



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΠΟΛΕΙΣ ΠΟΥ ΦΙΛΟΔΟΞΟΥΝ
ΝΑ ΜΕΙΩΣΟΥΝ ΤΟ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΤΟΥΣ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ**

Λουπάσης Αντώνης

Επιβλέπων : Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2012



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επιβλέπων : Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή τον Ιούλιο του 2012.

.....
Ψαρράς Ιωάννης
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....
.....
Αθήνα, Ιούλιος 2012

Λουπάσης Αντώνης

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

Copyright © ΛΟΥΠΑΣΗΣ ΑΝΤΩΝΗΣ.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στον τομέα Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Απόφασης της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του ΕΜΠ, στα πλαίσια των ερευνητικών δραστηριοτήτων του Εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης.

Πληροφορίες αντλήθηκαν και στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού προγράμματος "EU-GCC Clean Energy Network - <http://www.eugcc-cleanenergy.net>" (Contract Number SI2.551874)", το οποίο συντονίζει το Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης του ΕΜΠ (ΕΣΑΔ-ΕΜΠ). Στο πλαίσιο του προγράμματος το ΕΣΑΔ-ΕΜΠ συνεργάζεται στενά με το Masdar Insitute από το Ηνωμένο Αραβικά Εμιράτα, το οποίο έχει μεγάλη τεχνογνωσία και εμπειρία σε θέματα σχεδιασμού και ανάπτυξης πόλεων χαμηλών εκπομπών άνθρακα (άλλωστε η ομώνυμη πόλη Masdar σχεδιάζεται με αυτές τις αρχές). Σχετικές εργασίες και δημοσιεύσεις από το Masdar Insitute αναλύθηκαν στη Διπλωματική, μεγάλο μέρος των οποίων προέρχεται από τις επιστημονικές έρευνες των *S. Kennedy* και *S. Sgouridis*, καθηγητές του εν λόγω πανεπιστημίου.

Υπεύθυνος κατά την εκπόνηση της διπλωματικής ήταν ο Καθηγητής κ. Ι. Ψαρράς, στον οποίο οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες για την ανάθεση αυτής και την δυνατότητα που μου δόθηκε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα. Επιπροσθέτως, θα επιθυμούσα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Δ. Ασκούνη για την πολύτιμη συμβολή και βοήθεια του στην ολοκλήρωση και στην εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα της διπλωματικής και Διδάκτορα Χ. Δούκα για την υποστήριξη και την καθοδήγηση που μου παρείχε κατά τη συγγραφή της εργασίας.

Λουπάσης Αντώνης
Ιούλιος 2012

Σε ένα μεγάλος αριθμό κοινοτήτων, νέων κτιρίων και περιοχών στοχεύετε η μείωση του αποτυπώματος άνθρακα τους ώστε να γίνουν «μηδενικού άνθρακα» ή «ουδέτερου άνθρακα». Ωστόσο, δεν υπάρχουν σαφείς ορισμοί που να καθορίζουν τα πεδία των εκπομπών, έτσι ώστε ένας τέτοιος χαρακτηρισμός να μπορεί να αποδοθεί σε αστική κλίμακα, ούτε υπάρχει κάποια διαδικασία για την αξιολόγηση των ισχυρισμών μείωσης των εκπομπών άνθρακα.

Στη παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει το πρόβλημα καθορισμού της οικιστικής ανάπτυξης σε μηδενικού, χαμηλού ή ουδέτερου άνθρακα, παρουσιάζοντας ιεραρχικές κατηγορίες εκπομπών, με τρία επίπεδα: (α) εσωτερικές εκπομπές που εδράζονται στα γεωγραφικά όρια, (β) εξωτερικές εκπομπές που προκαλούνται άμεσα από βασικές αστικές δραστηριότητες, (γ) εσωτερικές ή εξωτερικές εκπομπές που οφείλονται σε μη βασικές δραστηριότητες. Κάθε ένα επίπεδο απαιτεί διαφορετική στρατηγική διαχείρισης του άνθρακα (την εξάλειψη, την εξισορρόπηση και την ελαχιστοποίηση, αντίστοιχα), έτσι ώστε να ανταποκρίνεται στο χαρακτηρισμό «Μηδενικού Ισοζυγίου Άνθρακα». Οι αντισταθμίσεις, οι επιπτώσεις και οι δυσκολίες υπολογισμού του ισοζυγίου άνθρακα που βασίζονται σε αυτούς τους ορισμούς αναλύονται περαιτέρω.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η εισαγωγή μιας παράλληλης νομισματικής μονάδας με βάση την ενέργεια, ως μέσο διευκόλυνσης της μετάβασης σε ένα τρόπο ζωής που σέβεται την ενέργεια. Η μέχρι τώρα αφθονία των ορυκτών πηγών ενέργειας συγκαλύπτει το ενεργειακό κόστος που βαρύνει τους απερίσκεπτους καταναλωτές ενέργειας. Η κατάσταση αυτή, αποτελεί πρόκληση για τις κοινότητες που αντλούν ένα σημαντικό ποσοστό της πρωτογενούς τους ενεργειακής κατανάλωσης από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Το σύστημα Masdar Energy Credit (MEC) όπως αναλύεται από τους *S. Kennedy και S. Sgouridis / Energy Policy*, αποτελεί ένα τρόπο για να μετατρέψουμε τις βασικές πτυχές πίσω από την παραγωγή και χρήση ενέργειας σε μια απτή πραγματικότητα για όλους τους χρήστες, με ενσωματωμένη υποκαταστασιμότητα ώστε να δοθούν κίνητρα για μια συλλογικά βιώσιμη συμπεριφορά. Η ενεργειακή πιστωτική νομισματική μονάδα (ERGO) όπως επίσης αναλύεται από τους Sgouridis and Kennedy /energy policy αντιστοιχεί σε μια επιλεγμένη μονάδα ενέργειας, ώστε η συνολική ποσότητα τέτοιων μονάδων που εκδίδονται, να είναι ίση με την προσφορά ενέργειας στην κοινότητα. Τα ergos κατανέμονται στους χρήστες (κατοικίες, εμπορικές εταιρείες, εργαζόμενοι και επισκέπτες) σε μορφή μιας καθορισμένης, χρονικά, συνδρομής και μπορούν να δίνονται ως αντάλλαγμα για το ενεργειακό περιεχόμενο κάποιας υπηρεσίας. Υιοθετείται κάποιος μηχανισμός τιμολόγησης της αγοράς σποτ για τη συσχέτιση των ergos με το επίσημο εθνικό νόμισμα, ο οποίος κάνει χρήση μιας συνεχώς μεταβαλλόμενης συναλλαγματικής ισοτιμίας, για την αποφυγή εξάντλησης του βιώσιμου ενεργειακού πόρου.

Το σύστημα MEC στοχεύει: (α) στην επίτευξη των στόχων μιας κοινότητας σχετικά με τη βιώσιμη ενεργειακή ισορροπία, (β) στη στήριξη της κάλυψης απαιτήσεων αιχμής φορτίου ή στην επίτευξη στόχων σχετικά με τη μετατόπιση φορτίων ενέργειας και (γ) στην αύξηση της ενεργειακής συνείδησης από τους καταναλωτές.

Λέξεις Κλειδιά

Κλιματική Αλλαγή, Ανθρακικό Αποτύπωμα, Διαχείριση Ενέργειας, Αστικός Σχεδιασμός, Πόλεις Μηδενικού Άνθρακα, Στρατηγικές Διαχείρισης Άνθρακα

ABSTRACT

A large number of communities, new developments, and regions aim to lower their carbon footprint and aspire to become “Zero Carbon” or “Carbon Neutral.” Yet there are neither clear definitions for the scope of emissions that such a label would address on an urban scale, nor is there a process for qualifying the carbon reduction claims.

This dissertation thesis, addresses the question of how to define a zero carbon, Low Carbon, or Carbon Neutral urban development by proposing hierarchical emissions categories with three levels: Internal Emissions based on the geographical boundary, external emissions directly caused by core municipal activities, and internal or external emissions due to non-core activities. Each level implies a different carbon management strategy (eliminating, balancing, and minimizing, respectively) needed to meet a Net Zero Carbon designation. The trade-offs, implications, and difficulties of implementing carbon debt accounting based upon these definitions are further analyzed.

In addition, the thesis presents the introduction of an energy-based parallel currency as a means to ease the transition to energy-conscious living. Abundant fossil energy resources mask the internal and external energy costs for casual energy consumers. This situation is challenging communities that draw a significant fraction of their primary energy consumption from renewable energy sources. The Masdar Energy Credit (MEC) system is a way of translating the fundamental aspects behind energy generation and usage into a tangible reality for all users with built-in fungibility to incentivize collectively sustainable behavior. The energy credit currency (ergo) corresponds with a chosen unit of energy so that the total amount of ergos issued equals the energy supply of the community. Ergos are distributed to users (residents, commercial entities, employees, and visitors) on a subscription basis and can be surrendered in exchange for the energy content of a service. A spot market pricing mechanism is introduced to relate ergos to “fiat” currency using a continuously variable exchange rate to prevent depletion of the sustainable energy resource.

The MEC system is intended to: (i) meet the sustainable energy balance targets of a community (ii) support peak shaving or load shifting goals, and (iii) raise energy awareness.

Key Words

Climate change, Carbon footprint, Energy management, Urban scale, Zero Carbon Cities, Carbon management

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	13
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	14
1.3 ΔΟΜΗ ΤΕΥΧΟΥΣ	16
1.4 ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΟΡΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	18
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΠΟΛΗΣ.....	18
2.1 ΦΙΛΟΔΟΞΙΕΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΡΑ	19
2.3 ΠΕΔΙΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ.....	24
2.4 ΟΡΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	24
2.4.1 Γεωγραφικά όρια.....	25
2.4.2 Χρονικά όρια.....	26
2.4.3 Όρια δραστηριοτήτων.....	26
2.4.4 Όρια κύκλου ζωής.....	26
2.5 ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΣΕ ΠΕΔΙΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ	29
2.6. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ	30
2.7 ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΕΚΠΟΜΠΩΝ	31
2.8 ΕΠΙΠΕΔΑ ΜΕΤΡΙΑΣΜΟΥ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΠΟ ΤΙΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	33
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΝΘΡΑΚΑ	33
3.1 CİFCA ΩΣ ΒΑΘΜΩΤΗ ΚΛΙΜΑΚΑ	34
3.2 ΟΡΙΣΜΟΙ CİFCA: ΑΥΣΤΗΡΑ ΜΗΔΕΝΙΚΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ, ΜΗΔΕΝΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ, ΟΥΔΕΤΕΡΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ, ΧΑΜΗΛΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	35
3.3 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΑΝΘΡΑΚΑ ΓΙΑ ΜΙΑ ΠΟΛΗ ΜΗΔΕΝΙΚΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	37
3.4 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	40
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΚΑΙ Η ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΟΥ ΣΤΙΣ ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΑΓΟΡΕΣ ΩΣ ΕΝΑ ΕΜΠΟΡΕΥΣΙΜΟ ΑΓΑΘΟ	40
4.1 ΕΚΜΕΤΑΛΕΥΣΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΜΕΙΩΣΕΩΝ ΑΝΘΡΑΚΑ ΓΙΑ ΑΜΕΣΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΕΙΣ	41
4.2 ΝΟΜΙΣΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΙΩΣΕΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΕ ΠΟΛΕΙΣ ΜΗΔΕΝΙΚΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	41
4.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ CİFCA: ΘΕΣΜΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	45
ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΙΣΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ	44
5.2 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΙΣΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ	50
5.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ.....	53

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	55
ΕΚΔΟΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ERGOS	55
6.1 ΚΑΛΥΨΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ: ΧΡΗΣΤΕΣ, ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ, ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗ	56
6.2 ΕΚΔΟΣΗ ΤΩΝ ERGOS: ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΙΣΧΥΟΣ	58
6.3. ΕΚΔΟΣΗ ΤΩΝ ERGOS: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΠΟ ΤΗ ΠΛΕΥΡΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ	59
6.4 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ERGOS ΑΠΟ ΤΗ ΠΛΕΥΡΑ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ	61
6.5 ΤΕΛΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	63
ΑΓΟΡΕΣ ERGOS	63
7.1 ΑΓΟΡΑ ΣΠΟΤ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ MEC	64
7.2 ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗΣ	66
7.3 ΠΡΟΘΕΣΜΙΑΚΕΣ ΑΓΟΡΕΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ MEC	69
7.3.1 Προ-κατανεμημένες πιστώσεις	69
7.3.2 Προθεσμιακά προϊόντα σε ergos	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	71
ΣΥΝΟΨΗ ΚΑΙ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ	71
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	74

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Ορολογίες – Ακρωνύμια	17
Πίνακας 2: Σύγκριση των υφιστάμενων περιβαλλοντικά φιλικών πόλεων.....	20
Πίνακας 3: Αντιστοίχιση των αστικών δραστηριοτήτων σε πεδία εκπομπών σύμφωνα με τα όρια του συστήματος.....	25
Πίνακας 4: Προτινόμενα χαρακτηριστικά για τη τακτική σύγκριση πράσινων πόλεων	34
Πίνακας 5: Κατηγορίες εκπομπών πόλεων μηδενικού άνθρακα , παραδείγματα δραστηριοτήτων και στρατηγικών διαχείρισης	38

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Ιστορική αναδρομή και μελλοντικός προβλεπόμενος ρυθμός απανθρακοποίησης του πλανήτη	11
Σχήμα 2: Μάσνταρ Σίτι στο Αμπού Ντάμπι.....	19
Σχήμα 3: Το προάστιο Ντόνγκταν της Σαγκάης.....	20
Σχήμα 4: Ανάλυση Ροής Υλικών (MFA)	23
Σχήμα 5: Παράδειγμα κύκλου ζωής προϊόντος	27
Σχήμα 6 : Αστικές εκπομπές GHG και όρια συστήματος	28
Σχήμα 7: Αντιστοίχιση πεδίων εκπομπών σε μια οικοδομική κλίμακα	29
Σχήμα 8: Αντιστοίχιση πεδίων εκπομπών σε μια αστική κλίμακα.....	31
Σχήμα 9: Φωτοβολταϊκό πάρκο στο Αμπού Ντάμπι	48
Σχήμα 10: Light Rail Transit σχεδιασμένο για μεταφορές στη Μάσνταρ Σίτι	49
Σχήμα 11: Παραγωγικοί και Ενεργειακοί Περιορισμοί.....	54
Σχήμα 12: Αναμενόμενα φορτία και ζητούμενη παραγωγή χρησιμοποιώντας είτε ετήσια είτε μηνιαία ενεργειακή ισορροπία με βάση τα δεδομένα του Άμπου Ντάμπι. Απαιτείται πρόσθετη παραγωγή ενέργειας για τη κάλυψη της μέγιστης κατανάλωσης ίση με ένα μηνιαίο συντελεστή.....	60

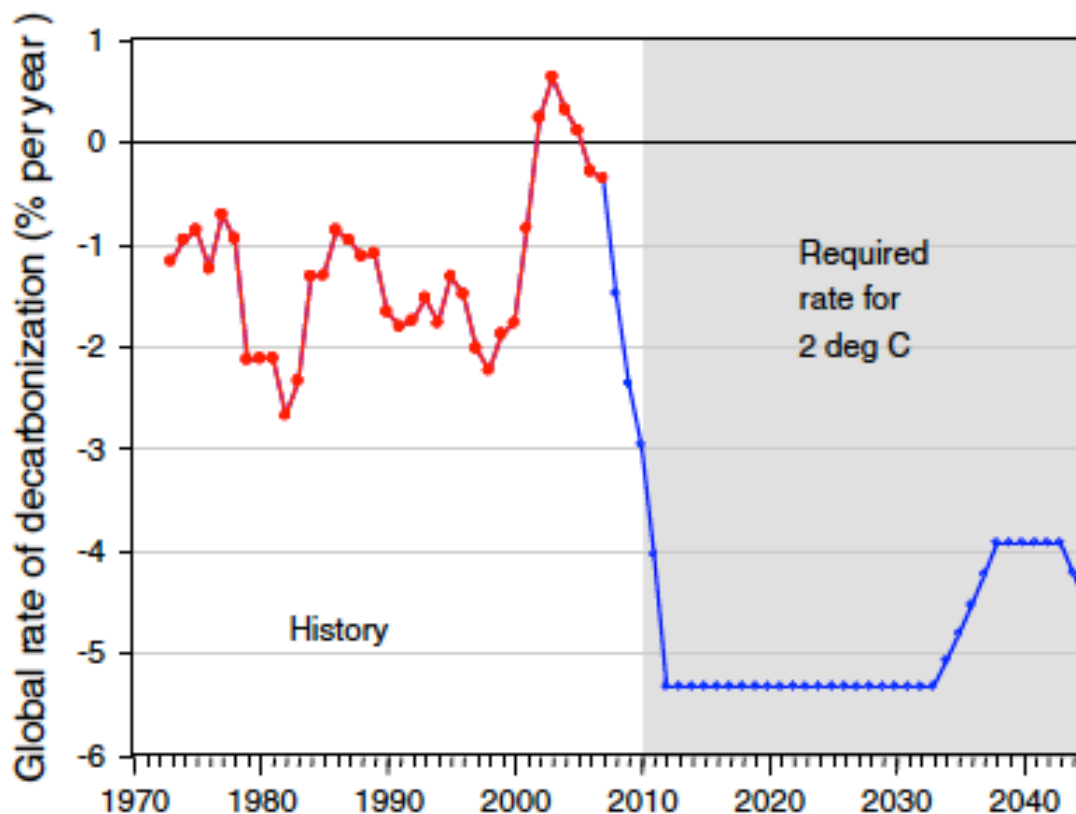
ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Μπροστά στην πρόκληση

Ενώ διατρέχουμε ήδη το 2012, η υπερθέρμανση του πλανήτη συνεχίζει την αυξανόμενη τάση της, ενώ οι στρατηγικές για μείωσή της έχουν αποτύχει σε μεγάλο βαθμό. Οι συναντήσεις στην Κοπεγχάγη το 2009, στο Κανκούν το 2010 και στο Ντέρμπαν 2011 αποδείχτηκαν αδύναμες να οδηγήσουν σε μια δεσμευτική διεθνή συμφωνία που θα αντικαθιστούσε το Πρωτόκολλο του Κιότο για την περίοδο μετά το 2012, οπότε και λήγει η αρχική δεσμευτική περίοδος. Μολονότι οι χώρες έχουν συμφωνήσει στο φιλόδοξο στόχο περιορισμού της υπερθέρμανσης στους 2 °C πάνω από τα επίπεδα προ της βιομηχανικής εποχής (United Nations, 2009), τα δεδομένα στην πράξη δείχνουν ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα συνεχίζουν να αυξάνουν ταχύτατα. Με το σημερινό ρυθμό, ο στόχος των 2 °C προβλέπεται να επιτευχθεί το έτος 2050 (Clarke et al., 2009a,b; Nordhaus, 2010).[3],[4],[5]

Κάθε πρόταση για επίτευξη του στόχου των 2 °C σαφώς θα πρέπει να προβλέπει μια μεγάλη επιβράδυνση της αύξησης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα βραχυπρόθεσμα και εξαιρετικά μεγάλες μειώσεις στις εκπομπές στη διάρκεια του επόμενου μισού του αιώνα. Όσο αργότερα έχουμε την κορύφωση των εκπομπών, τόσο ταχύτερη θα πρέπει να είναι η πορεία τους προς την τιμή μηδέν που πρέπει να ακολουθήσει. Ο ρυθμός απανθρακοποίησης του πλανήτη (ο ρυθμός μείωσης του λόγου εκπομπών CO₂ διά του παγκόσμιου εγχώριου προϊόντος) κυμαίνεται γύρω στο 1,3% ανά έτος στη διάρκεια των δύο τελευταίων αιώνων (Nakicenovic, 1996) και κάπως μικρότερος, δηλαδή περίπου 1% ανά έτος, στις δύο τελευταίες δεκαετίες (Σχήμα 1). [6]

Με τις παγκόσμιες εκπομπές να αναμένεται να αυξάνονται κατά 3% ανά έτος στις επόμενες δεκαετίες, ο ρυθμός απανθρακοποίησης θα απαιτηθεί να αυξάνεται με ρυθμό μεγαλύτερο από 5% ανά έτος στο επόμενο τέταρτο του αιώνα, ρυθμός που βρίσκεται κοντά στην τρέχουσα τάση που επικρατεί στην Κίνα. Αν και μπορεί αυτή η μεταβολή να φαίνεται μικρή, θα αποτελούσε μια πολύ σημαντική μεταστροφή στο παγκόσμιο ενεργειακό σύστημα. Ο παγκόσμιος ρυθμός απανθρακοποίησης δεν κατάφερε ούτε καν να προσεγγίσει, στη διάρκεια των δεκαετιών μετά τον πρώτο παγκόσμιο πόλεμο, το ποσοστό μείωσης που θα απαιτηθεί στη διάρκεια του παρόντος αιώνα. Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται, τόσο η ιστορική πορεία του ρυθμού απανθρακοποίησης του πλανήτη, όσο και ο ρυθμός της μελλοντικής απανθρακοποίησης που θα ήταν απαραίτητος για την επίτευξη του στόχου των 2 °C. (Έχει γίνει κάποια στρογγυλοποίηση στα δεκαδικά ψηφία). Είναι σαφής η απότομη μείωση που θα απαιτηθεί στο επόμενο μισό του αιώνα. Επιπρόσθετα, αν ο στόχος δεν επιτευχθεί στο εγγύς μέλλον, κάτι αρκετά πιθανό με δεδομένες τις σημερινές στρατηγικές και τις αποτυχίες σε Κοπεγχάγη, Κανκούν και Ντερμπαν, οι μελλοντικές μειώσεις θα πρέπει να είναι ακόμα πιο απότομες.



Σχήμα 1: Ιστορική αναδρομή και μελλοντικός προβλεπόμενος ρυθμός απανθρακοποίησης του πλανήτη

Το διάγραμμα απεικονίζει το λόγο εκπομπών CO₂ διά του παγκόσμιου ΑΕΠ, χρησιμοποιώντας το μέσο όρο ανά πενταετία. Οι προβλέψεις έχουν εξομαλυνθεί και προέρχονται από το μοντέλο RICE-2010 (Nordhaus, 2010).[7]

Ανάγκη για Ταχύτατη Τεχνολογική Αλλαγή

Το δίδαγμα που παίρνουμε είναι ότι, η μείωση της υπερθέρμανσης του πλανήτη με τον τρόπο που επιβάλουν οι τρέχουσες στρατηγικές, θα απαιτήσει μια ριζική αλλαγή στις ενεργειακές τεχνολογίες και τα συστήματα που κινούν την παγκόσμια οικονομία. Η συνεχιζόμενη οικονομική ανάπτυξη με τη χρήση των υπαρχόντων τεχνολογιών – ηλεκτρική ενέργεια από λιγνίτη, αεριωθούμενες εναέριες μετακινήσεις, βενζινοκίνητα οχήματα και κεντρική θέρμανση και κλιματισμός με βάση τα ορυκτά καύσιμα – είναι ανακόλουθη με την προσδοκία μιας απότομης πτώσης της καμπύλης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Αλλά από πού θα προέλθουν οι νέες τεχνολογίες μειωμένης εκπομπής άνθρακα; Ποιος θα τις αναπτύξει και θα τις εφαρμόσει; Ποια είναι τα οικονομικά κίνητρα για επενδύσεις τεράστιων ποσών στην έρευνα, ανάπτυξη και εφαρμογή των νέων αυτών τεχνολογιών; Είναι απαραίτητη η ύπαρξη θεσμικών πλαισίων και στρατηγικών εργαλείων για την επιτυχή εφαρμογή τους στην αγορά;

Η δυναμική της τεχνολογικής αλλαγής είναι το λιγότερο μελετημένο κομμάτι του όλου ζητήματος που λέγεται υπερθέρμανση του πλανήτη. Οι επιστήμονες έχουν επικεντρώσει το ενδιαφέρον τους στη γεωφυσική: δεκάδες ομάδες επιστημόνων

αναπτύσσουν όλο και πιο λεπτομερή μοντέλα κλιματικών αλλαγών και εξετάζουν τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον. Δεκάδες μελέτες έχουν αναλύσει τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής σε διάφορες περιοχές του κόσμου. Ειδικοί στα ενεργειακά ζητήματα και οικονομολόγοι έχουν καταστρώσει καμπύλες εξέλιξης των εκπομπών αερίων, όπως αυτή που παρουσιάζουμε στο Σχήμα 1, απαραίτητες για την επίτευξη διάφορων φιλόδοξων στόχων. Μηχανικοί έχουν ερευνήσει τις εξελίξεις στην πυρηνική και αιολική ενέργεια, τις μεταφορές, τις συστοιχίες και σε μια πλειάδα από άλλες τεχνολογίες.

Αντίθετα, η έρευνα πάνω στο τεχνολογικό περιβάλλον και στα κίνητρα που θα χρειαστεί να συνοδεύσουν και τελικά να προωθήσουν τη μετάβαση σε μια οικονομία χαμηλής κατανάλωσης σε άνθρακα, είναι ακόμα σε πρώιμο στάδιο. Η μετάβαση αυτή είναι αδύνατη χωρίς την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών που θα αντικαταστήσουν τις σημερινές. Είναι όμως εξίσου σημαντικό να κατανοήσουμε και να αναπτύξουμε τα εργαλεία εκείνα στρατηγικής που θα κατευθύνουν τις αγορές, τους επιχειρηματίες, ενώ για τους συμμετέχοντες που δε στοχεύουν στο κέρδος, να αναλάβουν την απαραίτητη έρευνα, ανάπτυξη και εμπορευματοποίηση των νέων αυτών τεχνολογιών.

Η αντιμετώπιση της πρόκλησης που θέτει η κρίση της αλλαγής του κλίματος θα πρέπει να είναι ολιστική, μακροχρόνια και βασισμένη στη συμμετοχή των πολιτών, σε συνεργασία με τις τοπικές αρχές. Ο καλύτερος τρόπος διαχείρισης της σύνθετης αυτής εικόνας είναι η αναγωγή σε τοπικό επίπεδο. Το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγόμενης ενέργειας καταναλώνεται στις αστικές περιοχές. Ο αγώνας αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής πρέπει να δοθεί και να κερδηθεί στις πόλεις

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας είναι ανάλυση στρατηγικών διαχείρισης της ενέργειας και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα σε πόλεις που φιλοδοξούν να χαρακτηριστούν μηδενικού ή χαμηλού άνθρακα.

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η εξέταση του προβλήματος καθορισμού της οικιστικής ανάπτυξης σε μηδενικού, χαμηλού ή ουδέτερου άνθρακα, προτείνοντας ιεραρχικές κατηγορίες εκπομπών, με τρία επίπεδα. Αυτό το πρόβλημα είναι ιδιαίτερα σημαντικό καθώς δεν υπάρχουν σαφείς ορισμοί για τα πεδία των εκπομπών, έτσι ώστε ένας τέτοιος χαρακτηρισμός να μπορεί να αποδοθεί σε αστική κλίμακα, ούτε υπάρχει κάποια διαδικασία για την αξιολόγηση των ισχυρισμών μείωσης των εκπομπών άνθρακα. Επιπλέον, παρουσιάζεται η ιδέα της εισαγωγής μιας παράλληλης νομισματικής μονάδας με βάση την ενέργεια, ως μέσο διευκόλυνσης της μετάβασης σε ένα τρόπο ζωής που σέβεται την ενέργεια, όπως προτείνεται από την επιστημονική έρευνα των *S. Kennedy, S. Sgouridis / Energy Policy*.

1.2 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΟΥ ΘΕΜΑΤΟΣ

Οι πόλεις στη σημερινή τους μορφή αποτελούν μία εξελικτική λύση που αυξάνει τον κοινωνικό πλούτο υπό καθεστώς περιορισμένων πόρων μέσω των οικονομιών κλίμακας, της προοπτικής και της καινοτομίας. Ο προσεκτικός σχεδιασμός του αστικού περιβάλλοντος, προκειμένου να εξυπηρετήσει την περιορισμένη πρόσβαση σε πόρους (π.χ. ηλεκτρική ενέργεια, καύσιμα, τρόφιμα, αναλώσιμα αγαθά), συχνά ήταν ελλιπής, όπως αποδεικνύεται από την, είτε οργανική, είτε βάσει γενικού σχεδίου, οικιστική ανάπτυξη των πόλεων του περασμένου αιώνα. Η κλίμακα και η μορφή του αστικού περιβάλλοντος έχει αλλάξει δραστικά με τη διαθεσιμότητα οικονομικά προσιτών και υψηλής ενεργειακής πυκνότητας πόρων, μεταβαίνοντας από συμπαγείς αστικούς πυρήνες σε εκτεταμένη πολεοδομική αναρχία. Ωστόσο – καθώς η πλειοψηφία αυτών των πόρων εξαρτάται άμεσα ή έμμεσα από ορυκτά καύσιμα που επηρεάζουν το κλίμα και έχουν περιορισμένα αποθέματα – η συνειδητοποίηση ότι η πρόσβαση σε πόρους στο μέλλον μπορεί να καταστεί σαφώς πιο περιορισμένη έχει οδηγήσει σε μία σειρά προσπαθειών να μετρηθεί λεπτομερώς και να περιοριστεί η εξάρτηση του αστικού περιβάλλοντος από τα ορυκτά καύσιμα.

Με γνώμονα αυτό, ένας μεγάλος αριθμός κοινοτήτων, νέων κτιρίων και περιοχών στοχεύουν να μειώσουν το αποτύπωμα άνθρακα τους και φιλοδοξούν να γίνουν «μηδενικού άνθρακα» ή «ουδέτερου άνθρακα». Ωστόσο, δεν υπάρχουν σαφείς ορισμοί για τα πεδία των εκπομπών, έτσι ώστε ένας τέτοιος χαρακτηρισμός να μπορεί να αποδοθεί σε αστική κλίμακα, ούτε υπάρχει κάποια διαδικασία για την αξιολόγηση των ισχυρισμών μείωσης των εκπομπών άνθρακα. Το πρώτο μέρος αυτής της εργασίας εξετάζει το πρόβλημα καθορισμού της οικιστικής ανάπτυξης σε μηδενικού, χαμηλού ή ουδέτερου άνθρακα, προτείνοντας ιεραρχικές κατηγορίες εκπομπών, με τρία επίπεδα:

- εσωτερικές εκπομπές που εδράζονται στα γεωγραφικά όρια
- εξωτερικές εκπομπές που προκαλούνται άμεσα από βασικές αστικές δραστηριότητες
- εσωτερικές ή εξωτερικές εκπομπές που οφείλονται σε μη βασικές δραστηριότητες.

Κάθε ένα επίπεδο απαιτεί διαφορετική στρατηγική διαχείρισης του άνθρακα (την εξάλειψη, την εξισορρόπηση και την ελαχιστοποίηση, αντίστοιχα), έτσι ώστε να ανταποκρίνεται στο χαρακτηρισμό «μηδενικού ισοζυγίου άνθρακα». Οι αντισταθμίσεις, οι επιπτώσεις και οι δυσκολίες υπολογισμού του ισοζυγίου άνθρακα που βασίζονται σε αυτούς τους ορισμούς αναλύονται περαιτέρω.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η εισαγωγή μιας παράλληλης νομισματικής μονάδας με βάση την ενέργεια, ως μέσο διευκόλυνσης της μετάβασης σε ένα τρόπο ζωής που σέβεται την ενέργεια, όπως προτείνεται από την επιστημονική έρευνα των *S. Kennedy, S. Sgouridis / Energy Policy*. Η μέχρι τώρα αφθονία των ορυκτών πηγών ενέργειας συγκαλύπτει το ενεργειακό κόστος που βαρύνει τους απερίσκεπτους καταναλωτές ενέργειας. Η κατάσταση αυτή, αποτελεί πρόκληση για τις κοινότητες που αντλούν ένα σημαντικό ποσοστό της πρωτογενούς τους ενεργειακής κατανάλωσης από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Το σύστημα Masdar Energy Credit (MEC) αποτελεί ένα τρόπο για να μετατρέψουμε τις βασικές πτυχές πίσω από την παραγωγή και χρήση ενέργειας σε μια απτή πραγματικότητα για όλους τους χρήστες, με ενσωματωμένη υποκαταστασιμότητα ώστε να δοθούν κίνητρα για μια συλλογικά βιώσιμη συμπεριφορά.

Η ενεργειακή πιστωτική νομισματική μονάδα (ERGO) αντιστοιχεί σε μια επιλεγμένη μονάδα ενέργειας, ώστε η συνολική ποσότητα τέτοιων μονάδων που εκδίδονται, να είναι ίση με την προσφορά ενέργειας στην κοινότητα. Τα ergos κατανέμονται στους χρήστες (κατοικίες, εμπορικές εταιρείες, εργαζόμενοι και επισκέπτες) σε μορφή μιας καθορισμένης, χρονικά, συνδρομής και μπορούν να δίνονται ως αντάλλαγμα για το ενεργειακό περιεχόμενο κάποιας υπηρεσίας. Υιοθετείται κάποιος μηχανισμός τιμολόγησης της αγοράς σποτ για τη συσχέτιση των ergos με το επίσημο εθνικό νόμισμα, ο οποίος κάνει χρήση μιας συνεχώς μεταβαλλόμενης συναλλαγματικής ισοτιμίας, για την αποφυγή εξάντλησης του βιώσιμου ενεργειακού πόρου.

Το σύστημα MEC στοχεύει:

- στην επίτευξη των στόχων μιας κοινότητας σχετικά με τη βιώσιμη ενεργειακή ισορροπία.
- στη στήριξη της κάλυψης απαιτήσεων αιχμής φορτίου ή στην επίτευξη στόχων σχετικά με τη μετατόπιση φορτίων ενέργειας και
- στην αύξηση της ενεργειακής συνείδησης από τους καταναλωτές.

1.3 ΔΟΜΗ ΤΕΥΧΟΥΣ

Στη πρώτη ενότητα της διπλωματικής εργασίας παρουσιάζεται ένα **Μεθοδολογικό Πλαίσιο Υπολογισμού του Άνθρακα σε επίπεδο Πόλης** (City Framework for Carbon Accounting— CiFCA), όπως προτάθηκε και αναλύθηκε από τους *S. Kennedy, S. Sgouridis / Energy Policy*. Το πλαίσιο αυτό επιτρέπει την ακριβή αξιολόγηση του βαθμού στον οποίο η πόλη πληρεί τους απαιτούμενους στόχους που έχουν τεθεί για τα επίπεδα εκπομπών άνθρακα.

Στο 2^ο κεφάλαιο, καθορίζονται τα όρια με βάση τα οποία, το εύρος των εκπομπών θα περιληφθούν στο ισοζύγιο άνθρακα μιας πόλης.

Στο 3^ο κεφάλαιο χρησιμοποιώντας τα όρια και το εύρος των εκπομπών γίνεται σαφής διάκριση των όρων "Αυστηρά Μηδενικού Άνθρακα", "Μηδενικού Ισοζυγίου Άνθρακα", "Ουδέτερου άνθρακα" και "Χαμηλού Άνθρακα" με πρόθεση τη σύγκριση των επιλογών που έχουν οι πόλεις που ακολουθούν αυστηρά όρια εκπομπών άνθρακα.

Στο 4^ο κεφάλαιο, γίνονται εκτιμήσεις για το ποιές δραστηριότητες θα έπρεπε να συμπεριληφθούν στο εύρος των μετρήσιμων εκπομπών και εξετάζεται ένα ακριβές λογιστικό πλαίσιο άνθρακα που θα επιτρέπει την αντικειμενική κατηγοριοποίηση και χαρακτηρισμό των πόλεων ως χαμηλού ή μηδενικού άνθρακα.

Στη δεύτερη ενότητα παρουσιάζεται η ιδέα της χρήσης ενεργειακών πιστωτικών μονάδων ως μέσο απεικόνισης της φυσικής πραγματικότητας της κατανάλωσης ενέργειας, με την παράλληλη δημιουργία ενός μηχανισμού αγοράς που επιτρέπει συνολικά στους χρήστες να διαχειρίζονται αποτελεσματικά τη συνολική τους κατανάλωση, ανάλογα με τους περιορισμούς στην προσφορά που επιβάλλονται από τους στόχους της κοινότητας σχετικά με την ανανεώσιμη ενέργεια. Πεδίο εφαρμογής μπορεί να είναι μια πόλη όπως η Masdar, με στόχο για ανανεώσιμη ενέργεια που φτάνει το 100% ή άλλες περιοχές ή δήμοι με χαμηλότερους ενεργειακούς στόχους.

Στο 5^ο κεφάλαιο παρέχεται μια επισκόπηση της βασικής ιδέας και δίνονται οι ορισμοί της συνήθους ορολογίας.

Στο 6^ο κεφάλαιο γίνεται μια ανάλυση του τρόπου με τον οποίο θα εκδίδονται και θα κατανέμονται οι ενεργειακές πιστωτικές μονάδες καθώς επίσης παρουσιάζεται και το πεδίο εφαρμογής του συστήματος.

Στο 7^ο κεφάλαιο περιγράφονται λεπτομερέστερα οι κανόνες και οι λειτουργίες των αγορών σποτ και των προθεσμιακών αγορών.

Τέλος, στο 8^ο κεφάλαιο συνοψίζονται τα αποτελέσματα της έρευνας και παρουσιάζονται οι δυνατές επεκτάσεις των συστημάτων που παρουσιάστηκαν και τα μελλοντικά βήματα που απαιτούνται για την υλοποίησή τους.

1.4 ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΟΡΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

Αγγλική Ορολογία	Ακρωνύμια	Ελληνική Ορολογία
Carbon footprint		Ανθρακικό Αποτύπωμα
Green House Gases	GHGs	Αέρα Φαινομένου του Θερμοκηπίου
CO ₂ equivalent	CO ₂ e	Εκπομπές εκφρασμένες σε ισοδύναμες μορφές CO ₂
Lifecycle Assessment	LCA	Αξιολόγηση του κύκλου ζωής
Material Flow Analysis	MFA	Ανάλυση Ροής Υλικών
Emissions scope		Πεδία Εκπομπών
System boundary		Όρια Συστήματος
Geographical boundary		Γεωγραφικά Όρια
Temporal boundary		Χρονικά Όρια
Activity boundary		Όρια δραστηριοτήτων
Lifecycle boundary		Όρια Κύκλου Ζωής
City Framework for Carbon Accounting	CiFCA	Μεθοδολογικό Πλαίσιο Υπολογισμού του Άνθρακα σε Επίπεδο Πόλης
Strictly Zero Carbon		Αυστηρά Μηδενικού Άνθρακα
Net Zero Carbon		Μηδενικού Ισοζυγίου Άνθρακα
Carbon Neutral		Ουδέτερου Άνθρακα
Low Carbon		Χαμηλού Άνθρακα
Zero Carbon City		Πόλη Μηδενικού Άνθρακα
Carbon Emission Reduction Certificates	CERs	Πιστοποιητικό Μείωσης Εκπομπών Διοξειδίου του Άνθρακα
Demand Side Managemet	DSM	Προγράμματα Διαχείρισης Ζήτησης
Masdar Energy Credit Information and Communication Tecnology	MEC	Σύστημα Ενεργειακής Πίστωσης Πόλης Μάσνταρ
Energy-Based Currency System	ICT	Τεχνολογία Πληροφοριών και Επικοινωνιών
City Energy Authority	EBCS	Νομισματικό Σύστημα βασισμένο στην Ενέργεια
Ergo	CEA	Ενεργειακή Αρχή Πόλης
		Ενεργειακή Νομισματική Μονάδα

Πίνακας 1: Ορολογίες – Ακρωνύμια

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Μεθοδολογικό Πλαίσιο Υπολογισμού Άνθρακα σε επίπεδο Πόλης

2.1 ΦΙΛΟΔΟΞΙΕΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΡΑ

Το πνεύμα πίσω από την ώθηση διαχειριστικών αρχών άνθρακα στον αειφόρο πολεοδομικό σχεδιασμό είναι: να μειώσει δραστικά τις ανθρωπογενείς εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και άλλων αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου (GHGs), προκειμένου να μετριαστούν οι απειλές της κλιματικής αλλαγής· και, ως δευτερεύον όφελος, να ελαχιστοποιήσει τις εισαγωγές ορυκτών καυσίμων που απαιτούνται για τις ανάγκες μίας πόλης. Αν η ανθρωπότητα είναι σε θέση να αντιμετωπίσει τους περιορισμούς που επιβάλλονται από τα πλανητικά όρια (Rockstrom et al., 2009), το οποίο για τις ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις CO₂ σημαίνει σταθεροποίηση στα 350 μέρη ανά εκατομμύριο, τότε δραστικές περικοπές στις εκπομπές της τάξεως του 95% από όλες της πηγές θα είναι αναγκαίες στον ανεπτυγμένο κόσμο (Metz et al., 2007). Ως αποτέλεσμα, υπάρχει μία τάση για νέες πολεοδομικές αναπτύξεις και οι υπάρχουσες πόλεις ανακοινώνουν φιλόδοξους στόχους για τη μείωση των εκπομπών άνθρακα και την εξοικονόμηση ενέργειας. Η αυξανόμενη λίστα των οικιστικών αναπτύξεων των οικοπόλεων περιλαμβάνει ένα διαφοροποιημένο σύνολο έργων, όπως η πόλη Μασντάρ Σίτι στο Αμπού Ντάμπι των Ηνωμένων Αραβικών Εμιράτων (Reiche, 2010), [25], [30], [28]



Σχήμα 2: Μασντάρ Σίτι στο Αμπού Ντάμπι

το προάστιο Ντόνγκταν της Σαγκάης στη Κίνα (Cheng and Hu, 2010), μαζί με μικρότερης κλίμακας πράσινα έργα, όπως τα κτίρια μηδενικής ενέργειας της συνοικίας του Μπέντινγκτον (Beddington Zero Energy Development – BedZED) στο Ηνωμένο Βασίλειο (Chance, 2009) και οικοχωριά διασκορπισμένα ανά την υφήλιο (GEN, 2011). Πολλές ευρωπαϊκές πόλεις, επίσης, φιλοδοξούν να επιτύχουν τους στόχους εκπομπών άνθρακα, με προεξέχον το «Σύμφωνο των Δημάρχων», μία πρωτοβουλία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για τη μείωση των εκπομπών κατά τουλάχιστον 20% (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2010). Αυτά τα προγράμματα χρησιμοποιούν ορολογία, όπως μηδενικού άνθρακα, ουδέτερου άνθρακα, μηδενικής ενέργειας και χαμηλού άνθρακα για να περιγράψουν τους στόχους τους στη διαχείριση άνθρακα, όπως φαίνεται στη σύγκριση του Πίνακα 2. [9], [10], [17]



Σχήμα 3: Το προάστιο Ντόνγκταν της Σαγκάης

Αν και υπάρχει μία πρόσφατη βιβλιογραφία που περιγράφει προσεγγίσεις για τη δημιουργία και το σχεδιασμό βιώσιμων πόλεων (Kenworthy, 2006), δεδομένης της πολυπλοκότητας των υλικών και των κοινωνικών αλληλεπιδράσεων σε αστική κλίμακα, διαπιστώνουμε ότι σήμερα δεν υπάρχουν συγκεκριμένοι ορισμοί, επί των οποίων οι ισχυρισμοί αυτοί να μπορούν να μετρηθούν και να συγκριθούν. Ως εκ τούτου, προκειμένου να καταστήσουμε τους φιλόδοξους στόχους χαμηλών ή μηδενικών εκπομπών άνθρακα έννοιες ουσιαστικού περιεχομένου στο πλαίσιο του πολεοδομικού σχεδιασμού, ένα πλαίσιο μέτρησης του άνθρακα πρέπει να καθοριστεί επακριβώς και να προσαρμοστεί στην αστική κλίμακα. Η εργασία επανεξετάζει τις υφιστάμενες προσεγγίσεις, προτείνει πλαίσιο ορισμού και συζητά τις επιπτώσεις αυτού του πλαισίου στον πολεοδομικό σχεδιασμό, καθώς και τη θεσμική του δομή.[22]

Αστική Ανάπτυξη	Αστική Κλίμακα	Χρήσεις	Κλιματολογικές συνθήκες	Δηλωμένος Στόχος
Dogtan	Μεσαία (20,000 κάτοικοι)	Ανάμεικτες, Κατοικήσιμη περιοχή με εμπορικές, αγροτικές και βιομηχανικές δραστηριότητες	Εύκρατο	Μηδενικές εκπομπές για παραγωγή Ενέργειας
Ecovillages	Μικρή (<1000)	Κατοικήσιμη περιοχή	Ποικίλο	Ασαφής. Στόχος είναι η ανάπτυξη κοινότητας και όχι η μείωση εκπομπών
Masdar City	Μεσαία (50,000 κάτοικοι)	Ανάμεικτες, Κατοικήσιμη περιοχή με εμπορικές και βιομηχανικές δραστηριότητες	Άνυδρη έρημος	Μηδενικές εκπομπές άνθρακα
BedZED	Μικρή (<1000)	Κατοικήσιμη περιοχή	Εύκρατο	Κτίρια μηδενικής εκπομπής άνθρακα; μεταφορές δεν περιλαμβάνονται
Συμφωνητικό των Δημάρχων, κτλ	Διάφορα	Ανάμεικτες	Διάφορα	Χαμηλού Άνθρακα
Λονδίνο	Μεγάλη > (7.5 M)	Ανάμεικτες	Εύκρατο	38%*
Παρίσι	Μεγάλη > (2.2 M)	Ανάμεικτες	Εύκρατο	25%*
Φρανκφούρτη	Μεγάλη (670,000)	Ανάμεικτες	Εύκρατο	31%*

*Μείωση με βάση τα δεδομένα του 1990(CoMo, 2011)

Πίνακας 2: Σύγκριση των υφιστάμενων περιβαλλοντικά φιλικών πόλεων

2.2 ΥΠΑΡΧΟΥΣΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

Ο δημοφιλής όρος “carbon footprint” η “ανθρακικό αποτύπωμα” υποδηλώνει συνήθως εκπομπές CO₂ καθώς επίσης και τα υπόλοιπα αέρια του θερμοκηπίου (GHGs) εκφρασμένα σε ισοδύναμες μορφές CO₂ (CO₂e) ενός καθορισμένου πληθυσμού, συστήματος ή δραστηριότητας. Ο όρος δεν μπορεί να θεωρηθεί απόλυτα ακριβής παρά το γεγονός ότι χρησιμοποιείται ευρέως ως δείκτης για περιβαλλοντικές επιπτώσεις ή τη βιωσιμότητα συγκεκριμένων δραστηριοτήτων. Οι *Wiedmann και Minx (2007)* πρότειναν έναν τυπικό ορισμό που περιλαμβάνει όλες τις άμεσες και έμμεσες εκπομπές CO₂. Ο ορισμός αυτός είναι αρκετά γενικός ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί σε μεμονωμένα προϊόντα και υπηρεσίες ή σε ολόκληρες γεωγραφικές περιοχές (πχ εθνικό ή περιφερειακό αποτύπωμα άνθρακα). Παρόλα αυτά, είναι ανεπαρκής για σύνθετα συστήματα όπως πόλεις ή επιχειρήσεις. Η οριοθέτηση του πεδίου εφαρμογής, δηλαδή ποιες δραστηριότητες εμπίπτουν εντός των ορίων μέτρησης είναι πολύ σημαντικό καθώς καθορίζουν το φορέα που είναι υπεύθυνος για τη μέτρηση και τη διαχείριση των εκπομπών.[35]

Ο *Rangathan et al. (2004)* πρότεινε την αυστηρή οριοθέτηση και μέτρηση εκπομπών από οργανισμούς, κυρίως ιδιωτικών επιχειρήσεων. Οι δείκτες αυτοί δεν θα μπορούν να συγκριθούν σε αστική κλίμακα καθώς καθορίζουν μονό τις ευθύνες μια επιχείρησης με βάση δραστηριότητες που θεωρούνται λειτουργικές για την ίδια την επιχείρηση ή βασίζονται σε μετοχές της επιχείρησης σε άλλες επιχειρήσεις που έχουν δίκες τους εκπομπές. Παρακάμπτοντας το ζήτημα της κατανομής, ο *Kennedy κ.ά. (2009, 2010)* εφάρμοσε το λεγόμενο πλαίσιο WRI για την απογραφή των εκπομπών GHG αστικής κλίμακας για δέκα μητροπόλεις. Σύμφωνα με αυτό, όλες οι έμμεσες και άμεσες εκπομπές που επηρεάζουν την οικονομική δραστηριότητα των πόλεων θα πρέπει να περιλαμβάνονται, με εξαίρεση των έμμεσων εκπομπών από την κατανάλωση υλικών. Προσπάθησαν να προσδιορίσουν ποσοτικά τις συνολικές εκπομπές GHG από όλες τις αστικές δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένου της ηλεκτρικής ενέργειας, της θέρμανσης, των βιομηχανικών καυσίμων και των μέσων μεταφοράς (ξηράς, θαλάσσης και αεροπορίας). Αν και χρήσιμο για τη δημιουργία μιας συνολικής βάσης δεδομένων για τις εκπομπές άνθρακα για τις υπάρχουσες πόλεις, η ευρεία κατανομή των εκπομπών καλύπτουν τομείς που είναι πέραν του άμεσου ελέγχου των περισσότερων κυβερνήσεων, αφήνοντας σημαντικό μέρος των εκπομπών (πχ, όλες οι εκπομπές για τη κατασκευή προϊόντων) εκτός απογραφής.

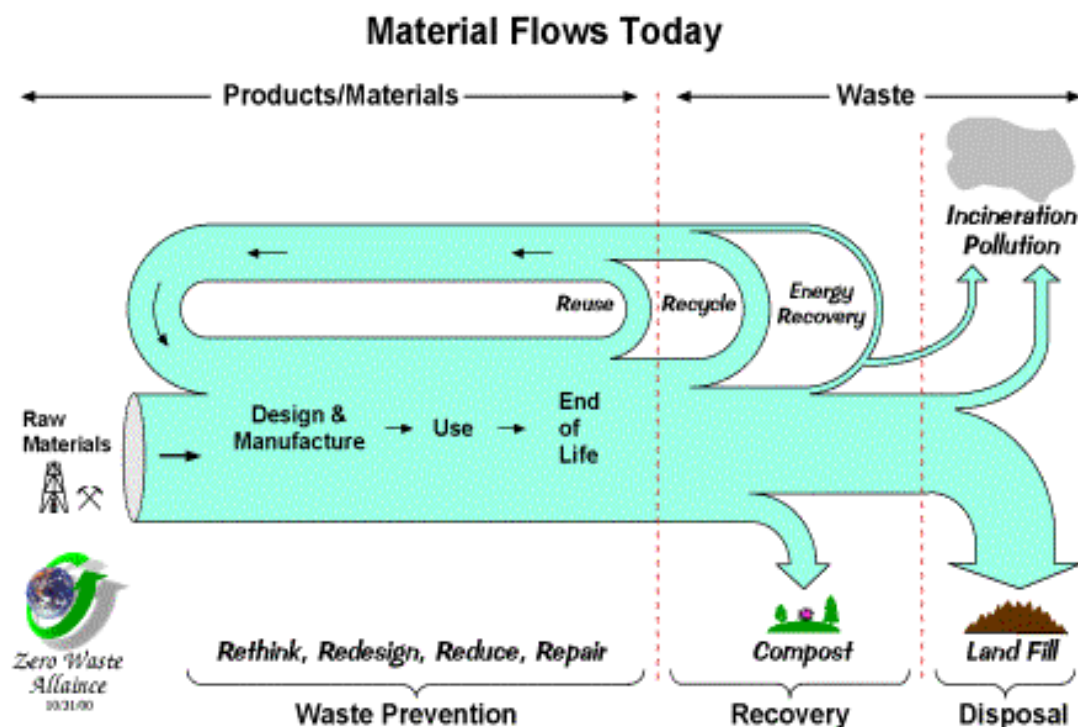
Το θέμα της κατανομής (δηλαδή ποιες εκπομπές θα πρέπει να περιλαμβάνονται στο ισοζύγιο άνθρακα μιας πόλης) μπορεί να εξεταστεί από τη σκοπιά της αξιολόγησης του κύκλου ζωής (lifecycle assessment – LCA). Ακριβής μεθοδολογίες για την εκτίμηση των εκπομπών και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με τα προϊόντα, διεργασίες και δραστηριότητες είναι καθιερωμένες στο πεδίο της αξιολόγησης του κύκλου ζωής (*Curran, 1996*). Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της LCA προσέγγισης είναι η αναγνώριση τόσο των άμεσων όσο και τις έμμεσων επιπτώσεων κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος. Η προσέγγιση αυτή εφαρμόζεται σε πιο πολύπλοκα συστήματα, όπως ένα νοικοκυριό, όπου το πεδίο εφαρμογής χρειάζεται προσεκτική εξέταση. Για παράδειγμα, ένα νοικοκυριό περιλαμβάνει το φυσικό κτίριο που έχει τις φάσεις του κύκλου ζωής της κατασκευής, της χρήσης (πχ, θέρμανσης, ψύξης και φωτισμού) και τελικά της έκθεσης, καθώς επίσης και άλλες δραστηριότητες, όπως η κατανάλωση τροφίμων των κατοίκων ή η μεταφορά τους

προς και από το κτίριο. Το πεδίο ανάλυσης για ένα νοικοκυριό θα ήταν σαφέστατα πιο ευρύ από ότι για ένα απλό φυσικό κτίριο.[13]

Για την χρήση του όρου “κατοικία μηδενικού άνθρακα”, συνήθως επιλέγεται ένα πολύ συγκεκριμένο πεδίο δραστηριοτήτων. Για παράδειγμα, ένας ορισμός για “κατοικία μηδενικού άνθρακα” (6 αστεριών), είναι η επίτευξη μηδενικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) από κάθε χρήση ενέργειας που πραγματοποιείται εντός της οικίας. Αυτός ο ορισμός εστιάζει στην φυσική του κτιρίου και είναι απολύτως λειτουργική. Δεν αφορά τις εκπομπές από την κατασκευή των κτιρίων ή τα προϊόντα που καταναλώνονται από τους κατοίκους. Η ίδια προσέγγιση χρησιμοποιείται από τον *Griffith et al. (2007)* για τον χαρακτηρισμό εμπορικών κτιρίων ως “κτίρια μηδενικής ενέργειας”. Ο προσδιορισμός της οριοθέτησης των εκπομπών που πρέπει να περιληφθούν καθώς επίσης και εκείνων που πρέπει να εξαιρεθούν, γίνεται όλο και λιγότερο σαφές όταν το σύστημα αλλάζει από καλά καθορισμένα προϊόντα σε συλλογές προϊόντων και δραστηριοτήτων, όπως συμβαίνει με τα κτίρια ή τις πόλεις. Επομένως, η θέσπιση ενός ακριβούς πεδίου εφαρμογής και ορίων του συστήματος είναι καθοριστικής σημασίας στον μετασχηματισμό των γενικών αρχών διαχείρισης άνθρακα σε ένα βιώσιμο επιχειρησιακό πλαίσιο για τη μείωση των εκπομπών άνθρακα.[18]

Οι πόλεις είναι περίπλοκα και εξελισσόμενα συστήματα με δυναμικά όρια που περιέχουν μεγάλη ποικιλία κοινωνικών και οικονομικών δραστηριοτήτων. Είναι στενά συνδεδεμένες με το περιβάλλον μέσω ροής υλικών, ενέργειας και πληροφοριών. Η οριοθέτηση των δραστηριοτήτων και των ροών που πρέπει να καταχωρούνται στο ισοζύγιο άνθρακα μιας πόλης, σε σχέση με εξωτερικές διεργασίες που δεν πρέπει να προσμετρούνται, απαιτεί προσεκτική εξέταση.

Αρχικές μελέτες πάνω στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των πόλεων, εισήγαγαν την έννοια του “αστικού μεταβολισμού” (*Wolman, 1969*), σύμφωνα με την οποία εξετάστηκαν οι πιέσεις των υδατικών πόρων και η ποιότητα του αέρα με βάση τις ροές νερού, τροφίμων και καυσίμων εντός των συνόρων μιας πόλης, καθώς επίσης και τα απόβλητα που κατέληγαν στο περιβάλλον. Εκτοτε, η Ανάλυση Ροής Υλικών (*Material Flow Analysis - MFA*) έχει εξελιχθεί σε ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο κατάλληλο για το σκοπό αυτό (*Bouman κ.ά., 2000*). Η Ανάλυση Ροής Υλικών είναι μια ποσοτική μέθοδος για το καθορισμό των υλικών και της ενέργειας που σχετίζεται με αυτά στα πλαίσια της οικονομίας. Η ισχύς του MFA έγκειται στην εφαρμογή του ισοζυγίου μάζας για το εξετασθέν υλικό, επιτρέποντας έτσι στον αναλυτή τον προσδιορισμό των κρυφών ροών υλικών ή τυχόν συσσώρευση των αποθεμάτων. Στην περίπτωση αυτή, τα όρια της περιοχής υπό μελέτη είναι μια απλή φυσική συνόρων και όλες οι ροές που περνούν από αυτά τα σύνορα πρέπει να συνεκτιμηθούν.[6],[35]



Σχήμα 4: Ανάλυση Ροής Υλικών (MFA)

Ο *Ramaswami et al. (2008)* χρησιμοποίησε την αξιολόγηση του κύκλου ζωής (LCA) και την ανάλυση ροής υλικών (MFA) για την εκτίμηση των επιπτώσεων του άνθρακα των αστικών περιοχών. Βρήκαν ότι συμπεριλαμβάνοντας τις εκπομπές κύκλου ζωής, καθίσταται δυνατός ο υπολογισμός των εκπομπών των εξεταζόμενων περιοχών και η σύγκριση τους με τους εθνικούς μέσους όρους.[26]

Για τη διαχείριση και τη μέτρηση του άνθρακα μιας πόλης, μια αυστηρή προσέγγιση του LCA εφαρμοσμένη στα στενά γεωγραφικά όρια μιας πόλης είναι ακατάλληλη για δύο λόγους,

- (1) δραστηριότητες στο εσωτερικό της πόλης έμμεσα μπορεί να οδηγήσουν σε εκπομπές άνθρακα έξω από τα σύνορά της
- (2) μπορεί κάποιες εκπομπές άνθρακα να μην είναι σχετικές. Ένα σχετικό παράδειγμα της πρώτης περίπτωσης είναι η εισαγωγή και η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας.

Μπορεί η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας να γίνεται στο εσωτερικό μιας πόλης, όμως οι εκπομπές που εκλύονται από τις γεννήτριες παραγωγής είναι εκτός των ορίων της πόλης, επομένως και εκτός μέτρησης LCA. Ομοίως, ορισμένες εκπομπές άνθρακα μπορεί να είναι άνευ σημασίας εάν δεν έχουν καμία καθαρή συνεισφορά στην αλλαγή του κλίματος, ή αν δεν είναι μέρος βασικών αστικών δραστηριοτήτων μιας πόλης. Αυτά τα ζητήματα μπορούν να επιλυθούν μέσω κατάλληλων ορισμών κατανομής των εκπομπών και στρατηγικών μείωσης των εκπομπών μιας πόλης.

2.3 ΠΕΔΙΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ

Κατά τη διαμόρφωση ενός Μεθοδολογικού Πλαισίου Μέτρησης του Άνθρακα (CiFCA) υπάρχουν δύο βασικά στοιχεία που πρέπει να ληφθούν υπόψη, ώστε να μπορέσει να εφαρμοστεί σε μια πόλη: τα επίπεδα των εκπομπών και η στρατηγική διαχείρισης των εκπομπών. Το πρώτο προτείνει μια ιεραρχική κατηγοριοποίηση των εκπομπών, ενώ το δεύτερο προτείνει αποδεκτές στρατηγικές διαχείρισης του άνθρακα για κάθε πεδίο με βάση την ενεργειακή πολιτική που ακολουθεί η εκάστοτε πόλη. Σε αυτήν την ενότητα, κατηγοριοποιούμε τη πρωτογενή κατανάλωση και τις ροές των εκπομπών για το αστικό περιβάλλον σε ξεχωριστές κατηγορίες και αντιστοιχίζουμε τις κατηγορίες σε αποδεκτές στρατηγικές για την άμβλυνση των εκπομπών.[1]

Η πόλη είναι ένα δυναμικό και πολύπλοκο σύστημα, καθορισμένο εν μέρει από τα γεωγραφικά σύνορα, αλλά και από τις διασυνδέσεις του με το ευρύτερο περιβάλλον μέσω της ανταλλαγής των υλικών, ενέργειας και πληροφοριών. Η πολυπλοκότητα του συστήματος περιπλέκει την εργασία για τον προσδιορισμό των εκπομπών που πρέπει να συμπεριληφθούν στο ισοζύγιο άνθρακα μιας πόλης. Θα έπρεπε μια πόλη που αποτελεί τουριστικό προορισμό να θεωρηθεί υπεύθυνη για τις εκπομπές, λογο μεταφοράς των τουριστών; Εάν μια πόλη αυξήσει τη κατανάλωση νερού, με αποτέλεσμα οι γειτονικές να ξοδεύουν μεγαλύτερη ενέργεια για την άντληση νερού από υδροφόρους ορίζοντες, ποιός θα είναι υπεύθυνος για τις εκπομπές που προστέθηκαν; Για να αντιμετωπίσει αυτό το πρόβλημα, θα πρέπει να υιοθετήσουμε την έννοια της κατανομής των εκπομπών που είχε προταθεί αρχικά για οργανισμούς (*Rangathan κ.ά., 2004*), με βάση το οποίο καθορίζονται τα εννοιολογικά όρια γύρω από τα διάφορα επίπεδα των εκπομπών, σύμφωνα με τα οποία οι πόλεις θα πρέπει να λογοδοτούν. [1]

- i. Πεδίο 1 - Εσωτερικές εκπομπές
- ii. Πεδίο 2 - Εξωτερικές εκπομπές που προκαλούνται από βασικές αστικές δραστηριότητες.
- iii. Πεδίο 3 - Εσωτερικές ή Εξωτερικές εκπομπές που οφείλονται σε μη βασικές δραστηριότητες.

Τα πεδία 1 και 2 αναφέρονται σε βασικές εκπομπές που είναι αυστηρά μετρήσιμες, ενώ το πεδίο 3 καλύπτει ένα πιο ευρύ πεδίο δραστηριοτήτων, κάνοντας την απαίτηση για παρακολούθηση και μετριάσμό των εκπομπών λιγότερο αυστηρή. [1] [27]

2.4 ΟΡΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Για μια δραστηριότητα, η εύρεση του κατάλληλου πεδίου βάση του οποίου θα πρέπει να ταξινομηθούν οι εκπομπές, μπορεί να προσδιοριστεί με τη χρησιμοποίηση της έννοιας των ορίων του συστήματος. Εισάγονται τέσσερις τύποι ορίων του συστήματος:

- I. τα Γεωγραφικά όρια που διακρίνουν "εσωτερικές " από " εξωτερικές " εκπομπές,
- II. τα Χρονικά όρια εντός των οποίων οι εκπομπές καταγράφονται,

- III. τα Όρια δραστηριοτήτων που περιγράφουν τις ρυπογόνες δραστηριότητες για τις οποίες πρέπει να λογοδοτήσει μια πόλη και που πρέπει να καταχωρηθούν στο ισοζύγιο άνθρακα της για ένα δεδομένο πεδίο εκπομπών, και
- IV. τα Όρια κύκλου ζωής που καθορίζουν το βαθμό στον οποίο η παραγωγή και η διάθεση των κεφαλαιουχικών αγαθών που απαιτούνται για κάθε δραστηριότητα θα πρέπει να συνυπολογιστούν.

Οι εκπομπές από κάθε αστική δραστηριότητα αντιστοιχίζονται στο κατάλληλο επίπεδο εκπομπών ανάλογα με την θέση τους μέσα ή έξω από τα 4 αυτά όρια. Η αντιστοίχιση παρουσιάζεται γραφικά στο σχήμα 6 καθώς και στο πίνακα 3. Τα όρια συστήματος βοηθάνε και στη αποσαφήνιση των ορισμών των 3 επιπέδων εκπομπών.

Το αστικό περιβάλλον προκαλεί επιπλέον προβλήματα στη κατηγοριοποίηση και στην ομαδοποίηση των εκπομπών καθώς η πόλη, όπως αναφέραμε, δεν είναι μόνο ένα σύνολο κτιρίων. Περιλαμβάνει καταναλώσεις υλικών για έργα υποδομής και άλλες λειτουργίες που προκαλούν σύγχυση στη σαφής διάκριση τους. Επιπλέον, ελαστικοί ορισμοί μπορεί να υπονομεύσουν την αξία των αστικών προσπαθειών για την άμβλυνση των εκπομπών GHG. Οι διαφορές ανάμεσα στη κατηγοριοποίηση αστικών περιοχών και η πολυπλοκότητα τους, σε σχέση με τις αντίστοιχες διεργασίες σε απλά κτίρια παρουσιάζονται στα σχήματα 7 και 8. [1]

Πεδία εκπομπών	Όρια συστήματος			
	Γεωγραφικά	Χρονικά	Δραστηριοτήτων	Κύκλου ζωής
<i>Πεδίο 1</i>	Εντός	Εντός	Εντός	Εντός
<i>Πεδίο 2</i>	Εκτός	Εντός	Εντός	Εντός
<i>Πεδίο 3</i>	Αμφότερο	Εντός	Εκτός	Αμφότερο

Πίνακας 3: Αντιστοίχιση των αστικών δραστηριοτήτων σε πεδία εκπομπών σύμφωνα με τα όρια του συστήματος.

2.4.1 Γεωγραφικά όρια

Ένα γεωγραφικό όριο είναι σχετικά απλό να καθοριστεί. Κάθε εκπομπή CO₂ ή εκπομπή GHGs που εκλύονται απευθείας εντός των ορίων της πόλης θεωρούνται Εσωτερικές εκπομπές, ενώ αυτές που εκλύονται εκτός, αλλά συνδέονται άμεσα με δραστηριότητες της πόλης, χαρακτηρίζονται ως Εξωτερικές εκπομπές. Τα όρια θα μπορούσαν επίσης να χαρακτηριστούν με βάση διοικητικά σύνορα, ένα γεωγραφικό χαρακτηριστικό, ή με κάποιο άλλο τρόπο, εφόσον το όριο είναι διακριτό. Η χερσαία έκταση εντός της περιμέτρου της πόλης δεν χρειάζεται να είναι συναφής και συνεχής, παρόλα αυτά “κενά” δεν θα έπρεπε να δημιουργούνται για την αποφυγή ανεξέλεγκτων εκπομπών από περιοχές που είναι λειτουργικά τμήματα της πόλης. Ένα πολύ μεγάλο μέρος των συνολικών εκπομπών μιας πόλης μπορεί να αποδοθεί στη παραγωγή και στη μεταφορά των εισαγόμενων προϊόντων και υπηρεσιών, όπως τα τρόφιμα, τα μεταποιημένα προϊόντα και τα αναλώσιμα αγαθά. Μια πρόσφατη μελέτη εκτιμάται ότι αυτές οι εξωτερικές εκπομπές από διασυνοριακές συναλλαγές, οφείλονται για ποσοστό από 20% και μέχρι 50% των συνολικών εκπομπών των Δυτικών οικονομιών (Davis και Caldeira, το 2010). Στο αστικό περιβάλλον, το κατά κεφαλήν μερίδιο των εκπομπών από τα εισαγόμενα εμπορεύματα είναι σταθερά

υψηλότερο από τον εθνικό μέσο όρο. Ως εκ τούτου, η μείωση του στοιχείου αυτού μέσω της εσωτερικής παραγωγής και των μετρήσιμων εκπομπών είναι σημαντικό και πρέπει να αναγνωριστεί. Ανάλογα με το αν βρίσκονται εντός των ορίων των δραστηριοτήτων, θα πρέπει να προσμετρηθούν σε ένα εκ των Πεδίων εκπομπών 2 ή 3. [1] [14]

2.4.2 Χρονικά όρια

Τα χρονικά όρια πρέπει να καθοριστούν, ώστε να δημιουργηθεί ένα σημείο εκκίνησης παρακολούθησης των εκπομπών άνθρακα και να προσδιοριστούν οι μέσοι περίοδοι κατά τους οποίους οι εκπομπές θα συνοψίζονται. Αν και οι εκπομπές που συνδέονται με έργα υποδομής γενικά περιλαμβάνονται στο ισοζύγιο άνθρακα μιας πόλης, μόνο αν το εκάστοτε οικοδόμημα κατασκευάστηκε μετά το σημείο εκκίνησης, πρέπει να συνυπολογιστούν. Παρομοίως, η αλλαγή χρήσης της γη (πχ, η μετατροπή από δάση σε οικοδομημένα οικόπεδα, ή το αντίστροφο) θα πρέπει να υπολογίζεται μόνο αν η διαδικασία ξεκίνησε μετά το σημείο εκκίνησης. Η περιοδικότητα κατά την οποία οι εκπομπές παρακολουθούνται είναι σημαντική κυρίως για περιφέρειες που ακολουθούν μια εποχικότητα σε δραστηριότητες όπως τα νησιά.

Στην περίπτωση της πόλης Μασνταρ Σίτι, τα χαμηλότερα φορτία ψύξης του χειμώνα επιτρέπουν την πλεονάζουσα παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου για την αντιστάθμιση της εισαγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών. Στην περίπτωση αυτή, το ισοζύγιο του άνθρακα θα μπορούσε ευλόγως να αξιολογηθεί σε ετήσια περίοδο για να εξομαλύνει αυτή την εποχιακή διακύμανση. [1]

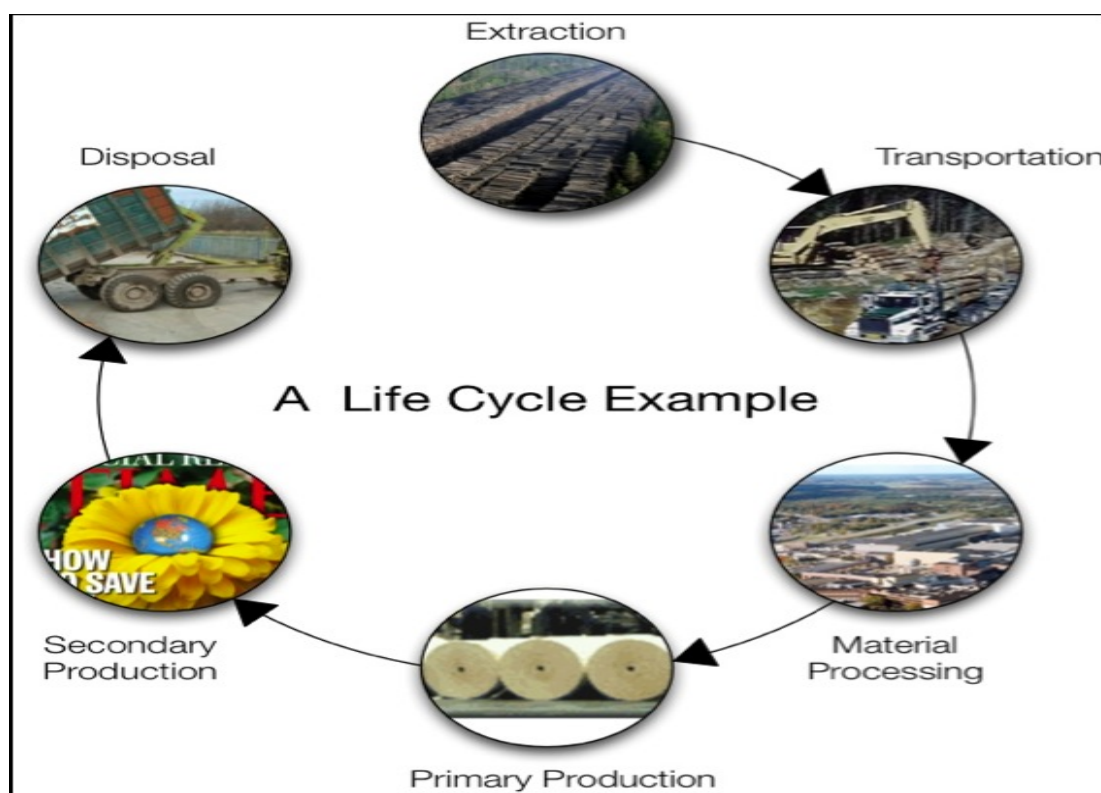
2.4.3 Όρια δραστηριοτήτων

Τα όρια δραστηριοτήτων προσδιορίζουν τις εκπομπές για τις οποίες μια πόλη θα πρέπει να θεωρηθεί υπεύθυνη. Αυτές μπορεί να είναι εσωτερικές ή εξωτερικές εκπομπές, άμεσες ή έμμεσες, και προκύπτουν από την έναρξη της περιόδου εποπτείας. Διάφοροι παράγοντες είναι αυτοί που θα μπορούσαν να επηρεάσουν ποιες εκπομπές πρέπει να θεωρηθούν εντός των ορίων δραστηριότητας, όπως το μέγεθος τους, η σχέση τους με το πυρήνα μιας πόλης, η ικανότητα παρακολούθησης τους κτλ. Στο τμήμα 2.5 παρουσιάζεται εις βάθος μια συζήτηση σχετικά με την επιλογή των δραστηριοτήτων που εμπίπτουν εντός των ορίων. [1]

2.4.4 Όρια κύκλου ζωής

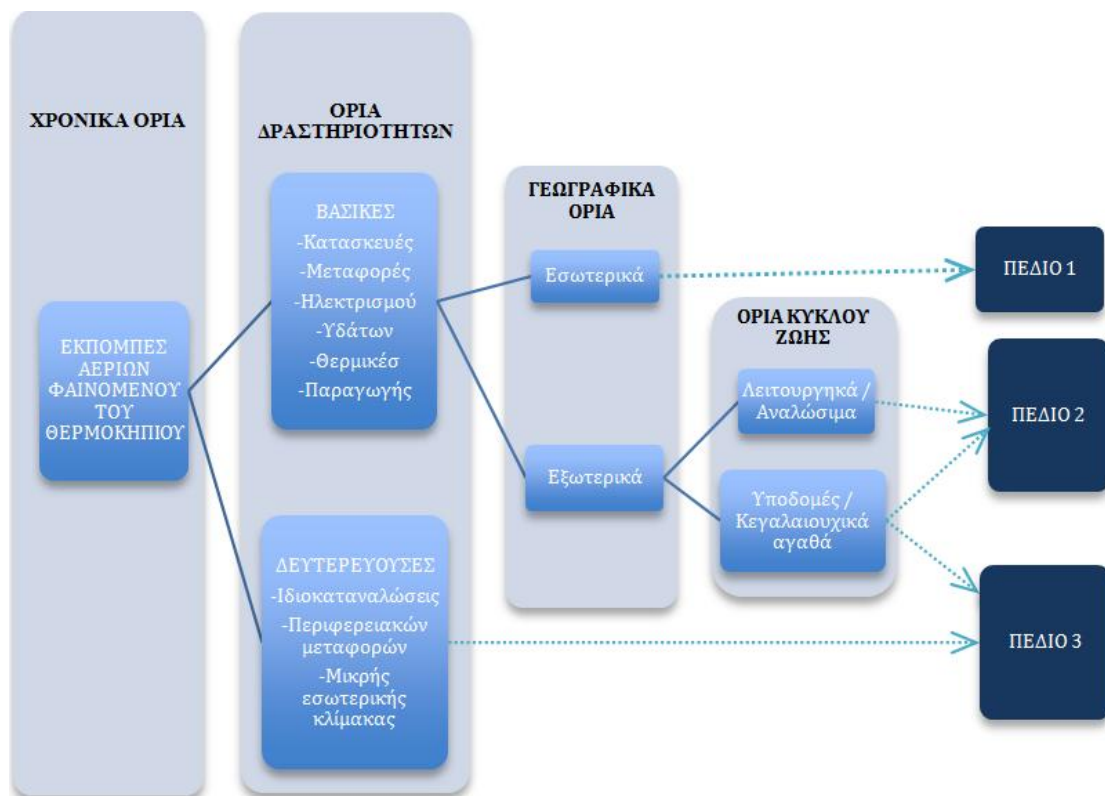
Το όριο κύκλου ζωής σε μια αστική δραστηριότητα μπορεί να θεωρηθεί ανάλογο προς το όριο κύκλου ζωής ενός προϊόντος. Στα όρια κύκλου ζωής που σχετίζονται με ένα προϊόν, οι φάσεις της παραγωγής, της χρήσης και της διάθεσης ενός προϊόντος συνήθως συνυπολογίζονται. Ωστόσο, δεν υπάρχει γενική οδηγία ώστε να συμπεριλαμβάνονται οι εκπομπές που συνδέονται με τα κεφαλαιουχικά αγαθά που απαιτούνται για την παραγωγή αυτού του προϊόντος. Οι εκπομπές του κύκλου ζωής ενός αυτοκινήτου θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν τις εκπομπές που συνδέονται με την παραγωγή, και πιο σπάνια με τη διάθεση, το εργοστάσιο και τον εξοπλισμό που απαιτείται για την κατασκευή του αυτοκινήτου. Σε πολλές περιπτώσεις, τα συστατικά των κεφαλαιούχων αγαθών στον υπολογισμό του κύκλου ζωής ενός προϊόντος παραλείπονται, λόγω έλλειψης στοιχείων ή ανεπιθύμητης πολυπλοκότητας, ή επειδή

το μέγεθος των εκπομπών είναι αμελητέο σε σχέση με τις εκπομπές λόγω παραγωγής, χρήσης και η διάθεσης του ίδιου του προϊόντος. [1]



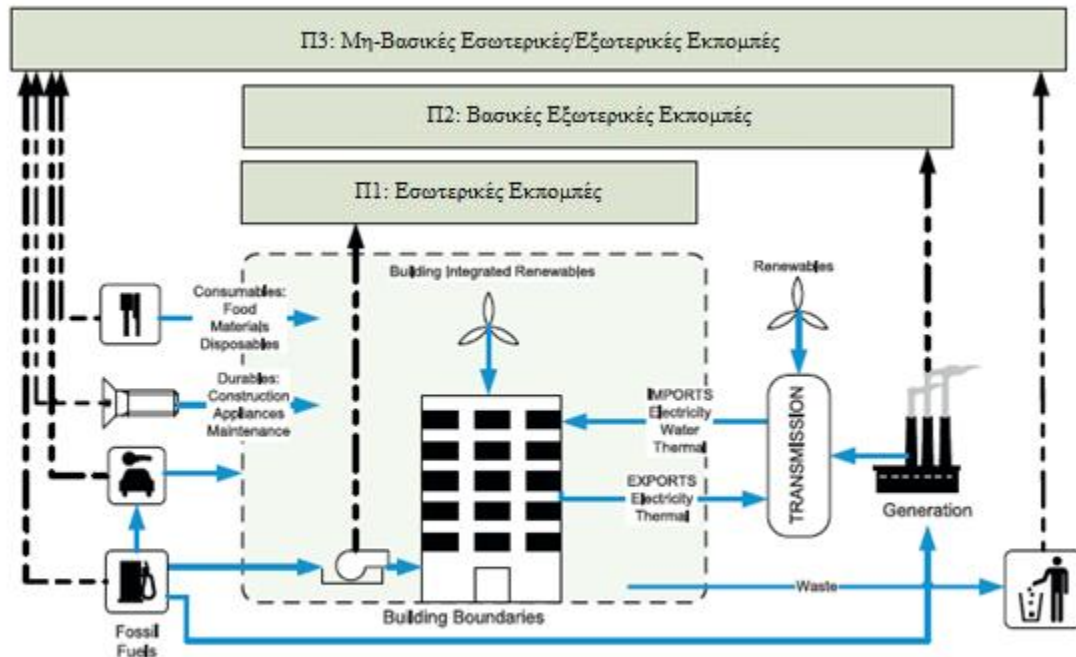
Σχήμα 5: Παράδειγμα κύκλου ζωής προϊόντος

Για μια δραστηριότητα εντός του πλαισίου μέτρησης μιας πόλης, το ανάλογο ερώτημα θα ήταν αν θα έπρεπε να περιληφθούν τα κεφαλαιουχικά αγαθά που είναι απαραίτητα για να υλοποιηθεί μια δραστηριότητα ή όχι. Τα κεφαλαιουχικά αυτά αγαθά θα μπορούσαν να λαμβάνουν τη μορφή των αστικών υποδομών, όπως το οδικό δίκτυο μιας πόλης που απαιτείται για τη μεταφορά αυτοκινήτων ή θα μπορούσαν να είναι εξοπλισμοί και έργα υποδομής που βρίσκονται εκτός των ορίων της πόλης στα οποία οφείλονται οι διαδικασίες της παραγωγή και της μεταφοράς εμπορευμάτων, υπηρεσιών και ενέργειας στην πόλη. Για το κεφαλαιουχικού εξοπλισμό και τις υποδομές που κατασκευάζονται στο εσωτερικό της πόλης, η κατανομή των εκπομπών οικοδόμησης γίνεται ανάλογα με το εάν η κατασκευή είναι εντός ορίων δραστηριότητας και των χρονικών ορίων, και ως εκ τούτου, θα ήταν στα επίπεδα 1 ή 3 (βλέπε σχήμα 6). [1]



Σχήμα 6 : Αστικές εκπομπές GHG και όρια συστήματος

Εάν οι εκπομπές κεφαλαιουχικού εξοπλισμού και υποδομών που βρίσκονται έξω από την πόλη, όπως το εθνικό οδικό δίκτυο ή το δίκτυο ενέργειας, ενσωματώνονταν στο επίπεδο 2, ελοχεύει ο κίνδυνος διπλού υπολογισμού μεταξύ πόλεων που εξυπηρετούνται από το κοινό δίκτυο. Συνίσταται η εξαίρεση των εθνικών οδικών δικτύων από όλα τα επίπεδα του λογιστικού πλαισίου άνθρακα. Εάν οι εκπομπές αυτές συμπεριληφθούν, θα έπρεπε να χρησιμοποιηθεί μια μέθοδος κατανομής των εκπομπών κάθε, συνδεδεμένης στο δίκτυο, πόλης, σύμφωνα με την ένταση της χρήσης της εκάστοτε πόλης.



Σχήμα 7: Αντιστοίχιση πεδίων εκπομπών σε μια οικοδομική κλίμακα

2.5 ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΗΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΣΕ ΠΕΔΙΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ

Κάθε δραστηριότητα μπορεί να ταξινομηθεί στα κατάλληλα επίπεδα εκπομπών λαμβάνοντας υπόψη τους τη σχέση με τα τέσσερα όρια του συστήματος. Ο πίνακας 3 δείχνει τα τρία πεδία εκπομπών και τα τέσσερα όρια του συστήματος. Όπως φαίνεται στον πίνακα, το επίπεδο 1 εμπίπτει εντός όλων των ορίων, το επίπεδο 2, εμπίπτει εντός όλων των ορίων εκτός των γεωγραφικών, ενώ το βασικό διακριτικό κριτήριο για εκπομπές του 3ου επιπέδου είναι ότι βρίσκονται εκτός των ορίων των δραστηριοτήτων, σχέδιο 6. Το επίπεδο 3 μπορεί να περιλαμβάνει εκπομπές που βρίσκονται εσωτερικά ή εξωτερικά σε σχέση με τα γεωγραφικά όρια. Οι εσωτερικές εκπομπές του επιπέδου 3 προκύπτουν από τις δραστηριότητες που δεν αποτελούν μέρος των βασικών λειτουργιών μιας πόλης, όπως η ιδιωτική κατανάλωση ορυκτών καυσίμων από νοικοκυριά. Το επίπεδο 3 μπορεί να μην παραμελείται στο συνολικό ισοζύγιο του άνθρακα, αλλά έχουν λιγότερο αυστηρές στρατηγικές διαχείρισης, όπως εξηγείται στην επόμενη ενότητα. Ο πίνακας 3 δείχνει επίσης ότι οι εκπομπές για όλα τα τρία πεδία πρέπει να βρίσκονται εντός των χρονικών ορίων αλλιώς δεν θεωρούνται εντός του πλαισίου μέτρησης.

Μια σημαντική κατηγορία των εκπομπών που πρέπει να ταξινομηθεί στο πλαίσιο των πεδίων είναι οι ενσωματωμένες εκπομπές που συνδέονται με την αστική υποδομή. Οι ενσωματωμένες εκπομπές αναφέρονται σε εκπομπές που δημιουργούνται κατά την παραγωγή των οικοδομικών υλικών, τη μεταφορά τους στην τοποθεσία του κτιρίου και την κατασκευή της υποδομής. Εάν μια κατασκευή θεωρηθεί βασική δραστηριότητα (δηλαδή βρίσκεται μέσα στα όρια δραστηριοτήτων) και σημειωθεί εντός των χρονικών ορίων, τότε οι ενσωματωμένες εκπομπές των αστικών υποδομών θα κατηγοριοποιηθούν μεταξύ των επιπέδων 1 και 2; εκπομπές που σημειώνονται

εντός των γεωγραφικών ορίων της πόλης στο 1ο επίπεδο και εκπομπές που σημειώνονται εκτός των γεωγραφικών ορίων και συνδέονται μέσω της εισαγωγής των εμπορευμάτων, της ενέργειας και των υπηρεσιών για το 2ο. Αν η κατασκευή δεν θεωρηθεί βασική δραστηριότητα, όλες οι εκπομπές αυτές θα διατεθούν στο 3ο επίπεδο εκπομπών.

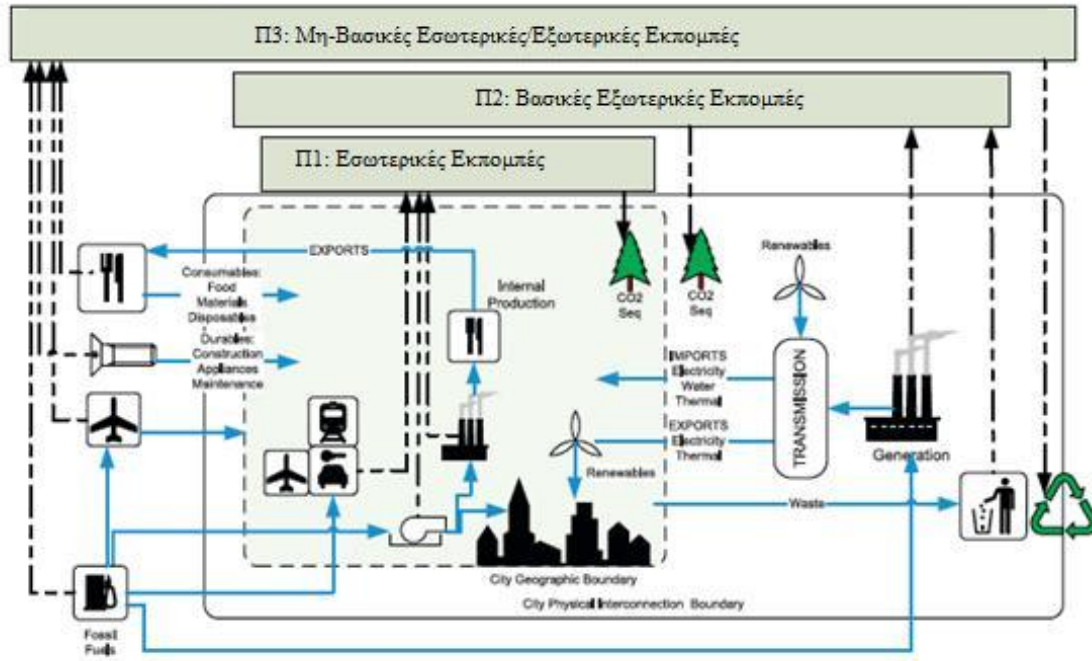
Όταν οι ενσωματωμένες εκπομπές περιλαμβάνονται στα πεδία 1 και 2, στη κάθε νέα υποδομή υποβάλλεται ένα αρχικό χρέος άνθρακα "carbon debt" που θα πρέπει να εξοφληθεί μέσα στα επόμενα χρόνια. Σε σύγχρονα παραδείγματα κτιρίων μηδενικού άνθρακα, οι ενσωματωμένες εκπομπές εξαιρούνται από το ισοζύγιο του άνθρακα. Ωστόσο, όπως περιγράφουμε στην επόμενη ενότητα 2.6 για τις στρατηγικές των εκπομπών, οι εν λόγω εκπομπές δεν πρέπει να παραλείπονται και πρέπει να εντοπίζονται και να ελαχιστοποιούνται. [1]

2.6. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ

Οι στρατηγικές των εκπομπών θεσπίζουν τις αποδεκτές δράσεις, με τις οποίες μια πόλη μπορεί να διαχειριστεί τις εκπομπές άνθρακα σε κάθε ένα από τα τρία πεδία. Μπορούμε να προσδιορίσουμε τέσσερις γενικές επιλογές για τη διαχείριση των εκπομπών:

1. μείωση,
2. εξαλείψιμη,
3. ισοστάθμιση και
4. αντιστάθμιση – όφσετ.

Εκπομπές μπορούν να μειωθούν ή να εξαλειφθούν όταν μια υπηρεσία που προηγουμένως είχε ως αποτέλεσμα εκπομπές άνθρακα (πχ στις αστικές μεταφορές, οχήματα κατανάλωσης βενζίνης) παρέχεται ένας εναλλακτικός μηχανισμός που έχει ως αποτέλεσμα χαμηλότερες ή μηδενικές εκπομπές (πχ μετατροπή βενζινοκινητήρα σε υγραεριοκινητήρα). Οι εκπομπές μπορούν να ισοσταθμίζονται όταν υπάρχει μια ισοδύναμη άμεση φυσική μείωση εκπομπών του άνθρακα μέσω άλλης δραστηριότητας (πχ, η εξαγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ή αύξηση των δασικών περιοχών μέσα στην πόλη). Η ισοστάθμιση θα πρέπει να συμβεί με βάση τις τοπικές ρυθμίσεις μιας πόλης (πχ, η ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια που τροφοδοτεί ένα περιφερειακό πλέγμα), αλλά όχι απαραίτητα εντός των συνόρων της πόλης. Μια άλλη μορφή εξισορρόπησης / ισοστάθμισης είναι η μόνιμη απομόνωση του άνθρακα, με τη δημιουργία αποθηκευτικών χώρων στο υπέδαφος ή με την έγχυση CO₂ σε ήδη υπάρχοντα κοιτάσματα (Schlesinger, 1999; K. Lal, 2004). Τέλος, αντιστάθμιση-όφσετ μπορεί να συμβεί μέσω της εξαγοράς πιστοποιητικών μείωσης των εκπομπών από ένα άλλο φορέα, όπως η εθελοντική ανταλλαγή άνθρακα. Η επιλογή της κατάλληλης δράσης εξαρτάται από τις αρχές της βιωσιμότητας και τους πόρους μίας πόλης. [1] [23],[31]



Σχήμα 8: Αντιστοίχιση πεδίων εκπομπών σε μια αστική κλίμακα

2.7 ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΕΚΠΟΜΠΩΝ

Με τον ορισμό των πεδίων εκπομπών είναι θεωρητικά πιθανό να προσδιοριστεί ποσοτικά το συνολικό ισοζύγιο εκπομπών για μια πόλη εφαρμόζοντας τον ακόλουθο τύπο

$$(I) \quad C_{tot} = \sum_j^T \left(\int_0^T (C_{1j}^{C-S}(t) + C_{2j}^{C-E-S}(t) - C_{3j}^{C-IS}(t)) dt \right) - O_p + O_s$$

Όπου C_{ij} είναι το σύνολο των εκπομπών ενός επιπέδου i από μια δραστηριότητα j κατά τη διάρκεια μιας λογιστικής περιόδου, T . Το C_{ij} εξαρτάται από την έκταση της δραστηριότητας A_j , την ένταση των εισερχόμενων πόρων που δείχνει την αποτελεσματικότητα της διαδικασίας e_{ij} , και τέλος την ένταση του άνθρακα c_{ij} . Η σχέση μπορεί να εκφραστεί ως $C_{ij} = A_j e_{ij} c_{ij}$.

Οι εκθέτες στην εξίσωσης (I) δείχνουν εκπομπές που συνδέονται με την εσωτερική κατανάλωση (C), κατάσχεση (S), εξαγωγή (E) και υποκατάσταση εισαγωγής (IS). O_p είναι το ποσό των αντισταθμίσεων άνθρακα που έχουν αγορασθεί από τρίτα μέρη, και O_s είναι το ποσό των αντισταθμίσεων άνθρακα που δημιουργούνται από τη πόλη και πωλούνται σε τρίτα μέρη (εάν υπάρχουν) που αντικατοπτρίζουν τις μειώσεις των εκπομπών που οφείλονται σε άμεσες δράσεις της πόλης. Τα O_p και O_s επιτρέπουν την ενσωμάτωση της πόλης σε ενεργές αγορές άνθρακα και θα μπορούσαν δυνητικά

να χρησιμοποιηθούν ως ρυθμιστικοί παράγοντες στις αυξομειώσεις των τιμών στις διαδικασίες ανταλλαγών άνθρακα. Όλες οι μεταβλητές στο εξίσωσης (1) αντιπροσωπεύουν τα αέρια του θερμοκηπίου που εκφράζονται σε μια ισοδύναμη φυσική ποσότητα εκπομπών CO_2 . [1]

2.8 ΕΠΙΠΕΔΑ ΜΕΤΡΙΑΣΜΟΥ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΠΟ ΤΙΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Ο μετριασμός των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε αστική κλίμακα λαμβάνει διάφορες μορφές που μπορούν να ταξινομηθούν ευρέως ως εξής:

- i. απαίτηση σχεδίου υποδομής και αστικής διαχείρισης (μακροπρόθεσμη απαίτησης μείωσης εκπομπών),
- ii. διαχείριση ζήτησης (απαίτησης βραχυπρόθεσμης μείωσης)
- iii. χαμηλός ή μηδενικός ανεφοδιασμός εκπομπών. [1]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Προσδιορισμός και Μέτρηση της Μείωσης των εκπομπών άνθρακα

3.1 CiFCA ΩΣ ΒΑΘΜΩΤΗ ΚΛΙΜΑΚΑ

Εξαιτίας της αυξανόμενης ανησυχίας της κοινής γνώμης επί των επιπτώσεων των εκπομπών άνθρακα, όροι όπως " ουδέτερου άνθρακα " και " μηδενικού άνθρακα " έχουν γίνει ιδιαίτερα δημοφιλείς. Αρχικά λόγω της ειλικρινούς προσπάθειας για τη μείωση των εκπομπών άνθρακα και εν μέρει λόγω της επιθυμίας για την εμπορική εκμετάλλευση αυτών των χαρακτηρισμών. Δυστυχώς, αυτοί οι όροι παραμένουν ιδιαίτερα ασαφής καθώς δεν έχουν οριοθετηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι εφαρμόσιμοι σε ένα μεγάλο και πολύπλοκο σύστημα, όπως είναι η πόλη. Χωρίς ένα σαφή ορισμό, η χρησιμότητα των όρων αυτών, είναι πολύ περιορισμένη. Ενώ δυνητικά θα μπορούσαν να θεσπίσουν καθορισμένους στόχους που θα παρακινούσαν συντονισμένες δράσεις, θέτουν αντιθέτως αμφιβολίες και σκεπτικισμό. Χρησιμοποιώντας ένα αυστηρά καθορισμένο πλαίσιο όπως το CiFCA είναι δυνατή η δημιουργία αριθμητικών συγκρίσεων ανάμεσα στις πόλεις, αναδεικνύοντας τα σχετικά επιτεύγματα της κάθε μιας, με παρόμοιο τρόπο με το σύστημα πιστοποίησης LEED για τα κτίρια. Εκτός από τις μετρήσεις το πλαίσιο CiFCA διευκρινίζει τους ορισμούς για τη αντιστοίχιση των πόλεων σε κατηγορίες διαχείρισης άνθρακα όπως εξηγείται στην Ενότητα 3.2.

Με βάση τις έννοιες των πεδίων εκπομπών και τις στρατηγικές διαχείρισης, προτείνεται από τους *S. Kennedy, S. Sgouridis / Energy Policy* ένας τρόπος διάκρισης μεταξύ των κατηγοριών αυτών και εισάγεται ένας προτεινόμενος ορισμός που μπορεί να ανταποκριθεί και να εφαρμοστεί σε πόλεις με δυναμικούς στόχους διαχείρισης άνθρακα. Επιπλέον, δεδομένου ότι τα εμπόδια για μειώσεις των εκπομπών αυξάνονται ανάλογα με το μέγεθος και το είδος της χρήσης, προτείνεται αυτές οι παράμετροι να περιλαμβάνονται στην συγκριτική αξιολόγηση μιας πόλης μέσω της δημιουργίας μιας *βαθμωτής κλίμακας*. Η κλίμακα αυτή μπορεί να βασίζεται στις παραμέτρους όπως προτείνεται στον πίνακα 4. [1]

Παράμετροι	Αυξανόμενη δυσκολία		
Αστικοί			
Αστική κλίμακα (ημερήσιος αριθμός πληθυσμού)	Μικρός (<1,000)	Μεσαίος (1,000-100,000)	Μεγάλος (>100,000)
Χρήσεις γής	Κατοικήσιμη περιοχή	Κατοικήσιμη περιοχή με εμπορικές και αγροτικές δραστηριότητες	Κατοικήσιμη περιοχή με εμπορικές, αγροτικές και βιομηχανικές δραστηριότητες
Κλιματολογικές συνθήκες	Εύκρατο	Ηπειρωτικό, Τροπικό	Ερήμου, Ξηρό, Πολικό
CiFCA			
Ένταξη πεδίων εκπομπών	Π1: Εσωτερικές	Π1: Εσωτερικές Π2: Βασικές εξωτερικές	Π1: Εσωτερικές Π2: Βασικές εξωτερικές Π3: Μη βασικές εξωτερικές
Στρατηγικές διαχείρισης	Μείωση	Αντιστάθμιση	Εξάλειψη

Πίνακας 4: Προτεινόμενα χαρακτηριστικά για τη τακτική σύγκριση πράσινων πόλεων

Καθορίζοντας τον ακριβή αλγόριθμο και στάθμιση για την απόκτηση CiFCA αξιολόγησης μιας δεδομένης ανάπτυξης είναι πέρα από το πεδίο εφαρμογής αυτής της εργασίας.

3.2 ΟΡΙΣΜΟΙ CİFCA: ΑΥΣΤΗΡΑ ΜΗΔΕΝΙΚΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ, ΜΗΔΕΝΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ, ΟΥΔΕΤΕΡΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ, ΧΑΜΗΛΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

Για μια αστική ανάπτυξη που σκοπεύει να αποβάλει ή να μειώσει δραστικά τη συμβολή της στην ανθρωπογενή εκπομπή άνθρακα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν 4 ετικέτες που θα περιγράφουν ευρέως τη στρατηγική προσέγγισης της εκάστοτε πόλης: (1) Αυστηρά μηδενικού άνθρακα, (2) Μηδενικού ισοζυγίου άνθρακα, (3) Ουδέτερου άνθρακα, (4) Χαμηλού άνθρακα. Ενώ οι ετικέτες αυτές είναι κοινές ως προς τη πρόθεση, διαφέρουν εμφανώς στις επιτρεπόμενες στρατηγικές διαχείρισης, και εν συνεχεία, οδηγούν σε πολύ διαφορετικούς περιορισμούς ως προς την ανάπτυξη των πόλεων.

- **Αυστηρά Μηδενικού Άνθρακα:** Δεν εκπέμπεται άνθρακας εντός των επιπέδων 1 και 2. Επομένως δεν επιτρέπεται ούτε η αντιστάθμιση ή ο συμψηφισμός του άνθρακα με βάση τη διαχείριση όφσετ του άνθρακα. Η εξίσωση (I) μετατρέπεται ως εξής :

$$(II) \quad C_{tot} = \sum_j \int_0^T (C_{1j}^C(t) + C_{2j}^C(t)) dt = 0$$

- **Μηδενικού Ισοζυγίου Άνθρακα:** Όλες οι εκπομπές άνθρακα εντός του επιπέδου 1 αποβάλλονται, όπως παρουσιάζει η εξίσωση (III), και οι εκπομπές εντός του επιπέδου 2 έχουν εξισορροπηθεί μέσω της εξαγωγής αγαθών χαμηλού ή μηδενικού άνθρακα, εσωτερικής ή εξωτερικής απομάκρυνσης, ή υποκατάσταση των εισαγωγών από το επίπεδο 3, όπως φαίνεται εξίσωση (IV). Η τελευταία κατηγορία συμπεριλαμβάνεται για να ενθαρρύνει τις δραστηριότητες που αποφεύγουν το επίπεδο 3, με την αντικατάσταση των εισαγωγών από τοπικά παραχθέντα αγαθά χαμηλότερων συνολικών εκπομπών :

$$(III) \quad C_{S1}^{NZC} = \sum_j \int_0^T (C_{1j}^{C-S}(t)) dt \leq 0$$

$$(IV) \quad C_{tot} = \sum_j \int_0^T (C_{1j}^{C-S}(t) + C_{2j}^{C-E-S}(t) - C_{3j}^{C-IS}(t)) dt - O_p + O_s$$

- **Ουδέτερου Άνθρακα :** Όλες οι εκπομπές για τις οποίες η πόλη είναι υπεύθυνη εντός των επιπέδων 1 και 2 αντισταθμίζονται μέσω της αγοράς όφσετ από τρίτους φορείς εκτός των ορίων της πόλης.

$$(V) \quad C_{tot}^{CN} = \sum_j \int_0^T (C_{1j}^{C-S}(t) + C_{2j}^{C-E-S}(t) - C_{3j}^{IS}(t)) dt - O_p + O_s \leq 0$$

- **Χαμηλού Άνθρακα :** Όλες οι εκπομπές των επιπέδων 1, 2 και 3 μειώνονται βάση μιας κοινής πολιτικής που διαμορφώνεται ανάλογα με το κλίμα της περιοχής και τα τοπικά χαρακτηριστικά της αστικής ανάπτυξης.

$$(VI) \quad C_{tot}^{LC} = \sum_j \int_0^T (C_{1j}^{C-S}(t) + C_{2j}^{C-E-S}(t) - C_{3j}^{C-IS}(t)) dt - O_p + O_s \leq \text{ΤΟΠΙΚΑ ΌΡΙΑ}$$

Η ετικέτα Αυστηρά Μηδενικού Άνθρακα θέτει πολύ αυστηρούς τεχνολογικούς περιορισμούς στον τρόπο με τον οποίο μια πόλη εκτελεί όλες τις λειτουργίες της από την ηλεκτρική παραγωγή μέχρι τις μεταφορές, και επομένως μπορεί να εμπνεύσει σημαντικές καινοτομίες στο χώρο της τεχνολογίας και στις λειτουργικές στρατηγικές διαχείρισης. Εάν τα όρια δραστηριοτήτων τεθούν αρκετά ευρύ, εντούτοις, ένας στόχος αυστηρά μηδενικού άνθρακα μπορεί να είναι σχεδόν αδύνατον να επιτευχθεί. Μια πόλη θα έπρεπε να είναι ουσιαστικά αυτόνομη καθώς οποιοδήποτε εισαγωγή αγαθών ή υπηρεσιών έξω από τα όρια της πόλης αναπόφευκτα θα είχε ως αποτέλεσμα κάποιες εκπομπές. Η ετικέτα Ουδέτερου Άνθρακα, αφ' ενός, δεν απαιτεί εγγενώς οποιαδήποτε καινοτομία στο τρόπο λειτουργίας μιας πόλης. Παρόλα αυτά, αν μια συμβατική πόλη προσπαθούσε να επιτύχει αυτόν τον στόχο, θα απαιτούσε σημαντικές οικονομικές δαπάνες για να καλύψει το κόστος αγοράς των όψεων. Η μεγαλύτερη ευελιξία που παρέχει η δημιουργία μιας ουδέτερης πόλης άνθρακα, μπορεί να μην οδηγήσει σε λιγότερες τεχνολογικές καινοτομίες, αλλά θα μπορούσε να εμπνεύσει καινοτόμες στρατηγικές χρηματοδότησης άνθρακα και να υποστηρίξει τις δραστηριότητες μείωσης άνθρακα σε άλλες περιοχές μέσω του συμψηφισμού των εσόδων.

Όσον αφορά, το τρόπο πιστοποίησης επίτευξης των στόχων, μια πόλη αυστηρά μηδενικού άνθρακα θα πρέπει να οδηγεί στο πιο αξιόπιστο αποτέλεσμα δεδομένου ότι η ίδια η πόλη έχει να ελέγξει άμεσα οποιεσδήποτε εκπομπές εντός αυτής ή τις εισαγωγές των αγαθών και υπηρεσιών.

Η επιλογή του Μηδενικού Ισοζυγίου Άνθρακα παρουσιάζεται εδώ ως η βέλτιστη ενδιάμεση προσέγγιση μεταξύ των δύο πρώτων. Στη περίπτωση αυτή, όλες οι εκπομπές του πεδίου 1 αποβάλλονται, ενώ οι εκπομπές του πεδίου 2 θα ισορροπούνται. Η πρόθεση είναι να διατηρήσει την αυστηρότητα της ετικέτας αυστηρού μηδενικού άνθρακα γιατί οι εκπομπές που εκλύονται εντός των ορίων της πόλης, προκειμένου να εμπνεύσει τεχνολογική καινοτομία, επιτρέποντας παράλληλα την ευελιξία ενός μηχανισμού εξισορρόπησης των εκπομπών που εκπέμπονται εκτός της πόλης και είναι δύσκολο να ελεγχθούν επακριβώς. Ο όρος Μηδενικό Ισοζύγιο Άνθρακα περιγράφεται λεπτομερέστερα περαιτέρω. Για λόγους ευκολίας, ο όρος ισοζύγιο εγκαταλείπεται, και αυτή η ετικέτα αναφέρεται απλά ως **Πόλη Μηδενικού Άνθρακα**[1]

3.3 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΝΘΡΑΚΑ ΓΙΑ ΜΙΑ ΠΟΛΗ ΜΗΔΕΝΙΚΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

Μια Πόλη Μηδενικού Άνθρακα προσπαθεί να αποβάλει όλη τη εκπομπή άνθρακα που είναι υπό τον άμεσο έλεγχο της, καθώς επίσης και να ισορροπήσει όλες τις άλλες εκπομπές για τις οποίες είναι αρμόδια. Βάση των προηγούμενων διακρίσεων ανάμεσα στα 3 πεδία εκπομπών, οι απαιτήσεις μιας Πόλης Μηδενικού Άνθρακα συνοψίζονται κατωτέρω.

◦ *Πεδίο 1 (εσωτερικές) εκπομπές:* Για την πρώτη κατηγορία εκπομπών που εμφανίζονται μέσα στο φυσικά όρια της πόλης, ακολουθείται η αυστηρότερη μέθοδος στρατηγικής εκπομπών που είναι η αποβολή όλων των παραγόμενων εκπομπών.

◦ *Πεδίο 2 (βασικές εξωτερικές) εκπομπές:* Η δεύτερη κατηγορία καλύπτει τις εκπομπές που παράγονται εκτός των φυσικών ορίων μιας πόλης και είναι αποτελέσματα κύριων δραστηριοτήτων της πόλης. Οι εκπομπές περιλαμβάνονται σε αυτό το πεδίο, όποτε η πόλη εισάγει ένα αγαθό ή μια υπηρεσία που περιέχουν κάποιες ενσωματωμένες εκπομπές άνθρακα και εμπίπτουν εντός των ορίων δραστηριοτήτων. Το ποσό των ενσωματωμένων εκπομπών υπολογίζεται βάση του κύκλου ζωής του αγαθού που εμπορεύεται και περιλαμβάνει όλες τις εκπομπές που συνδέονται από τη παραγωγή μέχρι τη μεταφορά και τη κατανάλωση, ανάλογα με το πώς τίθεται το όριο κύκλου ζωής. Οι εκπομπές αυτής της κατηγορίας πρέπει να ισορροπηθούν με την εξαγωγή ενός αγαθού ή μιας υπηρεσίας που οδηγούν σε μια ισόμετρη άμεση μείωση της εκπομπής άνθρακα έξω από την πόλη (πχ παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση φωτοβολταϊκών που ανατροφοδοτεί το ηλεκτρικό δίκτυο) ή μέσω της αντικατάστασης των εισαγωγών και όχι μέσω της αγοράς των όφσετ.

Η εξισορρόπηση των εκπομπών του πεδίου 2 μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους:

1. Φυσική εξισορρόπηση των ομοειδών εισαγωγών με τις ομοειδείς εξαγωγές.
2. Φυσική εξισορρόπηση όλων των CO₂eq από τις εισαγωγές με μια ενιαία εξαγωγή.
3. Εκτοπίζοντας τις εισαγωγές, το οποίο οδηγεί και στην ικανοποιητική μείωση των εκπομπών του πεδίου 3.

Οι πρώτες δύο επιλογές απαιτούν τη δυνατότητα τροφοδότησης των δικτύων (πχ., πλέγμα ηλεκτρικής ενέργειας ή σύστημα παροχής νερού) με ισοδύναμα προϊόντα εξαγωγικού χαρακτήρα που μπορεί να παραχθούν από έναν παραγωγό εντός ή εκτός των ορίων της πόλης. Οι επιλογές αυτές αφήνουν τη δυνατότητα στη πόλη να λειτουργεί είτε ως ο πραγματικός παραγωγός είτε ενδεχομένως ως εταίρος σε μια διμερή συμφωνία μεταξύ της δημοτικής αρχής και του παραγωγού. Εάν η δυνατότητα μιας πόλης να αντισταθμίσει εκπομπές φυσικά μέσω της βελτιστοποίησης των υποδομών είναι προσωρινά περιορισμένη λόγω έλλειψής χώρου, ανεπάρκειας του δικτύου, ή ουσιαστικών οικονομικών περιορισμών, προκύπτει μια τέταρτη επιλογή, αυτή των όφσετ, η οποία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να συμπληρώσει το υπόλοιπο έλλειμμα μιας πόλης μηδενικού άνθρακα.

◦ *Πεδίο 3 (μη θεμελιώδεις) εκπομπές:* Η τελευταία κατηγορία εκπομπών καλύπτει τις εκπομπές άνθρακα από δραστηριότητες που δεν εμπίπτουν εντός των

ορίων δραστηριοτήτων. Αυτές οι εκπομπές μπορούν να εμφανιστούν είτε μέσα είτε έξω από τα γεωγραφικά όρια της πόλης. Για παράδειγμα, όταν άνθρωποι που εργάζονται εντός της πόλης κατοικούν εκτός αυτής και χρησιμοποιούν για τις μεταφορές τους ένα παλιό ρυπογόνο αυτοκίνητο, είναι διφορούμενο εάν η πόλη είναι αρμόδια για αυτές τις εκπομπές. Στην περίπτωση των δημόσιων υπαλλήλων, η πόλη μπορεί να θεωρήσει αυτές τις εκπομπές εντός των αρμοδιοτήτων της. Για τους ιδιωτικούς υπαλλήλους, αυτό μπορεί να μην είναι λογικό. Παρόλα αυτά, η πόλη πρέπει να προσπαθήσει να ελαχιστοποιήσει τις εκπομπές του πεδίου 3 μέσω στοχευμένων πολιτικών μέτρων (όπως η οργάνωση προγραμμάτων για τη κοινή χρήση αυτοκινήτων ή την οργάνωση των δημόσιων συγκοινωνιών) ή με την αγορά όφσετ από τρίτους φορείς. Η σύνοψη των κατηγοριών εκπομπών και της ευθύνης των πόλεων με παραδείγματα δίνεται στον πίνακα 5. [1]

Κατηγορίες εκπομπών	Αρμοδιότητες	Παραδείγματα Δραστηριοτήτων	Παραδείγματα Στρατηγικών Διαχείρισης
Π1: Εσωτερικές	Εξάλειψη όλων των εκπομπών	Επιτόπια παραγωγή ενέργειας Αστικές συγκοινωνίες Διαχείριση αποβλήτων	Αξιοποίηση αποκλειστικά πηγών ενέργειας μηδενικών εκπομπών Χρήση ηλεκτροκίνητων μέσων Ανακύκλωση
Π2: Βασικές εξωτερικές	Εξισορόπηση εκπομπών μέσω εξαγωγής προϊόντων και υπηρεσιών χαμηλού	Εισαγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και νερού Μετακινήσεις δημοσίων υπαλλήλων	Εξαγωγή ισοδύναμων με τις εισαγωγές προϊόντων μηδενικού άνθρακα Εξαγωγή εναλλακτικών υπηρεσιών χαμηλού ή μηδενικού άνθρακα
Π3: Μη βασικές εξωτερικές	Μείωση εκπομπών μέσω συγκεκριμένων πολιτικών διαχείρισης και αγοράς	Μετακινήσεις ιδιωτικών εργαζομένων Ιδιωτικά αγαθά που έχουν αγοραστεί εκτός της πόλης Εισαγωγή προϊόντων διατροφής Μη ελεγχόμενες μικρής έκτασης εκπομπές από ιδιοκαταναλώσεις (barbeque)	Προώθηση κοινής χρήσης των αυτοκινήτων και μέσων μαζικής μεταφοράς Ενημέρωση πολιτών για χρήση "πράσινων" προϊόντων Αγορά offset από τρίτους φορείς Καθιέρωση αστικής γεωργίας για κάλυψη βασικών αγαθών

Πίνακας 5: Κατηγορίες εκπομπών πόλεων μηδενικού άνθρακα , παραδείγματα δραστηριοτήτων και στρατηγικών διαχείρισης

3.4 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ

Η αντιστοίχιση των δραστηριοτήτων σε πεδία εκπομπών είναι μια σημαντική διαδικασία που πρέπει να είναι ακριβής στις διαφορετικές πόλεις. Εάν κάθε πόλη καθόριζε τα δικά της πεδία εκπομπών μεμονωμένα, τότε η έννοια “πόλη μηδενικού άνθρακα” θα γινόταν ένας ευέλικτος όρος και θα έχανε ένα μεγάλο μέρος της χρησιμότητάς του. Σε αυτή την εργασία δεν θα παραθέσουμε έναν λεπτομερή κατάλογο δραστηριοτήτων κατά αντιστοιχία με τα πεδία εκπομπών. Η δημιουργία αυτού του καταλόγου, αποτελεί αντικείμενο μελλοντικής μελέτης η οποία θα πρέπει να επικυρωθεί από διεθνώς – αναγνωρισμένο οργανισμό. Εντούτοις, αναφέρουμε έναν κατάλογο εκτιμήσεων όπως προτείνεται από την έρευνα των *S. Kennedy, S. Sgouridis / Energy Policy*, που θα μπορούσε μελλοντικά να επηρεάσει τη διαμόρφωση των πεδίων και το καθορισμό των ορίων δραστηριοτήτων.

Αυτές οι εκτιμήσεις μπορούν να περιλαμβάνουν:

- τη συνολική ποσότητα των εκπομπών που σχετίζονται με τη πόλη
- τη δυνατότητα να ελεγχθούν ακριβώς και καταγραφούν οι συγκεκριμένες εκπομπές
- τη τακτικότητα εμφάνισης των εκπομπών (πχ μια παραγόμενη και εξακολουθήσει εκπομπή ή ένα τυχαίο περιστατικό)
- τον αρμόδιο φορέα (πχ ιδιωτική επιχείρηση ή διοίκηση των πόλεων)
- τον αντίκτυπο των περιορισμών στη ποιότητα ζωής και άλλες αρχές αειφορίας.

Αναμένεται να υπάρξει ένας διεθνής αναγνωρισμένος ορισμός των ορίων συστήματος για τις πόλεις μηδενικού άνθρακα ο οποίος θα εξελιχθεί στην διάρκεια του χρόνου. Δεδομένου ότι η ικανότητα καταγραφής των εκπομπών βελτιώνεται και δεδομένου ότι αυξάνεται η χρήση εναλλακτικών - μη ρυπογόνων μηχανισμών, τα όρια δραστηριοτήτων αναμένονται να επεκταθούν. Για παράδειγμα, θα ήταν πρακτικά αδύνατο, τη παρούσα χρονική στιγμή, να ισορροπήσει κανείς τις εκπομπές που συνδέονται με την ιδιωτική μεταφορά των κατοίκων των πόλεων που ταξιδεύουν έξω από τα όρια αυτών ή να ισορροπήσει τις εκπομπές που προκύπτουν από τις ιδιοκαταναλώσεις εισαγόμενων προϊόντων. Αυτές οι ενέργειες θα ήταν μη πρακτικές για δυο λόγους. Πρώτον, λόγω της αδυναμίας έλεγχου και δεύτερον λόγω του αντίκτυπου των περιορισμών που θα επέβαλλαν στη ποιότητα ζωής των κατοίκων. Παρόλα αυτά, εάν μια πόλη ανέπτυσσε συνδέσμους με τις περιβάλλουσες περιοχές, μέσω ενός δικτύου μεταφορών χαμηλής ενεργειακής έντασης και όλοι οι κάτοικοι είχαν τη δυνατότητα καταγραφής των εβδομαδιαίων δρομολογίων τους ή η εφαρμογή ενός συνολικού συστήματος λογιστικής του άνθρακα γίνονταν αποδεκτό, όπως το σύστημα του ενεργειακού νομίσματος που προτάθηκε από τους *S. Kennedy, S. Sgouridis / Energy Policy*, και αναλύεται περαιτέρω, τότε θα ήταν δυνατό να προσμετρηθούν οι εκπομπές από τις ιδιοκαταναλώσεις για τη μεταφορά εντός και εκτός πόλεων σε κάποιο πεδίο εκπομπών. [1]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

**Διαδικασία μέτρησης του άνθρακα και η διεξόδυση του στις
διεθνείς αγορές ως ένα εμπορεύσιμο αγαθό**

4.1 ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΜΕΙΩΣΕΩΝ ΑΝΘΡΑΚΑ ΓΙΑ ΑΜΕΣΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΕΙΣ

Είναι αναμενόμενο, ότι οι ροές του άνθρακα μιας πόλης να ποικίλουν με τη πάροδο του χρόνου. Στη περίπτωση μιας καινούργιας αστικής ανάπτυξης, οι εκπομπές λόγω της ανέγερσης νέων κτιρίων και γενικότερα των έργων υποδομής, δημιουργούν ένα μεγάλο έλλειμμα στα πεδία εκπομπών 1 και 2, το οποίο θα πρέπει να ανακτηθεί στη διάρκεια ζωής των κτηρίων της πόλης και των λοιπών εγκαταστάσεων. Το πρόβλημα μεταβλητής ροής των εκπομπών μπορεί να θεωρηθεί σχεδόν ανάλογο με το πρόβλημα λογιστικής των μεταβλητών καθαρών ταμειακών ροών όπου ένας παράγοντας έκπτωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αντιστάθμιση πληρωμών και αποδοχών σε μια ενιαία παρούσα αξία. Άμεσες εκπομπές επομένως θα ισορροπηθούν με μελλοντικές προγραμματισμένες μειώσεις εκπομπών. Ενώ αυτή η προσέγγιση είναι ελκυστική από τη προοπτική της μέτρησης, η επιλογή του κατάλληλου “ποσοστού έκπτωσης” του άνθρακα είναι αρκετά προβληματική οφειλόμενη στη δυναμική φύση της ευαισθησίας του κλίματος, την αβεβαιότητα για τις αλληλεπιδράσεις οικονομίας - κλίματος (ονομαζόμενη και συνάρτηση climate damage function) και την εξάρτησή της από υποθέσεις για το κατάλληλο κοινωνικό ποσοστό έκπτωσης, το οποίο είναι μια πολιτική απόφαση (βλ. *Richards, 1997 Fearnside και λοιποί., 2000 Guo και λοιποί., 2006*). Δεδομένου ότι δεν υπάρχει καμία τυποποιημένη μεθοδολογία, και δεδομένου ότι η τρέχουσα πρακτική δεν κάνει εκπτώσεις σε μελλοντικές εκπομπές (πχ οι ενσωματωμένες εκπομπές για τη κατασκευή έργων υψηλής ενέργειας απόδοσης όπως την οικοδόμηση ενός υδροηλεκτρικού φράγματος δεν σχετίζονται με μελλοντικές μειώσεις εκπομπών λόγω της υποκατάστασης της ηλεκτροδότησης από ανανεώσιμη πηγή ενέργειας), προτείνεται από την έρευνα των *S. Kennedy, S. Sgouridis / Energy Policy*, η χρησιμοποίηση της αθροιστικής μεθόδου (χωρίς εκπτώσεις) έως ότου υπάρξει ένα πιο ευρέως διαδεδομένο και αποδεκτό πλαίσιο. Μια ενδιαφέρουσα, αν και περίπλοκη κατά γενική ομολογία, έννοια που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μετατοπίσει χρονικά τις μειώσεις εκπομπών άνθρακα από τις μελλοντικές επενδύσεις κεφαλαίου στις παρούσες εκπομπές χωρίς να ληφθούν υπόψη οι επιδράσεις του κλίματος, είναι η υιοθέτηση εμπορεύσιμων νοικιασμένων πιστωτικών μονάδων εκπομπών όπως προτείνεται από τους *Sedjo και Marland (2003)*. Δυστυχώς, κανένα τέτοιο όργανο δεν είναι διαθέσιμο σήμερα.[16],[29]

4.2 ΝΟΜΙΣΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΙΩΣΕΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΕ ΠΟΛΕΙΣ ΜΗΔΕΝΙΚΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

Πόλεις που βρίσκονται σε χώρες εκτός του Παραρτήματος Ι του πρωτοκόλλου του Κιότο, επιτρέπεται να συμμετέχουν σε προγράμματα αντιστάθμισης των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα της Σύμβασης-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή, για επιπρόσθετα έσοδα και ενδέχεται να δελεαστούν να μετατρέψουν τις προσπάθειές τους σε χρήμα. Η παραγωγή και πώληση πιστοποιητικών Μείωσης Εκπομπών Άνθρακα (MEA), έχει τη δυνατότητα να προσφέρει μεγαλύτερα έσοδα στις πόλεις αυτές. Ωστόσο, η δραστηριότητα αυτή έχει αρνητικές επιπτώσεις στη δυνατότητα της μετέχουσας πόλης να είναι υποψήφια για Πόλη Μηδενικού Άνθρακα. Όντως, για κάθε πίστωση άνθρακα που η πόλη παράγει εσωτερικά από κάποια κύρια δραστηριότητα και την οποία πουλά είτε μέσω κάποιου

μηχανισμού Καθαρής Ανάπτυξης είτε μέσω εκούσιας συναλλαγής είτε μέσω οποιουδήποτε εναλλακτικού μηχανισμού εμπορίας άνθρακα, η πόλη καθίσταται υπεύθυνη για την αντίστοιχη εκπομπή που παράγεται από τον αγοραστή του πιστοποιητικού. Για να παραμείνει μια πόλη συνεπής με τις καθορισμένες στρατηγικές διαχείρισης των εκπομπών για μια Πόλη Μηδενικού Άνθρακα, τέτοιες πιστώσεις μπορούν μόνο να πουληθούν για δραστηριότητες, αφού καλυφθούν πρώτα οι ανάγκες της πόλης. Για παράδειγμα, αν ηλεκτρισμός παράγεται πέρα από το επίπεδο κάλυψης των αναγκών της πόλης και εξάγεται στο τοπικό δίκτυο, η πόλη θα μπορούσε να πουλήσει πιστοποιητικά Μείωσης Εκπομπών Άνθρακα, τα οποία αντιστοιχούν μόνο στο πλεόνασμα αυτό. Η συναλλαγή αυτή επιτρέπεται, διότι η «ποινή» για την πώληση ενός τέτοιου πιστοποιητικού και η ανάληψη της ευθύνης για τις εκπομπές του αγοραστή (OS) ισοσκελίζεται από την πίστωση που σχετίζεται με την εξαγωγή ηλεκτρισμού μηδενικού άνθρακα (C_E 2j), όπως φαίνεται στην Εξίσωση 1. Αν η παραγωγή ηλεκτρισμού δεν είναι πέρα των τοπικών απαιτήσεων, τότε δεν θα υπάρχει ισοδύναμη εξαγωγική πίστωση για να αντισταθμίσει την πώληση του πιστοποιητικού.

Ωστόσο, οι πόλεις μεταβάλλονται. Νέες οικιστικές επεκτάσεις με μεγάλα προκαταβολικά κόστη, ενδέχεται να απαιτούν τα έσοδα από τέτοιες πωλήσεις στα πρώτα τους στάδια (διαφορετικά, στο κάτω κάτω, τα προγράμματα παραγωγής πιστοποιητικών δεν θα πληρούσαν τα κριτήρια προσθετικότητας). Σε τέτοιες περιπτώσεις και κατά τη φάση της εξάπλωσης της πόλης, είναι δυνατό οι πιστώσεις άνθρακα να παραχθούν και να πωληθούν για βασικές δραστηριότητες της πόλης εντός προκαθορισμένης χρονικής περιόδου (φάση εξάπλωσης), στη διάρκεια της οποίας η πόλη δεν μπορεί να είναι υποψήφια για πιστοποίηση ως Πόλη Μηδενικού Άνθρακα. Όταν η πόλη γίνει λειτουργική και προκειμένου να διεκδικήσει την ταμπέλα «Μηδέν Εκπομπές Άνθρακα», όλα τα έσοδα από πωλήσεις πιστώσεων άνθρακα από βασικές δραστηριότητες θα πρέπει να παύσουν. [1]

4.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ CİFCA: ΘΕΣΜΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Μια πόλη “μηδενικού άνθρακα” μπορεί να περιέχει κτήρια “μηδενικού άνθρακα” αλλά αυτό δεν είναι ούτε απαραίτητο ούτε και απόλυτα ικανοποιητικό. Επεκτείνοντας την εφαρμογή στα όρια μιας πόλης επιτρέπεται μεν η ευελιξία στο τρόπο μετριάσμου των εκπομπών αλλά και απαιτείται αυστηρότερη θεσμική επικοινωνία μεταξύ των επιχειρήσεων κοινής ωφέλειας, των φορέων παροχής υπηρεσιών, των πολιτών και των ρυθμιστικών αντιπροσωπειών. Μάλιστα, για πιο φιλόδοξες και απαιτητικές προσεγγίσεις μια εξουσιοδοτημένη αρχή ίσως είναι απαραίτητη ώστε να ορίσει τους κανονισμούς, να επιτηρεί τις διαδικασίες οικοδόμησης και γενικά τα στάδια της ανάπτυξης, και να συντονίζει τις ενέργειες των αντιπροσωπειών.

Οι ρυθμιστικές απαιτήσεις πρέπει να διαφοροποιηθούν και κατά συνέπεια να αυστηροποιηθούν ανάμεσα σε όλους τους αρμόδιους φορείς όχι όμως σε υπερβολικό σημείο ώστε να περιορίσουν τον αστικό δυναμισμό και τη κοινοτική ανάπτυξη. Οι φιλόδοξοι στόχοι μείωσης των εκπομπών άνθρακα απαιτούν δραστικές αλλαγές και δεσμεύσεις από όλους τους κατοίκους και τις επιχειρήσεις που λειτουργούν κάτω από αυτές το πλαίσιο. Με βάση τον ορισμό της «Πόλης Μηδενικού Άνθρακα» (παράγραφο 3.2), οι αρμόδιες αρχές που χρειάζονται συντονισμό για να επιτύχουν τέτοιους στόχους περιλαμβάνουν όλους τους φορείς που μπορούν να είναι είτε

δημόσιοι είτε ιδιωτικοί είτε ένας συνδυασμός αυτών: ρυθμιστικές υπηρεσίες, υπηρεσίες ύδρευσης και ηλεκτροδότησης, μέσα μαζικής μεταφοράς, υπηρεσίες που σχετίζονται με την αστική ανάπτυξη, αρμόδια υπουργεία και κατασκευαστικές εταιρίες. Ακόμα προκειμένου να οριστούν οι γενικότεροι στόχοι και τα ζητούμενα όρια εκπομπών άνθρακα σε κάθε περίπτωση, θα έπρεπε να εξουσιοδοτηθεί μια συντονιστική αρχή – ενδεχομένως υπό τον έλεγχο του κράτους που να είναι υπεύθυνη για αυτές τις λειτουργίες.

Τέλος, για το καθορισμό των δραστηριοτήτων που περιλαμβάνονται στα πεδία εκπομπών και για τη πιστοποίηση της συμφωνίας με τα πρότυπα του CiFCA, είναι απαραίτητη μια διαδικασία πολύ-συμμετόχων των φορέων άμεσου ενδιαφέροντος σε συνεργασία με την αρμόδια αρχή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Επισκόπηση του Συστήματος Ενεργειακής Πίστωσης και Ορισμοί

5.1 ΚΙΝΗΤΡΑ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ: ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΕ ΑΝΘΡΑΚΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ MASDAR CITY

Τα περισσότερα προϊόντα και υπηρεσίες συνδέονται με κάποιο ενεργειακό κόστος. Κι όμως, για την πλειοψηφία, δεν υπάρχουν σήμερα μέσα στα οποία να έχουν πρόσβαση οι απλοί καταναλωτές για την παρακολούθηση και τον υπολογισμό της πάγιας ενεργειακής τους χρήσης σε μια φυσική ή οικονομική βάση. Αντίθετα, τα ενεργειακά κόστη ενοποιούνται και καλύπτονται πίσω από την τελική τιμή τιμοκαταλόγου. Καθώς πάνω από το 80% της παγκόσμιας πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης προέρχεται από ορυκτά καύσιμα (IEA, 2006), οι μη τιμολογημένες εξωγενείς επιδράσεις των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου συγκαλύπτονται διπλά. Για μια κοινωνία που θα βασιζόταν σε φτηνή και απεριόριστη τροφοδοσία με ενέργεια, η απλότητα ενός μοναδικού τιμολογιακού συστήματος με κρυφά ενεργειακά κόστη θα υπερτερούσε έναντι των ωφελειών από μια διαφανή τιμολόγηση και λογιστική παρακολούθηση της ενέργειας. Όμως, στη πραγματικότητα, η ενεργειακή μας τροφοδοσία, δεν είναι ούτε φτηνή ούτε απεριόριστη. Οι πόροι του πλανήτη σε ορυκτά καύσιμα είναι πεπερασμένοι και το κόστος χρήσης τους κλιμακώνεται εξαιτίας της ανεπάρκειάς τους και των επιπτώσεών τους στο κλίμα και το περιβάλλον. Ωστόσο, λόγω προσωρινής αδράνειας του συστήματος, καμιά από τις συνθήκες αυτές δεν έχει γίνει αρκετά περιοριστική ώστε να επιβληθούν σημαντικές αλλαγές. Με τη διπλή απειλή της κλιματικής αλλαγής και της εξάντλησης των εύκολα διαθέσιμων πηγών ορυκτών πόρων, γίνεται απαραίτητη η ύπαρξη νέων μηχανισμών για τον τρόπο τιμολόγησης και παρακολούθησης της χρήσης ενέργειας στις καθημερινές μας συναλλαγές.[42]

Στην οικονομική βιβλιογραφία, ο Gesell έχει προτείνει την χρήση ενός νομίσματος το οποίο να υποτιμάται, ώστε να αντανakλά τη μείωση της φυσικής αξίας των υλικών που δεν μπορούν να διατηρηθούν επ' αόριστον. Ο Gesell σημειώνει, ότι ο πλούτος υπό τη μορφή της ιδιοκτησίας χρημάτων, φέρει αμελητέες επιβαρύνσεις, οπότε πρότεινε ένα αρνητικό επιτόκιο υπό τύπο απαίτησης για τακτική σφράγιση των χαρτονομισμάτων, προκειμένου να διατηρηθεί η αξία τους (Keynes, 1936, Chapter 23). Το σύστημα αυτό, γνωστό ως scrip (πρόχειρο χαρτονόμισμα) εφαρμόστηκε στην περίοδο της μεγάλης ύφεσης των περιοχών της Δυτικής Ευρώπης (Lietaer, 2001, Chapter 5). Η ενέργεια, λόγω του ότι είναι ταυτόχρονα ο κύριος μοχλός της οικονομικής δραστηριότητας, αλλά και αγαθό που φθίνει κατά τη διάρκεια της μετατροπής της ή της μετάδοσής της, είναι κατάλληλη ως παράλληλο ή συμπληρωματικό νόμισμα.[43],[44]

Η χρήση της ενέργειας ως νομισματική μονάδα είχε προταθεί από τον Fleming (1997), με τη μορφή «εμπορεύσιμων ποσοστώσεων» για τις εκπομπές άνθρακα, ως εναλλακτική της φορολόγησης του άνθρακα. Το σύστημα που προτείνεται από τους S. Kennedy, S. Sgouridis / *Energy Policy* και παρουσιάζεται σε αυτό το μέρος διαφέρει τόσο ως προς την έκταση (παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας), όσο και ως προς την εφαρμογή του (ασυμμετρία αγορών, προθεσμιακές πράξεις και δικαίωμα προαίρεσης για επέκταση της εφαρμογής του νομίσματος). [41]

Η χρέωση των χρηστών με μια τιμή ενέργειας, η οποία θα αντανakλά το κόστος προσφοράς της ενέργειας, αποτελεί κεντρικό συστατικό για την ορθή διαχείριση της ζήτησης. Στον τομέα της ηλεκτρικής ισχύος, η ιδέα μας τιμής σποτ για τον ηλεκτρισμό, βασισμένης στο οριακό κόστος προσφοράς σε συγκεκριμένο χρόνο και

τόπο, αναπτύχθηκε αρχικά από τον *Schwepppe (1988)* για την πιο ακριβή έκφραση του πραγματικού κόστους της παραγωγής και διανομής, καθώς και για την παροχή κινήτρων στους καταναλωτές να ανταποκριθούν ανάλογα. Η οριακή τιμολόγηση με βάση την τοποθεσία, όπως είναι γνωστή σήμερα, έχει γίνει τυπικό και ουσιαστικό στοιχείο των ανταγωνιστικών, χονδρικών αγορών ηλεκτρισμού (*Chandley, 2001; Cramton, 2003*). [39],[40]

Καθώς οι αγορές αυτές βελτιώνονται όλο και περισσότερο, έχουν δημιουργήσει πολύ χρήσιμα τιμολογιακά σήματα που μπορούν με ακρίβεια να εκφράσουν τα κόστη από την πλευρά της προσφοράς, να κατευθύνουν τις αποφάσεις των προμηθευτών σχετικά με τη λειτουργία των επιχειρήσεών τους και να παρέχουν πληροφόρηση γύρω από τη λήψη αποφάσεων για επενδύσεις σε νέα παραγωγή και στη δυναμικότητα του δικτύου. (*Shrestha and Fonseka, 2004; Roh et al., 2007*). Ωστόσο, δεν υπήρξε αντίστοιχη επιτυχία στη χρήση τους, για την ενθάρρυνση ουσιαστικής συμμετοχής από της πλευρά της ζήτησης. Κάποιες από τις αιτίες για την περιορισμένη ανταπόκριση από την πλευρά της ζήτησης στα δυναμικά σήματα τιμολόγησης, είναι η υποτυπώδης υποδομή μέτρησης που έχει περιορισμένη ικανότητα να μεταδώσει μεταβλητές τιμές για την κατανάλωση του τελικού χρήστη, η περιορισμένη τεχνική δυνατότητα που έχουν οι τελικοί χρήστες να αντιδράσουν στις τιμές, η αντίσταση σε φαινομενικά περίπλοκα σχήματα τιμολόγησης σε επίπεδο λιανικής πώλησης και η έλλειψη αντανάκλαστικών του τομέα της ηλεκτρικής ισχύος απέναντι στην ενσωμάτωση εμπορικών σχεδίων που ενθαρρύνουν τη συμμετοχή μικρών και μεσαίου μεγέθους καταναλωτών. Έχει αποκτηθεί όμως σημαντική εμπειρία πάνω σε διαχειριστικά προγράμματα που βασίζονται στην παροχή κινήτρων στην πλευρά της ζήτησης (προγράμματα DSM – Demand Side Management) που δίνουν έμφαση στη μείωση των φορτίων έκτακτης ανάγκης ή σε συμβόλαια διακοπτόμενης παροχής μεταξύ των υπηρεσιών παροχής και μεγάλων καταναλωτών ηλεκτρισμού (*Zarnikau, 2008*). Οι μεγάλοι τελικοί χρήστες τείνουν να είναι περισσότερο ευαίσθητοι απέναντι στις αλλαγές τιμών και πρόθυμοι να συνάψουν συμφωνία με την υπηρεσία παροχής ηλεκτρισμού για μείωση της ζήτησής τους, αν ζητηθεί μόνο περιστασιακά, με κάποια οικονομική αποζημίωση. Στην περίπτωση καθετοποιημένων υπηρεσιών παροχής, τα κόστη και οφέλη τέτοιων προγραμμάτων τα φέρει η μία μόνο πλευρά, οπότε η εφαρμογή τους καθίσταται ευκολότερη. Τέτοιου είδους προγράμματα DSM, πετυχαίνουν το σκοπό τους σχετικά ικανοποιητικά, όταν το κύριο κίνητρο για μεταβολή της ζήτησης είναι, από τη μεριά του προμηθευτή, η διαχείριση των φορτίων αιχμής, είτε ως απάντηση σε καθημερινές εξάρσεις ζήτησης ή ως λύση έκτακτης ανάγκης σε περίπτωση απώλειας της δυνατότητας παροχής. Είναι πολύ πιο δύσκολη η χρήση των προγραμμάτων αυτών για τη συνηθισμένη διαμόρφωση της ζήτησης ή για να επηρεαστεί το φορτίο ενός μεγάλου αριθμού μικρότερων λιανικών καταναλωτών.[48],[50],[51]

Για το σκοπό αυτό, είναι απαραίτητη η εφαρμογή νέων μηχανισμών στις λιανικές αγορές ηλεκτρισμού, οι οποίοι να είναι διαρκώς ενεργοί, όχι μόνο ως αντίδραση σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Για να αυξηθεί η αξία της πληροφορίας των τιμών ηλεκτρισμού λιανικής (ή όλων των τιμών για την ενέργεια), οι λιανικές αγορές ηλεκτρισμού πρέπει οπωσδήποτε να εκσυγχρονιστούν ακόμα περισσότερο. Τα εμπόδια που αναφέρθηκαν πιο πάνω, σχετικά με την υποδομή των συστημάτων μέτρησης, την ταχύτητα απόκρισης των συσκευών, την αντίσταση των καταναλωτών απέναντι στην πολυπλοκότητα και την αδυναμία αντίδρασης των αγορών, πρέπει επομένως να υπερπηδηθούν. Τα τελευταία χρόνια έχει εκδηλωθεί πολύ μεγάλο

ενδιαφέρον για την αναβάθμιση της ικανότητας των δικτύων διανομής ηλεκτρισμού, ώστε αυτά να περιλάβουν εξυπνότερους μετρητές ηλεκτρισμού, να επεκταθεί η αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ χρήστη και προμηθευτή και να αναπτυχθούν «έξυπνες» συσκευές που έχουν την δυνατότητα να ρυθμίζουν αυτόματα το φορτίο, ως απάντηση σε μεταβαλλόμενα σήματα. Οι καινοτομίες αυτές, θα δώσουν λύση σχετικά με τα βασικότερα εμπόδια που θέτουν οι φυσικές υποδομές στην αντίδραση της ζήτησης, αλλά χρειάζεται περισσότερη δουλειά στην αναδιαμόρφωση των αγορών λιανικής, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι κατ' αρχήν δημιουργούνται τα κατάλληλα σήματα. Η πρακτική εμπειρία είναι πολύ περιορισμένη για να γίνει εκτίμηση του πώς αντιδρούν οι καταναλωτές σε μεταβολές της τιμής του ηλεκτρισμού σε πραγματικό χρόνο (Patrick and Wolak, 2001; Lijesen, 2007). Περιορισμοί προκύπτουν από το γεγονός ότι πολύ λίγοι καταναλωτές όντως παρατηρούν αυτές τις ανά ώρα ή ανά ημίωρο τιμές. Ο Lijesen (2007) σημειώνει, ότι οι καταναλωτές τείνουν να είναι περισσότεροι ευαίσθητοι στις μεταβολές τιμών μακροπρόθεσμα (δηλαδή πάνω από ένα έτος), ενώ εμφανίζουν πολύ μικρότερη ευαισθησία βραχυπρόθεσμα. Κάνοντας χρήση ωριαίων τιμών σποτ από το Χρηματιστήριο Ενέργειας του Άμστερνταμ, ο συγγραφέας υπολογίζει μια ελαστικότητα τιμής της τάξης μόλις του 0.029 για το φορτίο που συμμετέχει στο χρηματιστήριο. Οποσδήποτε είναι απαραίτητη η ύπαρξη περισσότερων εμπειρικών στοιχείων, αλλά γίνεται σαφές, ότι η παροχή ωριαίας τιμής δεν εγγυάται σημαντική αντίδραση από την πλευρά των καταναλωτών λιανικής. [45],[46]

Η κατανάλωση ηλεκτρισμού είναι μία μόνο πτυχή της συνολικής ενεργειακής χρήσης σε αστικά συστήματα. Εξαιτίας της πολυπλοκότητας των περισσότερων μεταποιητικών διαδικασιών και προμηθευτικών αλυσίδων, είναι δύσκολη η εφαρμογή μιας τμηματικής προσέγγισης στη διαχείριση της ενέργειας. Αντίθετα, είναι προτιμότερο να επινοηθεί ένα ολοκληρωμένο σχέδιο τιμολόγησης της ενέργειας το οποίο να είναι σε θέση να καλύψει και να αποκαλύψει τις αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των διάφορων μορφών ενέργειας και υπηρεσιών ενέργειας. Η ανάπτυξη ενός τέτοιου συστήματος για μια αστική οικονομία απαιτεί τόσο μια ισχυρή λογική για την υπερνίκηση της θεσμικής αδράνειας σε ένα κατακερματισμένο ενεργειακό τομέα, όσο και μια υποδομή γύρω από την τεχνολογία των πληροφοριών και επικοινωνιών (ICT) που να είναι σε θέση να παρακολουθεί και να μεταδίδει σε πραγματικό χρόνο πληροφορίες σχετικά με τη χρήση ενέργειας ανάμεσα σε πολλαπλές υπηρεσίες. Η πόλη Masdar City του Αμπού Ντάμπι αποτελεί παράδειγμα μιας σχεδιασμένης «οικο-πόλης» που ικανοποιεί και τις δύο αυτές προϋποθέσεις. Με στόχο την παραγωγή εκατό τοις εκατό ανανεώσιμης ενέργειας και μηδενικές εκπομπές άνθρακα ικανοποιεί την πιο πάνω αναφερθείσα λογική και το προτεινόμενο της εκτεταμένο δίκτυο μετρήσεων ενέργειας εξασφαλίζει την απαραίτητη υποδομή σε τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών.

Η πόλη Masdar City, με βάση στοιχεία του 2009, αποτελεί τη μεγαλύτερη αστική περιοχή που είναι σχεδιασμένη να βασίζεται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για το σύνολο του ενεργειακού της ισοζυγίου. Η ιδέα για μια πόλη σαν την Masdar City συνελήφθη ως έργο επίδειξης της προσπάθειας της κυβέρνησης του Αμπού Ντάμπι να διαφοροποιήσει την οικονομία του με το να γίνει σημαντικός παίκτης στον τομέα της ανανεώσιμης ενέργειας (Reiche, 2009). Σαν αποτέλεσμα, η βασική σχεδιαστική προϋπόθεση της πόλης Masdar City είναι να γίνει η πρώτη πόλη σε όλο τον κόσμο, μιας τέτοιας έκτασης, που θα πετύχει μηδενικές τελικές εκπομπές άνθρακα για τη λειτουργία της. Όταν ολοκληρωθεί η κατασκευή της πόλης, οι ενεργειακές ανάγκες

των 50.000 κατοίκων της και των 40.000 ανθρώπων που καθημερινά θα μετακινούνται για την εργασία τους, θα παράγεται επί τόπου μέσω ενός χαρτοφυλακίου ενεργειακών πηγών. Αξιοποιώντας τη θέση της μέσα στην έρημο του Αμπού Ντάμπι των Ηνωμένων Αραβικών Εμιράτων, οι κύριες πηγές ενέργειας της πόλης, όπως προβλέπεται στο ρυθμιστικό σχέδιό της, θα περιλαμβάνουν φωτοβολταϊκά σε στέγες, συγκεντρωτικούς ηλιακούς θερμικούς συλλέκτες, ηλιακούς θερμικούς συλλέκτες σωλήνα κενού, γεωθερμικές πηγές και εγκαταστάσεις μετατροπής αποβλήτων σε ενέργεια.[47]



Σχήμα 9: Φωτοβολταϊκό πάρκο στο Αμπού Ντάμπι

Οι μεταφορές των κατοίκων θα βασίζονται σε ηλεκτροδοτούμενη συγκοινωνία (Ελαφρύ Αστικό Σιδηρόδρομο, LRT – Light Rail Transit) για τις υπεραστικές μεταφορές και σε ένα συνδυασμό πεζοπορίας, ποδηλασίας και αυτόματων ηλεκτρικών ταξί (Personal Rapid Transit) για τις μετακινήσεις εντός της πόλης. Με τέτοιους περιορισμούς στο ενεργειακό ισοζύγιο, πρέπει να σχεδιαστούν πολύ υψηλές ενεργειακές αποδόσεις για κάθε τομέα λειτουργίας της πόλης.



Σχήμα 10: *Light Rail Transit* σχεδιασμένο για μεταφορές στη Μάσνταρ Σίτι

Μέτρα ενεργειακής απόδοσης που επικεντρώνονται στις συσκευές δεν επαρκούν από μόνα τους για να καλύψουν τους στόχους της πόλης Masdar City, όσο αφορά την προσφορά, αν δεν συμπληρωθούν με αύξηση της ενεργειακής συνείδησης και αλλαγές στη συμπεριφορά των τελικών χρηστών που ικανοποιούν τη ζήτηση ενέργειας. Εκτός από τα προβλήματα εφαρμογής, τα τιμολογιακά συστήματα σε πραγματικό χρόνο που αναφέρθηκαν πιο πάνω επικεντρώνονται κυρίως στη χρήση ηλεκτρισμού. Δεν παρέχουν στο χρήστη κάποιο ξεκάθαρο περιορισμό στην ενέργεια και η εφαρμογή τους δεν μπορεί να επεκταθεί σε άλλες μορφές κατανάλωσης ενέργειας. Σε αυτό το κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας παρουσιάζεται, μια εναλλακτική λύση βασιζόμενη στην τιμολόγηση σε πραγματικό χρόνο, για τη διαχείριση της ζήτησης, με την εισαγωγή ενός πιστωτικού σχεδίου λιανικής ενέργειας που αποτελεί τη βάση ενός Νομισματικού Συστήματος Βασιζόμενου στην Ενέργεια (EBCS – Energy-Based Currency System), όπως αυτό προτάθηκε από την έρευνα των *S. Kennedy, S. Sgouridis / Energy Policy*. Το σύστημα αυτό προτείνεται στο περιβάλλον των αδυναμιών και δυνατοτήτων της πόλης Masdar City, αλλά η γενικότερη σύλληψη μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα αριθμό άλλων πόλεων που διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τους πόρους και τις υποδομές.

Κάθε ενεργειακή πιστωτική μονάδα στο EBCS δίνει στον κάτοχο της πίστωσης το δικαίωμα να καταναλώσει μια συγκεκριμένη ποσότητα ενέργειας από μια ποικιλία υπηρεσιών που προσφέρονται στον τελικό χρήστη (π.χ. ηλεκτρισμό, δημόσια συγκοινωνία, ζεστό νερό) ή να αποφύγει την κατανάλωση και να πουλήσει την αντίστοιχη πίστωση μέσω ενός κεντρικά διαχειριζόμενου χρηματιστηρίου. Η ποσότητα πιστωτικών μονάδων που εκδίδονται στην πόλη Masdar City μπορεί να συνδέεται απευθείας με τη συνολική και πεπερασμένη προσφορά ανανεώσιμης ενέργειας που παράγεται εντός των ορίων της πόλης. Η σπανιότητα των πιστωτικών μονάδων μπορεί επομένως να χρησιμοποιηθεί ως κίνητρο προς τους καταναλωτές ώστε να μην υπερβαίνουν την τοπική προσφορά ενέργειας. Άλλα συστήματα πιστωτικών μονάδων ή πιστοποιητικών ανανεώσιμης ενέργειας έχουν εφαρμοστεί σε άλλες περιοχές, με πιο αξιοσημείωτο το σύστημα Πιστοποιητικού Ανανεώσιμης Ενέργειας (REC) σε Η.Π.Α. και Αυστραλία και τα Εμπορεύσιμα Πράσινα

Πιστοποιητικά (TGCs) στην Ευρώπη. Τα συστήματα αυτά επικεντρώνονται κυρίως στις πωλήσεις πιστωτικών μονάδων μεταξύ των προμηθευτών ενέργειας, επιτρέποντας έτσι τις υπηρεσίες παροχής ενέργειας να πετυχαίνουν τους στόχους τους σχετικά με την ανανεώσιμη ενέργεια με το μικρότερο δυνατό κόστος, ενώ ταυτόχρονα ενθαρρύνουν τις επενδύσεις σε τεχνολογίες ανανεώσιμης ενέργειας (Berry, 2002). Το σύστημα ενεργειακής πίστωσης που παρουσιάζεται εδώ επικεντρώνεται αντίθετα στους τελικούς καταναλωτές ενέργειας και περιλαμβάνει όλες τις υπηρεσίες που σχετίζονται με την ενέργεια εντός μιας συγκεκριμένης γεωγραφικής περιοχής. [38]

Το προτεινόμενο EBCS είναι σχεδιασμένο να επιτρέπει στην πόλη Masdar City και σε άλλες περιοχές με παρόμοιους περιορισμούς να πετυχαίνουν τους στόχους αειφορίας τους με τους εξής τρόπους:

- α) παρέχοντας συνεχή πληροφόρηση για τη χρήση ενέργειας και προσφέροντας μια απλή και ευέλικτη πλατφόρμα για τη σύγκριση και την ανταλλαγή υπηρεσιών σε μια φυσική και οικονομική βάση
- β) συγκεντρώνοντας τις ενεργειακές εισροές όλων των βημάτων της αλυσίδας των υπηρεσιών που παρέχονται στην πόλη
- γ) ανταμείβοντας την εξοικονόμηση ενέργειας, χωρίς την επιβολή υπερβολικών περιορισμών στη χρήση ενέργειας
- δ) παρέχοντας ένα μηχανισμό για σταθερή λογιστική παρακολούθηση της ενέργειας, ο οποίος είναι διάφανος και επιτρέπει να ελέγχεται από εξωτερικούς ελεγκτές
- ε) παρέχοντας πληροφόρηση για μελλοντικό ενεργειακό σχεδιασμό και στηρίζοντας οικονομικά περαιτέρω επενδύσεις σε ενεργειακές υποδομές.[2]

5.2 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΙΣΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

Το EBCS, ως πιθανή εφαρμογή στην πόλη Masdar City, θα είναι γνωστό και ως Σύστημα Ενεργειακής Πίστωσης Masdar (MEC), και θα εισάγει ένα σχέδιο τυποποιημένων ενεργειακών πιστωτικών μονάδων, ως παράλληλο νόμισμα, για την αγορά του ενεργειακού περιεχομένου διαφόρων αγαθών και υπηρεσιών. Για παράδειγμα, η χρήση των δημόσιων μέσων μεταφοράς θα απαιτεί από το χρήστη να παραδίδει ένα συγκεκριμένο αριθμό πιστωτικών μονάδων που θα αντιστοιχούν στην ενέργεια που απαιτείται για την παροχή της υπηρεσίας αυτής. Η φυσική βάση των πιστωτικών μονάδων στοχεύει στο να καταστήσει την παραγωγή ενέργειας μια απτή πραγματικότητα για τους χρήστες, ενώ η ευελιξία στην ανταλλαγή μεταξύ χρήσης ενέργειας και οικονομικής αποζημίωσης καθιστά την ενέργεια ανταλλάξιμο αγαθό. Το πρωταρχικό κίνητρο πίσω από το σύστημα MEC είναι η προώθηση της ακόμα αποδοτικότερης χρήσης της ενέργειας, επιτρέποντας έτσι την πόλη Masdar City να ικανοποιήσει το στόχο της για 100% παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας, χωρίς την επιβολή περιοριστικών και αυθαίρετων καταναγκασμών στη χρήση ενέργειας.[2]

Ως μέρος της προσπάθειας να γίνει η ενέργεια κάτι το απτό, ορίζεται το ERGO ως τη νομισματική μονάδα του συστήματος MEC. Ένα ergo είναι το ισοδύναμο μιας μονάδας ενέργειας. Η προς επιλογή μονάδα ενέργειας θα μπορούσε να είναι η Κιλοβατώρα, το Τζάουλ ή οποιαδήποτε άλλη ποσότητα, καθώς η τιμή μπορεί να

διαβαθμίζεται ανάλογα. Τα ergos εκδίδονται σε περιορισμένες παρτίδες από μια κεντρική αρχή για την ενέργεια, που στο εξής θα αναφέρεται ως η Ενεργειακή Αρχή της Πόλης (CEA), έτσι ώστε ο αριθμός των πιστωτικών μονάδων που εκδίδονται να αντιστοιχεί στην προβλεπόμενη παραγωγή ενέργειας. Περιορίζοντας την έκδοση των ergos για να ισοδυναμούν με την προβλεπόμενη παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας σε βάθος καθορισμένου χρονικού ορίζοντα, οι καταναλωτές ενέργειας αντιλαμβάνονται άμεσα το πεπερασμένο του ενεργειακού πόρου και έτσι έχουν το κίνητρο να περιορίσουν την ενεργειακή τους κατανάλωση στα επίπεδα της διαθέσιμης προσφοράς για την εν λόγω περίοδο. Τα ergos έχουν ημερομηνία λήξης, γεγονός που υποδηλώνει τη δυσκολία αποθήκευσης της ενέργειας. Μπορούν να ανταλλαχθούν για το ενεργειακό περιεχόμενο των υπηρεσιών μέχρι τη λήξη τους, οπότε και θα εξαγοράζονται με βάση τη χρηματική τους αξία στην περίπτωση που δε χρησιμοποιηθούν.[2]

Η ενέργεια γίνεται ανταλλάξιμο αγαθό μέσω της δημιουργίας μιας ενεργούς αγοράς ανταλλαγής ενεργειακών πιστωτικών μονάδων. Η αγορά των ergos (ergo spot market) είναι μια λιανική αγορά που επιτρέπει την ενεργή ανταλλαγή των ergos, δημιουργώντας μια συνεχώς μεταβαλλόμενη συναλλαγματική ισοτιμία μεταξύ των ergos και της νομισματικής μονάδας. Η αγορά σποτ των ergos επιτρέπει στους χρήστες να παραδίδουν ergos για την προμήθειά τους με μια υπηρεσία (δηλαδή πληρώνουν ergos σε αντάλλαγμα μιας κάποιας υπηρεσίας) ή να πουλούν τα ergos και να λαμβάνουν την αντίστοιχη χρηματική τους αξία, ανάλογα με την τιμή σποτ τη χρονική στιγμή πώλησής τους. Μέσα στην αγορά αυτή, ο κάτοχος της πίστωσης που επιλέγει να μειώσει για παράδειγμα τα επίπεδα φωτισμού, θα μπορούσε να πουλήσει επιπλέον πιστωτικές μονάδες σε κάποιο άτομο που ζητά μια επιπλέον μετακίνηση με το σύστημα δημόσιας συγκοινωνίας. Με τον τρόπο αυτό, το συνολικό όριο προσφοράς ενέργειας μπορεί να διατηρηθεί με ανταλλαγές μεταξύ των χρηστών και ανάμεσα σε διάφορες υπηρεσίες. Τα ergos δεν προσφέρονται για κερδοσκοπικό εμπόριο, δηλαδή δεν μπορούν να αγοραστούν για να μεταπωληθούν. Αν απαιτούνται επιπλέον ergos για την πληρωμή χρήσης ενέργειας πέρα του αναλογούντος ατομικού ορίου, ο καταναλωτής απλά απολαμβάνει την υπηρεσία και χρεώνεται για τα αναλογούντα επιπλέον ergos, σύμφωνα με την ισχύουσα, στην αγορά σποτ, ισοτιμία, αγοράζοντας και παραδίδοντας ταυτόχρονα με αυτόν τον τρόπο τα επιπλέον ergos. Εξαιτίας του χαρακτηριστικού αυτού, η Ενεργειακή Αρχή της Πόλης είναι ο μόνος ενεργός αγοραστής και μπορεί επομένως να καθορίζει την τιμή. Περαιτέρω, παρουσιάζεται ένας αλγόριθμος προσδιορισμού τιμής, ο οποίος ρυθμίζει τις ισοτιμίες ανταλλαγής των ergos, συγκρίνοντας τις καμπύλες πραγματικής και επιθυμητής ζήτησης.[2]

Όλοι οι χρήστες έχουν συνεχή πρόσβαση στους λογαριασμούς τους ενεργειακών πιστωτικών μονάδων και στους χρηματικούς τους λογαριασμούς με τη χρήση μιας ηλεκτρονικής συσκευής τύπου έξυπνου τηλεφώνου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για:

- καταβολή ergos για «πληρωμή» κάποιας υπηρεσίας
- αγορά και άμεση καταβολή των αγορασθέντων ergos στην τιμή σποτ στην περίπτωση που έχει μηδενιστεί ο λογαριασμός των ergos του χρήστη
- πώληση ergos όταν η τιμή σποτ θεωρείται από το χρήστη (ή με βάση πάγια εντολή) ότι είναι πρόσφορη

- παρουσίαση πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την ενεργειακή πίστωση και το χρηματικό υπόλοιπο του χρήστη, της τρέχουσας τιμής σποτ των ergos, βοηθητικών πληροφοριών, όπως ιστορικού αγορών, αποτυπώματος χρήστη, εκπομπών άνθρακα του παρελθόντος, κλπ.
- αυτοματισμό πάγιων εντολών, ειδοποιήσεων και προτιμήσεων του χρήστη με σκοπό να είναι η χρήση του συστήματος διαισθητική.

Σύντομοι ορισμοί των όρων που παρουσιάστηκαν στην πιο πάνω περιγραφή του MEC παρατίθενται και πιο κάτω με σκοπό τη διευκόλυνση της ανάγνωσης, αλλά και για αναφορά. Οι παρακάτω παράγραφοι περιγράφουν με μεγαλύτερη λεπτομέρεια το πώς οραματίζονται οι σχεδιαστές του τη λειτουργία του συστήματος.

Σύστημα Ενεργειακής Πίστωσης πόλης Masdar (MEC): Αποτελεί σύστημα αγοράς λιανικής που κάνει χρήση ενεργειακών πιστωτικών μονάδων, παράλληλα με τη νομισματική μονάδα για όλες τις συναλλαγές που σχετίζονται με την ενέργεια. Είναι σχεδιασμένο να παρέχει ολοκληρωμένη διαχείριση της ζήτησης ενέργειας για συγκεκριμένες περιοχές με συγκεκριμένους περιορισμούς στη χρήση ενέργειας (κυρίως ανανεώσιμης) και καλύπτει ένα μεγάλο φάσμα υπηρεσιών και χρηστών και σκοπεύει να κάνει την ενέργεια κάτι το απτό και ανταλλάξιμο, προκειμένου να προωθηθεί ένας τρόπος ζωής με σεβασμό προς την ενέργεια.

Ενεργειακή Αρχή Πόλης (CEA): Κεντρική αρχή που ελέγχει το σύστημα MEC εκδίδοντας ergos και καθορίζοντας την αγοραία τιμή. Μπορεί επίσης να προτείνει την επέκταση της δυναμικότητας παραγωγής ενέργειας μέσω της παροχής βοήθειας για την πρόβλεψη της ζήτησης. Μεσολαβεί μεταξύ των παραγωγών ισχύος και των χρηστών, αλλά δεν είναι απαραίτητο να κατέχει εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας.

Ergo: Ενεργειακή νομισματική μονάδα του συστήματος MEC. Μια πιστωτική μονάδα αντιστοιχεί σε μια τυποποιημένη ποσότητα ενέργειας στο σημείο κατανάλωσής της και εκφράζει τις απώλειες διανομής. Περίοδος ισχύος του ergo: Τα ergos μπορούν ενεργά να πωλούνται ή να εξαγοράζονται μέχρι τη λήξη τους. Η διάρκεια ισχύος τους εξαρτάται από τους στόχους του συστήματος. Τα ergos που έμειναν αχρησιμοποίητα αυτόματα εξαγοράζονται στο τέλος της περιόδου ισχύος τους.

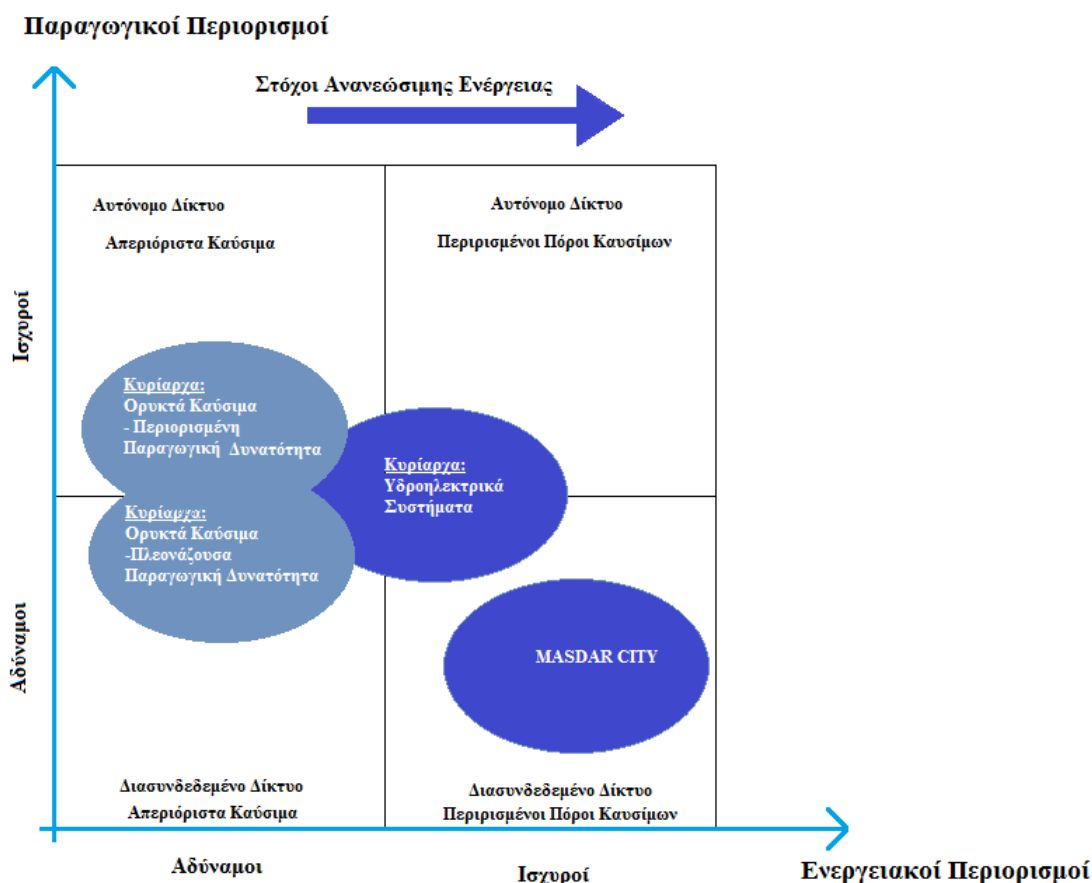
Αγορές των ergos: Είναι οι σποτ και προθεσμιακές αγορές όπου τα ergos μπορούν να πωληθούν ή να εξαγοραστούν από τους καταναλωτές και να πωληθούν ή να αγοραστούν από την CEA. Οι αγορές αυτές χρησιμοποιούνται ως ο κύριος μηχανισμός για την προαγωγή αποτελεσματικής μετατόπισης ενεργειακών φορτίων και μειώσεων στη ζήτηση, ανάλογα με τη μεταβαλλόμενη διαθεσιμότητα στην προσφορά ενέργειας.

Λογαριασμοί χρηστών: Οι χρήστες του συστήματος MEC έχουν δύο ενεργούς λογαριασμούς καταχωρημένους στην CEA, ένα για τα ergos και ένα χρηματικό. Χρησιμεύουν στο να πληροφορούν τους χρήστες όταν αυτοί λαμβάνουν αποφάσεις σχετικά με τις συνήθειές τους σε ότι αφορά στη συνολική χρήση ενέργειας.[2]

5.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ

Υπάρχουν πολλών διαφορετικών ειδών προγράμματα διαχείρισης της ζήτησης, από προγράμματα μεταβλητής τιμολόγησης σε πραγματικό χρόνο μέχρι απευθείας ελέγχου των ηλεκτρικών φορτίων από τις υπηρεσίες παροχής. Στις περισσότερες περιπτώσεις, έχουν επικεντρωθεί κατά κύριο λόγο στη διαχείριση της ζήτησης αιχμής, εξαιτίας των περιορισμών στη διαθέσιμη δυναμικότητα παραγωγής. Όμως δεν έχει δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στη διαχείριση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, διότι η συνολική κατανάλωση καυσίμων τείνει μακροπρόθεσμα να μη βρίσκεται σε τόσο μεγάλη πίεση όσο η διαθέσιμη δυναμικότητα.

Στην περίπτωση της πόλης Masdar City ή οποιασδήποτε άλλης περιοχής που φιλοδοξεί να πετύχει κάποιο διεισδυτικό στόχο σχετικά με την ανανεώσιμη ενέργεια, η ανανεώσιμη προσφορά ενέργειας δεν είναι απεριόριστη και τα εργοστάσια παραγωγής ανανεώσιμων μορφών ενέργειας λειτουργούν συνήθως κοντά ή στο σημείο πλήρους δυναμικότητας. Στις συνθήκες αυτές, υπάρχει σαφώς ένα ανώτατο όριο στη συνολική παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας. Συγκεκριμένα για την πόλη Masdar City, οι αιχμές ζήτησης δεν είναι τόσο πειστικές, καθώς η πόλη μπορεί να βασίζεται στο ευρύτερο δίκτυο του Αμπού Ντάμπι, όταν η τοπική δυνατότητα παραγωγής είναι ανεπαρκής. Η κατάσταση αυτή δημιουργεί ισχυρούς ενεργειακούς περιορισμούς, εξαιτίας του στόχου για 100% κάλυψη της καταναλισκόμενης ενέργειας, σε βάθος χρόνου, από τους τοπικούς ανανεώσιμους πόρους και ασθενείς παραγωγικούς περιορισμούς, εξαιτίας της σύνδεσης με το δίκτυο του Αμπού Ντάμπι. Η παρουσία ισχυρών ενεργειακών πιέσεων και ασθενών παραγωγικών πιέσεων, όπως στην περίπτωση της Masdar City, απαιτεί διαφορετικούς μηχανισμούς διαχείρισης της ζήτησης από εκείνους που έχουν αναπτυχθεί για περιοχές όπου επικρατούν αυστηροί περιορισμοί παραγωγικής δυνατότητας. Η κατάσταση αυτή δεν είναι φαινόμενο αποκλειστικό της Masdar City. Κάθε πόλη ή περιοχή που θέτει ως στόχο ένα συγκεκριμένο ποσοστό ενέργειας που πρέπει να καλυφθεί από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, έχει ισχυρούς ενεργειακούς περιορισμούς, επιπροσθέτως σε άλλους περιορισμούς στη παραγωγή που δύνανται να υπάρχουν. Η σχετική επιρροή των περιορισμών παραγωγής και ενέργειας παρουσιάζεται με τη βοήθεια του Σχήματος 11.



Σχήμα 11: Παραγωγικοί και Ενεργειακοί Περιορισμοί

Η πόλη Masdar City εμπίπτει στο κατώτερο δεξιό τεταρτημόριο, όπου ένα διασυνδεδεμένο δίκτυο που βασίζεται σε μια περιορισμένη προσφορά κάποιου ενεργειακού πόρου (δηλαδή της ηλιακής ενέργειας) χαρακτηρίζεται από ενεργειακούς περιορισμούς. Η αντίθετη κατάσταση αντιπροσωπεύεται από ένα αυτόνομο σύστημα με μια παροχή καυσίμων χωρίς περιορισμούς. Τα περισσότερα βασιζόμενα σε ορυκτά καύσιμα δίκτυα ισχύος που υποφέρουν από περιορισμούς στο δίκτυο ή στη χωρητικότητα θα ενέπιπταν σε αυτό το τεταρτημόριο. Άλλα παραδείγματα παρουσιάζονται για τα άλλα δύο εναπομείναντα τεταρτημόρια. Έχει σημασία να τονίσουμε, ότι η δυνατότητα αποθήκευσης της ενέργειας μπορεί να μειώσει τους παραγωγικούς περιορισμούς σε ένα σύστημα παροχής ανανεώσιμης ενέργειας (μετατόπιση προς τα κάτω), αλλά αυτό δε προσφέρει τίποτα στην κατεύθυνση της αντιμετώπισης των περιορισμών από την πλευρά της ενέργειας. Επιπλέον, είναι απαραίτητο για ένα σύστημα να βασίζεται 100% σε ανανεώσιμη ενέργεια για να υπόκειται σε ισχυρούς ενεργειακούς περιορισμούς. Στο βαθμό που κάποιο συγκεκριμένο ποσοστό κατανάλωσης ενέργειας πρέπει να ικανοποιηθεί από ανανεώσιμες πηγές, υπάρχει πάντα κάποιος ενεργειακός περιορισμός σε ισχύ. Το προτεινόμενο σύστημα ενεργειακής πίστωσης, ειδικά οι μηχανισμοί για την έκδοση πιστώσεων, τιμολόγησης και λήξης ισχύος, ταιριάζουν καλά σε περιοχές συγκεκριμένης έκτασης που χαρακτηρίζονται από ισχυρούς ενεργειακούς περιορισμούς, διευκολύνοντας έτσι την επίτευξη των αυστηρών στόχων για παροχή ανανεώσιμης ενέργειας.[2]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Έκδοση και Καταμερισμός των Ergos

6.1 ΚΑΛΥΨΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ: ΧΡΗΣΤΕΣ, ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ, ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗ

Το σύστημα MEC σχεδιάζεται ώστε να είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα για τη διαχείριση της συνολικής ενέργειας και τη λογιστική παρακολούθηση της σε επίπεδο πόλης. Αυτό έχει σα συνέπεια την κάλυψη ενός μεγάλου φάσματος υπηρεσιών και μια όσο το δυνατό πληρέστερη βάση αναγκών χρήστη. Προκειμένου το σύστημα MEC να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μηχανισμός λογιστικής παρακολούθησης της ενέργειας για την πόλη, όλοι οι πιθανοί χρήστες ενέργειας στην πόλη πρέπει να βρίσκονται εντός των ορίων του συστήματος, περιλαμβανομένων ατόμων και οργανισμών. Η κατανομή μεταξύ αυτών των δύο κατηγοριών μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με το σχεδιασμό του συστήματος, αλλά πρέπει πάντα να τους καλύπτει όλους. Συνεπώς, *χρήστης* ορίζεται οποιαδήποτε οντότητα καταναλώνει υπηρεσίες με βάση την ενέργεια, εντός των ορίων του συστήματος περιλαμβανομένων: των κατοίκων, των εργαζόμενων που μετακινούνται για την εργασία τους, των επιχειρήσεων, επισκεπτών και της Ενεργειακής Αρχής της Πόλης ως εκπρόσωπο του Δήμου.

Καθώς θα ήταν διαχειριστικά και πολιτικά δύσκολο να ξεκινήσει κανείς και να καλύψει πλήρως όλες τις υπηρεσίες, το αρχικό εύρος υπηρεσιών που σχεδιάστηκε να καλύπτονται περιλαμβάνει:

- ηλεκτρισμό
- κλιματισμό (ψύξη και θέρμανση)
- ύδρευση
- ζεστό νερό
- μετακινήσεις
- διαχείριση αποβλήτων
- υπηρεσίες κοινής ωφέλειας

Οι υπηρεσίες αυτές μπορεί να βασίζονται στη μετατροπή της θερμότητας, καθώς και του ηλεκτρισμού και επομένως δεν μπορούν να καλύπτονται μόνο από την τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος. Ακόμη σημαντικότερο είναι το γεγονός, ότι απουσία του συστήματος MEC, η τιμή τους δε θα ήταν δυνατό να μεταφραστεί σε ένα σύστημα παρακολούθησης της συνολικής ενέργειας που να κατανέμει τη χρήση ενέργειας σε όλους τους κατοίκους. Κατ' αρχήν, τα *ergos* έχουν βασικά τη μορφή πίστωσης και όχι τόσο ενός νομίσματος. Σε κάποιο μετέπειτα στάδιο, τα άτομα θα είναι σε θέση να ανταλλάσσουν μεταξύ τους τα *ergos*, με αντάλλαγμα κάποια υπηρεσία, καθιστώντας έτσι τα *ergos* ένα πλήρως ανταλλάξιμο συμπληρωματικό νόμισμα.

Ένα προϊόν ή υπηρεσία που περιλαμβάνεται στο σύστημα MEC θα έχει μια «τιμή», εκφρασμένη σε *ergos*, που θα σχετίζεται με το ενεργειακό τους κόστος και μια χρηματική τιμή που θα σχετίζεται με τα γενικά και μη σχετιζόμενα με την ενέργεια κόστη. Στα αρχικά στάδια, η συναλλαγή MEC θα καλύπτει μόνο το καθαρά ενεργειακό τμήμα της υπηρεσίας ή του προϊόντος. Καθώς το σύστημα θα επεκτείνεται, η αλυσίδα ενεργειακής αξίας που βρίσκεται πίσω από μια υπηρεσία ή προϊόν θα μπορεί εύκολα να προσδιορίζεται και συνεπώς, η αναγραφόμενη τιμή θα αντιστοιχεί πλήρως στην «ενσωματωμένη» (άμεση ή έμμεση) ενεργειακή δαπάνη. Σε ένα διευρυμένο σύστημα, τα τοπικά παραγόμενα στοιχεία (π.χ. η τοπική παραγωγή)

και οι υπηρεσίες εκτός εκείνων κοινής ωφέλειας (π.χ. συντήρηση, χρήση εγκαταστάσεων, ιατρικές επισκέψεις κλπ) θα μπορούν να αποτελούν μέρος του συστήματος.

Οι απώλειες μεταφοράς της ενέργειας πρέπει επίσης να συμπεριληφθούν στο σύστημα κάλυψης καθώς το σύνολο της κατανομής των πιστώσεων πρέπει να έχουν άθροισμα ίσο με τη τοπική παραγωγή ενέργειας.

Κατά την ολοκλήρωση κάποιας συναλλαγής, θα αφαιρούνται ποσότητα ergos από το λογαριασμό του χρήστη σύμφωνα με την ενέργεια που χρησιμοποιείται κατά τη συναλλαγή, συν ένα σταθερό ποσό που θα εκφράζει το μέσο όρο των απωλειών λόγω του χρόνου. Καθώς το σύστημα MEC σχεδιάστηκε για να εφαρμοστεί σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές, η κατανομή των απωλειών εξίσου πάνω σε όλες τις συναλλαγές είναι μια δίκαιη και απλή λύση. Η εννοιολογική φόρμουλα για τη τιμολόγηση των υπηρεσιών του συστήματος MEC δίνεται από το τύπο:

$$EP_i = (E_{direct,i} + E_{indirect,i}) / (1 - lf)$$

Όπου EP_i είναι η τιμή ergo (αριθμός ergo που πρέπει να δοθούν σε αντάλλαγμα) κάποιας υπηρεσίας i , $E_{direct,i}$ το άμεσο ενεργειακό κόστος της συναλλαγής για μια υπηρεσία i , $E_{indirect,i}$ το ενσωματωμένο - μη άμεσο ενεργειακό κόστος για μια υπηρεσία i (προαιρετικό), και τέλος lf - lose factor παράγοντα απωλειών που αντικατοπτρίζει τις απώλειες μεταφοράς. Ο παράγοντας απωλειών υπολογίζεται αθροίζοντας τις συνολικές απώλειες σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα N δια το χρόνο αυτό.

$$lf = \sum_{n=1}^N 1 - \frac{C_n}{G_n}$$

Όπου C_n είναι το σύνολο της ενέργειας που καταναλώθηκε (στο μέρος όπου διατίθεται η υπηρεσία ή το προϊόν) για ένα χρονικό διάστημα n , και G_n είναι το σύνολο της παραγωγής ενέργειας στο συγκεκριμένο χρόνο.

Υπηρεσίες που στηρίζονται σε θερμική ενέργεια (π.χ. ζεστό νερό από ηλιακούς θερμικούς συλλέκτες) περιλαμβάνονται επίσης στο πεδίο των υπηρεσιών που καλύπτονται από το MECs. Χρησιμοποιείται ένας συντελεστής προσαρμογής που θα εφαρμοστεί για την ποσότητα των MECs που απαιτούνται για θερμικές, σε αντίθεση με τις ηλεκτρικές, ενεργειακές υπηρεσίες ώστε να αντικατοπτρίζουν τη χαμηλότερη ποιότητα της θερμικής ενέργειας και το χαμηλότερο ενεργειακό κόστος παροχής θερμικής ενέργειας.[2]

6.2 ΕΚΔΟΣΗ ΤΩΝ ERGOS: ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΙΣΧΥΟΣ

Από τη στιγμή της έκδοσής τους, τα ergos μπορούν να φυλαχτούν για χρήση οποιαδήποτε στιγμή στη διάρκεια της περιόδου ισχύος. Η διάρκεια της περιόδου ισχύος προσδιορίζει επομένως το χρονικό διάστημα που η Ενεργειακή Αρχή της Πόλης έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στη διαχείριση της ζήτησης. Αν τα ergos εκδίδονται και λήγουν ανά ώρα, τότε η Ενεργειακή Αρχή της Πόλης μπορεί άμεσα να ρυθμίζει τη ζήτηση ανά ώρα, κατανέμοντας τον κατάλληλο αριθμό πιστωτικών μονάδων, ενώ στην περίπτωση μηνιαίας έκδοσης και περιόδου ισχύος, θα είχε άμεση επιρροή μόνο στη μηνιαία συνολική ζήτηση. Η μεταβαλλόμενη τιμή ανταλλαγής για συστήματα MEC μπορεί να επηρεάσει τις μεταβολές στη ζήτηση, εντός μια περιόδου ισχύος, αλλά ο μηχανισμός αυτός δεν είναι τόσο εύκολος στον έλεγχό του όσο η διαδικασία κατανομής, όπως θα περιγράψουμε περεταίρω. Στην πράξη, η περίοδος ισχύος μπορεί να επιλεγεί, ανάλογα με το ποιος από τους δύο αντικειμενικούς στόχους διαχείρισης της ζήτησης έχει μεγαλύτερη προτεραιότητα:

- (i) διαχείριση ζήτησης αιχμής (ισχυρός περιορισμός παραγωγικής δυνατότητας)
- (ii) διαχείριση ενέργειας (ισχυρός περιορισμός στην ενέργεια).

Η ευελιξία και διαθεσιμότητα μηχανισμών επισπευσμένης παραγωγής και αποθήκευσης της ενέργειας θα καθορίσουν σε ποιο σημείο μεταξύ των δύο αυτών ακραίων σημείων μπορεί να λειτουργεί ένα συγκεκριμένο σύστημα MEC. Στην περίπτωση της πόλης Masdar City, μια σύνδεση με το εξωτερικό δίκτυο ηλεκτρισμού παρέχει ουσιαστικά απεριόριστη «αποθηκευτική ικανότητα» στην πόλη και η διαχείριση της ενέργειας αποκτά πολύ μεγαλύτερη προτεραιότητα από τη διαχείριση των φορτίων αιχμής. Ακόμα και στην περίπτωση αυτή, μια μετακίνηση προς ένα επίπεδο μεγαλύτερων περιορισμών στη παραγωγή (π.χ. μηνιαίο ή συντομότερο ενεργειακό ισοζύγιο) θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε μια προσπάθεια να προσομοιαστούν ρεαλιστικότερες συνθήκες αυτονομίας και κατά τη διαδικασία προσαρμογής της πόλης στο πραγματικό της οριακό φορτίο.

Και στις δύο περιπτώσεις, καθώς τα ergos θα πρέπει να εκδοθούν πριν την παραγωγή ενέργειας, θα εκδίδονται περιοδικά, ανάλογα με τις προβλέψεις για προσφορά ενέργειας. Αν υπάρχει στόχος για αυτονομία, τότε ο περιορισμός παραγωγικής δυνατότητας θα τείνει να μειώνει την περίοδο ισχύος των πραγματικών ergos που εκδίδονται (Περίπτωση 1). Αν υπάρχει σύνδεση σε δίκτυο, και ο στόχος είναι η λειτουργία με μηδενικές εκπομπές άνθρακα (όπως είναι η περίπτωση της πόλης Masdar City), τότε η περίοδος μέτρησης μπορεί να επεκταθεί σε ένα ολόκληρο έτος, επιτρέποντας έτσι η έκδοση των ergos να καλύπτει εποχικές διαφοροποιήσεις, καθώς και διαφοροποιήσεις στην παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας (Περίπτωση 2).

Και στις δύο περιπτώσεις, το σύστημα MEC είναι σχεδιασμένο για χρέωση σε πραγματικό χρόνο για τη χρήση αυτόματου συστήματος συναλλαγών, δηλαδή κάθε φορά που καταναλώνεται ενέργεια μειώνεται ανάλογα ο λογαριασμός ergos του χρήστη. Για συνεχή χρήση, π.χ. άμεση χρήση ηλεκτρισμού, η κατανάλωση ισχύος θα μεταφράζεται σε MECs που θα αφαιρούνται ανάλογα. Οι χρήστες μπορούν να ελέγχουν online τις συναλλαγές τους σε ergos οποιαδήποτε στιγμή και να λαμβάνουν μηνιαία ενημερωτικά σημειώματα της συνολικής τους χρήσης. Συνεπώς, η επιλογή της περιόδου ισχύος δεν είναι απαραίτητο να εξαρτάται από την εφαρμογή του

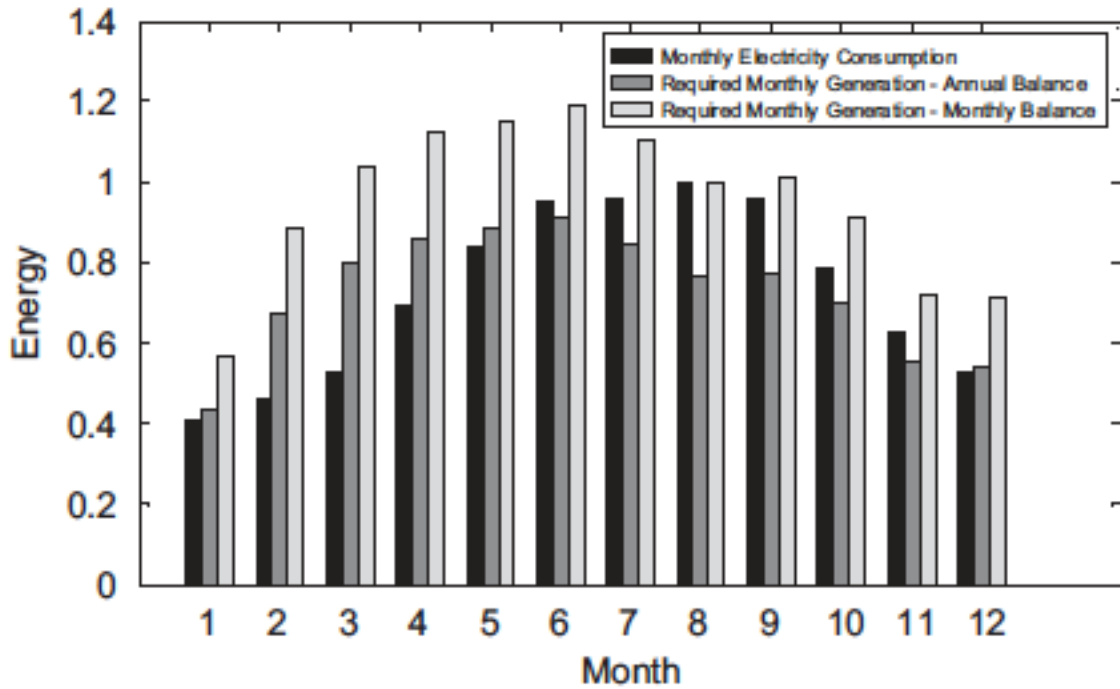
συστήματος, όπως θα έπρεπε να γίνεται στην περίπτωση σχεδιασμού που θα περιλάμβανε χρέωση στο τέλος της περιόδου.[2]

6.3. ΕΚΔΟΣΗ ΤΩΝ ERGOS: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΠΟ ΤΗ ΠΛΕΥΡΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ

Στην παρούσα εφαρμογή του συστήματος MEC, όλη η παραγωγή είναι ιδιοκτησία μια μοναδικής αρχής και τα έσοδα από την κατανομή των ergos χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των επενδύσεων. Η ιδέα των ergos, ωστόσο, δεν περιορίζεται μόνο σε συστήματα που περιλαμβάνουν κεντρική ιδιοκτησία των εγκαταστάσεων παραγωγής. Για διανεμημένη κυριότητα παραγωγικού εξοπλισμού που είναι συνδεδεμένος σε δίκτυο, οι κάτοχοι του εξοπλισμού θα μπορούσαν να συμβληθούν με την Ενεργειακή Αρχή της Πόλης με συμβόλαιο αγοράς ενέργειας, προκειμένου να αντισταθμίσουν την επένδυσή τους. Ένας τέτοιος διακανονισμός δεν θα επηρέαζε το ατομικό μερίδιο σε ergos ή το ισοζύγιο, καθώς τα ergos που δημιουργούνται εισέρχονται στο κοινό ταμείο. Αν ο εξοπλισμός δεν είναι συνδεδεμένος σε δίκτυο, τότε αυτό, από τη μεριά της Ενεργειακής Αρχής θα αποτελούσε απλώς μειωμένο φορτίο, χωρίς κάποια άμεση αποζημίωση. Κατά κανόνα, τα ergos εκδίδονται από την Ενεργειακή Αρχή, ως προεξόφληση κάποιας παραγόμενης ποσότητας ενέργειας. Η ενέργεια μπορεί να παράγεται κεντρικά ή να διανέμεται από προμηθευτές που διαθέτουν την παραγωγή τους για χρήση από την πόλη, ενώ η Ενεργειακή Αρχή μπορεί να συγκεντρώσει αυτές τις παραγωγές και να τις διαθέσει ευρύτερα.

Προκειμένου να υπάρχει πρόβλεψη των εποχικών διακυμάνσεων, ο αριθμός των καινούργιων ergos που δημιουργούνται κάθε περίοδο ισούται με την προσδοκώμενη κατανάλωση ενέργειας της περιόδου αυτής. Η ποσότητα αυτή ενδέχεται να διαφέρει από την παραγωγή που είχε προβλεφτεί για την ίδια περίοδο, κατά τον συντελεστή εποχιακής διόρθωσης ή κατά τη χρήση προ-κατανεμημένων πιστωτικών μονάδων. Η προ-κατανομή πιστωτικών μονάδων περιγράφεται αργότερα στο επόμενο κεφάλαιο και ο συντελεστής εποχιακής διόρθωσης αναλύεται παρακάτω. Για την Ενεργειακή Αρχή της πόλης Masdar, η προσφορά ενέργειας που διαμορφώνει τη βάση του ισοζυγίου των ergos είναι ίση με την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας από τα εργοστάσια παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας της πόλης Masdar City. Σε ορισμένες περιπτώσεις, εποχιακές διορθώσεις του αριθμού των πιστωτικών μονάδων που εκδίδονται σε κάθε περίοδο μπορούν να γίνουν, αν υπάρχει μεγάλη εποχική παρέκκλιση στην προσφορά και ζήτηση ηλεκτρισμού. Η προσδοκία είναι, ότι στην πόλη Masdar City, θα υπάρχει υπερβάλλουσα παραγωγή στη διάρκεια των χειμερινών μηνών όταν τα φορτία για ψύξη είναι χαμηλά και πιθανό έλλειμμα τους καλοκαιρινούς μήνες. Το Σχήμα 12 παρουσιάζει κανονικοποιημένα μηνιαία δεδομένα φορτίων ηλεκτρισμού για το Αμπού Ντάμπι και δύο δυνατότητες για την απαιτούμενη μηνιαία παραγωγή: (1) παραγωγή και φορτίο πρέπει να ισοσκελίζονται κάθε μήνα ή (2) πρέπει να ισοσκελίζονται στο τέλος του έτους. Η συνολική παραγωγή αποτελεί απλά μια υπό κλίμακα εκδοχή των δεδομένων ηλιακής ακτινοβολίας για το Αμπού Ντάμπι για την προσέγγιση της παραγωγής ηλιακής ενέργειας. Όλες οι τιμές έχουν κανονικοποιηθεί σύμφωνα με το ετήσιο ανώτατο του μηνιαίου φορτίου. Το διάγραμμα δείχνει ότι η ηλιακή ακτινοβολία φτάνει σε μέγιστο κατά το μήνα Ιούνιο, ενώ η ποσότητα καταναλισκόμενου ηλεκτρισμού φτάνει σε μέγιστο τον Αύγουστο. Προκειμένου να επιτευχθεί μηνιαία ισοσκελίση, είναι

απαραίτητο να δημιουργηθεί επαρκής δυναμικότητα για να αντιμετωπιστεί το φορτίο του Αυγούστου, με αποτέλεσμα να υπάρχει πλεονάζουσα παραγωγή σε όλους τους υπόλοιπους μήνες και τελικό θετικό πλεόνασμα στη διάρκεια ενός έτους. Για το ετήσιο ισοζύγιο, μπορεί να δημιουργηθεί μικρότερη δυναμικότητα, οπότε δεν υπάρχει πλεονάζουσα παραγωγή μετά από ένα έτος. Στο σενάριο αυτό, θα ήταν προτιμότερο να ρυθμιστούν οι απαιτήσεις παραγωγής σύμφωνα με το ετήσιο ισοζύγιο, ενώ η έκδοση των πιστωτικών μονάδων θα είναι μηνιαία. Η κατανομή των πιστωτικών μονάδων θα ενσωμάτωνε αυτή την εποχικότητα αν γινόταν ρύθμιση της μηνιαίας κατανομής με βάση ένα επιθυμητό πρότυπο ζήτησης (μαύρες μπάρες) σε αντιδιαστολή με την αναμενόμενη παραγωγή (γκρι μπάρες).[2]



Σχήμα 12: Αναμενόμενα φορτία και ζητούμενη παραγωγή χρησιμοποιώντας είτε ετήσια είτε μηνιαία ενεργειακή ισορροπία με βάση τα δεδομένα του Άμπου Ντάμπι. Απαιτείται πρόσθετη παραγωγή ενέργειας για τη κάλυψη της μέγιστης κατανάλωσης ίση με ένα μηνιαίο συντελεστή

Ο υπολογισμός της ποσότητας των ergos που εκδίδονται σε μια περίοδο n , Q_n δίνεται παρακάτω :

$$Q_n = \int_0^T E(t)dt + Q_{n-1} - C_{n-1} + \sum_{j=n+1}^M PAE_{n,j} - \sum_{i=n-M}^{n-1} PAE_{i,n} + SA_n$$

όπου $E(t)$ είναι η πρόβλεψη προσφοράς ενέργειας για ένα χρονικό διάστημα T , C_{n-1} είναι η πραγματική κατανάλωση ergos για τη περίοδο $n-1$, $PAE_{i,j}$ αντιπροσωπεύει τις προ-κατανεμημένες πιστωτικές μονάδες (PAEs) που εκδίδονται για τη περίοδο i και έχουν παραχθεί τη περίοδο j , M ο χρονικός ορίζοντας όπου επιτρέπεται η χρήση των προ-κατανεμημένων πιστωτικών μονάδων, και, SA_n ο εποχιακός συντελεστής ρύθμισης (το ετήσιο άθροισμα του οποίου ισούται με μηδέν). Η πρόβλεψη προσφοράς ενέργειας μπορεί να διαιρεθεί σε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, $E_{elec}(t)$ και εκροών θερμικής ενέργειας, $E_{thermal}(t)$, όπου ο τελευταίος

πολλαπλασιάζεται με ένα συντελεστής προσαρμογής p , για τη μετατροπή της θερμικής ενέργειας σε ισοδύναμη ηλεκτρική.

$$E(t) = E_{elec}(t) + E_{thermal}(t) \cdot p$$

Ο συντελεστής προσαρμογής, p , μπορεί να επιλεγεί ώστε να αντικατοπτρίζει το συσχετισμό μεταξύ παραγωγής θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Δεδομένου ότι έχει καθοριστεί η δυνατότητα παραγωγής ανα πάσα στιγμή της μίας ή της άλλης, ο συσχετισμός μπορεί να αφορά το κόστος της επένδυσης για την εγκατάσταση νέων εργοστασιακών μονάδων. Τότε ο συντελεστής προσαρμογής μπορεί να τεθεί ίσος προς το αντισταθμισμένο κόστος (levelized cost) LCOE της θερμικής έναντι της ηλεκτρικής ενέργειας :

$$p = \frac{LCOE_{th}}{LCOE_{el}}$$

6.4 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ERGOS ΑΠΟ ΤΗ ΠΛΕΥΡΑ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ

Ο αριθμός των ergos που θα εκδοθούν για μια συγκεκριμένη περίοδο θα καταναλωθούν από διάφορους χρήστες και για διάφορες ανάγκες της πόλης συμπεριλαμβανομένου των: (α) οικιακών χρηστών, (β) εμπορικών χρηστών, (γ) δημοτικών υπηρεσιών, (δ) ένα αποθεματικό επισκεπτών και (ε) των καθαρών εξαγωγών ηλεκτρισμού ενώ θα πρέπει να συμπεριληφθούν και (ζ) οι απαιτήσεις των προθεσμιακών αγορών. Ο συνολικός αριθμός πιστωτικών μονάδων που καταλώνονται σε μια περίοδο n δίνεται από τον ακόλουθο τύπο. Στις καταναλισκόμενες πιστωτικές μονάδες δεν συμπεριλαμβάνονται οι μονάδες που πωλούνται στις αγορές spot, για παράδειγμα στις $C_{a,res,n}$, δεν περιλαμβάνεται η πώληση των έξτρα ergos από τους οικιακούς χρήστες.

$$C_n = C_{a,res,n} + C_{\beta,comm,n} + C_{\gamma,util,n} + C_{\delta,vis,n} + C_{\epsilon,exp,n} + C_{\zeta,forw,n}$$

Οι τακτικοί οικιακοί και εμπορικοί χρήστες θα μπορούσαν να θεωρηθούν χρήστες “χονδρικής” ανάλογα με την ποσότητα των ergo που συναλλάσσονται, σε μια τιμή ergo που θα καθορίζεται μετά από δημοπρασία, πάντα με γνώμονα την επίτευξη των ενεργειακών στόχων της πόλης.

Ένα απλούστερο σύστημα, με τη δυνατότητα να είναι πιο δίκαιο και περισσότερο αποδεκτό από τους χρήστες, είναι να διαθέσει τα ergos με βάση την επιφάνεια, ώστε η πολεοδομία να μπορεί να προβλέψει περίπου τη ζήτηση για διαφορετικούς τύπους μίσθωσης. Στις επιχειρήσεις παροχής υπηρεσιών της πόλης θα διατεθούν επίσης ergos βάση της αναμενόμενης ζήτησης τους. Κάθε ergos που δεν διατίθενται για τη ζήτηση από τακτικούς χρήστες, επιχειρήσεις παροχής υπηρεσιών και επισκέπτες, αντιπροσωπεύουν την επιπλέον παραγωγή ενέργειας που μπορεί να εξαχθεί στο εξωτερικό δίκτυο. Εάν η Ενεργειακή Αρχή της πόλης δεν λαμβάνει πλεόνασμα ergos τότε η τοπική παραγωγή είναι μόλις επαρκής για να καλύψει τη ζήτηση της πόλης. Εάν η Ενεργειακή Αρχή της πόλης θέτει υψηλή τιμή για να αγοραστούν τα ergos ή αυξάνει το κόστος εξαγωγής τους, τότε η μείωση στη ζήτηση που θα ακολουθήσει συμφέρει, γιατί επιτρέπει στην Ενεργειακή Αρχή της πόλης να εξάγει τα

πλεονασματικά ergos. Είναι επίσης δυνατόν να συγχωνευθούν τα ergos από τις υπηρεσίες παροχής υπηρεσιών και να κατανεμηθούν ισόποσα στους λογαριασμούς των υπόλοιπων χρηστών. Αυτό το σύστημα κατανομής της ενέργειας αποδεικνύεται από το τύπο:

$$q_{r,n} = \frac{Q_n - EC_{vis} - EC_{exp} - \sum_s ef_{s,n}}{A} \cdot A_r + ef_{r,n}$$

όπου q_r είναι τα νέα ergos που προσφέρονται στον χρήστη r , EC είναι η αναμενόμενη κατανάλωση των επισκεπτών, οι εξαγωγές ενέργειας και οι υποχρεώσεις των προθεσμιακών αγορών, ef τα προθεσμιακά ergos των χρηστών r διάρκειας n , A είναι η ολική μισθωμένη επιφάνεια και A_r η μισθωμένη επιφάνεια του χρήστη r .

6.5 ΤΕΛΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ

Τα τέλη διάθεσης καταβάλλονται σε κάθε περίοδο από το πιστωτικό κάτοχος / χρήστη στην Ενεργειακή Αρχή της Πόλης. Η αξία του τέλους εξαρτάται από το τους στόχους της CEA. Εάν η CEA σκοπεύει να ανακτήσει το πλήρες κεφάλαιο και το κόστος λειτουργίας του εξοπλισμού ανανεώσιμων πηγών παραγωγής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων των εξόδων που απορρέουν από το εξωτερική σύνδεση στο δίκτυο, τότε το τέλος μπορεί να ρυθμιστεί ίσο με τη μέσο κόστος της ενέργειας για την πλήρη παραγωγή της περιόδου. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ένα μέρος του κόστους μπορεί να απορροφάται με άλλα μέσα, όπως μέσω της κυβερνητικών επιδοτήσεων. Στην ακραία περίπτωση, που το συνολικό κόστος ανακτάται μέσω πληρωμών εκτός του του συστήματος MEC, το τέλος διάθεσης θα πρέπει να οριστεί ίσο με το μηδέν. Η αξία του τέλους δεν επηρεάζει τη λειτουργία μηχανισμού της αγοράς, όπως αναλύεται στο επόμενο κεφάλαιο. Αντ' αυτού, είναι πιο σημαντικό από την άποψη της ανάκτησης του κόστους για την CEA και για τη μακροπρόθεσμη αντιστοίχιση της παραγωγής ενέργειας με τη ζήτηση. Η τιμή spot στις αγορές ergo, η οποία είναι σημαντική για να προσφέρουμε κίνητρα προσαρμογής της ζήτησης βραχυπρόθεσμα, περιγράφεται στο επόμενο κεφάλαιο.[2]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Αγορές ergos

7.1 ΑΓΟΡΑ ΣΠΟΤ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ MEC

Η λειτουργία των μηχανισμών αγορών που σχετίζονται με το σύστημα ενεργειακής πίστωσης MEC αποτελεί το βασικό χαρακτηριστικό για την επιτυχή λειτουργία του συστήματος και την επίτευξη των ενεργειακών στόχων. Το παρόν κεφάλαιο αναλύει κατά πρώτον τη καθημερινή λειτουργία των αγορών σποτ και κατά δεύτερο λόγο τη λειτουργία των προθεσμιακών αγορών που προάγουν τις επενδύσεις σε μελλοντικές ενεργειακές εγκαταστάσεις.

Η αγορά σποτ των ergos παρέχει σε πραγματικό χρόνο, μια συναλλαγματική ισοτιμία μεταξύ του ergo και της νομισματικής μονάδας. Στο 6^ο κεφάλαιο είχαμε σημειώσει, ότι η CEA αποτελεί το μοναδικό εκδότη και αγοραστή των ergos στην αγορά σποτ και έτσι καθορίζει τη συναλλαγματική ισοτιμία σε πραγματικό χρόνο με προσαρμογές σύμφωνα με τις τάσεις της ζήτησης. Η απόφαση να χρησιμοποιηθεί ένα μονοψώνιο για το ergo για να προσεγγίσει το χαρακτήρα μιας αρκετά ανταγωνιστικής αγοράς, βασίστηκε σε μια προσπάθεια να διατηρηθεί η ευκολία της χρήσης του συστήματος MEC και η οικονομική αποτελεσματικότητα, με ταυτόχρονη διατήρηση της λήξης ως χαρακτηριστικό του ergo, που είναι καίρια για να καταστεί μια τέτοια αγορά πιο απτή από ότι είναι η αγορά ενός συνηθισμένου νομίσματος. Η θεωρητικά αποτελεσματική αγορά αποτελείται από ένα μεγάλο αριθμό πωλητών (εκδοτών ergos) και αγοραστών ενέργειας που έχουν μηδενικά κόστη συναλλαγών, ενώ χαρακτηρίζεται και από την ύπαρξη πλήρους πληροφόρησης. Οι ιδανικές αυτές συνθήκες δεν μπορούν να αναπαραχθούν για την περίπτωση των λιανικών αγορών ενέργειας, καθώς έχουμε παραβίαση όλων των παραδοχών (ο αριθμός των πωλητών και αγοραστών είναι εξαιρετικά περιορισμένος, υπάρχουν μεγάλα κόστη συναλλαγών δεδομένης της χαμηλής δυνατότητας διανομής της προσφερόμενης ανανεώσιμης ενέργειας και της απουσίας βιώσιμης ικανότητας για αποθήκευση της ενέργειας σε μικρή κλίμακα και τέλος, η τέλεια πληροφόρηση, ακόμα και αν ήταν διαθέσιμη, θα απαιτούσε σημαντικές επενδύσεις σε χρόνο που δεν θα ήταν σε αντιστοιχία με τη χρησιμότητα που θα απολάμβαναν οι ευκαιριακοί καταναλωτές ενέργειας). Σαν αποτέλεσμα, η εναλλακτική λύση για να διατηρηθεί η αποτελεσματικότητα της αγοράς είναι η δημιουργία ενός διαμορφωτή αγοράς/μιας μονοψωνιακής οντότητας (της CEA στην περίπτωσή μας) που θα χρησιμοποιεί διαφανείς αλγόριθμους τιμολόγησης και που θα στοχεύει στην εισοδηματική ουδετερότητα.

Επομένως, αντικειμενικός στόχος της τιμολόγησης για την CEA είναι να μην επιτρέψει στην κατανάλωση ενέργειας να υπερβεί την προσφορά ενέργειας, στο μικρότερο δυνατό κόστος και με μηδενικά καθαρά έσοδα από τη λειτουργία της αγοράς.

Ο ακριβής αλγόριθμος τιμολόγησης θα εξαρτηθεί από τις λεπτομέρειες της εφαρμογής του συστήματος MEC, δηλαδή από το αν θα χαρακτηρίζεται από ισχυρή παραγωγική δύναμη ή από ισχυρούς ενεργειακούς περιορισμούς (βλέπε ενότητα 6.2) και θα πρέπει να ρυθμίζεται ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες του προφίλ του χρήστη, αλλά διατηρώντας το βασικό μηχανισμό αγοράς όπως περιγράφεται εδώ.

Στόχος του αλγόριθμου τιμολόγησης είναι να βρίσκει μια τιμή που θα ενθαρρύνει τους χρήστες συνολικά να μην υπερβαίνουν τη συνολική προσφορά πιστώσεων στη διάρκεια μιας συγκεκριμένης λογιστικής περιόδου. Η λογιστική περίοδος μπορεί να

εκφραστεί ως πολλαπλάσιο περιόδων έκδοσης, $n=[1, N]$. Η συνάρτηση βελτιστοποίησης της αγοράς σποτ που παρουσιάζεται στην Εξίσωση (7), ελαχιστοποιεί την απόκλιση των καταναλισκόμενων πιστώσεων έναντι των πιστώσεων που εκδίδονται στην αρχή της περιόδου, όπου το σύνολο των καταναλισκόμενων πιστώσεων εκφράζεται ως ολοκλήρωμα της στιγμιαίας κατανάλωσης, η οποία με τη σειρά της είναι συνάρτηση της στιγμιαίας τιμής και χρησιμότητας που δίνεται στην Εξίσωση (8).

Ο περιορισμός στην Εξ. (9) παριστάνει την απαίτηση, η κατανάλωση των πιστώσεων να μην υπερβαίνει το συνολικό προϋπολογισμό στη διάρκεια μιας λογιστικής περιόδου. Η Εξ. (10) παρουσιάζει ένα περιορισμό εισοδηματικής ουδετερότητας, όπου τα συνολικά έσοδα που εμφανίζει η CEA από το σύνολο των συναλλαγών στην αγορά σποτ, είναι μηδέν. Η Εξ. (11) παρουσιάζει ένα περιορισμό ανάκτησης κόστους με τις συνολικές πληρωμές που λαμβάνονται από την CEA ως πληρωμές παγίων τελών να ισούνται με το συνολικό ισοσταθμισμένο κόστος του συστήματος MEC, περιλαμβανομένων του κόστους παραγωγής και των διοικητικών εξόδων.

$$7) \min \left(\int_0^T K_n(p(t), U(t)) dt - Q_n \right)$$

όπου

$$8) C_n = \int_0^T K_n(p(t), U(t)) dt$$

και

$$9) \sum_{n=0}^N (C_n - Q_n) \leq 0$$

$$10) \int_0^T p(t) \cdot \left\{ K_{bought}(t) - K_{sold}(t) + [1 - S_n / p(t)] \cdot K_{surrend}(t) \right\} dt - \int_0^T p_{exp}(t) K_{exp} dt = 0$$

$$11) \sum_{n=0}^N (W_n - S_n \cdot Q_n) = 0$$

όπου $p(t)$ είναι η τιμή του ergo στην αγορά σποτ κατά τη χρονική στιγμή t , $K(t)$ η πραγματική κατανάλωση των ergos στην ίδια χρονική στιγμή t , ως συνάρτηση της τιμής του ergo και της εξαρτώμενης από το χρόνο χρησιμότητας $U(t)$ από την κάλυψη των αναγκών για υπηρεσίες των χρηστών του συστήματος MEC. S_n η τιμή βάσης του ergo, όπως καθορίζεται από το πάγιο τέλος στην αρχή της περιόδου n , N ο αριθμός περιόδων στον υπολογιστικό κύκλο του άνθρακα, K_{bought} είναι τα ergos που αγοράστηκαν από χρήστες επιπλέον του μεριδίου τους Q_n , K_{sold} είναι τα ergos που πουλήθηκαν από χρήστες, $K_{surrend}$ είναι τα ergos από το δικαίωμα των οποίων παραιτούνται οι χρήστες όταν η τιμή είναι $p(t)$, $o S_n$, και W_n είναι το συνολικό ισοσταθμισμένο κόστος του συστήματος MEC για την περίοδο n , περιλαμβανομένης της τιμολόγησης των εξωτερικών παραγόντων (αν απαιτούνται επιπλέον πιστώσεις άνθρακα για να εξισορροπήσουν την πλεονάζουσα έκδοση ergos).[2]

7.2 ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Οι εξισώσεις (12) και (13) παρουσιάζουν δύο δυνατούς μηχανισμούς για τον προσδιορισμό της συναλλαγματικής ισοτιμίας. Και στις δύο περιπτώσεις, η τιμή είναι συνάρτηση της διαφοράς μεταξύ της αθροιστικής κατανάλωσης και του ολοκληρώματος μιας επιθυμητής καμπύλης ζήτησης, $K^*(t)$ όπως διαμορφώνεται στη διάρκεια της ημέρας.

Τιμολόγηση δύο επιπέδων:

$$(12) \quad p(t) = \begin{cases} p_{import} \int_0^T K_n(x) dx \geq \int_0^{\hat{T}} K_n(x) dx \\ p_{export} \int_0^T K_n(x) dx \leq \int_0^{\hat{T}} K_n(x) dx \end{cases}$$

Με την τιμολόγηση δύο επιπέδων γίνεται η υπόθεση ότι η σταθερή τιμή εισαγωγής θα είναι μεγαλύτερη από τη σταθερή τιμή εξαγωγής. Στην περίπτωση της πόλης Masdar, η τιμή εισαγωγής θα περιλαμβάνει μια προμήθεια για την κάλυψη του κόστους από την αντιστάθμιση των εκπομπών άνθρακα που συνδέεται με την εισαγωγή ισχύος εκτός πόλης. Η τελική τιμή εισαγωγής θα είναι τότε μεγαλύτερη τόσο από την τιμή εξαγωγής, όσο και από το πάγιο τέλος ανά μονάδα. Η τιμή εξαγωγής θα μπορούσε έτσι να είναι μεγαλύτερη, ίση ή μικρότερη από το πάγιο τέλος. Αν είναι μεγαλύτερη από το πάγιο τέλος, ένας καταναλωτής θα έχει πάντα οικονομικό κίνητρο να μειώσει τη ζήτηση. Για ένα σύστημα με ισχυρούς περιορισμούς στην παραγωγή, όταν η ζήτηση των χρηστών υπερβαίνει το σύνολο των διαθέσιμων *ergos*, θα πρέπει να γίνονται περικοπές στο φορτίο. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η τιμή του ηλεκτρισμού στο σημείο αυτό μπορεί να διαμορφωθεί στο ύψος της αξίας του φορτίου που χάνει ο καταναλωτής.

$$\text{Γραμμική διαφορική τιμολόγηση: (13) } p(t) = S_n + \lambda \int_0^T (K_n(x) - \hat{K}_n(x)) dx$$

Στην περίπτωση της γραμμικής διαφορικής τιμολόγησης, η τιμή ορίζεται ως ανάλογη της διαφοράς μεταξύ της αθροιστικής ζήτησης ενέργειας και του αθροιστικού φορτίου. Αν η σταθερά k οριστεί ίση με το πάγιο τέλος S_n , τότε δε θα υπάρχει οικονομικό κίνητρο για αλλαγή κάθε φορά που η αθροιστική κατανάλωση είναι μικρότερη ή ίση με την αθροιστική παραγωγή. Η τιμή του σταθερού πολλαπλασιαστή, λ , μπορεί να προσδιοριστεί από τη στιγμή που έχουμε στη διάθεσή μας περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την ελαστικότητα τιμών ζήτησης του καταναλωτή. Ο συνδυασμός γραμμικής τιμολόγησης και τιμολόγησης δύο επιπέδων μπορεί να μας παρέχει μια γραμμική απόκριση με ανώτερα και κατώτερα όρια για την τιμή. Άλλες καμπύλες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μεγαλύτερη εξομάλυνση των διακυμάνσεων στις τιμές.

Η ιδέα αυτή για την τιμολόγηση διαφέρει από προηγούμενες ενεργειακές συναλλαγές στο ότι η τιμή καθορίζεται από τη διαφορά ανάμεσα στην πραγματική ζήτηση και μια επιθυμητή ζήτηση, και όχι την προσφορά, και στο ότι χρησιμοποιούνται αθροιστικές και όχι στιγμιαίες τιμές. Η χρήση αθροιστικών τιμών ζήτησης για τον προσδιορισμό της τιμής σημαίνει ότι έχουμε να κάνουμε με ένα σύστημα όπου κυριαρχεί η ενέργεια και όχι οι περιορισμοί στην παραγωγική δυναμικότητα κατά την περίοδο n (δηλαδή,

υπάρχει επάρκεια σε αποθηκευτική ικανότητα, η οποία κάνει δυνατή την αυξομείωση της παραγόμενης ενέργειας στη διάρκεια της περιόδου). Δίνεται έτσι η δυνατότητα για ομαλά κατανομημένη τιμή που δεν αντιμετωπίζει απότομες εξάρσεις ή επίμονες τάσεις τιμών. Η δυνατότητα για ρύθμιση της τιμής των ergos ανάλογα με ένα αθροιστικό έλλειμμα ή πλεόνασμα στην παραγωγή ενέργειας παρέχει ισχυρό κίνητρο για επίτευξη του στόχου αυτού.

Η επιθυμητή καμπύλη ζήτησης μπορεί να διαμορφώνεται για κάθε ημέρα χωριστά με τη βοήθεια ιστορικών δεδομένων, προγνώσεων για τον καιρό και λαμβάνοντας υπόψη ειδικές περιστάσεις, αλλά μπορεί επίσης να βασίζεται στο προφίλ παραγωγής της προσφοράς που μπορεί να προεκτιμηθεί. Η χρήση αυτής της προσέγγισης μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την προσαρμογή των τάσεων ζήτησης στην αναμενόμενη εξέλιξη της προσφοράς. Αυτό δεν αποτελεί κρίσιμο σημείο για την πόλη Masdar εξαιτίας της σύνδεσής της με ένα αποκλειστικό δίκτυο, αλλά μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο μηχανισμό για αυτόνομα μικρο-δίκτυα με περιορισμένη ικανότητα αποθήκευσης της ενέργειας.

Ενώ το τρέχον υπόλοιπο των ergos στο λογαριασμό ενός χρήστη παρέχει ένα σημείο αναφοράς σχετικά με το πώς χειρίζεται ατομικά τη συγκεκριμένη ποσότητα που του αναλογεί, η αγοραία τιμολόγηση παρέχει πληροφορίες για τη συνολική συμπεριφορά του χρήστη σε σχέση με την διαθέσιμη προσφορά ενέργειας ολόκληρης της πόλης. Οι συνετοί χρήστες, γνωρίζοντας τη συναλλαγματική ισοτιμία των ergos και έχοντας τη δυνατότητα να τα εμπορευτούν, ανταμείβονται όταν πωλούν τα πλεονάζοντα ergos σε συμφέρουσα τιμή. Στους σπάταλους χρήστες δίνεται το κίνητρο να αλλάξουν και άλλο τη συμπεριφορά τους, ενώ τους επιβάλλεται ποινή όταν υπερβαίνουν τα βιώσιμα όρια. Επιπρόσθετα, το σύστημα MEC καθιερώνει ένα κόστος ευκαιρίας για τις δραστηριότητες που απαιτούν την κατανάλωση ενέργειας, με τη βοήθεια του οποίου ο χρήστης αποφεύγει την πώληση του ισοδύναμου αριθμού ergos στην αγορά σποτ. Το αποτέλεσμα είναι να δίνεται στους μέσους χρήστες το κίνητρο να μεταθέσουν την κατανάλωσή τους σε περιόδους στις οποίες η τιμή των ergos είναι χαμηλότερη.

Συνεπώς, σύμφωνα με την ιδέα μιας αγοράς σποτ, η τιμή είναι χαμηλότερη από μια τιμή αναφοράς S όταν η πραγματική κατανάλωση είναι χαμηλότερη από μια αναμενόμενη και το αντίστροφο. Οι χρήστες έχουν τις παρακάτω (collapsed/αποσυνδεδεμένες από την κρίση) επιλογές:

1. $p(t) < S$. Θετικό υπόλοιπο σε ergos. Κατανάλωση των υπηρεσιών που επιθυμούν όταν η χρησιμότητα είναι $U(t) > p(t)$, χωρίς χρήση όλων των ergos. Οι χρήστες για τη διαφορά αυτή λαμβάνουν πίστωση στο χρηματικό τους λογαριασμό με το ποσό $S - p(t)$.
2. $p(t) < S$. Μηδενικό υπόλοιπο σε ergos. Κατανάλωση των υπηρεσιών που επιθυμούν αν $U(t) > p(t)$. Ο χρηματικός λογαριασμός των χρηστών χρεώνεται με $p(t)$.
3. $p(t) > S$. Θετικό υπόλοιπο σε ergos. Αναβολή ή ακύρωση της κατανάλωσης των υπηρεσιών που επιθυμούν, όταν $U(t) < p(t)$. Αν πουλήσουν την επιπλέον πίστωση, οι χρήστες αποζημιώνονται για ολόκληρη την τιμή $p(t)$. Η διατήρηση των ergos στο λογαριασμό, στην περίπτωση αυτή, συνοδεύεται από ένα κόστος ευκαιρίας $p(t) - S$, αλλά και από μια αξία λόγω της επιλογής

που έχει ο χρήστης να διατηρήσει τα *ergos* για να τα χρησιμοποιήσει πριν τη λήξη τους, όταν η τιμή τους και η χρησιμότητά τους θα είναι υψηλότερες.

4. $p(t) > S$. Μηδενικό υπόλοιπο σε *ergos*. Κατανάλωση των υπηρεσιών που επιθυμούν αν $U(t) > p(t)$. Ο χρηματικός λογαριασμός του χρήστη χρεώνεται με $p(t)$.

Στις περιπτώσεις αντιμετώπισης αναγκών αιχμής ή χρονικής μετάθεσης των αναγκών αιχμής, ο μηχανισμός τιμολόγησης μπορεί να ρυθμιστεί κάνοντας μικρότερη την περίοδο n του συστήματος MEC. Ένα τέτοιο μέτρο θα είχε νόημα για ενεργειακά συστήματα με ισχυρούς περιορισμούς στην παραγωγική δυναμικότητα. Από την άλλη, όταν τα μεμονωμένα συστήματα απαιτούν περισσότερη ενέργεια για να παρέχουν το ίδιο επίπεδο λειτουργικότητας (π.χ. στην περίπτωση κυκλοφοριακού που εμφανίζει συμφόρηση), τότε το μεγαλύτερο ενεργειακό φορτίο αυτόματα προσφέρει ένα σχέδιο χρέωσης για την κίνηση των οχημάτων στην περιοχή με κυκλοφοριακή συμφόρηση, χωρίς να είναι ανάγκη να γίνουν αλλαγές στο μηχανισμό τιμολόγησης. Γενικά, το κίνητρο για αναβολή της κατανάλωσης λειτουργεί ως σύστημα χρεώσεων κατά της κυκλοφοριακής συμφόρησης που εφαρμόζεται σε ολόκληρη την πόλη, το οποίο συγκρατεί την επιπλέον ζήτηση, η οποία θα επιβάρυνε το σύστημα πέρα από την ονομαστική του δυναμικότητα.

Μια άλλη προσέγγιση, αντί της χρήσης αθροιστικών καμπυλών για ADP και DDP, θα μπορούσε να είναι αυτή της χρήσης των στιγμιαίων τιμών ζήτησης. Για ένα σύστημα με ισχυρότερους περιορισμούς στην παραγωγική δυναμικότητα, αυτή θα μπορούσε να προσφέρει μια αμεσότερη ένδειξη για άμεση διόρθωση των διαταραχών στη ζήτηση. Η βασική πρόκληση που αντιμετωπίζουμε στην προσέγγιση αυτή, πηγάζει από το γεγονός, ότι τα *ergos* μπορούν να πωληθούν ξανά στην CEA, ακόμα και αν η αντίστοιχη μείωση της ζήτησης συμβαίνει σε διαφορετική περίοδο. Για παράδειγμα, αν η περίοδος ισχύος είναι 24 ώρες και οι χρήστες βλέπουν μια πολύ υψηλή τιμή για το *ergo* στο μέσο της μέρας, θα μπορούσαν να επιλέξουν να πωλήσουν τα *ergos* αμέσως, αλλά να μειώσουν την κατανάλωσή τους αργότερα, στη διάρκεια της νύχτας. Ο χρήστης βγαίνει κερδισμένος από αυτή τη στρατηγική, όσο η καθημερινή κατανάλωση ενέργειας δεν υπερβαίνει το ημερήσιο μερίδιο του σε *ergos*. Αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε μια κατάσταση, στην οποία τα *ergos* πωλούνται όταν οι ανάγκες σε ισχύ είναι οι μεγαλύτερες, αλλά οι πραγματικές μειώσεις στη ζήτηση συμβαίνουν όταν η ισχύς δεν είναι πλέον επιθυμητή. Επομένως, στην περίπτωση ισχυρότερων ενεργειακών περιορισμών, το πρόγραμμα MEC θα πρέπει να μειώσει τη διάρκεια της περιόδου ισχύος, ώστε τα *ergos* να μην μπορούν να αποταμιεύονται για περιόδους μεγαλύτερες από την αποθηκευτική ικανότητα του συστήματος. Υπάρχουν και άλλοι δυνατοί διορθωτικοί μηχανισμοί, αλλά αυτοί πρέπει να μελετηθούν περαιτέρω. Αυτό το τέχνασμα των *ergos* με μεγάλη περίοδο ισχύος δε θα δημιουργήσει ιδιαίτερα προβλήματα για την πόλη Masdar, η οποία είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο ηλεκτρικού ρεύματος, αλλά μπορεί να προκαλέσει προβλήματα, αν είναι επιθυμητή μια μετάθεση φορτίου. Πάντως, όντως υπάρχουν παράγοντες ελάφρυνσης, οι οποίοι θα μπορούσαν να επιτρέψουν ένα σύστημα με μεγαλύτερες περιόδους ισχύος των *ergos* να υποστηρίξει τη μετάθεση της ζήτησης. Μεταξύ αυτών είναι: α) προσωπική αβεβαιότητα για τη μελλοντική ανάγκη σε *ergos*, β) αθροιστική συμπεριφορά των καταναλωτών και γ) λήψη αποφάσεων με γνώμονα την ηθική από καλά πληροφορημένους χρήστες (δηλαδή, ενεργοί πολίτες μπορεί να αποφασίσουν να αναβάλλουν την κατανάλωσή τους όταν η τιμή του *ergo* είναι υψηλή, κατανοώντας

ότι η πόλη χρειάζεται να προσαρμοστεί ανάλογα. Το πώς συμπεριφέρεται το σύστημα MEC στην πράξη είναι ένα χαρακτηριστικό που δεν είναι δυνατό να προβλεφθεί εκ των προτέρων στην ολότητά του.

Είναι ανάγκη ο μηχανισμός τιμολόγησης να δοκιμαστεί σε διαφορετικές συνθήκες, με προσομοιώσεις και πειραματική μελέτη. Μια πετυχημένη συνταγή θα μπορούσε να διαχειριστεί αποτελεσματικά τη ζήτηση, χωρίς να είναι υπερβολικά περιοριστική ή άδικη και χωρίς να δημιουργεί ισχυρή ανάδραση που θα μπορούσε να οδηγήσει σε ασταθή συναλλαγματική ισοτιμία. Οι παράμετροι της επιλεγμένης συνταγής μπορούν να αναπροσαρμόζονται όσο θα εισρέουν πληροφορίες σχετικά με τις πραγματικές ελαστικότητες ζήτησης και οι καμπύλες εκμάθησης για τη χρήση του συστήματος θα είναι εμφανείς. Ως παράδειγμα μιας τέτοιας εκμάθησης, οι χρήστες μπορεί στην αρχή να πωλούν πάρα πολλά ergos και στη συνέχεια να πρέπει να δαπανήσουν πολλά χρήματα στο τέλος της περιόδου. Ως αντίδραση, μπορεί τότε να αρχίσουν να συσσωρεύουν τα ergos μέχρι τη λήξη τους. Οι αυτοματισμοί του λογισμικού και ορισμένα καλά σχεδιασμένα στοιχεία διεπαφής μπορούν οπωσδήποτε να επιταχύνουν την περίοδο προσαρμογής.

Το σύστημα της αγοράς σποτ MEC είναι σχεδιασμένο να συνταιριάζει την συνολική προσφορά ενέργειας με τη ζήτηση, αλλά όπως έχουμε περιγράψει ως τώρα, μπορεί να είναι αποτελεσματικό μόνο όταν υπάρχει διαθέσιμη επαρκής παραγωγική δυναμικότητα. Μπορεί επίσης να οργανωθεί μια προθεσμιακή αγορά για MECs που μπορεί ενδεχομένως να προβλέπει, ακόμα και χρηματοδοτεί τις μελλοντικές ανάγκες σε παραγωγικό δυναμικό και ίσως να αντισταθμίζει τα τρέχοντα ελλείμματα σε ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές με μια μελλοντική ικανότητα παραγωγής σε ενέργεια τέτοιας μορφής. Τα χαρακτηριστικά αυτά του ενεργειακού συστήματος MEC αφορούν τις προθεσμιακές αγορές που θα παρουσιάσουμε στην επόμενη ενότητα.[2]

7.3 ΠΡΟΘΕΣΜΙΑΚΕΣ ΑΓΟΡΕΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ MEC

Υπάρχουν δύο βασικοί μηχανισμοί που περιλαμβάνονται στις προθεσμιακές αγορές του συστήματος MEC: (1) προ-κατανεμημένα ergos (PAEs), τα οποία σαφώς επεκτείνουν τον εποχικό μηχανισμό προσδιορισμού του υπολοίπου, ώστε να καλύπτει πολλαπλές περιόδους μέσω της προ-κατανομής της παραγωγής ενέργειας και (2) προθεσμιακά ergos (EFs), τα οποία μπορούν να ανταλλάσσονται σε μια τυπική προθεσμιακή αγορά ergos.

7.3.1 Προ-κατανεμημένες πιστώσεις

Για αναπτυσσόμενες οικιστικές περιοχές που βασίζονται στην ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές και που χαρακτηρίζονται από ισχυρούς ενεργειακούς περιορισμούς, όπως είναι η πόλη Masdar, το σύστημα MEC μπορεί να εξασφαλίσει τη μελλοντική προσφορά ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές μέσω της προ-έκδοσης μέρους της μελλοντικής προσφοράς των ergos. Τα προ-κατανεμημένα αυτά ergos λειτουργούν όπως τα συνηθισμένα ergos και μπορούν να στηρίζουν τη λογιστική οργάνωση του ενεργειακού ισοζυγίου στη διάρκεια της περιόδου έκδοσης. Για παράδειγμα, αν η κατασκευή μιας μεγάλης μονάδας παραγωγής ανανεώσιμης

ενέργειας βρίσκεται σε εξέλιξη και θα είναι έτοιμη να λειτουργήσει σε δύο χρόνια με μια συγκεκριμένη ονομαστική παραγωγή, ένα τμήμα αυτής της παραγωγής μπορεί να κατανεμηθεί και να εκδοθεί με τη μορφή *ergos* πριν το σύστημα ξεκινήσει την παραγωγή του. Αυτό φυσικά σημαίνει, ότι προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος για μηδενικές καθαρές εκπομπές άνθρακα, όταν η εγκατάσταση θα είναι σε λειτουργία και μέχρι να υπερβεί η παραγωγή την «ενεργειακή απαίτηση», μόνο το τμήμα της ενέργειας που απομένει μπορεί να μετατραπεί σε *ergos*, ενώ το υπόλοιπο θα πρέπει να εξαχθεί στο δίκτυο, χωρίς να το διπλο-εγγράψουμε. Αυτό μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για πόλεις με καθαρές μηδενικές εκπομπές άνθρακα, καθώς η αύξηση της ζήτησής τους σε ενέργεια ενδέχεται να μη βρίσκεται σε πλήρη αντιστοιχία με την δυνατότητά τους για αύξηση της παραγωγής ενέργειας. Με την έκδοση προ-κατανεμημένων *ergos*, η CEA μπορεί να αναγνωρίζει τρέχοντα ελλείμματα σε ανανεώσιμη ενέργεια, μπορεί να πετυχαίνει μερική χρηματοδότηση για επενδύσεις στην επέκταση της παραγωγικής ικανότητας, αναλαμβάνει την εγκατάσταση νέας παραγωγικής ικανότητας και αποτρέπει τη δημιουργία ελλειμμάτων σε *ergos*. Επιπλέον, τα προ-κατανεμημένα *ergos* επιτρέπουν την αντιστάθμιση μεταξύ πρόσκαιρης παραγωγής ενέργειας και αγοράς πιστώσεων άνθρακα (για παράδειγμα πιστώσεων από Πιστοποιημένες Μειώσεις Εκπομπών), προκειμένου να διατηρηθεί το επίπεδο μηδενικών καθαρών εκπομπών άνθρακα σε ένα δεδομένο χρονικό πλαίσιο. Προκειμένου να μειωθεί η πιθανότητα δημιουργίας υπερβολικής απαίτησης σε ενέργεια, το χρονικό πλαίσιο για προ-κατανομή (βλέπε Εξ. (3)) θα μπορούσε να περιοριστεί σε ένα κλάσμα του ορίζοντα σχεδιασμού επέκτασης της παραγωγικής ικανότητας (π.χ. 2-3 έτη). [2]

7.3.2 Προθεσμιακά προϊόντα σε *ergos*

Προκειμένου να προαχθεί ο ενεργειακός σχεδιασμός και οι επενδύσεις κεφαλαίων για μελλοντική παραγωγική ικανότητα, το σύστημα MEC μπορεί να προσφέρει ένα μηχανισμό επενδύσεων στην ενέργεια μέσω της έκδοσης *ergos* με συγκεκριμένο χρόνο ενεργοποίησης. Τα προθεσμιακά αυτά προϊόντα σε *ergos*, εκδίδονται έναντι μελλοντικής παραγωγής ενέργειας. Τα προθεσμιακά σε *ergos* είναι τα μόνα *ergos* που μπορούν οι χρήστες να τα διαπραγματεύονται μέχρι την ενεργοποίησή τους, μετά την οποία θα λειτουργούν όπως τα κοινά *ergos* και θα λήγουν. Παρέχουν εγγύηση στους αγοραστές για το ότι θα έχουν στη διάθεσή τους ενέργεια κατά την ημερομηνία ενεργοποίησης. Με την προσφορά συμβολαίου εγγυημένης ενεργειακής προσφοράς σε μια γνωστή τιμή, η ζήτηση για τα προθεσμιακά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης μελλοντικών αναγκών ενέργειας. Τα προθεσμιακά σε *ergos* παρέχουν τη δυνατότητα για χρηματοδότηση προγραμμάτων συστηματοποιημένης παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας και επίσης μειώνουν τον κίνδυνο από την τιμή της ενέργειας για τους θεσμικούς καταναλωτές ενέργειας. Τα προθεσμιακά σε *ergos* είναι πλήρως εμπορεύσιμα (δηλαδή μπορούν να αγοραστούν και να μεταπωληθούν χωρίς περιορισμούς) μέχρι την ενεργοποίησή τους, οπότε και μεταβάλλονται σε κοινά *ergos* με συγκεκριμένη περίοδο ισχύος. [2]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8
Σύνοψη και Προεκτάσεις

Το αυξανόμενο ενδιαφέρον του ευρύτερου κοινού για τη μείωση των εκπομπών άνθρακα έχει τροφοδοτήσει την ανάπτυξη των «οικο-πόλεων» που προσπαθούν να επιτύχουν χαμηλές, ουδέτερες ή μηδενικές εκπομπές άνθρακα. Οι συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα στα 350 ppm από 385ppm που είναι σήμερα, είναι ο ευρέως αποδεκτός στόχος για τη διατήρηση της παγκόσμιας αλλαγής θερμοκρασίας έως 2C. Η επίτευξη αυτού του στόχου σταθεροποίησης του κλίματος απαιτεί τη μείωση της εκπομπής του άνθρακα κατά 95% στο βιομηχανοποιημένο κόσμο μέχρι το 2050. Για να συμβεί αυτό, πρέπει όλες οι αναπτυγμένες πόλεις του κόσμου, μέχρι το 2030 να είναι μηδενικού άνθρακα. Δυστυχώς, η έλλειψη ενός αποσαφηνισμένου πλαισίου για τους όρους αυτούς, έχει περιορίσει τη χρησιμότητά τους ως εφικτούς ποσοτικούς στόχους, ικανούς να καθοδηγήσουν τις αποφάσεις του αστικού και ενεργειακού προγραμματισμού. Διευκρινίσεις σχετικά με τα όρια του συστήματος και τα πεδία εκπομπών για μια συγκεκριμένη πόλη είναι απαραίτητες, προκειμένου να αναπτύξει μια στρατηγική για την παρακολούθηση και τη διαχείριση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα σε αστικό επίπεδο.

Ένα τέτοιο πλαίσιο παρουσιάστηκε και αναλύθηκε στο πρώτο μέρος της διπλωματικής εργασίας. Το **Μεθοδολογικό Πλαίσιο Υπολογισμού Άνθρακα σε επίπεδο Πόλης – CiFCA** για την ταξινόμηση των αστικών εκπομπών και τον καθορισμό των στρατηγικών μείωσης σύμφωνα με έναν ιεραρχικό καθορισμό προτεραιοτήτων καθώς και της τακτικής ταξινόμησης των πραγματοποιημένων στόχων. Αυτή η προσέγγιση έχει προταθεί προκειμένου να επιβληθούν οι ακριβείς τεχνικοί περιορισμοί στις δραστηριότητες που εμπίπτουν στην αρμοδιότητα μιας δημοτικής αρχής, επιτρέποντας παράλληλα ευελιξία στον τρόπο εξισορρόπησης των εκπομπών για δραστηριότητες που δεν εμπίπτουν στα όρια των πόλεων.

Στο δεύτερο μέρος της διπλωματικής, παρουσιάστηκε ένα ολοκληρωμένο σχέδιο τιμολόγησης της ενέργειας το οποίο να είναι σε θέση να καλύψει και να αποκαλύψει τις αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των διάφορων μορφών ενέργειας και υπηρεσιών ενέργειας. Το **Νομισματικό Σύστημα Βασισμένο στην Ενέργεια (EBCS)** προτείνεται στο περιβάλλον των αδυναμιών και δυνατοτήτων της πόλης Masdar City, η γενικότερη σύλληψη του οποίου, μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα αριθμό άλλων πόλεων που διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τους πόρους και τις υποδομές. Στους χρήστες του συστήματος κατανέμονται ενεργειακές πιστωτικές μονάδες, τα *ergos* ως παράλληλο νόμισμα, για την αγορά του ενεργειακού περιεχομένου διαφόρων αγαθών και υπηρεσιών. Κάθε ενεργειακή πιστωτική μονάδα στο MEC δίνει στον κάτοχο της πίστωσης το δικαίωμα να καταναλώσει μια συγκεκριμένη ποσότητα ενέργειας από μια ποικιλία υπηρεσιών που προσφέρονται στον τελικό χρήστη (π.χ. ηλεκτρισμό, δημόσια συγκοινωνία, ζεστό νερό) ή να αποφύγει την κατανάλωση και να πουλήσει την αντίστοιχη πίστωση μέσω ενός κεντρικά διαχειριζόμενου χρηματιστηρίου. Η ποσότητα πιστωτικών μονάδων που εκδίδονται στην πόλη Masdar City μπορεί να συνδέεται απευθείας με τη συνολική και πεπερασμένη προσφορά ανανεώσιμης ενέργειας που παράγεται εντός των ορίων της πόλης. Η σπανιότητα των πιστωτικών μονάδων μπορεί επομένως να χρησιμοποιηθεί ως κίνητρο προς τους καταναλωτές ώστε να μην υπερβαίνουν την τοπική προσφορά ενέργειας.

Άλλα συστήματα πιστωτικών μονάδων ή πιστοποιητικών ανανεώσιμης ενέργειας έχουν εφαρμοστεί σε άλλες περιοχές με βασική διαφορά ότι το σύστημα ενεργειακής πίστωσης που παρουσιάζεται στη παρούσα διπλωματική επικεντρώνεται στους

τελικούς καταναλωτές ενέργειας και περιλαμβάνει όλες τις υπηρεσίες που σχετίζονται με την ενέργεια εντός μιας συγκεκριμένης γεωγραφικής περιοχής. Συμπερασματικά, οι βασικές διαφορές του συστήματος αγοράς σποτ MEC από τα άλλα σχέδια ενεργειακής τιμολόγησης είναι ότι:

- α) βασίζεται σε μια λιανική αγορά,
- β) οι χρήστες δεν μπορούν να κερδοσκοπούν με τα ergos,
- γ) οι χρήστες δεν μπορούν να συσσωρεύουν τα ergos, εξαιτίας του γεγονότος ότι έχουν ημερομηνία λήξης και
- δ) καλύπτει ολόκληρη την αλυσίδα ενεργειακών αξιών μιας πόλης ή περιοχής και έτσι παρέχει ένα παράλληλο νόμισμα για την ολοκλήρωση κάθε συναλλαγής υπηρεσιών ή προϊόντων στην πόλη.

Συγκρίνοντας τις αθροιστικές καμπύλες πραγματικής και επιθυμητής ζήτησης, αντί της συνολικής διαθεσιμότητας ή τις καμπύλες στιγμιαίας ζήτησης, μπορεί το σύστημα να αποφύγει προβλέψιμες ελλείψεις και επομένως τον πληθωρισμό της συναλλαγματικής ισοτιμίας στο τέλος μιας περιόδου, ενώ ταυτόχρονα αποτρέπεται η αστάθεια στην τιμή της ενέργειας από διακυμάνσεις της νομισματικής ζήτησης. Περαιτέρω βελτίωση και επέκταση του προτεινόμενου συστήματος θα απαιτήσει τα παρακάτω διαδοχικά βήματα:

- δοκιμές προσομοίωσης των τύπων τιμολόγησης με τη χρήση μοντέλων σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές
- πειράματα σε πραγματικές συνθήκες, χρησιμοποιώντας δείγματα πληθυσμού για την εκτίμηση της σχετικής αποτελεσματικότητας του συστήματος
- αύξηση του εύρους των προσφερόμενων υπηρεσιών, συμπεριλαμβάνοντας την έμμεση ενέργεια προκειμένου να επεκταθεί ο ρόλος του συμπληρωματικού νομίσματος
- εφαρμογή σε περιοχή με λιγότερο ολοκληρωμένες υποδομές από αυτές που διαθέτει η πόλη Masdar και εφαρμογή σε περιοχή όπου ο στόχος θα είναι η μερική χρήση ανανεώσιμης ενέργειας και όχι η ολική.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Sgouris Sgouridis & Scott Kennedy: Rigorous classification and carbon accounting principles for low and Zero
- [2] Sgouris Sgouridis & Scott Kennedy: Tangible and fungible energy: Hybrid energy market and currency system for total energy management. A Masdar City case study
- [3] United Nations, 2009. Copenhagen accord. Available at <http://www.unfccc.int/resource/docs/2009/cop15/eng/107.pdf> 2009. Accessed February 19, 2010.
- [4] Clarke, L., Böhringer, C., Rutherford, T.F., 2009a. International, U.S. and E.U. climate change control scenarios: results from EMF 22. *Energy Economics* 31 (Suppl. 2), S63–S306.
- [5] Clarke, L., Edmonds, J., Krey, V., Richels, R., Rose, S., Tavoni, M., 2009b. International climate policy architectures: overview of the EMF 22 International Scenarios. *Energy Economics* 31, S64–S81.
- [6] Nakicenovic, N., 1996. Decarbonization: doing more with less. *Technological Forecasting and Social Change* 51 (1), 1–17.
- [7] Nordhaus, W.D., 2010. Economic aspects of global warming in a post-Copenhagen environment. *Proceedings of the U.S. National Academy of Sciences* 107 (26), 11721–11726.
- [8] Bouman, Mathijs, Heijungs, Reinout, Ester van der Voet, Jeroen C.J.M., van den Bergh, Huppes, Gjalt, 2000. Material flows and economic models: an analytical comparison of SFA, LCA and partial equilibrium models. *Ecological Economics* 32 (2), 195–216. doi:10.1016/S0921-8009(99)00091-9 February.
- [9] Chance, Tom, 2009. Towards sustainable residential communities; the Beddington Zero Energy Development (BedZED) and beyond. *Environment and Urbanization* 21 (2), 527–544. doi:10.1177/0956247809339007 October 1.
- [10] Cheng, Hefa, Hu, Yuanan, 2010. Planning for sustainability in China's urban development: status and challenges for Dongtan eco-city project. *Journal of Environmental Monitoring* 12 (1), 119–126.
- [11] Communities and Local Government. 2006. Code for Sustainable Homes: A step-change in sustainable home building practice. Publication (Reports and summaries). December 13. /<http://www.communities.gov.uk/archived/publications/planningandbuilding/codesustainableS>.
- [12] CoMO. 2011. Covenant of Mayors—Sustainable Energy Action Plans. http://www.eumayors.eu/actions/sustainable-energy-action-plans_en.htmlS.
- [13] Curran, Mary, 1996. Environmental life-cycle assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 1 (3), 179. doi:10.1007/BF02978949.
- [14] Davis, Steven J., Caldeira, Ken, 2010. Consumption-based accounting of CO₂ emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107 (12), 5687–5692. doi:10.1073/pnas.0906974107 March 23.
- [15] European Commission. 2010. Covenant of Mayors. May 31. /http://www.eumayors.eu/about_the_covenant/index_en.htmS.
- [16] Fearnside, Philip M., Lashof, Daniel A., Moura-Costa, Pedro, 2000. Accounting for time in Mitigating Global Warming through land-use change and forestry. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 5 (3), 239–270. doi:10.1023/A:1009625122628.

- [17] GEN. 2011.GlobalEcovillageNetwork. Global EcovillageNetwork.
/http://gen. ecovillage.org/S.
- [18] Griffith, B.,N.Long,P.Torcellini,R.Judkoff,D.Crawley,andJ.Ryan.2007.
Assessment ofthetechnicalpotentialforachievingnetzero-energybuildings in
thecommercialsector.TechnicalReport.NationalRenewableEnergy
Laboratory, Golden,Colorado,December
/http://www.nrel.gov/docs/fy08osti/ 41957.pdfS.
- [19] Guo,
Jiehan,Hepburn,CameronJ.,Tol,RichardS.J.,Anthoff,David,2006.Discount-
ing andthesocialcostofcarbon:acloserlookatuncertainty.Environmental
Science &Policy9(3),205–216.doi:10.1016/j.envsci.2005.11.010May.
- [20] Kennedy,Christopher,Steinberger,Julia,Gasson,Barrie,Hansen,Yvonne,
Hillman,
Timothy,Havranek,Miroslav,Pataki,Diane,Phdungsilp,Aumnad,Ramaswa
mi, Anu,
VillalbaMendez,Gara,2009.Greenhousegasemissionsfromglobalcities.
EnvironmentalScience&Technology43(19),7297–
7302.doi:10.1021/es900213p October1.
- [21] Kennedy,Christopher,Steinberger,Julia,Gasson,Barrie,Hansen,Yvonne,
Hillman, Timothy, Havra' nek,
Miroslav,Pataki,Diane,Phdungsilp,Aumnad,Ramaswami, Anu,
VillalbaMendez,Gara,2010.Methodologyforinventoryinggreenhouse gas
emissionsfromglobalcities.EnergyPolicy38(9),4828–4837.
doi:10.1016/j.enpol.2009.08.050 (September).
- [22] Kenworthy, Jeffrey R., 2006. The eco-city: ten key transport and
planning dimensions for sustainable city development. Environment and
Urbanization 18 (1), 67–85. doi:10.1177/0956247806063947 April 1.
- [23] Lal, R., 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change.
Geoderma 123 (1–2), 1–22. doi:10.1016/j.geoderma.2004.01.032
November.
- [24] Lovell, Heather, Bulkeley, Harriet, Liverman, Diana, 2009. Carbon
offsetting: sustaining consumption? Environment and Planning A 41 (10),
2357–2379. doi:10.1068/a40345.
- [25] Metz,
B.,Davidson,P.R.,Dave,R.,Meyer,L.A.(Eds.),2007.ClimateChange 2007—
Mitigation ofClimateChange:WorkingGroupIIIContributiontothe Fourth
AssessmentReportoftheIPCC.CambridgeUniversityPress,United Kingdom.
- [26] Ramaswami, Anu, Hillman, Tim, Janson, Bruce, Reiner, Mark,
Thomas, Gregg, 2008. A demand-centered, hybrid life-cycle methodology
for city-scale greenhouse gas inventories. Environmental Science &
Technology 42 (17), 6455–6461. doi:10.1021/es702992q.
- [27] Rangathan, Janet, Corbier, Laurent, Bhatia, Pankaj, Schmitz, Simon,
Gage, Peter, Oren, Kjell, 2004. The Greenhouse Gas Protocol: A
Corporate Accounting and Reporting Standard. World Business Council
for Sustainable Development & World Resources Institute, USA.
- [28] Reiche, Danyel, 2010. Renewable Energy Policies in the Gulf
countries: a case study of the carbon-neutral ‘Masdar City’ in Abu Dhabi.
Energy Policy 38 (1), 378–382. doi:10.1016/j.enpol.2009.09.028 January.

- [29] Richards, Kenneth R., 1997. The time value of carbon in bottom-up studies. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 27 (1 suppl. 1), 279. doi:10.1080/10643389709388526.
- [30] Rockstrom, Johan, Steffen, Will, Noone, Kevin, Asa Persson, F. Stuart, Chapin, Eric F., Lambin, Timothy M., Lenton, et al., 2009. A safe operating space for humanity. *Nature* 461 (7263), 472–475. doi:10.1038/461472a.
- [31] Schlesinger, W.H., 1999. Carbon sequestration in soils. *Science* 284 (5423), 2095. Sedjo, Roger A., Marland, Gregg, 2003. Inter-trading permanent emissions credits and rented temporary carbon emissions offsets: some issues and alternatives. *Climate Policy* 3 (4), 435–444. doi:10.1016/S1469-3062(03)00051-2 December.
- [32] Sgouridis, Sgouris, Kennedy, Scott, 2010. Tangible and fungible energy: hybrid energy market and currency system for total energy management. A Masdar City case study. *Energy Policy* 38 (4), 1749–1758. doi:10.1016/j.enpol.2009.11.049 April.
- [33] Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L., 2007. *Climate Change 2007—The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2007. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- [34] Uihlein, A., Poganietz, W.R., Schebek, L., 2006. Carbon flows and carbon use in the German anthroposphere: an inventory. *Resources, Conservation & Recycling* 46 (4), 410–429.
- [35] Weidema, B.P., Thrane, M., Christensen, P., Schmidt, J., Løkke, S., 2008. Carbon footprint. *Journal of Industrial Ecology* 12(1), 3–6.
- [36] Wiedmann, T., and J. Minx. 2007. A definition of carbon footprint. ISAUK Research Report 07-01. Centre for Integrated Sustainability Analysis, Durham, United Kingdom.
- [37] Wolman, A., 1969. The metabolism of cities Water, Health and Society. Indiana University Press 276-296.
- [38] Berry, D., 2002. The market for tradable renewable energy credits. *Ecological Economics* 42 (3), 369–379.
- [39] Chandley, J.D., 2001. A standard market design for regional transmission organizations. *The Electricity Journal* 14 (10), 27–53.
- [40] Cramton, P., 2003. Electricity market design: the good, the bad and the ugly. In: *Proceedings of the Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii, January 2003, pp. 1–8.
- [41] Fleming, F., 1997. Tradable quotas: using information technology to cap national carbon emissions. *European Environment* 7, 139–148.
- [42] IEA, 2006. 2006 Energy balance for world. International Energy Agency. Available at: <http://iea.org/Textbase/stats/index.asp>. Retrieved May 14, 2009.
- [43] Keynes, J.M., 1936. In: *The General Theory of Employment, Interest and Money* 2007 ed. Palgrave.
- [44] Lietaer, B., 2001. *The Future of Money: Creating New Wealth, Work, and a Wiser World*, Century.

- [45] Lijesen, M.G., 2007. The real-time price elasticity of electricity. *Energy Economics* 29 (2), 249–258.
- [46] Patrick, R.H. & Wolak, F., 2001. Estimating the customer-level demand for electricity under real-time market prices. NBER Working Paper.
- [47] Reiche, D., Renewable energy policies in the Gulf countries: a case study of the carbon-neutral “Masdar City” in Abu Dhabi. *Energy Policy*, 2009, doi:10.1016/j.enpol.2009.09.028.
- [48] Roh, J.H., Shahidehpour, M., Fu, Y., 2007. Market-based coordination of transmission and generation capacity planning. *IEEE Transactions on Power Systems* 22 (4), 1406–1419.
- [49] Schweppe, F.C., 1988. In: *Spot Pricing of Electricity*. Kluwer Academic Publishers.
- [50] Shrestha, G., Fonseka, P., 2004. Congestion-driven transmission expansion in competitive power markets. *IEEE Transactions on Power Systems* 19 (3), 1658–1665.
- [51] Zarnikau, J., 2008. Demand participation in restructured markets. In: Sioshansi, F.P. (Ed.), *Competitive Electricity Markets: Design, Implementation, Performance*. Elsevier, Oxford, UK.