άνθρακα σε εξαρτώμενους από αυτόν κλάδους (μεταφορές και βαριά βιομηχανία). Τα αστικά λεωφορεία και κάποια τμήματα σιδηροδρόμων, όπου ο εξηλεκτρισμός είναι ανέφικτος, αναμένεται να εξυπηρετηθούν στο άμεσο μέλλον από το υδρογόνο στην ΕΕ (Herrero G. A., et al. 2021).

Οικονομικά, το ανταγωνιστικό κόστος του «πράσινου» υδρογόνου έναντι του «γκρίζου» υδρογόνου πρέπει να εξασφαλιστεί και η τιμή της κιλοβατώρας να κυμανθεί στα 2 cents περίπου (IRENA 2019 & US DoE 2020), ταυτόχρονα με τον υπολογισμό του κόστους της απαραίτητης αντικατάστασης ή προσαρμογής των υποδομών, που σήμερα υποστηρίζουν τις χρήσεις του φυσικού αερίου.

## Κεφάλαιο 5. Επίλογος

### 5.1. Συμπεράσματα

Η ενεργειακή μετάβαση προς καθαρότερες μορφές ενέργειας έχει ξεκινήσει. Τα ορυκτά καύσιμα παρά την πυκνότητά και τη σταθερότητά τους ως ενεργειακός πόρος δεν είναι ανεξάντλητος και είναι εξαιρετικά ρυπογόνος. Οι πόλεις καλούνται να εξυπηρετήσουν μεγάλα πληθυσμιακά φορτία, που μετατοπίζονται προς αυτές. Κρίσιμοι τομείς τους είναι η ψύξη-θέρμανση των κτιρίων και οι μετακινήσεις. Οι αυξημένες ενεργειακές ανάγκες μπορεί να αντιμετωπιστούν από ένα καθαρότερο ενεργειακό μίγμα, αποτελούμενο την ενέργεια των ανανεώσιμων πηγών και από την πυρηνική ενέργεια. Στη θέση των πυρηνικών εργοστασίων που κλείνουν, πολλές χώρες έχουν ήδη αρχίσει να δημιουργούν νέα, ενώ άλλες έχουν εξαγγείλει τη δημιουργία μικρότερων σταθμών.

(α) Η πυρηνική ενέργεια ως καθαρή μορφή ενέργειας συμβαδίζει με τους σκοπούς της βιωσιμότητας, που πρεσβεύουν οι έξυπνες πόλεις.

(β) Η μικρή ακόμα διείσδυση των ΑΠΕ στο παγκόσμιο ενεργειακό μείγμα επιτάσσει το συνδυασμό τους με μία εξίσου καθαρή και σταθερή πηγή ενέργειας, όπως η πυρηνική, στη θέση των παραδοσιακών λιγνιτικών εργοστασίων ηλεκτροπαραγωγής και των ορυκτών καυσίμων. Ο συνδυασμός των δύο εξασφαλίζεται από την αδράνεια των μεγάλων ατμοτουρμπινών, ρυθμιζόμενες αναλόγως σε χαμηλότερες ή ελαφρά υψηλότερες στροφές. Έτσι, μπορεί να σταθεροποιηθούν τα ηλεκτρικά κυκλώματα, να εξισορροπηθούν οι διακυμάνσεις τις συχνότητας και να εξασφαλισθεί η προσφορά της ενέργειας.

(γ) Οι ΑΠΕ χρειάζονται μεγάλες εκτάσεις για να αναπτυχθούν και έχουν την τάση να καταλαμβάνουν ολοένα και περισσότερο χώρο. Προαπαιτείται η πρότερη προσεκτική χωροθέτησή τους. Προτιμώνται εκτάσεις χωρίς ιδιαίζουσα περιβαλλοντική αξία ή μέρη, πολύ κοντά στον τόπο κατανάλωσης της ενέργειας, για την αποφυγή των απωλειών κατά τη μεταφορά και τα υψηλά κόστη του δικτύου διανομής της ή off-shore αιολικά ή ο συνδυασμός των εκτάσεων με την αγροτική παραγωγή. Στις «έξυπνες πόλεις» ευνοείται η τοποθέτηση των ΑΠΕ επί των στεγών, των προσόψεων των κτιρίων ή η χρήση ειδικών κατασκευαστικών υλικών, ιδίως σε συνδυασμό με τρόπους αποθήκευσης της ενέργειας.

(δ) Στο αστικό οικοσύστημα της έξυπνης πόλης, τα τεχνολογικά προηγμένα ψηφιακά, νέα-έξυπνα δίκτυα είναι ευπροσάρμοστα, αυτορυθμίζονται και επιτρέπουν την αμφίδρομη ροή του ηλεκτρισμού και των πληροφοριών, συνδυαζόμενα καλύτερα και πιο ομαλά με τις ΑΠΕ. Εξισορροπούν την προσφορά και τη ζήτηση ισχύος σε πραγματικό χρόνο, αποφεύγοντας τις «αιχμές».



(ε) Ο έξυπνος μετρητής εξασφαλίζει τη λειτουργία του ελέγχου του φορτίου και τη λειτουργία απεικόνισης της χρέωσης. Ο καταναλωτής ενεργοποιείται και αναπτύσσει υγιή καταναλωτική συμπεριφορά. Εφαρμόζει την αρχή της εξοικονόμησης ενέργειας. Συμμετέχει απευθείας στην αγορά της ενέργειας. Μέσω προγραμμάτων ανταπόκρισης στη ζήτηση, ο καταναλωτής μπορεί να εντοπίσει τα τιμολογιακά σημάδια της αγοράς και να επωφεληθεί από τη χαμηλότερη προσφερόμενη χρέωση ηλεκτρισμού.

## **5.2. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα**

Η 4<sup>η</sup> Βιομηχανική Επανάσταση είναι σε διαδικασία εξέλιξης και ταυτόχρονα έχει εκκινηθεί η ενεργειακή μετάβαση σε καθαρότερες μορφές ενέργειας. Η σταδιακή επάνοδος της Οικονομίας μετά την πανδημία του Covid-19 και τα εξαγόμενα συμπεράσματα από τα πρόσφατα τυχαία ακραία καιρικά φαινόμενα (Τέξας 2021, παρατεταμένος ευρωπαϊκός καύσωνας θέρους 2021) αφενός αποδεικνύουν τη μεγάλη σταθερότητα και την ασφάλεια, που παρέχουν τα ορυκτά καύσιμα στον ενεργειακό εφοδιασμό και αφετέρου εντοπίζουν την ευαλωτότητα των ενεργειακών συστημάτων και των υποδομών. Ωστε, μια περαιτέρω ενδεδειγμένη μελέτη της ανθεκτικότητας των ενεργειακών συστημάτων και της ταχύτητας επιτυχούς ανταπόκρισής τους σε αναπάντεχα και μεγάλης έντασης φαινόμενα έχει πρόσφορο έδαφος για να διεξαχθεί στη συνέχεια, σε συνδυασμό με τις αναμενόμενες επικείμενες αυξήσεις της τιμής του ηλεκτρισμού, ενόψει και της διάδοξης κατάστασης, που θα επιφέρει στο απώτερο μέλλον το υδρογόνο ως μέσο αποθήκευσης ενέργειας και αυτοτελώς ως καύσιμο .

## Βιβλιογραφικές Αναφορές

Allam, Zaheer & Newman, Peter. (2018). Redefining the Smart City: Culture, Metabolism and Governance, Smart Cities, 2018, 1(1), 4-25, [www.mdpi.com](http://www.mdpi.com).

Bulkeley, H., Powells, G. & Bell, S. (2015). Smart grids and the constitution of solar electricity conduct, <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0308518X15596748>.

C40Cities, Why Cities? , [www.c40.org/why\\_cities](http://www.c40.org/why_cities)

Chowdhury, Pr. K.R., Weaver, J.E., Weber, E.M., Lunga, D., LeDoux, StTh. M., Rose, A.N. & Bhaduri, B.L. (2019). Electricity consumption patterns within cities: Application of a data – driven settlement characterization method, [doi.org/10.1080/17538947.2018.1556355](https://doi.org/10.1080/17538947.2018.1556355).

CNBC. (2020). An archipelago in the Atlantic wants to add tidal power to its energy mix by using kite-like mix, 2020 [www.cnbc.com](http://www.cnbc.com)

Deloitte. (2019). Renewables (em)power smart cities.

Dilimulati, A., Stathopoulos, T. & Paraschivoiu, M. (2018). Wind turbine designs for urban applications: A case study of shrouded diffuser casing wind turbines, *Journal of Wind engineering & Industrial Aerodynamics*, vol. 175 (April), Elsevier, Amsterdam, pp. 179-192.

European Commission. (2018). Energy and Smart cities, [https://ec.europa.eu/energy/topics/technology-and-innovation/energy-and-smart-cities\\_en](https://ec.europa.eu/energy/topics/technology-and-innovation/energy-and-smart-cities_en)

Garcia-Herrero Alicia, Tagliapietra Simone & Vorsatz, Victor. (2021). Hydrogen development strategies: a global perspective. Bruegel Blog, 30 August 2021, [www.bruegel.org/2021/08/hydrogen-development-strategies-a-global-perspective/](http://www.bruegel.org/2021/08/hydrogen-development-strategies-a-global-perspective/)

Golpîra, Heris & Bahramara, Salah. (2020). Internet-of-Things-Based Optimal City Energy Management Considering Shiftable Loads and Energy Storage, *Journal of Cleaner Production*, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121620>.

Guterres Antonio. (2021). United Nations, International Mother Earth Day 22 April, [www.un.org/en/observances/earth-day](http://www.un.org/en/observances/earth-day)

Huber, Matthew, T., & McCarthy James. (2017). Beyond the subterrean energy regime? Fuel, land use and the production of space. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 42 (4), 655-668, 2017].

IEA. (2014). EV City Casebook, 50 Big Ideas, 05\_Battery Right Sizing, [www.iea.blob.core.windows.net](http://www.iea.blob.core.windows.net).

IEA. (2019). Nuclear Power in a Clean Energy System.

IEA. (2020). World energy Outlook.

IEA. a. (2021). “Global Energy Review, Assessing the effects of economic recoveries on global energy demand and CO<sub>2</sub> emissions in 2021”, April 2021.

IEA. b. (2021). Electricity Market Report. July 2021.

IEA. c. (2021). Empowering Cities for a Net Zero Future. Report July 2021.

- IEA. d. (2021). “World Energy Outlook”. Analysis. October 2021.
- IEEFA. (2021). Los Angeles speeds up net-zero transition plans by a decade to 2035, September 4, 2021, [www.ieefa.org](http://www.ieefa.org).
- IRENA. (2017). Renewable Energy in District Heating and Cooling: a sector roadmap for Remap, March 2017, [www.irena.org](http://www.irena.org).
- IRENA. (2018). Renewable Energy in Cities, [www.irena.org](http://www.irena.org).
- IRENA. (2019). Hydrogen: A renewable energy perspective, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA. (2020). Rise of renewables in cities: Energy solutions for the urban future, [www.irena.com](http://www.irena.com), ISBN 978-92-9260-271-0.
- IRENA, IEA and REN21. (2020). Renewable Energy Policies in a Time of Transition: Heating and Cooling, IRENA, OECD/IEA and REN21, [www.irena.org](http://www.irena.org).
- Jones, Stephanie, H., Malek, Gabriel, Panfil, Michael & Victor, D.G. (2021). What investors and the SEC Can Learn from the Texas Power Crises, June 2021, BROOKINGS, <https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2021/06/TX-Report-Final.pdf>
- Kraft, John & Kraft, Arthur. (1978). On the Relationship between energy and GNP. *J. Energy Dev.* 1978, 3, 401-403.
- Leiden University. (2018). Renewable energy sources take up to 1000 times more space than fossil fuels, [www.phys.org](http://www.phys.org), Technology/Energy & Green Tech.
- Liu, Jilei, Wang, Jin, Xu, Chaohe, Jiang, Hao, Li, Chunzhong, Zhang, Lili, Lin, Jianyi & Xiang Shen, Ze. 2017. Advanced Energy Storage Devices: Basic Principles, Analytical Methods, and Rational Materials Design, *Advanced Science*, vol. 5, issue 1, 2018, <https://doi.org/10.1002/advs.201700322>, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/advs.201700322>.
- Liu, Y., Jiang, S.P. & Shao, Z. 2020. Intercalation pseudocapacitance in electrochemical energy storage: recent advances in fundamental understanding and materials development, *materialstoday ADVANCES*, vol.7, 2020, [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590049820300199](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590049820300199).
- NEA. (2020). Unlocking financing for nuclear energy infrastructure in the COVID-19 economic recovery, June 2020, [www.oecd-nea.org](http://www.oecd-nea.org).
- NEA. (2021). Maximizing the smart meter rollout for prepayment customers, Scotland, <https://www.nea.org.uk/wp-content/uploads/2021/06/Smart-Prepay-Full-Report.pdf>.
- O’Dwyer, Edw., Pan, I., Acha, S. & Shah, N. (2019). Smart Energy Systems for sustainable smart cities: Current developments, trends and future directions, *Applied Energy*, 237, 581-597.
- REN21. (2021). Renewables in Cities, Global Status Report.
- Topolewski, Lukasz. (2021). Relationship between Energy Consumption and Economic Growth in European Countries: Evidence from Dynamic Data Analysis, *Energies*, 14, <https://doi.org/10.3390/en14123565;1>
- United Nations. (2012). United Nations Environment Programme, The Global Initiative for resource efficient cities, Paris France, 2012, [www.resourceefficientcities.org](http://www.resourceefficientcities.org).

United Nations. (2018). The World's Cities in 2018, Data Booklet, <https://digitallibrary.un.org/record/3799524>

UN URBAN HABITAT For a better urban future. (2013). Streets as public spaces and drivers for urban prosperity.

United States Department of Energy. (2020). Cost of Electrolytic Hydrogen Production with Existing Technology, [www.hydrogen.energy.gov/pdfs/20004-cost-electrolytic-hydrogen-production.pdf](http://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/20004-cost-electrolytic-hydrogen-production.pdf)

Will Marie-Eve. (2018). Urban Transports Spatial Footprint: How much space is used in the city?, WAVEStone Transport Shaker, <https://www.transportshaker-wavestone.com/urban-transport-spatial-footprint-much-space-used-transport-city/>.

World Bank Group. (2018). Groundswell: Preparing for internal climate action, 2018.