

## ΕΞΥΠΝΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ-ΑΥΤΟΝΟΜΕΣ ΠΟΛΕΙΣ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ. Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ

**Ν. Θ. Αθανασούλης<sup>1\*</sup>, Α. Τσακανίκας<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Εργαστήριο Βιομηχανικής και Ενεργειακής Οικονομίας, Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα, Ελλάδα

(\*[nathanas@central.ntua.gr](mailto:nathanas@central.ntua.gr))

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μια από τις μεγαλύτερες σύγχρονες προκλήσεις της ανθρωπότητας, αποτελεί αναμφισβήτητα η μείωση των αερίων του θερμοκηπίου και η επιβράδυνση του ρυθμού υπερθέρμανσης του πλανήτη. Στην πρόσφατη έκθεση του IPCC, 2018, περιγράφονται αναλυτικά οι επιπτώσεις ανόδου 1.5 °C της παγκόσμιας θερμοκρασίας πάνω από τα προβιομηχανικά επίπεδα, ενώ υποδεικνύεται ότι η ανθρωπότητα έχει μόνο 12 χρόνια για να μειώσει τις συνολικές καθαρές ανθρωπογενείς εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά περίπου 45% σε σχέση με τα επίπεδα του 2005, φθάνοντας το «καθαρό μηδέν» περί το 2050. Οι πόλεις συμβάλλουν σημαντικά στην κλιματική αλλαγή, λόγω των υψηλών ενεργειακών απαιτήσεων και της διαχρονικά ενισχυόμενης τάσης της αστικοποίησης, συνεπώς η μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος των αστικών περιοχών, κρίνεται ως ανάγκη υψηλής προτεραιότητας<sup>[1,2]</sup>.

Η τάση απελευθέρωσης των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας, ενισχύει την περεταίρω ανάπτυξη της διεσπαρμένης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, ευνοώντας την ανάπτυξη των μικρής-κλίμακας αυτό-παραγωγών-καταναλωτών «prosumers» και την μετατροπή των ενεργειακά αυτόνομων κτιρίων σε ενεργές παραγωγικές μονάδες ενός αποκεντρωποιημένου ενεργειακού συστήματος. Σε επίπεδο έξυπνης πόλης, η θεσμική εξυπηρέτηση των ενεργειακών κοινοτήτων και οι συνέργειες σχημάτων συλλογικής αυτό-παραγωγής, ενισχύουν σημαντικά την απανθρακοποίηση του ενεργειακού τομέα. Ενεργειακά αυτόνομα κτίρια, εμπορικά συγκροτήματα, γειτονίες, νησιά και πόλεις, αποτελούν αντικείμενο επιστημονικής διερεύνησης στην διεθνή βιβλιογραφία. Τεχνολογικές και τεχνο-οικονομικές προεκτάσεις βελτιστοποίησης μικρο-δικτύων καθαρής ενέργειας, υφιστάμενες και αναδυόμενες τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών (ΤΠΕ) καθώς και μια σειρά από άλλες παραμέτρους, όπως, η ωρίμανση υβριδικών τεχνολογιών ΑΠΕ – αποθήκευσης ενέργειας, η τάση της ηλεκτροποίησης, η επερχόμενη μαζική είσοδος ηλεκτροκίνητων οχημάτων στην αγορά κ.α., ενισχύουν την τάση επαναδιαμόρφωσης του ενεργειακού τομέα στις αστικές περιοχές, ανοίγοντας δρόμους για ένα ενεργειακά-αυτόνομο, πράσινο μέλλον<sup>[1,2]</sup>.

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, έλαβε χώρα μια συστηματική καταγραφή και παρουσίαση της διεθνούς βιβλιογραφίας σε θέματα ενεργειακής αυτονομίας έξυπνων πόλεων και σχετικών τεχνολογικών και τεχνο-οικονομικών προεκτάσεων. Επιπλέον, αναλύεται η ελληνική πραγματικότητα μέσα από μία κριτική σκοπιά, ενώ παρουσιάζεται το ενεργειακό δυναμικό ενός αυτόνομου κτιρίου για την περιοχή της Αθήνας<sup>[1,2]</sup>.

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στις μέρες είναι αντιληπτό περισσότερο από ποτέ ότι πρέπει να εντατικοποιηθούν οι προσπάθειες για την επιβράδυνση της κλιματικής αλλαγής σε όλα τα επίπεδα. Χαρακτηριστικά είναι τα ευρήματα που παρουσιάζονται στην πρόσφατη έκθεση του IPCC (Οκτωβρίου 2018) κατά την οποία επιβεβαιώνεται ότι η άνοδος της θερμοκρασίας του πλανήτη κατά περίπου 1,0°C πάνω από τα προβιομηχανικά επίπεδα οφείλεται στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες, ενώ αναφέρεται ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη είναι πιθανό να φθάσει τους 1,5 °C μέσα στα επόμενα 12 με 32 έτη

με βάση τις παρούσες τάσεις. Τα συμπεράσματα της έκθεσης εξηγούν τις πιθανές καταστροφικές επιπτώσεις του σεναρίου αύξησης κατά 1,5 °C και υπογραμμίζουν το γεγονός ότι η ανθρωπότητα έχει μόνο 12 έτη για να μειώσει τις παγκόσμιες καθαρές ανθρωπογενείς εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά περίπου 45% σε σχέση με τα επίπεδα του 2005, φθάνοντας το «καθαρό μηδέν» γύρω στο 2050. Αυτό σημαίνει ότι οι υπόλοιπες εκπομπές θα πρέπει να εξισορροπηθούν με την απομάκρυνση του CO<sub>2</sub> από την ατμόσφαιρα <sup>[1,2]</sup>.

Οι πόλεις, εξαιτίας της ραγδαίας αστικοποίησης των τελευταίων δεκαετιών, βρίσκονται στο επίκεντρο της προσοχής για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής και την προσαρμογή σε αυτήν <sup>[1]</sup>. Είναι γεγονός ότι περίπου το 55% του παγκόσμιου πληθυσμού κατοικεί σε αστικές περιοχές, ενώ σύμφωνα με τον ΟΗΕ, το ποσοστό αυτό αναμένεται να αυξηθεί στο 68% μέχρι το 2050 όπου ο συνολικός πληθυσμός της γης εκτιμάτε πως θα φτάσει περί τα 10 δις <sup>[3]</sup>. Στην Ευρώπη αυτό το ποσοστό ανέρχεται στο 75% του πληθυσμού της. Παράλληλα, είναι γεγονός ότι οι πόλεις καταναλώνουν περισσότερο από το 75% της παγκόσμιας πρωτογενούς ενέργειας και ευθύνονται για το 50 με 60 % των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ενώ το ποσοστό αυτό αυξάνεται στο 80% αν ληφθούν υπόψη οι έμμεσες εκπομπές που παράγονται από τους κατοίκους των πόλεων <sup>[4]</sup>.

Όπως παρουσιάζεται στην εργασία των Papanicolaou et al (2015), δεδομένου ότι οι εκπομπές των πόλεων συνδέονται σε μεγάλο βαθμό με τις ενεργειακές απαιτήσεις για αστικές μεταφορές και καταναλώσεις στον κτιριακό τομέα, κριτήρια όπως ο περιορισμός της εξάπλωσης των πόλεων και η αύξηση της αστικής πυκνότητας, η ενίσχυση της βιώσιμης αστικής κινητικότητας, η εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια και η ενίσχυση των ΑΠΕ κα. αποτελούν κρίσιμους παράγοντες σχεδιασμού των αστικών περιοχών για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής <sup>[1,2]</sup>.

## ΕΞΥΠΝΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ-ΑΥΤΟΝΟΜΕΣ ΠΟΛΕΙΣ

Η βαθιά κατανόηση των διαθέσιμων και επικαιροποιημένων τεχνολογιών και πρακτικών μετριασμού καθώς και των περιβαλλοντικά αποτελεσματικών πολιτικών, μέτρων και μέσων, αποτελεί πολύ σημαντική γνώση για τα κέντρα λήψης αποφάσεων, ώστε να επιταχυνθεί η δημιουργία βιώσιμων πόλεων / ουδέτερων εκπομπών “net-zero” διοξειδίου του άνθρακα, όπου το εγγύς μέλλον απαιτεί. Παράλληλα, σε τοπικό και κυβερνητικό επίπεδο απαιτείται η διαχρονική παρακολούθηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και επιπλέον, η προώθηση σχετικών νομοθετικών πλαισίων και επενδυτικών σχεδίων για την στροφή προς μια οικονομία χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα <sup>[2]</sup>.

Σημαντικοί σύμμαχοί προς την κατεύθυνση αυτή αποτελούν, οι σύγχρονες τεχνολογίες πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών (ΤΠΕ), οι νέες τεχνολογίες / καινοτομίες και οι νέες προσεγγίσεις, όπως αυτή των «έξυπνων πόλεων», μέσω της οποίας η ενεργειακή διαχείριση μπορεί να είναι πιο αποτελεσματική. Συγκεκριμένα, μέσω της αύξησης της διείσδυσης σχετικών εφαρμογών και υπηρεσιών κοινής ωφέλειας στις έξυπνες πόλεις, όπως, αισθητήρες, έξυπνοι μετρητές, μικρής κλίμακας παραγωγή ενέργειας από υβριδικές εγκαταστάσεις ΑΠΕ, έξυπνη διανομή μέσω μικροδικτύων, τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας κλπ., σε συνδυασμό με τις τελευταίες εφαρμογές και καινοτομίες ΤΠΕ, όπως τα AI, IoT, big data analytics, blockchain, Cloud, XaaS κλπ. μπορούν να επιτευχθούν σημαντικές θετικές επιπτώσεις προς μια οικονομία χαμηλών εκπομπών CO<sub>2</sub>. Επιπλέον, η παγκόσμια τάση ηλεκτροποίησης οδηγεί τις έξυπνες πόλεις να στην υιοθέτηση στρατηγικών για την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης, τη δημιουργία δικτύων σημείων φόρτισης, τη βελτιστοποίηση της βιώσιμης αστικής κινητικότητας κλπ. διευκολύνοντας περαιτέρω την απανθρακοποίηση του ενεργειακού τομέα. <sup>[2, 5-9]</sup>

Παράλληλα, με την θεσμική απελευθέρωση των αγορών ενέργειας, επιτρέπεται σε άλλα μέρη να συμμετάσχουν στο τοπικό μείγμα παραγωγής ενέργειας, καθώς παρέχουν «καθαρή» ενέργεια στο δίκτυο, ανοίγοντας έτσι δρόμους και στους αυτο-παραγωγούς-καταναλωτές μικρής κλίμακας

(prosumers) ώστε να μετατραπούν σε ενεργά μέλη του ενεργειακού συστήματος παρέχοντας / πωλώντας την περισσευούμενη τους ενέργεια στο δίκτυο. Στο πλαίσιο αυτό, οι «έξυπνες ενεργειακά-αυτόνομες πόλεις του αύριο» θα μπορούσαν να αποτελούνται από πολλαπλούς prosumers, που συνδυάζουν εν γένει plug-in ηλεκτρικά οχήματα (EV), σε vehicle-to-grid / grid-to-vehicle σχήματα, όπου σε συνδυασμό με εφαρμογές τεχνολογιών μικροδικτύων και υπηρεσιών ΤΠΕ μπορούν να προκαλέσουν τοπικές και ενδεχομένως ευρείας κλίμακας θετικές επιπτώσεις στο δίκτυο [2, 7, 10-12].

Σε επίπεδο έξυπνης πόλης, η μοντελοποίηση ενός ολοκληρωμένου αστικού ενεργειακού συστήματος είναι ένα πολύπλοκο έργο, το οποίο μεταξύ άλλων στοχεύει στην βέλτιστη αξιοποίηση των πόρων και στην δημιουργία συνεργειών, λαμβάνοντας υπόψη διάφορες πτυχές, όπως, η διαχρονική κατανομή ζήτησης ενέργειας, η ανάγκη απανθρακοποίησης, ο ενεργειακός ρόλος των κτιρίων, η τάση της ηλεκτροκίνησης, η ανάγκη για ενεργειακά αποδοτικές μεταφορές κλπ. [7].

Ο κτιριακός τομέας είναι στο επίκεντρο της παρούσας εργασίας. Σύμφωνα με επίσημα στοιχεία, ο οικιακός και ο τριτογενής τομέας σε επίπεδο ΕΕ, ευθύνεται για την κατανάλωση του 40% της συνολικά παραγόμενης ενέργειας και το 36% των συνολικών εκπομπών CO<sub>2</sub> [4].

Όπως γίνεται αντιληπτό, η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, σε συνδυασμό με την χρήση ανανεώσιμης ενέργειας, αποτελούν σημαντικές προκλήσεις του μέλλοντος και σημαντικές επενδύσεις θα πρέπει να γίνουν προς αυτή την κατεύθυνση [4]. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η επιτάχυνση της αύξησης κτιρίων σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης προωθείται με την οδηγία 2010/31/ΕΕ.

Στο πλαίσιο αυτό, ο ρόλος των prosumer προς την απανθρακοποίηση του ενεργειακού τομέα και την ενεργειακή αυτονομία των πόλεων, κρίνεται σημαντικός και υποσχόμενος. Διαφορά υβριδικά συστήματα παραγωγής ενέργειας, σε όλες τις κλίμακες, έχουν παρουσιαστεί τα τελευταία χρόνια, τα οποία συνδυάζουν διαφορετικές τεχνολογίες παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας, ανάλογα με το ενεργειακό δυναμικό της εκάστοτε περιοχής. Ένα σημαντικό ζήτημα που εμποδίζει την περαιτέρω διεύρυσή τους σε μικρό επίπεδο - prosumer, εκτός από τις τεχνικές προδιαγραφές, είναι το υψηλό CAPEX, το OPEX και το LOCE. Στο πλαίσιο αυτό, οι πλέον κατάλληλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας χαρακτηρίζονται η ηλιακή και η αιολική, εξαιτίας των διαρκών πτωτικών τάσεων των τιμών τους. Χαρακτηριστικό είναι ότι κατά την τελευταία δεκαετία, οι τιμές των φωτοβολταϊκών και των ανεμογεννητριών μειώθηκαν πάνω από 70 % και 40% αντίστοιχα [2].

## Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ

Όπως αναλύθηκε παραπάνω, σημαντική παράμετρος για την μετάβαση σε έξυπνες ενεργειακά αυτόνομες πόλεις ουδέτερων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, είναι η βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης του δομημένου περιβάλλοντος σε συνδυασμό με την αύξηση της διεύρυνσης των ΑΠΕ.

Η Ελλάδα εφαρμόζει συγκεκριμένες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων σύμφωνα με τα όσα προβλέπονται στο Π.Δ. της 1.6/1979 (Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων), στην Κ.Υ.Α 5825/2010 όπως αναθεωρήθηκε με την 178581/2017 (Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων – ΚΕΝΑΚ) και στον ν. 4122/2013 (Ενεργειακή απόδοση κτιρίων).

Σύμφωνα με την παρ. 5 του άρθρου 2 του ν.4122/2013 και αντιστοίχως με την παρ. 2 του άρθρου 2 της Οδηγίας 2010/31/ΕΕ, ως «κτίριο με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας (ΚΣΜΚΕ)» νοείται «κτίριο με πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση, προσδιοριζόμενη σύμφωνα με τη μεθοδολογία υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης κτιρίων του Παραρτήματος Ι της Οδηγίας και αντιστοίχως του άρθρου 3 του Νόμου. Η σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας που απαιτείται πρέπει να καλύπτεται σε πολύ μεγάλο βαθμό σε ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές, περιλαμβανομένης της ενέργειας που παράγεται επιτόπου ή πλησίον του κτιρίου».

Σύμφωνα με την «Έγκριση Εθνικού Σχεδίου αύξησης του αριθμού των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας» μία σειρά από πολιτικές μέτρα και δράσεις προτείνονται για την Ελληνική

πραγματικότητα, όπως μεταξύ άλλων η προώθηση χρηματοδοτικών προγραμμάτων για την ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων σε ΚΣΜΚΕ. <sup>[13]</sup>

Στην Ελλάδα, σύμφωνα με επίσημα στοιχεία για το έτος 2012, ο κτιριακός τομέας ( οικιακός και τριτογενής) ευθύνεται περίπου για το 45% (7.751 ktoe) της συνολικής εγχώριας κατανάλωσης ενέργειας, για το 10% (6,95 Mt CO<sub>2</sub>) των συνολικών εκπομπών CO<sub>2</sub> και για το 65% (33.894 GWh) της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Στην Ελλάδα έχει υπολογισθεί ότι κάθε νοικοκυριό καταναλώνει 10.244 kWh θερμική ενέργεια και 3.750 kWh ηλεκτρική ενέργεια ετησίως για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του <sup>[15]</sup>. Παράλληλα, εκτιμάτε ότι το 74% των κατοικιών βρίσκεται σε αστική περιοχή ενώ το 26% σε αγροτική <sup>[16]</sup>. Σύμφωνα με την απογραφή του 2011 της ΕΛΣΤΑΤ, 6.371.901 κανονικές κατοικίες καταγράφονται στην Ελλάδα οι οποίες αντιπροσωπεύουν το 83,68% του συνολικού κτιριακού αποθέματος (ή 72% σε επιφάνεια), από τις οποίες, οι κατοικούμενες κατοικίες αντιστοιχούν σε 4.122.088. Από το σύνολο των κανονικών κατοικιών το 39% αντιστοιχεί σε μονοκατοικίες το 45% σε διπλοκατοικίες ενώ το υπόλοιπο 16% σε πολυκατοικίες. Σε ότι αφορά το μέγεθος των κατοικιών με βάση τα στοιχεία της απογραφής του 2011, το 59% είναι 50-99 τμ, το 14% κάτω από 49 τμ και το 27% πάνω από 100 τμ, δηλαδή αντιστοιχεί κατά με κατά Μ.Ο. 34,6 τ.μ. ανά κάτοικο. Αξίζει να σημειωθεί ότι το 55% των κτιρίων με χρήση κατοικίας της Ελλάδας έχει κατασκευαστεί πριν το 1980, δηλαδή είναι θερμικά απροστάτευτά, δεδομένου ότι πριν το 1980 δεν εφαρμόζονταν συστήματα θερμομόνωσης και μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης <sup>[15]</sup>.

Τα παραπάνω δεδομένα χαρτογραφούν το κτηριακό απόθεμα της Ελλάδας, αποδεικνύοντας αφενός την εξαιρετική σημασία του κτιριακού τομέα στο συνολικό ενεργειακό ισοζύγιο, αφετέρου τα σημαντικά περιθώρια μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και βελτίωσης των ενεργειακών τους επιδόσεων <sup>[15]</sup>.

Παράλληλα, σύμφωνα με τον πρόσφατο νόμο 4513/2018 (Ενεργειακές κοινότητες και άλλες διατάξεις) υιοθετείται ένα ευνοϊκό πλαίσιο ανάπτυξης σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ από τις τοπικές κοινωνίες, καθιστώντας έτσι τις ίδιες ενεργό μέρος στην προώθηση των ΑΠΕ στην Ελλάδα στο πλαίσιο επίτευξης του στόχου για συμμετοχή των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο σε ποσοστό 18% της ακαθάριστης τελικής κατανάλωσης ενέργειας με βάση την Οδηγία 2009/28/ΕΚ, με υψηλή προστιθέμενη αξία αλλά και με το βέλτιστο τρόπο σε επίπεδο κόστους - οφέλους για την κοινωνία. Σύμφωνα με τον νόμο 4513/2018 Ενεργειακή Κοινότητα (Ε.Κοιν.) είναι: «..αστικός συνεταιρισμός αποκλειστικού σκοπού με στόχο την προώθηση της κοινωνικής και αλληλέγγυας οικονομίας και της καινοτομίας στον ενεργειακό τομέα, την αντιμετώπιση της ενεργειακής ένδειας και την προαγωγή της ενεργειακής αειφορίας, την παραγωγή, αποθήκευση, ιδιοκατανάλωση, διανομή και προμήθεια ενέργειας, την ενίσχυση της ενεργειακής αυτάρκειας και ασφάλειας σε νησιωτικούς δήμους, καθώς και τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας στην τελική χρήση σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, μέσω της δραστηριοποίησης στους τομείς των *Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.)*, της *Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (Σ.Η.Θ.Υ.Α.)*, της *ορθολογικής χρήσης ενέργειας*, της *ενεργειακής αποδοτικότητας*, των *βιώσιμων μεταφορών*, της *διαχείρισης της ζήτησης και της παραγωγής, διανομής και προμήθειας ενέργειας*» <sup>[14]</sup>.

Στην εργασία των Athanassoulis et al (2018), παρουσιάστηκε, μεταξύ άλλων, μια μελέτη περίπτωσης ενός τυπικού νοικοκυριού – prosumer, στην περιοχή της Αθήνας όπου συνδυάζει υβριδικό σύστημα παραγωγής ενέργειας με 10kWp και μια ανεμογεννήτρια 1kW καθώς και μία μπαταρία Li-ion 1 kW. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ηλιακή και η αιολική ενέργεια μπορούν να καλύψουν τα απαιτούμενα φορτία με εφαρμογή ανάλογων διατάξεων παραγωγής - αποθήκευσης ενέργειας και εξοικονόμησης φορτίων, καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, ενώ η επέκταση του συστήματος σε μεγαλύτερες εφαρμογές στην ίδια περιοχή μπορεί να έχει σημαντικές θετικές επιπτώσεις <sup>[2]</sup>.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η Ελλάδα τα τελευταία χρόνια έχει κάνει σημαντικά βήματα προς την απανθρακοποίηση του ενεργειακού τομέα, με πιο πρόσφατο αυτό της θεσμικής εξυπηρέτησης των ενεργειακών κοινοτήτων. Στο πλαίσιο αυτό, ο ρόλος των μικρών αυτό-παραγωγών-καταναλωτών (prosumer) αναμένεται να είναι κρίσιμος, ενώ οι νέες τεχνολογίες ΤΠΕ, η τάση της ηλεκτροποίησης, οι τεχνολογίες βελτιστοποίησης μικροδικτύων, η διαρκής πτώση των τιμών των φωτοβολταϊκών κα. αποτελούν μόνο λίγες από τις παράμετρος επιτυχίας των prosumer προς ένα απανθρακοποιημένο και ενεργειακά αυτόνομο μέλλον στις αστικές περιοχές. Κρίσιμο σημείο προς την κατεύθυνση αυτή αποτελεί η παροχή οικονομικών κινήτρων και ευκολιών προς τα νοικοκυριά και τις επιχειρήσεις, για την διευκόλυνση της ενεργειακής μετάβασης, μέσω της αξιοποίησης εργαλείων όπως πχ το ΕΣΠΑ.

Η πρόκληση της ενεργειακής αυτονομίας των πόλεων μεγαλώνει καθώς μεγαλώνει το μέγεθός τους και συνεπώς οι ενεργειακές απαιτήσεις. Έτσι, οι συνέργειες διασυνδεδεμένων prosumer σε μικροδίκτυα σε συνδυασμό με υβριδικά συστήματα ΑΠΕ – αποθήκευσης ενέργειας μεγάλης κλίμακας, θα μπορούσαν να καλύψουν επαρκώς τις ενεργειακές ανάγκες και τα φορτία αιχμής μεγαλύτερων πόλεων, ακόμα και με 100% ΑΠΕ, εφόσον επενδυθούν σημαντικά κεφάλαια (ιδιωτικά και δημόσια).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Papaioannou, D., Gakis, A., Athanassoulis, N.T., Rigos, A., Mamali, A.A., A review of urban sustainability criteria under global warming stress. *Interdisciplinary Environmental Review*, 2015. 16(1): p. 17-45.
- [2] Athanassoulis, N.T., Tsakanikas, A., Kladas, A.G., Smart cities under electric energy trends: From autonomous building directive to prosumer target. *Proc. SIPS 2018 Mamalis International Symposium on Advanced Manufacturing of Advanced Materials and Structures with Sustainable Industrial Applications; 2018 Sustainable Industrial Processing Summit and Exhibition, Rio de Janeiro, Brazil, November 2018.*
- [3] UN, Department of Economic, Social Affairs, Population Division (2018). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision.*
- [4] EU - Energy Performance of Buildings <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-performance-of-buildings>.
- [5] Boykova, M., I. Ilina, and M. Salazkin, The Smart City Approach as a Response to Emerging Challenges for Urban Development. *Форсайт*, 2016. 10(3 (eng)).
- [6] Giotitsas, C., A. Pazaitis, and V. Kostakis, A peer-to-peer approach to energy production. *Technology in Society*, 2015. 42: p. 28-38.
- [7] Calvillo, C.F., A. Sánchez-Miralles, and J. Villar, Energy management and planning in smart cities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016. 55: p. 273-287.
- [8] Bahramirad, S., New Milestones: Smart Cities and Executive Advisory Committees [Leader's Corner]. *IEEE Power and Energy Magazine*, 2018. 16(2): p. 8-14.

- [9] Li, F. and Y. Du, From AlphaGo to Power System AI: What Engineers Can Learn from Solving the Most Complex Board Game. IEEE Power and Energy Magazine, 2018. 16(2): p. 76-84.
- [10] Choi, S. and S.-W. Min, Optimal scheduling and operation of the ESS for prosumer market environment in grid-connected industrial complex. IEEE Transactions on Industry Applications, 2018. 54(3): p. 1949-1957.
- [11] Parag, Y. and B.K. Sovacool, Electricity market design for the prosumer era. Nature energy, 2016. 1(4): p. 16032.
- [12] Marta, C., Projecting battery adoption in the prosumer era. Applied energy, 2018.
- [13] Υπουργική Απόφαση ΥΠΕΝ/ΔΕΠΕΑ/85251/242/2018 - ΦΕΚ 5447/Β/5 - Έγκριση Εθνικού Σχεδίου αύξησης του αριθμού των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας.
- [14] Ν. 4513/2018 (ΦΕΚ Α 9 - 23.01.2018) - Ενεργειακές Κοινότητες και Άλλες Διατάξεις.
- [15] Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά, εθνικού κτιριακού αποθέματος (Άρθρο 4, Οδηγία 27/2012/ΕΕ)" – Δεκέμβριος 2014, Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας (ΥΠΕΝ).
- [16] ΕΜΠ, 2009, «Διερεύνηση και καταγραφή των προτύπων που περιγράφουν παραμέτρους των ενεργειακών καταναλώσεων της ελληνικής οικογένειας». Εργαστήριο Ατμοπαραγωγών και Θερμικών Εγκαταστάσεων της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.