

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών
Υπολογιστών

GRAPHICAL USER INTERFACE FOR DEMAND-RESPONSE APPLIANCES

Μεταπτυχιακή Διατριβή

ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ ΣΑΒΒΙΔΗΣ

Βόλος

28/06/2016

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών και βασικό επιβλέποντα της Μεταπτυχιακής αυτής εργασίας κύριο Τσουκαλά Ελευθέριο που μου έδωσε την ευκαιρία να πραγματοποιήσω αυτή τη μελέτη. Η υποστήριξή του, η αμέριστη συμπαράστασή του, αλλά και οι διαρκείς υποδείξεις του βοήθησαν στην έγκαιρη ολοκλήρωση αυτής της μελέτης.

Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους έτερους επιβλέποντες καθηγητές, την κυρία Τσομπανοπούλου Παναγιώτα αναπληρώτρια καθηγήτρια και τον κύριο Πλέσσα Φώτιο επίκουρο καθηγητή του Τμήματος για τη συμμετοχή τους στην επιτροπή αξιολόγησης και την καθοδήγηση τους, καθώς και το συνάδελφο Ραφίκ Φάιντι διδακτορικό φοιτητή του τμήματος για την βοήθεια του και την προγενέστερη δουλειά του πάνω σε ζητήματα με τα οποία καταπιάνεται η προκείμενη εργασία.

Περιεχόμενα

Περίληψη	5
Abstract.....	5
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή.....	6
Κεφάλαιο 2. Σπατάλη ενέργειας σήμερα	10
2.1 Παρουσίαση της κατάστασης σήμερα.....	10
2.2 Τι ποσοστό αυτής της ενέργειας θεωρείται σπατάλη.....	13
2.3 Ενεργοβόρες συσκευές οικιακού εξοπλισμού.....	14
2.4 Πως η καλύτερη διαχείριση της κατανάλωσης από τους χρήστες θα μπορούσε να μειώσει το κόστος;	15
Κεφάλαιο 3. Παρακολούθηση Ενέργειας (Monitoring)	18
3.1 Εισαγωγή.....	18
3.2 Monitoring ιστορικά στοιχεία.....	19
3.3 Το monitoring σήμερα	22
3.4 Αρχές λειτουργίας monitoring και εξοπλισμός	23
3.4.1 smart grid.....	23
3.4.2 smart meters	24
3.5 Αποτελεσματικότητα μετρητών ενέργειας σε όρους εξοικονόμησης	28
Κεφάλαιο 4. Οπτικοποίηση Δεδομένων	33
4.1 Εισαγωγή.....	33
4.2 Διαδικασία της οπτικοποίησης δεδομένων.....	34
4.3 Κατηγοριοποίηση των Μεθόδων Οπτικοποίησης.....	35
4.3.1 Πίνακας.....	36
4.3.2 Κυκλικό Διάγραμμα (Διάγραμμα Πίτας)	37
4.3.3 Ραβδόγραμμα (Bar Chart)	38
4.3.4 Ιστόγραμμα (Histogram)	39

4.3.5 Διάγραμμα Γραμμής (Line Chart)	39
4.3.6 Διάγραμμα Περιοχής (Area Chart)	40
4.4 Διαφορές στην αντίληψη των δεδομένων από τους χρήστες.....	41
Κεφάλαιο 5. Προτεινόμενη λύση	45
5.1 Μοντέλο βραχυπρόθεσμης αγοράς ενέργειας.....	45
5.2 Διεπαφή έξυπνου μετρητή	47
5.3 Περιγραφή demo εφαρμογής.....	48
5.4 Βελτιώσεις.....	51
Αναφορές.....	54

Περίληψη

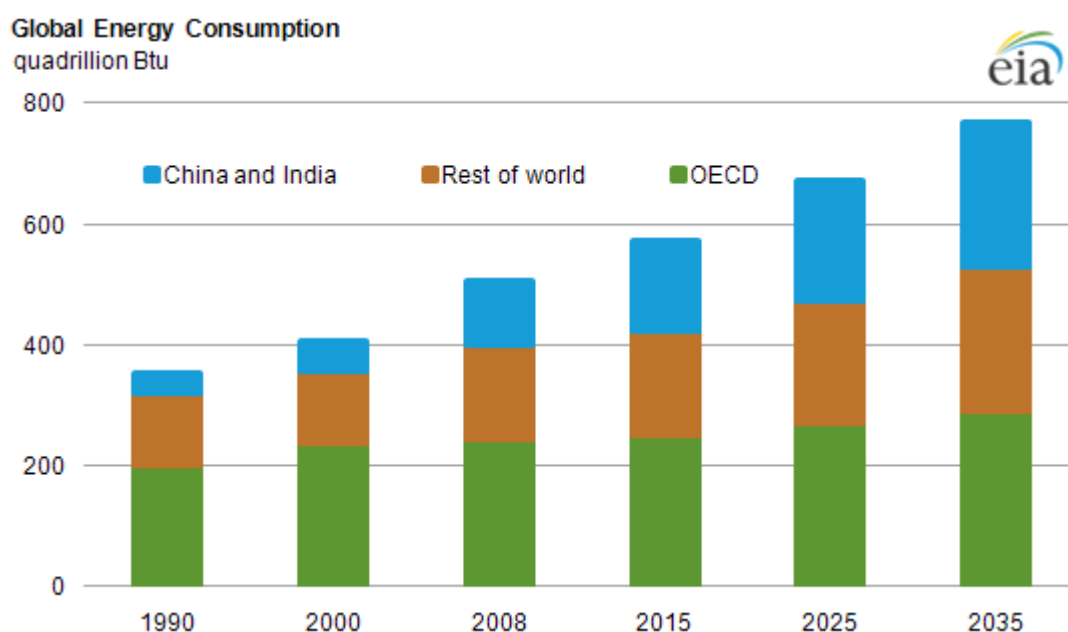
Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη και κατανόηση των μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας στο επίπεδο των οικιακών καταναλωτών μέσω της έξυπνης διαχείρισης των οικιακών συσκευών αλλά και λαμβάνοντας υπόψη ότι έχουν ληφθεί ήδη όλα τα γνωστά μέχρι σήμερα μέτρα μείωσης της σπατάλης (μόνωση, αντικατάσταση ενεργοβόρων συσκευών κλπ). Οι περισσότερες προτάσεις διαχείρισης ενέργειας σήμερα αφορούν συμπεριφορές που πρέπει να υιοθετήσουν οι οικιακοί καταναλωτές με βάση τη ζήτηση και τη συνολική κατανάλωση, ιδίως σε περιόδους αιχμής. Εδώ προτείνουμε την προσέγγιση της διαχείρισης ενέργειας από την σκοπιά του ορισμού ενός σταθερού προϋπολογισμού από τους καταναλωτές και την αυτοματοποίηση της λειτουργίας βασικών οικιακών συσκευών, με τη βοήθεια της τεχνολογίας των έξυπνων μετρητών, του έξυπνου δικτύου, μοντέλων πρόβλεψης τιμής, αλλά και προγραμμάτων ανταπόκρισης-ζήτησης

Abstract

The purpose of this work is the study and understanding of energy saving methods in the residential level through the smart management of home appliances, taking also into consideration that all the currently applied energy saving measures (insulation, replacement of energy-intensive appliances, etc.) have been already utilized. Most energy management proposals are related to the behaviors and actions that the domestic end users have to adopt regarding the demand and overall consumption level and mostly at peak periods. This work suggests an energy management approach through a monthly budget regarding the energy expenses of a household and the automation of the appliances' operation by utilizing the state-of-the-art technologies and concepts like smart meters, smart grid, price forecasting techniques and demand-response programs

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

Η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο τις τελευταίες δεκαετίες, έχει προκαλέσει σημαντικά προβλήματα στην ισορροπία του περιβάλλοντος ενώ παράλληλα μειώνει τα αποθεματικά των φυσικών πόρων. Οι απαιτητικές και διαρκώς διογκούμενες ανάγκες των αστικών κέντρων, καθώς και η ραγδαία εκβιομηχάνιση αύξησε κατακόρυφα τις ανάγκες σε ενέργεια. Δημοσιευμένες έρευνες από τους μεγαλύτερους οργανισμούς (European Commission¹, OECD², Energy Information Administration³) δείχνουν ότι οι ανάγκες για ενέργεια ολοένα και αυξάνονται, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.



Εικόνα 1. Κατανάλωση ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο.

Πηγή: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=3130>

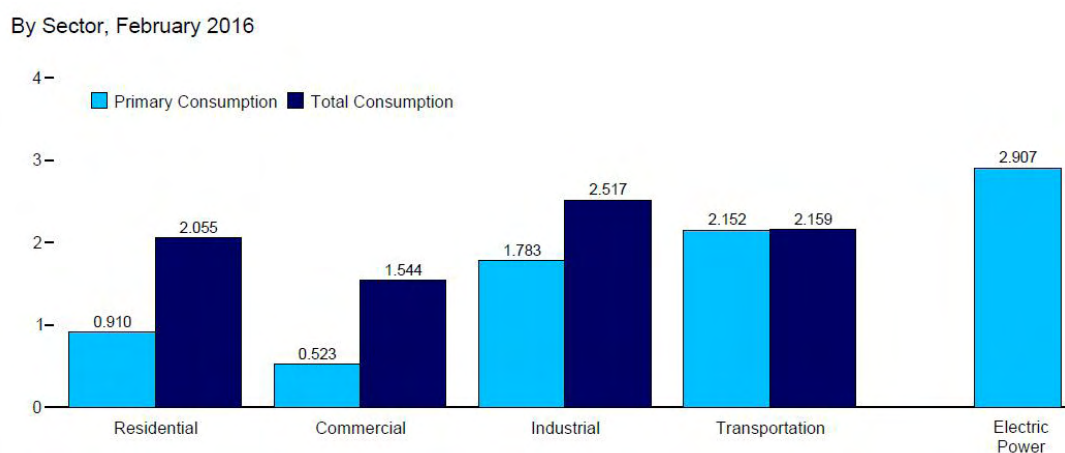
Η κατανάλωση ενέργειας παρουσιάζει αυξητική τάση, ειδικά σε χώρες που διαθέτουν βαριά βιομηχανία. Όπως όμως μπορούμε να δούμε και στο παρακάτω διάγραμμα, ο βιομηχανικός τομέας δεν είναι ο μοναδικός με μεγάλα ποσά

¹ <https://ec.europa.eu/energy/>

² <http://www.oecd-ilibrary.org/energy/>

³ <https://www.eia.gov/>

κατανάλωσης ενέργειας καθώς οι μεταφορές και ο κτηριακός τομέας απαιτούν επίσης σημαντικά ποσά ενέργειας.



Εικόνα 2. Καταμερισμός μορφών ενέργειας ανά τομέα.

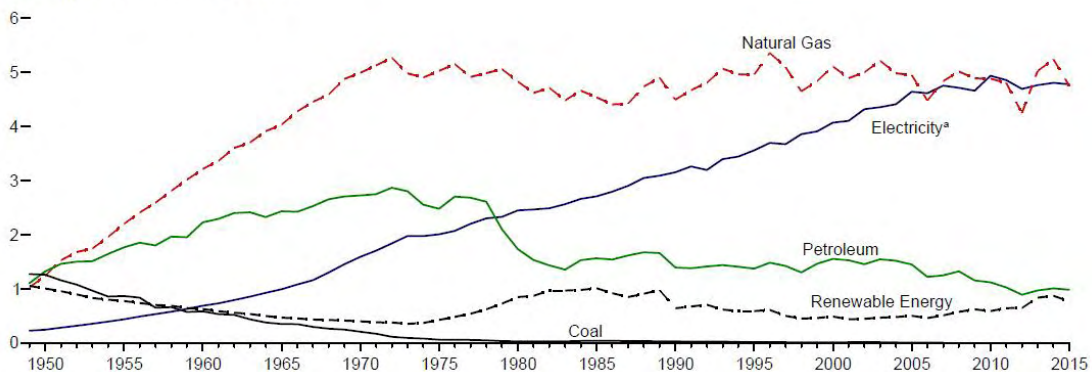
Πηγή: <http://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/pdf/sec2.pdf>

Τα τελευταία χρόνια, γίνονται προσπάθειες για εξοικονόμηση ενέργειας στους περισσότερο ενεργοβόρους τομείς και κυρίως σε κτηριακό επίπεδο. Οι εναλλακτικές μορφές ενέργειας (ηλιακή, αιολική, υδροηλεκτρική και γεωθερμική ενέργεια) προσφέρουν μια εναλλακτική λύση για την κάλυψη κάποιων ενεργειακών αναγκών αλλά η μικρή σχετικά απόδοση τους σε συνδυασμό με το μεγάλο κόστος εφαρμογής τους δείχνουν ότι προς το παρόν δεν αποτελούν τη λύση του προβλήματος. Με τους φυσικούς πόρους να αποκτούν ημερομηνία λήξης η εξοικονόμηση και η βελτίωση της διαχείρισης της ενέργειας κρίνονται πλέον επιτακτικές.

Ιδιαίτερη σημασία έχει η επόμενη εικόνα, η οποία δείχνει ξεκάθαρα την ραγδαία αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στον κτηριακό – οικιακό τομέα.

Residential Sector Energy Consumption (Quadrillion Btu)

By Major Source, 1949–2015



Εικόνα 3. Κατανάλωση ενέργειας κτηριακού τομέα από το 1950

Πηγή: <http://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/pdf/sec2.pdf>

Με την συμβολή των έξυπνων συστημάτων, των υπολογιστών και γενικότερα των Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ), οι καταναλωτές τόσο οι βιομηχανικοί όσο και οι οικιακοί, έχουν πλέον στη διάθεση τους μια πληθώρα εργαλείων για την καλύτερη διαχείριση της ενέργειας που καταναλώνουν, γεγονός που αποφέρει σημαντικά οφέλη σε περιβαλλοντικό, οικονομικό και κοινωνικό επίπεδο.



Εικόνα 2. Σύστημα παρακολούθησης και έλεγχου της ηλεκτρικής ενέργειας.

Πηγή: <http://www.pals.gr/>

Με γνώμονα το ότι η ενέργεια δεν αποθηκεύεται η εύρεση λύσης στο πρόβλημα της υπερκατανάλωσης στράφηκε από νωρίς στη βελτιστοποίηση της διαχείρισης της. Αυτό που κάποτε έμοιαζε με πολυτέλεια του μέλλοντος τα τελευταία χρόνια αποτελεί πραγματικότητα. Οι καταναλωτές έχουν στη διάθεση τους τα μέσα για τον έλεγχο και την παρακολούθηση (monitoring) της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε πραγματικό χρόνο. Αυτά τα εργαλεία παρέχουν μια πληθώρα πλεονεκτημάτων (οικονομία, λειτουργικότητα, ασφάλεια) ενώ ο καταναλωτής μπορεί να διαπιστώσει εύκολα ποιες είναι οι κατεξοχήν ενεργοβόρες συσκευές που διαθέτει και χρήζουν άμεσης αντικατάστασης με στόχο την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας. Το επόμενο όμως βήμα θα είναι να γνωρίζει ο καταναλωτής τις ώρες στις οποίες μπορεί να έχει φθηνότερη ενέργεια για να μειώσει τις δαπάνες του αλλά και ακόμα καλύτερα να προγραμματίσει την κάλυψη των αναγκών του σε ενέργεια με βάση έναν προϋπολογισμό που θέλει να διαθέσει για αυτό το σκοπό. Όλα τα παραπάνω προϋποθέτουν ένα απλό εύχρηστο και κατανοητό από τους οικιακούς χρήστες σύστημα παρακολούθησης και οπτικοποίησης των απαραίτητων δεδομένων και μετρήσεων το οποίο μπορεί να έχει και ενεργό ρόλο στην αυτοματοποίηση της λειτουργίας συγκεκριμένων συσκευών.

Κεφάλαιο 2. Σπατάλη ενέργειας σήμερα

2.1 Παρουσίαση της κατάστασης σήμερα.

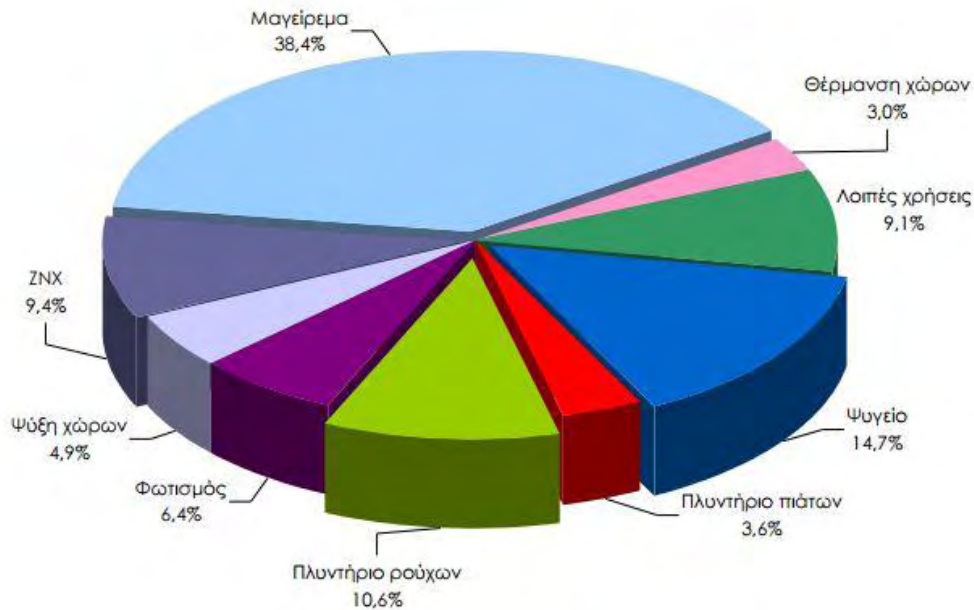
Σήμερα, η κατανάλωση ενέργειας βρίσκεται σε αρκετά υψηλά επίπεδα, η ζήτηση σε παγκόσμιο επίπεδο συνεχώς αυξάνεται, με εξαίρεση κάποιες χώρες (Ελλάδα, Ιταλία, Ισπανία), οι οποίες μείωσαν την κατανάλωση τους ως απόρροια της δημοσιονομικής προσαρμογής και της οικονομικής εξυγίανσης που τους επιβλήθηκε. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η συνολική κατανάλωση ενέργειας των κρατών μελής της ΕΕ-28 με διάστημα 1995-2014 όπου είναι εμφανής η μείωση της κατανάλωσης στην Ελλάδα από το 2008 και μετά.

		Unit of measure				
TIME		Thousand TOE (tonnes of oil equivalent)				
Products		Energy indicator				
All products		Gross inland consumption				
TIME		1995	2000	2005	2008	2009
GEO						
Belgium		53.831,3	59.331,0	59.075,8	59.374,4	56.829,1
Bulgaria		22.689,4	18.522,6	19.754,1	19.926,4	17.503,9
Czech Republic		41.711,6	41.093,6	45.120,5	45.289,2	42.467,9
Denmark		20.203,4	19.736,1	19.556,2	19.678,1	18.910,0
Germany (until 1990 former t		341.641,1	342.333,3	341.910,4	337.812,9	317.192,1
Estonia		5.525,2	4.973,2	5.615,2	5.943,8	5.353,4
Ireland		11.066,5	14.426,3	15.264,9	15.710,6	14.838,5
Greece		23.866,0	28.292,3	31.410,1	31.836,4	30.605,4
Spain		102.076,0	123.641,6	144.222,6	141.778,9	130.526,5
France		241.777,2	257.540,3	276.598,2	271.249,3	259.299,6
Italy		161.764,7	174.219,2	190.081,0	186.337,1	173.731,5
Cyprus		1.965,2	2.412,6	2.538,6	2.897,2	2.817,4
Latvia		4.623,2	3.863,8	4.591,7	4.694,4	4.509,4
Lithuania		8.639,4	7.063,0	8.710,9	9.278,5	8.473,8
Luxembourg		3.323,7	3.653,9	4.800,3	4.631,6	4.364,3
Hungary		26.182,6	25.298,3	27.611,5	26.629,6	25.134,2
Malta		754,5	801,4	971,9	967,7	870,4
Netherlands		75.415,5	78.103,5	84.424,9	83.200,6	80.917,2
Austria		27.110,5	29.022,7	34.201,1	34.222,1	32.183,9
Poland		98.828,0	88.647,5	92.223,0	97.893,2	94.489,4
Portugal		20.635,8	25.284,7	27.475,0	25.413,9	25.067,9
Romania		46.305,4	36.649,4	39.206,3	40.276,6	35.554,7
Slovenia		6.072,3	6.451,2	7.325,4	7.756,2	7.054,1
Slovakia		17.718,6	18.301,8	19.028,7	18.297,6	16.770,1
Finland		29.363,4	32.435,8	34.536,8	36.007,6	33.936,7
Sweden		51.469,3	48.897,5	50.993,3	49.306,4	45.454,2
United Kingdom		222.250,3	230.559,9	234.000,9	219.135,2	206.790,0
Norway		23.793,3	26.432,0	27.169,8	32.587,5	31.673,4
TIME		2010	2011	2012	2013	2014
GEO						
Belgium		61.168,9	56.960,0	54.645,9	56.520,5	53.366,8
Bulgaria		17.774,1	19.095,4	18.233,1	16.756,4	17.732,3
Czech Republic		44.671,2	43.027,0	42.806,0	42.190,0	41.455,9
Denmark		20.044,1	18.603,0	17.937,4	18.216,2	16.905,2
Germany (until 1990 former t		332.968,2	316.732,3	318.619,0	324.488,8	312.969,3
Estonia		6.150,1	6.181,6	6.116,3	6.702,7	6.726,5
Ireland		15.165,4	13.858,3	13.755,0	13.698,5	13.562,5
Greece		28.838,0	27.897,2	27.650,1	24.300,4	24.429,6
Spain		130.253,3	128.496,3	128.089,5	119.329,3	116.680,6
France		267.089,2	257.543,1	257.793,0	258.949,9	248.498,2
Italy		177.925,4	172.477,7	165.682,8	159.515,0	151.027,1
Cyprus		2.739,6	2.690,1	2.514,8	2.185,3	2.224,4
Latvia		4.629,3	4.376,4	4.537,6	4.465,8	4.451,9
Lithuania		6.787,5	7.008,4	7.095,4	6.687,4	6.694,6
Luxembourg		4.641,0	4.566,5	4.462,5	4.338,5	4.215,1
Hungary		25.712,3	25.018,1	23.451,4	22.681,3	22.772,5
Malta		935,7	934,7	978,1	872,8	885,8
Netherlands		86.080,6	80.442,5	80.812,0	80.428,7	76.807,2
Austria		34.349,7	33.335,6	33.216,3	33.677,6	32.671,2
Poland		100.678,0	100.816,7	97.579,0	97.976,1	94.308,3
Portugal		24.282,4	23.626,2	22.249,1	22.399,8	22.097,0
Romania		35.799,6	36.558,4	35.373,2	32.427,7	32.289,7
Slovenia		7.343,3	7.333,0	7.050,8	6.873,3	6.681,9
Slovakia		17.854,9	17.392,1	16.692,4	16.996,3	16.180,6
Finland		37.138,4	35.857,7	34.709,3	34.126,5	34.592,5
Sweden		50.783,1	49.711,3	49.807,2	49.134,0	48.168,8
United Kingdom		212.474,6	198.218,8	203.983,5	202.173,8	189.340,1
Norway		34.338,3	28.427,5	30.071,7	33.653,9	29.236,7

Εικόνα 5. Κατανάλωση ενέργειας των κρατών μελής της ΕΕ-28 στο διάστημα 1995-2014. Πηγή: Eurostat - <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>

Η Ελλάδα, από το 2009, παρουσίασε περαιτέρω μείωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας λόγω της βαθιάς οικονομικής ύφεσης που πλήττει τη χώρα, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την συρρίκνωση μεγάλου ποσοστού των εισοδημάτων. Έτσι, για να μπορέσουν οι Έλληνες καταναλωτές να ανταπεξέλθουν στην δύσκολη οικονομική συγκυρία, ελαχιστοποίησαν την σπατάλη της ενέργειας για εξοικονόμηση χρημάτων και πολλά νοικοκυριά πήραν επιπλέον μέτρα όπως η αντικατάσταση των παλιών, ιδιαίτερα ενεργοβόρων συσκευών με νέες, φιλικές προς το περιβάλλον και καλής ενεργειακής κλάσης. Η δυσχερής οικονομική κατάσταση στην οποία έχουν περιέλθει πολλά Ελληνικά νοικοκυριά κάνει ακόμα μεγαλύτερη την ανάγκη για καλύτερο έλεγχο αλλά και προσαρμογή της κατανάλωσης ενέργειας στα μέτρα των καταναλωτών.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα έρευνας που διενήργησε η Ελληνική Στατιστική Αρχή το 2013, το 81% της ενέργειας που καταναλώνει σε ετήσια βάση ένα νοικοκυριό στη χώρα μας απορροφάται στις ανάγκες θέρμανσης και μαγειρέματος. Η αναλογία κατανάλωσης πετρελαίου και ηλεκτρισμού για την κάλυψη των ετήσιων αναγκών του είναι 44,1% και 26,8% αντίστοιχα. Όσον αφορά την ηλεκτρική ενέργεια το μεγαλύτερο ποσοστό καταναλώνεται για μαγείρεμα και φτάνει το 38,4% και ακολουθούν το ψυγείο και το πλυντήριο με ποσοστά 14,7% και 10,6% αντίστοιχα. Σημαντικό ποσοστό διαθέτει η κατανάλωση ενέργειας για ζεστό νερό χρήσης με ποσοστό 9.4%. Στην εικόνα 6 παρουσιάζονται διαγραμματικά τα ποσοστά κατανομής της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στα ελληνικά νοικοκυριά [1].



Εικόνα 6. Ποσοστιαία κατανομή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας οικίας

2.2 Τι ποσοστό αυτής της ενέργειας θεωρείται σπατάλη

Οι απαιτήσεις για κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας αυξάνουν συνεχώς ως απόρροια του σύγχρονου τρόπου ζωής. Τα αποτελέσματα είναι ο γοργός ρυθμός εξάντλησης των φυσικών πόρων, η επιβάρυνση του περιβάλλοντος και της οικονομίας. Η εξοικονόμηση ενέργειας δείχνει να είναι μονόδρομος και μπορεί να επιτευχθεί με μείωση της σπατάλης. Οι παλιές τεχνολογίας ηλεκτρικές συσκευές, οι ξεχασμένες σε κατάσταση αναμονής ή και λειτουργίας συσκευές ο συνεχώς ανοιχτός θερμοσίφωνας ή ο κλιματισμός είναι μόνο μερικές από τις αιτίες σπατάλης ενέργειας σε οικιακό επίπεδο. [2]. Η σπατάλη μέρους της ενέργειας που καταναλώνεται θεωρείται δεδομένη. Έρευνες έχουν δείξει ότι περίπου το 25% με 30% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται σπαταλάται σε μια οικία ή σε ένα γραφείο. [3].

2.3 Ενεργοβόρες συσκευές οικιακού εξοπλισμού

Μία από τις βασικές προτεραιότητες που έχει πλέον κάθε νοικοκυριό είναι να βρει τρόπους ώστε να μειώσει την κατανάλωση του ρεύματος στο σπίτι χωρίς παράλληλα να στερηθεί τις απαραίτητες χρήσεις που αυτό προσφέρει. Ένας πλήρης οικιακός εξοπλισμός διαθέτει αρκετές ενεργοβόρες συσκευές, οι οποίες καταναλώνουν μεγάλα ποσά ενέργειας για να λειτουργήσουν όπως ο θερμοσίφοντας, η ηλεκτρική κουζίνα, το κλιματιστικό και το στεγνωτήριο μαλλιών. Ωστόσο, για την εξοικονόμηση ενέργειας και κατ' επέκταση χρημάτων, πρέπει οι ενεργοβόρες συσκευές να λειτουργούν ορθότερα και με σύνεση.

Ιδιαίτερα χρήσιμα στοιχεία εξήχθησαν από έρευνα που διεξήχθη από το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (Α.Π.Θ), στα πλαίσια του ευρωπαϊκού ερευνητικού έργου : “Αντίστροφη μέτρηση για κατοικίες χαμηλού άνθρακα – Countdown to Low Carbon Homes”⁴, που υλοποιήθηκε στα πλαίσια των δράσεων «Eracobuild» της ΕΕ, καταγράφοντας τις καλές πρακτικές για μια πετυχημένη ενεργειακή αναβάθμιση. Ένα από τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των μετρήσεων της έρευνας το οποίο θα μπορούσε να προξενήσει έκπληξη σε πολλούς καταναλωτές είναι ότι το στεγνωτήριο για τα μαλλιά είναι μία από τις πιο ενεργοβόρες ηλεκτρικές συσκευές σε μια οικία, ξεπερνώντας σε κατανάλωση άλλες ηλεκτρικές συσκευές όπως το ηλεκτρικό σίδερο. Το συμπέρασμα της μελέτης είναι ότι η σπατάλη ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να περιοριστεί σημαντικά με την αντικατάσταση των παλιών ηλεκτρικών συσκευών, με νέες, καλής ενεργειακής απόδοσης ενώ το κόστος αντικατάστασης τους μπορεί να αποσβεστεί σε διάστημα δύο ετών. Η μελέτη επιβεβαίωσε ακόμη τη σπατάλη ηλεκτρικής ενέργειας που προκαλείται από τις ηλεκτρικές συσκευές, σε κατάσταση αναμονής ή σε παρατεταμένη κατάσταση φόρτισης.

⁴ <http://www.countdowntolowcarbonhomes.eu/index.php/gr/ellada/>

2.4 Πως η καλύτερη διαχείριση της κατανάλωσης από τους χρήστες θα μπορούσε να μειώσει το κόστος;

Ακόμα και αν όλες οι ηλεκτρικές συσκευές ενός νοικοκυριού αντικατασταθούν με νέας τεχνολογίας καλής ενεργειακής κλάσης και χαμηλής κατανάλωσης συσκευές, ακόμα και αν η οικία είναι σωστά μονωμένη και σκιασμένη δεν σημαίνει ότι δεν γίνεται σπατάλη ενέργειας ή ότι δεν υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης ώστε να μειωθεί ακόμα περισσότερο το κόστος για την ενέργεια στο νοικοκυριό.

Όλα τα παραπάνω είναι σοβαρά μέτρα που μπορούν να κάνουν σημαντική οικονομία στην τσέπη του καταναλωτή αλλά πουθενά δεν υπάρχει η έννοια της διαχείρισης. Η πλειοψηφία των καταναλωτών σήμερα δεν γνωρίζει τα πραγματικά ποσά ενέργειας που δαπανάει κάθε συσκευή. Ούτε είναι φυσικά σε θέση να ξέρουν αν είναι όντως απαραίτητη η λειτουργία της τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή ή αν η διαφοροποίηση στο χρόνο και τη διάρκεια λειτουργίας μπορεί να έχει οικονομικό όφελος για τους ίδιους.

Σε ένα κόσμο που η τιμή της ενέργειας καθορίζεται από την προσφορά και τη ζήτηση, που οι καταναλωτές έχουν στη διάθεση τους δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για την κατανάλωση και το κόστος, η διαχείριση αποκτά νέα έννοια. Οι καταναλωτές μπορούν να ορίσουν όρια για τη χρήση ενέργειας και να λάβουν την ανάλογη ειδοποίηση όταν αυτά τα όρια ξεπεραστούν ώστε να πράξουν κατά το συμφέρον τους. Έτσι η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να μεταφερθεί σε ένα άλλο επίπεδο. Όχι απλά στην προσπάθεια μείωσης της κατανάλωσης αλλά στη προσπάθεια διαχείρισης ενός σταθερού προϋπολογισμού που οι ίδιοι οι καταναλωτές είναι διατεθειμένοι να δαπανήσουν για την ενέργεια. Στο [4] παρουσιάζεται η πραγματική έρευνα σε οικιακούς χρήστες τα αποτελέσματα της οποίας επιβεβαιώνουν ότι η τιμή της ενέργειας μπορεί να αποτελέσει έναν καθοριστικό παράγοντα για τη διαχείριση της παραγωγής και διανομής ενέργειας και αποτελεσματικό μέσο για την αλλαγή της καταναλωτικής συμπεριφοράς.

Για να φτάσει να είναι εφικτό κάτι τέτοιο χρειάζονται σίγουρα πολλές αλλαγές στο υπάρχον δίκτυο αλλά και επιπλέον να δοθούν στους καταναλωτές τα κατάλληλα εργαλεία. Το πρώτο βήμα είναι να μπορούν να ξέρουν οι καταναλωτές τι ποσά ενέργειας καταναλώνουν και με ποιον τρόπο στα σπίτια τους. Ποιο ποσοστό θεωρείται σπατάλη, πως θα μπορούσαν να αποφύγουν αυτή τη σπατάλη και πότε τους συμφέρει να καταναλώσουν ενέργεια ώστε να κάνουν τον ανάλογο προγραμματισμό.

Εν μέρει η λύση σε πολλά από τα προβλήματα για την επίτευξη του παραπάνω στόχου υπάρχει εδώ και αρκετά χρόνια και ακούει στον όρο monitoring με τους μετρητές ενέργειας να αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι αυτής της τεχνολογίας. Η ταχύτατη ανάπτυξη των αυτοματισμών και των ΤΠΕ έχει οδηγήσει σε μια νέα πραγματικότητα τον τομέα της ενέργειας καθιστώντας τον πλέον διαδραστικό και παρέχοντας μια πληθώρα νέων δυνατοτήτων στους καταναλωτές.

Στις μέρες μας ο έλεγχος και η παρακολούθηση της κατανάλωσης σε πραγματικό χρόνο, η απομακρυσμένη διαχείριση των ηλεκτρικών συσκευών, η διάθεση και ανάλυση περισσότερων δεδομένων και μετρήσεων, η εύρεση «ευκαιριών» για εξοικονόμηση ενέργειας είναι κάποιες μόνο από τις νέες δυνατότητες. Τα εξελιγμένα συστήματα μέτρησης ενέργειας συμβάλλουν στην καλύτερη κατανόηση της κατανάλωσης ενέργειας σε ένα κτήριο και συνεπώς στη σχεδίαση και ανάπτυξη αποτελεσματικότερων στρατηγικών εξοικονόμησης από τους καταναλωτές.

Η διαχείριση της κατανάλωσης είναι ιδιαίτερα σημαντική από τους καταναλωτές καθώς έχουν πλέον την δυνατότητα να «ελέγχουν» το λογαριασμό του ηλεκτρικού ρεύματος, παρακολουθώντας την κατανάλωση των ηλεκτρικών συσκευών στο δίκτυο τους και μέσω των διαθέσιμων δεδομένων να εξάγουν σημαντικά συμπεράσματα για τον τρόπο λειτουργίας τους και το αν χρίζουν αντικατάστασης [5].

Οι έξυπνοι μετρητές που κυκλοφορούν σήμερα στην αγορά, προσφέρουν στους καταναλωτές τη δυνατότητα παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο της κατανάλωσης όλων των συνδεδεμένων στο δίκτυο τους ηλεκτρικών συσκευών και του εντοπισμού των πιο ενεργοβόρων.

Κεφάλαιο 3. Παρακολούθηση Ενέργειας (Monitoring)

3.1 Εισαγωγή

Η ηλεκτρική ενέργεια αποτελεί το σημαντικότερο κομμάτι του λειτουργικού κόστους ενός κτιρίου και αναμφισβήτητα είναι ο νούμερο ένα παράγοντας για τη διαβίωση και την άνεση των ενοίκων του. Είναι λοιπόν λογικό που από πολύ νωρίς ο κτιριακός τομέας αποτέλεσε ένα από τα παιδιά έρευνας για την οικονομία στην ενέργεια.

Η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα κτίριο σήμερα μέχρι ενός σημείου είναι σχετικά εύκολη υπόθεση καθώς υπάρχουν κάποιες συγκεκριμένες οδηγίες και κατευθύνσεις για τους καταναλωτές. Καθημερινά η ενέργεια χρησιμοποιείται στην ψύξη, τη θέρμανση, το μαγείρεμα, το φωτισμό, στην παραγωγή ΖΝΧ και σε διάφορες άλλες ηλεκτρικές συσκευές. Ένα πρώτο βήμα λοιπόν για εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας είναι η αντικατάσταση των ενεργοβόρων ηλεκτρικών συσκευών με άλλες καλύτερης ενεργειακής κλάσης, η αντικατάσταση των λαμπτήρων, το σβήσιμο των συσκευών και όχι η παραμονή τους σε κατάσταση αναμονής και γενικά μια πληθώρα ενεργειών προσανατολισμένων σε αυτό το σκοπό. Όλα όμως τα παραπάνω ουσιαστικά αποτελούν μέτρα για τη μείωση της απώλειας – σπατάλης ενέργειας και όχι τη μείωση της ενέργειας που καταναλώνεται [6].

Για να είναι σε θέση οι καταναλωτές να εξοικονομήσουν ηλεκτρική ενέργεια κάνοντας πραγματική οικονομία πέρα από τη λήψη μέτρων για μείωση της σπατάλης πρέπει να είναι σε θέση να κάνουν καλύτερη διαχείριση της ενέργειας και κατ' επέκταση του προϋπολογισμού τους για την ενέργεια. Πως μπορεί όμως κάποιος να κάνει καλύτερη διαχείριση της ενέργειας όταν δεν είναι σε θέση να γνωρίζει πότε και που αυτή καταναλώνεται σε συνδυασμό με το κόστος της στην ιδανική περίπτωση που αυτό καθορίζεται από τους νόμους προσφοράς και ζήτησης.

Εδώ λοιπόν είναι που γίνεται φανερή η ανάγκη για παρακολούθηση της κατανάλωσης ενέργειας σε πραγματικό χρόνο και λήψη δεδομένων που αφορούν τη διαφοροποίηση του κόστους της, τα μεγέθη κατανάλωσης από κάθε συσκευή στο δίκτυο αλλά και το πως αυτή επηρεάζεται από παράγοντες όπως η εξωτερική θερμοκρασία, η διάρκεια της ημέρας ή ο γεωγραφικός προσανατολισμός ενός κτηρίου.

3.2 Monitoring ιστορικά στοιχεία.

Με τον όρο energy monitoring, δηλαδή την παρακολούθηση της κατανάλωσης ενέργειας αναφερόμαστε στις τεχνικές παρακολούθησης της κατανάλωσης ενέργειας που μας παρέχουν τις απαραίτητες πληροφορίες ώστε να αντιληφθούμε ακριβώς τον τρόπο που η ενέργεια καταναλώνεται σε ένα κτήριο (ποιες συσκευές καταναλώνουν, για πόσο χρονικό διάστημα, τι μεγέθη, ποιες ώρες, ποιοι παράγοντες και πως επηρεάζουν την κατανάλωση κλπ.). Η βασική αρχή του monitoring είναι ότι δε μπορούμε να διαχειριστούμε ότι δε μπορούμε να μετρήσουμε. Ο σκοπός του monitoring είναι μέσω των δεδομένων των μετρήσεων της κατανάλωσης να αναπτυχθούν τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας μειώνοντας τη σπατάλη, και να δημιουργηθούν πρότυπα διαχείρισης της ενέργειας που με τη σειρά τους θα οδηγήσουν επιπλέον εξοικονόμηση.

Με τη δημιουργία των πρώτων δικτύων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, έγινε αναγκαία και η δημιουργία κατάλληλων συσκευών για τη μέτρηση της κατανάλωσης ώστε να είναι δυνατή από τους διανομείς η τιμολόγηση και η παρακολούθηση της διανομής ενέργειας. Με τις πρώτες άδειες για διανομή ηλεκτρικής ενέργειας να έχουν εγκριθεί στις αρχές της δεκαετίας του 1880 ξεκίνησαν και οι προσπάθειες κατασκευής των μετρητών. Ένα από τα πρώτα διπλώματα ευρεσιτεχνίας ήταν αυτό του ηλεκτρολυτικού μετρητή Pulvermacher το 1868 [7].

Ο επαγωγικός μετρητής (μετρητής δίσκου Ferrari) προέκυψε από την ανάγκη μέτρησης με ακρίβεια της μετάδοσης εναλλασσόμενου ρεύματος. Ο επαγωγικός μετρητής χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα αλλά πλέον θεωρείται ξεπερασμένος, τόσο για τα επίπεδα ακρίβειας στη μέτρηση όσο και για το ότι δε μπορεί να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις ενός έξυπνου δικτύου μεταφοράς καθώς δε διαθέτει ικανότητα αμφίδρομης επικοινωνίας. Ήδη από τις αρχές του 1990 οι εξελίξεις στην τεχνολογία οδήγησαν στη δημιουργία νέων ηλεκτρονικών ψηφιακών μετρητών και τη σταδιακή αντικατάσταση των επαγωγικών [8].



Εικόνα 7. Ηλεκτρομηχανικός και ηλεκτρονικός μετρητής ενέργειας

Πηγή : electricalenergymeter.com

Οι μετρητές ενέργειας ήρθαν για να καλύψουν την ανάγκη για μέτρηση και τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται στο δίκτυο διανομής. Για να πετύχουμε την επιθυμητή εξοικονόμηση ενέργειας πέρα από την συνολική μέτρηση της κατανάλωσης χρειαζόμαστε ακριβή παρακολούθηση της κατανάλωσης. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με χρήση έξυπνων μετρητών κατάλληλων για monitoring.

Από τη δεκαετία του 1970 οι ερευνητές άρχισαν να ενδιαφέρονται για τη μελέτη της καταναλωτικής συμπεριφοράς των οικιακών χρηστών ενέργειας. Ένα σημαντικό κίνητρο για αυτού του είδους τις έρευνες ήταν η ενεργειακή κρίση που δημιουργήθηκε ως αποτέλεσμα του εμπάργκο στο αραβικό πετρέλαιο το 1973. Οι πρώτοι επιστήμονες που ξεκίνησαν αυτού του είδους τις μελέτες ήταν ψυχολόγοι, οι οποίοι θέλησαν να δουν την επίδραση της παρουσίας στους καταναλωτές δεδομένων της δικής τους καταναλωτικής συμπεριφοράς στο κομμάτι της ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αυτά τα πλαίσια πραγματοποιήθηκαν πολλές διαφορετικές μελέτες που αφορούσαν στη χρήση τόσο δεδομένων κατανάλωσης και κινήτρων προς τους καταναλωτές, μελέτες που χρησιμοποιούσαν την επίτευξη στόχων, άλλες που παρείχαν κυρίως πληροφορίες κόστους, μελέτες με χρήση οθονών για οπτικοποίηση των δεδομένων και διάφορες άλλες μελέτες [9].

Αυτές οι μελέτες πραγματοποιήθηκαν στις δεκαετίες του 1970 και του 1980 και ήταν οι πρώτες που αφορούσαν τους οικιακούς καταναλωτές και είχαν ως στόχο να τους βοηθήσουν να κατανοήσουν καλύτερα και ακριβέστερα το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που κατανάλωναν με απώτερο σκοπό την ελαχιστοποίηση της σπατάλης και την αποφόρτιση του δικτύου διανομής μέσω προσωπικών ενεργειών του κάθε καταναλωτή. Αρχικά αναπτύχθηκε μια βάση δεδομένων από την παρακολούθηση της κατανάλωσης σε οικίες ένα χρόνο πριν τη μελέτη και τα δεδομένα έδειξαν εξοικονόμηση που κυμαινόταν από 7% - 30% [10].

Τα χρόνια που ακολούθησαν το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη μεθόδων παρακολούθησης της ενέργειας μεγάλωσε, ο στόχος παρέμεινε ο ίδιος, εξοικονόμηση ενέργειας, αυτό που άλλαξε ήταν το κίνητρο. Από την πετρελαϊκή κρίση του 1970 περάσαμε στην ανησυχία για τις επιπτώσεις που μπορεί να έχει η υπερκατανάλωση ενέργειας, στην υπερθέρμανση του πλανήτη και τέλος στην αειφόρο ανάπτυξη.

3.3 Το monitoring σήμερα

Τα συστήματα παρακολούθησης ενέργειας σήμερα χρησιμοποιούνται ευρέως κυρίως σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις και μεγάλα κτήρια για την παρακολούθηση της κατανάλωσης ενέργειας και άλλων παραμέτρων όπως η αλλαγές στην τάση, την κατανάλωση, τον συντελεστή ισχύος με στόχο τη διατήρηση κάποιων σταθερών ποιοτικών κριτηρίων για την ενέργεια. Στις βιομηχανικές εφαρμογές δεδομένα για τις τιμές κατανάλωσης ενέργειας είναι πολύ χρήσιμα και για τον υπολογισμό του κόστους παραγωγής των προϊόντων.

Το monitoring σε οικιακό επίπεδο δυστυχώς δεν παρουσίασε την ίδια ανάπτυξη αν και η ανάγκη είναι εξίσου σημαντική. Σε αντίθεση με τον εμπορικό ή βιομηχανικό τομέα, ο οικιακός τομέας αποτελείται από πολλούς μικρούς οικιακούς καταναλωτές που στο σύνολο τους καταναλώνουν αλλά και σπαταλούν σημαντικά ποσά ενέργειας. Συνεπώς οι δυνατότητες για εξοικονόμηση είναι εξίσου μεγάλες [10].

Η έλλειψη φθηνών αισθητήρων ειδικά τα προηγούμενα χρόνια και γενικά το μεγάλο σχετικά κόστος του απαραίτητου εξοπλισμού είναι ένα απαγορευτικό μέτρο. Όμως η πραγματική αιτία που τα συστήματα παρακολούθησης ενέργειας δεν έχουν μπει στη ζωή των οικιακών καταναλωτών δεν είναι μόνο μια και σίγουρα δεν είναι μόνο το κόστος αγοράς και εγκατάστασης. Στο [11] παρουσιάζονται οι κυριότερες αιτίες που ευθύνονται για την καθυστέρηση της ανάπτυξης οικιακών συστημάτων παρακολούθησης ενέργειας. Ως βασικότεροι παράγοντες φέρονται να είναι η έλλειψη γνώσης και εμπειρίας των καταναλωτών σε θέματα διαχείρισης της ενέργειας, ο μεγάλος χρόνος απόσβεσης της επένδυσης, η έλλειψη μελετών και αποτελεσμάτων για το κόστος και τα οφέλη διαφορετικών συστημάτων μέτρησης. Στο κομμάτι της ελλιπούς έρευνας αναφέρεται και το γεγονός ότι δεν υπάρχει πληθώρα ερευνών για συγκεκριμένες περιπτώσεις, δηλαδή case studies τα αποτελέσματα των οποίων να δίνουν μια σαφή εικόνα για την αποτελεσματικότητα των συστημάτων, το κόστος αλλά και τις προοπτικές τους. Ένα επιπλέον εμπόδιο στην υιοθέτηση των συστημάτων παρακολούθησης ενέργειας από οικιακούς

καταναλωτές είναι η έλλειψη κυρίαρχων προτύπων στην αγορά. Αυτό σημαίνει ότι κατασκευάζονται πολλές διαφορετικές συσκευές για πολλά διαφορετικά πρότυπα συνήθως ασύμβατα μεταξύ τους, γεγονός που κάνει την απόφαση των καταναλωτών για αγορά ακόμα πιο δύσκολη. Τέλος φυσικά γίνεται αναφορά και στο μεγάλο κόστος του εξοπλισμού και την έλλειψη φθηνών λύσεων [11].

3.4 Αρχές λειτουργίας monitoring και εξοπλισμός

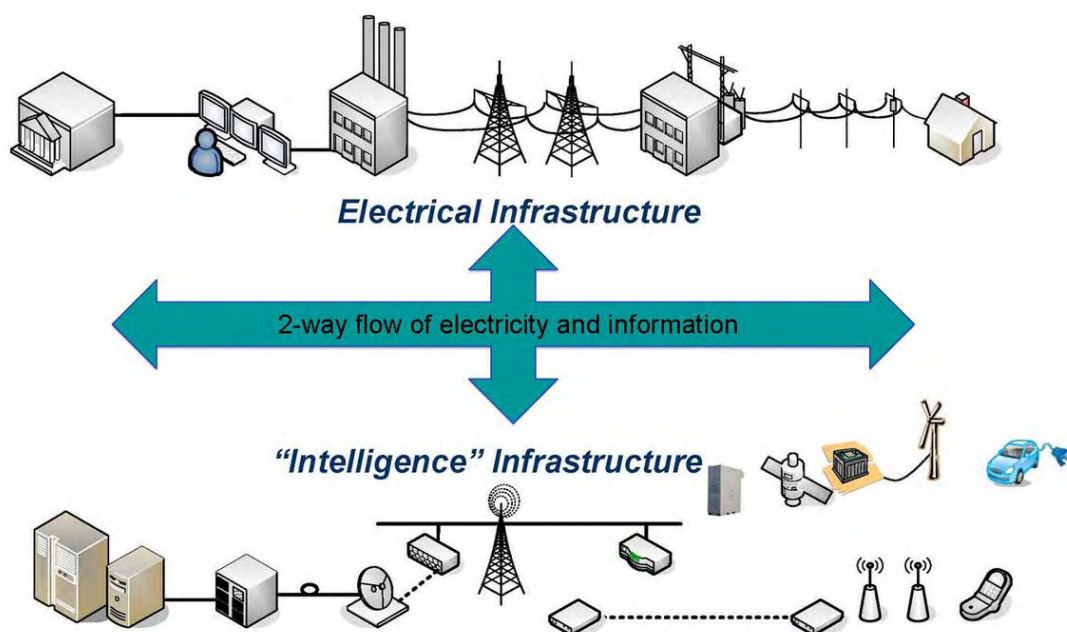
Οι προσεγγίσεις για την ανάπτυξη συστημάτων παρακολούθησης και διαχείρισης ενέργειας είναι δύο. Η μια αφορά την παρακολούθηση μέσω του οικιακού δικτύου με την ανάπτυξη ενός κατάλληλου δικτύου αισθητήρων για τη μέτρηση τη συλλογή και την αποστολή δεδομένων κατανάλωσης ενέργειας από κάθε συσκευή που καταναλώνει ενέργεια μέσω του οικιακού δικτύου. Υπάρχει πληθώρα ερευνών για την ανάπτυξη συστημάτων διαχείρισης ενέργειας που βασίζονται σε αυτήν την τεχνολογία [12][13][14]

Η άλλη προσέγγιση έχει να κάνει με την τεχνολογία του έξυπνου δικτύου (smart grid). Ένα έξυπνο δίκτυο μπορεί να μετράει και να διαβάζει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας απομακρυσμένα μέσω έξυπνων μετρητών και να παρέχει πληροφορίες μετρήσεων σε τακτά χρονικά διαστήματα ή και σε πραγματικό χρόνο.

3.4.1 smart grid

Το έξυπνο δίκτυο είναι ένα δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να ενσωματώσει πληροφορίες για τη δράση όλων των συνδεδεμένων σε αυτό χρηστών, τόσο των καταναλωτών όσο και των παραγωγών ηλεκτρικής ενέργειας ή και όσων κάνουν και τα δύο με σκοπό την αποτελεσματική παροχή βιώσιμης, ασφαλούς και οικονομικής ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα έξυπνο δίκτυο χρησιμοποιεί καινοτόμα προϊόντα και υπηρεσίες, σε συνδυασμό με έξυπνη παρακολούθηση, έλεγχο, επικοινωνία και τεχνολογίες αυτοϊασης με στόχο τη διευκόλυνση σύνδεσης

και λειτουργίας όλων των γεννητριών ανεξαρτήτως μεγέθους και τεχνολογίας, την παροχή στους καταναλωτές της δυνατότητας ενεργής συμμετοχής στη βελτιστοποίηση του συστήματος, την παροχή μεγαλύτερης πληροφόρησης στους καταναλωτές και τη δυνατότητα επιλογής παρόχου, και τη μείωση των επιπτώσεων στο περιβάλλον του συστήματος παροχής ενέργειας [15].



Εικόνα 8. Ορισμός του smart grid.

Πηγή : <https://members.e2.org/jsp/controller?docId=33593§ion=updates>

3.4.2 smart meters

Οι έξυπνοι μετρητές είναι συσκευές μέτρησης που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και του φυσικού αερίου σε κάποιες χώρες, για τη συλλογή και αποστολή μετρήσεων και φυσικά για τη χρέωση των καταναλωτών. Στοχεύουν στην ευκολότερη και άμεση τιμολόγηση των υπηρεσιών προς τους καταναλωτές αλλά μπορούν να ενσωματώσουν και δυνατότητες παροχής δεδομένων κατανάλωσης προς τους χρήστες. Για πάνω από δεκαπέντε χρόνια έχουν χρησιμοποιηθεί από υπηρεσίες κοινής ωφέλειας για τη λήψη δεδομένων κατανάλωσης κυρίως βιομηχανικών καταναλωτών λόγω των

μεγαλύτερων απαιτήσεων τους για ακριβή δεδομένα κατανάλωσης. Με την πάροδο των χρόνων, την εξέλιξη της τεχνολογίας και τη μείωση του κόστους, οι έξυπνοι μετρητές επεκτάθηκαν και σε οικιακούς καταναλωτές. Το βασικό τους πλεονέκτημα σε σχέση με τα παλαιότερα μετρητικά συστήματα αλλά και το βασικό χαρακτηριστικό που τους διαχωρίζει από τα μετρητικά συστήματα που απλά παρέχουν δεδομένα κατανάλωσης είναι η ενσωμάτωση τεχνολογίας αμφίδρομης επικοινωνίας η οποία σε συνδυασμό με το έξυπνο δίκτυο δίνει σε καταναλωτές και παρόχους ενέργειας νέες δυνατότητες.



Εικόνα 9. Αμφίδρομη επικοινωνία έξυπνου μετρητή.

Τα οφέλη από τη χρήση έξυπνων μετρητών είναι πολλά από τη σκοπιά τόσο των καταναλωτών όσο και των παρόχων αλλά και γενικά για την ποιότητα του δικτύου διανομής ενέργειας. Έτσι οι καταναλωτές μπορούν να έχουν

- μεγαλύτερη πρόσβαση σε δεδομένα κατανάλωσης ενέργειας με στόχο τη καλύτερη διαχείριση της, μετρήσεις και χρεώσεις με μεγαλύτερη ακρίβεια, δυνατότητα επιλογής παρόχου,

- πρόσβαση σε ενέργεια με διαφορετική τιμολογιακή πολιτική για τη χρέωση ανάλογα με τις ανάγκες τους,
- γρηγορότερο εντοπισμό βλαβών και αποκατάσταση του δικτύου,
- δεδομένα ποιότητας της ενέργειας που λαμβάνουν.

Από την πλευρά τους οι πάροχοι έχουν

- γρηγορότερη πρόσβαση στα δεδομένα μέτρησης,
- μείωση του κόστους ανάγνωσης και καταγραφής των μετρήσεων τόσο σε επίπεδο ανθρώπινου δυναμικού όσο και σε επίπεδο εξοπλισμού,
- έγκαιρο εντοπισμό βλαβών και μείωση χρήσης του τηλεφωνικού κέντρου,
- γρήγορο εντοπισμό περιστατικών ρευματοκλοπής.

Όλα τα παραπάνω οφέλη έχουν τον αντίκτυπο τους και σε άλλους τομείς όπως η συλλογή στοιχείων χρήσιμων για έρευνα, βελτίωση της ποιότητας του δικτύου διανομής ενέργειας, ακόμα και μείωση των εργατικών ατυχημάτων. Το κόστος των έξυπνων μετρητών στα κράτη που έχει υιοθετηθεί η τεχνολογία κατά κανόνα δεν επιβαρύνει τους καταναλωτές καθώς οι έξυπνοι μετρητές διατίθενται από τους παρόχους ηλεκτρικής ενέργειας [16].

Στην ελληνική αγορά κυκλοφορούν διάφοροι μετρητές ενέργειας οι οποίοι είναι προσαρμοσμένοι στα δεδομένα του ελληνικού δικτύου διανομής. Ουσιαστικά πρόκειται για μετρητικές συσκευές οι οποίες λανθασμένα χαρακτηρίζονται ως έξυπνες καθώς δεν διαθέτουν τη δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας με τον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας. Τα χαρακτηριστικά τους και οι δυνατότητες τους διαφέρουν ανάλογα με τον κατασκευαστή και τον τύπο συσκευής. Σε γενικές γραμμές όμως συνοψίζονται στα παρακάτω.

Πρόκειται για συσκευές που το κόστος αγοράς τους ξεκινάει από περίπου 50 ευρώ και η τοποθέτηση τους μπορεί στις περισσότερες περιπτώσεις να γίνει από τους ίδιους τους χρήστες. Παρέχουν πληροφορίες κατανάλωσης ρεύματος σε πραγματικό χρόνο δείχνοντας την κατανάλωση σε kWh ή ακόμα και μεταφράζοντας

την σε χρήματα εφόσον ο χρήστης έχει ορίσει την τιμή της kWh. Μπορεί να παρέχουν πληροφορίες και ειδοποιήσεις σε περίπτωση υπέρβασης κάποιου ορίου κατανάλωσης σε χρήματα ή kWh που έχει θέσει ο χρήστης, να κρατάνε ιστορικό κατανάλωσης, να παρέχουν συγκριτικά αποτελέσματα, πρόβλεψη κατανάλωσης, ενδείξεις για εκπομπές ρύπων θερμοκρασίας, δυνατότητα θέσπισης ορίου κατανάλωσης σε χρήματα. Όσο ανεβαίνει το κόστος ανεβαίνουν και οι δυνατότητες των μετρητών, καθώς υπάρχουν συστήματα τα οποία μπορούν να συνδεθούν ασύρματα στο router του οικιακού δικτύου και μέσω διαδικτύου και μιας εφαρμογής που παρέχεται συνήθως δωρεάν με την αγορά του εξοπλισμού οι χρήστες να έχουν δυνατότητα παρακολούθησης και ελέγχου όλων των δεδομένων και των μετρήσεων που παρέχει ο μετρητής από οποιαδήποτε συσκευή υπολογιστή, tablet, ή smartphone. Ο σκοπός αυτών των συσκευών είναι να βοηθήσουν τους καταναλωτές να διαπιστώσουν σε πραγματικό χρόνο τον τρόπο που καταναλώνουν ενέργεια και σε κάποιες περιπτώσεις να τους παρέχουν κάποιες συμβουλές για τη μείωση της σπατάλης ενέργειας.



Εικόνα 10. Πρίζα μέτρησης ρεύματος και μονοφασικός μετρητής ενέργειας.

Πηγή : <http://efergy.gr>



Εικόνα 11. Έξυπνος μετρητής. Πηγή : <https://www.ovoenergy.com/>

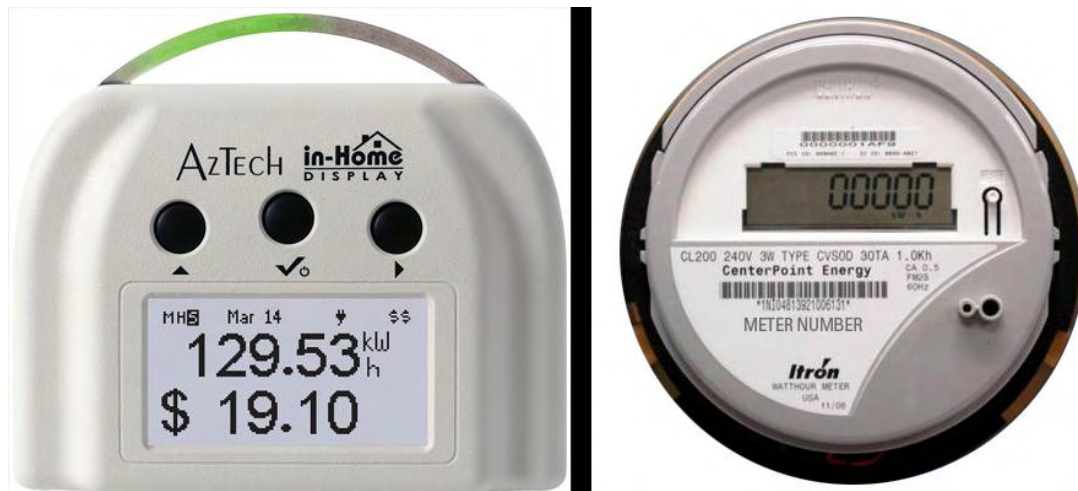
3.5 Αποτελεσματικότητα μετρητών ενέργειας σε όρους εξοικονόμησης

Η αποτελεσματικότητα των έξυπνων μετρητών στο κομμάτι της εξοικονόμησης ενέργειας από τους καταναλωτές είναι ένα θέμα που απασχόλησε και συνεχίζει να απασχολεί τους ερευνητές. Ένας έξυπνος μετρητής απαρτίζεται και από ένα σύστημα προβολής των δεδομένων και των μετρήσεων που καταγράφει. Ουσιαστικά αυτό είναι που επηρεάζει τις αποφάσεις των καταναλωτών και τους παρακινεί να λάβουν τα απαραίτητα μέτρα ώστε να εξοικονομήσουν ενέργεια. Άρα το πόσο αποτελεσματικός ή όχι είναι ένας μετρητής εξαρτάται και από το τι επίδραση μπορεί να έχει στη συμπεριφορά των καταναλωτών η προβολή των μετρήσεων. Αν η οπτικοποίηση των μετρήσεων δεν είναι κατανοητή, αν δεν βοηθάει τους καταναλωτές να λάβουν αποφάσεις ή ακόμα χειρότερα τους ωθεί σε λανθασμένες επιλογές αν δεν δίνει κίνητρα στους καταναλωτές να δράσουν για να

πετύχουν μεγαλύτερη εξοικονόμηση τότε προφανώς ένας έξυπνος μετρητής δεν θα κάνει τη διαφορά.

Στο [10] γίνεται μια μεγάλης κλίμακας συγκριτική μελέτη συσκευών απεικόνισης δεδομένων μετρήσεων ενέργειας σε πραγματικό χρόνο. Για τους σκοπούς της μελέτης 151 κατοικίες στην Ομάχα εξοπλίστηκαν με δύο διαφορετικές παραλλαγές της συσκευής Aztech In-Home Display (Aztech) και με την συσκευή Blue Line Power Cost Monitor (PCM) οι οποίες είναι συσκευές παρακολούθησης ενέργειας σε πραγματικό χρόνο.

Η Aztech είναι μια έξυπνη συσκευή παρακολούθησης ενέργειας σε πραγματικό χρόνο η οποία συνδέεται με τον ηλεκτρικό μετρητή Itron και προσφέρει ένα συνδυασμό οπτικών και ψηφιακών δεδομένων. Προσφέρει αριθμητικές αλλά και γραφικές παραστάσεις των μετρήσεων ηλεκτρικής ενέργειας δείχνοντας στο χρήστη την τρέχουσα κατανάλωση σε kW, το ωριαίο κόστος χρήσης σε χρήματα, ραβδόγραμμα με το ιστορικό χρήσης των τελευταίων 24 ωρών αλλά και των τελευταίων 300 ημερών τόσο σε kW όσο και σε χρήματα και μια συνολική απεικόνιση της χρήσης από την τελευταία φορά που έγινε επαναφορά (reset) στη συσκευή. Στο πάνω μέρος της οθόνης υπάρχει μια φωτεινή μπάρα η οποία προσομοιώνει την περιστροφή του δίσκου ενός ηλεκτρομηχανικού μετρητή. Η συσκευή μπορεί να προγραμματιστεί ώστε να αλλάζει το χρώμα της φωτεινής μπάρας και τα δεδομένα να παρουσιάζονται στους χρήστες σύμφωνα με τις ανάγκες τους. Η καθυστέρηση ανατροφοδότησης (feedback) της συσκευής είναι 2-4 λεπτά.



Εικόνα 12. Η συσκευή Aztech In-Home Display και ο μετρητής ενέργειας Itron.

Η Power Cost Monitor (PCM) είναι μια συσκευή που εμφανίζει το κόστος κατανάλωσης της τρέχουσας περιόδου σε W, kW και kWh και δείχνει την κατανάλωση σε πραγματικό χρόνο με ρυθμό ανανέωσης 15 δευτερολέπτων. Ο γρήγορος χρόνος απόκρισης επιτρέπει στους χρήστες να εντοπίσουν τις αλλαγές στην κατανάλωση που επιφέρουν διάφορες συσκευές του σπιτιού. Η οθόνη δε χρησιμοποιεί χρώματα αλλά έχει μια οπτική ένδειξη που προσομοιώνει την περιστροφή ενός ηλεκτρομαγνητικού μετρητή. Οι δέκτες μπορούν να τοποθετηθούν οπουδήποτε μέσα στο σπίτι και για να λειτουργήσουν τροφοδοτούνται με 2 μπαταρίες AA.



Εικόνα 13. Η συσκευή Blue Line Power Cost Monitor.

Οι συγκεκριμένες συσκευές επιλέχθηκαν από ένα σύνολο μετρητών τα χαρακτηριστικά των οποίων παρουσιάζονται αναλυτικά στην εν λόγω μελέτη. Για τους σκοπούς της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικοί προγραμματισμοί της συσκευής Aztech. Στην εκδοχή Aztech I η φωτεινή μπάρα προγραμματίστηκε ώστε να αλλάζει χρώματα πράσινο, κίτρινο και κόκκινο ανάλογα με τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας την τρέχουσα χρονική στιγμή και η εκδοχή Aztech II προγραμματίστηκε ώστε να παρέχει συγκριτικά δεδομένα της τρέχουσας κατανάλωσης με την κατανάλωση προηγούμενων ετών. Η ένδειξη γίνεται πράσινη κάθε μέρα στις 24:00' και όταν η κατανάλωση φτάσει στο 40% της παλαιότερης μέτρησης αλλάζει χρώμα σε κίτρινο. Από το 60% η ένδειξη παίρνει κόκκινο χρώμα. Το σκεπτικό για τις παραλλαγές ήταν στην πρώτη περίπτωση ότι οι καταναλωτές που ενδιαφέρονται να κάνουν οικονομία μπορεί να αντιδράσουν ανάλογα στην ένδειξη υψηλής κατανάλωσης τις ώρες αιχμής και στη δεύτερη περίπτωση ότι οι καταναλωτές που είχαν δεδομένα από παλιότερα χρόνια μπορεί να προσπαθούσαν να αλλάξουν τη συμπεριφορά τους.

Στο τέλος της έρευνας οι συμμετέχοντες υποστήριξαν ότι έλαβαν μέτρα για μείωση της κατανάλωσης ως αποτέλεσμα της προβολής δεδομένων σε πραγματικό

χρόνο. Τα αποτελέσματα της έρευνα όμως δεν έδειξαν κάτι ανάλογο καθώς η μείωση ήταν αμελητέα. Ενώ όμως τα αποτελέσματα των μετρήσεων δεν δείχναν καμία από τις μεθόδους οπτικοποίησης ως αποτελεσματική, παλιότερες έρευνες υποστηρίζουν ότι μπορεί να υπάρξει βραχυπρόθεσμη μείωση της κατανάλωσης. Τα στοιχεία που πήραν οι ερευνητές από ερωτηματολόγια προς τους καταναλωτές αλλά και από προσωπική συζήτηση μαζί τους υποστηρίζουν κάτι τέτοιο καθώς οι συμμετέχοντες ανέφεραν μεγαλύτερη αλληλεπίδραση με τις συσκευές στην αρχή της έρευνας. Αυτό μπορεί σημαίνει μείωση του ενδιαφέροντος των καταναλωτών με την πάροδο του χρόνου. Ένα άλλο στοιχείο ήταν πως αρκετοί συμμετέχοντες θεώρησαν ενοχλητική την καθυστέρηση της συσκευής Aztech για τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Στα συμπεράσματα τους οι ερευνητές αναφέρουν ότι στο συγκεκριμένο πείραμα για να επιτευχθεί μείωση στην κατανάλωση έπρεπε οι χρήστες να λάβουν δράση, οπότε ίσως χρειάζονται πιο καινοτόμοι τρόποι για οικονομία στην κατανάλωση με βάση τα στοιχεία κατανάλωσης σε πραγματικό χρόνο.

Κεφάλαιο 4. Οπτικοποίηση Δεδομένων

4.1 Εισαγωγή

Η οπτικοποίηση των δεδομένων (Data Visualization) αποτελεί τη διαδικασία αναπαράστασης δεδομένων με τη μορφή εικόνας, η οποία μπορεί να συμβάλει στην καλύτερη, ευκολότερη και γρηγορότερη κατανόηση της σημασίας των δεδομένων και των μεταβλητών που τα συνιστούν. Με τη βοήθεια των ΤΠΕ έγινε δυνατή η χρήση γραφικών για την αναπαράσταση αριθμητικών δεδομένων με στατικές ή και δυναμικές εικόνες. Εφαρμόζοντας διάφορες μεθόδους οπτικοποίησης, η μελέτη των δεδομένων γίνεται πιο αποδοτική καθώς μεγάλος όγκος δεδομένων εξετάζεται μαζικά και γρήγορα αλλά ακόμη γίνεται δυνατή η χρήση αναπαραστάσεων για δεδομένα που μπορεί να είναι δύσκολο να γίνουν κατανοητά στην αρχική αριθμητική τους μορφή.

Η τεχνική της οπτικοποίησης δεδομένων βρίσκει ιδιαίτερη εφαρμογή σε πολλούς τομείς της καθημερινότητας και φυσικά και στον τομέα διαχείρισης δεδομένων ενέργειας. Μια από αυτές είναι και η απεικόνιση δεδομένων κατανάλωσης ενέργειας στις οθόνες των έξυπνων μετρητών με σκοπό τη βοήθεια των καταναλωτών ώστε να κατανοήσουν τον τρόπο με τον οποίο καταναλώνουν ενέργεια και να προσπαθήσουν να τον βελτιώσουν. Όπως αναφέρεται και στο [17] η άμεση προβολή στους χρήστες δεδομένων κατανάλωσης σε πραγματικό χρόνο μπορεί να αποδειχθεί πολύτιμη καθώς έρευνες έδειξαν μείωση στην κατανάλωση έως και 15% σε κάποιες περιπτώσεις. Αποδεδειγμένα η χρήση στους έξυπνους μετρητές οθονών φιλικών προς το χρήστη με δυνατότητα προβολής δεδομένων κατανάλωσης σε πραγματικό χρόνο, ιστορικών στοιχείων, οικονομικών στοιχείων, δεδομένων εκπομπής ρύπων μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της κατανάλωσης ειδικά αν τα δεδομένα συνδυαστούν και με συμβουλές διαχείρισης ενέργειας. Το κατά πόσο όμως είναι σε θέση να κατανοήσουν τα δεδομένα που λαμβάνουν και να τα συσχετίσουν με συγκεκριμένες συμπεριφορές ώστε να λάβουν τα κατάλληλα μέτρα για μείωση της κατανάλωσης ενέργειας οι οικιακοί καταναλωτές αποτέλεσε και εξακολουθεί να αποτελεί πεδίο έρευνας.

4.2 Διαδικασία της οπτικοποίησης δεδομένων

Η σωστή οπτικοποίηση των δεδομένων έχει πολύ μεγάλη σημασία καθώς ένας πιθανόν λανθασμένος ή πρόχειρος σχεδιασμός μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή γραφικών που είναι δύσκολο να διαβαστούν και να γίνουν κατανοητά ή ακόμα χειρότερα που οδηγούν σε λάθος συμπεράσματα. Στο [18] ο Chittario μελετά την οπτικοποίηση δεδομένων σε φορητές συσκευές, κάτι που στην περίπτωση της διαχείρισης ενέργειας από οικιακούς χρήστες είναι επιθυμητό αν όχι απαραίτητο. Η βασική ιδιαιτερότητα των φορητών συσκευών είναι το περιορισμένο μέγεθος της οθόνης τους, ένας περιορισμός που απαντάται και στις οθόνες των έξυπνων μετρητών. Εδώ λοιπόν χρειάζεται ένας προσεκτικότερος και μεθοδικότερος σχεδιασμός για την οπτικοποίηση των δεδομένων. Έτσι ορίζει μια μέθοδο 6 βημάτων για τη διαδικασία της οπτικοποίησης με σκοπό την εύρεση του σημείου που πιθανόν έγινε το λάθος σε μια τέτοια περίπτωση. Συνοπτικά τα βήματα αυτά είναι :

Χαρτογράφηση. Ποια είναι η οπτική κωδικοποίηση της πληροφορίας; Κατά την οπτικοποίηση τα δεδομένα μετατρέπονται σε γραφικά που μπορούν να έχουν διάφορα χαρακτηριστικά, όπως χρώμα, διαστάσεις, θέση, καμπυλότητες κ.α.. Μια ακριβής χαρτογράφηση πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε όλα τα σημαντικά εννοιολογικά δεδομένα να αποτυπώνονται με ανάλογο τρόπο και οπτικά.

Επιλογή. Μεταξύ όλων των διαθέσιμων δεδομένων ποια είναι αυτά που είναι ουσιαστικά χρήσιμα στο υπό εξέταση έργο; Η οπτικοποίηση ανεπαρκών δεδομένων θα οδηγήσει τους χρήστες τελικά σε ανεπαρκείς ή λανθασμένες αποφάσεις. Αλλά και η επιβάρυνση τους με περιττό όγκο δεδομένων θα κάνει δυσκολότερη την εξαγωγή συμπερασμάτων και τη λήψη αποφάσεων. Δεδομένου του περιορισμένου χώρου στην οθόνη τα δεδομένα που θα παρουσιαστούν στο χρήστη πρέπει να επιλέγονται με μεγαλύτερη σύνεση.

Παρουσίαση. Ο τρόπος με τον οποίο εμφανίζεται η επιλεγμένη από το πρώτο βήμα χαρτογράφηση ώστε να είναι ορατά όλα τα δεδομένα και να χωρέσουν στο μέγεθος της οθόνης.

Διαδραστικότητα. Σε ποιο επίπεδο επιτρέπεται η συμμετοχή του χρήστη για την τροποποίηση του τρόπου προβολής; Πρέπει να παρέχονται τα κατάλληλα εργαλεία ώστε ο χρήστης να μπορεί να εξερευνήσει και να αναδιατάξει την προβολή ώστε να βγάλει τα συμπεράσματα του.

Ανθρώπινος παράγοντας. Μια οπτικοποίηση πρέπει να είναι εύκολα και γρήγορα προσπελάσιμη αλλά και κατανοητή από διαφορετικούς χρήστες. Οπότε χρειάζεται γνώση για το γνωστικό επίπεδο και το επίπεδο αντίληψης των χρηστών.

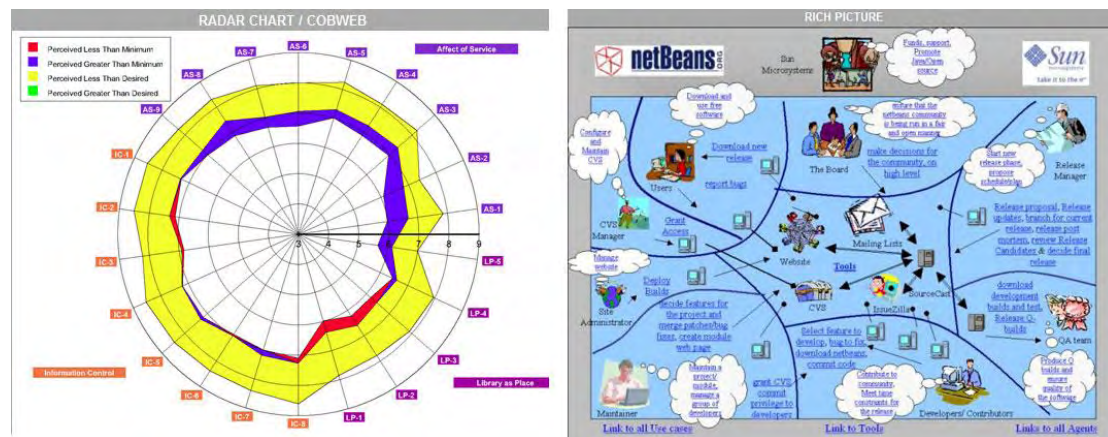
Αξιολόγηση. Τελευταίο είναι το βήμα της αξιολόγησης της οπτικοποίησης η οποία πρέπει να δοκιμαστεί με συγκεκριμένες διαδικασίες για την αποτελεσματικότητά της.

4.3 Κατηγοριοποίηση των Μεθόδων Οπτικοποίησης

Η απεικόνιση δεδομένων μπορεί να γίνει με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Η επιλογή της μεθόδου βασίζεται κυρίως στη φύση των δεδομένων που πρέπει να οπτικοποιηθούν. Έτσι υπάρχουν οι εξής κατηγορίες

- Data Visualization
- Information Visualization
- Concept Visualization
- Strategy Visualization
- Metaphor Visualization
- Compound Visualization [19]

Σε κάθε μια από τις κατηγορίες αντιστοιχούν αρκετές μέθοδοι απεικόνισης δεδομένων, άλλες πιο εξεζητημένες για αναγνώστες με επιστημονική κατάρτιση και άλλες πιο απλές και οικίες σε μη εκπαιδευμένους χρήστες.



Εικόνα 14. Εξεζητημένες μέθοδοι απεικόνισης

Πηγή : http://www.visual-literacy.org/periodic_table/periodic_table.html

Στην περίπτωση των έξυπνων μετρητών έχουμε να κάνουμε με οπτικοποίηση δεδομένων και επιπλέον έχουμε να αντιμετωπίσουμε την ιδιαιτερότητα ότι αναφερόμαστε σε ένα ευρύ κοινό διαφορετικών ηλικιών και μορφωτικού επιπέδου. Κάποιες από τις απλές μεθόδους απεικόνισης δεδομένων είναι οι παρακάτω χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι είναι οι καταλληλότερες για απεικόνιση δεδομένων μέτρησης ενέργειας ή να αποκλείεται η χρήση και άλλων μεθόδων οι οποίες μπορούν να αποδειχθούν αποτελεσματικές.

4.3.1 Πίνακας

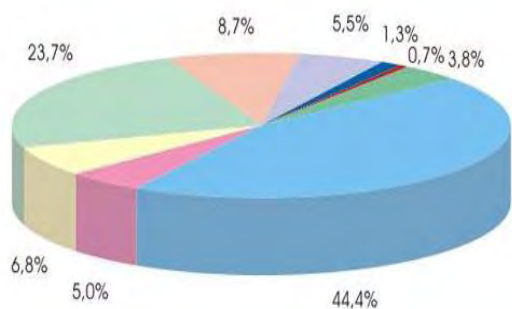
Ο πίνακας είναι μια δομημένη μορφή που αποτελείται από γραμμές και στήλες οι οποίες μεταφέρουν σχέσεις και αντιπροσωπεύουν διάφορα δεδομένα. Ο πίνακας είναι μια πολύ καλή επιλογή απεικόνισης όταν έχουμε να αντιμετωπίσουμε σχετικά περιορισμένο πλήθος δεδομένων. Οι πίνακες μπορούν να αποτελέσουν ισχυρά εργαλεία απεικόνισης ειδικά αν συνδυαστούν με διαδραστικές δυνατότητες ταξινόμησης και φιλτραρίσματος των καταγραφών από τον χρήστη [20][21].

Appliance	Wattage (W)	Units	Hours per day	Total Requirement (KW h)
Fluorescent tubes	20	8	4	0.640
Filament bulbs	50	2	2	0.200
DVD player	10	1	2	0.020
Television	80	1	4	0.320
Fans	40	2	6	0.480
Refrigerator	100	1	24	2.400
Clothes iron	1000	1	0.5	0.500
Electric cooker	3000	1	1	3.000
Air-conditioner	1120	1	8	8.960
			TOTAL	16.520

Εικόνα 15. Πίνακας

4.3.2 Κυκλικό Διάγραμμα (Διάγραμμα Πίτας)

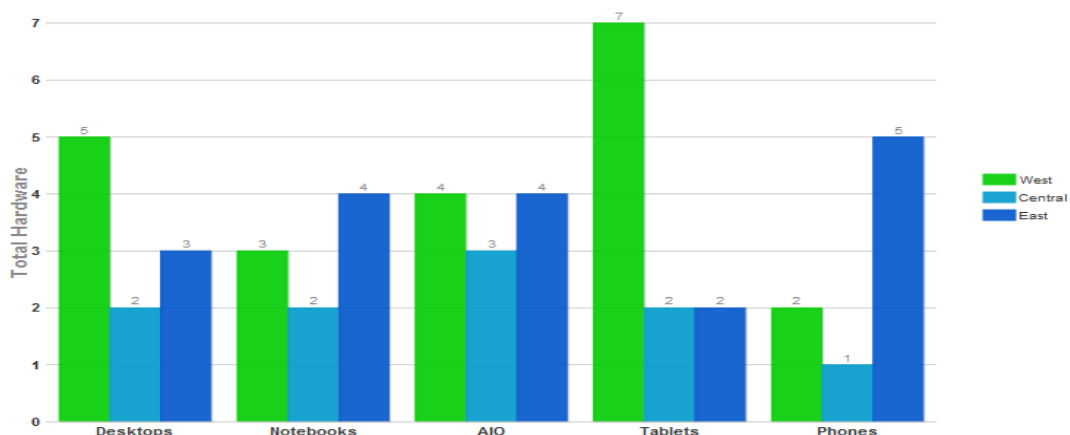
Το κυκλικό διάγραμμα ή αλλιώς διάγραμμα πίτας χρησιμοποιείται για περισσότερο από 2 αιώνες. Το κυκλικό διάγραμμα αποτελείται από έναν κύκλο που αποτελεί το σύνολο της ποσότητας ο οποίος χωρίζεται σε διάφορους τομείς, όπου κάθε τομέας περιγράφει ένα ποσοστό στο σύνολο της ποσότητας και χρησιμοποιείται για την απεικόνιση της ποσοστιαίας αναλογίας των διαφόρων κατηγοριών ενός ολικού μεγέθους [22]. Κάθε τομέας μπορεί να είναι χρωματισμένος διαφορετικά ώστε το κυκλικό διάγραμμα να είναι ευανάγνωστο και το μέγεθος κάθε τομέα πρέπει να είναι ανάλογο του συνολικού ποσοστού που αντιπροσωπεύει.



Εικόνα 16. Κυκλικό Διάγραμμα (Διάγραμμα Πίτας). Πηγή: <http://www.agora.mfa.gr/frontoffice/>

4.3.3 Ραβδόγραμμα (Bar Chart)

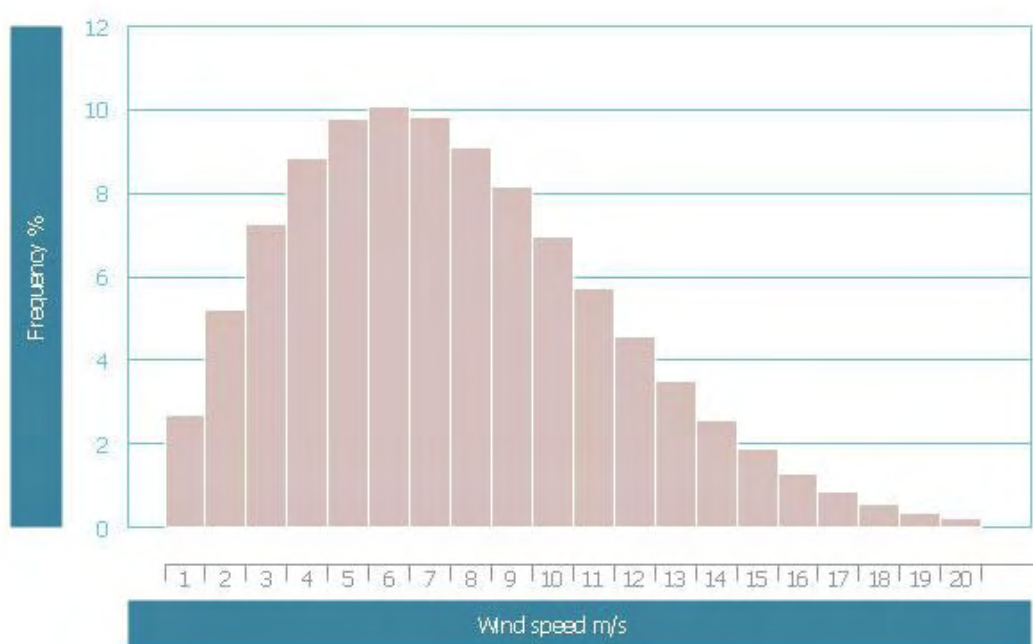
Ένα Ραβδόγραμμα αποτελείται από διακριτές μπάρες οι οποίες είναι χωρισμένες με κενά ανάμεσα τους και αντιπροσωπεύουν κατηγορίες μιας μεταβλητής. Κάθε κύρια κατηγορία αποτελείται από υποκατηγορίες οι οποίες παρουσιάζονται επίσης ως μπάρες είτε δίπλα η μια στην άλλη είτε σε άλλη διάταξη στην οποία φαίνεται ξεκάθαρα η ομαδοποίηση ανά κατηγορία. Το ραβδόγραμμα μπορεί να παρουσιαστεί σε οριζόντια ή κάθετη διάταξη με τρόπο τέτοιο ώστε το ύψος ή το μήκος κάθε μπάρας να αντιστοιχεί στην τιμή της μεταβλητής που αντιπροσωπεύει στη συγκεκριμένη κατηγορία. Η χρήση χρωμάτων ανά κατηγορία ή υποκατηγορία το κάνει περισσότερο ευανάγνωστο και βοηθάει το χρήστη στην εύκολη και γρήγορη εξαγωγή συμπερασμάτων. Πρόκειται για μια καλή μέθοδο παρουσίασης συγκριτικών κυρίως δεδομένων.



Εικόνα17. Ραβδόγραμμα (Bar Chart). Πηγή: <http://wijmo.com/widgets/wijmo-complete/charts-bar-chart/>

4.3.4 Ιστόγραμμα (Histogram)

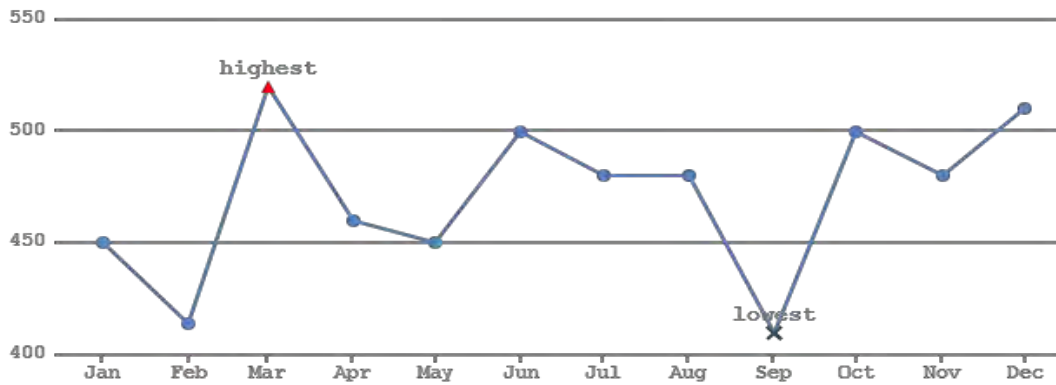
Το ιστόγραμμα αποτελείται από μπάρες ενωμένες συνήθως μεταξύ τους που απεικονίζουν τη συχνότητα ή την αναλογία δεδομένων που εμπίπτουν σε κάποιο εύρος τιμών ενός μεγέθους. Οι μπάρες είναι πιθανό να έχουν διαφορετικό πλάτος και χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για την απεικόνιση συνεχών δεδομένων.



Εικόνα 18. Ιστόγραμμα Πηγή : <http://www.conceptdraw.com/examples/wind>

4.3.5 Διάγραμμα Γραμμής (Line Chart)

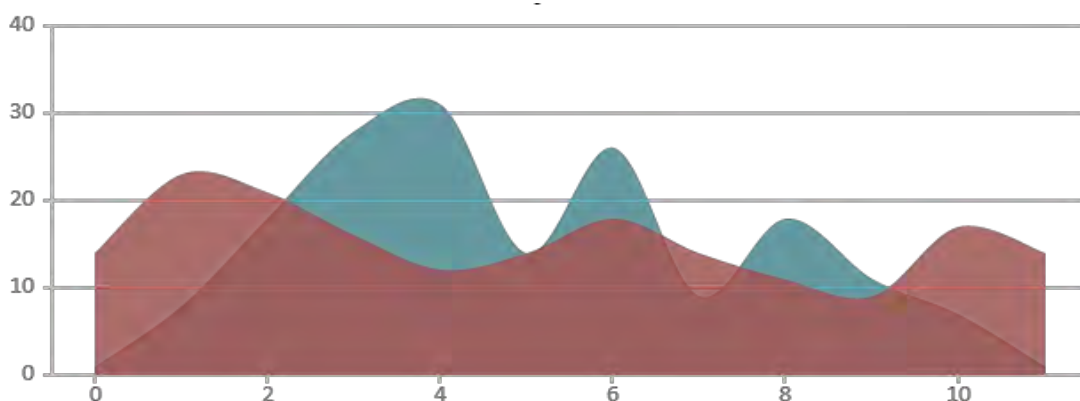
Το διάγραμμα γραμμής αποτυπώνει τη σχέση μεταξύ δύο τύπων πληροφοριών. Η χρήση του είναι πολύ διαδεδομένη σε πολλούς τομείς και ουσιαστικά πρόκειται για ένα πλήθος σημείων συνδεδεμένων με μια γραμμή. Συνήθως χρησιμοποιείται για να αποτυπώσει τη συμπεριφορά μιας μεταβλητής συναρτήσει του χρόνου.



Εικόνα 19. Διάγραμμα Γραμμής (Line Chart). Πηγή: <http://canvasjs.com/html5-javascript-line-chart/>

4.3.6 Διάγραμμα Περιοχής (Area Chart)

Το διάγραμμα περιοχής ή γράφημα περιοχής, συνήθως χρησιμοποιείται για την εμφάνιση δεδομένων μεταβαλλόμενων στο χρόνο. Σε αντίθεση όμως με το διάγραμμα γραμμής μπορεί να αναπαραστήσει οπτικά δεδομένα που αντιπροσωπεύουν όγκο. Η οριοθετημένη περιοχή που διαμορφώνεται από τη γραμμή και τον οριζόντιο άξονα, τονίζεται με χρώμα ή γραμμοσκίαση κάνοντας την ανάγνωση του διαγράμματος εύκολη για τον χρήστη. Σε ένα διάγραμμα γραμμής συνηθίζεται να παρουσιάζονται για σύγκριση 2 ή και περισσότερες κατηγορίες δεδομένων.



Εικόνα 20. Διάγραμμα Περιοχής (Area Chart). Πηγή: <http://canvasjs.com/html5-javascript-spline-area-chart/>

4.4 Διαφορές στην αντίληψη των δεδομένων από τους χρήστες

Η μελέτη των μεθόδων οπτικοποίησης δεδομένων δείχνει ότι οι μη εξεζητημένες μορφές οπτικοποίησης όπως αυτές που αναφέραμε παραπάνω είναι εύκολα κατανοητές από το κοινό στο οποίο αναφέρονται και για αυτό το λόγο θα τις δούμε συχνά ως εργαλεία παρουσίασης δεδομένων στον έντυπο και ηλεκτρονικό τύπο και στην τηλεόραση. Όσον αφορά ένα τέτοιο σύνολο μεθόδων οπτικοποίησης, δεν γίνεται να ξεχωρίσουμε κάποια μέθοδο ως την αποτελεσματικότερη σε σχέση με το κοινό στο οποίο αναφέρεται, αλλά μπορούμε να χαρακτηρίσουμε κάποια ως αποτελεσματικότερη σε σχέση με τις υπόλοιπες για την οπτικοποίηση συγκεκριμένου τύπου δεδομένων.

Το βασικό χαρακτηριστικό και μεγάλο πλεονέκτημα των έξυπνων μετρητών είναι ότι διαθέτουν γραφικό περιβάλλον (GUI) ώστε να παρέχουν γραφικές απεικονίσεις των καταγεγραμμένων δεδομένων και να ενημερώνουν τους καταναλωτές ανάλογα. Οι μέθοδοι οπτικοποίησης των δεδομένων που χρησιμοποιούν οι έξυπνες συσκευές ώστε να παρουσιάσουν αποτελεσματικά τα δεδομένα, αποτελεί προϊόν χρόνιας έρευνας και οι αναλυτές έχουν καταλήξει το συμπέρασμα ότι τα δεδομένα της κάθε μέτρησης πρέπει να προβάλλονται με τον καταλληλότερο τρόπο. Η καταλληλότερη μέθοδος για την παρουσίαση των καταγεγραμμένων δεδομένων, επιλέγεται συναρτήσει των «δημοφιλέστερων» μεθόδων γραφικής απεικόνισης και της μεταβλητής που προβάλλεται. Έτσι συνήθως θα δούμε παρουσίαση συγκριτικών δεδομένων με πίνακα ή ραβδόγραμμα, παρουσίαση ποσοστών επί συνόλου με κυκλικό διάγραμμα, συνεχή δεδομένα με ιστόγραμμα, παρουσίαση δεδομένων συναρτήσεως του χρόνου με διάγραμμα γραμμής. Αν έπρεπε να διαλέξουμε ένα τρόπο απεικόνισης της επιμέρους κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από κάποιες συσκευές ως ποσοστό επί της συνολικής κατανάλωσης, το κυκλικό διάγραμμα θα ήταν μια πολύ καλή επιλογή. Η σύγκριση της ημερήσιας κατανάλωσης σε διάρκεια ενός μήνα θα μπορούσε να γίνει με ένα ραβδόγραμμα και η συνολική ωριαία κατανάλωση σε ένα εικοσιτετράωρο μπορεί να αποδοθεί με ένα διάγραμμα περιοχής.



Εικόνα 21. Παρουσίαση ημερήσιας κατανάλωσης συναρτήσει χρόνου στο λογισμικό eLink. Πηγή : <http://efergy.gr/>



Εικόνα 22. Παρουσίαση μηνιαίας κατανάλωσης ανά ημέρα στο λογισμικό eLink. Πηγή : <http://efergy.gr/>



Εικόνα 23. Πίνακας παρουσίασης δεδομένων κατανάλωσης ενέργειας στο λογισμικό eLink. Πηγή : <http://efergy.gr/>

Παρόλα αυτά όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως τα αποτελέσματα της επιτυχίας των έξυπνων μετρητών με όρους εξοικονόμησης ενέργειας δεν είναι ακόμα ξεκάθαρα. Όπως είδαμε οι λόγοι ποικίλουν, κάποιιοι καταναλωτές θέλουν κίνητρο (οικονομικό ή και οικολογικό), άλλοι χάνουν το ενδιαφέρον τους ή δεν έχουν το χρόνο και σταματούν να παίρνουν όλα τα απαραίτητα μέτρα για να εξοικονομήσουν ενέργεια, και άλλοι δεν είναι σε θέση να κρίνουν σωστά τα δεδομένα που έχουν στη διάθεση τους ώστε να πράξουν ανάλογα. Κάποια από τα προβλήματα αυτά θα μπορούσαν να λυθούν με μια διαφορετική προσέγγιση, την αφαίρεση της ανάγκης για συνεχή επίβλεψη και ανθρώπινη παρέμβαση και την αυτοματοποίηση κάποιων διαδικασιών. Οι έξυπνοι μετρητές έχουν την δυνατότητα να συνδυαστούν με άλλες έξυπνες συσκευές ώστε να καταγράψουν εκτενή και πιο αναλυτικά δεδομένα. Σε συνδυασμό με το έξυπνο δίκτυο και το οικιακό δίκτυο η διαδικασία αυτοματοποίησης της λειτουργίας κάποιων συσκευών θα μπορούσε να λάβει άλλη μια συνιστώσα, το κόστος της ενέργειας. Μικρότερη ανάγκη για

ανθρώπινη παρέμβαση σημαίνει και λιγότερα λάθη από την παρερμηνεία των μετρήσεων ή την επιλογή λάθος αποφάσεων από τους οικιακούς καταναλωτές.

Κεφάλαιο 5. Προτεινόμενη λύση

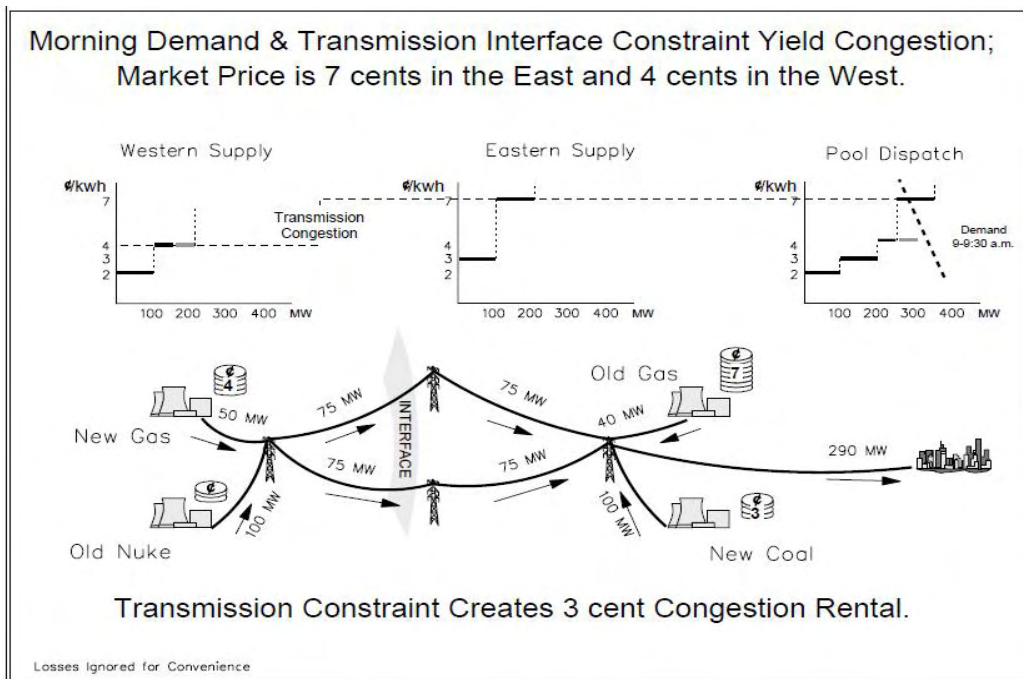
5.1 Μοντέλο βραχυπρόθεσμης αγοράς ενέργειας

Μέχρι σήμερα και για πολλά χρόνια στην πλειοψηφία των κρατών, η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας λογίζεται ως δημόσια υπηρεσία. Η παραγωγή, μεταφορά και διανομή ενέργειας αποτελεί υπόθεση μιας μονοπωλιακής κρατικής κάθετα οργανωμένης επιχείρησης. Έτσι η πρόβλεψη τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας αφορούσε μόνο υπολογισμούς σχετικά με την προσφορά και ζήτηση σε ένα περιφερειακό δίκτυο. Με τη σειρά της η ζήτηση υπολογιζόταν με βάση παλαιότερα ιστορικά στοιχεία και η τιμή της ενέργειας συνήθως αποτελούσε καθρέφτη της κοινωνικής και βιομηχανικής πολιτικής κάθε κράτους. Η προσοχή λοιπόν της βιομηχανίας ενέργειας είχε στραφεί κυρίως στην πρόβλεψη φορτίου και όχι στην πρόβλεψη τιμής [23].

Σε παγκόσμιο επίπεδο η τάση στη βιομηχανία ηλεκτρικής ενέργειας κινείται προς τη σταδιακή αντικατάσταση της παραδοσιακής μονοπωλιακής αγοράς με όλο και περισσότερο ανταγωνιστικά μοντέλα. Ένα τέτοιο μοντέλο μπορεί να είναι μια βραχυπρόθεσμη αγορά ενέργειας οργανωμένη ως δεξαμενή ενέργειας (pool-based) που συντονίζεται από ένα διαχειριστή, διέπεται από τις αρχές προσφοράς και ζήτησης και είναι ανταγωνιστική για τους συμμετέχοντες.

Τα βασικά στοιχεία αυτού του μοντέλου είναι:

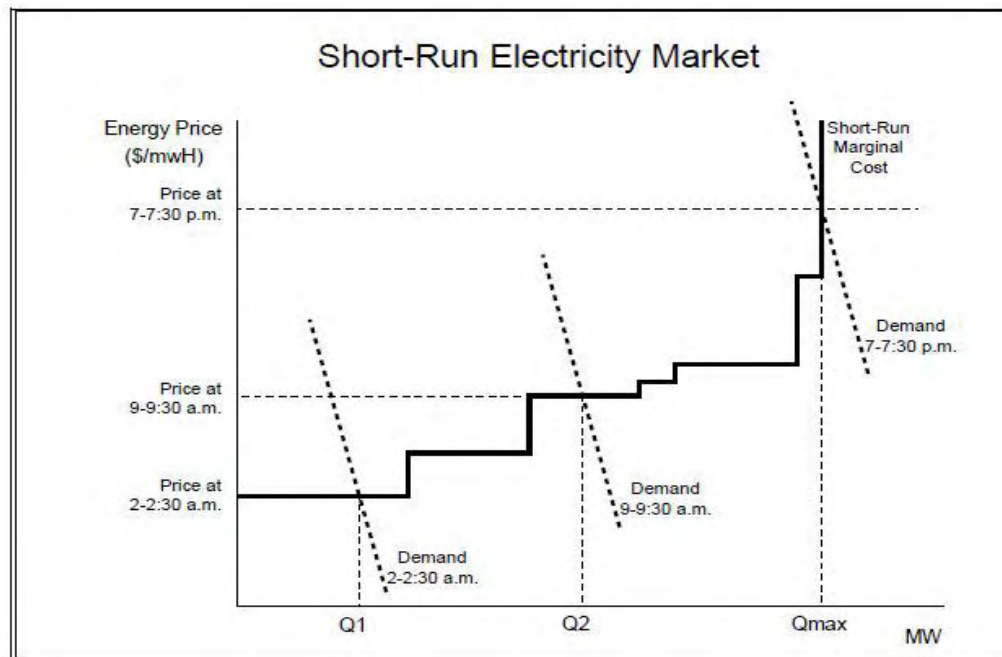
- Μια βραχυπρόθεσμη αγορά που βασίζεται σε δημοπρασίες με την προϋπόθεση ότι διασφαλίζεται η μικρότερη τιμή, πληρούνται όλοι οι κανόνες ασφαλείας του δικτύου (bid-based security-constrained economic dispatch) και συντονίζεται από τον διαχειριστή συστήματος.
- Συναλλαγές σε τοπικό επίπεδο σε τιμές που διαμορφώνονται ανά περιοχή και οι οποίες περιλαμβάνουν το κόστος απωλειών και συμφόρησης.
- Διμερείς συναλλαγές με βραχυπρόθεσμο κόστος χρήσης του δικτύου ίσο με τη διαφορά των τοπικών τιμών των περιοχών προέλευσης και προορισμού.



Εικόνα 24. Security-constrained economic dispatch

Πηγή: COMPETITIVE ELECTRICITY MARKET DESIGN: A WHOLESALE PRIMER WILLIAM W. HOGAN

Υπολογισμός ποσότητας και τιμής πώλησης της ενέργειας.



Εικόνα 25. Υπολογισμός τιμής και ποσότητας στο μοντέλο βραχυπρόθεσμης αγοράς

Πηγή: COMPETITIVE ELECTRICITY MARKET DESIGN: A WHOLESALE PRIMER WILLIAM W. HOGAN

Οι παραγωγοί προσφέρουν ενέργεια σε μια ορισμένη τιμή (marginal cost)

Η ζήτηση των καταναλωτών καθορίζεται από την τιμή, όσο αυξάνεται η τιμή μειώνεται η ζήτηση και αντίστροφα.

Ο διαχειριστής συστήματος διασφαλίζει ότι η ζήτηση θα ικανοποιηθεί στη χαμηλότερη δυνατή τιμή έτσι ώστε να διασφαλίζεται η σταθερότητα του συστήματος. Ο διαχειριστής ενέργειας διαμορφώνει τις καμπύλες παραγωγής και ζήτησης.

Τα σημεία τομής των 2 καμπυλών καθορίζουν την τιμή και την ποσότητα η οποία θα αγοραπωληθεί εκείνο το διάστημα [24].

5.2 Διεπαφή έξυπνου μετρητή

Συνδυάζοντας ένα τέτοιο μοντέλο αγοράς, όπου η τιμή της ενέργειας θα μπορεί να επανακαθορίζεται σε τακτά χρονικά διαστήματα, με τις τεχνολογίες του smart grid και των έξυπνων μετρητών η εξοικονόμηση ενέργειας αφορά το κατά πόσο συμφέρει τον καταναλωτή να δαπανήσει ενέργεια σε μια δεδομένη στιγμή ή να περιμένει για πτώση της τιμής το αμέσως επόμενο χρονικό διάστημα.

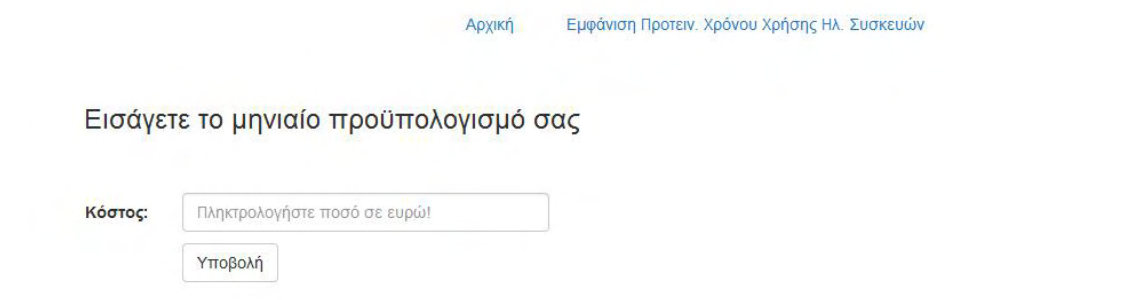
Οι καταναλωτές όμως δεν είναι πάντα σε θέση να αποφασίσουν ορθά για το πότε και τον τρόπο που μπορούν να εξοικονομήσουν ενέργεια. Όπως αναφέρθηκε είτε είναι αρκετά περίπλοκο, είτε χάνουν το ενδιαφέρον τους ή και ακόμα δεν έχουν το χρόνο να μπουν σε μια διαδικασία που πρέπει να λάβουν αποφάσεις και να κάνουν ένα σχεδιασμό με βάση τα δεδομένα των μετρητών.

Η λύση θα μπορούσε να βρίσκεται σε μια διεπαφή (interface) για εξοικονόμηση ενέργειας όπου η ανθρώπινη παρέμβαση περιορίζεται όσο το δυνατόν περισσότερο. Συσκευές για τη θέρμανση και τον κλιματισμό χώρων, θερμοσίφωνες, ψυγεία, καταψύκτες και άλλες οικιακές συσκευές που χρησιμοποιούν αισθητήρες για τη λειτουργία τους μπορούν να αυτοματοποιηθούν ώστε να εξοικονομήσουν ενέργεια σύμφωνα με την τρέχουσα τιμή της.

Στη συγκεκριμένη εργασία προτείνεται η μελέτη ενός interface που βοηθάει στην εξοικονόμηση ενέργειας σε οικιακό επίπεδο σε περιοχές όπου το smart grid είναι σε λειτουργία και η αγορά ενέργειας λειτουργεί με ένα βραχυπρόθεσμο μοντέλο όπως αυτό που περιγράφεται παραπάνω. Στο συγκεκριμένο interface οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να ορίσουν ένα χρηματικό ποσό που επιθυμούν να δαπανήσουν για την ηλεκτρική ενέργεια και η εφαρμογή προτείνει τον τρόπο λειτουργίας των ηλεκτρικών συσκευών βάσει του ορισμένου από το χρήστη προϋπολογισμού, της κατανάλωσης των συνδεδεμένων στο οικιακό δίκτυο συσκευών και ενός μοντέλου τιμών που λαμβάνει από τον πάροχο ενέργειας μέσω του smart grid.

5.3 Περιγραφή demo εφαρμογής.

Η demo έκδοση του interface που δημιουργήθηκε για τους σκοπούς της εργασίας είναι μια web εφαρμογή όπου οι χρήστες μπορούν να ορίσουν ένα μηνιαίο προϋπολογισμό σε €.



The screenshot shows a web application interface. At the top, there are navigation links: "Αρχική" (Home) and "Εμφάνιση Προτειν. Χρόνου Χρήσης ΗΛ. Συσκευών" (Display Recommended Electricity Appliance Usage Time). Below the navigation, the text "Εισάγετε το μηνιαίο προϋπολογισμό σας" (Enter your monthly budget) is displayed. Underneath, there is a form with a label "Κόστος:" (Cost:). The input field contains the placeholder text "Πληκτρολογήστε ποσό σε ευρώ!" (Type amount in euros!). Below the input field is a "Υποβολή" (Submit) button.

Εικόνα 26. Εισαγωγή μηνιαίου προϋπολογισμού στην εφαρμογή





Η εφαρμογή διαιρεί τον προϋπολογισμό στις ημέρες του μήνα και δείχνει τον ημερήσιο προϋπολογισμό.

Αρχική Εμφάνιση Προτειν. Χρόνου Χρήσης Ηλ. Συσκευών



Εικόνα 27. Ένδειξη ημερήσιου προϋπολογισμού

Παρουσιάζεται το σύνολο των ωρών που μπορούν να λειτουργήσουν οι συνδεδεμένες ηλεκτρικές συσκευές ο οποίος υπολογίζεται βάσει της κατανάλωσης κάθε συσκευής, της μέσης τιμής της kWh σύμφωνα με το μοντέλο πρόβλεψης και του χρόνου λειτουργίας κάθε συσκευής ώστε να μην περιορίζεται η άνεση των καταναλωτών. Επίσης υπάρχει δυνατότητα χειροκίνητης εισαγωγής της ώρας έναρξης και λήξης για κάθε συσκευή.

Συσκευή	Ώρες λειτουργίας	Ώρα έναρξης - λήξης
	1.6	
	2.2	
	2.4	
	7.4	
	1.4	

Εικόνα 28. Υπολογισμός χρόνου χρήσης συσκευών με βάση τον προϋπολογισμό.

Ένα ημερήσιο πρόγραμμα εμφανίζεται σε μορφή πίνακα όπου κάθε κελί αντιστοιχεί σε ένα τέταρτο της ώρας. Τα κελιά χρωματίζονται με πράσινο, πορτοκαλί και κόκκινο και σηματοδοτούν το χαμηλό, μέσο και υψηλό κόστος ενέργειας τη δεδομένη χρονική στιγμή σύμφωνα με το μοντέλο πρόβλεψης που λαμβάνεται από τον πάροχο. Μέσα στα κελιά δείχνονται και οι ώρες που θα λειτουργήσουν οι συσκευές οι οποίες δεν απαιτούν ανθρώπινη παρέμβαση.

Ημερήσιο πρόγραμμα

Q1	Q2	Q3	Q4
00:00 - 00:14 Water Heater	00:15 - 00:29 Water Heater	00:30 - 00:44	00:45 - 00:59
01:00 - 01:14 Air Condition	01:15 - 01:29 Air Condition	01:30 - 01:44	01:45 - 01:59
02:00 - 02:14	02:15 - 02:29	02:30 - 02:44	02:45 - 02:59
03:00 - 03:14	03:15 - 03:29	03:30 - 03:44	03:45 - 03:59
04:00 - 04:14	04:15 - 04:29	04:30 - 04:44	04:45 - 04:59
05:00 - 05:14 Air Condition	05:15 - 05:29 Air Condition	05:30 - 05:44	05:45 - 05:59
06:00 - 06:14	06:15 - 06:29	06:30 - 06:44	06:45 - 06:59
07:00 - 07:14	07:15 - 07:29	07:30 - 07:44	07:45 - 07:59
08:00 - 08:14 Water Heater	08:15 - 08:29 Water Heater	08:30 - 08:44	08:45 - 08:59
12:00 - 12:14	12:00 - 12:29	12:00 - 12:44	12:00 - 12:59
13:00 - 13:14 Air Condition	13:00 - 13:29 Air Condition	13:00 - 13:44	13:00 - 13:59
14:00 - 14:14	14:00 - 14:29	14:00 - 14:44	14:00 - 14:59
15:00 - 15:14	15:00 - 15:29	15:00 - 15:44	15:00 - 15:59
16:00 - 16:14	16:00 - 16:29	16:00 - 16:44	16:00 - 16:59
17:00 - 17:14 Air Condition	17:00 - 17:29 Air Condition	17:00 - 17:44	17:00 - 17:59
18:00 - 18:14	18:00 - 18:29	18:00 - 18:44	18:00 - 18:59
19:00 - 19:14	19:00 - 19:29	19:00 - 19:44	19:00 - 19:59
20:00 - 20:14	20:00 - 20:29	20:00 - 20:44	20:00 - 20:59
21:00 - 21:14	21:00 - 21:29	21:00 - 21:44	21:00 - 21:59

Εικόνα 29. Ημερήσιο πρόγραμμα χρήσης συσκευών.

Για λόγους ευκολίας θεωρήθηκε ότι οι συσκευές που έχουν εισαχθεί στην εφαρμογή είναι ένα πλυντήριο, ένα κλιματιστικό, ένας θερμοσίφωνας, ο φωτισμός και διάφορες περιφερειακές συσκευές συμπεριλαμβανομένης της κουζίνας και του ψυγείου. Η εφαρμογή δείχνει το σύνολο του χρόνου που μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι συσκευές και προγραμματίζει τη λειτουργία του κλιματισμού και του θερμοσίφωνα. Ο κλιματισμός αν χρειαστεί αναγκαστικά θα λειτουργήσει και σε ώρα που η τιμή της ενέργειας είναι ακριβή ενώ ο θερμοσίφωνας θα περιμένει φθηνότερη τιμή ενέργειας καθώς θεωρείται πως αν δεν χρησιμοποιηθεί το ζεστό νερό μπορεί να διατηρηθεί σε επιθυμητή θερμοκρασία για αρκετές ώρες.

Η συγκεκριμένη εφαρμογή δε μπορεί σε καμία περίπτωση να θεωρηθεί μια ολοκληρωμένη εφαρμογή διαχείρισης ηλεκτρικών συσκευών αλλά έχει ως σκοπό να επιδείξει έναν τρόπο με τον οποίο θα μπορούσε να επιτευχθεί μεγαλύτερη εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας αυτοματοποιώντας τη λειτουργία των οικιακών συσκευών όπου αυτό είναι δυνατό. Η ανάγκη ανθρώπινης παρέμβασης δε μπορεί να εξαλειφθεί. Το πότε κάποιος χρήστης έχει την ανάγκη να φάει, να κάνει μπάνιο ή να χρησιμοποιήσει κάποια ηλεκτρική συσκευή δε μπορεί να το ορίσει κάποιο interface. Μπορεί όμως να του δείξει πότε είναι η κατάλληλη σε όρους οικονομίας στιγμή να το κάνει.

5.4 Βελτιώσεις

Ιδανικά οι χρήστες θα πρέπει να μπορούν να εισάγουν όλες τις συσκευές που έχουν στο σπίτι τους. Όσες μπορούν να προγραμματιστούν ώστε να δουλέψουν αυτόματα θα πρέπει να εμφανίζονται στην ημερήσιο προγραμματισμό. Δεδομένου ότι συσκευές όπως το κλιματιστικό ή το ψυγείο πρέπει να διατηρήσουν κάποια σταθερή θερμοκρασία θα λειτουργήσουν και σε ώρες που η ενέργεια δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα. Για αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να οριστεί μια τιμή ανοχής ώστε η θερμοκρασία να αναπροσαρμόζεται αυτόματα με τρόπο τέτοιο που να μην επηρεάζει την ποιότητα της παρεχόμενης υπηρεσίας ώστε να λειτουργήσει σε μια χρονική στιγμή λίγο αργότερα αν η τιμή της ενέργειας πρόκειται να παρουσιάσει πτώση σύμφωνα με την πρόβλεψη τιμής. Η διεπαφή μπορεί να ενσωματώνει και επιπλέον οπτικοποιήσεις που ήδη υπάρχουν στους έξυπνους μετρητές όχι όμως σαν απαραίτητα εργαλεία για τη λήψη αποφάσεων αλλά περισσότερο ως πρόσθετα δεδομένα για την κατανόηση της καταναλωτικής συμπεριφοράς των ίδιων των χρηστών.

5.5 Συμπεράσματα

Τα τελευταία χρόνια η ζήτηση ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο συνεχώς αυξάνεται και οι προβλέψεις θέλουν η τάση να παραμείνει αυξητική ως απόρροια

της βιομηχανοποίησης και του σύγχρονου τρόπου ζωής. Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι ήδη ορατές και η μείωση των αποθεματικών των φυσικών πόρων αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που σύντομα θα κληθούμε να αντιμετωπίσουμε. Το πρόβλημα δεν αφορά μόνο τις χώρες που διαθέτουν βαριά βιομηχανία. Ο βιομηχανικός τομέας απορροφά σίγουρα σημαντικά ποσά ενέργειας αλλά επίσης υψηλά είναι τα επίπεδα ενέργειας που τροφοδοτούν και τον οικιακό - κτηριακό τομέα όπου υπάρχουν πολλοί μικροί καταναλωτές οι οποίοι ως σύνολο καταναλώνουν μεγάλα ποσά ενέργειας.

Η λύση προφανώς δε μπορεί να στραφεί στη δημιουργία νέων μονάδων παραγωγής και διανομής αλλά ούτε και οι προσπάθειες παραγωγής με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας φαίνεται να είναι όσο αποδοτικές θα θέλαμε καθώς το υψηλό κόστος κατασκευής και συντήρησης τους αποτελεί τροχοπέδη. Από τη στιγμή που καταναλώνεται ενέργεια θεωρείται δεδομένη και η σπατάλη κάποιου μέρους της. Με τα ποσοστά σπατάλης στον κτηριακό τομέα να αγγίζουν το 25% - 30% φαίνεται πως υπάρχει έδαφος για εξοικονόμηση μέσω μείωσης της σπατάλης αλλά κυρίως μέσω της διαχείρισης ενέργειας.

Τα μέτρα που λαμβάνονται από την πλειοψηφία των νοικοκυριών προς αυτή την κατεύθυνση σήμερα αφορούν κυρίως τη μείωση της σπατάλης δίχως όμως να ενσωματώνουν την έννοια της διαχείρισης ενέργειας. Τα συστήματα παρακολούθησης και διαχείρισης ενέργειας είναι λιγότερο διαδεδομένα στους οικιακούς χρήστες. Τα αίτια έχουν να κάνουν με το κόστος αυτών των συστημάτων, την έλλειψη μελετών που να δείχνουν ξεκάθαρα τα ωφέλημα αποτελέσματα χρήσης τους σε οικιακό επίπεδο αλλά κυρίως αφορούν τον τρόπο λειτουργίας αυτών των συστημάτων σήμερα. Οι χρήστες πολλές φορές δεν είναι σε θέση να κατανοήσουν τα δεδομένα που λαμβάνουν μέσω της οπτικοποίησης των μετρήσεων ή να τα συνδυάσουν με τις απαραίτητες και ορθές ενέργειες για εξοικονόμηση, χάνουν γρήγορα το ενδιαφέρον τους ή δεν έχουν το χρόνο που απαιτείται για το σωστό σχεδιασμό και προγραμματισμό ενός πλάνου κατανάλωσης ενέργειας.

Παρόλα αυτά η διαχείριση ενέργειας μέσω των συστημάτων παρακολούθησης ενέργειας μπορεί να αποτελέσει τη λύση του προβλήματος με την ενσωμάτωση πιο καινοτόμων τεχνολογιών και τη λειτουργία τους μέσα σε νέα πιο ανταγωνιστικά μοντέλα αγοράς ενέργειας όπου η τιμή της θα αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τη διαχείριση της παραγωγής και διανομής αλλά και μέσο ορισμού της καταναλωτικής συμπεριφοράς.

Συνδυάζοντας ένα μοντέλο βραχυπρόθεσμης αγοράς ενέργειας, όπου η τιμή της ενέργειας θα μπορεί να επανακαθορίζεται σε τακτά χρονικά διαστήματα, με τις γνωστές τεχνολογίες του smart grid και των έξυπνων μετρητών η εξοικονόμηση ενέργειας αφορά το κατά πόσο συμφέρει τον καταναλωτή να δαπανήσει ενέργεια σε μια δεδομένη στιγμή ή να περιμένει για πτώση της τιμής το αμέσως επόμενο χρονικό διάστημα.

Όλα αυτά βέβαια σε συνδυασμό με πιο καινοτόμα συστήματα όπου η ανάγκη για συνεχή επίβλεψη και ανθρώπινη παρέμβαση μειώνεται στο ελάχιστο μέσω της αυτοματοποίησης της λειτουργίας των συσκευών που συνδέονται στο δίκτυο. Μικρότερη ανάγκη για ανθρώπινη παρέμβαση σημαίνει και λιγότερα λάθη από την παρερμηνεία των μετρήσεων ή την επιλογή λάθος αποφάσεων από τους οικιακούς καταναλωτές αλλά και λύση για τις περιπτώσεις που οι χρήστες χάνουν το ενδιαφέρον τους ή δεν έχουν το χρόνο να ασχοληθούν με τον απαραίτητο προγραμματισμό.

Μπορούμε έτσι να οδηγηθούμε σε πιο καινοτόμα συστήματα όπου η διαχείριση της ενέργειας θα μεταφράζεται για τους χρήστες σε διαχείριση ενός σταθερού προπληρωμένου ίσως προϋπολογισμού αυξάνοντας το ενδιαφέρον τους για εξοικονόμηση και απαλλάσσοντας τους από τις δυσκολίες που έχουν να αντιμετωπίσουν στα σημερινά συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας.

Αναφορές

[1]. Ελληνική Στατιστική Αρχή, Έρευνα κατανάλωσης ενέργειας στα ελληνικά νοικοκυριά 2011 – 2012,

Διαθέσιμο στο: <http://www.statistics.gr/documents/20181/e74d6134-8c02-404e-a02b-aa6d959219e3>

[2]. World Energy Council, 2013, Waste to Energy, World Energy Resources: Waste to Energy,

Διαθέσιμο στο:

https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/10/WER_2013_7b_Waste_to_Energy.pdf

[3]. Department for Transport, Energy and Infrastructure (DTEI) , 2004, Don't Waste Your Energy - A teachers guide to energy activities,

Διαθέσιμο

στο:

<http://www.sustainableschools.sa.edu.au/files/pages/Dont%20waste%20your%20energy/DontWasteYourEnergyWeb.pdf>

[4]. Pacific Northwest GridWise™ Testbed Demonstration Projects Part I. Olympic Peninsula Project

[5]. Energy management system and method for monitoring and optimizing energy usage, identifying energy savings and facilitating procurement of energy savings products and services, Patent Application Publications Or E., Such J., 2002.

[6]. Information system for monitoring and targeting (M&T) of energy consumption in breweries, National Technical University of Athens, Department of Electrical and Computer Engineering, Elsevier, Vol. 23, No. 5, pp. 413–419 Askounis D. Th., Psarras J., 1995,

[7]. The History of the Integrating Electricity Meter, in: Journal of the Institution of Electrical Engineers, Vol. 77, No. 468, pp. 851-859. Moore, A. E. (1935)

[8]. Electricity Metering and Monitoring in Manufacturing Systems S. Kara, G. Bogdanski, W. Li

[9]. Effects of Feedback on Residential Electricity Consumption: A Literature Review, Solar Energy Res. Inst., Golden, CO, 1989. SERIITR'c254'c3386. UC Category: 95. DE89000872 B. C. Farhar and C. Fitzpatrick

[10]. A Comparative Study of Three Feedback Devices for Residential Real-Time Energy Monitoring Mahmoud A. Alahmad, Member, IEEE, Patrick G. Wheeler, Avery Schwer, Joshua Eiden, and Adam Brumbaugh

[11]. Scoping the potential of monitoring and control technologies to reduce energy use in homes Robert J. Meyers a, Eric D. Williams a,b,* , H. Scott Matthews c

[12]. Design and implementation of smart home energy management systems based on ZigBee (Article) Han, D.-M. , Lim, J.-H.

[13]. More efficient home energy management system based on ZigBee communication and infrared remote controls (Article) Han, J. , Choi, C.-S. , Lee, I.

[14]. Remote Power On/Off Control and Current Measurement for Home Electric Outlets Based on a Low-Power Embedded Board and ZigBee Communication. Proceedings of the 2008 International Symposium on Consumer Electronics, Algarve, Portugal, 14-16 Apr. (2008) Y. Bai, and C. Hung.

[15]. www.smartgrids.eu/documents/SmartGrids_SDD_FINAL_APRIL2010.pdf

[16]. Smart Meters and Smart Meter Systems: A Metering Industry Perspective

[17]. The effectiveness of feedback on energy consumption a review for defra of the literature on metering, billing and direct displays Sarah Darby April 2006.

[18]. Visualizing information on mobile devices Luca Chittaro Human-Computer Interaction Lab (HCI Lab) Dept. of Math and Computer Science, University of Udine via delle Scienze 206, 33100 Udine, Italy <http://hclab.uniud.it>

[19]. Periodic Table of Visualization Methods.
http://www.visualliteracy.org/periodic_table/periodic_table.html

[20]. “Readings in Information Visualization: Using Vision to Think”. Morgan Kaufmann S. Card, J. MacKinlay, and B. Shneiderman, (1998).

[21]. “Visual Data Exploration to Visual Data Mining: A Survey”, IEEE Transaction on Visualization and Computer Graphs 9(3), 378–394 (2003) Oliveira, M.C., Levkowitz, H. (2003).

[22]. “The origins and usage of a statistical chart”, Journal of Educational and Behavioral Statistics, 30, 353-368 Spence, I. (2005).

[23]. Short-term electricity prices forecasting in a competitive market: A neural network approach J.P.S. Catal~ao a,*, S.J.P.S. Mariano a, V.M.F. Mendesb, L.A.F.M. Ferreira c.

[24]. Competitive electricity market design: A wholesale primer William W. Hogan.