**Άδειες Χρήσης**

* Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
* Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



**Χρηματοδότηση**

* Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
* Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
* Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

[1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ 4](#_Toc430561740)

[2 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΘΝΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ 5](#_Toc430561741)

[2.1 Το Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν (ΑΕΠ) 5](#_Toc430561742)

[2.2 Βαθμός Ελαστικότητας 6](#_Toc430561743)

[2.3 Άμεσος συντελεστής ελαστικότητας της τιμής καυσίμου 6](#_Toc430561744)

[2.4 Διασυνδεδεμένος συντελεστής ελαστικότητας 6](#_Toc430561745)

[2.5 Συνάρτηση παραγωγής 7](#_Toc430561746)

[2.6 Συνάρτηση κόστους 7](#_Toc430561747)

[2.7 Η κατάσταση στην Ελλάδα 7](#_Toc430561748)

[3 ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ 8](#_Toc430561749)

[4 ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ-ΠΟΡΟΙ, ΦΟΡΕΙΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 8](#_Toc430561750)

[4.1 Το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. 9](#_Toc430561751)

[4.2 Μεταφορά 10](#_Toc430561752)

[4.3 Διανομή 10](#_Toc430561753)

[4.4 Γαιάνθρακες 11](#_Toc430561754)

[4.5 Πετρέλαιο 11](#_Toc430561755)

[4.6 Φυσικό Αέριο 11](#_Toc430561756)

[5 ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ 11](#_Toc430561757)

[5.1 Το ενεργειακό δίκτυο. 18](#_Toc430561758)

[6 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ-ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ 20](#_Toc430561759)

[6.1 Μοντελοποίηση Top-Down 21](#_Toc430561760)

[6.2 Μοντελοποίηση Bottom-Up 22](#_Toc430561761)

[6.3 Σύγκριση 22](#_Toc430561762)

[7 ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ 23](#_Toc430561763)

[7.1 Μοντέλα Πρόβλεψης 23](#_Toc430561764)

[7.2 Μοντέλα Χρονοσειρών 26](#_Toc430561765)

[7.3 Μοντέλα Παλινδρόμησης μιας Εξίσωσης 26](#_Toc430561766)

[7.4 Μοντέλα Προσομοίωσης πολλών Εξισώσεων 26](#_Toc430561767)

[8 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ 28](#_Toc430561768)

[8.1 Σχεδιασμός Ελαχίστου Κόστους 30](#_Toc430561769)

[8.2 Αναγωγή στην Παρούσα Αξία 31](#_Toc430561770)

[8.3 Διαφορικό & Οριακό Κόστος (incremental & marginal cost) 32](#_Toc430561771)

[9 Μέσα Ενεργειακού Σχεδιασμού και Πολιτικής 33](#_Toc430561772)

[10 Κλιματική Αλλαγή. Η συμφωνία και το Πρωτόκολλο του Κυότο 35](#_Toc430561773)

[11 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ 37](#_Toc430561774)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | **ΠΡΟΣΦΟΡΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ** |  | **ΠΑΡΑΓΩΓΗ-ΜΕΤΑΦΟΡΑ-ΔΙΑΝΟΜΗ** |  | **ΖΗΤΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ** |  |
|  |  | |  | | --- | |  | |  |  |  |  |  |
|  | **ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ** | ΚΑΡΒΟΥΝΟ |  | ΔΙΕΘΝΗΣ ΑΓΟΡΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ |  | ΟΙΚΙΑΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ |  |
|  | ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ |  | ΜΑΚΡΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ |  | ΕΜΠΟΡΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ |  |
|  | ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ |  |  |  | ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ |  |
|  | ΠΥΡΗΝΙΚΗ |  | **ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ** |  | ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ |  |
|  |  |  |  |  |  | ΓΕΩΡΓΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ |  |
|  | **ΑΠΕ** | ΑΙΟΛΙΚΗ |  |  |  | ΜΗ-ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ |  |
|  | ΗΛΙΑΚΗ |  | ΑΓΟΡΑ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ |  |  |  |
|  | ΒΙΟΜΑΖΑ |  | ΑΓΟΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ |  |  |  |
|  | ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ |  | ΑΓΟΡΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ |  |  |  |
|  | ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

Σχηματικό διάγραμμα των επί μέρους μοντέλων ενεργειακής προσφοράς, μετατροπής και ζήτησης, ενός ολοκληρωμένου ενεργειακού σχεδιασμού.

# ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Το μάθημα *Ενεργειακή Ανάλυση* έχει στόχο να δώσει το γενικό πλαίσιο του πεδίου του ενεργειακού σχεδιασμού, της ενεργειακής πολιτικής, και των μελλοντικών ενερ­γειακών τεχνολογιών, καθώς και τις βασικές έννοιες της ενέργειας στο φυσικό και στο οικονομικό επίπεδο. Eνεργειακή Ανάλυση και Μοντελοποίηση είναι δηλαδή η ποσοτική ανάλυση κάθε κα­τάστασης στην οποία εμπλέκεται κάποιας μορφής ενέργεια. Συμπεριλαμβάνει συνεπώς όλα τα τεχνικά και οικονομικά προβλήματα στον ενεργειακό τομέα, όπως: παραγωγή, αξιοπιστία, διανομή, ανάλυση και σχεδιασμό επενδύσεων. Η σημασία της στις περιβαλλοντικές σπουδές προκύπτει άμεσα από το γεγονός ότι τα διάφορα στάδια του κύκλου της ενέργειας έχουν επι­πτώσεις στο περιβάλλον και η επιλογή των διαφόρων λύσεων αναφορικά με το καύσιμο που θα χρησιμοποιηθεί και την τεχνολογία που θα αναπτυχθεί είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με το τελικό επίπεδο των περιβαλλοντικών πιέσεων. Οι περιβαλλοντικές αυτές πιέσεις αφορούν μεταξύ των άλλων, την εξάντληση φυσικών πόρων, τις αέριες εκπομπές ρύπων, τις εκπομπές αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου, την παραγωγή αερίων που επηρεάζουν την στοιβάδα του όζοντος, τις επιπτώσεις στο έδαφος και στα νερά (θάλασσα, λίμνες, ποτάμια, υδροφόρος ορίζοντας), καθώς και τον κίνδυνο από τα ατυχήματα κατά την εξόρυξη, μεταφορά, μετατροπή και παραγωγή της ενέργειας.

Η Ενεργειακή Ανάλυση ασχολείται με το πρόβλημα της κατανομής των πό­ρων (resource allocation problem), με την εκτίμηση της τεχνολογίας και τον σχεδιασμό των επενδύσεων και τέλος με την πρόγνωση της μελλοντικής κατάστασης όσον αφορά την ζήτηση ενέργειας και τις τιμές. Στο πρόβλημα κατανομής των πόρων προσπαθεί να απαντή­σει στο *ποιοί ενεργειακοί πόροι* και *σε ποιές ποσότητες* θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν για την ικανοποίηση των αναγκών των διαφορετικών τομέων της οικονομίας. Καλύπτει την προ­μήθεια και εξαγωγή των πρωτογενών πηγών, την μετατροπή σε δευτερογενείς μορφές ενέρ­γειας και την ταύτιση της ενέργειας *τελικής χρήσης* με τις επιθυμητές λειτουργίες στον οικια­κό, βιομηχανικό, γεωργικό, εμπορικό τομέα και στις μεταφορές. Αναφορικά με την τεχνολο­γία, υπάρχει σημαντική δυσκολία διότι ο ενεργειακός τομέας διακρίνεται από έντονο βαθμό πολυ­πλοκότητας, από την ύπαρξη πολλών διαφορετικών τεχνολογιών μετατροπής, από τα μεγάλα κόστη και από την μεγάλη αβεβαιότητα στα τεχνικά, οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά. Μαθηματικά εργαλεία από την επιχειρησιακή έρευνα, μοντέλα αποφάσεων, και οικονομικά εργαλεία, μαζί με τις επιστήμες των μηχανικών, συνεισφέρουν για την αντιμετώπιση όλων των παραπάνω προβλημάτων.

*Ενεργειακή Πολιτική*: Είναι εκείνο το τμήμα της εθνικής πολιτικής που ασχολείται με την παραγωγή και προσφορά ενέργειας, την μετατροπή, αποθήκευση, διανομή και χρήσης της, καθώς και με την διαμόρφωση μέτρων που στόχο έχουν την εξίσωση της συνολικά προ­βλεπόμενης ζήτησης ενέργειας με την διαθεσιμότητα πόρων σε εθνικό και διε­θνές επίπεδο. Μια τέτοια πολιτική θα πρέπει να λαμβάνει επίσης υπόψη το δυναμικό για εξοικονό­μηση ενέργειας, το πεπερασμένο των συμβατικών καυσίμων και τις περιβαλλοντικές επι­πτώσεις.

*Ενεργειακή* *Οικονομία*: Είναι εκείνο το τμήμα της οικονομίας που ασχολείται με τα ενερ­γει­α­κά προβλήματα. Λαμβάνει υπόψη της την ανάλυση της ενεργειακής προσφοράς και ζήτησης, κα­θώς και την εφαρμογή των μέσων για την εξασφά­λι­ση των ενεργειακών αναγκών σε εθνι­κό επίπεδο.

*Ενεργειακός Σχεδιασμός:* Βασίζεται στις δυνατότητες παροχής ενέργειας και επιχειρεί να διε­ρευνήσει την ζήτηση ενέργειας μέσα σε μιά ορισμένη χρονική περίοδο, επιχειρώντας να ισοσκελίσει την **προσφορά ενέργειας** και την **ζήτηση ενέργειας**. Το ενεργειακό σύστημα εκτός από την πολυπλοκότητα που το χαρακτηρίζει, βρίσκεται σε διαρκή εξέλιξη, περιλαμβάνει δε όλες τις οικονομικές, τεχνικές, πολιτικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές πλευρές. Απλουστευτικά θα μπορούσε να ειπωθεί ότι αποτελείται από:

* την ανάλυση της προσφοράς ενέργειας,
* την διερεύνηση της ενεργειακής ζήτησης, και
* την διαμόρφωση ενός πλαισίου δράσεων που θα ταιριάξει αυτά τα δύο.

*Ενέργεια*: Είναι η δυνατότητα του συστήματος για την παραγωγή εξωτερικής δραστηριότη­τας. Από καθαρά φυσική άποψη η ενέργεια εμφανίζεται ως μηχα­νικό έργο, ως θερμότητα, ως ενέργεια του χημικού δεσμού, ως ηλεκτρική ενέργεια, και ως ηλεκτρομαγνητική ακτινο­βολία.

*Εξέργεια* είναι το μέγιστο ποσοστό της ενέργειας που κάτω από δοθείσες συνθήκες μπορεί να μετατραπεί σε χρήσιμο έργο.

*Υποκατάσταση* ενός καυσίμου με ένα άλλο: η περίπτωση εξετάζεται για οικονομικούς, περι­βαλλοντικούς αλλά και για λόγους ασφαλείας μιάς χώρας. Παραδείγματος χάρη η εισαγωγή του φυσικού αερίου στο ελληνικό ενεργειακό σύστημα επιτρέπει την μείωση των περι­βαλλοντικών επιπτώσεων αλλά και την μείωση της εξάρτησης από τις εισαγωγές πετρελαίου.

# ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΘΝΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ

Ο ενεργειακός τομέας δεν μπορεί να διαχωριστεί από την εθνική ή και διεθνή οικονομία. Όλα τα γενικά θέματα που σχετίζονται με τα αντίστοιχα προβλήματα ισχύουν και για τα ενερ­γειακά ζητήματα. Οι βασικές παράμετροι και οι μεταβλητές που επηρεάζουν την ενεργειακή πολιτική προσφοράς και την ενεργειακή ζήτηση θα πρέπει συνεπώς να περιγραφούν.

## Το Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν (ΑΕΠ)

Το ΑΕΠ μιας χώρας είναι η συνολική παρα­γωγή αγαθών και υπηρεσιών, και αποτελεί ένα μέτρο της απόδοσης της οικονομίας της χώρας μέσα σε ένα χρόνο.

Για να εξετάσουμε την εξέλιξη του ΑΕΠ μέσα κάποια χρονική περίοδο, πχ. μια δεκαετία, είναι απαραίτητο να γίνει αποπληθωρισμός λαμβάνοντας υπόψη τον ρυθμό πληθωρισμού κά­θε χρόνο, τα αποτελέσματα συνεπώς θα εκφράζονται σε *σταθερή* χρηματική αξία.

Το *εθνικό εισόδημα (Υ)* είναι το άθροισμα όλων των εσόδων της εθνικής οικονομίας, συμπε­ριλαμβανομένων των μισθών, των τόκων κεφαλαίου, κλπ μέσα σε ένα χρόνο. Το εθνικό εισό­δημα μπορεί να εκφραστεί επίσης ως το χρηματικό άθροισμα όλων των εσόδων στην συνο­λική παραγωγική διαδικασία της εθνικής οικονομίας. Σε γενικές γραμμές μπορεί να χωρισθεί σε:

* πωλήσεις στα νοικοκυριά,
* πωλήσεις σε επιχειρήσεις, μείον αγορές από τις επιχειρήσεις,
* επενδύσεις (καθαρή αξία)

οπότε,

Υ = Κ (*Κατανάλωση*) + Ε (*Επενδύσεις*)

καθώς δε οι επενδύσεις μπορούν να προέλθουν μόνον από τις *αποταμιεύσεις* (Α), ισχύει:

Α = Ε

Αυτή η γενικευμένη παρουσίαση θα πρέπει να συμπληρωθεί με το ισοζύγιο μεταξύ εισα­γω­γών και εξαγωγών καθώς και των εξαγωγών κεφαλαίου στο εξωτερικό.

Το εθνικό εισόδημα μπορεί να ορισθεί ως το ακαθάριστο εθνικό εισόδημα σε τιμές αγοράς.

## Βαθμός Ελαστικότητας

Είναι αναγκαίο να βρεθεί ένας σύνδεσμος μεταξύ της οικονομικής ανάπτυξης και του ενερ­γειακού σχεδιασμού, και πιο συγκεκριμένα ανάμεσα στην εξέλιξη του εθνικού εισοδήματος Υ και την εξέλιξη της ενεργειακής ζήτησης Χ. Μια τέτοια παράμετρος είναι ο *βαθμός ελα­στικότητας* ***εi*** :

O βαθμός ελαστικότητας εκφράζει την μεταβολή στο ποσοστό του *y* ως αποτέλεσμα της με­ταβολής στο *xi*.

Kαθορίζοντας το βαθμό μεταβολής της ελαστικότητας είναι δυνατόν να συνδεθεί η υπό εξή­γηση μεταβλητή *y* (πχ. η ποσότητα της ενέργειας) με την εξέλιξη της ερμηνεύουσας μετα­βλητής *x* (πχ. εξέλιξη του εισοδήματος).

Σήμερα γίνεται προσπάθεια για αποσύνδεση της ενεργειακής ζήτησης από το εθνικό εισόδημα που ουσιαστικά σημαίνει μια μεταβολή του συντελεστή ελαστικότητας, καθώς οι περισσότερες βιομηχανικές χώρες έχουν προχωρήσει σε σημαντικές βελτιώσεις των ενεργο­βόρων διαδικασιών εξοικονομώντας ενέργεια ή υποκαθιστώντας ένα καύσιμο με κάποιο άλ­λο (καθαρότερο περιβαλλοντικά ή ανανεώσιμο). Ως συνέπεια στις βιομηχανικές χώρες, ο συντελεστής ελαστικότητας (ενεργειακή ζήτηση προς εισόδημα) που ήταν περίπου ίσος με την μονάδα (1) ή και μεγαλύτερος, έχει πλέον μειωθεί κάτω της μονάδος.

## Άμεσος συντελεστής ελαστικότητας της τιμής καυσίμου

Ο άμεσος συντελεστής ελαστικότητας είναι ο λόγος της σχετικής μεταβολής της ενεργειακής κατανάλωσης προς την αντίστοιχη σχετική μεταβολή της τιμής της ενέργειας:



όπου, ε = συντελεστής ελαστικότητας

Κi = κατανάλωση καυσίμου i

Ti = τιμή του καυσίμου i

## Διασυνδεδεμένος συντελεστής ελαστικότητας

Ο διασυνδεδεμένος συντελεστής ελαστικότητας είναι ο λόγος της σχετικής μεταβολής της κατανάλωσης καυσίμου ***i***προς την αντίστοιχη σχετική μεταβολή της τιμής κάποιου άλλου καυσίμου ***j***που διατίθεται στην αγορά:



όπου, ε = διασυνδεδεμένος συντελεστής ελαστικότητας

Κi = κατανάλωση καυσίμου i

Tj = τιμή του καυσίμου j

## Συνάρτηση παραγωγής

H συνάρτηση παραγωγής, τόσο σε μακρο-, όσο και σε μικρο-, οικονομική κλίμακα είναι η σχέση που συνδέει τους εμπλεκόμενους συντελεστές παραγωγής και καθορίζει την ποσό­τη­τα των αγαθών και υπηρεσιών που παράγονται. Ένα κοινό παράδειγμα που χρησιμο­ποι­εί­ται συχνά στις ενεργειακές αναλύσεις είναι η συνάρτηση παρα­γωγής *Cobb-Douglas*:



όπου q = η παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών

Κ = κεφάλαιο

L = εργατικά

Υ = υλικά

Ε = ενέργεια

Οι παράγοντες Κ, L, Υ, Ε είναι οι συντελεστές παραγωγής. Οι συντελεστές Α, α, β, γ, δ εκτιμώνται από χρονοσειρές του παρελθόντος.

## Συνάρτηση κόστους

Το κόστος μιας δραστηριότητας είναι δυνατόν να υπολογισθεί εφαρμόζοντας μιά συνάρτηση πα­ραγωγής και τις αντίστοιχες τιμές των διάφορων συντελεστών με την *συνάρτηση κόστους*. Η *συνάρτηση* *κόστους* αποτελείται από το σταθερό κόστος, το μεταβλητό κόστος και τα γενι­κά έξοδα:

Ct = Cf + Cv + Cc

όπου Ct = η συνάρτηση κόστους

Cf = το σταθερό κόστος

Cv = το μεταβλητό κόστος (περιλαμβάνει τα λειτουργικά έξοδα και την συντή­ρη­ση, καθώς και το κόστος καυσίμου)

Cc = τα γενικά έξοδα

## Η κατάσταση στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα το ΑΕΠ ανά κάτοικο αυξήθηκε για την περίοδο 1993-94 κατά 1.42 % και έφθασε το επίπεδο των 7280 $ ανά κάτοικο. Ένα σημαντικό στοιχείο για την ελληνική οικονομία είναι ο υψηλός δείκτης ενεργειακής έντασης. Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει τις προβλέψεις για τον ρυθμό αύξησης του ΑΕΠ, ενώ ο Πίνακας 2. Συντελεστής ελαστικότητας δίνει τιμές του συντελεστή ελαστικότητας. (Στοιχεία Υπουργείου Ανάπτυξης)[[1]](#footnote-1) :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Πίνακας 1. Προβλέψεις για τον ρυθμό αύξησης του ΑΕΠ. | | | |
| **Έτη** | 1994-2000 | 2000-2005 | 2005-2010 |
| ΑΕΠ(%) | 2.60 | 3.20 | 3.50 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Πίνακας 2. Συντελεστής ελαστικότητας (Ενεργειακή κατανάλωση/ΑΕΠ) | | | |
| Βιομηχανία | 1.05 | 1.00 | 0.90 |
| Μεταφορές | 1.30 | 1.15 | 1.05 |
| Οικιακός | 1.30 | 1.15 | 1.05 |

# ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Για την καλύτερη κατανόηση και ανάλυση του ενεργειακού συστήματος θεωρούμε τα βασικά επίπεδα ενεργειακής μετατροπής:

1. **Πρωτογενής** ενέργεια. Είναι η αρχική μορφή ενέργειας, π.χ. πετρέλαιο, φυσικό αέριο, κάρβουνο, ηλιακή, αιολική, υδραυλική, βιομάζα, γεωθερμία.
2. **Δευτερογενής** ενέργεια. Είναι το αποτέλεσμα του πρώτου βήματος μετα­τροπής, π.χ. ηλεκτρισμός, πετρέλαιο διύλισης, βενζίνη, θερμότητα.
3. **Τελική** μορφή ενέργειας. Είναι η μορφή με την οποία η ενέργεια αγοράζεται και πωλείται στην αγορά από τους τελικούς καταναλωτές.
4. **Χρήσιμη** ενέργεια. Είναι η ενέργεια που χρησιμοποιείται για να καλύψει μια,
5. Ενεργειακή **Ανάγκη/Υπηρεσία**. Π.χ. θέρμανση, μαγείρεμα, φωτισμός, θέρμανση, ψύξη, μετακίνηση, λειτουργία συσκευών, κλπ.

# ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ-ΠΟΡΟΙ, ΦΟΡΕΙΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Το ενεργειακό σύστημα μπορεί να υποδιαιρεθεί σε τρία επίπεδα: α) την *παραγωγή* και *μετα­τρο­πή* των ενεργειακών πόρων σε ενεργειακούς φορείς, β) την *αποθήκευση* και *διανομή* των ενερ­γειακών φορέων, και γ) την *κατανάλωση* των ενεργειακών φορέων. Σε κάθε επίπεδο υπάρ­χει ένα σύνθετο δίκτυο δρα­στη­ριο­τήτων, οι οποίες έχουν ως αντικειμενικό στόχο την εξα­γωγή ενέρ­γειας από τους πόρους και την παράδοση στο σημείο κατανάλωσης.

*Ενεργειακοί πόροι* είναι οι μορφές με τις οποίες η ενέργεια ευρίσκεται στην φύση. Οι διά­φο­ροι πόροι επεξεργάζονται και μετατρέπονται σε «ενεργειακούς φορείς» οι οποίοι με την σειρά τους αποθηκεύονται ή διανέμονται στον τελικό καταναλωτή. Ανάλογα με την δραστη­ριό­τητα η ενέργεια χρησιμοποιείται για την λειτουργία μηχανών, κινητήρων, φωτισμού, συσκευών, για την μεταφορά, την παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών, κ.ά. Αυτές είναι οι *τελικές χρήσεις της ενέργειας.*

Οι πόροι χωρίζονται σε *πρωτογενείς* και *δευτερογενείς* πόρους, και σε *ανανεώσιμους* ή *εξα­ντλή­­σιμους*. Οι πρωτογενείς πόροι περιλαμβάνουν το πετρέλαιο, το κάρβουνο, το φυσικό αέ­ριο κλπ., και γενικά μπορεί να μετα­σχη­μα­τισθούν σε δευτερογενή ενέργεια, όπως ηλεκτρι­σμός, βενζίνη, θερμότητα, που παρέχονται στον τελικό ενεργειακό φορέα.

Ανανεώσιμες πηγές είναι αυτές που έχουν μέσα στο περιβάλλον την μορφή ροής, δεν εξα­ντλού­­νται και είναι κατά κανόνα ήπιες στην χρήση τους. Περιλαμβάνουν την ηλιακή ενέρ­γεια, την αιολική ενέργεια, την υδραυλική ενέργεια, την γεωθερμία, την βιομάζα και την Κυ­μα­τική ενέργεια.

Εξαντλήσιμες πηγές ενέργειας είναι το πετρέλαιο, το κάρβουνο, το φυσικό αέριο και το ουρά­νιο. Πρόκειται για αποθέματα που έχουν σχηματισθεί στο παρελθόν, βρίσκο­νται εγκλω­βι­σμέ­να σε διάφορα σημεία του φλοιού της Γης και έχουν συγκεκριμένο χρόνο διάρκειας, καθώς όταν εξαντληθούν δεν προβλέ­πεται να αναπληρωθούν.

*Τελική ενέργεια* είναι κάθε μορφή ενέργειας, πρωτογενής ή δευτερογενής, που είναι διαθέσιμη στον χρήστη, αφού έχουν αφαιρεθεί οι απώλειες αποθήκευσης και διανο­μής. Αυτή η ενέργεια μετα­­τρέπεται στο σημείο τελικής χρήσης σε χρήσιμηενέργεια*.* *Χρήσιμη ενέργεια* είναι η μορ­φή που χρειάζεται ο χρήστης: θερμότητα, φως, μηχανική κίνηση. Το ποσόν της χρήσιμης ενέρ­­γειας που παρέχεται από ένα δεδομένο ποσόν τελικής ενέργειας εξαρτάται από την από­δο­ση της τεχνολογίας τελικής χρήσης.

## Το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα.

Η εγκατεστημένη ισχύς της ΔΕΗ στην Ελλάδα το τέλος του 1995 ήταν 9198 MW (98% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος στην χώρα). Αυτή κατανέμεται ανά καύσιμο σύμφωνα με τα παρακάτω. (Πίνακας 3)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Πίνακας 3. Εγκατεστημένη ισχύς ανά καύσιμο στην Ελλάδα. | | |
| Καύσιμο | MW | % |
| Λιγνίτης | 4533 | 49.3 |
| Μαζούτ/Πετρέλαιο | 2114 | 23.0 |
| Υδροηλεκτρικά | 2525 | 27.4 |
| Ανανεώσιμες | 26 | 0.3 |
| Συνολικό | 9198 | 100.0 |

Το διασυνδεδεμένο σύστημα της ηπειρωτικής χώρας αποτελείται από θερμικούς στα­θμούς που χρησιμοποιούν ως καύσιμο υδρογονάνθρακες, υδροηλεκτρικούς στα­θμούς και μικρά αιο­λι­­κά πάρκα. Το θερμικό σύστημα των σταθμών αποτελείται από 2 βασικά κέντρα λιγνι­τι­κών στα­θμών και τρείς σταθμούς πετρελαίου.

Το Βόρειο κέντρο των λιγνιτικών σταθμών βρίσκεται στην Δυτική Μακεδονία και περι­λαμ­βά­νει τους σταθμούς της Πτολεμαϊδας, Καρδιάς, Αγ.Δημητρίου, Αμυνταίου, και της ΛΙΠΤΟΛ, με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 3683 MW.

Το Νότιο λιγνιτικό κέντρο βρίσκεται στην Πελοπόννησο, δίπλα στην πόλη της Μεγα­λό­πολης και περιλαμβάνει 4 σταθμούς με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 850MW.

Οι τρείς σταθμοί πετρελαίου βρίσκονται στην κεντρική Ελλάδα. Ο πρώτος είναι στο Αλιβέρι Ευβοίας με εγκατεστημένη ισχύ 380MW, ενώ οι άλλοι δύο βρίσκονται στην Αττική, στο Λαύριο με ισχύ 450MW και στο Κερατσίνι με ισχύ 350MW. Ο σταθμός Κερα­τσινίου δεν λειτουργούσε τα τελευταία 15 χρόνια λόγω περιβαλλοντικών προβλη­μάτων, αλλά έχει ανακαινισθεί και αναμένεται να λειτουργήσει με φυσικό αέριο το 2002.

Η συνολική ισχύς των υδροηλεκτρικών έργων ανέρχεται σε 2524MW και αποτελείται από μικρούς και μεγάλους σταθμούς διεσπαρμένους σε όλη την Ελλάδα. Στο διασυνδεδεμένο σύστημα είναι συνδεδεμένο και ένα μικρό αιολικό πάρκο στην Εύβοια με 5MW ισχύ.

Τέλος υπάρχουν και αυτοπαραγωγοί συνολικής ισχύος 221.1 MW που παράγουν ετησίως 0.83TWh. Αυτοί αποτελούνται από 130.7MW πετρελαϊκών σταθμών (59.1%), 39.5MW σταθ­μών φυσικού αερίου (17.9%) και 50.9MW άλλων καυσίμων (23%). H ηλεκτρο­πα­ρα­γω­γή των 0.83TWh προήλθε κυρίως από καύση πετρελαίου (περίπου 75%).

## Μεταφορά

Το σύστημα μεταφοράς ηλεκτρισμού αποτελείται από γραμμές υψηλής τάσης 66kV, 150kV και 400kV, συνολικού μήκους 10,000 km. Οι γραμμές των 400kV αποτελούν την βάση του συστήματος μεταφοράς καθώς η πλειονότητα του ηλεκτρισμού γίνεται στην βόρεια Ελλάδα (70-75%), ενώ το 65-70% των πωλήσεων πραγματοποιούνται στην Νότια και Κεντρική Ελλάδα. Το μέγιστο δυναμικό της ετήσιας ανταλλαγής ηλεκτρισμού με γειτονικές χώρες υπερβαίνει τα 5TWh, και γίνεται με τις διασυνδέσεις προς Αλβανία, Γιου­γκο­σλαβία και Βουλγαρία.Πρόσφατα έχει ξεκινήσει η διασύνδεση της Ελλάδας με την Ιταλία μέσω υποθαλα­σ­σίου αγωγού με αγωγούς 400kV ισχύος 500MW. Στα επόμενα χρόνια προβλέπεται διασύνδεση με την Τουρκία όσον αφορά το ηλεκτρικό δίκτυο και το δίκτυο του φυσικού αερίου.

## Διανομή

Το σύστημα διανομής αποτελείται από γραμμές μεσαίας (6.6kV, 20kV, 15kV και 22kV)και χαμηλής τάσης (380/220V) συνολικού μήκους 170 χιλιάδων χιλιομέτρων.

Η κατανάλωση ηλεκτρισμού την περίοδο 1980-1995 παρουσιάζεται παρακάτω

|  |
| --- |
| (Πίνακας 4. Kατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας 1980-1995). |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Πίνακας 4. Kατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας 1980-1995 | | | | | | | | | | |
| Τομέας | 1980 | 1982 | 1984 | 1988 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 |
| **Oικιακός** | 5.66 | 6.31 | 7.24 | 8.77 | 9.07 | 10.01 | 10.61 | 10.48 | 10.93 | 11.51 |
| Βιομηχανικός | 10.52 | 10.03 | 11.35 | 11.86 | 12.04 | 11.75 | 11.58 | 11.28 | 11.64 | 12.01 |
| Εμπορικός | 2.59 | 2.67 | 2.87 | 3.86 | 4.35 | 4.67 | 5.19 | 5.71 | 6.39 | 6.81 |
| Γεωργικός | 0.4 | 0.45 | 0.66 | 1.18 | 1.56 | 1.32 | 1.62 | 2.04 | 2.08 | 1.99 |
| Λοιποί | 0.7 | 0.79 | 0.93 | 1.25 | 1.32 | 1.37 | 1.47 | 1.5 | 1.57 | 1.63 |
| Σύνολο | 19.87 | 20.26 | 23.05 | 26.92 | 28.34 | 29.12 | 30.47 | 31.05 | 32.62 | 33.95 |

## Γαιάνθρακες

Τα σημαντικότερα κοιτάσματα στην Ελλάδα είναι λιγνιτικά και βρίσκονται στον άξονα Φλώρινας, Πτολεμαίδας, Κοζάνης και Ελασσόνας στην Δυτική Μακεδονία και στην Πελο­πό­νησο δίπλα στην πόλη της Μεγαλόπολης. Η εκμετάλλευση τους ξεκίνησε το 1955 και σήμερα τα εξακριβωμένα αποθέματα ανέρχονται σε 6.8 δισε­κα­τομ­μύρια τόννους με 325 MTΙΠ. To 1995 η συνολική παραγωγή λιγνίτη ανήλθε στα 55.1 εκατομμύρια τόνους. Η συνολική κατα­νά­­λωση για το ίδιο έτος ήταν 56.2 εκατομμύρια τόννοι, εκ των οποίων τα 54.2 προήλθαν από τα ορυχεία της ΔΕΗ ενώ τα υπόλοιπα αγοράσθηκαν. Εκτός από τον λιγνίτη έγινε εισαγωγή και 0.14 εκα­τομ­μυ­ρίων τόννων άνθρακα ο οποίος ανεμίχθη με τον λιγνίτη για να βελτιωθεί η θερμο­γό­νος δύναμη του καυσίμου.

## Πετρέλαιο

Η ελληνική παραγωγή, μέχρι την πρόσφατη διακοπή άντλησης το 1996, ήταν μικρή, κυρίως στο Αι­γαίο Πέλαγος, και συνεισέφερε κατά το 5% των αναγκών πετρελαίου. Έτσι οι εισα­γω­γές πε­τρε­­λαίου κάλυπταν τα 95% των αναγκών για θέρμανση, μεταφορές, κλπ. Τα γνωστά κοι­τάσματα δεν γίνονται αντικείμενο εκμετάλλευσης λόγω του υψηλού κόστους παραγωγής, που υπερβαίνει τα $50/βαρέλι (1997).

Υπάρ­χουν δύο κρατικά διυλιστήρια που προμηθεύουν το 60% περίπου της εσωτε­ρι­κής αγο­ράς και άλλα δύο ιδιωτικά που είναι κυρίως εξαγωγικά.

## Φυσικό Αέριο

Δεν υπάρχει παραγωγή φυσικού αερίου στην Ελλάδα, καθώς το 1995 σταμάτησε η παραγωγή του στο πεδίο της Καβάλας λόγω εξάντλησης του κοιτάσματος. Υπάρχει ο αγω­γός φυ­σι­κού αερίου ο οποίος μεταφέρει φυσικό αέριο από την Ρωσία δια μέσου της Βουλγαρίας στην ελληνική αγορά. Σε αυτόν μπορεί να προστεθεί φυσικό αέριο από την Αλ­γε­­ρία που μεταφέρεται με τάνκερς. Ο σταθμός απo­θή­κευσης και εκφόρτωσης έχει εγ­κα­τα­­σταθεί στο νησί Ρεβυθούσα κοντά στην Πάχη Μεγάρων.

# ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

Το ενεργειακό ισοζύγιο έχει διάφορους ορισμούς ανάλογα με το πεδίο στο οποίο εφαρμόζεται. Ουσιαστικά σημαίνει μια αποτύπωση των εισροών και εκροών μέσα σε ένα σύστημα, τα όρια του οποίου θα πρέπει να έχουν προκαθοριστεί επακριβώς.

Στα τεχνολογικά συστήματα και διεργασίες το ενεργειακό ισοζύγιο υπολογίζει την ενέργεια που καταναλώνεται και την ενέργεια που παράγεται από το σύστημα. Αυτό επιτρέπει να οργανωθούν πολύπλοκες διαφορικές εξισώσεις με τις οποίες αναλύονται και σχεδιάζονται πραγματικά συστήματα.

Στις φυσικές διεργασίες το ενεργειακό ισοζύγιο είναι μια συστηματική αποτύπωση των ενεργειακών ροών και των μετατροπών σε ένα σύστημα. Η θεωρητική βάση του είναι ο πρώτος θερμοδυναμικός νόμος σύμφωνα με τον οποίο η ενέργεια δεν δημιουργείται, δεν καταστρέφεται, αλλά μετατρέπεται από μια μορφή σε μια άλλη. Στην βιολογία το ενεργειακό ισοζύγιο αποτυπώνει την σχέση:

Ενεργειακή εισροή = Παραχθείσα εσωτερική θερμότητα + Εξωτερικό έργο + Ενέργεια που αποθηκεύεται

Στην ενεργειακή οικονομία το ενεργειακό ισοζύγιο ενός κράτους ή μιάς περιοχής είναι μια συνολική παρουσίαση όλων των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την ενέργεια (πλήν των φυσικών και βιολογικών διεργασιών). Σε εθνικό επίπεδο το ενεργειακό ισοζύγιο αποτυπώνεται τουλάχιστον σε ετήσια βάση και υπερεθνικοί οργανισμοί όπως η Ευρωπαϊκή Ένωση ετοιμάζουν συνολικά ενεργειακά ισοζύγια ενώ οργανισμοί όπως τα Ηνωμένα Έθνη, μέσω της Διεθνούς Επιτροπής Ενέργειας (International Energy Agency, http://www.iea.org/) παρουσιάζουν το παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο.

Η βασική δομή του ισοζυγίου έχει ως εξής :

1. Συνολική Προσφορά Πρωτογενούς Ενέργειας (Total Primary Energy Supply – TPES) = Εγχώρια Πρωτογενής Παραγωγή + Καθαρές Εισαγωγές + Μεταβολές Ενεργειακών Αποθεμάτων
2. Συνολική Τελική Κατανάλωση Ενέργειας (Total Final Energy Consumption – TFES) = TPES – { Αυτοκατανάλωση Ενεργειακού Τομέα + Απώλειες Μετατροπών – Άλλες Απώλειες }

Το ενεργειακό ισοζύγιο είναι ένα οιονεί λογιστικό σύστημα το οποίο περι­γρά­φει την ροή της ενέργειας διά μέσου μιάς οικονομίας (νομαρχιακής, περι­φε­ρει­α­κής, ή εθνι­κής) κατά την διάρκεια μιάς συγκεκριμένης χρονικής περιόδου, που είναι συνήθως ένας ημε­ρολογιακός χρόνος. Αυτός ο συνδυασμός των πληροφοριών διαμορφώνεται από τις επί­­ση­μες στατιστικές της ενέργειας σχετικά με την παραγωγή, μετατροπή και κατανά­λωση, όπως επίσης και από τις εισαγωγές και εξαγωγές ενέργειας.

Στα παρακάτω θα αναλυθεί το ενεργειακό ισοζύγιο σε ετήσια βάση αναφοράς ώς ένα λογι­στι­κό σύστημα που περιγράφει την ροή ενέργειας διά μέσου της οικονομίας.

Ο βασικός στόχος του ενεργειακού ισοζυγίου είναι η συγκέντρωση πληροφοριών για τον σχε­δια­σμό επενδύσεων στους διαφορετικούς τομείς της ενέργειας. Παράλληλα επιτρέπει την διε­ρεύ­­νηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τον κύκλο των καυσίμων, την δυνατότητα εξοι­­­κονόμηση ενέργειας, την υποκατάσταση ενός καυσίμου με ένα άλλο και δίνει κατευ­θύν­σεις σχετικά με την έρευνα και ανάπτυξη για την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης.

Ο πίνακας του ενεργειακού ισοζυγίου (Πίνακας 5) χρησιμοποιείται για την παρουσίαση των δεδομένων και για την διαμόρφωση εναλλακτικών σεναρίων. Οι **στή­λες** του πίνακα περιέχουν διαφο­ρε­τικές ενεργειακές μορφές και οι **γραμμές** τα διαφο­ρε­τι­κά στάδια: παραγωγή ενέργειας, μετατροπή και κατανάλωση. Για κάθε καύσιμο (στήλες) ισχύει :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Παραγωγή | = | Εσωτερική Κατανάλωση |
| + Εισαγωγές |
| - Εξαγωγές |
| - Ποντοπόρα πλοία |
| + Μεταβολές Αποθεμάτων |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Πίνακας 5. Τυπικό παράδειγμα Ισοζυγίου Ενέργειας. | | | | | | | |
|  | Γαιάνθρακες | Μαζούτ | Ηλεκτρισμός | Φυσικό αέριο | Πετρελαιοειδή | Υδροηλεκτρική | ΣΥΝΟΛΟ |
| Εσωτερική Παραγωγή | 4514 | 3948 | 0 | 8395 | 0 | 319 | 17176 |
| Εισαγωγές | 664 | 16425 | 55 | 0 | 9115 | 0 | 26259 |
| Εξαγωγές | 0 | -685 | -4 | 0 | -368 | 0 | -1057 |
| Διεθνή ποντοπόρα πλοία | 0 | 0 | 0 | 0 | -812 | 0 | -812 |
| Μεταβολές Αποθεμάτων | 65 | -304 | 0 | 0 | -729 | 0 | -968 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 5243 | 19384 | 51 | 8395 | 7206 | 319 | 40598 |

Όλα τα μεγέθη θα πρέπει να είναι εκφρασμένα στις ίδιες μονάδες ενέργειας. Όμως τα διάφορα καύσιμα και οι ροές ενέργειας εκφράζονται σε διαφορετικές μονάδες. Για παρά­δειγμα το πετρέλαιο και η βενζίνη μετρούνται σε λίτρα (lt), ο ηλεκτρισμός σε κιλοβατώρες (kWh), το κάρβουνο σε τόνους (tn), το ακάθαρτο μαζούτ σε βαρέλια (barrels), κλπ. Για τον λογαριασμό των ενεργειακών ποσο­τήτων χρησιμοποιείται το θερμικό ενεργειακό περιε­χό­μενο του κάθε καυσίμου, που μπορεί να εκφραστεί ως θερ­μίδες (calories), τζάουλς (joules), TIΠ-τόννοι ισοδυνάμου πετρελαίου (tonnes of oil equi­valent-toe), τόνοι ισοδυνάμου κάρβου­νου (tones of coal equivalent-TCE), (terawatt-hours TWh). Ο Πίνακας Α-1 παρουσιάζει τους συντελεστές μετατροπής μεταξύ μονά­δων. Το θερμικό περιεχόμενο ή θερμογόνος δύναμη μετρά­ται με ένα θερμιδό­μετρο, και εκφρά­ζεται ως υψηλή θερμογόνος δύναμη (ΥΘΔ), η οποία συμπε­ρι­λαμβάνει την ποσότητα της θερμότητας που εκλύεται από την συμπύκνωση των υδρατμών που σχηματίζονται κατά την διάρκεια της καύσης, ή ως χαμηλή θερμο­γό­νος δύναμη (ΧΘΔ) που δεν περικλείει αυτήν την θερμότητα συμπύκνωσης. Η ΥΘΔ είναι η ποσό­τη­τα που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της διαθέσιμης ενέργειας στον χρήστη στην Αμε­ρι­κή, ενώ στην Ευρώπη χρησιμοποιείται η ΧΘΔ. Η συνηθισμένη μο­νά­δα στα ενεργειακά ισο­ζύ­για είναι ο ΤΙΠ.[[2]](#footnote-2)\*

Μια πλήρης ανάπτυξη του ενεργειακού ισοζυγίου περιλαμβάνει περισσότερους όρους από αυτούς που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Ισχύει:

Π + Εσ – Εξ = Α + Κτελ + Κμε + ΜΑ

Όπου: Π = συνολική Παραγωγή ενέργειας

Εσ = Εισαγωγές ενέργειας

Εξ = Εξαγωγές ενέργειας

Α = Απώλειες και κατανάλωση ενέργειας κατά την μετατροπή

Κτελ  = συνολική χρήση ενέργειας στον τελικό τομέα Κατανάλωσης (οικιακός, βιομηχανικός, κλπ.)

Κμε = μη ενεργειακή κατανάλωση

ΜΑ = καθαρή Μεταβολή Αποθεμάτων (θετική μεταβολή σημαίνει αύξηση αποθεμάτων)

Τα στοιχεία Π, Εσ και Εξ αναφέρονται στον πρωτογενή ενεργειακό τομέα, οι απώλειες Α αναφέρονται στην μετατροπή πρωτογενών ενεργειακών πηγών σε δευτερογενείς ενεργειακές πηγές (συμπεριλαμβάνονται τα παράγωγα πετρε­λαίου, ο ηλεκτρισμός, και οι συνεπαγόμενες απώλειες). Η Κτελ αναφέρεται στους τομείς τελικής ενεργειακής κατανάλωσης, και μπορεί να αναλυθεί σε υποτο­μείς και στον τύπο της τελικής χρήσης, όπως φωτισμός, κίνηση, θέρμανση και ψύξη, θέρμανση νερού, θερμότητα διεργασιών, κλπ. Η Κμε αναφέρεται στην κατανάλωση ενέργειας για μη ενεργειακές χρήσεις, όπως προϊόντα πετρελαίου ως πρώτη ύλη για την παραγωγή χημικών λιπασμάτων.

Ο Πίνακας 6 παρουσιάζει ένα αναπτυγμένο παράδειγμα ενεργειακού ισοζυγίου μιας χώρας, σύμφωνα με την Διεθνή Ενεργειακή Επιτροπή (International Energy Agency).

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Πίνακας 6. Τυπικό ισοζύγιο ενέργειας μιας χώρας. | | | | | | | |
|  | **Γαιάνθρακες** | **Μαζούτ** | **Ηλεκτρισμός** | **Φυσικό αέριο** | **Πετρελαιοειδή** | **Υδροηλεκτρική** | **ΣΥΝΟΛΟ** |
| Εσωτερική Παραγωγή | 4514 | 3948 | 0 | 8395 | 0 | 319 | **17176** |
| Εισαγωγές | 664 | 16425 | 55 | 0 | 9115 | 0 | **26259** |
| Εξαγωγές |  | -685 | -4 |  | -368 |  | **-1057** |
| Διεθνή ποντοπόρα πλοία |  |  |  |  | -812 |  | **-812** |
| Μεταβολές Αποθεμάτων | 65 | -304 |  |  | -729 |  | **-968** |
| **ΣΥΝΟΛΟ** | **5243** | **19384** | **51** | **8395** | **7206** | **319** | **40598** |
| Επιστροφές |  | -977 |  |  | 986 |  | **9** |
| Στατιστικές διαφορές | 254 |  |  |  | -47 |  | **207** |
| Ηλεκτρισμός Δημοσίου Τομέα | -2964 |  | 5453 | -7795 | -4172 | -319 | **-9797** |
| Αυτοπαραγωγοί Ηλεκτρισμού |  |  |  |  |  |  | **0** |
| Σταθμοί Συμπαραγωγής |  |  |  |  |  |  | **0** |
| Τηλεθέρμανση |  |  |  |  |  |  | **0** |
| Διυλιστήρια |  | -18355 |  |  | 16892 |  | **-1463** |
| Ιδία χρήση |  |  | -220 | -294 | -34 |  | **-548** |
| Απώλειες μεταφοράς |  |  | -444 |  |  |  | **-444** |
| **ΣΥΝΟΛΟ** | **2533** | **52** | **4840** | **306** | **20831** |  | **28562** |
| Βιομηχανικός τομέας | *2533* | *51* | *1860* | *306* | *3539* |  | ***8289*** |
| Χαλυβουργία |  |  | 172 |  | 69 |  | **241** |
| Χημική Βιομηχανία |  | 51 | 336 | 184 | 271 |  | **842** |
| Ορυκτά (Μη μεταλλικά) | 1467 |  | 293 | 11 | 933 |  | **2704** |
| Μηχανήματα |  |  | 238 |  | 300 |  | **538** |
| Τρόφιμα και Καπνά | 101 |  | 313 |  | 583 |  | **997** |
| Βιομηχανία Χάρτου |  |  | 52 |  | 145 |  | **197** |
| Ορυχεία |  |  |  |  | 43 |  | **43** |
| Δέρματα, Υφάσματα |  |  | 357 |  | 553 |  | **910** |
| Κατασκευές |  |  |  |  | 183 |  | **183** |
| Ξυλουργική βιομηχανία |  |  | 44 |  | 71 |  | **115** |
| Μη-εξειδικευμένη βιομηχανία | 965 |  | 55 | 111 | 388 |  | **1519** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Μεταφορές** |  |  |  |  | ***14236*** |  | ***14236*** |
| Αέρας |  |  |  |  | 2423 |  | **2423** |
| Δρόμοι |  |  |  |  | 11429 |  | **11429** |
| Σιδηρόδρομος |  |  |  |  | 120 |  | **120** |
| Πλοία |  |  |  |  | 264 |  | **264** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Άλλοι Τομείς** |  |  | ***2979*** |  | ***2714*** |  | ***5693*** |
| Γεωργία |  |  | 11 |  | 1628 |  | **1639** |
| Δημόσια Κτήρια, Εμπορικός τομέας | |  | 1890 |  |  |  | **1890** |
| Οικιακός τομέας |  |  | 1026 |  | 1086 |  | **2112** |
| Μη εξειδικευμένος |  |  | 52 |  |  |  | **52** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Μη ενεργειακές χρήσεις** |  |  |  |  | ***340*** |  | *340* |

Ένα ενεργειακό ισοζύγιο μπορεί επίσης να εκφραστεί αναφορικά με την *χρήσιμη* ενέργεια, εάν χρησιμοποιηθούν δεδομένα σχετικά με την απόδοση της *τελικής* ενερ­γειακής χρήσης. Για να υπο­λογισθεί αυτή η απόδοση, είναι ανα­γκαίο να προσδιο­ρι­στούν δύο βήματα στην δια­δι­κα­­σία της τελικής χρήσης ενέργειας. Το πρώτο βήμα είναι όταν η ενέργεια μετατρέπεται στον φο­ρέα τελικής ενέργειας, και το δεύτερο βήμα αναφέρεται στον τρόπο που αυτός ο ενεργεια­κός φορέας χρησιμο­ποιεί­ται για την παραγωγή αγαθών ή υπηρεσιών. Για παράδειγμα, το πετρέ­λαιο μπορεί να καεί σε λέβητα για την παραγωγή ατμού με απόδοση 60% (Πίνακας 7), και ο ατμός διανέ­με­ται στην συνέχεια σε άλλα μηχανή­ματα για περαιτέρω χρήση. Αυτό το δεύ­τερο βήμα μπορεί να έχει μια νέα απόδοση που σχετίζεται με τον τρόπο που έχει σχεδια­στεί και λειτουργεί το σύστημα ατμού. Συχνά είναι δυνατόν να αυξήσουμε την από­δοση αυτής της φάσης χωρίς μεγάλες επενδύσεις. Ένα ενεργειακό ισοζύγιο που αφορά την χρήσιμη ενέργεια απαιτεί λεπτομερή δεδομένα σχετικά με τις τεχνολογίες τελικής χρήσης και τον τρόπο που αυτές χρησιμοποιούνται.

**Πίνακας** 7. Παραδείγματα απόδοσης μετατροπής από τελική ενέργεια σε χρήσιμη ενέργεια σε μηχανήματα τελικής χρήσης.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ΤΟΜΕΑΣ**  **ΤΕΛΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ** | | **ΤΕΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ** | | | | | | | |
| Ηλεκτρισμός | Φυσικό αέριο | Ξύλο | Ηλιακή | Πετρέλαιο | κάρβουνο | Βενζίνη | ξυλοκάρβουνα |
| **Οικιακός** | Μαγείρεμα | 45-80% | 50% | 10-20% |  |  |  |  |  |
| Θέρμανση νερού | 95% | 80% |  | 40% |  |  |  |  |
| **Εμπορικός** | Φωτισμός  - πυράκτωσης  - φθορισμού | 5-8%  20-30% |  |  |  |  |  |  |  |
| **Βιομηχανικός** | Κίνηση | 90-95% |  |  |  | 32% |  |  |  |
| Λέβητας ατμού |  | 70-75% | 45% |  | 65-73% | 60% |  | 45% |
| **Μεταφορές** | | 70% | 22% |  |  | 24-35% |  | 18-25% |  |

Πρόσφατα, το θέμα της κλιματικής αλλαγής έχει εισαγάγει την χρήση ενός νέου ενεργειακού ισοζυγίου, το οποίο χρησιμοποιεί ως μονάδα ανα­φο­ράς την ποσότητα του στοιχειακού άνθρακα που εκλύεται κατά την διάρκεια της πα­ραγωγής και μετατροπής ενέργειας. Τυπικοί συντελεστές εκπομπών άνθρακα ανά καύσιμο παρουσιάζει ο Πίνακας 8.

Πίνακας 8. Εκπομπές άνθρακα ανά καύσιμο

|  |  |
| --- | --- |
| **Καύσιμο** | **Συντελεστής εκπομπής (kg C/GJ)** |
| Γαιάνθρακες | 23.8 |
| Αργό πετρέλαιο | 20.0 |
| Πετρέλαιο | 19.7 |
| Βενζίνη | 18.9 |
| Βουτάνιο | 16.8 |
| Προπάνιο | 16.3 |
| Αιθάνιο | 15.5 |
| Μεθάνιο | 13.1 |

**Άσκηση 1**.

Μια βιομηχανική διεργασία απαιτεί ένα (1) τόννο ατμού. Το εργοστάσιο παρά­γει ατμό με ατμο­­παραγωγό που λειτουργεί με 80% απόδοση, χρησιμοποιώντας πετρέλαιο με παροχή 65.78 kg/hr. O ατμός μπορεί να παραχθεί εναλλακτικά με άλλα καύσιμα εκτός του πετρε­λαί­ου και με ατμοπαραγωγούς με διαφορετική απόδοση. Λαμβάνοντες υπόψη τους παρα­κάτω τρεις (3) συνδυασμούς καυσίμου και τεχνο­λο­γίας, να υπολογισθεί η απαιτούμενη ενέργεια για κάθε έναν ώστε να παραχθεί ο ένας τόνος ατμού:

α) φυσικό αέριο, σε ατμοπαραγωγό με 88% απόδοση.

β) ξύλα, σε ατμοπαραγωγό με απόδοση 45%.

γ) ηλεκτρισμός σε ατμοπαραγωγό με απόδοση 95%.

Να χρησιμοποιηθεί η θερμογόνος δύναμη από τον Πίνακα 3.

**Άσκηση 2.** Να βρεθούν τέσσερις περιπτώσεις από τον παρακάτω Πίνακας 9 των τεχνολο­γιών φω­τισμού και της αντίστοιχης απόδοσης τους (Lumens/Watt), όπου είναι δυνατή η αντι­κα­τά­στα­ση με πιο αποδοτική τεχνολογία, διατηρώντας όμως το ίδιο περίπου επίπεδο φωτι­σμού (σε lumen). Να υπολογισθεί η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας αν σε κάθε αντι­κα­τά­σταση υπάρ­­χει τρίωρη καθημε­ρινή χρήση.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Πίνακας 9. Τεχνολογίες φωτισμού | | |
| Τεχνολογία φωτισμού | Απόδοση | Ισχύς |
| Lumens/Watt | Watts |
| Πυράκτωσης-συμβατική | 10  14 | 25, 60  100 |
| Πυράκτωσης-αλογόνου | 12  22 | 10  100 |
| Πυράκτωσης-αποδοτική | 13  14 | 54  90 |
| Φθορισμού-συμβατική | 67  67 | 20  40 |
| Φθορισμού-αποδοτική | 90  90 | 16  32 |
| Φθορισμού (συμπαγής) | 57  65 | 5  13 |

## Το ενεργειακό δίκτυο.

Ένας χρήσιμος τρόπος απεικόνισης της ενέργειας σε μια εθνική οικονομία είναι με την χρήση του δικτύου, όπου οι συνδέσεις αντιπροσωπεύουν ειδικές χρή­σεις, μετατροπές, ή παραγωγή διά­­φορων ενεργειακών μορφών. Η πιο δια­δε­δομένη μορφή δικτύου είναι το λεγόμενο Ενερ­γει­α­κό Σύστημα Ανα­φο­ράς (Σχήμα 1). Το Ενεργειακό Σύστημα Αναφοράς μπορεί να χρη­σι­μο­­­ποιη­θεί, εκτός από την γραφική αναπαράσταση των ενεργειακών ισο­ζυ­γί­ων, ως ένα ανα­λυ­τι­κό πλαί­σιο για την πρόβλεψη της ζήτησης ενέργειας.

Σχήμα 1. Ενεργειακό Σύστημα Αναφοράς.

Η θεώρηση του ενεργειακού συστήματος ως ενός δικτύου «ροής ενέργειας» επιτρέπει την χρήση ειδικών τεχνικών μαθηματικής μοντελοποίησης που μπορούν να προσεγγίσουν την «βέλτιστη ροή» ενέργειας στο δίκτυο.

Πίνακας 10. Εθνικό Ισοζύγιο Ενέργειας για την Ελλάδα (2011) (Βλέπε και Σχήμα)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 1 | 2 | 7 | 21 | 22 | 23 | 32 | 33 | 34 |
|  | **ΕΤΟΣ : 2011**  **Μονάδες : Χ 1000 ΤΙΠ** | Σύνολο όλων των προϊόντων 1=2+7+21+22+23+32+33+34 | Σύνολο Στερεών Καυσίμων | Σύνολο υγρών καυσίμων 7=8+9+10 | Φυσικό Αέριο | Παράγωγα αέρια | Σύνολο ΑΠΕ | Άλλα καύσιμα | Παράγωγη Θερμότητα | Ηλεκτρική Ενέργεια |
| 1 | **Πρωτογενής παραγωγή** | 9604 | 7505 | 89 | 6 | 0 | 1976 | 28 | 0 | 0 |
| 2 | **Ανακυκλώσιμα προϊόντα** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | **Εισαγωγές** | 29583 | 237 | 24602 | 3973 | 0 | 154 | 0 | 0 | 617 |
| 4 | **Αυξομειώσεις αποθεμάτων** | 1021 | 150 | 877 | -8 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | **Εξαγωγές** | 9985 | 5 | 9638 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 339 |
| 6 | **Καύσιμα διεθνούς ναυσιπλοΐας** | 2752 | 0 | 2752 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | **Από άλλες πηγές** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | **Ακαθάριστη Εγχώρια Κατανάλωση** | 27471 | 7887 | 13179 | 3971 | 0 | 2128 | 28 | 0 | 278 |
| 9 | **Προς Μετατροπή** | 30420 | 7681 | 20260 | 2391 | 0 | 60 | 28 | 0 | 0 |
| 24 | **Από Μετατροπή** | 23945 | 0 | 19484 | 0 | 0 | 1 | 0 | 54 | 4406 |
| 37 | **Ανταλλαγές και μεταβιβάσεις, ανταποδόσεις** | 1511 | 0 | 1511 | 0 | 0 | -682 | 0 | 0 | 682 |
| 41 | **Κατανάλωση Ενεργειακού Τομέα** | 1290 | 0 | 598 | 20 | 0 | 2 | 0 | 0 | 670 |
| 42 | **Απώλειες διανομής** | 258 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 242 |
| 43 | **Διαθέσιμο προς τελική κατανάλωση** | 20957 | 206 | 13316 | 1546 | 0 | 1381 | 0 | 54 | 4454 |
| 44 | **Τελική Μη Ενεργειακή Κατανάλωση** | 883 | 0 | 497 | 386 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 48 | **Τελική Ενεργειακή Κατανάλωση** | 18634 | 217 | 11443 | 1083 | 0 | 1384 | 0 | 54 | 4453 |
| 49 | **Βιομηχανία** | 3322 | 211 | 1035 | 555 | 0 | 263 | 0 | 0 | 1258 |
| 63 | **Μεταφορές** | 7463 | 0 | 7324 | 15 | 0 | 106 | 0 | 0 | 18 |
| 70 | **Άλλοι Τομείς** | 7849 | 6 | 3084 | 513 | 0 | 1015 | 0 | 54 | 3177 |
| 71 | Εμπόριο και Δημόσιες Υπηρεσίες | 1874 | 0 | 229 | 165 | 0 | 34 | 0 | 0 | 1446 |
| 72 | Οικιακός | 5448 | 4 | 2583 | 348 | 0 | 943 | 0 | 54 | 1516 |
| 73 | Γεωργία/Δασοκομία | 251 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36 | 0 | 0 | 215 |
| 74 | Αλιεία | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 75 | Λοιποί Τομείς | 274 | 1 | 273 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 76 | **Στατιστική διαφορά** | 1441 | -11 | 1376 | 78 | 0 | -3 | 0 | 0 | 1 |



Σχήμα . Ενεργειακές ροές το 2011.

# ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ-ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Ένα μοντέλο ορίζεται ως μιά απλουστευμένη αλλά αντιπροσωπευτική εικόνα της πραγματικότητας. Συνεπώς ο ρόλος του είναι να περιγράψει την πραγματική κατάσταση ή μερικές πτυχές της, έτσι ώστε να γίνεται περισσότερο κατανοητή και επομένως διαχειρίσιμη σε μιά προσπάθεια αποτίμησης και πιθανής αλλαγής.

Η μαθηματική μοντελοποίηση των σχέσεων μεταξύ ενέργειας και οικονομίας αναπτύσσεται σε δύο παράλληλους άξονες :

1. Τα οικονομικά μοντέλα (μοντέλα *Top-Down*)
2. Τα τεχνολογικά μοντέλα (μοντέλα *Bottom-Up*)

Τα *Top-Down* μοντέλα περιγράφουν την οικονομική διασύνδεση μεταξύ ζήτησης και προσφοράς ενέργειας και της υπόλοιπης οικονομίας με κύριο στόχο την ανάλυση ενεργειακών ή ευρύτερα οικονομικών πολιτικών.

Τα *Bottom-Up* μοντέλα υιοθετούν μιά πιό εστιασμένη προσέγγιση των ενεργειακών τομέων και διερευνούν τις διάφορες τεχνολογικές προτάσεις με κύριο στόχο να εντοπίσουν λύσεις χαμηλού κόστους γιά την ενεργειακή παραγωγή.

Η έννοια γιά τις περιβαλλοντικές πιέσεις είναι εκείνη η οποία έφερε και τις δύο μεθόδους στο προσκήνιο του παγκόσμιου ενδιαφέροντος. Με βάση τις διάφορες μοντελοποιήσεις θεσπίστηκαν τα πρώτα όρια γιά τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα (συνέδριο του Τορόντο, 1988 – μείωση κατά 20% ως προς τα επίπεδα του 1988). Αυτό δημιούργησε άμεσο ενδιαφέρον στην επιστημονική και πολιτική κοινότητα να αποτιμήσει τα κόστη και τα οφέλη ενός τέτοιου στόχου, τις επιπτώσεις στο οικονομικό σύστημα και τις εφικτές στρατηγικές γιά την επιτυχία του. Η ανάγκη δε να αναλύονται συγχρόνως τρείς διαφορετικές κατευθύνσεις – ενέργεια, οικονομία και περιβάλλον – ενεθάρρυνε μιά παραγωγή ανταλλαγή γνώσεων και εμπειριών μεταξύ των διαφορετικών επιστημονικών τομέων.

Σήμερα είναι κοινός τόπος να χρησιμοποιούνται και οι δύο τύποι μοντελοποίησης γιά την διερεύνηση πτυχών της κλιματικής αλλαγής και του κόστους των σχετιζόμενων πολιτικών. Ακόμα και στην περίπτωση αμιγώς ενεργειακών μοντελοποίησεων, κάποια περιβαλλοντικές διαστάσεις λαμβάνονται υπόψη (όπως π.χ. οι εκπομπές CO2).

## Μοντελοποίηση Top-Down

Τα μοντέλα αυτά έχουν στόχο να προσφέρουν μιά κατανόηση της λειτουργίας του οικονομικού συστήματος, και σε αυτήν συμπεριλαμβάνεται η σχέση μεταξύ των αγορών ενέργειας και της οικονομίας. Η βάση ανάλυση είναι η συμπεριφορά των αντιπροσωπευτικών, και ορθολογικών οικονομικών συμμετεχόντων οι οποίοι προσπαθούν να μεγιστοποιήσουν μιά αντικειμενική συνάρτηση. Οι πληροφορίες που χρησιμοποιούνται γιά την δημιουργία των *Top-Down* μοντέλων έρχεται από το παρελθόν, καθώς τα ιστορικά δεδομένα που περιγράφουν τις σχέσεις ενέργειας και οικονομίας διαμορφώνουν την σημερινή και την μελλοντική συμπεριφορά.

Οι βασικές παράμετροι και μεταβλητές που καθορίζουν και οδηγούν τις εσωτερικές διεργασίες και τα αποτελέσματα είναι :

1. Ο συντελεστής ελαστικότητας της ενεργειακής ζήτησης ως προς τις μεταβολές του ακαθάριστου εθνικού προϊόντος,
2. Ο συντελεστής ελαστικότητας της τιμής υποκατάστασης μεταξύ κεφαλαίου, εργατικών και ενέργειας,
3. Οι δείκτες της τεχνολογικής προόδου,
4. Το κόστος και η διαθεσιμότητα προσφοράς ενεργειακών καυσίμων (υπαρχόντων και μελλοντικών)
5. Η διαθεσιμότητα, οι βαθμοί απόδοσης, και το κόστος τεχνολογιών παραγωγής ενέργειας.

Τα παραπάνω μαζί με τον ρυθμό ανάπτυξης του ΑΕΠ καθορίζουν την μελλοντική ενεργειακή ζήτηση και το οικονομικό κόστος γιά μιά πιθανή αλλαγή πορείας ως προς την τεχνολογία εφαρμογής.

Καθώς η έμφαση είναι μεταξύ της ενέργειας και των άλλων τομέων και μεταξύ των μακροοικονομικών επιπτώσεων των πολιτικών, σε εθνικό ή παγκόσμιο επίπεδο, τα *Top-Down* μοντέλα δίνουν μικρή σημασία στην πλευρά της οικονομίας που αφορά την κατανάλωση ενέργειας.

Η τεχνολογία και η σημασία της υπεισέρχονται σε αυτά τα μοντέλα ως ποσοστό των εισροών στην συνάρτηση παραγωγής και οι διάφορες παράμετροι περιγράφουν τον βαθμό υποκατάστασης μεταξύ των εισροών και την εξέλιξη της παραγωγικότητας. Διαμορφώνεται με αυτόν τον τρόπο η οικονομικότητα μιάς τεχνολογίας – ουσιαστικά η τιμής της – η οποία καθορίζει την ζήτηση ενέργειας γιά τις διάφορες ενεργειακές αλυσίδες.

Στην πλευρά της προσφοράς τα μοντέλα *Top-Down* λαμβάνουν υπόψη τους τις ενεργειακές πηγές και το κόστος.

## Μοντελοποίηση Bottom-Up

Τα μοντέλα *Bottom-Up* θεωρούνται τεχνολογικά μοντέλα (είναι μοντέλα μερικής ισορροπίας) με βασικό στόχο το ελάχιστο κόστος γιά μιά συγκεκριμένη απαίτηση ενεργειακής υπηρεσίας. Βασίζονται σε τεχνολογικά και οικονομικά δεδομένα και περιγράφουν σε μεγάλη λεπτομέρεια εναλλακτικές λύσεις γιά την εκμετάλλευση ενεργειακών πηγών και την μετατροπή τους σε ενεργειακές υπηρεσίες.

Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: μοντέλα που επιλύουν ένα σύστημα εξισώσεων που περιγράφουν το σύνολο των τεχνολογιών που υπεισέρχονται και μοντέλα βελτιστοποίησης.

Οι βασικές παράμετροι είναι το κόστος της τεχνολογίας, η εγκατεστημένη ισχύς, ο χρόνος ζωής, το κόστος καυσίμων, ο ρυθμός διείσδυσης και κορεσμού εναλλακτικών τεχνολογιών στο ενεργειακό σύστημα. Είναι σε μεγάλο βαθμό αναλυτικά μοντέλα (disaggregated) και συνδέουν την μετατροπή και χρήση της ενέργειας μέσω των ενεργειακών φορέων. Η ζήτηση ενέργειας αναλύεται ανάλογα με τον τομέα της οικονομίας – βιομηχανία, οικιστικό, μεταφορές – και ανάλογα με την χρήση της ενέργειας, δηλ. γιά θέρμανση, ψύξη, φωτισμό κλπ.

Τα μοντέλα αυτά ενσωματώνουν την τεχνολογία στο επίπεδο της μηχανής και του καυσίμου, και κατατάσσουν τις προτεινόμενες λύσεις σύμφωνα με το καθαρό κόστος, όπως π.χ. είναι η έννοια του οριακού κόστους (ή οριακής καμπύλης).

Η ζήτηση ενέργεια είναι εξωγενής μεταβλητή και συνήθως παίρνει την μορφή της ζήτησης γιά ενέργεια τελικής χρήσης όπως ενέργεια γιά θέρμανση, ψύξη, αερισμό, φωτισμό κλπ.

## Σύγκριση

Συγκρίνοντας τις δύο προσεγγίσεις των μοντέλων :

Α. Τα *Top-Down* μοντέλα διερευνούν :

1. την περίπτωση προσομοίωσης, δηλ. «*if-then*», και
2. την περίπτωση βελτιστοποίησης.

**Παραδείγματα**: ποιές είναι οι επιπτώσεις ενός φόρου στην παραγωγή ή την κατανάλωση ενέργειας, η μεταβολή σε έναν παράγοντα της παραγωγής, κλπ., ή ποιό είναι το επίπεδο ενός φόρου ή μιάς επιχορήγησης που απαιτείται γιά την επίτευξη ενός συγκεκριμένου στόχου (όπως μείωση κατανάλωσης ενέργειας, μείωση εκπομπών ρύπων, κλπ.).

Β. Τα *Bottom-Up* μοντέλα εστιάζουν στην επίλυση ενός προβλήματος και προσπαθούν να βρούν στρατηγικές ελάχιστης ενέργειας ή ελαχίστου κόστους γιά την παραγωγή κάποιας ενεργειακής υπηρεσίας. Ο χρήστης προσδιορίζει το σύνολο των περιορισμών (σε τεχνολογία, ζήτηση, ρύπανση, κλπ.) και το μοντέλο παράγει την τεχνολογική λύση που ικανοποιεί αυτούς τους περιορισμούς με το ελάχιστο κόστος. Τα μοντέλα αυτά εστιάζουν στον τομέα της ενέργειας, τον οποίο περιγράφουν με μεγάλη λεπτομέρεια όμως αφήνουν εκτός την μακροοικονομική θεώρηση.

Συνεπώς τα *Top-Down* μοντέλα, σε αντίθεση με τα *Bottom-Up*, λαμβάνουν μόνον οριακά τις νέες τεχνολογικές δυνατότητες, όμως είναι σε θέση να αποτυπώσουν τα πιθανά αποτελέσματα ανάδρασης από τις διάφορες επιλογές (*rebound effects*). Στα μοντέλα αυτά χαμηλότερες τιμές σημαίνει εξοικονόμηση χρημάτων και μιά αύξηση στην ζήτηση της συγκεκριμένης τεχνολογίας, συνεπώς αύξηση της ζήτησης ενέργειας.

Τα μοντέλα *Bottom-Up* θεωρούν το μέλλον ως περισσότερο μεταβλητό, παρακολουθούν την τεχνολογική εξέλιξη με πιό μεγάλη ακρίβεια και μπορούν να αναδείξουν ευκολότερα τις δυνατότητες γιά εξοικονόμηση ενέργειας και χαμηλού κόστους λύσεις.

# ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ

Σημαντικό στάδιο του ενεργειακού σχεδιασμού είναι η εκτίμηση της μελλοντικής ζήτησης, τό­­σο για το σύνολο της οικονομίας, όσο και στο επίπεδο κάποιου καυσίμου, πχ. πετρέλαιο, ηλε­­­­­­κτρισμός κλπ. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα ενεργειακά έργα απαιτούν μεγάλη χρο­νι­­­­κή διάρκεια κατασκευής (πέντε έως δέκα έτη) και υψηλό κόστος επένδυσης (σταθμοί ηλε­κτρι­­σμού, διυλιστήρια, υδροηλεκτρικά έργα, πετρελαιαγωγοί, αγωγοί φυσικού αερίου κλπ.), καθώς και στο ότι η παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας έχει υψηλό κόστος κεφα­λαίου, άρα τα σφάλματα τείνουν να κοστίζουν ακριβά. Αν η πρόβλεψη είναι χαμηλή, τότε υπάρχουν ενερ­­­­­γειακές ελλείψεις που κοστίζουν πολύ περισσότερο από την ενέργεια που δεν κατέστη δυ­να­­­τόν να βρεθεί, αν δε η πρόβλεψη είναι πάνω από το πραγματικό επίπεδο αυτό συνε­πά­γε­ται υψηλό δεσμευμένο κεφάλαιο σε ένα ενεργειακό έργο.

Όμως ένα από τα κεντρικά λάθη της ενεργειακής ανάλυσης είναι να θεωρηθεί ότι η πρό­βλε­ψη της ζήτησης μπορεί να είναι ντετερμινιστική. Αυτό που έχει διδάξει το παρελθόν είναι ότι είναι σχεδόν αδύνατο να προβλέψουμε το μέλλον με κάποια ακρίβεια. Αυτό δε ισχύει όχι μόνον για την τιμή του πετρελαίου, αλλά και για τον ρυθμό οικονομικής ανά­πτυ­ξης, το επί­πε­δο πληθωρισμού, την αξία συγκεκριμένου νομίσματος, την εξέλιξη της βιομηχανίας και το ισο­­ζύγιο πληρωμών. Η εμπειρία διδάσκει ότι δεν πρέπει ποτέ να χρησι­μο­ποι­ούνται προ­βλέ­­ψεις με μια μοναδική τιμή, όταν πρόκειται για την αξιολόγηση επενδύσεων, αλλά να εξε­τά­­ζε­ται μια πληθώρα προβλέψεων ζήτησης που αντανακλά διαφορετικές υπο­θέσεις σχε­τι­κά με τους παράγοντες που δεν μπορούν να προβλεφθούν με κάποια ακρίβεια, και μετά να επι­χει­ρεί­­ται εκείνη η επένδυση που είναι η πλέον ανθεκτική αναφορικά με αυτές τις αβε­βαιό­τη­τες. Η πραγματική ανάγκη είναι δηλαδή, όχι το τελικό αποτέλεσμα της πρόβλεψης να είναι από­λυ­­τα ακριβές, αλλά το μοντέλο πρόβλεψης να εμπεριέχει όλους τους παρά­γοντες που επη­ρεά­ζουν την ζήτηση.

Ειδικά για τον ηλεκτρισμό απαιτείται η πρόβλεψη τόσο της συνολικής ενέργειας που θα πρέ­πει να παραχθεί, όσο και της μέγιστης ισχύος που θα πρέπει να είναι διαθέσιμη ώστε να είναι σε θέση να καλύψει τις αυξομειώσεις κατά την διάρκεια του χρόνου.

## Μοντέλα Πρόβλεψης

Όπως αναφέρθηκε υπάρχουν οι παρακάτω γενικές ομάδες μοντέλων που χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη :

(α). Τα οικονομετρικά μοντέλα (top-down)

(β). Τα μοντέλα τελικής χρήσης (bottom-up)

(γ). Τα υβριδικά μοντέλα, που είναι συνδυασμός των (α) και (β).

Κάθε ένα έχει έναν διαφορετικό βαθμό πολυπλοκότητας και κάθε ένα απαιτεί ένα δια­φο­ρε­τι­κό επίπεδο κατα­νόησης των διεργασιών που πρόκειται να μοντελοποιηθούν.

α) Τα **οικο­νο­με­τρι­κά**[[3]](#footnote-3)\* **μοντέλα** στηρίζονται στην πρόβλεψη οικονομικών μεγεθών και λαμ­βά­­­­νουν υπό­ψη τους την οικονομική συμπεριφορά, όπως π.χ. την ελαχιστοποίηση του κό­στους, βελ­τι­στο­­­ποίηση των εξό­δων, κλπ. Οι κύριες επεξηγηματικές τεχνικές τους είναι : οι τι­μές της ενέρ­γει­­­ας, η αγορά και ο εξοπλισμός, στηρίζονται δηλαδή στο νεοκλασσικό οικο­νο­μι­κό παράδειγμα, ενώ οι προβλέψεις της τελικής ενεργειακής ζήτησης προκύπτουν από την χρή­ση των ελαστικοτήτων τιμών και εισοδήματος. Απαιτούν λιγότερα δεδομένα και στηρί­ζο­νται σε στατιστική βά­­ση, ενώ ΔΕΝ λαμβάνουν υπόψη τους την τεχνολογική υποδομή. Με την στα­τιστική ανά­λυ­ση των σχέσεων του παρελθόντος γίνεται η πρόβλεψη των επιπέδων της ενέρ­γειας από στοι­χεί­α ενέργειας, κεφαλαίου, βιομηχανικής παραγωγής και κόστους εργα­σί­ας. Η βασική υπό­θε­ση είναι ότι καλύτερη πρόβλεψη για το μέλλον είναι η συνέχιση πα­ρελ­θό­ντων σχέσεων. Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες :

(i). *Συναρτησιακά μοντέλα* – προσδιορίζουν μιά απλή συναρτησιακή μορφή και εκτιμούν την σχέ­­­ση μεταξύ ενεργειακής χρήσης και μεταβλητών, όπως οι τιμές της ενέργειας, η βιομη­χα­νι­κή παραγωγή, οι ειδικές τεχνολογικές μεταβλητές και η εκμετάλλευση του δυναμικού.

*Παραδείγματα*

Ε(t) = Ε(0) + b t

Ε(t) = a ΑΕΠ(t)

Ε(t) = k ΑΕΠ(t) ε , όπου συντελεστής ελαστικότητας 

όπου E(t) : ενεργειακή ζήτηση την χρονική στιγμή t.

ii) *Μοντέλα* *βελτιστοποίησης* – υποθέτουν μιά παραγωγική διαδικασία και την ελαχιστο­ποί­η­ση του κόστους ή μεγιστοποίηση του κέρδους. Η πλέον συνηθισμένη οικονομετρική συνάρτηση βασίζεται στην συνάρτηση παραγωγής Cobb-Douglas :

Ε = α Υa P-b

Ε : ενεργειακή ζήτηση

Υ : εισόδημα

P : τιμή της ενέργειας

α : συντελεστής

a : ελαστικότητα του εισοδήματος

b : ελαστικότητα της τιμής.

β) **Μοντέλα τελικής χρήσης**. Είναι πιό λεπτομερειακά από τα (α) παρά το γεγονός ότι η αναλυτική μορφή τους είναι απλούστερη. Η από τα κάτω-προς-τα-πάνω προσέγγιση τους επι­τρέ­πει την ενσωμάτωση σημαντικής πληροφορίας σε τεχνολογικό επίπεδο, και υπονοεί μιά μεγαλύτερου βαθμού ανάλυση ώστε να ληφθούν υπόψη οι βασικές ανάγκες που ικανοποιεί η ενέργεια και η αντίστοιχη οικονομική υποδομή. Στηρίζονται στην ανά­λυση ότι :



Qi : ποσότητα ενεργειακής χρήσης i.

Ii  : ένταση ενεργειακής χρήσης για την υπηρεσία i.[[4]](#footnote-4)\*

Ισχύει :

Qi = Ni . Pi . Mi

Pi : βαθμός διείσδυσης (π.χ. πόσα σπίτια έχουν συσκευή τηλεόρασης)

Mi : μέγεθος ή έκταση χρήσης (π.χ. τόννοι παραγωγής, lumen φωτισμού, κιλά ρούχων, πλήθος πλυσιμάτων κλπ.)

Παράδειγμα

Κατάστημα έχει εμβαδόν 1000 m2 και το 90% του δαπέδου του φωτίζεται με λάμπες φθορισμού. Κάθε 15 m2 απαιτούν 4 λάμπες των 40 W η κάθε μία, με απόδοση 67 lumen/W. Tα φώτα μένουν ανοιχτά 8 hrs την ημέρα.

Σε ετήσια βάση :

Μi = 67 lumens/W \* 40 W/λάμπα \* 4 λάμπες/m2 \* 8 hr/day \* 365 days/yr

= 2,086,827 (lumen–hr/ (m2–yr).

Qi = Ni \* Pi \* Mi

= 1000m2 \* 0.90 \* 2,086,827 (lumen–hr/ (m2–yr)

= 1.878 lumen hr/yr.

Ii = 1/67 (W/lumen) = 0.0149 W/lumen.

Eνέργεια Φωτισμού = Qi \* Ii

= 1.878 \* 109 lumen-hr/yr \* 0.0149 W/lumen

= 28000 kWh/yr.

γ). **Υβριδικά μοντέλα**. Αποτελούν συνδυασμό των οικονομετρικών μοντέλων και των μοντέ­λων τελικής χρήσης. Τα οικονομικά/τεχνολογικά μοντέλα περιλαμβάνουν την *οικονομετρική σχέ­ση* του επιπέδου της ειδικής δραστηριότητας του συγκεκριμένου τομέα με το υπόλοιπο της οικο­­νομίας και ταυτόχρονα επιτρέπουν την διερεύνηση τεχνολογικών βελτιώσεων για κάθε τε­λι­­κή χρήση ενέργειας σε αυτόν τον τομέα. Μιά πιθανή προσέγγιση είναι να χρη­σι­μο­ποιη­θούν αυστηρά οικονομικές μεταβλητές για τις κοντο- και μέσο- πρόθεσμες μελέτες, ενώ οι δο­μικές και οι τεχνολογικές μεταβλητές θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τις μακρο-πρόθεσμες συν­θήκες.

Στο προηγούμενο παράδειγμα του φωτισμού καταστήματος, η πρόβλεψη της επιφάνειας του κα­τα­­στήματος μπορεί να συνδεθεί με κάποια οικονομετρική σχέση με την μελλοντική αύ­ξη­ση του ακαθάριστου εισοδήματος του εμπορικού τομέα.

Τότε η πρόβλεψη γίνεται σε δύο στά­δια :

(α) οικονομετρική πρόβλεψη της επιφάνειας , Επιφάνεια = α(ΑΕΠ)γ, και

(β) πρό­βλε­ψη της τελικής χρήσης ενέργειας για την επιφάνεια που προέκυψε.

## Μοντέλα Χρονοσειρών

Σε αυτή την κατηγορία μοντέλων υποθέτουμε ότι δεν γνωρίζουμε τίποτα σχετικά με την σχέ­σεις που επηρεάζουν την μεταβλητή που μοντελοποιείται. Σε αντί­θε­ση εξετάζεται η περα­σμέ­νη συμπεριφορά της χρονοσειράς ώστε να εξάγουμε κάτι σχετικά με την μελλοντική πορεία της. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη χρη­σι­μο­ποιεί ένα απλό ντετερ­μι­νι­στικό μοντέλο, πχ. μια γραμμική παρεμβολή, ή τη χρήση ενός σύν­θετου στοχαστικού μο­ντέ­λου για προσαρμοζόμενη πρόβλεψη (adaptive forecasting). Ένα παράδειγμα της ανά­λυ­σης χρο­νοσειράς είναι η απλή προβολή της παρελθούσης τάσης για την πρόβλεψη της αύξησης του πληθυσμού. Οι χρονοσειρές είναι χρήσιμες όταν έχουμε λίγες γνώσεις για την διερ­γα­σία που προσπαθούμε να προβλέψουμε. Η περιορισμένη δομή τους τις κάνει αξιό­πι­στες μόνον για το βραχυπρόθεσμο διάστημα, παρ΄ όλα αυτά είναι χρή­σι­μα.

## Μοντέλα Παλινδρόμησης μιας Εξίσωσης

Σε αυτή την κατηγορία μοντέλων η υπό εξέταση μεταβλητή εξηγείται με μια μοναδική συ­νάρ­­τηση (γραμμική ή μη γραμμική) ορισμένων επεξηγηματικών μεταβλητών. Η εξίσωση είναι συνήθως εξαρτώμενη από τον χρόνο ( δηλαδή ο δείκτης του χρόνου εμφανίζεται ευ­κρι­νώς στο μοντέλο), έτσι ώστε να είναι δυνατή η πρόβλεψη της αντίδρασης της μεταβλητής με τον χρόνο σε μεταβολές σε ένα ή περισσότερες από τις επεξηγηματικές μεταβλητές. Ένα πα­ρά­­δειγμα ενός μοντέλου παλινδρόμησης μιας εξίσωσης είναι αυτό που συνδέει το επιτόκιο με ένα σύνολο μεταβλητών, όπως η προσφορά χρήματος, ο πληθωρισμός, και η μεταβολή στο ακα­­θάριστο εθνικό προϊόν.

## Μοντέλα Προσομοίωσης πολλών Εξισώσεων

Σε αυτά τα μοντέλα η μεταβλητή που αναλύεται μπορεί να είναι μια συνάρτηση αρκετών επε­ξη­γηματικών μεταβλητών, οι οποίες τώρα όμως συνδέονται μεταξύ τους και με την υπό εξέ­τα­ση μεταβλητή μέσω ενός συνόλου εξι­σώσεων. Η κατασκευή του μοντέλου προ­σο­μοί­ω­σης ξεκι­­νά με τον προσδιορισμό ενός συνό­λου προσωπικών σχέσεων, κάθε μια των οποίων προ­σαρ­­μό­ζε­ται στα διαθέσιμα δεδο­μένα.

Ένα παράδειγμα ενός τέτοιου μοντέλου είναι αυτό ενός τομέα της βιομηχανίας δέρματος, που περιέχει εξισώσεις που επεξηγούν μεταβλητές όπως την ζήτηση δέρματος, την παραγωγή, την απασχόληση των εργατών στην βιομηχανία, τις επενδύ­σεις στην βιομηχανία, και τις τιμές.

Αυτές οι μεταβλητές συνδέονται μεταξύ τους και με άλλες μεταβλητές (όπως συνολικό εθνι­κό εισόδημα, τον δείκτη καταναλωτή, τα επιτόκια, κλπ.) μέσω ενός συνόλου γραμμικών και μη-γραμμικών εξισώσεων. Δεδομένων ορισμένων υποθέ­σεων σχετικά με την μελλοντική συ­μπε­­ριφορά του εθνικού εισοδήματος, των επιτο­κίων κλπ., μπορεί να προσομοιωθεί αυτό το μο­ντέλο και να προβλέψει την πορεία των μεταβλητών του. Ένα τέτοιο μοντέλο μπορεί να ανα­­­λύσει τις επιπτώσεις στην βιομη­χανία εξωτερικών οικονομικών αλλαγών.

Τα μοντέλα προσομοίωσης πολλών μεταβλητών προσπαθούν να επεξηγήσουν σε μεγά­λο βα­θμό την δομή της υπό εξέταση μεταβλητής. Δεν προσδιορίζονται μόνον ιδιαί­τερες σχέσεις, αλλά το μοντέλο λαμβάνει υπόψη του τις αλληλεπιδράσεις όλων αυτών των σχέσεων. Με τον τρό­πο αυτό ένα μοντέλο πέντε εξισώσεων περιέχει περισσότερη πληροφορία από το άθροι­σμα πέντε ξεχωριστών εξισώσεων παλινδρό­μη­σης. Το μοντέλο δεν επεξηγεί μόνο τις σχέσεις των πέντε ιδιαιτέρων σχέσεων, αλλά περιγράφει την δυναμική πλοκή που υπονοείται από την ταυ­­τόχρονη εξέλιξη αυτών των σχέσεων.

Η επιλογή του τύπου του μοντέλου προϋποθέτει ένα συγκερασμό ανάμεσα στον διαθέσιμο χρό­νο, την απαιτούμενη προσπάθεια, το κόστος, και την επιθυμητή ακρί­βεια πρόβλεψης.

# ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

O Ενεργειακός Σχεδιασμός διερευνά την ζήτηση για μιά συγκεκριμένη χρο­νι­κή περίοδο, λαμ­βά­νει υπόψη του τις δυνατότητες προσφοράς ενέργειας (πόροι, τεχνο­λο­γία, περι­βαλ­λο­ντι­κές επι­­πτώσεις, διαθεσιμότητα, κλπ.) και προσπαθεί να ταιριάξει την προσφο­ρά με την ζήτηση. Για να ολοκληρώσει αυτή την διαδικασία θα πρέπει να κυττάξει πίσω στο παρελθόν για αξιό­πι­στα στοιχεία. Αυτόν τον στόχο εξυπηρετεί άλλωστε και η εμφάνιση των στοιχείων μέσα σε ένα ενεργειακό ισοζύγιο.

Η αναπαράσταση της εξέλιξης της ενεργειακής ζήτησης χρησιμοποιεί διάφορες μεθόδους και θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η αξιοπιστία τους σχετικά με τον επιθυμητόν κοντο-, μεσο-, και μακρο- πρόθεσμο ορίζοντα αναφοράς. Για την αντιμέτωπιση του προβλήματος του σχε­δια­σμού, ειδικά στο κοντο- και μεσο- πρόθεσμο διάστημα, το πλέον σύνηθες εργαλείο είναι το **μοντέλο** (υπόδειγμα).

Τα οικονομετρικά μοντέλα με διάφορες δομές χρησιμοποιούνται για την προβολή από το παρελ­θόν στο μέλλον. Χρησιμοποιούν εξισώσεις οι οποίες προσδιορίζονται από στοιχεία του παρελ­θόντος και στατιστικές σειρές.

Για διαφορετικά σενάρια ενεργειακής ζήτησης και προσφοράς υπάρχει πολλές φορές η δυνα­τό­­τητα αναζήτησης ενός οικονομικά/περιβαλλοντικά βέλτιστου. Ο ορισμός ενός τέτοιου βέλ­τι­­στου θα πρέπει να προσεγγίζεται με μιά αυστηρή μεθοδολογία, όπου όλες οι σημαντικές πα­ρά­­μετροι λαμβάνονται υπόψη. Πέρα από τα οικονομετρικά μοντέλα, υπάρχει η δυνατότητα ανα­λυτικών μοντέλων ή μοντέλων προσομοίωσης, τα οποία είναι σε θέση να ενσωματώσουν μέσα στην θεώρηση τους, με ένα ευέλικτο τρόπο, δομικές αλλαγές, όπως π.χ. περιβαλλο­ντι­κές επιπτώσεις, νέες τεχνολογίες, απελευθέρωση αγορών, επίπεδο ζωής, αστικοποίηση, κλπ.

Για μακροπρόθεσμες αναλύσεις χρησιμοποιούνται επίσης οι λεγόμενες μέθοδοι ερωτημα­το­λο­γίου : αναπτύσσονται συγκεκριμένα ερωτηματολόγια τα οποία δίνονται σε ειδικούς για συμπλή­ρωση, τα οποία, άν αξιολογηθούν με κάποια στατιστική βάση, μπορούν αν δώσουν μιά εικόνα της εξέλιξης στο μέλλον.

Τέλος, είναι δυνατόν να υιοθετηθεί ένας απλούστερος τύπος μοντέλου, το οποίο στηρίζεται στην ανάλυση των στοιχείων ενός κράτους αναφοράς, από το οποίο θα προκύπτει μιά εικόνα του μέλλοντος για το υπό διερεύνηση κράτος, με μιά χρονική υστέρηση.

Καθώς το εύρος του ενεργειακού σχεδιασμού εκτείνεται περισσότερο από τον απλό προ­σδιο­ρι­σμό της μελλοντικής ενεργειακής ζήτησης που θα πρέπει να καλύπτεται από ένα αξιόπιστο σύστη­μα προσφοράς, θα πρέπει να γίνεται οικονομική αξιολόγηση των διαφόρων δομικών στοι­­χείων του συστήματος προσφοράς (εξοπλισμός παραγωγής, μετατροπής, μεταφοράς και τελι­­κής χρήσης της ενέργειας). Αυτή η οικονομική αξιολόγηση περιλαμβάνει βασικές παρα­μέ­τρους όπως επιτόκια, χρόνους ζωής, λειτουργικά κόστη, αξία στο τέλος χρήσης, κλπ. Απαι­τεί­ται επομένως να υπάρχουν πλαίσια αξιολόγησης των επενδύσεων.

Το *παραδοσιακό μοντέλο σχεδιασμού* του ηλεκτρικού συστήματος έχει στόχο να ικανοποιήσει την μελλο­ντι­κή ζήτηση ηλεκτρισμού με το ελάχιστο κόστος και περι­λαμ­βάνει:

Α. Προβολές της αύξησης της ζήτησης ηλεκτρισμού.

Β. Σχεδιασμό της μελλοντικής επέκτασης (expansion planning) για τον καθορισμό των διαθέσιμων πόρων και της χρονικής στιγμής που θα απαιτηθούν.

Γ. Ανάλυση κόστους παραγωγής για την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων προσφοράς με βάση το κόστος.

Δ. Υπολογισμό των απαιτούμενων εσόδων και επιτοκίων (rates).

Στον *περιβαλλοντικό σχεδιασμό* ο στόχος είναι να ικανοποιηθεί η ζήτηση για ενεργειακές υπηρεσίες. Αυτός ο στόχος συμπεριλαμβάνει την διαχείριση της τελικής ζήτησης, καθώς και προ­γράμματα ενεργεια­κής εξοικονόμησης, αύξησης της απόδο­σης κλπ. Αυτό σημαίνει ότι αν είναι οικονομικότερο να βελτιωθεί η ενερ­γειακή απόδοση αντί της κατασκευής πρόσθετων σταθμών ηλεκτρικής ενέργειας, τότε θα πρέπει να προτι­μηθεί η πρώτη περίπτωση.

Και στις δύο προσεγγίσεις χρησιμοποιείται η ανάλυση του σχεδιασμού μελλοντικής επέκτα­σης για τον σχεδιασμό ελαχίστου κόστους αναφορικά με την αύξηση της δυναμικό­τη­τας. Το κύριο κριτήριο κόστους στον σχεδιασμό μελλοντικής επέκτασης είναι οι απαιτή­σεις εσόδων (revenue requirements), που θα πρέπει να είναι σε θέση να καλύψουν όλα τα έξοδα καθώς και τα μερίσματα για τους μετόχους.

Μελλοντικές επενδύσεις θα πρέπει να ανάγονται στην *παρούσα αξία* τους ώστε να εκφράζουν την δια­χρονική αξία του χρήματος. Επειδή διαφορετικοί πόροι διατίθενται σε διαφορετικού μεγέθους βαθμωτές αυξήσεις, για λόγους σύγκρισης τα *οριακά κόστη* κανονικοποιούνται στην βάση του οριακού κόστους ενέργειας ($/kWh) ή του οριακού κόστους δυναμικότητας ($/kW). Ο λόγος μεταξύ οριακού κόστους ενέρ­γειας και δυναμικότητας εξαρτάται από τον βαθμό που ένας πόρος συνεισφέρει κατά την μέγιστη δυνα­μι­κότητα, πράγμα που εκφράζεται με τον *συντελεστή δυναμικότητας* (capacity factor). Αυτός συν­δέεται με τον *συντελεστή φορ­τίου* (load factor) που μετράει την μεταβλητότητα της ζήτησης και μπορεί να εκτιμηθεί από την *καμπύλη διάρκειας φορτίου* (load duration curve).

Γνωρίζοντες τα οριακά κόστη ως συνάρτηση του συντελεστή δυναμικότητας ή του συντε­λε­στή φορτίου, είναι δυνατόν να εξετασθούν οι δυνατές λύσεις προσφοράς για τον καθο­ρισμό του σχεδίου μελλοντικής επέκτασης με το ελάχιστο κόστος που θα καλύπτει την μελλο­ντική ζήτηση. Αυτό το σχέδιο θα πρέπει να ενημερώνεται και να αναθεωρείται περιο­δικά καθώς θα προ­κύπτουν νέα δεδομένα για την αύξηση της ζήτησης, τους διαθέ­σι­μους πόρους, το κόστος κλπ. Εκτός από τους συμβατικούς σταθμούς, θερμικούς, υδρο­ηλεκτρικούς, πυρηνικούς, ο πε­ρι­­βαλ­λο­ντικός σχεδιασμός θα πρέπει να περιλαμβάνει εναλλακτικές περιπτώσεις όπως: δια­­­χεί­ριση της τελικής ζήτησης, μείωση των απωλειών στην πλευρά της προσφοράς, συμπα­ρα­­γω­γή θερμότητας και ηλεκτρισμού, σταθμούς ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ηλιακή, αιο­λι­κή, γεωθερμία, κλπ.). Η βασική σύγκριση ανάμεσα στις εναλλακτικές λύσεις γίνεται στην βάση του μακροπρόθεσμου *οριακού κόστους ενέργειας* (marginal cost of energy).

Ενώ το μακροχρόνιο οριακό κόστος καθορίζει τον σχεδιασμό για την κατασκευή νέων στα­θμών, για την λειτουργία των παλαιών σταθμών σε μια δεδομένη χρονική στιγμή βαρύ­νο­ντα ρόλο παίζει το *βραχυ­πρόθεσμο οριακό κόστος* (short-run marginal cost), δηλαδή το μετα­βλη­τό κόστος για το καύσιμο, την λειτουργία και την συντήρηση.

Η σειρά με την οποία εκκινούν και εισέρχονται στο δίκτυο οι διαφορετικοί σταθμοί εξαρτά­ται από μια παραδοσιακή οικονομική στρατηγική που ιεραρχεί τους διαθέσιμους σταθμούς βάσει του μεταβλητού κόστους. Ο πλέον ακριβός σταθμός που λειτουργεί μια δεδο­μένη χρoνική στιγμή είναι *ο οριακός σταθμός* (marginal resource) και αυτός αλλάζει ανά­λο­γα με το φορτίο του συστήματος. Μια διαφορετική προσέγ­γιση είναι αυτή που λαμβάνει υπόψη της τις εκπομπές από τους σταθμούς και τους κατατάσσει σύμφωνα με ένα συνδυασμό κόστους και ρυθμών εκπομπής ανάλογα με την αξιολόγηση της ρύπανσης. Στον περιβαλ­λοντικό σχεδια­σμό οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να κατα­ταχθούν οι νέοι σταθμοί σύμφωνα με το *κόστος των αποφευχθέντων εκπομπών*, ή προσθέ­το­ντας στο οικονο­μικό κόστος τους φόρους εκπομπής ή τις εξωτερικές αξίες (emission charges or externality values).

## Σχεδιασμός Ελαχίστου Κόστους

Σε διαδικασία περιβαλλοντικού σχεδιασμού η εκτίμηση γίνεται στην βάση της παροχής ενερ­γει­α­κών υπηρεσιών με το ελάχιστο συνολικό κόστος, όπου το συνολικό κόστος περιλαμ­βάνει το κόστος της παραγωγής ηλεκτρισμού, την μεταφορά, την διανομή, τις περιβαλλο­ντι­κές εκ­πο­­­­­μπές, καθώς και άλλα κοινωνικά κόστη. Κάθε εναλλακτική λύση αξιολογείται με τα ίδια κρι­­τή­­­ρια, και κάθε μια θα πρέπει να προσφέρει το ίδιο επίπεδο ενεργειακών υπηρεσιών, συμ­πε­­­­ριλαμβανομένων του κριτηρίου αξιοπιστίας και ευκολίας τελικής χρήσης.

Ο στόχος σχεδιασμού μπορεί να μορφοποιηθεί ως ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης που μπο­ρεί να αντιμετωπιστεί είτε με συμβατικά μοντέλα βελτιστοποίησης είτε με την χρήση απλού­­­­στε­ρων τεχνικών. Ισχύουν :

Ελαχιστοποίηση συνολικού κόστους : KΠ(Η, Μ) + ΚΤ(Τ) + ΚΕ(Η, Τ, Ε)

Όπου : Η + Τ = ΖΗ

Η : πω­λήσεις Ηλεκτρισμού στους καταναλωτές

Τ : εξοι­κονόμηση ηλεκτρισμού με διαχείριση της Τελικής ζήτησης

Μ : απαι­τούμενη Μείωση εκπομπών

KΠ(Η, Μ) : Κόστος Προσφοράς ηλεκτρισμού (περιλαμβάνει το κόστος κεφαλαίου, τα λει­τουργικά έξοδα και τα έξοδα συντήρησης και είναι μια συνάρτηση των πω­λή­σεων ηλεκτρισμού H. Περιλαμβάνει επίσης το κόστος της απαιτού­με­νης αντιρρυπαντικής τεχνολογίας και συνεπώς είναι μια συνάρτηση και της Μ.

ΚΤ(Τ) : Κόστος προγραμμάτων Τελικής διαχείρισης ζήτησης ενέργειας (είναι συ­νάρ­­τηση του μεγέθους των προγραμμάτων)

ΚΕ(Η, Τ, Μ) : Κόστος ρυπογόνων Εκπομπών, δηλ. η χρηματική αξία της περιβαλλο­ντι­κής επιβάρυνσης από την παραγωγή ηλεκτρισμού (είναι συνάρτηση του ύψους των πωλήσεων ηλεκτρισμού Η, του επιπέδου των προγραμμάτων δια­χείρισης τελικής ζήτησης Τ, και του απαιτού­με­νου επιπέδου ελέγχου μεί­­ωσης των εκπομπών Μ)

ΖΗ : Ζήτηση Ηλεκτρισμού από τους καταναλωτές.

Το κόστος προσφοράς ηλεκτρισμού περιλαμβάνει το κόστος της απαιτούμενης αντιρρυπα­ντι­κής τεχνολογίας για να ικανοποιηθούν τα περιβαλλοντικά κριτή­ρια. Για παρά­δει­γμα, αν το κό­στος παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρι­σμού είναι 30δρχ/kWh, αλλά το επι­πρό­σθε­το κόστος αντιρρυπαντικής τεχνολογίας είναι 5δρχ/kWh τότε το συνολικό κόστος προ­σφο­ράς ηλεκτρισμού είναι 35 δρχ/kWh. To κόστος αντιρρυπαντικής τεχνολογίας έχει *εσω­­τε­ρι­­κο­ποιηθεί* στην τιμή του ηλεκτρι­σμού. Παρόλη την αντιρρυπαντική τεχνολογία εξα­κο­­­­λου­θεί να παραμένει ένα περιβαλλοντικό κόστος που επιβαρύνει την κοινωνία και αυτό αντα­να­κλά­ται στον όρο KΕ.

Ο περιοριστικός παράγοντας της προσφοράς ηλεκτρισμού είναι ότι η ίδια ποσότητα ενεργεια­κών υπηρεσιών θα πρέπει να προσφερθεί, είτε με την παραγωγή ηλεκτρισμού είτε με εξοικο­νό­­μηση ενέργειας. Αυτό δεν σημαίνει ότι οι απαιτήσεις ενέργειας δεν αυξάνονται με τον χρό­νο. Ούτε ότι είναι γνωστό το βασικό επίπεδο ζήτησης της ενέργειας έχει μια σταθερή αύξηση που είναι γνωστή με βεβαιότητα. Υπάρχουν πάντα διάφορα σενάρια εξέλιξης του βασικού επι­πέδου ζήτησης που εκφράζουν διαφορετικούς ρυθμούς μελλοντικής οικονομικής αύξησης. Το περιβαλλοντικό κριτήριο απλώς απαιτεί όπως για κάθε σενάριο προβλεπόμενης ενερ­γει­α­κής ζήτησης αυτό το επίπεδο θα πρέπει να καλύπτεται από όλες τις εναλλακτικές προτάσεις.

Με αυτό το κριτήριο είναι δυνατόν να προσδιοριστούν και εκτιμηθούν εναλλακτικές λύσεις για την προσφορά και την ζήτηση ηλεκτρισμού και ενέργειας γενικότερα. Το επόμενο βήμα είναι επομένως να αξιολογηθούν τα κόστη των εναλλακτικών προτάσεων στην πλευρά της προ­σφοράς. Στην συνέχεια εκτιμώνται τα περιβαλλοντικά κόστη και οι επιπτώσεις τους στο κό­στος προσφοράς. Τέλος, ιεραρχούνται οι εναλλακτικές λύσεις σύμφωνα με το κόστος και δη­μιουργούνται ολοκληρωμένα σενάρια πόρων. Αυτά τα σενάρια συνδυάζουν προσφορά και ζή­τηση, μαζί με προγράμματα εφαρμογής και λειτουργικά πλάνα, ώστε να καταλήξουμε σε ολο­κληρωμένα σχέδια ελαχίστου κόστους, ή σε σχέδια που βασίζονται σε μια ανάλυση ευαι­σθη­σίας των σημαντικότερων υποθέσεων εργασίας.

## Αναγωγή στην Παρούσα Αξία

Η παρούσα αξία είναι ένα οικονομικό κριτήριο για την επιλογή ανάμεσα σε διαφορετικές εναλλακτικές λύσεις, οι οποίες παρέχουν το ίδιο επίπεδο ενεργειακής υπηρεσίας.

Αν έχουμε σήμερα επένδυση ενός ποσού P, μετά από Ν χρόνια θα έχουμε συνολικά (κεφάλαιο + τόκους)



Όπου ij , είναι το επιτόκιο αγοράς κατά τον χρόνο j.

Συνεπώς για να έχουμε μετά από Ν χρόνια έσοδα F θα πρέπει να κάνουμε σήμερα επένδυση ενός ποσού P που είναι ίσο :



To ποσόν P είναι η *παρούσα αξία* του μελλοντικού ποσού F. Στην περίπτωση που το επιτόκιο είναι σταθερό τότε η προηγούμενη εξίσωση γίνεται :



Το επιτόκιο αγοράς λέγεται και *επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία* (market discount rate). Όταν κάποια δαπάνη επαναλαμβάνεται στην αρχή ή στο τέλος κάθε χρονικής περιόδου, με ταυτόχρονη επίδραση του πληθωρισμού, τότε το ύψος της δαπάνης αυτής για την χρονική περίοδο Ν είναι:



όπου *f* ο δείκτης πληθωρισμού.

Α το ύψος της δαπάνης κατά την πρώτη περίοδο.

Αν η δαπάνη παρουσιάζεται στην αρχή κάθε περιόδου, τότε η παρούσα αξία του CN είναι:



ενώ όταν παρουσιάζεται στο τέλος της, η παρούσα αξία είναι:



## Διαφορικό & Οριακό Κόστος (incremental & marginal cost)

*Διαφορικό κόστος* ονομάζεται συνήθως η αύξηση του κόστους που συνοδεύει την αύξηση της παραγωγής κατά ορισμένη ποσότητα. Στο παράδειγμα του Σχήματος η αύξηση του κόστους για αύξηση της παραγωγής από 40 σε 50 μονάδες ανά ημέρα είναι 10$ ανά ημέρα. Συνεπώς το μέσο διαφορικό κόστος είναι:



*Οριακό κόστος* θα θεωρηθεί ότι είναι η παράγωγος της συνάρτησης κόστους ως προς την ποσό­τητα του προϊόντος:



Aν η συνάρτηση C(Π) είναι γραμμική, το οριακό κόστος συμπίπτει με το μέσο διαφορικό κόστος.

# Μέσα Ενεργειακού Σχεδιασμού και Πολιτικής

Το πρωταρχικό εργαλείο για την άσκηση πολιτικής που μπορεί να επηρεάσει την ποσότητα της ενέργειας στην αγορά είναι η **φορολογία**. Η φορολόγηση αφορά ενεργειακά προϊόντα, μηχανήματα, υπηρεσίες, κλπ. Μπορεί να επηρεάσει την τιμή του προϊόντος και αντιστοίχως την ποσότητα ενέργειας που είναι διαθέσιμη προς πώληση ή αγορά. Θα πρέπει βέβαια να σημειωθεί ότι η εισαγωγή ενός φόρου ασκεί μια στρέβλωση στον χώρο της οικονομίας, είναι πολιτικά δύσκολη, και συχνά απαιτεί αποζημίωση σε αυτούς που υφίστανται νέες απώλειες ή ζημιές. Θα πρέπει δηλαδή να λαμβάνεται υπόψη η **αναδιανεμητική** διάσταση της φορολογίας, που είναι από τα πλέον σημαντικά κριτήρια μιας πολιτικής.

Οι **επιδοτήσεις** είναι το κατοπτρικό ανάλογο των φόρων. Στο παρελθόν έχουν οδηγήσει σε περιβαλλοντικά επιβλαβείς λύσεις, όπως η χρήση κάρβουνου για ηλεκτροπαραγωγή.

Σε θεωρητικό επίπεδο ένα σύστημα **εμπορίας** **αδειών** **εκπομπής (emissions trading scheme)** είναι ισοδύναμο με φόρους εκπομπής, καθώς ένα όριο στο επίπεδο των συνολικών εκπομπών οδηγεί sτο ίδιο αποτέλεσμα όπως ένα φόρος εκπομπών καθορισμένος στο επίπεδο της *σκιώδους* τιμής του ορίου εκπομπής.

Πιο πρακτικά, ο φόρος εκπομπών που καθορίζεται ίσος με το **οριακό** **κόστος** μείωσης εκπομπών (το κόστος μείωσης της τελευταίας μονάδας εκπομπών ώστε να παραμείνουν εντός των ορίων εκπομπών) παράγει το ίδιο οικονομικό κόστος και τα ίδια περιβαλλοντικά οφέλη όπως ένα σύστημα επιπέδου εκπομπών καθορισμένου με την φιλοσοφία του «*διαταγή-και-έλεγχος*».

Καθώς ο αντικειμενικός στόχος είναι, αν όχι η μείωση των εκπομπών, τουλάχιστον η **σταθεροποίηση** τους στα όρια της υπάρχουσας κατάστασης, ένας τέτοιος κανόνας δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε παγκόσμια κλίμακα διότι επιτρέπει σε εκείνους με τις μεγαλύτερες εκπομπές να διατηρήσουν την ίδια, μεγάλη δυνατότητα όγκου εκπομπών.

Μια εναλλακτική πρόταση θα ήταν **ίσα** **δικαιώματα** **εκπομπών** σε κάθε άτομο. Αυτό είναι ανάλογο με το να εδίνοντο ίσα δικαιώματα ιδιοκτησίας σε κάθε έναν, όμως οι αναδιανεμητικές συνέπειες μιας τέτοιας εφαρμογής θα ήταν τόσο μεγάλες, ώστε η πιθανότητα εφαρμογής παραμένει πολύ μικρή. Σε τελική ανάλυση ο φόρος άνθρακος απαντά στην ανάγκη οικονομικής αποδοτικότητας και οι άδειες εκπομπής προσφέρουν την ευλυγισία της ίσης αντιμετώπισης προς όλους. Τα δύο βέβαια δεν συμπίπτουν και είναι ανεξάρτητα το ένα του άλλου.

Μια ακόμα μεγάλη τάξη εργαλείων για τον ενεργειακό σχεδιασμό και την πολιτική είναι τα γενικά **οργανωτικά** και **θεσμικά** **μέτρα**. Ένα παράδειγμα τέτοιων οργανωτικών μέτρων είναι η καθιέρωση δεσμευτικών ή μη-δεσμευτικών προτύπων. Ακραία μορφή θέσπισης προτύπων είναι η απαγόρευση κάποιου προϊόντος, ένα μέτρο πολιτικής που είχε θεσπιστεί στα πλαίσια του Πρωτοκόλλου του Μοντρεάλ για ουσίες που καταστρέφουν την στοιβάδα του όζοντος. Στα πλαίσια αυτού έχει απαγορευτεί η εισαγωγή/εξαγωγή ουσιών από τα μη-μέλη και η εξαγωγή τεχνολογίας που τα χρησιμοποιεί προς αυτά (τα μη μέλη).

Ένα νομικό μέτρο που στόχο έχει την βελτίωση της βάσης πληροφοριών των καταναλωτών είναι η υποχρεωτική αναγραφή της **ένδειξης** **κατανάλωσης** συσκευών και τεχνολογιών (βλ. [www.cres.gr](http://www.cres.gr), τον ιστότοπο του Κ.Α.Π.Ε, για την σχετική νομοθεσία, σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο).

Οι ενδείξεις κατανάλωσης στις ηλεκτρικές συσκευές π.χ., ενημερώνουν τους καταναλωτές σχετικά με το επίπεδο κατανάλωσης και την περιβαλλοντική επίπτωση από την χρήση του προϊόντος. Με τον τρόπο αυτό δίνεται η δυνατότητα να ληφθεί μια απόφαση κάτω από συνθήκες καλής γνώσης, ώστε να αντισταθμιστεί ένα πιθανόν υψηλότερο κόστος του προϊόντος με την περιβαλλοντική ωφέλεια που προκύπτει από την χρήση του.

Οι **εθελούσιες** συμφωνίες και δράσεις είναι μια άλλη κατηγορία μείωσης αρνητικών περιβαλλοντικών πιέσεων. Η τάση εθελούσιας επένδυσης σε περιβαλλοντική προστασία εξαρτάται βεβαίως από τις αξίες και τα πιστεύω που ισχύουν σε μια κοινωνία. Για να επηρεαστούν και ίσως μεταβληθούν αυτά απαιτείται μακροχρόνια προσπάθεια και εκπαίδευση σε όλα τα επίπεδα.

**4.Κριτήρια Αποτίμησης για τις Πολιτικές Επιλογές στην Ενέργεια**

Τα κριτήρια με τα οποία μπορεί να γίνει η αποτίμηση των εργαλείων πολιτικής μπορεί να ταξινομηθούν σε 3 κατηγορίες:

Α. **Αποτελεσματικότητα**. Ορίζεται κατά γενικό τρόπο ως αποτέλεσμα ανά μονάδα προσπάθειας, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συγκριτική αποτίμηση δύο ή περισσότερων εναλλακτικών πολιτικών. Το πιο συνηθισμένο παράδειγμα είναι η οικονομική αποτελεσματικότητα που υπολογίζει τα ειδικά κόστη για την επίτευξη κάποιου στόχου.

Β. **Κοινωνικοί Παράγοντες και Οικονομικές Επιπτώσεις**. Περιλαμβάνει επιπτώσεις που δεν μπορούν εύκολα να ποσοτικοποιηθούν όπως στο (Α), π.χ. οι επιπτώσεις πολιτικών και μέτρων στην ισονομία (κατανομή κόστους και όφελους), ανάπτυξη, τεχνολογική πρόοδο, απασχόληση.

Γ. **Διοικητικοί, Θεσμικοί και Πολιτικοί Παράγοντες.** Περιλαμβάνονται όλοι οι παράγοντες σχετικά με την βιωσιμότητα και προβλεπόμενη αποτελεσματικότητα πολιτικών, όπως οικονομική βιωσιμότητα, κοινωνική αποδοχή, δυνατότητες του υπάρχοντος θεσμικού πλαισίου αναφορικά με την συλλογή πληροφοριών, την καταγραφή, την επιβολή της συμμόρφωσης, και την εν γένει πολιτική βιωσιμότητα των επιλογών.

# Κλιματική Αλλαγή. Η συμφωνία και το Πρωτόκολλο του Κυότο

Το πρωτόκολλο του Κυότο είναι μια διεθνής συμφωνία – συνδεδεμένη με το Πλαίσιο Κλιματικής Αλλαγής των Ηνωμένων Εθνών η οποία δεσμεύει τα υπογράφοντα μέλη θέτοντας διεθνώς δεσμευτικούς κανόνες μείωσης των εκπομπών σε καθορισμένους στόχους. Αναγνωρίζει ότι οι αναπτυγμένες χώρες είναι οι κύριοι υπεύθυνοι για τα σημερινά επίπεδα των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου ως αποτέλεσμα των 150 ετών βιομηχανικής ανάπτυξης και θέτει ένα βαρύτερο φορτίο σε αυτές κάτω από την αρχή των «κοινών, αλλά διαφοροποιημένων υποχρεώσεων».

Το Πρωτόκολλο του Κυότο υιοθετήθηκε στο Κυότο της Ιαπωνίας το 1997 και εισήλθε σε ισχύ στις 16 Φεβρουαρίου 2005. Οι αναλυτικοί κανόνες για την εφαρμογή του υιοθετήθηκαν από την Συνάντηση των Μελών 7 στο Μαρακές του Μαρόκου το 2001, και η πρώτη δεσμευτική περίοδος ήταν από το 2008 μέχρι το 2012.

Το 2012 στην Ντόχα του Κατάρ υιοθετήθηκε η «Ντόχα Συμπλήρωση στο Πρωτόκολλο του Κυότο» που περιλαμβάνει :

* Νέες δεσμεύσεις για τα Μέλη του Παραρτήματος Ι που αποδέχτηκαν να αναλάβουν δεσμεύσεις για την δεύτερη περίοδο από την 1 Ιανουαρίου 2013 μέχρι την 31 Δεκεμβρίου 2020.
* Μια αναθεωρημένη λίστα αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου που θα πρέπει να καταγράφονται στην δεύτερη δεσμευτική περίοδο,
* Συμπληρώσεις σε αρκετά άρθρα του Πρωτοκόλλου

**ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΤΟΥ ΚΥΟΤΟ – Οι μηχανισμοί**

1. **Μηχανισμός κοινής εφαρμογής** (ανάμεσα σε αναπτυγμένες χώρες). **Απόκτηση μονάδων μείωσης εκπομπών**

**2. Μηχανισμός καθαρής ανάπτυξης** μία ανεπτυγμένη χώρα μπορεί να αποκτήσει πιστοποιημένες μειώσεις εκπομπών από έργα σε αναπτυσσόμενες χώρες.

**Πλεονεκτήματα**: **Απόκτηση Επικυρωμένων μονάδων μείωσης εκπομπών**

Βιώσιμη ανάπτυξη. Έργα ΑΠΕ (ηλιακά, αιολικά, βιομάζας, γεωθερμίας)

Συμμόρφωση με περιβαλλοντικούς στόχους Μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα

Προώθηση επενδύσεων σε φιλοπεριβαλλοντικές Έργα Αντικατάστασης καυσίμου

τεχνολογίες

Συνεισφορά στο κόστος προσαρμογής Ενεργειακή αποτελεσματικότητα

Κατακράτηση & αποθήκευση αερίων του ΦΘ

Αλλαγή χρήσης γης & χοάνες κατακράτησης

**3. Διεθνής εμπορία Δικαιωμάτων Εκπομπών (χαρακτηριστικά)**

Πρακτικές & ισόνομες

Ευέλικτες σε διεθνές επίπεδο

Επιτρέπουν μείωση κόστους

Αρεστές στις κυβερνήσεις για μεγαλύτερο έλεγχο εκπομπών

Δημιουργούν εμπορεύσιμο κεφάλαιο

Δεν είναι φόρος που αφαιρεί έσοδα& δεν προσθέτει τίποτα

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ ΜΟΝΑΔΩΝ**

**Πίνακας Α-1. Μετατροπή μονάδων**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Joule | Kwatt-hr | Kcal |
| 1 J | 1 | 2.778 x 10-7 | 2.388 x 10-4 |
| 1 kWh | 3.6 x 106 | 1 | 860 |
| 1 kcal | 4186.8 | 1.163 x 10-3 | 1 |
| 1 toe (tonne oil equivalent) | 4.1868 x 1010 | 11630 | 107 |

**Πίνακας Α-2. Δεκαδικοί πολλαπλασιαστές**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Πολλαπλασιαστής | Συντόμευση | Ισοδυναμία |
| Kilo | k | 103 |
| Mega | M | 106 |
| Giga | G | 109 |
| tera | T | 1012 |
| peta | P | 1015 |
| exa | E | 1018 |

**Πίνακας Α-3. Χαμηλή Θερμογόνος Δύναμη διαφόρων καυσίμων**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | GI/metric tonne | MJ/m3 |
| LPG | 49.35 |  |
| Κηροζίνη | 46.05 |  |
| Πετρέλαιο | 45.46 |  |
| Φυσικό Αέριο |  | 41.23 |
| Βενζίνη | 38.87 |  |
| Κάρβουνο | 28.46 |  |
| Ξύλα | 10.56 |  |
| Καυσόξυλα | 29.46 |  |

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΕΛΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ**

Τα μοντέλα πρόβλεψης τελικής-χρήσης ενέργειας διαθέτουν πολύ περισσότερη λεπτομέρεια από τα οικονομετρικά μοντέλα, παρόλη την απλουστευτική, πολλές φορές, μορφή τους. Αυτή η προσέγγιση τελικής χρήσης αρμόζει καλά στις ανάγκες προβολών ενεργειακής απόδοσης, κα­θώς λαμβάνουν υπόψη τους μεταβολές στην τεχνολογία και στο επίπεδο των υπηρεσιών.

Η ενεργειακή ζήτηση κάθε δραστηριότητας είναι το προϊόν δύο παραγόντων : του επιπέδου της δραστηριότητας ( ενεργειακή υπηρεσία) και της ενεργειακής έντασης (ενεργειακή χρήση ανά μονάδα ενεργειακής υπηρεσίας). Επιπροσθέτως, η συνολική, εθνική ή τομεακή, ζήτηση ενέρ­­γειας επηρεάζεται από την ανάλυση των διαφορετικών δραστηριοτήτων ή *δομή* της ενερ­γεια­κής ζήτησης.

Δε­δομένης κάποιας σταθερής δομής, το επίπεδο της δραστηριότητας εξαρτάται από παρά­γο­ντες όπως ο πληθυσμός, το εισόδημα και το οικονομικό αποτέλεσμα. Το επίπεδο της ενερ­γεια­κής έντασης εξαρτάται από την ενεργειακή απόδοση, που περιλαμβάνει τόσο τεχνο­λο­γι­κά όσο και λειτουργικά στοιχεία. Το άθροισμα όλων των γινομένων αυτών των δύο Πα­ρα­γό­ντων για όλες τις δραστηριότητες δίνει την συνολική ενεργειακή ζήτηση.

Χρήση Ενέργειας = 

Όπου, Qi είναι η ποσότητα της ενεργειακής υπηρεσίας i και Ii είναι η ένταση της ενεργειακής χρήσης για την δραστηριότητα i.

Η ένταση Ιi μπορεί να μειωθεί αλλάζοντας τεχνολογία και αυξάνοντας την απόδοση, χωρίς αυτό να επηρρεάσει το επίπεδο της υπηρεσίας που παρέχεται. Η ενεργειακή χρήση μπορεί επί­σης να μειωθεί μειώνοντας την χρήση μιάς συσκευής, με συνεπαγόμενη μείωση την ετή­σια κατανάλωση ενέργειας. Εάν αυτό επιτυγχάνεται με την μείωση της μη αναγκαίας χρήσης ή με μείωση των απωλειών ( π.χ. με καλύτερα συστήματα ελέγχου) είναι τότε μιά βελτίωση της απόδοσης, μείωση δηλαδή του Ι. Εάν όμως προέρχεται από την μείωση της υπηρεσίας που παίρνει ο καταναλωτής, μειώνοντας π.χ. την θερμοκρασία ενός εσωτερικού χώρου, ή το επί­πεδο του φωτισμού, τότε η εξοικονόμηση είναι μείωση του Q.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ**

Η εκτίμηση της τελικής χρήσης ενέργειας στους διάφορους τομείς είναι ιδιαίτερα δύσκολη. Απαιτούνται λεπτομερή δεδομένα που δεν είναι πάντοτε διαθέσιμα, όπως δειγματοληπτικές έρευνες, λογαριασμοί, ενεργειακές επιθεωρήσεις και μετρήσεις. Μιά απλούστερη μέθοδος είναι αυτή που η εκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης γίνεται από δεδομένα πωλήσεων συγκε­κριμένων συσκευών. Η αρχή αυτή εξηγείται καλύτερα με το παρακάτω παράδειγμα της αγο­ράς των ηλεκτρικών ψυγείων.

**Παράδειγμα.**

Ας υποτεθεί ότι ένα ψυγείο έχει χρόνο ζωής 20 έτη, και ότι καταναλώνει 500ΚWh ετησίως. Οι αγορές νέων ψυγείων ανέρχονται ετησίως στην αγορά μιάς πόλης σε 100 συσκευές.

*Περίπτωση 1*: Η αγορά είναι πλήρως κορεσμένη ( όλοι έχουν ψυγεία) και συνεπώς δεν υπάρ­χει αύξηση του συνολικού μεγέθους της αγοράς από χρόνο σε χρόνο. Αυτό σημαίνει ότι τα 100 νέα ψυγεία πωλούνται κάθε χρόνο εις αντικατάσταση παλιών ψυγείων. Μπορούμε επίσης να υποθέσουμε ότι ετήσιος ρυθμός αντικατάστασης των ψυγείων ισούται με 1/χρόνος ζωής ψυγείου. Δηλαδή, αν ο χρόνος ζωής είναι 20 χρόνια, τότε το 1/20 των ψυγείων θα πρέπει να αντι­καθίσταται κάθε χρόνο. Από τα προηγούμενα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι τα 100 ψυγεία που πωλούνται κάθε χρόνο αντιπροσωπεύουν το 1/20 της συνολικής αγοράς ψυγείων, και σαν συνέπεια η συνολική αγορά αποτελείται από [100 / ( 1/20)] = 2000 ψυγεία.

Η συνολική κατανάλωση ενέργειας των ψυγείων συνεπώς θα είναι σε ετήσια βάση :

(2000 ψυγεία ) \* ( 500 kWh/yr ανά ψυγείο) = 1,000,000 kWh/yr.

*Περίπτωση 2*: Αν υποθέσουμε ότι η αγορά δεν είναι πλήρως κορεσμένη, αλλά αυξάνεται με αργό ρυθμό, π.χ. από τα 100 ψυγεία που πωλούνται κάθε χρόνο, τα 95 είναι αντικαταστάσεις παλαιών, και 5 αντιπροσωπεύουν την αύξηση της συνολικής αγοράς ψυγείων.

Για τα υπάρχοντα ψυγεία ο ρυθμός αντικατάστασης του 1/20 ανά χρόνο εξακολουθεί να ισχύει. Συνεπώς η συνολική υπάρχουσα αγορά ψυγείων είναι : [95 / (1/20)] = 1900 ψυγεία. Η συνο­­λική αγορά ψυγείων θα συμπεριλαμβάνει τόσο τα υπάρχοντα ψυγεία, ( 1900 ), όσο και το νέο τμήμα της αγοράς ( 5 ψυγεία), θα είναι συνεπώς 1900 + 5 = 1905 ψυγεία. Η συνολική κατανάλωση αυτής της αγοράς ψυγείων θα είναι επομένως :

(1905 ψυγεία )\* ( 500 kWh/yr ανά ψυγείο) = 952,500 kWh/yr.

Που είναι πολύ κοντά στην κατανάλωση της πρώτης περίπτωσης.

*Περίπτωση* *3*: Αν η αγορά αυξάνεται με ταχύ ρυθμό, και αν από τα 100 ψυγεία που πω­λού­νται κάθε χρόνο, μόνο τα 25 αποτελούν αντικαταστάσεις υπαρχόντων παλαιών ψυγείων, ενώ τα 75 νέα ψυγεία αποτελούν την αύξηση της αγοράς.

Για τα υπάρχοντα ψυγεία ο ετήσιος ρυθμός αντικατάστασης (1/20) εξακολουθεί να ισχύει : Η υπάρ­χουσα αγορά αποτελείται από [25 / (1/20)] = 500 ψυγεία. Η συνολική αγορά θα είναι 500 + 75 = 575 ψυγεία. Η ετήσια συνολική κατανάλωση ενέργειας θα είναι συνεπώς :

(575 ψυγεία ) . ( 500 kWh/yr ανά ψυγείο) = 287,500 kWh/yr.

Το αποτέλεσμα της τρίτης περίπτωσης δείχνει ότι η ενεργειακή κατανάλωση είναι κατά πολύ κατώ­τερη από αυτήν στις δύο προηγούμενες. Η πρώτη περίπτωση πάντως αποτελεί ένα επάνω όριο ενεργειακής κατανάλωσης της συγκεκριμένης συσκευής.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ**

**Παράδειγμα**

Ένας θερμικός σταθμός ισχύος 500MW, παραγωγής θερμότητας 10,000 Btu/kWh και συντε­λε­στού σταθμού 0.65 χρησιμοποιεί καύσιμο από δύο ορυχεία, Α και Β.

Ο λιγνίτης από το ορυχείο Α έχει κόστος $ 20/ton και ανώτερη θερμογόνο δύναμη 12,000 Btu/lb, ενώ ο λιγνίτης από το ορυχείο Β έχει κόστος $ 10/ton και ανώτερη θερμογόνο δύναμη 9,000 Btu/lb.

Το ορυχείο Α έχει ανώτατο όριο παραγωγής 1 εκατομμύριο τόννοι/έτος, ενώ το ορυχείο Β το όριο παραγωγής του είναι 1.3 εκατομμύρια τόννοι/έτος.

Ένας επιπλέον περιορισμός οφείλεται στο γεγονός ότι η μεταφορά γίνεται με φορτηγά τρένα και το ανώτατο επιτρεπτό όριο δεν μπορεί να υπερβαίνει το 1.5 εκατομμύρια τόννοι/έτος.

Να εκτιμηθεί ποιός λιγνίτης ή ποιός συνδυασμός λιγνιτών θα πρέπει να προτιμηθεί.

**Λύση**

Αν Χ1 είναι η ποσότητα λιγνίτη από το ορυχείο Α και Χ2 η ποσότητα από το ορυχείο Β, τότε οι περιορισμοί διαμορφώνονται ως εξής :

α) Όριο παραγωγής για το ορυχείο Α : Χ1 ≤ 1.0

β) Όριο παραγωγής για το ορυχείο Β : Χ2 ≤ 1.3

γ) Όριο μεταφοράς λόγω του σιδηροδρόμου: Χ1 + Χ2 ≤ 1.5

δ) Οι απαιτήσεις θερμότητας για τον θερμικό σταθμό υπολογίζονται σε :

500 \* 8760 \* 0.65 \* 10000 \* 103 = 28.4 \* 1012 Btu

MW (hr/yr) (Btu/kWh) (kWh/MWh)

ε) Αν υποτεθεί ότι χρησιμοποιείται λιγνίτης μόνον από το ορυχείο Α, τότε απαιτείται ποσότητα :

28.4 \* 1012  \* (12000)-1 \* (2000)-1 = 1.18 \* 106

(Btu/yr) (lb/Btu) (ton/lb) tonnes

ισχύει δηλαδή,

X1 = 1.18

X2 = 0

στ) Mε την ίδια λογική, αν χρησιμοποιηθεί λιγνίτης μόνον από το ορυχείο Β, απαιτείται ποσότητα :

28.4 \* 1012  \* (9000)-1 \* (2000)-1 = 1.57 \* 106

(Btu/yr) (lb/Btu) (ton/lb) tonnes

δηλαδή,

Χ1 = 0

Χ2 = 1.57

ζ) Με συνδυασμό των δύο προηγουμένων προκύπτει :

X1 + ( 1.18 / 1.57 ) X2 = 1.18

η) Η αντικειμενική συνάρτηση που πρέπει να ελαχιστοποιηθεί είναι το κόστος :

min Y = 20 X1 + 10 X2

**X1**

1.5

1.0

0.5

1.5

1.0

X1 + X2 = 1.5

X2 ≤ 1.3

X1 ≤ 1.0

**1.18**

**Α**

X1 + (1.18/1.57) X2 = 1.18

**Y = 20 X**1 **+ 10 X**2

**Ω**

**Α**

**1.57**

Β

**X2**

0.5

Β

Οι περιορισμοί εισάγονται στο παραπάνω σχήμα, και σχεδιάζεται η ευθεία της αντικειμενικής συ­νάρ­τησης Υ. Η ευθεία αυτή κινείται στον χώρο που επιτρέπουν οι περιορισμοί (διαγραμ­μι­σμέ­νη περιοχή) μέχρι να αγγίξει την ευθεία ΑΑ στο οριακό σημείο Ω το οποίο αποτελεί και το ελάχιστο της αντικειμενικής συνάρτησης Υ.

Οι συντεταγμένες του Ω είναι : Χ1 ≈ 0.275 και Χ2 ≈ 1.225, συνεπώς με αντικατάσταση, προ­κύ­πτει ότι η αντικειμενική συνάρτηση λαμβάνει στο σημείο Ω την τιμή :

Υ = 20 \* 0.275 + 10 \* 1.225 = 17.75

**Άσκηση**

Μιά χαλυβουργία λειτουργεί σε μιά πόλη και εκπέμπει στο περιβάλλον τρία κύρια είδη ρυπα­ντών :

α) αιωρούμενα σωματίδια, β) οξείδια του θείου και γ) άκαυστους υδρογονάν­θρα­κες.

Σύμφωνα με τις νέες προδιαγραφές που μπήκαν σε ισχύ θα πρέπει να μειωθεί η ετήσια εκπο­μπή των ρυπαντών κατά τα ποσά του Πίνακα 1. Ζητείται να προσδιοριστεί πως θα επιτευχθεί αυτή η μείωση με τον πιό οικονομικό τρόπο.

Πίνακας 1. Απαιτούμενη μείωση

|  |  |
| --- | --- |
| Ρυπαντής | Απαιτούμενη μείωση ετήσιου ρυθμού εκπομπής  (εκατομ. μονάδες) |
| Αιωρούμενα σωματίδια | 60 |
| Οξείδια θείου | 150 |
| Υδρογονάνθρακες | 125 |

Τα χαλυβουργεία έχουν δύο κύριες πηγές ρύπανσης, τις καμίνους εμφύσησης για την παρα­γω­­γή χυτοσίδηρου και τις ανοικτές καμίνους για μετατροπή του σίδερου σε χάλυβα. Και για τις δύο περιπτώσεις αποφασίστηκε ότι οι πιό αποτελεσματικοί τρόποι μείωσης ήταν α) αύξη­ση του ύψους καπνοδόχων, β) φίλτρα στις καπνοδόχους και γ) καλύτερης ποιότητας καύσιμα για τις καμίνους. Οι μέθοδοι αυτοί έχουν τεχνολογικά όρια για το ποσό ρύπανσης που μπο­ρούν να περιορίσουν, που δίνονται στον παρακάτω Πίνακα 2 ( σε εκατομ. μονάδες το χρόνο) και μπορούν να χρησιμοποιήσουν οποιοδήποτε κλάσμα της δυναμικότητας τους. Ακόμα επει­δή λειτουργούν ανεξάρτητα, η μείωση της ρύπανσης που επιτυγχάνεται από κάθε μέθοδο δεν επη­­­ρεά­ζεται σημαντικά από το κατά πόσο οι άλλες μέθοδοι χρησιμοποιούνται.

Μετά την συγκέντρωση των δεδομένων έγινε φανερό ότι καμμία από τις μεθόδους δεν μπο­ρού­­σε μόνη της να πραγματοποιήσει την απαιτούμενη μείωση της ρύπανσης. Από την άλλη μεριά, η ταυτόχρονη λειτουργία των τριών μεθόδων σε πλήρη δυναμικότητα, κάτι που θά έκα­νε τα προϊόντα της επιχείρησης μη ανταγωνιστικά, ήταν πολύ περισσότερο από αρκετή για την μείωση της ρύπανσης. Έτσι αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί κάποιος συνδυασμός των τριών μεθόδων, ίσως μέρος της δυναμικότητας τους, που θα βασιζόταν στα σχετικά στοι­χεία κόστους. Ακόμα υπολογίστηκε η ετήσια δαπάνη λειτουργίας κάθε μεθόδου σε πλήρη δυνα­μικότητα, που δίνεται στον Πίνακα 3. (σε εκατομ. χ.μ.) Η δαπάνη για μερική λειτουργία μιάς μεθόδου ήταν ανάλογη με το χρησιμοποιούμενο ποσοστό δυναμικότητας της και επο­μέ­νως η συνολική δαπάνη ήταν ανάλογη των στοιχείων του Πίνακα 3.

Πίνακας 2. Όρια μείωσης για τις εναλλακτικές λύσεις.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Ψηλότερες καπνοδόχοι | | Φίλτρα | | Καλύτερα καύσιμα | |
| Ρυπαντής | Κάμινοι εμφύσησης | Ανοικτές κάμινοι | Κάμινοι εμφύσησης | Ανοικτές κάμινοι | Κάμινοι εμφύσηση | Ανοικτές κάμινοι |
| Αιωρούμενα σωματίδια | 12 | 9 | 25 | 20 | 17 | 13 |
| Οξείδια θείου | 35 | 42 | 18 | 31 | 56 | 49 |
| Υδρογονάνθρακες | 37 | 53 | 28 | 24 | 29 | 20 |

Πίνακας 3. Ετήσια δαπάνη λειτουργίας σε εκ. χ.μ.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Μέθοδος | Κάμινοι εμφύσησης | Ανοικτές κάμινοι |
| Ψηλότερες καπνοδόχοι | 8 | 10 |
| Φίλτρα | 7 | 6 |
| Καλύτερα καύσιμα | 11 | 9 |

**Διαμόρφωση προτύπου :**

Το πρόβλημα έχει έξη μεταβλητές αποφάσεων xj, j=1,2,..6, και κάθε μία αντιπροσωπεύει την χρη­σιμοποίηση μιάς από τις τρείς μεθόδους σε ένα από τα δύο είδη καμίνων. Οι μεταβλητές αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4. Μεταβλητές αποφάσεων

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Μέθοδος | Κάμινοι εμφύσησης | Ανοικτές κάμινοι |
| Ψηλότερες καπνοδόχοι | Χ1 | Χ2 |
| Φίλτρα | Χ3 | Χ4 |
| Καλύτερα καύσιμα | Χ5 | Χ6 |

Επειδή αντικειμενικός σκοπός είναι η ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους με ταυτόχρονη ικα­­νοποίηση των απαιτήσεων μείωσης της ρύπανσης, το πρότυπο είναι :

Min Z = 8X1 + 10X2 + 7X3 + 6X4 + 11X5 + 9 X6.

Με **περιορισμούς** :

β. Μείωσης ρύπανσης

12Χ1 + 9Χ2 + 25Χ3 + 20Χ4 + 17Χ5 + 13Χ6 ≥ 60

35Χ1 + 42Χ2 + 18Χ3 + 31Χ4 + 56Χ5 + 49Χ6 ≥ 150

37Χ1 + 53Χ2 + 28Χ3 + 24Χ4 + 29Χ5 + 20Χ6 ≥ 125

β. Τεχνολογικούς :

Χj ≤ 1 για j = 1, 2, ..6

γ. Μη αρνητικότητας

Χj ≥ 0, για j = 1,2,.. 6.

**Λύση**

( Χ1, Χ2, Χ3, Χ4, Χ5, Χ6) = (1, 0.623, 0.343, 1, 0.048, 1)

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Πλαίσιο Εθνικού Ενεργειακού Σχεδιασμού.**

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ &

**ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ**

**….**

* ΜΑΚΡΟ- ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
* ΕΙΣΑΓΩΓΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ
* ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΠΛΗΡΩΜΩΝ ΣΥΝΑΛΛΑΓΜΑΤΟΣ
* ΜΙΚΡΟ- ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
* ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ
* ….

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ

ΕΡΓΑ

* ΕΡΕΥΝΑ & ΑΝΑΠΤΥΞΗ
* ΕΠΙΔΕΙΚΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΖΉΤΗΣΗ

ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΠΟΡΩΝ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ

ΠΟΡΟΙ

#### ΔΕΔΟΜΕΝΑ

**ΜΙΚΡΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ**

ΜΑΚΡΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

Η δομή των τιμολογίων της βιομηχανίας ηλεκτρισμού απαιτεί διαφορετικοί κατανα­λωτές να πλη­­ρώνουν διαφορετικές τιμές για την ενέργεια που χρησιμοποιούν. Αυτό οφείλεται στο γε­γο­­νός ότι το κόστος διαφέρει ανάλογα με την γεωγραφική θέση, την ώρα της ημέρας, το μέ­γε­­θος του καταναλωτή, κλπ. Όμως το σύστημα τιμολόγησης χρησιμοποιείται συχνά σαν ερ­γα­­λείο οικονομικής ή κοινωνικής πολιτικής για να αντισταθμίσει την ανισότητα κατανομής του πλούτου, ή για να προωθήσει και επιταχύνει ειδικούς τομείς της οικονομίας. Σαν από­τέ­λε­­­σμα αυτής της πολιτικής η διαφορά μεταξύ της χαμηλότερης και της υψηλότερης τιμής μπο­­ρεί να φθάσει σε πολύ υψηλά επίπεδα, και αυτό έχει ως αποτέλεσμα ότι η μέση τιμή της ενέρ­­γειας μπορεί να μην είναι αρκετή για να εξασφαλίσει τον απαραίτητο επιτόκιο επι­στρο­φής ώστε να χρηματοδοτηθεί η συντήρηση και η επέκταση του ηλεκτρικού συστήματος στο μέλ­λον. Η τιμολόγηση της ενέργειας θα πρέπει να γίνεται με τέτοιον τρόπο ώστε α) να εξα­σφα­λίζεται η οικονομική βιωσιμότητα της ηλεκτρικής επιχείρησης και β) να στέλνονται να κατάλληλα μηνύματα προς τους καταναλωτές ώστε να μην σπαταλούν την ενέργεια.

Οι τιμές της ενέργειας κυμαίνονται με τον χρόνο και εξαρτώνται από την ζήτηση, την κα­τά­στα­ση της αγοράς καυσίμου, την ειδική τεχνολογία παραγωγής και άλλα τυχαία ή στο­χα­­στι­κά φαινόμενα (όπως ο καιρός π.χ.). Είναι σημαντικό να γίνεται κατανοητό πως αντι­δρούν οι κα­τα­ναλωτές στις μεταβολές της τιμής της ενέργειας. Αυτή η αντίδραση με­τρά­ται με την ελα­στι­­κότητα τιμής. Σε ορισμένες περιπτώσεις αυξήσεις της τιμής μπορεί να οδη­γήσουν τους κα­τα­ναλωτές στην αντικατάσταση καυσίμου ( πχ. σε φυσικό αέριο) ή στην χρη­σι­μο­ποί­η­ση του ηλεκτρισμού με μεγαλύτερη απόδοση.

Ο συνηθισμένος μηχανισμός τιμολόγησης για τον οικιακό τομέα είναι αυτός που επιβάλλει αύξηση στην τιμή της kWh με την αύξηση της κατανάλωσης, επιτρέποντας με αυτό τον τρό­πο στους καταναλωτές χαμηλού εισοδήματος να αγοράζουν την ηλεκτρική ενέργεια σε χαμη­λές τιμές, ενώ οι καταναλωτές υψηλού εισοδήματος πληρώνουν ακριβότερα, επιδο­τώ­ντες με αυτόν τον τρόπο τα χαμηλότερα εισοδήματα.

**Κοστολόγηση με βάση το οριακό κόστος**

Ο ρόλος των τιμών στην οικονομία της αγοράς έχει τρείς στόχους : 1) να κατανείμει από­δο­τικά τους πόρους ώστε να παραχθούν τα προϊόντα και οι υπηρεσίες, 2) να δώσει στους κα­ταναλωτές ακριβή σήματα ως προς την αξία διαφόρων αγαθών και υπηρεσίων και 3) να εξα­­σφαλίσει ικανοποιητικά έσοδα ώστε να καλυφθεί το κόστος παραγωγής αγαθών και υπη­ρε­σιών. Στον τομέα της ενέργειας, οι τιμές του ηλεκτρισμού θα έπρεπε να εξασφαλίζουν έσο­δα για την βιομηχανία, να δίνουν το μήνυμα στους καταναλωτές να απαιτούν την κατάλ­λη­λη πο­σότητα ηλεκτρισμού συγκριτικά με άλλα αγαθά και υπηρεσίες και να προσδιορίσουν τους πό­­ρους που θα πρέπει να δοθούν στις διάφορες φάσεις παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλε­κτρισμού.

Η οικονομική ανάλυση αποδεικνύει ότι οι τρείς αυτοί στόχοι επιτυγχάνονται πιο εύκολα με την τιμολόγηση σύμφωνα με το μακροχρόνιο οριακό κόστος (ΜΟΚ). Μια συνηθισμένη συν­θή­κη βελτιστοποίησης στην μικροοικονομική ανάλυση είναι η εξίσωση της τιμής ενός προϊό­ντος με το οριακό κόστος από διαφορετικές πηγές για αυτό το προϊόν. Στην περίπτωση του ηλε­κτρισμού που είναι ένα προϊόν έντασης κεφαλαίου, θα πρέπει να γίνεται διάκριση μεταξύ του κοντοπρόθεσμου οριακού κόστους (ΚΟΚ), που είναι το κόστος παραγωγής της επόμενης μο­νά­δας ηλεκτρισμού χωρίς την επέκταση της παραγωγικής χωρητικότητας, και του ΜΟΚ που είναι το κόστος για την παραγωγή στο μέλλον με ενδεχόμενη αύξηση της χωρητικότητας και πιθανή βελτιστοποίηση.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ**

Στο παρακάτω Σχήμα Ζ-1 φαίνεται η διακύμανση της ζήτησης ηλεκτρισμού στον σταθμό της ΔΕΗ στην Μυτιλήνη κατά την διάρκεια ενός 24-ώρου στις 2 Δεκεμβρίου 1998. Παρατηρείται ότι η ελάχιστη ζήτηση είναι λίγο πριν τις 6:00 το πρωί, ενώ η μέγιστη ζήτηση συναντάται στις 18:00 το απόγευμα.

Το φορτίο βάσης είναι το φορτίο που διατηρείται καθ’ όλο το 24ώρο, (περίπου 10MW), το ενδιάμεσο φορτίο είναι μεταξύ 10 – 17 MW, και τα φορτία πάνω από 17 MW μπορούν να θεωρηθούν φορτία αιχμής.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΦΟΡΑ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ**

**Η *από-τη-βάση-προς-την-κορυφή* ανάλυση (bottom-up)**

Κατά την δεκαετία του 1970 οι υποθέσεις για την μελλοντική ζήτηση της ενέργειας στη­ρί­ζο­νταν σε μακροοικονομικές προβλέψεις που ελάμβαναν υπόψη τις σχέσεις ενέργειας-οικο­νο­μί­ας του παρελθόντος. Αυτές οι προβλέψεις έδειχναν μεγάλη αύξηση της ζήτησης ενέρ­γει­ας και οδήγησαν σε προγραμ­ματισμό μεγάλων επενδύσεων, ιδίως για σταθμούς άν­θρα­κα και πυ­ρη­­νικής ενέργειας. Τέτοιες προβλέψεις δεν αποδείχτηκαν σωστές και έδωσαν το έναυ­σμα για περαι­τέρω έρευνες και μελέτες.

Οι μελέτες αυτές αποτέλεσαν την βάση της επονομαζόμενης *από-την-βάση-προς-την-κορυφή* (bo­t­tom-up) προσέγγισης της ενεργειακής ανάλυσης που προϋποθέτει την μοντελο­ποίηση των συστη­μάτων που παρέχουν ενεργειακές υπηρεσίες σε μια από-ομαδοποιη­μένη μορφή (disa­g­gregated modelling). Έτσι η προσέγγι­ση αυτή εστιάζεται σε μέτρα που παρέχουν στον καταναλωτή ενερ­­γειακές υπηρεσίες και όχι απλώς την ενέργεια ως αγαθό[[5]](#footnote-5)\*. Αυτή η προσέγγιση ανάλυσης του τομέα της ενέργειας είναι ευρύτερη από εκείνη όπου συμπεριλαμβάνεται μόνον η ενερ­γεια­­κή προσφορά.

Οι μελέτες αυτές οδήγησαν στην γενική διαπίστωση ότι πολλά από τα αγαθά και οι υπη­ρε­σίες που είναι ενεργοβόρα/ες έχουν φθάσει σε σημείο κορεσμού στις βιομηχα­νικές χώρες, και ότι πολλές βελτιώσεις ενεργειακής απόδοσης ήσαν πλέον διαθέσιμες και σε εφαρμογή. Τα απο­τε­λέ­σμα­τα αυτά αποδεικνύουν ότι η οικονομική ανάπτυξη και το επίπεδο ζωής μπορούν να εξα­κο­λου­θή­σουν να διατηρούνται με σημαντικά λιγότερη προσφορά ενέργειας και περι­βαλ­λοντική επιβά­ρυν­­ση, αντίθετα δηλαδή από τις πρώτες προβλέψεις.

Ο στρατηγικός στόχος της *από-την-βάση-προς-την-κορυφή* ανάλυσης είναι να δημιουργήσει μια ποσοτική έκφραση της τεχνολογικής υποδομής της ενεργειακής μετατροπής και χρήσης. Εκκινεί από μια εκτίμηση της ζήτησης για ενεργειακές υπηρεσίες, όπως π.χ. άνεση, μετα­κί­νη­ση κλπ., και από αυτήν την βάση οικοδομεί μελλοντικά σενάρια χρησιμοποιώντας διαφο­ρε­τι­κούς συνδυασμούς τεχνολογίας για την ενεργειακή ζήτηση και προσφορά. Τα σενά­ρια ζήτη­σης βασίζονται σε ποσοτικά φυσικά δεδομένα που προσδιορίζουν εναλλακτικές τεχνο­­λογίες τελι­κής χρήσης, και εκτιμούν την αποδοτικότητα τους και τα κόστη. Αυτή η φυσι­κή περι­γρα­φή προσφέρει το αναλυτικό πλαίσιο για σύγκριση της απόδοσης και του κόστους διαφο­ρε­τι­κών τεχνολογιών, καθώς και για σύγκριση μέτρων πολιτικής για την προώ­θη­ση του ρυθμού ανά­πτυξης και χρήσης. Είναι φυσικό ότι αυτή η προσέγγιση ευνοεί και την ενσωμάτωση των περιβαλλοντικών πιέσεων στην τελική ανάλυση.

Η ανάλυση σεναρίων είναι ένας τρόπος για να συγκριθούν εναλλακτικοί συνδυ­α­σμοί τεχνο­λο­γικών λύσεων που όλες προσφέρουν το ίδιο επίπεδο ενεργειακών υπηρεσιών. Αυτό το επί­πε­δο θα πρέπει στην συνέχεια να εξασφαλισθεί με ένα συνδυασμό βελ­τιώ­­σεων στην από­δο­ση, σε σχέση με τον μέσο όρο και των διαθέσιμων πηγών που υπάρχουν σε προσφορά.

Είναι ουσιαστικό να προσδιορισθεί ένα *σενάριο βάσης* ως σημείο εκκίνησης για την ανάλυση βελ­­τιώσεων στην ενεργειακή απόδοση. Αυτό το σενάριο βάσης μπορεί να εξαχθεί από τις επί­­σημες προβλέψεις για την αύξηση των ενεργει­α­κών υπηρεσιών και την βασική υποδομή της οικονομίας. Η *από-την-βάση-προς-την-κορυφή* ανάλυση όμως μπορεί να αποκαλύψει ζη­τή­­ματα σχετικά με προοπτικές κορεσμού της ζήτησης ενεργοβόρων αγαθών ή με τα κα­τα­να­λω­­τικά πρότυπα. Τέτοιες αλλαγές επηρεά­ζουν την ποσότητα των ενεργειακών υπηρε­σιών που βρί­σκονται μέσα στο επίπεδο της οικονομικής δραστηριότητας. Επι­προ­σθέτως μια τέτοια ανά­­λυση επιτρέπει τον προσδιορισμό των ορίων και εμποδίων της αγοράς που δυσκολεύουν την προώθηση ενεργειακά-αποδοτικών τεχνολογιών. Χωρίς μεταβολή της πολι­τι­κής, οι παρα­μορ­­­φώ­σεις της αγοράς και οι θεσμικοί φραγμοί θα εξακολουθούν να δυ­σκο­λεύουν την επί­τευ­­­ξη του πλήρους δυναμικού εξοικονόμησης ενέργειας. Συνεπώς θα πρέπει τα εναλ­­λα­κτικά σε­νά­ρια να θεωρούνται ως επιτεύξιμα κάτω από την προϋπόθεση ότι οι αγορές ανα­μορ­φώ­νο­νται και προωθούνται πολιτικές που έχουν σχεδιαστεί να απομα­κρύνουν τα εμπόδια.

**Η προσφορά της ηλεκτρικής ενέργειας.**

H βάση κάθε προγραμματισμού για την ηλεκτρική ενέργεια περιέχει δράσεις, τόσο στον το­μέα της προσφοράς, όσο και στον τομέα της ζήτησης. Αυτό απαιτεί την εξίσωση της προ­σφο­ράς με την ζήτηση με ακρίβεια καθ’ όλη την διάρκεια του 24-ώρου, καθώς είναι δύσκολη η απο­θήκευση ηλεκτρισμού (ουσιαστικά μόνον έμμεσα σε διπλούς υδροηλε­κτρι­κούς στα­θμούς). Ο προγραμματισμός θα πρέπει συνεπώς να λαμβάνει υπόψη του ορισμένα χα­ρα­­κτηριστικά της αγοράς, όπως τεχνολογίες, συμπεριφορά των καταναλωτών κλπ.

Η ζήτηση ηλεκτρισμού δεν παραμένει σταθερά. Μεταβάλλεται σημαντικά, τόσο κατά την διάρ­­κεια του 24-ώρου, όσο και καθ’ όλο το έτος[[6]](#footnote-6)\*. Συνήθως υπάρχουν λίγες ώρες μέγιστης ζή­τη­­σης κάθε ημέρα, και αρκετές ώρες χαμηλής ζήτησης κατά την διάρκεια της νύκτας και νωρίς το πρωί. Επιπροσθέτως υπάρχει μια περίοδος σχετικά υψηλής ζήτησης που οφείλεται στην εποχικότητα ορισμένων κατανα­λώσεων που εξαρτώνται από τον καιρό, όπως π.χ. ο κλι­μα­­τισμός.

Το μέγεθος της συνολικής ζήτησης κάθε ώρα του χρόνου μπορεί να αναλυθεί σύμφωνα με την συχνότητα εμφάνισης της. Μιά τυπική αθροιστική κατανομή συχνότητας του επιπέδου φορ­­τίου φαίνεται στην καμπύλη φορτίου (Σχήμα 1). Η καμπύλη φορτίου ταξινομεί την ωρι­αί­α ζήτηση κατά φθίνοντα μέγεθος, σύμφωνα με το ποσοστό του χρόνου κατά το οποίο υπερ­βαί­­νει ένα όριο. Τυπικά φαίνονται ορισμένες ώρες με πολύ υψηλή ζήτηση αιχμής, και μετά υπάρ­­χει μια σταδιακή μείωση καθώς η αθροιστική συχνότητα αυξάνει.

Μια καμπύλη φορτίου μπορεί να χωρισθεί σε τρία επίπεδα, που δείχνουν την διαφορετική κατη­­γορία λειτουργίας των ενεργειακών σταθμών. Το *ελάχιστο φορτίο* είναι εκείνο το φορτίο που θα πρέπει να είναι πάντα διαθέσιμο από τους σταθμούς, και αυτό προσδιορίζει το φορτίο που είναι διαθέσιμο 100% του χρόνου. Σταθμοί που λειτουργούν σχεδόν συνεχώς (> 80% του χρό­­νου) για να καλύψουν το ελάχιστο σταθερό φορτίο είναι *σταθμοί βάσης*. *Ενδιάμεσο φορτίο* είναι εκείνο το φορτίο ζήτησης που εμφανίζεται μεταξύ 20 και 80% του χρόνου, και οι στα­θμοί που λειτουργούν για να καλύψουν αυτό το ποσοστό ονομάζονται *σταθμοί ενδιάμεσου φορ­­τίου*. *Φορτίο αιχμής* είναι εκείνο το φορτίο που εμφανίζεται λιγότερο από το 20% του χρό­­­νου και *μέγιστο φορτίο* είναι το υψηλότερο φορτίο που εμφανίζεται μέσα σε ένα χρόνο. Οι στα­­­θμοί που λειτουργούν για να καλύψουν αυτή την μέγιστη ζήτηση ονομάζονται *σταθμοί αιχμής*.

Η συχνότητα λειτουργίας ενός σταθμού επηρεάζει τόσο την λειτουργία του όσο και την οικο­νο­­μι­κή του απόδοση. Ορισμένοι σταθμοί έχουν την δυνατότητα να μεταβάλλουν την παρα­­γό­με­­νη ισχύ ανάλογα με την ζήτηση, και αυτοί οι σταθμοί είναι κατάλληλοι για να καλύ­­πτουν εν­διά­­μεσα φορτία και φορτία αιχμής. Άλλοι σταθμοί είναι δύσκολο και δαπανηρό να αυξο­μει­­ώ­νουν την παραγόμενη ισχύ ανάλογα με την ζήτηση και αυτοί οι σταθμοί είναι κατάλ­­λη­λοι για κάλυψη του βασικού φορτίου. Επιπροσθέτως σταθμοί με χαμηλό κόστος καυ­σί­μου και χαμηλό διαφορικό λειτουργικό κόστος είναι πιο οικονομικοί για λειτουργία φορ­τί­ου-βά­σης, ακόμα και αν έχουν υψηλό κόστος επένδυσης λόγω του μεγάλου χρόνου λει­τουρ­γί­ας. Στα­θμοί με χαμηλό κόστος επένδυσης είναι οικονομικοί για λειτουργία φορτίου αιχμής, ανε­ξάρ­­τητα από το λειτουργικό κόστος, διότι λειτουργούν για πολύ μικρό ποσοστό του χρό­νου.

Συχνά είναι αναγκαίο να προσδιοριστούν οι ημερήσιες καμπύλες φορτίου και να χρησιμο­ποιη­θούν για μελλοντικές προβλέψεις στον προγραμματισμό ανάπτυξης της δυναμικότητας του συστήματος. Η σχέση ανάμεσα στην μορφή της διακύμανσης του φορτίου και στην ολική ενερ­­γειακή ζήτηση θα εξετασθεί σε επόμενα κεφάλαια με τον συντελεστή φορτίου και την κα­­μπύλη διάρκειας φορτίου.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Οικονομική Ανάλυση**

Το κόστος της ενέργειας για ένα σταθμό ισχύος αναλύεται σε δύο κύριες κατηγορίες :

* το κόστος κεφαλαίου
* το λειτουργικό κόστος

Το κόστος κεφαλαίου είναι εκείνο το τμήμα του συνολικού κόστους που είναι σταθερό και πρέπει να πληρωθεί ανεξάρτητα από το εάν ο σταθμός λειτουργεί ή όχι. Ως συνέπεια το κόστος κεφαλαίου μειώνεται ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας με την αύξηση της παραγωγής ενέργειας.

Το κόστος κεφαλαίου περιλαμβάνει :

* το κόστος της γης
* το κόστος κατασκευής
* φόρους
* ασφάλειες
* τόκους επί της επένδυσης

Το μεγαλύτερο μέρος των παραπάνω κόστων είναι συνήθως το κόστος επένδυσης και οι τόκοι.

Αν το αρχικό κόστος του σταθμού είναι Α, τότε ο τόκος τον οποίο μπορεί να αποφέρει αυτή η επένδυση στο τέλος της περιόδου λειτουργίας του σταθμού μπορεί να υπολογισθεί από την εξίσωση :



όπου

top περίοδος λειτουργίας του σταθμού

ΑΤ η συνολική αξία της επένδυσης στο τέλος της περιόδου λειτουργίας top

n ετήσιος αριθμός ανατοκισμών

i επιτόκιο

Το κέρδος που προκύπτει από επένδυση ιδίων κεφαλαίων προκαλεί διαφορές στην αξία του χρήματος με τον χρόνο, οι οποίες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στην οικονομική ανάλυση.

**Παράδειγμα**

Σε ένα σπίτι εγκαθίσται ένα ηλιακό σύστημα παραγωγής θερμότητας που κοστίζει 2,500,000 δρχ και αναμένεται να λειτουργεί για τα επόμενα 20 χρόνια. Αν το επιτόκιο είναι 8% και ο ανατοκισμός ετήσιος, ποιο είναι το ισοδύναμο κόστος θέρμανσης του σπιτιού ;

Να υποτεθεί ότι η τελική αξία εκποιήσεως του ηλιακού συστήματος μετά τα 20 χρόνια ισούται με το κόστος συντήρησης και λειτουργίας του συστήματος κατά την διάρκεια αυτής της περιόδου.





Αναγωγή στην Παρούσα Αξία

Αν επενδυθεί σήμερα το ποσόν Α με επιτόκιο i, για top χρόνια τότε το άθροισμα κεφαλαίου και τόκων μετά το τέλος της επένδυσης θα είναι AT :

ΑΤ = Α ( 1 + i)top

Το ποσόν Α ονομάζεται η *παρούσα αξία* του μελλοντικού ποσού ΑΤ.

*Παράδειγμα*

Η κατάθεση σήμερα 1,000,000 δρχ. με σταθερό επιτόκιο 8% θα αποφέρει σε τρία χρόνια :

ΑΤ = 1,000,000 ( 1 + 0.08)3 = 1,259,712 δρχ

Η *παρούσα αξία* των 1,259,712 δρχ είναι λοιπόν 1,000,000 δρχ.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Το νέο ηλεκτρικό σύστημα και οι διαφοροποιήσεις που θα επιφέρει**

Η επερχόμενη αλλαγή στο ηλεκτρικό σύστημα, από το συγκεντρωμένο μοντέλο παραγωγής ηλεκτρισμού στους μεγάλους σταθμούς κάρβουνου, πετρελαίου, φυσικού αερίου, πυρηνικής ενέργειας, σε ένα πιό διεσπαρμένο σύστημα παραγωγής με συμβατικούς σταθμούς αλλά και εκτεταμένο δίκτυο παραγωγής με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, αιολικά και φωτοβολταϊκά πάρα, σταθμούς βιομάζας, κλπ – δημιουργεί μεγάλες αλλαγές στο μοντέλο ανάλυσης, στην λήψη αποφάσεων, στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα, και στην οικονομική λειτουργία του συστήματος.

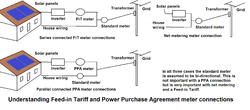
Βασικές έννοιες που υπεισέρχονται στην ανάλυση είναι, μεταξύ των άλλων, οι έννοιες :

* Φορτίο Αιχμής
* Βασικό Φορτίο
* Ενδιάμεσο Φορτίο

Βασικό φορτίο είναι εκείνο το οποίο εμφανίζεται καθόλη την διάρκεια του 24ώρου, το ενδιάμεσο είναι εκείνο που εμφανίζεται γιά ορισμένο – σημαντικό – χρονικό διάστημα μέσα στο 24ωρο, και φορτίο αιχμής είναι εκείνο που εμφανίζεται ως μέγιστο φορτίο κάποια συγκεκτριμένη χρονική στιγμή λόγω ταυτόχρονης λειτουργίας ορισμένων συσκευών όπως π.χ. κλιματιστικές συσκευές τις ημέρες με καύσωνα, ηλεκτρικές συσκευές μαγειρέματος τις βραδυνές ώρες, κλπ.

**Καθαρή μέτρηση ηλεκτρικής ενέργειας**

Καθώς ολοένα και περισσότεροι καταναλωτές του ηλεκτρικού δικτύου θα ενθαρρύνονται στην εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων γιά παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το περίσσευμα της οποίας θα πωλείται στο δίκτυο, τίθενται η ανάγκη μέτρηση αυτής της ενέργειας με νέους μετρητές που θα πρέπει να εγκατασταθούν. Η διαδικασία ονομάζεται καθαρή μέτρηση (net metering), αποδίδει την διαφορά ανάμεσα στην παραγωγή και στην κατανάλωση ενός καταναλωτή ο οποίος έχει σύστημα ηλεκτροπαραγωγής συνδεδεμένο στο δίκτυο. Η καθαρή μέτρηση απαιτεί μια σειρά από ρυθμίσεις αναφορικά με τους κανόνες που θα ισχύουν όσον αφορά το χρονικό διάστημα που μπορεί να κρατήσει ο παραγωγός την πίστωση του, την μηνιαία ή άλλη πληρωμή των ελειμμάτων, το ετήσιο ισοζύγιο, κλπ.

[](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Feed-in_Tariff_meter_connections.png)

**Συντελεστής Φορτίου (Capacity Factor)**

Ο Συντελεστής Φορτίου γιά έναν σταθμό ηλεκτροπαραγωγής ορίζεται ως η παραγόμενη ενέργεια μέσα στην διάρκεια του έτους ως προς την μέγιστη δυνατή ενέργεια που μπορεί να παράγει ο σταθμός εάν λειτουργεί στην μέγιστη (ονομαστική) ισχύ του γιά όλη την διάρκεια του έτους, δηλ. 8760 ώρες :

Ο Συντελεστής Φορτίου είναι πάντοτε μικρότερος της μονάδος διότι οι σταθμοί λειτουργούν συνήθως κάτω από την ονομαστική τους δυναμικότητα. Οι δύο βασικοί λόγοι γιά αυτό είναι :

(α) η αξιοπιστία του σταθμού – είναι αναγκαίο να υπάρχει διαρκώς σε λειτουργία αρκετή δυναμικότητα παραγωγής ώστε να μπορεί να προσφερθεί στο ηλεκτρικό δίκτυο (κατανάλωση) στην περίπτωση που κάποια μονάδα βγαίνει «εκτός λειτουργίας» γιά διάφορους λόγους (βλάβη, συντήρηση, κλπ). Αυτό επιτυγχάνεται με το να λειτουργούν όλες οι μηχανές λίγο κάτω από την μέγιστη δυναμικότητα τους.

(β) διακύμανση φορτίου – το ωριαίο φορτίο έχει συνήθως μεγάλη διακύμανση μέσα στο 24ωρο. Μιά τυπική περίπτωση είναι το φορτίο αιχμής κατά την διάρκεια της ημέρας να είναι διπλάσιο του ελάχιστου φορτίου κατά την διάρκεια της νύχτας. Οι δε εποχιακές διακυμάνσεις οδηγούν το ετήσιο φορτίο αιχμής να είναι και μέχρι τρεις (3) φορές μεγαλύτερο από το ετήσιο ελάχιστο φορτίο.

Ένα γράφημα των 8760 ωριαίων φορτίων κατά την διάρκεια του έτους ονομάζεται καμπύλη φορτίου (load duration curve).

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Απόδοση Ενέργειας ως προς την Επενδυθείσα Ενέργεια – EROEI[[7]](#footnote-7)**

Ένα ενεργειακό προϊόν, μιά τεχνολογία ή μιά διεργασία αξιολογούνται συνήθως στην βάση της οικονομικότητας. Όμως υπάρχει και το «ενεργειακό κόστος» που εκφράζει την ενέργεια που απαιτείται γιά να παραχθεί ένα ενεργειακό προϊόν και αυτό προσφέρει μιά βαθύτερη ανάλυση στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τις αιτίες του χρηματικού κόστους. Προς αυτή την κατεύθυνση η *Απόδοση Ενέργειας ως προς την Επενδυθείσα Ενέργεια* (EROEI) είναι μιά έκφραση που μπορεί να συμπεριληφθεί στην ανάλυση της ποιότητας, των επιπτώσεων και της καταλληλότητας διαφορετικών ενεργειακών πόρων.

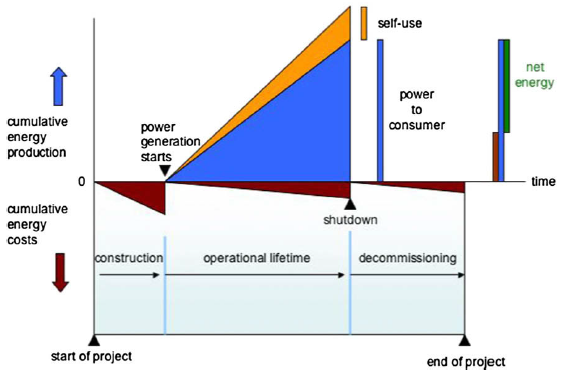


Figure 1. Αθροιστικές ποσότητες ενέργειας κατά την διάρκεια της ζωής ενός σταθμού ηλεκτροπαραγωγής με συμβατικά καύσιμα ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Η ανάλυση EROEI απαντά στο ερώτημα : ποιός είναι ο λόγος της ποσότητας της χρήσιμης ενέργειας που αποδίδεται από έναν συγκεκριμένο ενεργειακό πόρο/τεχνολογία/κλπ. ως προς την ποσότητα της ενέργειας που δαπανήθηκε γιά να παραχθεί. (Σημ. Θα πρέπει να γίνει προφανές ότι πρόκειται γιά λόγο ποσοτήτων ενέργειας και όχι λόγο ενέργειας ως προς κόστος). Ο όρος EROEI αποκαλείται πολλές φορές και ως «καθαρή ενέργεια» (net energy).

Σε θεωρητική βάση δεν αξίζει να εξορυχθεί, αντληθεί ή μετατραπεί ένας ενεργειακός πόρος του οποίου ο λόγος της καθαρής ενέργειας είναι 1:1 ή μικρότερος, αφού αυτό σημαίνει ότι όση ενέργεια παράγεται, τόση ποσότητα ενέργειας καταναλίσκεται γιά τον σκοπό αυτό. Πολλές φορές όμως υπάρχουν περιπτώσεις που θα παραχθούν ενεργειακοί πόροι με πολύ μικρό λόγο EROEI και αυτό δικαιολογείται διότι η διεργασία αποφέρει έναν ενεργειακό πόρο καλύτερης ποιότητας από το ενεργειακό προϊόν που καταναλώθηκε γιά την παραγωγή του.

Η ανάλυση γίνεται ακόμα πιό πολύπλοκη εάν απαιτείται ο υπολογισμός όλων των ενεργειακών εξόδων γιά την παραγωγή της ενέργειας. Σε ένα εργοστάσιο κατασκευής ανεμογεννητριών παραδείγματος χάρη είναι αναγκαίο να συμπεριληφθεί στην καταναλωθείσα ενέργεια και η ενέργεια που έχει ενσωματωθεί στις διάφορες αναγκαίες υποδομές, όπως οδικό δίκτυο, γραμμές μεταφοράς ηλεκτρισμού, αποχετευτικό σύστημα, η ενέργεια που καταναλώνουν οι εργαζόμενοι στην κατοικία, στο αυτοκίνητο, κλπ., όπως επίσης και η ενέργεια που απαιτείται γιά την παραγωγή των επί μέρους εξαρτημάτων (σίδερο, πλαστικά, ηλεκτρονικά, κλπ).

Στην αρχή ο λόγος EROEI γιά την εξόρυξη και άντληση πετρελαίου ανήρχετο σε 100:1 ή και περισσότερο, ενώ σήμερα αυτός ο λόγος έχει μειωθεί στο επίπεδο του 20:1 καθώς απαιτούνται βαθειές γεωτρήσεις σε αφιλόξενα εδάφη και πολύ μεγάλα βάθη ( > 10,000 m). Αυτός είναι και ένας από τους βασικούς λόγου που η τιμή του πετρελαίου έχει σταθεροποιηθεί σε επίπεδα των 100$/barrel.

ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ

ΑΡΓΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ

ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

**ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ**

**EROEI** = (ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ) / (ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ)

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ : Συγκρίσεις και τα όρια**

Η ενέργεια είναι μιά από τις σημαντικότερες οδηγούσες δυνάμεις της βιομηχανικής παραγωγής και της οικονομικής δραστηριότητας γενικότερα. Όμως αν οι διαθέσιμοι ενεργειακοί πόροι είναι χαμηλής ποιότητας (χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα), τότε νέες τεχνολογίες δεν έχουν μεγάλα περιθώρια ώστε να προκαλέσουν και οδηγήσουν σε οικονομική ανάπτυξη. Είναι σημαντικό να υπάρχουν διαθέσιμοι ενεργειακοί πόροι οι οποίοι να είναι σε θέση να παράγουν χρήσιμη ενέργεια σε μεγάλη κλίμακα, με μεγάλο οικονομικό όφελος και μικρό περιβαλλοντικό φορτίο (εξάντληση πόρων, ρύπανση εδάφους/αέρα/νερών, κλιματική αλλαγή, ανθρώπινη υγεία, οικοσυστήματα).

Η οικονομική απόδοση και δυνατότητα κλίμακας μεγέθους ενός ενεργειακού πόρου καθορίζεται από το μέγεθος του πόρου, την ενεργειακή πυκνότητα του, και την ποσότητα και την φύση άλλων πόρων και υποδομών που είναι απαραίτητα στοιχεία γιά την επεξεργασία του.

Σημαντικά κριτήρια γιά την αξιολόγηση ενός ενεργειακού πόρου είναι τα παρακάτω :

* Χρηματικό κόστος
* Εξάρτηση από συμπληρωματικούς πόρους
* Περιβαλλοντικές επιπτώσεις
* Ανανεωσιμότητα
* Μέγεθος του ενεργειακού πόρου
* Τοποθεσία ενεργειακού πόρου
* Αξιοπιστία

Ενεργειακή πυκνότητα

* Ογκομετρική πυκνότητα
* Χωρική πυκνότητα
* Δυνατότητα Μεταφοράς

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Πλαίσιο πολιτικής για το κλίμα και την ενέργεια κατά την περίοδο από το 2020 έως το 2030**

***Βασικά επιτεύγματα του τρέχοντος πλαισίου πολιτικής για την ενέργεια και το κλίμα***

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έθεσε τρεις στόχους που πρέπει να υλοποιηθούν μέχρι το 2020:

* 20% μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου,
* 20% μερίδιο της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (20%) και
* 20% βελτιώσεις της ενεργειακής απόδοσης.

Οι σημερινές πολιτικές για την ενέργεια και το κλίμα υλοποιούν σημαντική πρόοδο για την επίτευξη αυτών των στόχων 20 - 20 - 20:

* Οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου το 2012 μειώθηκαν κατά 18% ως προς τις εκπομπές αερίων το 1990 και, αν συνεχιστούν οι σημερινές πολιτικές, αναμένεται έως το 2020 και το 2030 περαιτέρω μείωσή τους κατά 24% και 32%, αντίστοιχα, σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990.
* Το μερίδιο που καταλαμβάνει η ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές στην τελική κατανάλωση ενέργειας αυξήθηκε σε 13% το 2012 και αναμένεται να αυξηθεί περαιτέρω σε 21% το 2020 και σε 24% το 2030.
* Στο τέλος του 2012 ανερχόταν σε περίπου 44% το μερίδιο της ΕΕ στην παγκοσμίως εγκατεστημένη δυναμικότητα ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές (εκτός της υδροηλεκτρικής ενέργειας).
* Η ενεργειακή ένταση της οικονομίας της ΕΕ είχε μειωθεί το 2011 κατά 24% σε σύγκριση με το 1995, ενώ η βελτίωση ανά κλάδο ήταν περίπου 30%.

Η ένταση διοξειδίου του άνθρακα στην οικονομία της ΕΕ είχε μειωθεί το 2010 κατά 28% σε σύγκριση με το 1995.

Το πλαίσιο πολιτικής για το 2030 θα πρέπει να στηρίζεται στην πλήρη υλοποίηση των στόχων 20 - 20 - 20 και στα ακόλουθα:

* Φιλόδοξη δέσμευση για τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου σύμφωνα με τους χάρτες πορείας για το 2050. Για την υλοποίηση αυτής της δέσμευσης θα πρέπει να υιοθετηθεί οικονομικά αποδοτική προσέγγιση, που να ανταποκρίνεται στις προκλήσεις προσιτού κόστους, ανταγωνιστικότητας, ασφάλειας των προμηθειών και αειφορίας, και να λαμβάνει υπόψη την τρέχουσα οικονομική και πολιτική συγκυρία.
* Απλούστευση του ευρωπαϊκού πλαισίου πολιτικής και παράλληλη βελτίωση της συμπληρωματικότητας και της συνάφειας μεταξύ στόχων και μέσων.
* Εντός αυτού του πλαισίου της ΕΕ, παροχή ευελιξίας στα κράτη μέλη να ορίζουν τη μετάβαση προς οικονομία χαμηλών επιπέδων ανθρακούχων εκπομπών ανάλογα με τις ιδιαίτερες συνθήκες τους, το ενεργειακό μείγμα που προτιμούν και τις ανάγκες από πλευράς ενεργειακής ασφάλειας, καθώς και της δυνατότητας να διατηρούν το κόστος στα ελάχιστα επίπεδα.
* Ενίσχυση της περιφερειακής συνεργασίας μεταξύ των κρατών μελών που θα τα βοηθήσει να αντιμετωπίσουν κοινές ενεργειακές και κλιματικές προκλήσεις με το χαμηλότερο κόστος, ενώ παράλληλα θα ενισχύεται η ενοποίηση της αγοράς και θα αποτρέπεται η στρέβλωση της αγοράς.
* Αξιοποίηση της δυναμικής της ανάπτυξης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές με πολιτική που θα στηρίζεται σε πιο αποδοτική ως προς το κόστος προσέγγιση, η οποία θα ενισχύει την ευρωπαϊκή διάσταση και θα επικεντρώνεται σε μεγαλύτερη ενοποίηση της εσωτερικής ενεργειακής αγοράς και σε ανόθευτο ανταγωνισμό.
* Πλήρης κατανόηση των παραγόντων που καθορίζουν το ενεργειακό κόστος, ούτως ώστε η πολιτική να στηρίζεται σε πραγματικά γεγονότα και στοιχεία για να είμαστε σαφείς ως προς ποιες πτυχές μπορούν να επηρεάσουν οι εθνικές και οι ενωσιακές πολιτικές και ποιες όχι. Διασφάλιση ότι η ανταγωνιστικότητα των επιχειρήσεων και το προσιτό κόστος της ενέργειας για τους καταναλωτές αποτελούν κεντρικά στοιχεία στον καθορισμό των στόχων του πλαισίου και των μέσων για την εφαρμογή του.
* Βελτίωση της ενεργειακής ασφάλειας και παράλληλη θέσπιση ανταγωνιστικού συστήματος χαμηλών επιπέδων ανθρακούχων εκπομπών, μέσω κοινής δράσης, ενοποιημένων αγορών, διαφοροποίησης των εισαγωγών, αειφόρου ανάπτυξης εγχώριων ενεργειακών πηγών, επενδύσεων σε απαραίτητη υποδομή, εξοικονόμησης ενέργειας κατά την τελική χρήση και στήριξης της έρευνας και καινοτομίας.
* Ενίσχυση της ασφάλειας για τους επενδυτές με σαφή πλέον μηνύματα για τον τρόπο με τον οποίο θα αλλάξει το πλαίσιο πολιτικής μετά το 2020 και με εγγυήσεις ότι πριν από το έτος δεν θα επέλθουν σημαντικές αλλαγές στους υπάρχοντες στόχους και τα μέσα.
* Δίκαιο επιμερισμό των προσπαθειών μεταξύ κρατών μελών που θα αντικατοπτρίζει τις ειδικές συνθήκες και ικανότητές τους.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Μέση τιμή κύκλου ζωής εκπομπών CO2 γιά ηλεκτροπαραγωγή**

| **Πρωτογενές Καύσιμο Ηλεκτροπαραγωγής** | **Εκπομπές Διοξειδίου του Άνθρακα (μέση τιμή) (kg CO2/kWh)** |
| --- | --- |
| Κάρβουνο | 0.98 |
| Πετρέλαιο | 0.74 |
| Φυσικό Αέριο | 0.61 |
| Πυρηνική Ενέργεια | 0.02 |
| Αιολική Ενέργεια | 0.07 |
| Φωτοβολταϊκά Κύτταρα | 0.15 |
| Ηλιακή Θερμική Ισχύς | 0.11 |
| Υδροηλεκτρική ενέργεια | 0.12 |
| Βιομάζα | 0.11 |

Πηγή. Varun, Bhat IK, Prakash R. LCA of renewable energy for electricity generation systems – A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2008)

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ** Ενδείξεις Κατανάλωσης Ενέργειας

Οι ενεργειακές ενδείξεις χωρίζονται σε 4 τουλάχιστον κατηγορίες:

* Χαρακτηριστικά της συσκευής
* Ενεργειακή κατηγορία: χρωματικός κώδικας (από A μέχρι G) αναφορικά με την ηλεκτρική κατανάλωση
* Κατανάλωση, απόδοση, χωρητικότητα, κλπ. Πληροφορίες σχετικά με τον τύπο της συσκευής.
* Θόρυβος: ο θόρυβος που εκπέμπει η συσκευή σε decibels

Στα παρακάτω δίνονται ενδεικτικές πληροφορίες για τις ενδείξεις σε ψυγεία, πλυντήρια και αυτοκίνητα.

**Ψυγεία και Καταψύκτες**

Ο πίνακας αναφέρεται στην ενεργειακή απόδοση, σύμφωνα με την κατανάλωση και την χωρητικότητα, και ο δείκτης είναι σε kWh.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A++ | A+ | A | B | C | D | E | F | G |
| <30 | <42 | <55 | <75 | <90 | <100 | <110 | <125 | >125 |

H Πινακίδα περιέχει επίσης:

* Την ετήσια ενεργειακή κατανάλωση σε kW·h ανά χρόνο
* Την χωρητικότητα σε φαγητά σε λίτρα
* Τον θόρυβο σε dB(A)

**Πλυντήρια Ρούχων και Στεγνωτήρια**

Για τα πλυντήρια ρούχων η ενεργειακή απόδοση υπολογίζεται για έναν κύκλο πλυσίματος βαμβακερών στους 60°C με το μέγιστο φορτίο, περίπου 6 kg. Η ενεργειακή ένδειξη είναι σε kW·h ανά κιλό ρούχων πλυσίματος.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A | B | C | D | E | F | G |
| <0.19 | <0.23 | <0.27 | <0.31 | <0.35 | <0.39 | >0.39 |

Η ένδειξη περιέχει επίσης πληροφορίες σχετικά με:

* Την συνολική κατανάλωση ανά κύκλο λειτουργίας
* Απόδοση πλυσίματος από το Α μέχρι το G
* Την απόδοση στεγνώματος από το Α μέχρι το G
* Μέγιστη ταχύτητα περιστροφής
* Συνολική χωρητικότητα σε βαμβακερά ρούχα
* Κατανάλωση νερου ανά κύκλου σε λίτρα.
* Θόρυβο κατά την διάρκεια του κύκλου πλυσίματος και περιστροφής σε dB(A)

**Αυτοκίνητα**

[](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Irish_Car_CO2_Label.svg)

1. Προφανώς η παγκόσμια ύφεση που έπληξε και την Ελλάδα μετά το 2008 και συνεχίζεται δεν είχε προβλεφθεί. Αυτό δείχνει και την δυνατότητα της μοντελοποίησης σε καταστάσεις ασυνέχειας. [↑](#footnote-ref-1)
2. \* 1 ΤΙΠ = 10.2 \* 106 kcal [↑](#footnote-ref-2)
3. \* Οικονομετρία είναι το σύνολο των στατιστικών κανόνων και των σχετικών τεχνικών γιά την επίλυση των οικονομικών προβλημάτων. [↑](#footnote-ref-3)
4. \* Γιά να μειωθεί η ένταση απαιτείται αλλαγή τεχνολογίας. [↑](#footnote-ref-4)
5. \* Οι καταναλωτές χρειάζονται στην πραγματικότητα φωτισμό, θέρμανση, μαγείρεμα, μεταφορές και όχι ηλεκτρισμό, λιγνίτη, πετρέλαιο. [↑](#footnote-ref-5)
6. \* βλέπε Παράρτημα Ε. [↑](#footnote-ref-6)
7. Energy Return On Energy Invested. [↑](#footnote-ref-7)