

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

UNIVERSITY OF PEIRAEUS



**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ
ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

**«ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»**

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΛΙΓΝΙΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑ ΑΝΑΛΥΣΗ
ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Άγγελος Κ. Κασίμης

Επιβλέπουσα: Στέλλα Σοφianoπούλου
Αν. Καθηγήτρια Παν. Πειραιά

ΑΘΗΝΑ, Δεκέμβριος 2008



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ
ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

«ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΙΓΝΙΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑ ΑΝΑΛΥΣΗ
ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Άγγελος Κ. Κασίμης

Επιβλέπουσα: Στέλλα Σοφianoπούλου
Αν. Καθηγήτρια Παν. Πειραιά

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή την 3/12/2008

.....
Σ.Σοφianoπούλου
Αν. Καθηγ. Παν. Πειραιά

.....
Β.Δεδούσης
Αν. Καθηγ. Παν. Πειραιά

.....
Γ.Μάνος
Δρ. Ηλ/γος Μηχ. Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, Δεκέμβριος 2008

.....
Άγγελος Κ. Κασίμης

Ηλεκτρολόγος Μηχανικός /& Μηχανικός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, Ε.Μ.Π.

Copyright © Άγγελος Κ. Κασίμης, 2008

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος, All rights reserved

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	7
2	ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	9
2.1	Οργάνωση και Λειτουργία της Δ.Ε.Η	9
2.2	Θερμοηλεκτρικοί Σταθμοί - Γενικά	10
2.3	Λιγνιτικοί Σταθμοί	13
2.3.1	Η παραγωγή λιγνίτη	13
2.3.2	Η εξέλιξη της αγοράς λιγνίτη	14
2.4	Τεχνολογίες ΘΗΣ για τους κύκλους θερμοδυναμικής του ατμοστροβίλου	16
2.5	Παραγωγή και Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας για το έτος 2006	18
2.6	Βιβλιογραφία – Αρθρογραφία	21
3	ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	22
3.1	Εισαγωγή	22
3.2	Ορισμός	22
3.3	Αντικείμενα Ανάλυσης της Π.Α.Δ	23
3.4	Μοντέλο CCR της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων	23
3.5	Σύνολο παραγωγικών δυνατοτήτων, κλίμακες αποδόσεων και σύνορο αποδοτικότητας	25
3.6	Παρατηρήσεις	30
3.7	Πλεονεκτήματα της Data Envelopment Analysis	31
3.8	Βιβλιογραφία – Αρθρογραφία	32
4	ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑΣ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ D.E.A.	33
4.1	Εφαρμογή στην Τουρκία	33
4.1.1	Ανάλυση Αποδοτικότητας των Σταθμών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας της Τουρκίας χρησιμοποιώντας τη D.E.A.	33
4.2	Εφαρμογή στην Ινδία	37
4.2.1	Εκτίμηση των Βασικών Ορίων των Εκπομπών Άνθρακα στο Σύστημα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ινδία χρησιμοποιώντας τη D.E.A.	37
4.3	Εφαρμογή στην Κολομβία	38
4.3.1	Αποδοτικότητα του Συστήματος Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Κολομβία: Τα αποτελέσματα της ανασυγκρότησης του 1994.	38
4.4	Εφαρμογές στη Φινλανδία	40
4.4.1	Ανάλυση Οικονομικής-Περιβαλλοντικής Απόδοσης των Σταθμών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (Φινλανδία): Μια επέκταση της D.E.A.	40
4.4.2	Εκτίμηση του Κόστους Αποδοτικότητας του Φινλανδικού Συστήματος Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας.	43
4.5	Εφαρμογές στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής	45
4.5.1	Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (D.E.A.) των επιπέδων και των αιτιών επίδοσης των Λιγνιτικών Σταθμών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας – Εφαρμογή στις Ηνωμένες Πολιτείες.	45
4.5.2	Εκτίμηση της απόδοσης του συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας κοινής ωφέλειας των Ηνωμένων Πολιτειών βασισμένη στη Π.Α.Δ	47
4.5.3	Αποδοτικότητα του Συστήματος Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας στις Ηνωμένες Πολιτείες: Αναλύσεις και προβλέψεις βασισμένες στη D.E.A.	49

4.6	Εφαρμογή στη Νότια Κορέα.....	51
4.6.1	Η Αποδοτικότητα Συμβατικών Σταθμών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας της Νότιας Κορέας-Μια σύγκριση παραμετρικών και μη προσεγγίσεων.....	51
4.7	Εφαρμογή στο Ηνωμένο Βασίλειο.....	52
4.7.1	Το σενάριο της ΔΕ.Α στη δημιουργία στόχων για τους Σταθμούς Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας –Εφαρμογή στους σταθμούς του Ηνωμένου Βασιλείου.	52
4.8	Εφαρμογή σε Ευρωπαϊκές Εταιρείες Διανομής.....	55
4.8.1	Διεθνής Αξιολόγηση Συστημάτων Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας -Μια Εφαρμογή σε Ευρωπαϊκές Εταιρείες Διανομής.....	55
4.9	Εφαρμογή στη Γερμανία	57
4.9.1	Ανάλυση Αποδοτικότητας των Εταιρειών Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας στη Γερμανία.	57
4.10	Εφαρμογή στην Πορτογαλία.....	58
4.10.1	Ανάλυση Αποδοτικότητας Υδροηλεκτρικών Σταθμών Παραγωγής: Εφαρμογή στην Πορτογαλία.	58
4.11	Συγκεντρωτική Παρουσίαση των Εισόδων και Εξόδων που χρησιμοποιούνται στη διεθνή βιβλιογραφία – αρθρογραφία.....	60
4.12	Βιβλιογραφία – Αρθρογραφία	63
5	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΡΟΩΝ-ΕΚΡΟΩΝ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.....	66
5.1	Λιγνιτικοί Σταθμοί Παραγωγής Διασυνδεδεμένου Δικτύου	66
5.1.1	Δεδομένα Εισροών	66
5.1.2	Δεδομένα Εκροών	67
6	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ Π.Α.Δ.	70
6.1	Σύντομη περιγραφή του υπολογιστικού κώδικα.....	70
6.2	Αξιολόγηση Λιγνιτικών Μονάδων	73
6.2.1	Σενάριο 1 ^ο : Αξιολόγηση των μονάδων με γνώμονα τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά.....	74
6.2.2	Σενάριο 2 ^ο : Αξιολόγηση των μονάδων με γνώμονα τα περιβαλλοντικά τους χαρακτηριστικά.....	78
6.2.3	Σενάριο 3 ^ο : Αξιολόγηση των μονάδων με γνώμονα τα οικονομικά τους χαρακτηριστικά.....	82
6.3	Συχνότητα εμφάνισης αποτελεσματικών και μη αποτελεσματιών μονάδων.....	85
7	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	88

Σημείωση:

Για το λόγο ότι για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιήθηκαν άκρως απόρρητα στοιχεία, δεν κοινοποιούνται οι πραγματικοί αριθμοί. Στη θέση αυτών, τοποθετείται ο αριθμός "9". Όποιος από τους αναγνώστες επιθυμεί τα πραγματικά στοιχεία, μπορεί να απευθυνθεί στον συγγραφέα ή στον επιβλέπον καθηγητή της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο :

ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Εισαγωγή

Η εποχή στην οποία ζούμε χαρακτηρίζεται από την ταχύτητα των αλλαγών που συμβαίνουν γύρω μας. Υπάρχουν εξελίξεις οι οποίες σε αρκετούς τομείς στην ζωή μας άλλοτε είναι προς όφελός μας και άλλοτε εις βάρος μας. Για παράδειγμα η τεχνολογία εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς με σκοπό να διευκολύνει την ζωή μας, ωστόσο στον αντίποδα αυτής της εξέλιξης δημιουργούνται σοβαρά προβλήματα. Είναι γεγονός ότι στην εποχή μας η ανάπτυξη της τεχνολογίας συνοδεύεται και από την αύξηση ζήτησης ενέργειας. Το γεγονός αυτό δημιουργεί μείζον ζήτημα που συναντάται παγκοσμίως. Το ενεργειακό πρόβλημα έχει λάβει τεράστιες διαστάσεις γεγονός που δεν αφήνει ανεπηρέαστη την χώρα μας.

Στην Ελλάδα, όπως και παγκοσμίως, το ενεργειακό πρόβλημα συνδέεται άμεσα με μια σειρά άλλων προβλημάτων που προέρχονται από την κλιματική αλλαγή. Από τη μία, ο κίνδυνος της λειψυδρίας έχει άμεσες επιπτώσεις στη δυναμική των υδροηλεκτρικών εργοστασίων και απ'την άλλη η ρύπανση που προκαλείται από της παλαιές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας δημιουργεί σοβαρά ζητήματα στην ενεργειακή πολιτική της χώρας μας.

Σύμφωνα με τα στοιχεία της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.), η ηλεκτροπαραγωγική δυναμικότητα της χώρας μας αυτή τη στιγμή ανέρχεται περίπου στα 12.000 MW. Η ζήτηση ηλεκτρικού ρεύματος αυξάνεται περίπου 4%-5% ετησίως, γεγονός που σημαίνει ότι προστίθενται στις ανάγκες της χώρας περίπου 500-600 MW ετησίως. Εκτός από την ετήσια αύξηση ζήτησης πρέπει να συνυπολογιστεί και η απόσυρση τόσο των μονάδων παραγωγής λόγω παλαιότητας, όσο και των υδροηλεκτρικών σταθμών λόγω λειψυδρίας. Υπολογίζεται ότι σε βάθος δεκαετίας, δεδομένων των τεχνολογικών εξελίξεων αλλά και των περιβαλλοντικών απαιτήσεων, θα πρέπει να οδηγηθούν σε απόσυρση και αντικατάσταση θερμικές μονάδες παραγωγικής δυναμικότητας 6.000-7.000 MW.

Συγκεντρωμένες οι ανάγκες ηλεκτροπαραγωγής που πηγάζουν από την αύξηση της ζήτησης ρεύματος, τα υδρολογικά προβλήματα των φραγμάτων και την απόσυρση παλαιών θερμικών μονάδων, οδηγούν σε επενδύσεις παραγωγικής ισχύος τουλάχιστον 10.000 MW σε βάθος δεκαετίας. Αυτό σημαίνει ότι για να εξασφαλιστεί ηλεκτρική επάρκεια σε βάθος

δεκαετίας πρέπει κάθε χρόνο να εισέρχονται στο σύστημα μονάδες ηλεκτροπαραγωγικής ισχύος 1.000 MW. Σύμφωνα με χονδρικούς υπολογισμούς, κάθε νέο MW απαιτεί επένδυση της τάξεως του 1.000.000 € που μεταφράζεται σε επενδύσεις 10 δισεκατομμυρίων € σε δέκα χρόνια. Ποσό εντυπωσιακό που ισοδυναμεί σχεδόν με το 50% του Δ' Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης. Έτσι προκύπτει η ανάγκη εύρεσης τεχνικών και μεθόδων για την αξιολόγηση των υπάρχοντων μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας πριν την εισαγωγή νέων με σκοπό τη βελτίωση της λειτουργίας τους.

Σκοπός της εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί μια εφαρμογή της **Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων-Π.Α.Δ.(Data Envelopment Analysis-D.E.A.)** για την αποτίμηση της αποδοτικότητας και τη βελτίωση της λειτουργίας των **Λιγνιτικών Σταθμών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας** της Ελλάδος για το έτος 2006.

Η προτεινόμενη πολυκριτηριακή μεθοδολογία συνδυάζει σε ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο καθιερωμένες και δοκιμασμένες τεχνικές Μαθηματικού – Γραμμικού Προγραμματισμού και Επιχειρησιακής Έρευνας που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της τεχνικής αποτελεσματικότητας μονάδων/συστημάτων πολλαπλών εισροών και εκροών. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία πέραν της συγκριτικής αξιολόγησης προσδιορίζει επίσης και ποιες μονάδες θα μπορούσαν να αποτελέσουν πρότυπα για τις μη αποτελεσματικές.

Ως εισροές και εκροές των μονάδων λαμβάνονται στοιχεία **‘πραγματικά’** και όχι **‘τεχνητώς κατασκευασμένα’** δεδομένα της ηλεκτρικής παραγωγής, τα οποία μας παρέιχε η Δ.Ε.Η και αναφέρονται στο έτος 2006, έτσι ώστε να παράσχουμε χρήσιμα και πρακτικώς εφαρμόσιμα συμπεράσματα.

Σημειώνεται ότι μελέτες με υπολογιστικά εργαλεία αντίστοιχα με αυτά που θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα διπλωματική εργασία, έχουν πραγματοποιηθεί διεθνώς σε συστήματα ηλεκτροπαραγωγής πολλών χωρών (Αυστραλία, Σκανδιναβία, Η.Π.Α., Ε.Ε.-Δυτική Ευρώπη, κ.λπ.) με απόλυτη επιτυχία.

.ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο :

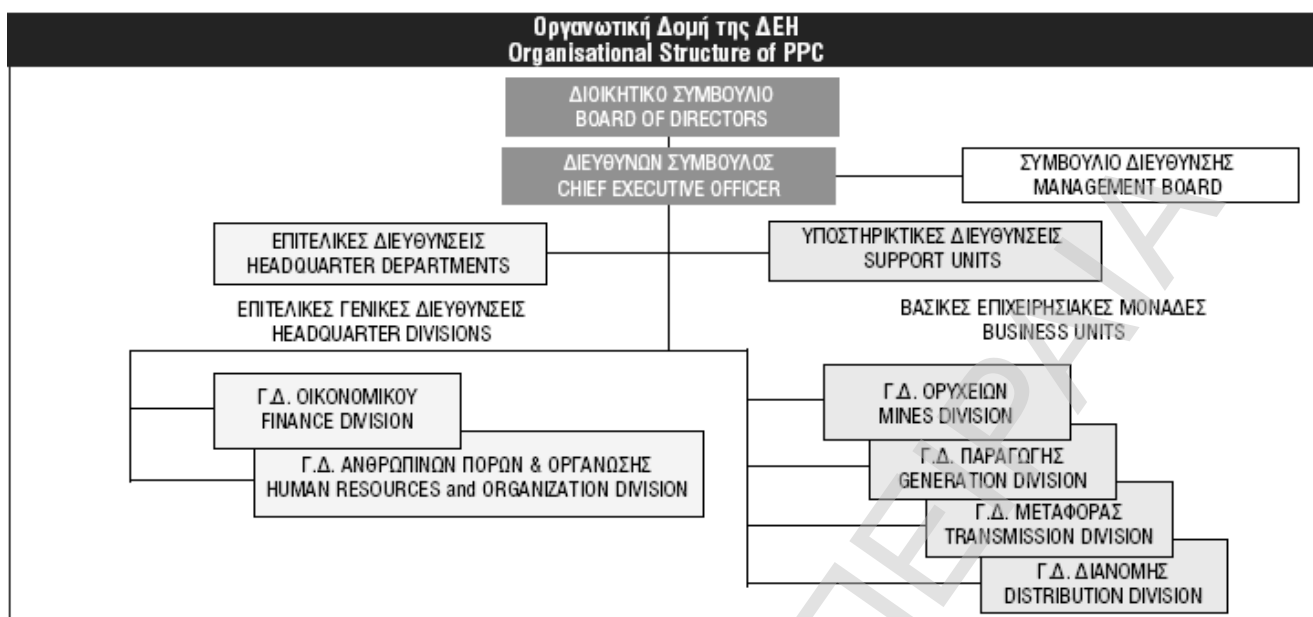
ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια σύντομη αναφορά της οργάνωσης και λειτουργίας της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η) καθώς και του Συστήματος Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας της χώρας. Πιο αναλυτικά περιγράφεται η οργανωτική δομή της Δ.Ε.Η. και απεικονίζεται γεωγραφικά η κατανομή των Θερμοηλεκτρικών και Υδροηλεκτρικών Σταθμών. Η παρουσίαση έχει εστιαστεί στους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς που χρησιμοποιούν ως καύσιμο τον λιγνίτη δεδομένου ότι αποτελούν τον κορμό του παραγωγικού δυναμικού της Δ.Ε.Η..Σύντομη αναφορά επίσης γίνεται και στην Παραγωγή και Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας για το έτος 2006.

2.1 Οργάνωση και Λειτουργία της Δ.Ε.Η [2.1]

Η Δ.Ε.Η ιδρύθηκε τον Αύγουστο του 1950 με τον ιδρυτικό νόμο Ν.1468/50 που προέβλεπε τη λειτουργία της με ιδιωτικο-οικονομικά κριτήρια και όριζε ως κύρια αποστολή της την παραγωγή και μεταφορά ενέργειας σε ολόκληρη την Ελλάδα με τη χαμηλότερη δυνατή τιμή.Στα 50 χρόνια που ακολούθησαν έγιναν τεράστια έργα παραγωγής,μεταφοράς και διανομής σε ολόκληρη τη χώρα και επετεύχθη ο εξηλεκτρισμός της Ελλάδας.Σήμερα,η Δ.Ε.Η καλύπτει τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια ολόκληρου του πληθυσμού της χώρας.Η Δ.Ε.Η διαθέτει σταθμούς παραγωγής,**Θερμοηλεκτρικούς και Υδροηλεκτρικούς**,με συνολική εγκατεστημένη ισχύ **12.695 MW το 2006**.

Η εφαρμογή της Κοινοτικής Οδηγίας 96/92 για την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα και η εφαρμογή του σχετικού Ν 2773/99,καθώς και η εισαγωγή της Δ.Ε.Η στο Ελληνικό Χρηματιστήριο ως Ανωνύμου Εταιρείας πλέον,αποτελούν ένα ακόμα στάδιο ανάπτυξης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα,όπου η Δ.Ε.Η καλείται να καταστεί περισσότερο ευέλικτη,αποδοτική και ανταγωνιστική.Το νέο οργανωτικό σχήμα της Δ.Ε.Η παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 2.1):



Πηγή: ΔΕΗ / Source PPC

Σχήμα 2.1 Οργανωτική Δομή της Δ.Ε.Η.

2.2 Θερμοηλεκτρικοί Σταθμοί – Γενικά [2.1]

Το σύστημα ηλεκτροπαραγωγής των Θερμοηλεκτρικών Σταθμών (ΘΗ.Σ) αποτελείται από το διασυνδεδεμένο σύστημα παραγωγής της ηπειρωτικής χώρας με τα προς αυτό διασυνδεδεμένα νησιά και τα ανεξάρτητα συστήματα παραγωγής της Κρήτης, της Ρόδου και των υπολοίπων μικροτέρων νησιών. Η εγκατεστημένη ισχύς του κάθε ανεξάρτητου συστήματος παραγωγής της Δ.Ε.Η παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2.1):

Αριθμός Σταθμών	Σύστημα/Περιοχή	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
11	Διασυνδεδεμένο	8.005
3	Κρήτης	730
1	Ρόδου	234
31	Λοιπά Νησιά	666
ΣΥΝΟΛΟ		9.635

Πίνακας 2.1 Εγκατεστημένη Ισχύς Σταθμών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας
Το διασυνδεδεμένο σύστημα παραγωγής της ηπειρωτικής χώρας περιλαμβάνει κυρίως λιγνιτικούς σταθμούς, που αποτελούν τη βάση του συστήματος. Επιπλέον υπάρχουν σταθμοί

φυσικού αερίου, πετρελαϊκοί και υδροηλεκτρικοί καθώς και αιολικά πάρκα. Το 1997 για πρώτη φορά υπήρξε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από σταθμό φυσικού αερίου, μετά την μετατροπή των μονάδων παραγωγής του Αγίου Γεωργίου, στο Κερατσίνι.

Στη **Βόρεια Ελλάδα** και συγκεκριμένα στη Δυτική Μακεδονία, (Πτολεμαίδα, Καρδιά, Άγιος Δημήτριος, Αμύνταιο, Λίπτολ) βρίσκεται το κυριότερο ενεργειακό-λιγνιτικό κέντρο της χώρας. Αποτελείται από 17 λιγνιτικές μονάδες συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 4.108 MW. Επίσης το Φεβρουάριο του 2002 τέθηκε σε λειτουργία και ο σταθμός φυσικού αερίου της Κομοτηνής που αποτελείται από 3 μονάδες συνδυασμένου κύκλου συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 485 MW.

Το **Νότιο** ενεργειακό-λιγνιτικό κέντρο βρίσκεται στο κέντρο της Πελοποννήσου κοντά στην πόλη της Μεγαλόπολης και αποτελείται από 4 μονάδες συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 850 MW.

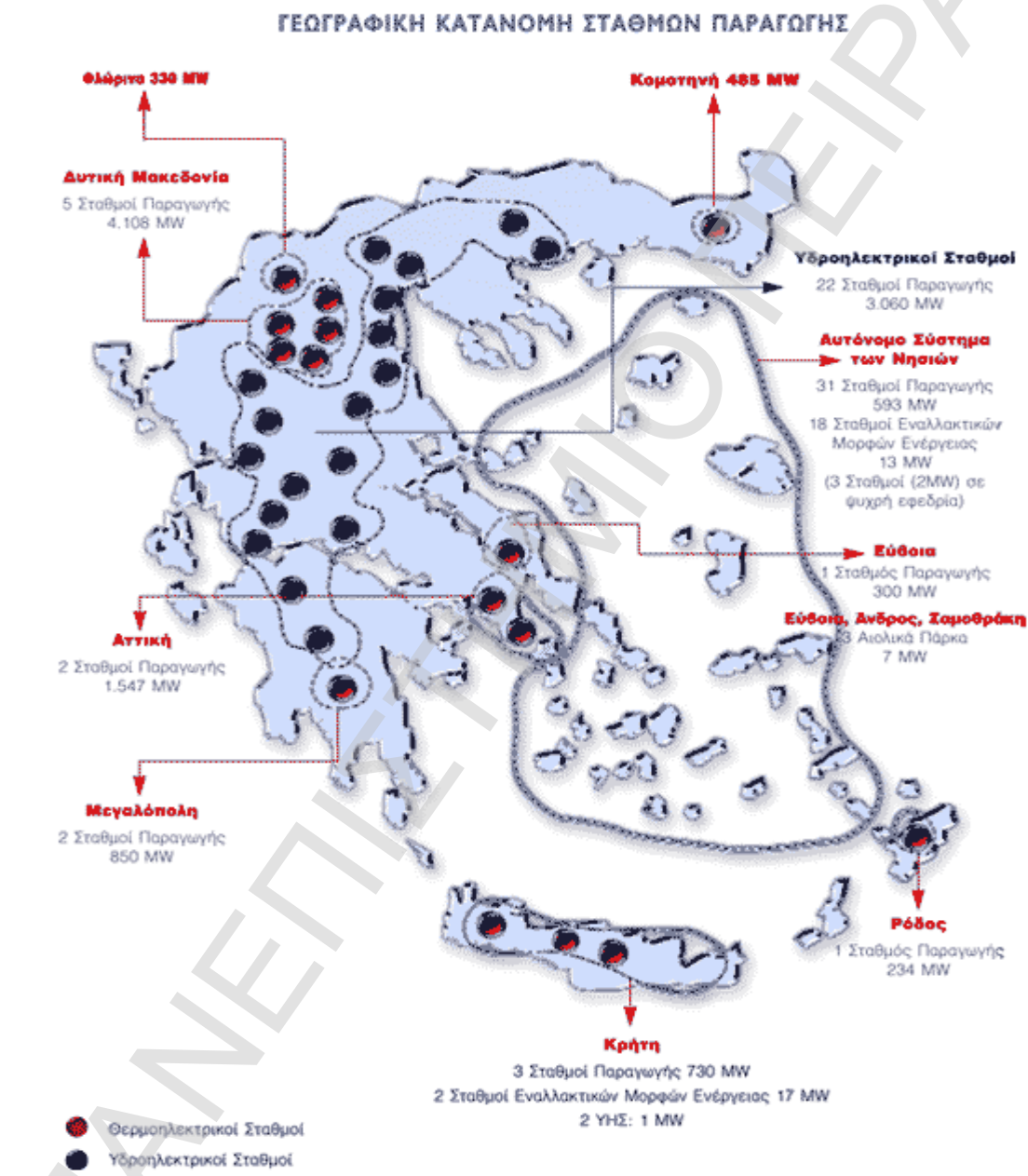
Στην **Κεντρική Ελλάδα** είναι εγκατεστημένοι 3 θερμοκοί σταθμοί. Ο πρώτος σταθμός είναι πετρελαϊκός και βρίσκεται στο Αλιβέρι της Εύβοιας με 2 μονάδες συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 300 MW. Ο δεύτερος βρίσκεται στο Λαύριο και αποτελείται από 2 πετρελαϊκές μονάδες ισχύος 450 MW, από 2 μονάδες φυσικού αερίου ισχύος 360 MW και από 5 μονάδες συνδυασμένου κύκλου-diesel και φυσικού αερίου- ισχύος 945 MW. Ο τρίτος σταθμός βρίσκεται στον Άγιο Γεώργιο στο Κερατσίνι και παρέμεινε εκτός λειτουργίας για πολλά χρόνια για περιβαλλοντικούς λόγους. Ξεκίνησε ξανά την εμπορική του λειτουργία με την μονάδα Νο 8 εγκατεστημένης ισχύος 160 MW το 1997, χρησιμοποιώντας ως καύσιμο το φυσικό αέριο μετά την μετατροπή του από πετρελαϊκό, ενώ άλλη μία μονάδα, η Νο 9 ισχύος 200 MW, επίσης με φυσικό αέριο, ξεκίνησε την εμπορική της λειτουργία εντός του 1998.

Το Σύστημα Παραγωγής της Κρήτης με εγκατεστημένη ισχύ 730 MW αποτελείται αποκλειστικά από 3 πετρελαϊκούς σταθμούς (ατμοστροβίλους, εμβολοφόρες μηχανές εσωτερικής καύσης και μία μονάδα συνδυασμένου κύκλου). Ο πρώτος σταθμός βρίσκεται στα Λινοπεράματα και αποτελείται από 15 μονάδες συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 279 MW. Ο δεύτερος σταθμός βρίσκεται στα Χανιά και αποτελείται από 9 μονάδες συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 349 MW και ο τρίτος σταθμός βρίσκεται στον Αθερινόλακο και αποτελείται από 2 μονάδες συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 102 MW.

Το Σύστημα Παραγωγής της Ρόδου ενισχύθηκε σε μεγάλο βαθμό τη διετία 1996-1997 με τον πετρελαϊκό σταθμό Σορωνίς, που περιλαμβάνει ατμοστροβίλους, εμβολοφόρες μηχανές εσωτερικής καύσης και αεριοστροβίλους, και εμφανίζει συνολική εγκατεστημένη ισχύ 234 MW. Έτσι δόθηκε η δυνατότητα το 1998 να κλείσει ο παλιός σταθμός που λειτουργούσε στην πόλη της Ρόδου.

Τα υπόλοιπα μικρότερα νησιά διαθέτουν δικούς τους αυτόνομους σταθμούς παραγωγής (πετρελαιικούς), μερικά δε είναι συνδεδεμένα με το διασυνδεδεμένο σύστημα (κυρίως τα νησιά του Ιονίου Πελάγους) αλλά και μεταξύ τους με υποβρύχια καλώδια, ενώ παράλληλα μερικά από τα νησιά διαθέτουν αιολικά και φωτοβολταϊκά πάρκα.

Η γεωγραφική κατανομή των μονάδων παραγωγής της Δ.Ε.Η. φαίνονται στον παρακάτω χάρτη. (Σχήμα 2.2)



Σχήμα 2.2 Γεωγραφική Κατανομή μονάδων παραγωγής της Δ.Ε.Η

2.3 Οι Λιγνιτικοί σταθμοί

Το σύνολο της ενεργειακής κατανάλωσης στην Ελλάδα στηρίζεται κατά 53% περίπου στη χρήση στερεών καυσίμων. Το ποσοστό αυτό σύμφωνα με τα στοιχεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής ήταν το υψηλότερο μεταξύ των χωρών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το έτος 1997. Η υψηλή χρήση στερεών καυσίμων οφείλεται στο γεγονός ότι η Ελλάδα, από τη δεκαετία του 1960 και μετά, κατέβαλε σοβαρές προσπάθειες στήριξης της ηλεκτροπαραγωγής της στην εκμετάλλευση των λιγνιτικών κοιτασμάτων, τα οποία διαθέτει σε σχετική αφθονία.

2.3.1 Η Παραγωγή Λιγνίτη

Ο Λιγνίτης βρίσκεται σε αφθονία στο υπέδαφος της Ελλάδας. Η Χώρα μας κατέχει τη δεύτερη θέση σε παραγωγή λιγνίτη στην Ε.Ε. και την έκτη παγκοσμίως. Τα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα ανέρχονται σε 3,1 δις τόνους. Εξ αυτών η ΔΕΗ Α.Ε. έχει δικαιώματα εκμετάλλευσης που καλύπτουν ποσοστό της τάξεως του 60%. Το 2006 εξορύχθηκαν συνολικά 62,5 εκατ. τόνοι.

Τα λιγνιτωρυχεία της ΔΕΗ στην Πτολεμαΐδα & τη Μεγαλόπολη εξασφαλίζουν στην ελληνική οικονομία το σημαντικότερο καύσιμο πάνω στο οποίο βασίστηκε ο εξηλεκτρισμός της Χώρας από την ίδρυση της ΔΕΗ.

Σήμερα, οι 7 λιγνιτικοί Σταθμοί μας καλύπτουν το 41,6% της εγκατεστημένης μας ισχύος και παράγουν το 53-56% περίπου της ετήσιας ζήτησης σε ηλεκτρική ενέργεια, στο διασυνδεδεμένο σύστημα.

Ο λιγνίτης συνεχίζει και είναι για μας καύσιμο στρατηγικής σημασίας, αφού εξακολουθεί να έχει άμεσα ελεγχόμενο κόστος εξόρυξης, που εξασφαλίζει την αναγκαία σταθερότητα & ασφάλεια εφοδιασμού.

Η εξόρυξη του λιγνίτη συντελεί τα μέγιστα στην αύξηση του εθνικού προϊόντος, αφού προσφέρει χιλιάδες θέσεις εργασίας στην περιφέρεια, ιδιαίτερα σε περιοχές με μεγάλη ανεργία. Ταυτόχρονα, περιορίζει τη συναλλαγματική δαπάνη εισαγωγής ενεργειακών καυσίμων.

2.3.2 Η εξέλιξη της αγοράς Λιγνίτη

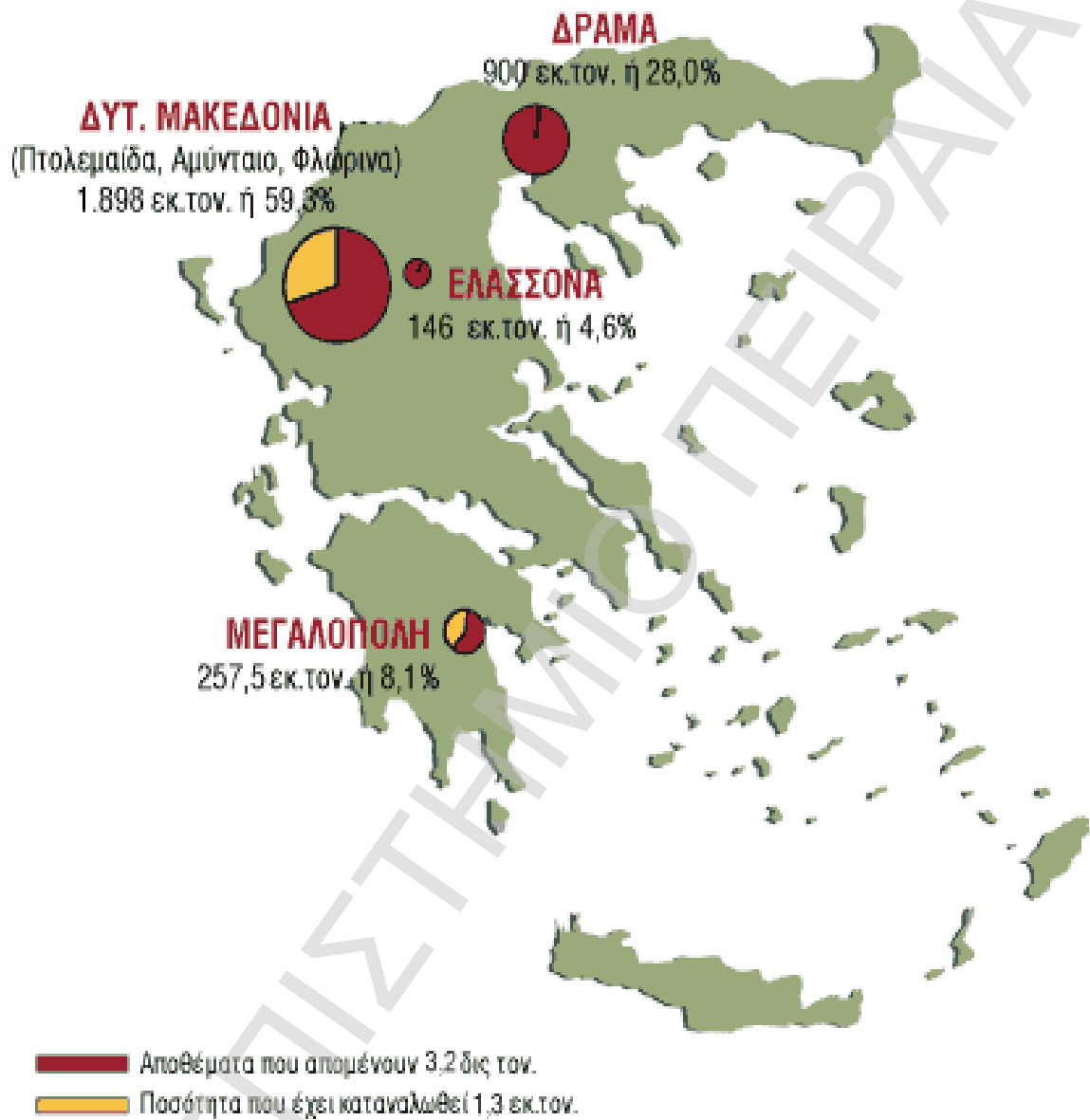
Κύρια συνιστώσα της ελληνικής ενεργειακής πολιτικής ήταν και παραμένει η ανάπτυξη των εγχώριων ενεργειακών πηγών. Αυτές μέχρι σήμερα είναι κυρίως οι λιγνίτες και το υδροηλεκτρικό δυναμικό. Στο προσεχές μέλλον αναμένεται να προστεθούν, με αξιόλογη συμμετοχή οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Η επιλογή της αξιοποίησης των λιγνιτικών κοιτασμάτων αποδείχθηκε, εκ του αποτελέσματος, θετική για την ανάπτυξη της ελληνικής οικονομίας. Ως πλεονεκτήματα της επιλογής αυτής μπορούν να αναφερθούν:

- η ασφάλεια διάθεσης του καυσίμου
- η δυνατότητα πρόβλεψης της μελλοντικής διαμόρφωσης του κόστους του
- η διασφάλιση θέσεων εργασίας και η ενίσχυση της βιομηχανικής παραγωγής της χώρας
- η συμβολή στην περιφερειακή ανάπτυξη

Ωστόσο έχουν εκφραστεί σοβαρές επιφυλάξεις όσον αφορά το ρόλο του λιγνίτη ως του βασικού ενεργειακού καυσίμου για τα επόμενα χρόνια στην Ελλάδα. Η αναμενόμενη και σε μεγάλη κλίμακα διείσδυση του φυσικού αερίου στο ενεργειακό σύστημα της χώρας, όπως και ο αυξανόμενος ρόλος που αναμένεται ότι θα παίξουν οι ΑΠΕ είναι σίγουρο ότι θα επηρεάσουν και θα μειώσουν το ρόλο του λιγνίτη. Παράλληλα υπάρχουν σοβαρές πιέσεις για τη σταδιακή αντικατάσταση των ρυπογόνων και με μικρή απόδοση θερμικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρισμού της Δ.Ε.Η.

ΤΑ ΛΙΓΝΙΤΙΚΑ ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ



Σχήμα 2.4 Αποθέματα και καταναλωθείσες ποσότητες λιγνίτη στην Ελλάδα

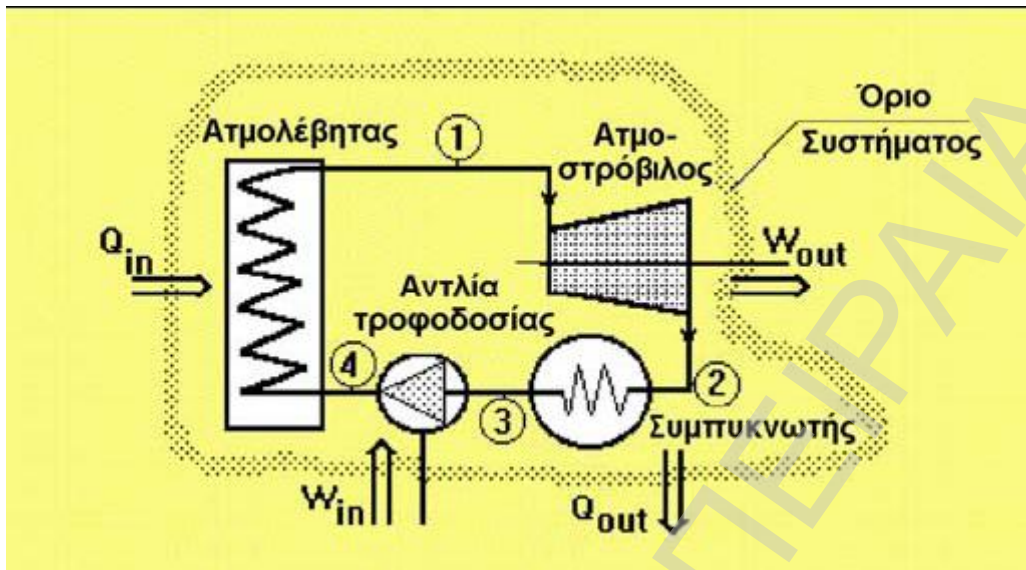
Η διατήρηση της ανταγωνιστικότητας του λιγνίτη συνιστά αδιαμφισβήτητα ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα της ελληνικής ενεργειακής πολιτικής. Η θετική συνεισφορά του στην ανάπτυξη της ελληνικής οικονομίας επιβάλλει τη συστηματική ανάπτυξη προσπαθειών στα ακόλουθα πεδία:

- Διατήρηση της ανταγωνιστικότητας του, μέσω της βελτίωσης των μεθόδων εκμετάλλευσης και της αύξησης του βαθμού απόδοσης των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής
- Αφομοίωση και ανάπτυξη της τεχνολογίας στον τομέα των λεγόμενων «καθαρών» τεχνολογιών άνθρακα
- Θέσπιση μέτρων και μεθόδων, ώστε να επιτευχθεί η φιλικότερη προς το περιβάλλον χρήση καυσίμου
- Παράλληλη αναβάθμιση των υποδομών στις περιοχές όπου αναπτύσσονται οι σχετικές δραστηριότητες

Σε κάθε περίπτωση, ένα καθοριστικό ζήτημα που θα επηρεάσει σοβαρά, στο προσεχές μέλλον, τις λιγνιτικές δραστηριότητες είναι οι περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις και στην κατεύθυνση αυτή πρέπει να εστιαστούν οι προσπάθειες για να διασφαλιστεί η θετική τους συνεισφορά στην ενεργειακή ασφάλεια και την οικονομία της Ελλάδας.

2.4 Τεχνολογίες ΘΗΣ για τους κύκλους της θερμοδυναμικής ατμοστρόβιλου

Ο ατμοστρόβιλος εξαρτάται από κάποια χωριστή πηγή ενέργειας και δεν μετατρέπει άμεσα το καύσιμο σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι ατμοστρόβιλοι απαιτούν μία πηγή ατμού υψηλής πίεσης που παράγεται σε κάποιο λέβητα ή ατμοπαραγωγό ανάκτησης θερμότητας. Στα καύσιμα των λεβήτων συμπεριλαμβάνονται ορυκτά καύσιμα, όπως ο γαιάνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, ή ανανεώσιμα καύσιμα, όπως το ξύλο ή τα αστικά απορρίμματα. Ο ατμοστρόβιλος μπορεί να αποτελείται από πολλές βαθμίδες, κάθε μία από τις οποίες μπορεί να οριστεί με την ανάλυση της εκτόνωσης του ατμού από μία υψηλότερη σε μία χαμηλότερη πίεση. Ο θερμοδυναμικός κύκλος του ατμοστρόβιλου είναι ο κύκλος Rankine, παρόλο που εφαρμόζονται και κάποιοι άλλοι, όπως οι κύκλοι αναθέρμανσης και αναγέννησης, και ο συνδυασμένος κύκλος. Ο κύκλος Rankine είναι ο βασικός κύκλος των συμβατικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής και συνίσταται κατ' αρχήν από μια πηγή θερμότητας (λέβητας) που μετατρέπει το νερό σε ατμό υψηλής πίεσης. Ο ατμός ρέει μέσα από το στρόβιλο και παράγει μηχανική ισχύ, και μπορεί να είναι υγρός, ξηρός κορεσμένος ή υπέρθερμος. Όταν εξέρχεται από τον στρόβιλο συμπυκνώνεται και επιστέφει στο λέβητα για να επαναληφθεί η διαδικασία, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα.



Σχήμα 2.5 Τα στάδια ενός ολοκληρωμένου συστήματος ατμοστροβίλου

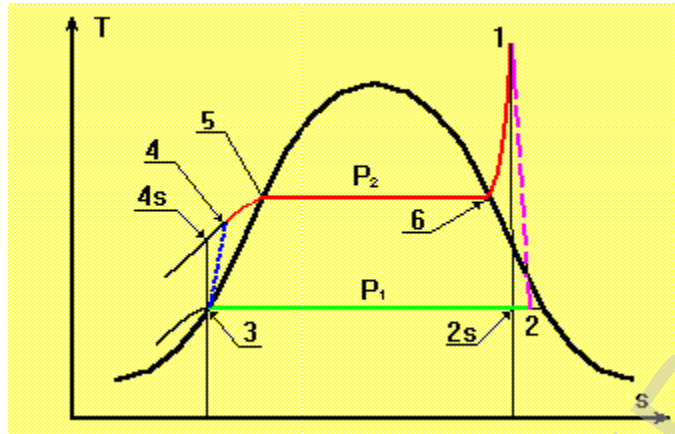
Σύμφωνα με το διάγραμμα του παραπάνω κύκλου, η ωφέλιμη ισχύς του στροβίλου σε κατάσταση σταθερής ροής είναι:

$$P = \dot{m}(h_1 - h_2)$$

όπου \dot{m} είναι η παροχή μάζας του ατμού μέσα από τον στρόβιλο, ενώ h_1 και h_2 είναι η ιδική ενθαλπία του ατμού στην είσοδο και την έξοδο του στροβίλου αντίστοιχα. Η αποδοτικότητα των ατμοστροβίλων συχνά περιγράφεται από τον ισεντροπικό βαθμό απόδοσης της διαδικασίας εκτόνωσης. Η παρουσία σταγονιδίων στον ατμό μειώνει την απόδοση του στροβίλου και προκαλεί τη φυσική διάβρωση των πτερυγίων. Για το λόγο αυτό, ο λόγος ξηρότητας του ατμού στην έξοδο του στροβίλου δεν πρέπει να είναι μικρότερος από 0,9.

Ο κύκλος Rankine αντιστοιχεί σε μια θερμική μηχανή με κύκλο ισχύος ατμού. Το πιο κοινό εργαζόμενο μέσο είναι το υ957 νερό. Ο κύκλος συνίσταται από τέσσερις διεργασίες :

- 1 έως 2: Ισεντροπική εκτόνωση (ατμοστρόβιλος).
- 2 έως 3: Αποβολή της θερμότητας υπό σταθερή πίεση (συμπυκνωτής).
- 3 έως 4: Ισεντροπική συμπίεση (αντλία).
- 4 έως 1: Θέρμανση υπό σταθερή πίεση (λέβητας).



Σχήμα 2.6 Διάγραμμα T-s του κύκλου Rankine

Το παραγόμενο έργο του κύκλου (ατμοστρόβιλος) \dot{W}_1 και το εισαγόμενο έργο στον κύκλο (αντλία) \dot{W}_2 είναι αντίστοιχα:

$$\dot{W}_1 = \dot{m}(h_1 - h_2) \text{ και } \dot{W}_2 = \dot{m}(h_4 - h_3)$$

με \dot{m} την παροχή μάζας του κύκλου. Η παρεχόμενη θερμότητα στον κύκλο (από το λέβητα) \dot{Q}_{in} και η απορριπτόμενη θερμότητα από τον κύκλο (στο συμπυκνωτή) \dot{Q}_{out} είναι αντίστοιχα:

$$\dot{Q}_{in} = \dot{m}(h_1 - h_4) \text{ και } \dot{Q}_{out} = \dot{m}(h_2 - h_3)$$

Το ωφέλιμο έργο του κύκλου είναι: $\dot{W}_{net} = \dot{W}_1 - \dot{W}_2$, και ο θερμοκός βαθμός απόδοσης ενός κύκλου Rankine ορίζεται τότε ως:

$$\eta = \frac{\dot{W}_{net}}{\dot{Q}_{in}} \quad (1.5)$$

Ο βαθμός απόδοσης του κύκλου Rankine δεν είναι τόσο υψηλός όπως αυτός του κύκλου Carnot, αλλά ο κύκλος αυτός παρουσιάζει λιγότερες πρακτικές δυσκολίες και είναι πιο οικονομικός.

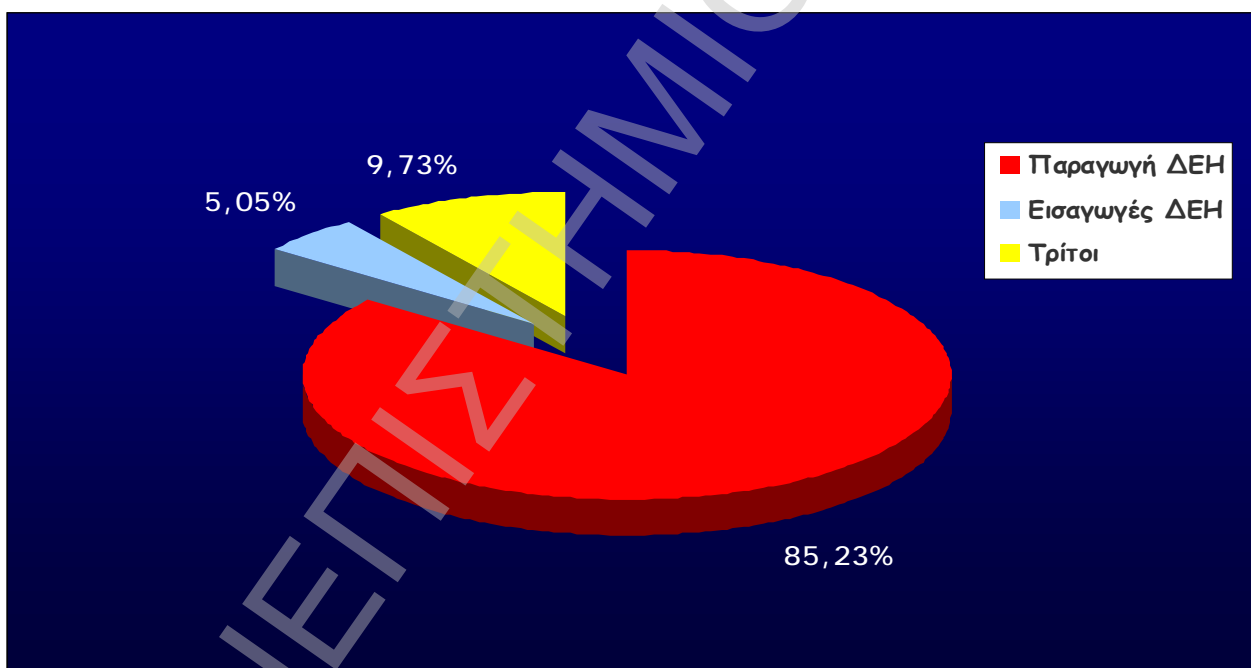
2.5 Παραγωγή και Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας για το έτος 2006 [2.1]

Η συνολική Καθαρή Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας για το 2006 ανήλθε στις 52,065 TWh. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2.3) παρουσιάζεται η κατανομή της παραγωγής τόσο στο διασυνδεδεμένο όσο και στο αυτόνομο σύστημα της χώρας:

Σύστημα	Καθαρή Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας (TWh)
Διασυνδεδεμένο	47,278
Αυτόνομο	4,787
Σύνολο	52,065

Πίνακας 2.3 Καθαρή Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας για το 2006

Η συνολική Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας για το 2006 ανήλθε στις 55,5 TWh. Η κάλυψη της ζήτησης αυτής κατανέμεται σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 2.7):

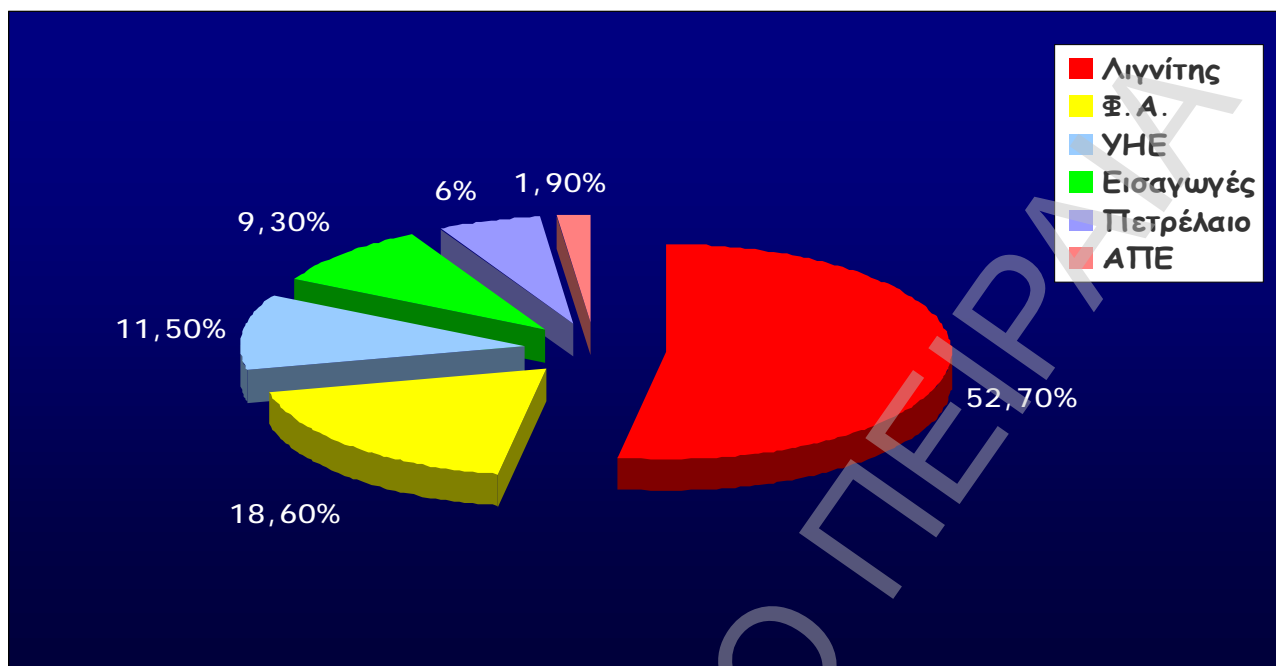


Σχήμα 2.7 Ποσοστιαία Κάλυψη της Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας για το 2006

Η χώρα μας κάνει εισαγωγές ρεύματος από γειτονικές χώρες (Βουλγαρία, Ρουμανία, Αλβανία, και Ιταλία) ενώ ως τρίτοι θεωρούνται οι αυτόνομοι παραγωγοί-ιδιώτες.

Για την κάλυψη της ζήτησης αυτής τα καύσιμα που χρησιμοποιήθηκαν για το έτος 2006 κατανέμονται σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 2.8):

ΚΑΥΣΙΜΑ



Σχήμα 2.8 Ποσοστό Συμμετοχής Καυσίμων για την Κάλυψη της Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας για το 2006

2.6 Βιβλιογραφία - αρθρογραφία

Τα στοιχεία που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 2 έχουν αντληθεί από τα παρακάτω άρθρα και βιβλία :

- 2.1 Μιζάν Αβραάμ, (2007) "**Ενέργεια-Επενδύσεις εκσυγχρονισμού και επέκτασης του παραγωγικού δυναμικού της Δ.Ε.Η. Α.Ε.**", Εκδήλωση ΕΒΕΑ-Εφημερίδας Απογευματινή.
- 2.2 Παπαδιάς Β.Κ, Βουρνάς Κ. (1991) "**Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας και Έλεγχος συχνότητας και τάσεως**". Εκδόσεις Συμμετρία.
- 2.3 ΒΦραγκόπουλος Χ., Καρυδογιάννης Η., Καραλής Γ, "**Συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού**", ΕΛΚΕΠΑ 1994.
- 2.4 Τριανταφύλλης Γιώργος, (2006), "**Η Ανάπτυξη του Ελληνικού Υδροδυναμικού και η Τεχνογνωσία της Δ.Ε.Η. Α.Ε.**", EnergyTec 2006-Μορφές και Διαχείριση Ενέργειας.
- 2.5 V.L. Streeter & E B Wyhe Mc Graw Hill 1975, '**Fluid Mechanics.s**'.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο :

ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση της **Data Envelopment Analysis-D.E.A. (Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων-Π.Α.Δ.)** που στηρίζεται στις εργασίες των Charnes, Cooper και Rhodes [3.1]. Με τη χρήση απλών παραδειγμάτων γίνεται προσπάθεια κατανόησης της λογικής της μεθόδου και παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματά της.

3.1 Εισαγωγή

Η κλασική προσέγγιση στην μελέτη της αποδοτικότητας συστημάτων στηρίζεται στην οικοδόμηση και χρήση θεωρητικών συναρτήσεων παραγωγής, η καταλληλότητα των οποίων ελέγχεται σε σύνολα πραγματικών δεδομένων. Ο Farrell [3.2] εισήγαγε μια εναλλακτική προσέγγιση σύμφωνα με την οποία η μέτρηση της συμπεριφοράς (αποδοτικότητας) ενός συστήματος μπορεί να γίνεται με εμπειρικά δεδομένα, χωρίς δηλαδή την εκ των προτέρων υιοθέτηση συγκεκριμένων συναρτήσεων παραγωγής. Μετά την πρωτοποριακή εργασία του Farrell, κρίσιμη καμπή στη βιβλιογραφία για τη συμπεριφορά συστημάτων από τη σκοπιά της επιχειρησιακής έρευνας, αποτέλεσε η εργασία των Charnes, Cooper και Rhodes [3.1], οι οποίοι εισήγαγαν μια νέα τεχνική αποτίμησης της αποδοτικότητας, τη **D.E.A.**

3.2 Ορισμός

Η **D.E.A.** είναι μια μέθοδος γραμμικού προγραμματισμού για την μέτρηση της σχετικής απόδοσης οργανωτικών μονάδων όπου η πολλαπλή παρουσία εισόδων και εξόδων καθιστά δύσκολες τις συγκρίσεις αυτών.

3.3 Αντικείμενα Ανάλυσης της Π.Α.Δ.

Τα αντικείμενα ανάλυσης της **D.E.A.**, δηλαδή οι μονάδες των οποίων η αποδοτικότητα εκτιμάται, αναφέρονται γενικά ως **Decision Making Units (DMU-Μονάδες Απόφασης)** και λαμβάνουν κάθε φορά συγκεκριμένη υπόσταση, ανάλογα με το πεδίο εφαρμογής. Θεωρούνται πάντως ως ομοειδείς μονάδες που λειτουργούν σε ένα κοινό πλαίσιο-σύστημα. Υπάρχουν έτσι ποικίλες εφαρμογές της D.E.A. για την εκτίμηση της αποδοτικότητας τραπεζικών καταστημάτων, νοσοκομείων, σχολικών μονάδων, πανεπιστημιακών τμημάτων, σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κ.λπ. Τελευταία, η έννοια του όρου «Μονάδα Απόφασης» έχει διευρυνθεί και έχει επεκταθεί σε προϊόντα, διαδικασίες, υπηρεσίες, εργαζόμενους, επιχειρηματικά σχέδια, χαρτοφυλάκια κ.λπ.

Σε κάθε περίπτωση, η D.E.A. θεωρεί τη Μονάδα Απόφασης ως μια παραγωγική μονάδα που καταναλώνει πόρους (εισροές) για να παράγει ένα σύνολο αποτελεσμάτων (εκροές). Οι εισροές και οι εκροές της Μονάδας Απόφασης μπορεί να είναι ποικιλόμορφες, περισσότερες της μίας και μετρήσιμες σε διαφορετικές μονάδες. Στα πλαίσια ενός συστήματος τέτοιων μονάδων, όλες οι Μονάδες Απόφασης θεωρούνται ότι καταναλώνουν τις ίδιες εισροές και παράγουν τις ίδιες εκροές (δηλαδή οι μονάδες είναι ομοειδείς), διαφέρουν μόνο τα επίπεδα των τιμών των εισροών και εκροών τους.

3.4 Μοντέλο CCR της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων

Το σύννηθες μέτρο απόδοσης,

$$\text{Απόδοση} = \frac{\text{Έξοδος}}{\text{Είσοδος}}$$

είναι ανεπαρκές εξαιτίας της παρουσίας πολλαπλών εισόδων και εξόδων που σχετίζονται με διαφορετικές πηγές, δραστηριότητες και περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Ένα σύννηθες μέτρο σχετικής απόδοσης είναι :

$$\text{Απόδοση} = \frac{\text{Σταθμισμένο Άθροισμα Εξόδων}}{\text{Σταθμισμένο Άθροισμα Εισόδων}}$$

όπου ως σταθμισμένο άθροισμα ορίζεται το άθροισμα των γινομένων των συντελεστών βαρύτητας των εισόδων/εξόδων επί τις αντίστοιχες ποσότητες αυτών. Το άθροισμα των βαρών όλων των κριτηρίων των εισόδων/εξόδων πρέπει να είναι ίσο με την μονάδα.

Αυτό το μέτρο σχετικής απόδοσης απαιτεί τον ορισμό συντελεστών βαρύτητας γεγονός που μειώνει την αξιοπιστία του.

Οι **Charnes, Cooper και Rhodes** αναγνώρισαν τη δυσκολία στην αναζήτηση ενός κοινού συνόλου βαρών για τον ορισμό της σχετικής απόδοσης και πρότειναν έναν διαφορετικό τρόπο επίλυσης του προβλήματος (**Μοντέλο CCR**).

Έθεσαν ως στόχο την **μεγιστοποίηση της απόδοσης (h_0) της παραγωγικής μονάδας j_0** (τυχαία μονάδα) υπό την προϋπόθεση ότι οι υπόλοιπες μονάδες θα έχουν απόδοση μικρότερη ή ίση της μονάδας.

Το αλγεβρικό μοντέλο έχει ως εξής :

$$\begin{aligned} \text{Max } h_0 &= \frac{\sum_r u_r y_{rj_0}}{\sum_i v_i x_{ij_0}} \\ \text{subject to} & \frac{\sum_r u_r y_{rj}}{\sum_i v_i x_{ij}} \leq 1 \quad \text{for each unit } j. \\ & u_r, v_i \geq \varepsilon \end{aligned}$$

Μοντέλο (3.1)

όπου u_r οι συντελεστές βαρύτητας των εξόδων,

v_i οι συντελεστές βαρύτητας των εισόδων,

y_{rj} οι ποσότητες των εξόδων,

x_{ij} οι ποσότητες των εισόδων και

ε σταθερά που εξασφαλίζει τον μη μηδενισμό των συντελεστών βαρύτητας.

Το μοντέλο (3.1) είναι ένα κλασματικό γραμμικό μοντέλο. Απαιτείται η μετατροπή του σε γραμμική μορφή-μοντέλο (3.2).

$$\text{Max } h_0 = \sum_r u_r y_{rj_0}$$

subject to

$$\sum_i v_i x_{ij_0} = 100 \text{ (say)}$$

$$\sum_r u_r y_{rj} - \sum_i v_i x_{ij} \leq 0 \quad j=1,2,\dots,n.$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon$$

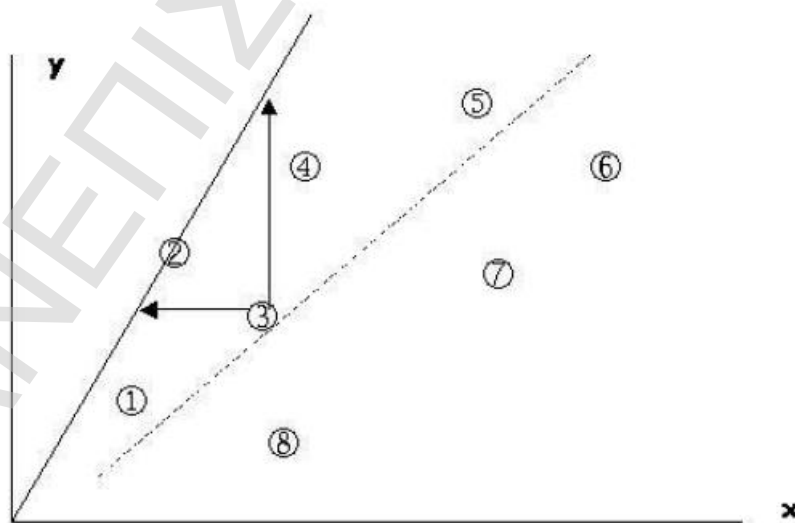
Μοντέλο (3.2)

Η διαδικασία επίλυσης του μοντέλου τερματίζεται όταν είτε η απόδοση της μονάδας-στόχου (μονάδα j) είτε η απόδοση μιας ή περισσότερων άλλων μονάδων "φτάσουν" το άνω όριο του 1.

3.5 Σύνολο παραγωγικών δυνατοτήτων, κλίμακες αποδόσεων και σύνορο αποδοτικότητας

Για την κατανόηση των βασικών εννοιών της **Data Envelopment Analysis** παραθέτουμε το ακόλουθο παράδειγμα οκτώ μονάδων που απαιτούν μια εισροή x για να παράξουν μια εκροή y . Οι μονάδες απεικονίζονται ως σημεία στο σχήμα που ακολουθεί (Σχήμα 3.1) :

Παράδειγμα 1^ο



Σχήμα 3.1 Παράδειγμα 8 Μονάδων

Η κλίση της ευθείας που συνδέει την αρχή των αξόνων με το κάθε σημείο παριστά τον λόγο y/x (εκροή ανά μονάδα εισροής) δηλαδή την αποδοτικότητα της μονάδας. Όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση αυτή τόσο μεγαλύτερη είναι η αποδοτικότητα της μονάδας. Όπως φαίνεται στο σχήμα, την μεγαλύτερη κλίση στην ευθεία αυτή έχει η μονάδα 2. Η μονάδα 2 δηλαδή είναι αυτή που παρουσιάζει την μεγαλύτερη σχετική αποδοτικότητα. Η ευθεία που διέρχεται από την αρχή των αξόνων και από τα σημεία με την μεγαλύτερη σχετική αποδοτικότητα χαρακτηρίζονται ως αποδοτικά (μονάδα 2 στο παράδειγμα), ονομάζεται **σύνορο αποδοτικότητας (efficient frontier)** και περιβάλλει (envelops) τις υπόλοιπες μονάδες με την έννοια ότι αυτές βρίσκονται δεξιά και κάτω από το σύνορο αποδοτικότητας. Ο χώρος των σημείων που περιβάλλεται από το σύνορο αποδοτικότητας ονομάζεται **σύνολο παραγωγικών δυνατοτήτων (production possibility set)**. Η ιδιότητα αυτή του ορίου αποδοτικότητας να περιβάλλει το σύνολο των μονάδων, έχει δώσει το όνομα της στην μέθοδο (D.E.A.).

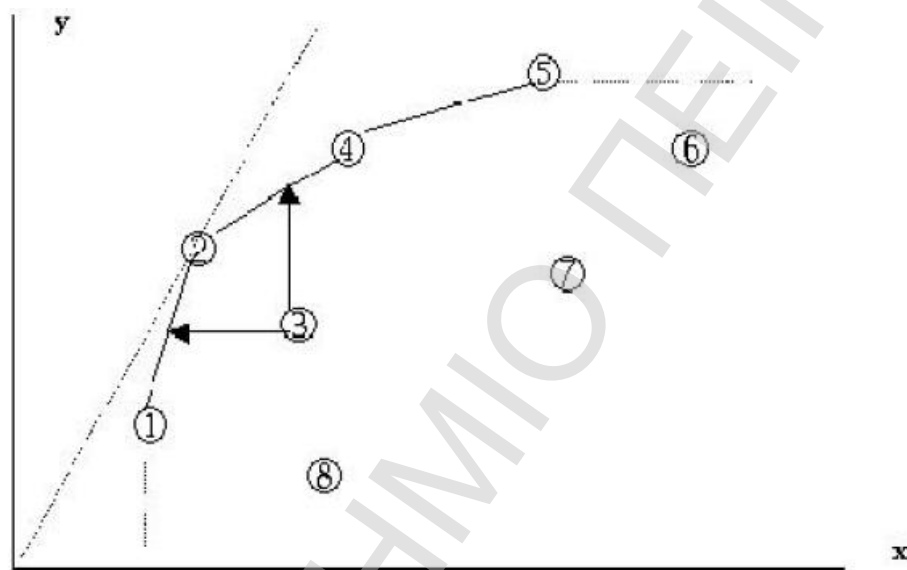
Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται και η διαφορά προσέγγισης μεταξύ περιβάλλουσας ανάλυσης δεδομένων και **παλινδρόμησης** (η ευθεία παλινδρόμησης εμφανίζεται με διακεκομμένη γραμμή). Με την παλινδρόμηση η εκτίμηση της συνάρτησης παραγωγής γίνεται με βάση τη μέση, κεντρική τάση των παρατηρήσεων (μονάδων). Η δε περιβάλλουσα ανάλυση προσεγγίζει τη συνάρτηση παραγωγής με βάση τις μονάδες που παρουσιάζουν την καλύτερη πρακτική (best practice units).

Το σύνορο αποδοτικότητας εξυπηρετεί την οριοθέτηση στόχων και αποτελεί σημείο αναφοράς μέτρησης (benchmark) για τις μη αποδοτικές μονάδες. Η απόσταση μιας μη αποδοτικής μονάδας από το όριο αποδοτικότητας εκφράζει σε ποιο βαθμό αυτή μπορεί να βελτιωθεί προκειμένου να καταστεί αποδοτική. Τα σημεία προβολής των μη αποδοτικών μονάδων επί του ορίου αποδοτικότητας αποτελούν στόχους για την επίτευξη της αποδοτικότητας. Στο χώρο των δύο διαστάσεων όπως αυτό του παραδείγματος, κάθε μη αποδοτική μονάδα μπορεί να γίνει αποδοτική είτε μειώνοντας τις εισροές της (input oriented) είτε αυξάνοντας τις εκροές της (output oriented) (βλ. μονάδα 3 στο παραπάνω σχήμα). Στις περιπτώσεις που μια μονάδα βελτιώνει τις επιδόσεις της και γίνεται αποδοτική, η σχετική αποδοτικότητα των υπολοίπων δεν μεταβάλλεται.

Η απεικόνιση του συνόρου αποδοτικότητας στο παραπάνω σχήμα στηρίζεται στην υπόθεση περί κλίμακας σταθερών αποδόσεων (constant returns to scale-CRS). Σύμφωνα με την υπόθεση αυτή, μεταβάλλοντας (αυξάνοντας ή μειώνοντας) την εισροή x κατά ένα σταθερό παράγοντα λ (δηλαδή από x σε λx), η εκροή μεταβάλλεται κατά τον ίδιο παράγοντα (από y σε

λυ). Έτσι το σύνορο αποδοτικότητας διέρχεται από την αρχή των αξόνων και ορίζεται από τη (τις) μονάδα (μονάδες) μεγίστης αποδοτικότητας.

Υπό την υπόθεση κλίμακας μεταβλητών αποδόσεων (variable returns to scale-VRS), το σύνορο αποδοτικότητας (Σχήμα 3.2) είναι πλέον η κυρτή τεθλασμένη γραμμή που ορίζεται από τις μονάδες 1,2,4 και 5. Τέσσερις μονάδες πλέον (μονάδες 1,2,4 και 5) εμφανίζονται ως αποδοτικές.



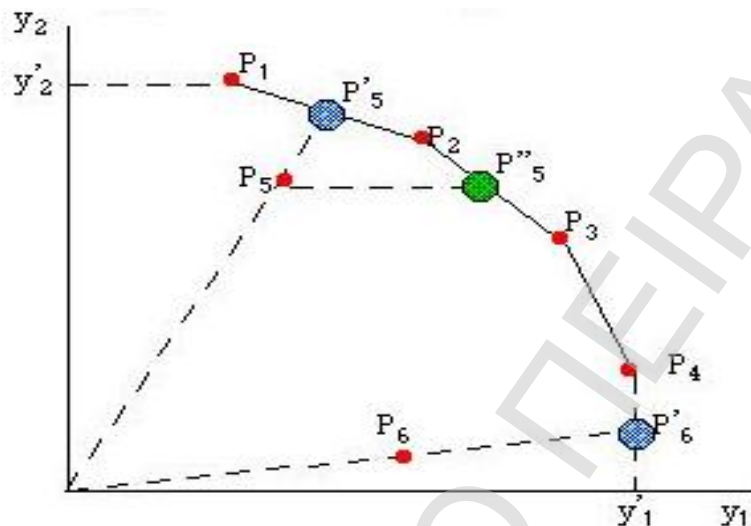
Σχήμα 3.2 Σύνορο Αποδοτικότητας των 8 Μονάδων

Είναι πλέον φανερό ότι η αποδοτικότητα κάθε μη αποδοτικής μονάδας είναι διαφορετική αν υπολογίζεται με προσανατολισμό την μείωση της εισροής και διαφορετική αν υπολογίζεται με προσανατολισμό την αύξηση της εκροής. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι κάθε μη αποδοτική μονάδα προβάλλεται, ανάλογα με τον προσανατολισμό, σε τμήμα του συνόρου αποδοτικότητας με διαφορετική εν γένει κλίση.

Παράδειγμα 2^ο

Το Σχήμα 3.3 δείχνει ότι μια ομάδα μονάδων P_1, P_2, \dots, P_6 καταναλώνοντας την ίδια ποσότητα πρώτης ύλης παράγουν διαφορετικές ποσότητες εξόδων (y_1 και y_2). Για μια δοσμένη

ποσότητα πρώτης ύλης ως εισόδου οι μονάδες που παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες εξόδων θεωρούνται οι αποδοτικές.



Σχήμα 3.3 Η Περιβάλλουσα

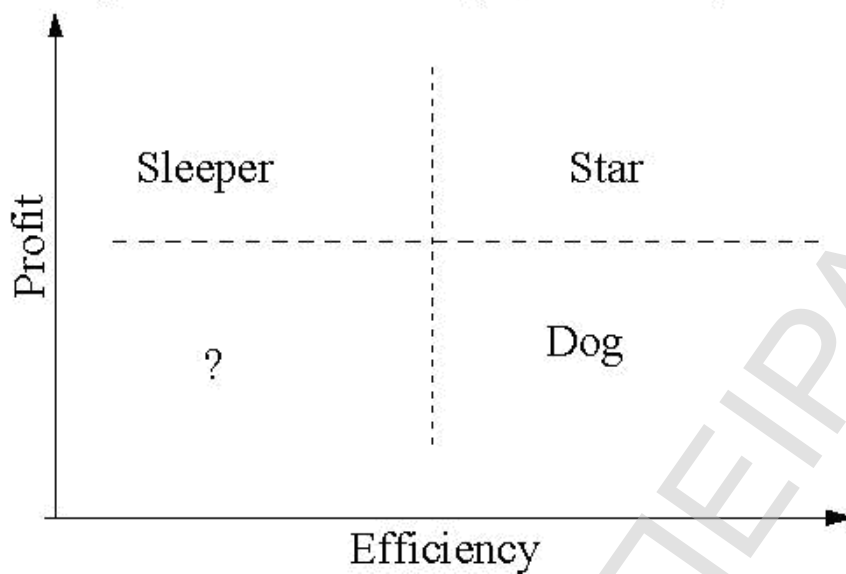
Εφαρμόζοντας την προσέγγιση του μοντέλου DEA οι μονάδες P1,P2,P3 και P4 θεωρούνται αποδοτικές και βρίσκονται πάνω στην περιβάλλουσα ενώ οι μονάδες P5 και P6 βρίσκονται εντός της περιβάλλουσας και θεωρούνται μη αποδοτικές.

Στόχος της P5 είναι να φτάσει στο σημείο P5' αν μπορεί να αυξηθεί η παραγόμενη ποσότητα y_2 , αν όχι τότε στόχος είναι το P5''.

Στόχος της P6 είναι να φτάσει στο σημείο P6' αλλά θεωρείται απαραίτητη η αύξηση της παραγόμενης ποσότητας y_2 .

Γενικά

Για την λήψη απόφασης σε μονάδες, η **αποδοτικότητα** και το **κέρδος** σχετίζονται. Μια προσέγγιση είναι να χρησιμοποιήσουμε το μοντέλο D.E.A. για τον ορισμό της απόδοσης και ξεχωριστά να χρησιμοποιήσουμε το μοντέλο για τον ορισμό του κέρδους. Οι μονάδες τότε μπορούν να αξιολογηθούν σε ένα διάγραμμα απόδοσης/κέρδους όπως αυτό του **Σχήματος 3.4.**



Σχήματος 3.4 Διάγραμμα Απόδοσης/Κέρδους

Οι μονάδες των οποίων το κέρδος και η αποδοτικότητα βρίσκονται στην κατηγορία **STAR** είναι οι πρωτοπόρες μονάδες και αποτελούν πρότυπα καλής λειτουργίας σε ένα πιθανώς ευνοϊκό περιβάλλον.

Οι μονάδες που βρίσκονται στην κατηγορία **SLEEPER** είναι κερδοφόρες αλλά αυτό έχει περισσότερο να κάνει με ένα ευνοϊκό περιβάλλον παρά με μια καλή διαχείριση.

Οι μονάδες που βρίσκονται στην κατηγορία **?** έχουν τη δυνατότητα για μια μεγαλύτερη απόδοση και πιθανώς για μεγαλύτερα κέρδη. Πρέπει να γίνουν προσπάθειες αύξησης της αποδοτικότητάς τους που ενδεχομένως θα οδηγήσει σε μεγαλύτερη κερδοφορία.

Οι μονάδες που βρίσκονται στην κατηγορία **DOG** είναι λειτουργικά αποδοτικές αλλά εμφανίζουν χαμηλή κερδοφορία εξαιτίας του μη ευνοϊκού περιβάλλοντος.

Αυτή η προσέγγιση "βλέπει" την αποδοτικότητα και το κέρδος ως δύο παραμέτρους κλειδιά καθεμία από τις οποίες μπορεί να βοηθήσει στη διαχείριση του συνολικού συστήματος των μονάδων.

3.6 Παρατηρήσεις

Η **Data Envelopment Analysis** χωρίζει κατ'αρχήν τις Μονάδες Απόφασης σε δύο κατηγορίες : τις αποδοτικές και τις μη αποδοτικές. Για τον διαχωρισμό αυτό μπορούμε να κάνουμε τις ακόλουθες παρατηρήσεις :

1. Ο χαρακτηρισμός μιας μονάδας ως μη αποδοτικής είναι αδιαμφισβήτητος, αφού ο δείκτης αποδοτικότητας υπολογίζεται υπό τους ευνοικότερους όρους για την μονάδα που αποτιμάται. Για τον ίδιο ακριβώς λόγο όμως, ο χαρακτηρισμός των αποδοτικών μονάδων είναι αμφισβητήσιμος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχει πάντα μια διαφορετική «οπτική γωνία» να δει κανείς τον τρόπο με τον οποίο σταθμίζονται οι εισροές και οι εκροές (διαφορετικά βάρη), υπό την οποία μια αποδοτική μονάδα (κατά την έννοια της **Data Envelopment Analysis**) φαίνεται μη αποδοτική.

2. Η διαχωριστική ικανότητα της **Data Envelopment Analysis** (η δυνατότητα της να διακρίνει τις πραγματικά αποδοτικές μονάδες) περιορίζεται όταν ο αριθμός των μονάδων είναι μικρός σχετικά με τον αριθμό των εισροών και εκροών. Αυτό είναι ένα πρόβλημα που πηγάζει από τους βαθμούς ελευθερίας στις γραμμικές σχέσεις και έχει ως αποτέλεσμα ένα μεγάλο ποσοστό των μονάδων απόφασης να αποτιμώνται ως αποδοτικές. Ένας πρακτικός κανόνας για τη σχέση που πρέπει να συνδέει τον αριθμό των μονάδων, των εισροών και των εκροών ώστε να διασφαλίζεται σε καλά επίπεδα η διαχωριστική ικανότητα της **Data Envelopment Analysis** είναι:

$$n \geq \max \{m*s, 3(m+s)\} \quad (\text{Σχέση 3.1})$$

όπου n : ο αριθμός των μονάδων,

m : ο αριθμός των εισροών,

και s : ο αριθμός των εκροών.

3.7 Πλεονεκτήματα της Data Envelopment Analysis

Ο προσανατολισμός της περιβάλλουσας ανάλυσης δεδομένων στον καθορισμό ενός ορίου καλύτερης πρακτικής και στην αριστοποίηση των DMU, ανοίγει νέους δρόμους στην οργάνωση και ανάλυση δεδομένων. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι υπολογισμοί με την D.E.A.:

1. Επικεντρώνουν σε μεμονωμένες παρατηρήσεις και όχι στους μέσους όρους του πληθυσμού.
2. Παράγουν μια απλή αθροιστική μέτρηση για κάθε DMU χρησιμοποιώντας τα inputs (ανεξάρτητες μεταβλητές), για την παραγωγή επιθυμητών outputs (εξαρτημένες μεταβλητές),
3. Μπορούν να χρησιμοποιήσουν ταυτόχρονα πολλαπλές εισροές και πολλαπλές εκροές, οι οποίες είναι δυνατόν να εκφράζονται με διαφορετικές μονάδες μέτρησης,
4. Μπορεί να εξομαλύνουν εξωγενείς μεταβλητές,
5. Μπορούν να ενσωματώσουν "πλασματικές" (dummy) μεταβλητές,
6. Είναι ανεξάρτητοι τιμών και δεν χρειάζεται ο εκ των προτέρων καθορισμός ή γνώση των συντελεστών βαρύτητας για τις εισροές και τις εκροές .
7. Δεν θέτουν περιορισμό για τον τύπο της συνάρτησης που σχετίζεται με τα δεδομένα.
8. Μπορεί να "δεχθεί" την προσωπική κρίση όποτε αυτό είναι επιθυμητό,
9. Παράγουν συγκεκριμένες εκτιμήσεις για τις απαιτούμενες αλλαγές στις εισροές και/ή στις εκροές για την προβολή των DMU που βρίσκονται κάτω από το όριο αποδοτικότητας ή πάνω σε αυτό.
10. Είναι αριστοποιημένοι κατά Pareto.
11. Επικεντρώνουν στα προκύπτοντα "αρίστων" πρακτικά όρια και όχι στις τάσεις των βασικών ιδιοτήτων των ορίων.
12. Ικανοποιούν αυστηρά κριτήρια ισότητας στη σχετική αξιολόγηση κάθε DMU.

Η προσέγγιση με την D.E.A. παρέχει ένα αναλυτικό εργαλείο για τον καθορισμό της αποτελεσματικής και μη, απόδοσης (ιδιαίτερα όταν εμπλέκονται πολλαπλές μετρήσεις απόδοσης και εξωγενείς μεταβλητές) ,σαν σημείο αναφοράς για την εξαγωγή θεωριών για την καλύτερη συμπεριφορά.

3.8 Βιβλιογραφία – Αρθρογραφία

Τα στοιχεία που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 3 έχουν αντληθεί από τα παρακάτω άρθρα και ιστοσελίδες :

- 3.1 Farrell M.J. (1957), **"The measurement of productive efficiency"**, J.R. Statis. Soc. Series A 120, 253-281.
- 3.2 Cooper W.W., Seiford L.M. and Tone K. (1999), **"Data Envelopment Analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver software"**, Kluwer, New York.
- 3.3 Banker R.D., Charnes A. and Cooper W.W. (1984), **"Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis"**, Management Science, Volume 30, Pages 1078-1092.
- 3.4 Charnes A., Cooper W.W. and Rhodes E. (1978), **"Measuring the efficiency of Decision Making Units"**, European Journal of Operational Research, Volume 2, Pages 429-444.
- 3.5 Ιστοσελίδα : **<http://www.deazone.com/index.htm>**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο :
ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΩΝ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ D.E.A.

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια ανασκόπηση των εργασιών που χρησιμοποιούν D.E.A. για να αξιολογήσουν τα ενεργειακά συστήματα και τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε άλλες χώρες. Η ανασκόπηση αυτή γίνεται προκειμένου να προσδιοριστούν οι εισροές και εκροές που θα ληφθούν υπόψη στην παρούσα διπλωματική εργασία αλλά και να γίνουν οι απαραίτητες συγκρίσεις με τα αποτελέσματα άλλων ερευνητών.

4.1 Εφαρμογή στην Τουρκία

4.1.1. Ανάλυση αποδοτικότητας των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Τουρκίας χρησιμοποιώντας τη D.E.A. [4.1]

Η μελέτη αυτή περιλαμβάνει μια εκτίμηση της αποδοτικότητας **65 θερμικών και ανανεώσιμων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας** - που ανήκουν στο δημόσιο και ιδιωτικό τομέα - στην Τουρκία βασισμένη σε πραγματικά δεδομένα.

Οι **θερμικοί** σταθμοί παραγωγής κατηγοριοποιούνται σε σταθμούς λιγνιτικούς, φυσικού αερίου και πετρελαιοκούς ανάλογα με το είδος του καυσίμου που χρησιμοποιούν ενώ οι **ανανεώσιμοι** σταθμοί διακρίνονται σε υδροηλεκτρικούς, αιολικούς, ηλιακούς, βιομάζας και γεωθερμικούς.

Χρησιμοποιούνται δύο μοντέλα της **Data Envelopment Analysis (D.E.A.)** για την αξιολόγηση των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το **πρώτο μοντέλο** εστιάζει στην ετήσια απόδοση λειτουργίας (annual operation performance) ενώ το **δεύτερο μοντέλο** εστιάζει στην μακροπρόθεσμη αποδοτικότητα της επένδυσης (long-term investment performance efficiency).

Περιγραφή των Μοντέλων

1. Μοντέλο Αξιολόγησης της Απόδοσης Λειτουργίας των Σταθμών Παραγωγής

Σε αυτό το μοντέλο έχουν αναπτυχθεί δύο υπομοντέλα : ένα για τους **θερμικούς σταθμούς** παραγωγής και ένα για τους **ανανεώσιμους**.

- Το μοντέλο για τους **θερμικούς σταθμούς παραγωγής** αποτελείται από **6 παραμέτρους**. Οι 3 πρώτες παράμετροι σχετίζονται με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα αποδεκτό κόστος ενώ οι 3 επόμενες παράμετροι σχετίζονται με τις επιπτώσεις της παραγωγής σε τοπικό και διεθνές επίπεδο.

Οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται είναι :

1. **Κόστος Καυσίμου(\$)**, είναι το συνολικό ετήσιο κόστος του εισαγόμενου καυσίμου στο σταθμό. Επιλέγεται ως **είσοδος**.
2. **Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας(kWh)**, είναι η συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κάθε σταθμού. Επιλέγεται ως **είσοδος**.
3. **Διαθεσιμότητα(%)**, είναι το ετήσιο ποσοστό χρόνου που ο σταθμός πραγματικά παράγει ενέργεια. Επιλέγεται ως **έξοδος**.
4. **Θερμική Απόδοση (%)**, είναι η μέση ετήσια απόδοση που σχετίζεται με την ποσότητα της προσδιδόμενης θερμότητας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια.
5. **Περιβαλλοντικό Κόστος(\$ per ton)** , αναφέρεται στις ετήσιες εκπομπές SO₂ και NO_x του κάθε σταθμού.
6. **Εκπομπές CO₂ (tones per year)**, επιλέγονται αφού οι εκπομπές του έχουν σοβαρές επιπτώσεις τόσο στο περιβάλλον όσο και στην ανθρώπινη υγεία.

• Το μοντέλο που έχει αναπτυχθεί για την απόδοση λειτουργίας των ανανεώσιμων σταθμών έχει **μια μεταβλητή εισόδου-το λειτουργικό κόστος** (που περιλαμβάνει το κόστος συντήρησης και λειτουργίας) και **δύο μεταβλητές εξόδου-την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και τη διαθεσιμότητα**.

2. Μοντέλο Μακροπρόθεσμης Αξιολόγησης της Αποδοτικότητας της Επένδυσης.

Σε αυτό το μοντέλο, που έχει αναπτυχθεί για την μακροπρόθεσμη αξιολόγηση της αποδοτικότητας της επένδυσης κάθε σταθμού, χρησιμοποιούνται **4 παράμετροι**.

Οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται είναι:

- 1. Κόστος Επένδυσης**, είναι το συνολικό ποσό επένδυσης για την κατασκευή κάθε σταθμού από τη φάση σχεδίασης του έως και την έναρξη λειτουργίας του. Επιλέγεται ως **είσοδος**.
- 2. Χρόνος Κατασκευής**, είναι ο χρόνος από την έναρξη κατασκευής μέχρι και την έναρξη λειτουργίας κάθε σταθμού. Επιλέγεται ως **είσοδος**.
- 3. Παραγωγή Ισχύος (MW)**, είναι μια σημαντική σχεδιαστική παράμετρος που αντανακλά τη δυνατή ποσότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη μονάδα του χρόνου. Επιλέγεται ως **έξοδος**.
- 4. Διαθεσιμότητα (%)**, είναι η μέση περίοδος διαθεσιμότητας κάθε σταθμού για 8 χρόνια (επιλέγεται η περίοδος των 8 ετών αφού τα δεδομένα είναι περιορισμένα). Επιλέγεται ως **έξοδος**.

Συμπεράσματα

Ενδιαφέροντα συμπεράσματα που εξήχθησαν από αυτή την μελέτη συνοψίζονται παρακάτω:

- Όσον αφορά τους ανανεώσιμους σταθμούς παραγωγής (εκτός των πολύ μικρών εγκαταστάσεων) η κλίμακα αποδοτικότητας "δείχνει" μια εκθετικά μειούμενη τάση σε σχέση με το μέγεθος του σταθμού (εγκατεστημένη ισχύς και/η παραγόμενη ενέργεια).
- Όσον αφορά τους θερμικούς σταθμούς παραγωγής οι περιβαλλοντικές επιδόσεις "δείχνουν" μια ισχυρά εκθετικά μειούμενη τάση σε σχέση με το μέγεθος του σταθμού (παραγόμενη ενέργεια).

- Όσον αφορά τους θερμικούς σταθμούς παραγωγής οι περιβαλλοντικές επιδόσεις “δείχνουν” μια γραμμικά αυξητική τάση σε σχέση με το ποσοστό διαθεσιμότητας.
- Όσον αφορά τους θερμικούς σταθμούς παραγωγής οι περιβαλλοντικές επιδόσεις “δείχνουν” μια εκθετικά μειωμένη τάση σε σχέση με το χρόνο κατασκευής του σταθμού.
- Χωρίς να μειώθουν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των θερμικών σταθμών παραγωγής δεν είναι δυνατόν να επιτευχθούν υψηλότερες αποδοτικότητες αυτών.
- Όσον αφορά την αποδοτικότητα της επένδυσης των θερμικών σταθμών παραγωγής, οι ιδιωτικοί εμφανίζουν υψηλότερη αποδοτικότητα από τους αντίστοιχους που ανήκουν στο δημόσιο τομέα. Αυτό δεν αποτελεί έκπληξη μιας και οι δημόσιοι σταθμοί έχουν υψηλότερα κόστη επένδυσης, μεγαλύτερους χρόνους κατασκευής και χαμηλότερα ποσοστά διαθεσιμότητας.
- Ένας από τους σημαντικούς παράγοντες της χαμηλής αποδοτικότητας της επένδυσης των δημόσιων θερμικών σταθμών είναι η πολύ χαμηλή αποδοτικότητα των αντίστοιχων λιγνιτικών.
- Οι σταθμοί φυσικού αερίου έχουν υψηλότερη αποδοτικότητα της επένδυσης από τους λιγνιτικούς.
- Οι δημόσιοι σταθμοί φυσικού αερίου έχουν ελαφρώς υψηλότερη αποδοτικότητα της επένδυσης από τους αντίστοιχους ιδιωτικούς.
- Η λειτουργική απόδοση των δημόσιων θερμικών σταθμών είναι σημαντικά χαμηλότερη από τους αντίστοιχους ιδιωτικούς.
- Η λειτουργική απόδοση των λιγνιτικών και πετρελαικών σταθμών είναι χαμηλότερη από αυτή των σταθμών φυσικού αερίου.
- Η λειτουργική απόδοση των δημόσιων σταθμών φυσικού αερίου είναι ελαφρώς χαμηλότερη από αυτή των ιδιωτικών.
- Η χαμηλότερη λειτουργική απόδοση των δημόσιων σταθμών είναι αποτέλεσμα της υψηλού ποσοστού συμμετοχής των λιγνιτικών και πετρελαικών σταθμών.
- Οι αιολικοί σταθμοί παραγωγής εμφανίζουν την υψηλότερη λειτουργική απόδοση και την υψηλότερη αποδοτικότητα της επένδυσης σε σχέση με όλους τους υπόλοιπους σταθμούς, που είναι μια ισχυρή ένδειξη των ισχυρών μελλοντικών δυνατοτήτων στον τομέα της παραγωγής ενέργειας.

4.2 Εφαρμογή στην Ινδία

4.2.1 Εκτίμηση των βασικών ορίων των εκπομπών άνθρακα στο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ινδία χρησιμοποιώντας τη D.E.A.[4.2]

Σε αυτή τη μελέτη γίνεται προσπάθεια εκτίμησης των μελλοντικών εκπομπών άνθρακα στο **Ινδικό σύστημα** παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για το χρονικό διάστημα από το **1999-2000** μέχρι και το **2011-2012**. Η μελέτη αναφέρεται σε **70 υπάρχοντες θερμικούς σταθμούς** που χρησιμοποιούν το **λιγνίτη** ως καύσιμη ύλη.

Τα σενάρια που αναπτύσσονται είναι βασισμένα σε υποθέσεις σχετικά με την κατανάλωση λιγνίτη στους θερμικούς σταθμούς και με την αβεβαιότητα που χαρακτηρίζει την οικονομική και τεχνολογική προσέγγιση των νέων σχεδίων.

Υπάρχουν τρεις αντικειμενικοί στόχοι στην εργασία αυτή. Ο πρώτος είναι να προσδιοριστούν οι πιο αποδοτικές πρακτικές για τη χρήση ενέργειας και την κατανάλωση ισχύος στην Ινδία. Ο δεύτερος είναι να αναπτυχθούν σενάρια για τη μείωση των εκπομπών άνθρακα και ο τρίτος είναι, βασιζόμενοι στα βασικά όρια των εκπομπών άνθρακα, να βελτιωθεί η απόδοση των σταθμών παραγωγής.

Τα δεδομένα κάθε σταθμού που χρησιμοποιήθηκαν για αυτή τη μελέτη είναι τα ακόλουθα:

- 1. Το έτος έναρξης λειτουργίας του,**
- 2. Το είδος της τεχνολογίας που χρησιμοποιεί,**
- 3. Η καύσιμη ύλη,**
- 4. Η εγκατεστημένη ισχύς,**
- 5. Ο συντελεστής φορτίου,**
- 6. Η θερμογόνο δύναμη του καυσίμου,**
- 7. Οι συντελεστές εκπομπής** ώστε να μετατραπούν σε εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Συμπεράσματα

Τα ευρήματα της παραπάνω ανάλυσης έδειξαν ότι αν και όταν τεθεί ως στόχος η επίτευξη της αποδοτικότητας του πρότυπου σταθμού παραγωγής, για την εξοικονόμηση ενέργειας στο Ινδικό σύστημα, το αποτέλεσμα είναι μεγαλύτερες εκπομπές στις Βόρειες και Νότιες περιοχές, αντίθετα στις Δυτικές και Ανατολικές η μείωση εκπομπών είναι υψηλότερη όταν οι στόχοι έχουν τεθεί βάση της απόδοσης κάθε σταθμού.

Οι βαθμοί αποδοτικότητας από την ανάλυση αποδοτικότητας των θερμικών σταθμών παρέχουν ρεαλιστικούς στόχους για κάθε έναν από αυτούς μιας και είναι βασισμένοι στη συμπεριφορά των στοιχείων που χρησιμοποιούνται ως είσοδοι όλων των υπάρχοντων θερμικών σταθμών με παρόμοια χαρακτηριστικά.

Ενώ για μερικούς σταθμούς υπάρχει η δυνατότητα βελτίωσης των πρακτικών ενεργειακής απόδοσης για να επιτύχουν την απόδοση του πρότυπου σταθμού, για άλλους οι στόχοι αυτοί ίσως είναι υπερβολικά αισιόδοξοι. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα για να επιτευχθούν οι μέγιστες δυνατές μειώσεις εκπομπών χωρίς να εμποδίσουμε τη συνήθη παραγωγή βραχυπρόθεσμα, είναι απαραίτητο να διακρίνουμε τις δυνατότητες βελτίωσης της αποδοτικότητας μεταξύ διαφορετικών σταθμών παραγωγής και να θέσουμε ειδικούς στόχους για κάθε σταθμό όπου αυτό είναι εφικτό ώστε ως ανταμοιβή να έχουμε την αύξηση της αποδοτικότητας τους.

4.3 Εφαρμογή στην Κολομβία

4.3.1 Αποδοτικότητα του συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κολομβία: Τα αποτελέσματα της ανασυγκρότησης του 1994.[4.3]

Σε αυτό το άρθρο γίνεται ανάλυση της εξέλιξης του συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας της **Κολομβίας** πριν και μετά την ανασυγκρότηση του 1994 που εισήγαγε δραστηριότητες στην αγορά ενέργειας για **12 εταιρείες διανομής από το 1985 μέχρι το 2001**. Η αποδοτικότητα εκτιμάται με tests των Wilcoxon Rank Sum και Pearson πάνω στις έννοιες του αριθμητικού μέσου και του μέσου όρου ενώ η τεχνική απόδοση υπολογίζεται κάνοντας χρήση της **Data Envelopment Analysis (D.E.A.)**.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν γι' αυτήν τη μελέτη λήφθηκαν από τις 12 μεγαλύτερες εταιρείες διανομής ηλεκτρικής ενέργειας που καλύπτουν τις 20 μεγαλύτερες πόλεις που ανήκουν στο λεγόμενο Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα. Το Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα είναι το αποτέλεσμα της ενοποίησης 5 συστημάτων και αγορών που ήταν διαιρεμένα πριν το 1994. Περιλαμβάνει την περιοχή των Άνδεων και τις ακτές του Ατλαντικού-τις βόρειες επαρχίες της χώρας.

Για την **εκτίμηση της αποδοτικότητας** για κάθε εταιρεία διανομής συλλέχθηκαν πληροφορίες σχετικά με:

1. τον αριθμό των χρηστών ανά κατηγορία (οικιακοί, βιομηχανικοί και εμπορικοί),
2. τον αριθμό των εργαζομένων,
3. τις απώλειες του συστήματος διανομής,
4. τις πωλήσεις,
5. την εμπορική ζήτηση και τέλος
6. τα τιμολόγια των χρηστών για την περίοδο **1985-2001**.

Το παράδειγμα της μελέτης μας είναι αντιπροσωπευτικό μιας και καλύπτει ένα εκτενές κομμάτι ολόκληρου του συστήματος ισχύος. Πιο συγκεκριμένα αντιπροσωπεύει κατά μέσο όρο το 54% της εμπορικής ζήτησης, το 75% του συνόλου των καταναλωτών και το 70% της βιομηχανικής χρήσης.

Για τον υπολογισμό της **τεχνικής απόδοσης** μέσω της D.E.A. χρησιμοποιήθηκαν συνολικά **8 μεταβλητές, 5 ως εισοδοί και 3 ως έξοδοι**. Αναλυτικά:

ΕΙΣΟΔΟΙ

1. Ο αριθμός των εργαζομένων στο σύστημα διανομής,
2. Ο αριθμός των μετασχηματιστών,
3. Το μήκος των γραμμών μεταφοράς,
4. Το μήκος του τοπικού δικτύου ανά κάτοικο και
5. Την εγκατεστημένη ισχύ της χώρας.

ΕΞΟΔΟΙ

1. Τη συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας,
2. Το συνολικό αριθμό των καταναλωτών και
3. Την επιφάνεια της περιοχής που καλύπτει το δίκτυο.

Συμπεράσματα

Η μελέτη αυτή, βασισμένη σε ένα δείγμα 12 εταιρειών διανομής ηλεκτρικής ενέργειας που καλύπτουν τις μεγαλύτερες πόλεις της χώρας για ένα χρονικό διάστημα 16 ετών, αποδεικνύει ότι το επίπεδο διανομής στις αστικές περιοχές έχει βελτιωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Η ανάλυση αποδοτικότητας δείχνει μια αύξηση και των ποσοστών κέρδους. Αυτό κατά ένα μέρος εξηγείται από τα κέρδη της εργατικής και κεφαλαιουχικής παραγωγικότητας στις εταιρείες, αλλά και από τα υψηλότερα τιμολόγια οικιακών καταναλωτών. Το αποτέλεσμα αυτό αντανακλά τη μερική αίσθηση της κοινής γνώμης για οικονομική κρίση στον τομέα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ανάλυση αποδοτικότητας παρουσιάζει επίσης σημαντικά στοιχεία. Οι βαθμοί αποδοτικότητας επηρεάζονται από τα χαρακτηριστικά των εταιρειών όπως: το μέγεθος της εγκατάστασης και της παραμέτρου έντασης της παραγωγής. Τέλος η πυκνότητα της αγοράς έχει θετική επιρροή στο βαθμό αποδοτικότητας κάθε συστήματος.

4.4 Εφαρμογές στη Φινλανδία

4.4.1 Ανάλυση οικονομικής-περιβαλλοντικής απόδοσης των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Φινλανδία) : Μια επέκταση της D.E.A. [4.4]

Σε αυτό το άρθρο γίνεται ανάλυση της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση της οικονομικής-περιβαλλοντικής απόδοσης και του προγράμματος μείωσης εκπομπών 24 σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε μια Ευρωπαϊκή χώρα και συγκεκριμένα στη Φινλανδία.

Χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικά μοντέλα της Π.Α.Δ. για την μέτρηση της τεχνικής και περιβαλλοντικής απόδοσης των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Μοντέλο για την μέτρηση της τεχνικής απόδοσης των σταθμών

Το μοντέλο 4.1 που χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση της τεχνικής απόδοσης των σταθμών είναι ένα πολύ απλό μοντέλο CCR. Στο μοντέλο αυτό ως είσοδος θεωρούνται τα συνολικά έξοδα κάθε σταθμού και ως έξοδος θεωρείται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κάθε σταθμού.

$$\text{Max } h_0 = \frac{\sum_{r=1}^k \mu_r Y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{i0}}$$

$$\frac{\sum_{r=1}^k \mu_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}} \leq 1, j=1,2,\dots,n$$

$$\mu_r, v_i \geq \varepsilon, \quad r=1,2,\dots,k, \quad i=1,2,\dots,m$$

$$\varepsilon > 0 \text{ ('Non -Archimedean')}$$

Μοντέλο (4.1)

Μοντέλο για την μέτρηση της περιβαλλοντικής απόδοσης των σταθμών

Στο μοντέλο 4.2, που χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση της περιβαλλοντικής απόδοσης των σταθμών, θεωρήθηκε η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ως η επιθυμητή έξοδος και η σκόνη, οι εκπομπές NO_x και SO₂ ως οι μη επιθυμητές έξοδοι. Οι μη επιθυμητές έξοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν :

- α) είτε ως έξοδοι με αρνητικά βάρη και
- β) είτε ως είσοδοι.

$$\text{Max } g_0 = \frac{\sum_{r=1}^k \mu_r Y_{r0}}{\sum_{s=1}^p \mu_s Y_{s0}}$$

$$\frac{\sum_{r \in \Phi}^k \mu_r y_{rj}}{\sum_{s \in \Phi}^p \mu_s y_{sj}} \leq 1, j=1,2,\dots,n$$

$$\mu_r \geq \varepsilon, \quad r=1,2,\dots,p, \\ \varepsilon > 0 \text{ (\'Non -Archimedean\')}$$

Μοντέλο (4.2)

Με σκοπό να υπολογιστεί ένας δείκτης οικονομικής και περιβαλλοντικής απόδοσης των σταθμών θεωρήθηκε η τεχνική και η περιβαλλοντική απόδοση ως είσοδοι σε ένα καινούργιο μοντέλο της Π.Α.Δ. που έχει ως είσοδο το ισοδύναμο 1. Με αυτόν τον τρόπο η eco-αποδοτικότητα αναλύεται σε τεχνική και περιβαλλοντική απόδοση. Ας σημειωθεί ότι ως **eco-αποδοτική** ορίζεται εκείνη η διαδικασία παραγωγής αγαθών και υπηρεσιών με όσο το δυνατόν λιγότερη κατανάλωση ενέργειας και πηγών και όσο το δυνατόν λιγότερη δημιουργία αποβλήτων και εκπομπών.

Συμπεράσματα

Σε αυτήν τη μελέτη παρουσιάζονται 2 προσεγγίσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση της οικονομικής και περιβαλλοντικής απόδοσης των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Με την πρώτη προσέγγιση η εκτίμηση γίνεται σε δύο βήματα: Υπολογίζεται η τεχνική απόδοση και η λεγόμενη περιβαλλοντική απόδοση ξεχωριστά. Στη συνέχεια λαμβάνονται τα αποτελέσματα και των δύο μοντέλων και χρησιμοποιούνται ως έξοδοι σε ένα νέο μοντέλο της Π.Α.Δ. (που έχει ως εισόδους το ισοδύναμο 1) το οποίο παρέχει το δείκτη για την οικονομική και περιβαλλοντική απόδοση κάθε σταθμού.

Στη δεύτερη προσέγγιση διατυπώνονται οι διαφορετικές παραλλαγές των μοντέλων της Π.Α.Δ. που ταυτόχρονα λαμβάνουν υπόψη τις εισόδους, τις μη επιθυμητές και τις επιθυμητές εξόδους. Αποδεικνύεται ότι οι αποδοτικές μονάδες είναι αποδοτικές χωρίς να επηρεάζονται

από το είδος του μοντέλου που χρησιμοποιείται. Παρόλα αυτά, ο βαθμός αποδοτικότητας διαφέρει.

Συγκρίνοντας τις προαναφερόμενες προσεγγίσεις και οι δύο οδηγούν στα ίδια αποτελέσματα. Παρόλα αυτά, η δεύτερη προσέγγιση παρέχει μια πιο βαθιά γνώση των αιτιών της μη καλής οικονομικής και περιβαλλοντικής απόδοσης και "δείχνει" τη δυνατή βελτίωση που μπορεί να επιτευχθεί σε σχέση με ειδικές εισόδους και εξόδους. Η πρώτη προσέγγιση διαχωρίζει την **eco-αποδοτικότητα** σε οικονομική και περιβαλλοντική αντίστοιχα.

4.4.2 Εκτίμηση του κόστους αποδοτικότητας του Φινλανδικού Συστήματος Διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. [4.10]

Αυτό το άρθρο περιγράφει τη διαδικασία ανάπτυξης μιας προσέγγισης για την **εκτίμηση του κόστους αποδοτικότητας του Φινλανδικού συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας**. Η διαδικασία αυτή αποτελείται κυρίως από τρία στάδια:

1. περιγραφή του προβλήματος και εξερεύνηση των συντελεστών-κλειδιά,
2. εύρεση μετρήσιμων ποσοτήτων για τους πιο σημαντικούς συντελεστές και
3. επιλογή του κατάλληλου μοντέλου.

Η εκτίμηση της αποδοτικότητας είναι βασισμένη στη **Π.Α.Δ.** Το τελικό μοντέλο περιλαμβάνει **1 είσοδο, 2 εξόδους και 4 περιβαλλοντικούς παράγοντες**. Αναλυτικά:

ΕΙΣΟΔΟΣ

1. **Λειτουργικό Κόστος**

ΕΞΟΔΟΙ

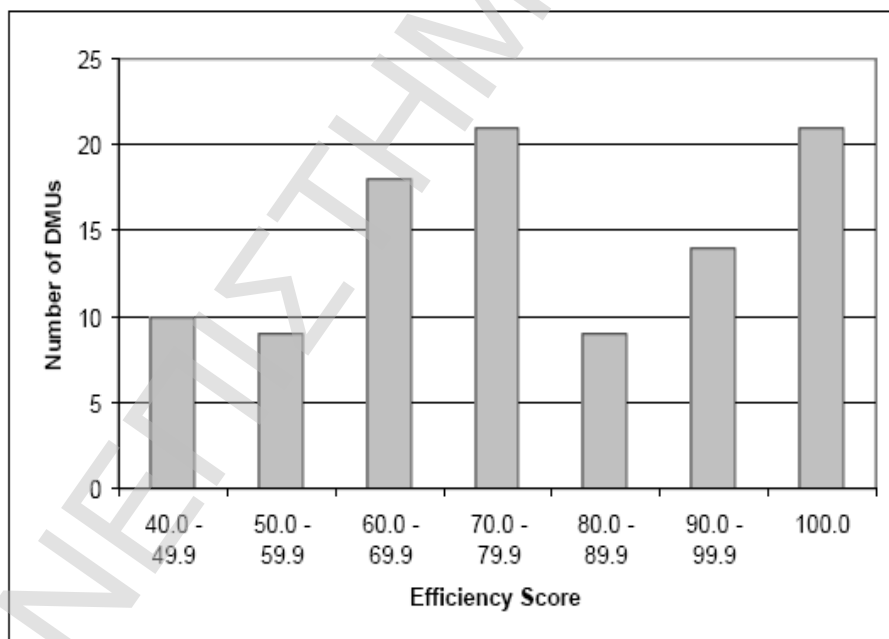
1. **Ποσότητα της Παραγόμενης Ενέργειας και**
2. **Ποιότητα της Παραγόμενης Ενέργειας που εκφράζεται με τη διάρκεια των προγραμματιζόμενων διακοπών.**

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

1. Γεωγραφική Κατανομή των Καταναλωτών,
2. Αριθμός Καταναλωτών,
3. Μέσο Ύψος Χιονιού και
4. Επιφάνεια περιοχής που καλύπτει το σύστημα.

Αποτελέσματα

Βασιζόμενοι στα δεδομένα του έτους **1998**, 21 από τις 102 εταιρείες που δραστηριοποιούνται στο χώρο κρίνονται ως αποδοτικές. Ο μέσος βαθμός αποδοτικότητας είναι 76.9 % ενώ ο χαμηλότερος είναι 42.6 % όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 4.1) :



Διάγραμμα 4.1 Βαθμός Αποδοτικότητας/Αριθμός Μονάδων Απόφασης

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι αποδοτικές μονάδες είναι κατανομημένες σε όλη τη Φινλανδία. Λειτουργούν σε διαφορετικό περιβάλλον, για παράδειγμα τόσο σε αστικές όσο και σε αγροτικές περιοχές, και το μέγεθος τους ποικίλει.

Το ιδανικό επίπεδο λειτουργίας ποικίλει αρκετά και οι μη καλές οικονομίες κλίμακας σχετίζονται πρωταρχικά με τα εκτεταμένα δίκτυα αλλά και της πολύ μικρής ποσότητας διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Καθώς ο αριθμός των εταιρειών που συμπεριλαμβάνονται στη μελέτη είναι σχετικά μεγάλος δεν είναι δυνατόν να αναλυθούν τα αποτελέσματα λεπτομερώς από την οπτική γωνία κάθε εταιρείας.

Συμπεράσματα

Μια σύγκριση των παραπάνω αποτελεσμάτων με τα αποτελέσματα των ετών 1996-1997 αποκαλύπτει ότι υπάρχουν ανεξήγητες διακυμάνσεις στα λειτουργικά κόστη που χρησιμοποιήθηκαν ως είσοδοι στο μοντέλο. Τα προβλήματα αυτά σχετίζονται με την αξιοπιστία των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν. Οι διαδικασίες συλλογής δεδομένων πρέπει να αναπτυχθούν περαιτέρω με σκοπό να διασφαλιστεί η ποιότητα τους. Όταν συλλεχθούν αξιόπιστα δεδομένα για περίοδο πολλών ετών ίσως είναι ενδιαφέρον να εκτιμηθούν οι αλλαγές στην παραγωγικότητα.

Το κεφαλαιουχικό κόστος δεν έχει συμπεριληφθεί στο τελικό μοντέλο μιας και αξιόπιστα δεδομένα δεν έχουν συλλεχθεί. Καθώς η διανομή ηλεκτρικής ενέργειας είναι μια διαδικασία που απαιτεί μεγάλο κεφάλαιο άρα υπάρχει πρόσφορο έδαφος για τη διερεύνηση της πιθανότητας να συμπεριληφθεί στην ανάλυση. Η επίλυση του προβλήματος αποτελεί μια από τις σημαντικότερες μελλοντικές ανάγκες και οι Ενεργειακές Αρχές κινούνται προς αυτή τη κατεύθυνση.

Τέλος, μερικές από τις παραμέτρους που η ομάδα των ειδικών τις θεωρούσε αρχικά σημαντικές δεν αποκάλυψαν κάποια σημαντική επιρροή στις αναλύσεις κόστους. Αναφέρεται ότι απαιτείται περισσότερη ανάλυση στον τομέα αυτό.

4.5 Εφαρμογές στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής.

4.5.1 Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων των επιπέδων και των αιτιών επίδοσης των λιγνιτικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών.[4.5]

Σε αυτή τη μελέτη γίνεται προσπάθεια εκτίμησης του κόστους αποδοτικότητας των λιγνιτικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η προσέγγιση αυτή επιμερίζει το

κόστος αποδοτικότητας στα συστατικά του μέρη και λαμβάνει υπόψη του την επιρροή του είδους του καυσίμου, της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας και κατ'επέκταση του μεγέθους του σταθμού στην λειτουργική του απόδοση. Τα αποτελέσματα αυτής της προσπάθειας δείχνουν τις δυνατότητες μείωσης του κόστους παραγωγής στη βιομηχανία που μπορεί να επιφέρει μειώσεις τιμών και στους καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα δεδομένα αντιπροσωπεύουν ένα ευρύ δείγμα των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στις Ηνωμένες Πολιτείες που χρησιμοποιούν το λιγνίτη ως κύριο καύσιμο για την παραγωγή. Στην πραγματικότητα, το δείγμα είναι μεγαλύτερο από τις περισσότερες προηγούμενες μελέτες που είχαν εξετάσει το θέμα αυτό. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για αυτή τη μελέτη συνοψίζονται παρακάτω και αναφέρονται στο έτος **1996** για κάθε σταθμό:

1. **Η Ετήσια Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας,**
2. **Ο Αριθμός των Εργαζομένων,**
3. **Οι Μέσοι Μισθοί των Εργαζομένων,**
4. **Η Εγκατεστημένη Ισχύς,**
5. **Το Κόστος Παραγωγής ανά kW Εγκατεστημένης Ισχύος,**
6. **Η Ποσότητα Καύσης του Λιγνίτη,**
7. **Η Τιμή του Λιγνίτη,**
8. **Η Ποσότητα των άλλων καυσίμων που χρησιμοποιήθηκαν για βοηθητικές εργασίες,**
9. **Η Τιμή των άλλων καυσίμων που χρησιμοποιήθηκαν για βοηθητικές εργασίες,**
10. **Τα Συνολικά Μεταβλητά Κόστη,**
11. **Το Έτος Έναρξης Λειτουργίας,**
12. **Ο Μέσος Θερμικός Βαθμός Απόδοσης,**
13. **Τα Συνολικά Ετήσια Έξοδα και**
14. **Τοπικοί Δείκτες ανάλογα με τη γεωγραφική θέση κάθε σταθμού.**

Συμπεράσματα

Τα ευρήματα αυτής της μελέτης οδηγούν σε **δύο σημαντικά συμπεράσματα**.

Πρώτον, ότι οι περισσότεροι λιγνιτικοί σταθμοί έχουν εξαντλήσει τα περιθώρια βελτίωσης των τεχνικών τους αποδόσεων. Μελλοντικά οφέλη σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον μπορούν να είναι αναμενόμενα στις επιμεριζόμενες δυνατότητες της λειτουργίας ενός σταθμού.

Δεύτερον, ότι ειδική προσοχή πρέπει να δοθεί στη χρήση του επενδεδυμένου κεφαλαίου. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι ανάμεσα στις παραμέτρους που δεν

σχετίζονται με τα καύσιμα δηλαδή το επενδεδυμένο κεφάλαιο χρησιμοποιείται περισσότερο λανθασμένα.

Επιπρόσθετα, είναι δυνατόν να σημειωθούν δύο ακόμα σημαντικά στοιχεία από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε. Πρώτον, από μεθοδολογικής πλευράς, παρουσιάστηκε μια διαφορετική προσέγγιση του κόστους απόδοσης κατά την παραγωγή στη βιομηχανία ηλεκτρικής ενέργειας. Στο παρελθόν περισσότερο ενδιαφέρον είχε δοθεί στις οριζόμενες οικονομίες κλίμακας και οι οφέλεις κατηγοριοποιούνταν είτε έχοντας αυτές είτε όχι. Η οριζόμενη συνάρτηση κόστους παρείχε περιορισμένες πληροφορίες στις επιχειρήσεις που ήθελαν να προετοιμάσουν στρατηγικές και πλάνα για την χάραξη μιας οικονομικής πολιτικής. Με άλλα λόγια οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται στο χώρο θα βρουν την προσέγγιση της Π.Α.Δ. να προσφέρει περισσότερες σχετικές πληροφορίες στο βαθμό του κόστους και της λειτουργικής απόδοσης.

Δεύτερον, από πρακτικής πλευράς είναι δυνατόν να γίνουν δυο παρατηρήσεις. Το γεγονός ότι η επιμεριζόμενη αναποδοτικότητα είναι η σημαντικότερη πηγή αναποδοτικότητας για την περίοδο που εξετάζεται είναι εξαιρετικά χρήσιμη για την μελλοντική ανταγωνιστική αγορά της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Γι' αυτό το λόγο η επιτυχία ή αποτυχία των εταιρειών σε ένα πλήρως ανταγωνιστικό περιβάλλον ίσως να εξαρτάται από τις εναλλασσόμενες αντιδράσεις τους στις τιμές της αγοράς που υπερισχύουν. Επίσης, αφού η επιμεριζόμενη αναποδοτικότητα επηρεάζεται από τους θερμικούς βαθμούς απόδοσης η τεχνολογία ίσως εξαναγκάσει πολλές παλιές μη αποδοτικές εγκαταστάσεις στο πρώιμο κλείσιμο τους. Ο μεγάλος αριθμός μονάδων συνδυασμένου κύκλου που χρησιμοποιούν το φυσικό αέριο ως εργαζόμενο μέσο ίσως είναι μια πραγματικότητα τα επόμενα χρόνια.

4.5.2 Εκτίμηση της απόδοσης του συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας κοινής ωφέλειας των Ηνωμένων Πολιτειών βασισμένη στη Π.Α.Δ.[4.8]

Σε αυτό το άρθρο παρουσιάζεται μια μέθοδος αξιολόγησης του συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας βασισμένη στη Π.Α.Δ. Εφαρμόζεται η βασική θεωρία της Π.Α.Δ. στα **50 μεγαλύτερα συστήματα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής.**

Πολλά τεχνικά και οικονομικά δεδομένα εξετάστηκαν για την ανάλυση που παρουσιάζεται σε αυτή τη μελέτη και τελικά οκτώ μεταβλητές συμπεριλήφθησαν σε αυτήν την ανάλυση. Αναφέρεται ότι παρόλο που υπήρχε η επιθυμία να συμπεριληφθούν και δεδομένα αξιοπιστίας (διακοπές ανά καταναλωτή και διάρκεια διακοπής ανά καταναλωτή), δεν

κατέστη εφικτό μιας και τέτοια στοιχεία είναι διαθέσιμα στο κοινό μόνο για λίγες χρήσεις. Έτσι έχουμε **5 εισόδους** και **3 εξόδους** που είναι:

ΕΙΣΟΔΟΙ

1. Απώλειες Διανομής του Συστήματος,
2. Έξοδα Λειτουργίας και Συντήρησης του Συστήματος Διανομής,
3. Πρόσθετα Κεφαλαιουχικά Έξοδα του Συστήματος Διανομής,
4. Μετασηματιστές Διανομής,
5. Μήκος Γραμμών Μεταφοράς.

ΕΞΟΔΟΙ

1. Ονομαστική Ισχύς του Συστήματος Διανομής,
2. Λιανικές Πωλήσεις,
3. Λιανικοί Καταναλωτές.

Η ανάλυση μπορεί επίσης να πραγματοποιηθεί με κάποιες από τις εισόδους και εξόδους ή με διαφορετική ομάδα μεταβλητών. Όμως εάν υπήρχε ενδιαφέρον να υπολογιστεί η οικονομική απόδοση, μόνο τα Έξοδα Λειτουργίας και Συντήρησης και τα Πρόσθετα Κεφαλαιουχικά Έξοδα θα θεωρούνταν ως εισόδοι και ο αριθμός των καταναλωτών και ο αριθμός των ενεργειακών πωλήσεων ως έξοδοι. Παρόλα αυτά, η ανάλυση με ένα μειωμένο αριθμό μεταβλητών είτε θα μείωνε την αποδοτικότητα των συστημάτων είτε θα τη διατηρούσε ίδια αλλά ποτέ δεν θα την αύξανε. Η μέθοδος της Π.Α.Δ. είναι πολύ ελαστική και επιτρέπει στον αναλυτή να επιλέξει εισροές και εκροές.

Συμπεράσματα

Δεκαεννέα (19) από τα πενήντα (50) συστήματα αποδείχθηκαν ότι είναι **αποδοτικά** κατά τη Π.Α.Δ. ενώ τα υπόλοιπα **τριάντα ένα (31)** αποδείχθηκαν **μη αποδοτικά**. Το σύστημα Α εμφανίζει τη χαμηλότερη D.E.A. αποδοτικότητα (ίση με 0.77) και αποτέλεσε το σημείο αναφοράς μας για κάθε σύγκριση.

Επίσης πραγματοποιήθηκε ανάλυση ευαισθησίας των εξεταζόμενων πενήντα συστημάτων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Μια προσέγγιση της ανάλυσης ευαισθησίας είναι να

απομακρυνθεί κάποια από τις μονάδες απόφασης και στη συνέχεια να συγκριθούν οι αποδοτικότητες της Π.Α.Δ..Η δεύτερη προσέγγιση βασίζεται στην απομάκρυνση μιας ή περισσοτέρων μεταβλητών από το μοντέλο για να προσδιοριστούν οι αλλαγές στις αποδοτικότητες της Π.Α.Δ..Σημειωτέον ότι ως ανάλυση ευαισθησίας ορίζεται η επιρροή στην Π.Α.Δ. αποδοτικότητα που έχει το γεγονός να συμπεριληφθεί ή να απομακρυνθεί μία ή περισσότερες μεταβλητές από το μοντέλο και όχι σε σχέση με τις παραμετρικές διαφοροποιήσεις των εισαγόμενων και εξαγόμενων μεταβλητών.Αυτό το είδος της ανάλυσης ευαισθησίας δεν πρέπει να συγχέεται με την ανάλυση ευαισθησίας των δεδομένων που χρησιμοποιούνται στο μοντέλο.Σε αυτό το άρθρο τα αποτελέσματα είναι βασισμένα στη δεύτερη προσέγγιση.

4.5.3 Αποδοτικότητα του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στις Ηνωμένες Πολιτείες :Αναλύσεις και προβλέψεις βασισμένες στη Π.Α.Δ.. [4.12]

Σε αυτό το άρθρο γίνεται εκτίμηση της αποδοτικότητας του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στις **Ηνωμένες Πολιτείες** για τη χρονική περίοδο από το 1991 μέχρι και το 2004 χρησιμοποιώντας τη **Data Envelopment Analysis (D.E.A.)**.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι μόνο μετρήσιμοι τεχνικοί και οικονομικοί δείκτες.Για παράδειγμα δεν συμπεριλήφθησαν αμιγώς τεχνικά στοιχεία όπως:διακοπές λειτουργίας των σταθμών ή πτώσεις τάσεως.Επίσης δεν λήφθηκαν υπόψη περιβαλλοντικοί και κοινωνικοί δείκτες που είναι εκτός του ελέγχου του σταθμού όπως είναι η ποσότητα της ενέργειας που διατίθεται ή ο αριθμός των καταναλωτών.Η έρευνα δεν περιλαμβάνει παραμέτρους που είναι σημαντικές για την εκτίμηση της αποδοτικότητας αλλά δεν μπορούν να συλλεχθούν από πηγές πληροφοριών διαθέσιμες στο κοινό όπως οι οικονομικές απώλειες που εμφανίζονται λόγω των διακοπών λειτουργίας των σταθμών παραγωγής.Οι τρεις παράμετροι που επιλέχθηκαν για τη μελέτη είναι:

ΕΙΣΟΔΟΙ

- 1. Λειτουργικά Έξοδα (%)**,επιμερισμένα στα συνολικά έσοδα,
- 2. Απώλειες Ενέργειας (%)**,επιμερισμένες στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

ΕΞΟΔΟΙ

1. Διαθεσιμότητα του Δικτύου (%).

Όλα τα δεδομένα είναι βασισμένα σε πηγές διαθέσιμες στο κοινό και βρίσκονται υπό τον έλεγχο της βιομηχανίας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η δυνατότητα μέτρησης κάθε μιας παραμέτρου ξεχωριστά επιτρέπει την επέκταση της προτεινόμενης προσέγγισης για διατοπικές και διεθνείς συγκρίσεις.

Τα αποτελέσματα της μελέτης συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.1)

Δείκτης	Διαθεσιμότητα Δικτύου	Λειτουργικά Έξοδα	Απώλειες Ενέργειας
Ρόλος στην Π.Α.	Εκροή	Εισροή	Εισροή
Max	53.67	87.92	10.64
Min	46.74	81.33	9.64

Πίνακας 4.1 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα

Η διαθεσιμότητα του δικτύου δείχνει σε ποιο βαθμό η βιομηχανία παραγωγής αξιοποιεί τις παραγωγικές της δυνατότητες. Μετράται ως ποσοστό της παραγωγής στο δίκτυο προς την καλοκαιρινή εγκατεστημένη ισχύ πολλαπλασιασμένη επί 8760 ώρες κάθε χρόνο.

Τα λειτουργικά έξοδα είναι ένας ακόμη δείκτης της έρευνας. Συμπεριλαμβάνει έξοδα εργατικά, καυσίμων, υλικών, της διαδικασίας παραγωγής καθώς και διοικητικές δαπάνες. Για να αποφευχθεί η επαφή με δείκτες πληθωρισμού και για να υπάρχει η δυνατότητα διεθνών συγκρίσεων μετράται ο δείκτης ως ποσοστό των εσόδων από τις χονδρικές πωλήσεις ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο τελευταίος δείκτης της έρευνας είναι αυτός των **απωλειών ενέργειας**. Η φύση του συστήματος διανομής υπαγορεύει 2 σημαντικά θέματα: την παραγωγή ενέργειας από τη μία και την κατανάλωσή της από την άλλη. Ενώ η μεταφορά της ενέργειας γίνεται σε υψηλή τάση ώστε να μειωθούν οι απώλειες του δικτύου ενώ η παραγωγή και η κατανάλωση της πραγματοποιείται σε χαμηλή τάση για τεχνικούς λόγους και λόγους ασφαλείας.

Συμπεράσματα

Τα ευρήματα της εργασίας δείχνουν μια σχετική σταθερότητα της αποδοτικότητας από το 1994 έως και το 2000 στα επίπεδα του 99-100% και μια μικρή πτώση στο 94.61% το 2004. Για το έτος 2010 η αποδοτικότητα εκτιμάται στο 96.80% που είναι υψηλότερη από αυτή του 2004 αλλά ακόμα κάτω από το 100%. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν μπορούν να αποτελέσουν τις κατευθυντήριες γραμμές για τη ανάπτυξη μέτρων βελτίωσης της αποδοτικότητας των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Όπως αναφέρθηκε προηγούμενα το μοντέλο μπορεί επίσης να επεκταθεί για τη διεξαγωγή διατοπικών και διεθνών συγκρίσεων κάνοντας χρήση ενός μικρού αριθμού δεικτών διαθέσιμων στο ευρύ κοινό.

4.6 Εφαρμογή στη Νότια Κορέα

4.6.1 Η αποδοτικότητα των συμβατικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Νότιας Κορέας – Μια σύγκριση παραμετρικών και μη προσεγγίσεων.[4.6]

Σε αυτό το άρθρο γίνεται εφαρμογή της μεθόδου της **Data P.A.A.** σε **64 συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας** που λειτουργούν στη Νότια Κορέα (1990).

Οι σταθμοί αυτοί περιλαμβάνουν: **16 πετρελαϊκούς, 18 λιγνιτικούς, 10 φυσικού αερίου και 20 μικρότερους σταθμούς Diesel.** Το παράδειγμα αναφέρεται σε 11 σταθμούς της δεκαετίας 1960-1970, σε 27 σταθμούς της δεκαετίας 1970-1980 και σε 26 σταθμούς της δεκαετίας 1980-1990. Όλα τα δεδομένα του παραδείγματος μας αναφέρονται στο έτος 1990.

Σε αυτό το μοντέλο ως **έξοδος** θεωρείται η **εξαχθείσα στο δίκτυο ηλεκτρική ενέργεια (σε MWh)** κάθε σταθμού και ως **είσοδοι** επιλέγονται :η **ποσότητα του καυσίμου (σε tones ισοδύναμου πετρελαίου)** που καταναλώνεται σε κάθε σταθμό, η **εγκατεστημένη ισχύς (σε KW)** κάθε σταθμού και η **συνεισφορά του εργατικού δυναμικού (σε men-years)** για την λειτουργία κάθε σταθμού.

Αποτελέσματα

Μια σύγκριση των αποδόσεων των σταθμών σε σχέση με τη δεκαετία έναρξης λειτουργίας τους δείχνει ότι την υψηλότερη αποδοτικότητα εμφανίζουν αυτοί της δεκαετίας 1980-1990, ακολουθούν αυτοί της δεκαετίας 1970-1980 και έπονται αυτοί της δεκαετίας 1960-1970. Αυτό το γεγονός αποδεικνύει την αλματώδη τεχνολογική πρόοδο που επιτεύχθηκε τα τελευταία 30 χρόνια.

Επιπλέον μια σύγκριση των μέσων αποδόσεων των σταθμών σε σχέση με τη γεωγραφική τους περιοχή (Νότια και Βόρεια Κορέα) δεν αποκαλύπτει σημαντικές διαφορές.

Συμπεράσματα

Οι αποδόσεις, χρησιμοποιώντας τη Π.Α.Δ., που υπολογίζονται για ένα πλήθος 64 συμβατικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη Νότια Κορέα προσφέρονται ως εξωγενείς μεταβλητές σε ένα σταθερό μοντέλο οικονομετρικής συνάρτησης παραγωγής που δίνει περισσότερα καινούργια μοντέλα που εμφανίζονται στατιστικά πιο σημαντικά.

Αυτή η προσέγγιση φαίνεται εντούτοις να οδηγεί σε μερικές νέες κατευθύνσεις έρευνας, έρευνα αναφερόμενη τόσο στις πρακτικές-οικονομετρικές πτυχές της όσο και στις αντίστοιχες θεωρητικές της (και ειδικότερα δίνει την ερμηνεία των αποδόσεων σύμφωνα με την Π.Α.Δ. σε σχέση με τη διοικητική και οργανωτική λειτουργία κάθε σταθμού).

4.7 Εφαρμογή στο Ηνωμένο Βασίλειο

4.7.1 Το Σενάριο της Π.Α.Δ. στη δημιουργία στόχων για τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας – Εφαρμογή στους σταθμούς του Ηνωμένου Βασιλείου.[4.7]

Σε αυτό το άρθρο εφαρμόζεται η Π.Α.Δ. με σκοπό να τεθούν στόχοι στην αποδοτικότητα των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας του **Ηνωμένου Βασιλείου**. Το αλγεβρικό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε είναι το ακόλουθο (Μοντέλο 4.3):

$$\text{Max } (\lambda_j, z_r, \theta_i) \sum_{r \in O} P_r^+ z_r - \sum_{i \in I} P_i^- \theta_i$$

$$\sum_{j \in \Phi} \lambda_j x_{ij} = \theta_i x_{ij0}, \quad i \in I$$

$$\sum_{j \in \Phi} \lambda_j y_{rj} = z_r y_{rj0}, \quad r \in O$$

$$\theta_i x_{ij0} \geq K_i, \quad i \in I_k$$

$$z_r y_{rj0} \leq K_r, \quad r \in O_k$$

$$A_i < \theta_i < 1/B_i, \quad A_i, B_i \in [0,1], \text{ για κάθε } i \in I$$

$$\Gamma_r < 1/z_r < 1/\Delta_r, \quad \Gamma_r, \Delta_r \in [0,1], \text{ για κάθε } r \in O$$

$$\lambda_j > 0 \text{ για κάθε } j,$$

Μοντέλο (4.3)

όπου x_{ij} είναι η ποσότητα της εισόδου i της μονάδας j ,

y_{rj} είναι η ποσότητα της εξόδου r της μονάδας j ,

P_i^-, P_i^+ σταθερές που ορίζονται από το χρήστη ανάλογα με το στόχο κάθε μονάδας,

θ_i, z_r το ποσοστό συστολής της εισόδου i και της διαστολής της εξόδου r ,

K_i, K_r τα σύνορα των εκτιμώμενων στόχων της εισόδου i και της εξόδου r ,

A_i, B_i τα κάτω και άνω όρια της εισόδου i ,

Γ_r, Δ_r τα κάτω και άνω όρια της εξόδου r .

Στο παρακάτω μοντέλο ως **είσοδοι** θεωρούνται :

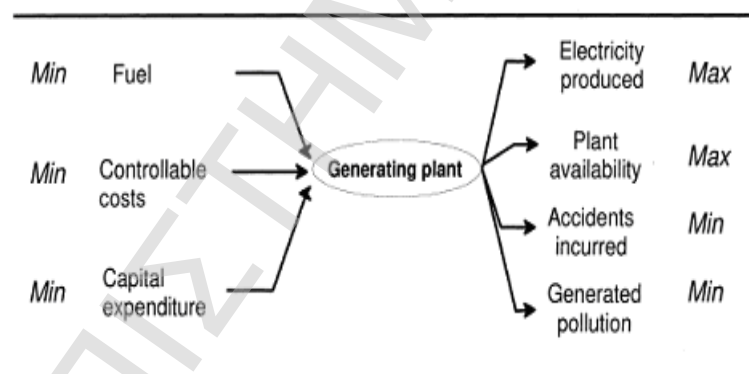
1. **Η ποσότητα του καυσίμου** που καταναλώνεται σε κάθε σταθμό, μετρούμενη ως η ποσότητα της προσδιδόμενης θερμότητας σε GJ. Στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του.
2. **Τα εργατικά κόστη κάθε σταθμού.** Στόχος είναι η ελαχιστοποίηση τους.

3. Το κόστος επένδυσης που αντικατοπτρίζει την υποστήριξη που δίνεται σε κάθε σταθμό βελτιώνοντας τόσο την τεχνολογία του όσο και τις εργασιακές συνθήκες και τις συνθήκες ασφάλειας. Στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του.

Ως έξοδοι θεωρούνται :

1. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια σε MWh κάθε σταθμού. Στόχος είναι η μεγιστοποίηση της.
2. Η διαθεσιμότητα σε % κάθε σταθμού. Στόχος είναι η μεγιστοποίηση της.
3. Ο αριθμός των ατυχημάτων που συμβαίνει σε κάθε σταθμό. Στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του.
4. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις δηλαδή οι εκπομπές SO₂ και NO_x του κάθε σταθμού. Στόχος είναι η ελαχιστοποίηση αυτών.

Σχηματικά οι επιδιωκόμενοι στόχοι εκφράζονται από το παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 4.2) :



Διάγραμμα 4.2 Επιδιωκόμενοι Στόχοι

Συμπεράσματα

- Το ποσοστό μόλυνσης μπορεί να μειωθεί μόνο με την αύξηση των υφιστάμενων κόστων, με την μείωση του χρησιμοποιούμενου καυσίμου (άρα και της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας) και με την αύξηση του κεφαλαίου επένδυσης.
- Υπάρχει ένα ανησυχητικό στοιχείο που αναφέρεται στην αύξηση του αριθμού των ατυχημάτων. Το πρόβλημα αυτό σχετίζεται με την υπάρχουσα τεχνολογία, τις εργασιακές συνθήκες και την ένταση της παραγωγής.

- Κάθε σταθμός παραγωγής θα ήταν καλό να μειώσει την κλίμακα μεγέθους του ώστε να γίνει πιο παραγωγικός.

4.8 Εφαρμογή σε Ευρωπαϊκές Εταιρείες Διανομής.

4.8.1 Διεθνής αξιολόγηση συστημάτων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας-Μια εφαρμογή σε Ευρωπαϊκές Εταιρείες Διανομής.[4.9]

Εξαιτίας της έλλειψης δεδομένων και των αυξανόμενων διεθνών συγχωνεύσεων, οι διεθνείς ενεργειακοί ρυθμιστές αναζητούν διεθνείς αναλύσεις με σκοπό να βοηθηθούν στη θέτηση ελεγκτικών μηχανισμών για τις τιμές μέσω κανονισμών με κίνητρα. Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια διεθνής μελέτη **63 τοπικών συστημάτων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας σε 6 Ευρωπαϊκές Χώρες** που έχει ως στόχο να απεικονίσει τη μεθοδολογία και τα δεδομένα που λήφθηκαν υπόψη για την αξιολόγηση αυτών των συστημάτων. Η μελέτη εξετάζει το αποτέλεσμα της επιλογής μεθόδων χρησιμοποιώντας το μοντέλο **Π.Α.Δ.**

Οι χώρες που επιλέχθηκαν για τη μελέτη μας καθώς και ο αριθμός των εταιρειών σε κάθε χώρα που δραστηριοποιούνται στον τομέα της διανομής ηλεκτρικής ενέργειας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.2):

Ιταλία	1
Ολλανδία	18
Νορβηγία	25
Πορτογαλία	1
Ισπανία	4
Ηνωμένο Βασίλειο	14
Συνολικά	63

Πίνακας 4.2 Εταιρείες ανά χώρα

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή τη μελέτη συλλέχθηκαν από τις σχετικές χώρες με σκοπό τη διεθνή συγκριτική τους αξιολόγηση. Τα δεδομένα αυτά είναι:

1. **Το Λειτουργικό Κόστος,**
2. **Τα Κεφαλαιουχικά Έξοδα,**
3. **Η Παραγόμενη Ηλεκτρική Ενέργεια,**
4. **Ο Αριθμός Καταναλωτών (Οικιακών και μη),**
5. **Το Μήκος των Γραμμών Μεταφοράς (Εναέριες και Υπόγειες),**
6. **Οι Απώλειες Διανομής και Μεταφοράς και**
7. **Ο Αριθμός των Μετασχηματιστών.**

Αυτή η μελέτη χρησιμοποιεί νομισματικές μονάδες και διαφέρει από πολλές από τις προηγούμενες μελέτες όπου οι εισόδοι ήταν εκφρασμένες σε φυσικές μονάδες. Αυτό αποτελεί πλεονέκτημα μιας και οι νομισματικές μονάδες αντανακλούν όλα τα λειτουργικά και κεφαλαιουχικά έξοδα ως εισόδους και μετρούν το σχετικό κόστος αποδοτικότητας των συστημάτων.

Επειδή η μελέτη πραγματοποιήθηκε το έτος 1999 είναι απαραίτητος ο ορισμός ενός έτους αναφοράς κάθε χώρας ώστε να είναι δυνατή η αναγωγή των στοιχείων της, κυρίως των οικονομικών, στο τρέχον έτος. Ο παρακάτω πίνακας (Πίνακας 4.3) παρουσιάζει το έτος αναφοράς κάθε χώρας.

Χώρα	Έτος Αναφοράς για τα Δεδομέ
Ιταλία	1997
Νορβηγία	1998
Ηνωμένο Βασίλειο	1997/98
Πορτογαλία	1999
Ισπανία	1998
Ολλανδία	1999

Πίνακας 4.3 Έτος Αναφοράς κάθε χώρας.

4.9 Εφαρμογή στη Γερμανία

4.9.1 Ανάλυση αποδοτικότητας των εταιρειών διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στη Γερμανία. [4.11]

Αυτό το άρθρο παρέχει μια ανάλυση της παραγωγικότητας των εταιρειών διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στη **Γερμανία** μέσω **Π.Α.Δ.** Η εργασία αυτή ομαδοποιεί παραδοσιακά στοιχεία του τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, όπως ο ρόλος των επιπτώσεων της κλίμακας απόδοσης και της ονομαστικής διαθεσιμότητας του σταθμού. Λαμβάνει επίσης υπόψη του τρεις δομικές μεταβλητές ορισμένες από διεθνείς συμφωνίες : την πληθυσμιακή πυκνότητα, τη σύνθεση του δικτύου (καλωδιακές έναντι εναέριων γραμμών) και τις διαφοροποιήσεις μεταξύ των εταιρειών της Ανατολικής και Δυτικής Γερμανίας.

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν για αυτή τη μελέτη αφορούν 380 (από τις 553) Γερμανικές εταιρείες διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα δεδομένα αυτά περιλαμβάνουν 3 μεταβλητές εισόδου και 2 μεταβλητές εξόδου. Αναλυτικά:

ΕΙΣΟΔΟΙ

1. **Εργατικά Κόστη, (*)**
2. **Κεφάλαιο Επένδυσης, (**)**
3. **Εγκατεστημένη Ισχύς.**

ΕΞΟΔΟΙ

1. **Ενέργεια που πωλείται στους καταναλωτές,**
2. **Αριθμός των καταναλωτών.**

* Τα εργατικά κόστη υπολογίζονται από τον αριθμό των εργαζομένων σε κάθε σταθμό. Καθώς τα δεδομένα που αφορούν τους εργαζομένους καλύπτουν όλους τους υπαλλήλους των εταιρειών, αφαιρείται ένας εργαζόμενος για κάθε παραγόμενη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας ίση με 20 GWh.

**** Το κεφάλαιο επένδυσης υπολογίζεται από το μήκος του υπάρχοντος ηλεκτρικού δικτύου. Διαφοροποιείται μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων τάσης (υψηλή, μέση και χαμηλή τάση) με την εισαγωγή ενός συντελεστή κόστους για κάθε τύπο γραμμής.**

Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι μόνο οι πολύ μικρές εταιρείες έχουν ένα σημαντικό μειονέκτημα κόστους. Η χαμηλή πυκνότητα των καταναλωτών βρέθηκε να επηρεάζει σημαντικά τους βαθμούς αποδοτικότητας. Η σύνθεση του δικτύου δεν παράγει συστηματικά αποτελέσματα. Προς έκπληξη, οι εταιρείες που βρίσκονται στην Ανατολική Γερμανία εμφανίζουν, κατά μέσο όρο, υψηλότερες αποδόσεις από τις αντίστοιχες της Δυτικής Γερμανίας. Η εγκατεστημένη ισχύς, ως μια δομική παράμετρος εισόδου δεν φαίνεται να αποτελεί καθοριστικό παράγοντα επιρροής της αποδοτικότητας, όταν συγκρίνεται με το βασικό μοντέλο χωρίς την εγκατεστημένη ισχύ. Οι σχετικές δοκιμές δείχνουν ότι τα αποτελέσματα είναι στενά συνδεδεμένα. Περαιτέρω έρευνα που χρησιμοποιεί πραγματικά δεδομένα κόστους και μια βαθύτερη διαφοροποίηση των μοντέλων πρέπει να πραγματοποιηθούν για την επαλήθευση ή όχι αυτών των αποτελεσμάτων.

4.10 Εφαρμογή στην Πορτογαλία

4.10.1 Ανάλυση αποδοτικότητας υδροηλεκτρικών σταθμών παραγωγής: Εφαρμογή στην Πορτογαλία. [4.13]

Σε αυτό το άρθρο γίνεται μια προσπάθεια εκτίμησης της μεταβολής της συνολικής παραγωγής ενέργειας, αναλύοντας την σε μεταβολή στη τεχνική απόδοση και σε μεταβολή στην τεχνολογική απόδοση, μέσω της **Π.Α.Δ.** εφαρμοζόμενη στους **υδροηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής της Πορτογαλίας**. Σκοπός αυτής της διαδικασίας είναι η αναζήτηση των καλύτερων πρακτικών που θα οδηγήσουν σε βελτιωμένες αποδόσεις στην αγορά ενέργειας.

Για την εκτίμηση της παραγωγικότητας χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα για τη χρονική περίοδο από το **2001 έως και το 2004 σε 25 υδροηλεκτρικούς σταθμούς** (4 χρόνια x 25 σταθμοί = 100 παρατηρήσεις). Για την αξιοπιστία της μεθόδου ο αριθμός των μονάδων απόφασης (των σταθμών παραγωγής δηλαδή) που μελετήθηκαν είναι τρεις φορές μεγαλύτερος από το άθροισμα εισόδων και εξόδων (100 παρατηρήσεις > 3*(2+4)).

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη είναι τα ακόλουθα:

ΕΙΣΟΔΟΙ

1. **Εργατικά Κόστη** , μετρούμενα από τον αριθμό των εργαζομένων σε κάθε σταθμό,
2. **Το Κεφάλαιο που αντιπροσωπεύεται από την αξία της φυσικής περιουσίας,**
3. **Τα Λειτουργικά Κόστη,**
4. **Το Κεφάλαιο Επένδυσης.**

ΕΞΟΔΟΙ

1. **Η Συνολική Παραγωγή Ενέργειας,**
2. **Η Διαθεσιμότητα του Σταθμού.**

Μια εναλλακτική παράμετρος που μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως έξοδος είναι η μέγιστη ζήτηση ενέργειας, εφόσον ήταν διαθέσιμη, αλλά συνδέεται στενά με τη διαθεσιμότητα του σταθμού και επομένως αυτές οι δύο παράμετροι δεν ήταν δυνατόν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα.

Συμπεράσματα

Τα ευρήματα της μέλετης καταλήγουν σε δυο κυρίως παρατηρήσεις όσον αφορά την οικονομική πολιτική των σταθμών. Πρώτον, ότι οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί παρουσιάζουν, κατά μέσο όρο, θετική και αυξανόμενη παραγωγικότητα κατά τη διάρκεια της περιόδου 2001-2004. Επιπλέον η βελτίωση της παραγωγικότητας αναλύεται σε ένα υψηλό επίπεδο αλλαγής τόσο της τεχνικής απόδοσης όσο και της αντίστοιχης τεχνολογικής. Δεύτερον, όσον αφορά τους μη αποδοτικούς σταθμούς είναι απαραίτητες κάποιες διαχειριστικές ρυθμίσεις. Αυτές πρέπει να είναι βασισμένες στη βελτίωση τόσο της τεχνικής απόδοσης όσο και της τεχνολογικής, μιμούμενες τις διαδικασίες των "καλύτερων"

σταθμών.Οι κύριοι λόγοι της μη καλής απόδοσης των σταθμών είναι η τοποθεσία τους,η ηλικία τους καθώς και η ποικιλία των υδατοπτώσεων.Άλλοι λόγοι που μπορούν να παρουσιαστούν,αλλά δεν εξετάζονται στο άρθρο,είναι τα αποτελέσματα τόσο του αυξανόμενου ανταγωνισμού όσο και των καινούριων κανονισμών.Ακολουθώντας την απελευθέρωση,την ιδιωτικοποίηση και τον ανταγωνισμό που παρατηρείται στην αγορά,υπάρχει πιθανώς μια στρατηγική χρήση των υδροηλεκτρικών σταθμών τις περιόδους υψηλής ζήτησης που δεν έχει εκφραστεί,με σκόπο να εμποδισθούν οι νέοι ενδιαφερόμενοι και να μειωθούν οι εισαγωγές ενέργειας.

Στο ερώτημα τι θα πρέπει να κάνουν οι διαχειριστές των υδροηλεκτρικών σταθμών ώστε να βελτιώσουν την αποδοτικότητα τους οι απαντήσεις είναι :

α) πρέπει να υιοθετήσουν τόσο διαδικασίες διαχείρισης ώστε να μπορούν να προσδιορίσουν τη σχετική τους θέση όσο και στρατηγικές ώστε να φτάσουν τους καλύτερους αποδοτικά σταθμούς,

β) πρέπει να αναβαθμίσουν την ποιότητα των διαδικασιών διαχείρισης και

γ) πρέπει να λάβουν υπόψη τους τις μεταβλητές που επηρεάζουν την αποδοτικότητα των σταθμών που στην παρούσα περίπτωση είναι η τοποθεσία,η ηλικία και η υδατόπτωση.

4.11 Συγκεντρωτική Παρουσίαση των Εισόδων και Εξόδων που χρησιμοποιούνται

στη διεθνή βιβλιογραφία – αρθρογραφία.

Ένας από τους βασικούς στόχους της ανασκόπησης των εργασιών που προηγήθηκε είναι και ο προσδιορισμός των κατάλληλων εισροών και εκροών που πρόκειται να ληφθούν στην εφαρμογή της Π.Α.Δ. για την αξιολόγηση των σταθμών Φυσικού Αερίου και των ΥΗ Σταθμών που πραγματεύεται η παρούσα διπλωματική εργασία.Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι χρησιμοποιηθείσες εισροές (Πίνακας 4.4) και εκροές (Πίνακας 4.5) στη διεθνή βιβλιογραφία – αρθρογραφία που παρουσιάστηκε στις προηγούμενες παραγράφους του Κεφ. 4.

ΑΡΘΡΟ

A/A	ΕΙΣΟΔΟΙ	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	4.10	4.11	4.12	4.13
1	Κόστος Καυσίμου	x				x								
2	**Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας	x												
3	Κόστος Επένδυσης	x						x	x	x		x		x
4	Χρόνος Κατασκευής	x	x			x								
5	Είδος Τεχνολογίας		x											
6	Καύσιμη Ύλη		x											
7	**Εγκατεστημένη Ισχύς		x	x		x	x					x		
8	Συντελεστής Φορτίου		x											
9	Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου		x											
10	Αριθμός Εργαζομένων			x		x								
11	Μέσοι Μισθοί Εργαζομένων					x								
12	Αριθμός των Μετασχηματιστών			x					x	x				
13	Μήκος Γραμμών Μεταφοράς			x					x	x				
14	Μήκος Τοπικού Δικτύου ανά κάτοικο			x										
15	**Συνολικά Έξοδα				x									
16	Ποσότητα Κύριου Καυσίμου					x	x	x						
17	Ποσότητα Άλλων Βοηθητικών Καυσίμων					x								
18	Τιμή Άλλων Βοηθητικών Καυσίμων					x								
19	Τοπικοί Δείκτες ανάλογα με τη γεωγραφική θέση κάθε σταθμού					x								
20	Συνεισφορά Εργατικού Δυναμικού						x							
21	Εργατικά Κόστη							x				x		x
22	Απώλειες Διανομής								x	x				
23	Έξοδα Λειτουργίας και Συντήρησης								x	x	x		x	x
24	Απώλειες Ενέργειας κατά την Παραγωγή												x	

Πίνακας 4.4 Χρησιμοποιηθείσες Είσορες

ΑΡΘΡΟ

A/A	ΕΞΟΔΟΙ	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	4.10	4.11	4.12	4.13
1	Διαθεσιμότητα	x						x					x	x
2	Θερμική Απόδοση	x				x								
3	Περιβαλλοντικό Κόστος (Εκπομπές SO ₂ και NO _x)	x			x			x						
4	Εκπομπές CO	x			x									
5	Παραγωγή Ισχύος (MW)	x												
6	Συντελεστές Εκπομπής		x											
7	**Συνολική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας			x	x	x	x	x		x	x	x		x
8	Συνολικός Αριθμός Καταναλωτών			x						x	x	x		
9	Επιφάνεια της περιοχής που καλύπτει το δίκτυο			x							x			
10	Κόστος Παραγωγής					x								
11	Συνολικά Μεταβλητά Κόστη					x								
12	**Συνολικά Ετήσια Έξοδα					x								
13	Αριθμός Ατυχημάτων							x						
14	**Εγκατεστημένη Ισχύς								x					
15	Λιανικές Πωλήσεις								x					
16	Λιανικοί Καταναλωτές								x					
17	Προγραμματιζόμενες Διακοπές										x			
18	Γεωγραφική Κατανομή Καταναλωτών										x			

Πίνακας 4.5 Χρησιμοποιηθείσες Εκροές

* Τα Άρθρα με πράσινη ένδειξη αναφέρονται σε αξιολόγηση Συστημάτων Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας

** Οι μεταβλητές με κίτρινη ένδειξη εμφανίζονται τόσο ως είσοδοι όσο και ως έξοδοι

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑΣ

4.12 Βιβλιογραφία – αρθρογραφία

Τα στοιχεία που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 4 έχουν αντληθεί από τα παρακάτω άρθρα:

- 4.1 Kemal Sarıca and İlhan Or (2007), "**Efficiency assessment of Turkish power plants using data envelopment analysis**", Energy, Vol.32, No 8, pp. 1484-1499.
- 4.2 Barnali Nag (2006), "**Estimation of carbon baselines for power generation in India: the supply side approach**", Energy Policy, Vol. 34, No. 12, pp. 1399-1410.
- 4.3 Carlos Pombo and Rodrigo Taborda (2006), "**Performance and efficiency in Colombia's power distribution system: Effects of the 1994 reform**", Energy Economics, Vol. 28, No. 3, pp. 339-369.
- 4.4 Pekka J. Korhonen and Mikulas Luptacik (2004), "**Eco-efficiency analysis of power plants: An extension of data envelopment analysis**", European Journal of Operational Research, Vol. 154, No. 2 , pp 437-446.
- 4.5 Williams O. Olatubi and David E. Dismukes (2000), "**A data envelopment analysis of the levels and determinants of coal-fired electric power generation performance**", Utilities Policy , Vol.9 , No. 2 , pp. 47–59.
- 4.6 Soo-Uk Park and Jean-Baptiste Lesourd (2000), "**The efficiency of conventional fuel power plants in South Korea: A comparison of parametric and non-parametric approaches**", International Journal of Production Economics, Vol. 63, No. 1, pp. 59–67.
- 4.7 Antreas D. Athanassopoulos, Nikos Lambroukos and Lawrence Seiford (1999), "**Data envelopment scenario analysis for setting targets to electricity generating plants**", European Journal of Operational Research, Vol. 115, No. 3, pp. 413-428.
- 4.8 Anil Pahwa, Xiamoning Feng and David Lubkeman (2002), "**Performance Evaluation of Electric Distribution Utilities Based on Data Envelopment Analysis**", IEEE Transactions on Power Systems, Vol.17, No 3, pp. 400–405.

- 4.9 Tooraj Jamasb and Michael Pollitt (2002) ,"**International Utility Benchmarking & Regulation: An Application to European Electricity Distribution Companies**", DAE Working Paper,No0115, Department of Applied Economics, University of Cambridge.
- 4.10 Pekka Korhonen and Mikko Syrjanen (2002),"**Evaluation of Cost Efficiency in Finnish Electricity Distribution**», Research - ReportHelsinki School of Economics.
- 4.11 Christian von Hirschhausen and Andreas Kappeler (2005), "**Efficiency Analysis of German Electricity Distribution Utilities-Non Parametric and a Parametric Test**", German Institute for Economic Research, DIW Berlin.
- 4.12 Alexander Vaninsky (2006), "**Efficiency of electric power generation in the United States: Analysis and forecast based on data envelopment analysis**",Energy Economics, Vol. 28, No. 3, pp. 326-338.
- 4.13 Carlos Pestana Barros (2006),"**Efficiency analysis of hydroelectric generating plants: A case study for Portugal**",Energy Economics, In Press,Corrected Proof.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο :
ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΡΟΩΝ-ΕΚΡΟΩΝ
ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Προκειμένου να εφαρμοστεί η D.E.A. για την αποτίμηση της αποδοτικότητας των Λιγνιτικών Σταθμών απαιτείται να γίνει αυστηρός καθορισμός των δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν ως εισροές και εκροές στις αντίστοιχες υπολογιστικές εφαρμογές. Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται αναλυτικά τα δεδομένα αυτά

5.1 Λιγνιτικοί Σταθμοί Παραγωγής Διασυνδεδεμένου Δικτύου

5.1.1 Δεδομένα Εισροών

Ως δεδομένα εισροών λαμβάνονται στοιχεία που μας παρέχει η Διεύθυνση Θερμοηλεκτρικών της Δ.Ε.Η. για το έτος 2006 και τα οποία αναλυτικά είναι (Πίνακας 5.1):

1. **Η μέση καθαρή θερμογόνος ισχύς του καυσίμου (λιγνίτη)** που χρησιμοποιείται σε κάθε μονάδα εκφρασμένη σε KJ/Kg
2. **Η κατανάλωση θερμότητας** κάθε μονάδας, εκφρασμένη σε GJ, που φανερώνει την ποσότητα του καυσίμου που χρησιμοποιείται σε κάθε μονάδα,
3. **Η εγκατεστημένη ισχύς** κάθε μονάδας εκφρασμένη σε MW,
4. **Το έτος έναρξης λειτουργίας** κάθε μονάδας ώστε να ληφθούν υπόψη **τα χρόνια λειτουργίας** της κάθε μονάδας με έτος αναφοράς το 2006,
5. **Οι συνολικές ετήσιες ώρες λειτουργίας (h)** των μονάδων κάθε σταθμού.
6. **Η θερμική εφεδρεία (h)** που εκφράζει τις συνολικές ετήσιες ώρες κάθε μονάδας που βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής, δηλαδή είναι σε θέση να παράγει ηλεκτρική ενέργεια χωρίς όμως να λειτουργεί.
7. **Τα σταθερά έξοδα** κάθε μονάδας, εκφρασμένα σε €MW εγκατεστημένης ισχύος και τα οποία αναλύονται σε έξοδα μισθοδοσίας, εργολάβων και λοιπά έξοδα και
8. **Τα μεταβλητά έξοδα** κάθε μονάδας, εκφρασμένα σε €MWh παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και τα οποία αναλύονται σε έξοδα καυσίμων και έξοδα λειτουργίας και συντήρησης.

ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

ΜΟΝΑΔΕΣ	1.ΓΙΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	2.ΜΕΣΗ ΚΑΘΑΡΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΙΣΧΥΣ (Κ.Κ.Θ.)	3.ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (Κ.Δ.)	4.ΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (ΜΜ)	5.ΕΤΟΣ ΞΗΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	6.ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΘΥΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΑΘΜΟΥ (h)	7.ΘΡΑΜΜ ΓΦΓΑΡΓΙΑ (h)
1	ΑΙΤ. Γ47	3,070	3,770	3,077	9,007	3,077	3,770
2		3,070	3,770	3,077	9,007	3,077	3,770
3		3,070	3,770	3,077	9,007	3,077	3,770
4		3,070	3,770	3,077	9,007	3,077	3,770
5		3,070	3,770	3,077	9,007	3,077	3,770
ΣΥΝΟΛΟ		3,070	3,770	3,077	9,007	3,077	3,770
6	ΑΙΤ. Γ1Σ	3,070	3,770	3,077	9,007	3,077	3,770
7		3,070	3,770	3,077	9,007	3,077	3,770
ΣΥΝΟΛΟ		3,070	3,770	3,077	9,007	3,077	3,770
8	ΑΙΤ. Γ2	3,070	3,770	3,077	9,007	3,077	3,770
9	ΑΙΤ. Γ4Σ	3,070	3,770	3,077	9,007	3,077	3,770
10		3,070	3,770	3,077	9,007	3,077	3,770
11		3,070	3,770	3,077	9,007	3,077	3,770
12		3,070	3,770	3,077	9,007	3,077	3,770
ΣΥΝΟΛΟ		3,070	3,770	3,077	9,007	3,077	3,770
13	ΑΙΤ. Γ2	3,070	3,770	3,077	9,007	3,077	3,770
14		3,070	3,770	3,077	9,007	3,077	3,770
15		3,070	3,770	3,077	9,007	3,077	3,770
16		3,070	3,770	3,077	9,007	3,077	3,770
ΣΥΝΟΛΟ		3,070	3,770	3,077	9,007	3,077	3,770
17	ΑΙΤ. Γ2	3,070	3,770	3,077	9,007	3,077	3,770
18		3,070	3,770	3,077	9,007	3,077	3,770
19		3,070	3,770	3,077	9,007	3,077	3,770
ΣΥΝΟΛΟ		3,070	3,770	3,077	9,007	3,077	3,770
20	ΑΙΤ. Γ Β	3,070	3,770	3,077	9,007	3,077	3,770

ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

ΣΤΑΘΕΡΑ ΕΞΟΔΑ (€/MWh)				ΜΕΤΑΒΛΗΤΑ ΕΞΟΔΑ(€/MWh)		
8.ΣΥΝΟΛΙΚΑ	9.ΜΙΣΘΟΙ	10.ΕΡΓΟΛΑΒΟΙ	11.ΔΙΑΦΟΡΑ	12.ΣΥΝΟΛΙΚΑ	13.ΚΑΥΣΙΜΑ	14.ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000

Πίνακας 5.1 Δεδομένα Εισροών Λιγνιτικών Σταθμών

Σχολιασμός Δεδομένων Εισροών των Λιγνιτικών Μονάδων

- Με τον όρο "ΣΥΝΟΛΟ" εκφράζεται ο κάθε σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που απαρτίζεται από τις επιμέρους μονάδες. (Ο 1^{ος} Σταθμός αποτελείται από τις Μονάδες 1, 2, 3, 4 και 5, ο 2^{ος} Σταθμός αποτελείται από τις Μονάδες 6 και 7. κ.λ.π)
- Η αξιολόγηση της αποδοτικότητας θα γίνει σε επίπεδο μονάδων για την εξαγωγή πιο χρήσιμων και αξιόπιστων αποτελεσμάτων.
- Η κατανάλωση θερμότητας προκύπτει ως το γινόμενο της μέσης καθαρής θερμογόνου ισχύος του καυσίμου επί την ποσότητα του που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Η εγκατεστημένη ισχύς κάθε μονάδας ποικίλει μεταξύ 70 και 375 MW.
- Οι ώρες θερμής εφεδρείας που εμφανίζουν οι λιγνιτικές μονάδες είναι λίγες σε σχέση με άλλες μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (όπως φυσικού αερίου). Το γεγονός αυτό είναι δικαιολογημένο μιας και οι λιγνιτικές μονάδες καλύπτουν το φορτίο βάσης του συστήματος.
- Τα σταθερά έξοδα εξαρτώνται από το μέγεθος κάθε μονάδας και την παλαιότητά της. Τα μεγαλύτερα σταθερά έξοδα εμφανίζουν οι παλαιότερες μονάδες που οφείλονται σε έξοδα μισθοδοσίας και σε έξοδα υπέρ εργολάβων, προφανώς για την συντήρηση και τον εκσυγχρονισμό των μονάδων.
- Τα μεταβλητά έξοδα εξαρτώνται από την ποσότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κάθε μονάδας. Τα μεγαλύτερα μεταβλητά έξοδα εμφανίζουν οι μονάδες 17, 18 και 19 που οφείλονται σε έξοδα καυσίμου ίσως λόγω παλαιότητας της εγκατάστασης είτε γιατί τα καύσιμα μπορούν να χρησιμοποιούνται για κάποιες 'ειδικές' ανάγκες του συγκεκριμένου εργοστασίου.

5.1.2 Δεδομένα Εκροών

Ως δεδομένα εκροών λαμβάνονται στοιχεία που μας παρέχει η Διεύθυνση Θερμοηλεκτρικών της Δ.Ε.Η για το έτος 2006 και τα οποία αναλυτικά είναι (Πίνακας 5.2):

1. **Η συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας** κάθε μονάδας για το έτος 2006 εκφρασμένη σε MWh.

2. **Η μέση διαθεσιμότητα** κάθε μονάδας, σε ποσοστό επί τοις %, που εκφράζει το ποσοστό των ετήσιων ωρών (8.760 h) που η μονάδα έχει τη δυνατότητα να παράγει ηλεκτρική ενέργεια.
3. **Οι προγραμματισμένες διακοπές** λόγω εργασιών συντήρησης κάθε μονάδας,σε GWh,που εκφράζουν την ποσότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που θα παρήγαγε η μονάδα σε λειτουργία.
4. **Οι μη προγραμματισμένες διακοπές** λόγω βλαβών κάθε μονάδας, σε GWh,που εκφράζουν την ποσότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που θα παρήγαγε η μονάδα σε λειτουργία.
5. **Ο χρόνος υπολειτουργίας** κάθε μονάδας λόγω περιβαλλοντικών αιτιών (h)και
6. **Οι ετήσιες εκπομπές CO₂** κάθε μονάδας εκφράσμενες σε tn.
7. **Τέφρα (% κ.β.)** η περιεκτικότητα τέφρας του καυσίμου..

ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ							
ΜΟΝΑΔΕΣ	1.ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ (MWh/yr)	2.ΜΕΣΗ ΑΙΔΕΣΙΜΟΤΗΤΑ (%)	3.ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΕΣ ΔΙΑΚΟΠΕΣ (GWh)	4.ΜΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΕΣ ΔΙΑΚΟΠΕΣ (GWh)	5.ΧΡΟΝΟΣ ΥΠΟΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΛΟΓΩ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΑΙΤΙΩΝ (h/yr)	6.ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (t)	7.ΤΕΦΡΑ (%)
1,000	9,1,1	1,00	1,00	1,00	1,00	9,1,1	1,00
2,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5,000	9,1,1	1,00	1,00	1,00	1,00	9,1,1	1,00
ΣΥΝΟΛΟ	9,1,1	1,00	1,00	1,00	1,00	9,1,1	1,00
6,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ΣΥΝΟΛΟ	9,1,1	1,00	1,00	1,00	1,00	9,1,1	1,00
8,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10,000	9,1,1	1,00	1,00	1,00	1,00	9,1,1	1,00
11,000	9,1,1	1,00	1,00	1,00	1,00	9,1,1	1,00
12,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ΣΥΝΟΛΟ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13,000	9,1,1	1,00	1,00	1,00	1,00	9,1,1	1,00
14,000	9,1,1	1,00	1,00	1,00	1,00	9,1,1	1,00
15,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ΣΥΝΟΛΟ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17,000	9,1,1	1,00	1,00	1,00	1,00	9,1,1	1,00
18,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ΣΥΝΟΛΟ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20,000	9,1,1	1,00	1,00	1,00	1,00	9,1,1	1,00

Πίνακας 5.2 Δεδομένα Εκρών Λιγνιτικών Σταθμών

Σχολιασμός Δεδομένων Εκροών Λιγνιτικών Μονάδων

Όπως και στην περίπτωση των εισροών:

- Με τον όρο "ΣΥΝΟΛΟ" εκφράζεται ο κάθε σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που απαρτίζεται από τις επιμέρους μονάδες ενώ η αξιολόγηση της αποδοτικότητας θα γίνει σε επίπεδο μονάδων για την εξαγωγή πιο χρήσιμων και αξιόπιστων αποτελεσμάτων.
- Μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για το έτος 2006 εμφανίζει η μονάδα 5 μιας και πρόκειται για τη μονάδα με τη μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ. Για τον ίδιο ακριβώς λόγο η μονάδα 5 εκπέμπει τις μεγαλύτερες ποσότητες CO₂ για το ίδιο έτος αλλά και εμφανίζει τις μεγαλύτερες μη προγραμματισμένες διακοπές λόγω βλαβών.
- Παρατηρείται ότι οι χρόνοι υπολειψομίας λόγω περιβαλλοντικών αιτιών είναι ελάχιστες. Το γεγονός αυτό σε καμία περίπτωση δεν σημαίνει ότι η Ελλάδα ασκεί ορθή περιβαλλοντική πολιτική. Αντιθέτως υπάρχει μια ανοχή στη ρύπανση του περιβάλλοντος που προφανώς οφείλεται στην αδυναμία του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας να ανταποκριθεί στις ενεργειακές ανάγκες της χώρας μας.
- Από το ποσοστό περιεκτικότητας σε τέφρα του καυσίμου συμπεραίνουμε ότι κάθε περιοχή εξόρυξης λιγνίτη έχει διαφορετικό υπέδαφος, γεγονός που επηρεάζει τόσο της εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα όσο και της τέφρας. Ένας έμμεσος τρόπος επιβεβαίωσης αυτού του συμπεράσματος είναι η θερμογόνο δύναμη του καυσίμου των μονάδων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο :

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ Περιβαλλοντική Ανάλυση Δεδομένων.

Στο κεφάλαιο αυτό αρχικά γίνεται μια σύντομη περιγραφή του υπολογιστικού κώδικα που χρησιμοποιείται και στη συνέχεια πραγματοποιείται η αξιολόγηση των Θερμοηλεκτρικών Μονάδων Λιγνίτη.

6.1 Σύντομη περιγραφή του υπολογιστικού κώδικα

Η αξιολόγηση της αποδοτικότητας των Λιγνιτικών Μονάδων της Δ.Ε.Η. γίνεται με τη βοήθεια του υπολογιστικού κώδικα xIDEA 2.0 που έχει αναπτυχθεί από τον κ.Σπηλιόπουλο (ιδιωτική επικοινωνία) [6.1].Ο συγκεκριμένος κώδικας είναι ένα πρόγραμμα εφαρμογής της Π.Α.Δ. σε περιβάλλον Excel και προσφέρει τη δυνατότητα πολλαπλών επιλογών όσον αφορά την εφαρμογή του.Τα αποτελέσματα της υπολογιστικής μας ανάλυσης στηρίζονται στις παρακάτω επιλογές :

- Η ανάλυση είναι «ως προς τις εκροές» δηλαδή όταν διερευνάται η δυνατότητα αύξησης των εκροών με σταθερές εισροές.
- Όταν επιθυμούμε μείωση των εκροών τότε εισάγονται με την αντίστροφη μορφή τους.
- Με την ανάλυση «ως προς τις εισροές» τα αποτελέσματα είναι κάπως διαφορετικά,οι αποτελεσματικοί όμως γείτονες παραμένουν οι ίδιοι.
- Το βασικό κριτήριο για την επιλογή προσανατολισμού είναι το σε ποια μεγέθη (εισροές ή εκροές) έχουν μεγαλύτερο έλεγχο οι φορείς αποφάσεων για βελτιωτικές ενέργειες.
- Εφαρμόστηκε η παραδοχή ότι οι εκροές δεν αυξάνονται αναλογικά με τις εισροές.Το μοντέλο αυτό είναι τύπου μεταβλητής απόδοσης κλίμακας (Variable Returns to Scale-VRS) και είναι το ευρέως χρησιμοποιούμενο από τις αρχές της δεκαετίας του '90.
- Το εναλλακτικό αναλογικό μοντέλο σταθερής απόδοσης κλίμακας (Constant Returns to Scale-CRS) ενδείκνυται για μερικές βιομηχανικές εφαρμογές (όταν το παραγόμενο προϊόν είναι ανάλογο των διατιθέμενων πόρων) αλλά πάντως όχι στην περίπτωση μας.
- Υπάρχει η δυνατότητα επιλογής των μη ελεγχόμενων παραμέτρων, των παραμέτρων δηλαδή που δεν είναι δυνατή πρακτικά η μεταβολή τους.

- Κατά την εφαρμογή του προγράμματος όμως οι μη ελεγχόμενες παράμετροι εμφανίζουν υποθετικά ποσοστά μεταβολής αναγκαία για να καταστεί η μονάδα απόφασης αποτελεσματική.

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων μας γίνεται μέσω φύλλων εργασίας στο λειτουργικό περιβάλλον του Excel. Τα φύλλα εργασίας περιλαμβάνουν τους **δείκτες αποτελεσματικότητας (scores-scores chart)**, τη **συχνότητα εμφάνισης αυτών (frequencies-frequencies chart)**, τους **αποτελεσματικούς γείτονες (peers)**, τις **εικονικές εισροές και εκροές (virtual inputs/outputs)** και τα **περιθώρια εισροών και εκροών (input / output slacks)**. Ακολουθεί η λεπτομερής περιγραφή των φύλλων εργασίας :

Δείκτες Αποτελεσματικότητας

Στον πίνακα και το αντίστοιχο διάγραμμα δίνονται οι δείκτες αποτελεσματικότητας. Ως δείκτης αποτελεσματικότητας ορίζεται ο λόγος :

$$\text{σταθμισμένες εκροές} / \text{σταθμισμένες εισροές}$$

και είναι πάντοτε ένας αριθμός μεταξύ 0 και 1, με τις μεγαλύτερες τιμές να αντιστοιχούν σε καλύτερη απόδοση. Ο δείκτης αυτός περιγράφει συνεπώς την ικανότητα μιας μονάδας να αξιοποιεί τη δομή της, είτε μεγιστοποιώντας τις εκροές με σταθερές εισροές, είτε ελαχιστοποιώντας τις εισροές με σταθερές εκροές.

Η τιμή 1 αντιστοιχεί στις "αποτελεσματικές" μονάδες. Η στάθμιση εισροών και εκροών δεν είναι δεδομένη αλλά μέρος των μεταβλητών του προβλήματος και δεν έχει καμία σχέση με οικονομικά στοιχεία εκτίμησης κόστους εισροών / αξίας εκροών. Στην πραγματικότητα η στάθμιση αυτή είναι διαφορετική για κάθε μονάδα και υπολογίζεται έτσι ώστε ο παραγόμενος δείκτης αποτελεσματικότητας να είναι όσο το δυνατόν πιο "ευνοϊκός" γι' αυτήν.

Συχνότητα Εμφάνισης Δεικτών Αποτελεσματικότητας

Στον πίνακα αυτό δίνεται η συχνότητα εμφάνισης των δεικτών αποτελεσματικότητας για τις υπό αξιολόγηση μονάδες. Το πεδίο εμφάνισης των συχνοτήτων τους εμφανίζει βήμα 0,1 έχοντας ως αρχική τιμή το 0 και τελική τιμή το 1.

Πρότυπα-Αποτελεσματικοί Γείτονες

Στον πίνακα αυτό δίνονται για κάθε μη αποτελεσματική μονάδα οι αποτελεσματικοί της "γείτονες", με συντελεστές για τον καθένα. Κάθε αποτελεσματική μονάδα έχει τον εαυτό της σαν μοναδικό αποτελεσματικό γείτονα με συντελεστή 1. Η "σύνθετη" μονάδα που αντιστοιχεί σε κάθε μη αποτελεσματική μονάδα είναι ο ιδανικός εφικτός στόχος ή "πρότυπο".

Εικονικές Εισροές-Εκροές

Στον πίνακα αυτό δίνονται οι εικονικές εισροές και εκροές που αντιστοιχούν σε κάθε μονάδα. Οι τιμές αυτές είναι ίδιες με τις πραγματικές για τις αποτελεσματικές μονάδες, ενώ για τις μη αποτελεσματικές αντιστοιχούν στην προηγούμενη ιδεατή "σύνθετη" μονάδα-πρότυπο. Οι δείκτες εκφράζουν το μικρότερο περιθώριο αύξησης εκροών, με εισροές το πολύ ίσες με τις πραγματικές.

Περιθώρια Εισροών / Εκροών

Τα περιθώρια εισροών / εκροών στον αντίστοιχο πίνακα ενδιαφέρουν κυρίως ως προς τις αποτελεσματικές μονάδες. Αν για μία αποτελεσματική μονάδα είναι όλα 0 η αποτελεσματικότητα είναι κατά μία έννοια πιο "εγγυημένη". Αυτά τα αποτελέσματα ενδιαφέρουν κυρίως στην ανάλυση μικρών δειγμάτων.

Στο σημείο αυτό είναι αναγκαίο να υπενθυμιστεί ότι τηρείται ο περιορισμός στον αριθμό εισροών και εκροών που χρησιμοποιούνται κάθε φορά ώστε να διασφαλίζεται σε καλά επίπεδα η διαχωριστική ικανότητα της **Data Envelopment Analysis**, δηλαδή σύμφωνα με τη σχέση 3.1 :

$$n \geq \max \{m*s, 3(m+s)\}$$

όπου n : ο αριθμός των μονάδων,

m : ο αριθμός των εισροών,

και s : ο αριθμός των εκροών.

Προκειμένου να διατηρηθεί η ομαλή ροή του κειμένου τα εκτενή υπολογιστικά αποτελέσματα της εφαρμογής της Π.Α.Δ. έχουν συγκεντρωθεί στο **Παράρτημα** της παρούσας εργασίας.

6.2 Αξιολόγηση Λιγνιτικών Μονάδων

Η χώρα μας διαθέτει 7 Λιγνιτικούς Σταθμούς Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας-**Άγιος Δημήτριος,Πτολεμαίδα,Μελίτη,Καρδιά,Αμύνταιο,Μεγαλόπολη Α και Μεγαλόπολη Β**-οι οποίοι περιλαμβάνουν **20 συνολικά μονάδες**.Οι μονάδες αυτές αξιολογούνται μέσω της **Data Envelopment Analysis** κάνοντας χρήση πολλαπλών μεταβλητών εισόδων και εξόδων που είναι δυνατόν να εκφράζονται σε διαφορετικές μονάδες μέτρησης.

Λαμβάνοντας υπόψη τις μεταβλητές εισροών και εκροών που έχουν χρησιμοποιηθεί στη διεθνή βιβλιογραφία και των διαθέσιμων στοιχείων καταλήξαμε σε πιθανούς συνδυασμούς αυτών για την αξιολόγηση των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.



Α.Η.Σ. Πτολεμαίδας



Α.Η.Σ. Αμύνταιου



Α.Η.Σ. Μεγαλόπολης

Πρέπει να τονισθεί ότι σε όλες τις αξιολογήσεις ελήφθη μέριμνα ώστε να ικανοποιείται η σχέση (3.1) που

συσχετίζει τον αριθμό των εισροών και εκροών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε τα αποτελέσματα της ανάλυσης να είναι αξιόπιστα.

6.2.1 Σενάριο 1^ο : Αξιολόγηση των μονάδων με γνώμονα τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται στρατηγικές αξιολόγησης των μονάδων λαμβάνοντας υπόψη τα τεχνικά τους στοιχεία. Οι στρατηγικές αυτές περιλαμβάνουν 4 συνδυασμούς κατάλληλων μεταβλητών εισροών και εκροών για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας των μονάδων και τη βελτίωση της λειτουργίας τους όπου αυτή είναι εφικτή.

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 1

Στο συνδυασμό αυτό ως εισροές επιλέγονται τα χρόνια λειτουργίας της κάθε μονάδας (με έτος αναφοράς το 2006) και οι συνολικές ετήσιες ώρες λειτουργίας τους ενώ ως εκροές επιλέγονται η συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκφρασμένη σε MWh και η μέση διαθεσιμότητα κάθε σταθμού εκφρασμένη σε ποσοστό επί τοις %.

Διαγραμματικά οι εισροές και εκροές του Συνδυασμού 1 φαίνονται στον Πίνακα 6.1.

ΕΙΣΡΟΕΣ	ΕΚΡΟΕΣ
1.Έτος Έναρξης Λειτουργίας	1.Συνολική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας
2.Συνολικές Ώρες Λειτουργία	2.Μέση Διαθεσιμότητα

Πίνακας 6.1 Συνδυασμός 1 Τεχνικής Αξιολόγησης

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 2

Στο συνδυασμό αυτό ως εισροές επιλέγονται η εγκατεστημένη ισχύς εκφρασμένη σε MW και η κατανάλωση θερμότητας εκφρασμένη σε GJ ενώ ως εκροές επιλέγονται η συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκφρασμένη σε MWh και η μέση διαθεσιμότητα κάθε σταθμού εκφρασμένη σε ποσοστό επί τοις % .

Διαγραμματικά οι εισροές και εκροές του Συνδυασμού 2 φαίνονται στον Πίνακα 6.2.

ΕΙΣΡΟΕΣ	ΕΚΡΟΕΣ
1. Κατανάλωση Θερμότητας	1.Συνολική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας
2. Εγκατεστημένη Ισχύς	2.Μέση Διαθεσιμότητα

Πίνακας 6.2 Συνδυασμός 2 Τεχνικής Αξιολόγησης

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 3

Στο συνδυασμό αυτό ως εισροές επιλέγονται οι συνολικές ετήσιες ώρες λειτουργίας τους και η εγκατεστημένη ισχύς εκφρασμένη σε MW ενώ ως εκροές επιλέγονται η συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκφρασμένη σε MWh και η μέση διαθεσιμότητα κάθε σταθμού εκφρασμένη σε ποσοστό επί τοις % .

Διαγραμματικά οι εισροές και εκροές του Συνδυασμού 3 φαίνονται στον Πίνακα 6.3.

ΕΙΣΡΟΕΣ	ΕΚΡΟΕΣ
1. Συνολικές Ώρες Λειτουργία	1.Συνολική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας
2. Εγκατεστημένη Ισχύς	2.Μέση Διαθεσιμότητα

Πίνακας 6.3 Συνδυασμός 3 Τεχνικής Αξιολόγησης

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 4

Στο συνδυασμό αυτό ως εισροές επιλέγονται οι συνολικές ετήσιες ώρες λειτουργίας τους και η κατανάλωση θερμότητας εκφρασμένη σε GJ ενώ ως εκροές επιλέγονται η συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκφρασμένη σε MWh και η μέση διαθεσιμότητα κάθε σταθμού εκφρασμένη σε ποσοστό επί τοις % .

Διαγραμματικά οι εισροές και εκροές του Συνδυασμού 4 φαίνονται στον Πίνακα 6.4.

ΕΙΣΡΟΕΣ	ΕΚΡΟΕΣ
1. Συνολικές Ώρες Λειτουργία	1.Συνολική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας
2. Κατανάλωση Θερμότητας	2.Μέση Διαθεσιμότητα

Πίνακας 6.4 Συνδυασμός 4 Τεχνικής Αξιολόγησης

Οι συγκεκριμένες επιλογές των μεταβλητών εισροών και εκροών είναι τέτοιες που:

- με την εφαρμογή του 1^{ου} Συνδυασμού να διαπιστώσουμε :
 1. πως επηρεάζει η παλαιότητα των μονάδων την αποτελεσματικότητά τους,
 2. ποιες πολιτικές προτείνονται για τις καινούργιες σχετικά μονάδες και ποιες για τις παλαιότερες μονάδες για να καταστούν αποτελεσματικές σε σχέση με τις ώρες λειτουργίας τους.
- με την εφαρμογή του 2^{ου} Συνδυασμού να διαπιστώσουμε :
 1. πως επηρεάζει η εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων την αποτελεσματικότητά τους,
 2. ποιες πολιτικές προτείνονται για τις μονάδες με μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ και ποιες για τις μονάδες με μικρότερη εγκατεστημένη ισχύ για να καταστούν αποτελεσματικές σε σχέση με την κατανάλωση θερμότητας.
- με την εφαρμογή του 3^{ου} Συνδυασμού να διαπιστώσουμε :
 1. πως επηρεάζει η εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων την αποτελεσματικότητά τους,
 2. ποιες πολιτικές προτείνονται για τις ώρες λειτουργίας τους σε σχέση με την εγκατεστημένη ισχύ των μονάδων.
- με την εφαρμογή του 4^{ου} Συνδυασμού να διαπιστώσουμε :
 1. πως επηρεάζει η κατανάλωση θερμότητας των μονάδων την αποτελεσματικότητά τους,
 2. αν υπάρχει συσχετισμός των συνολικών ωρών λειτουργίας των μονάδων με την

κατανάλωση θερμότητας

Συμπεράσματα-Προτάσεις

Με βάση τα υπολογιστικά αποτελέσματα για τους Συνδυασμούς 1, 2, 3 και 4 προκύπτουν τα παρακάτω :

1. Η αποτελεσματικότητα των μονάδων δεν εξαρτάται ούτε από τα χρόνια λειτουργίας τους ούτε από την εγκατεστημένη ισχύ τους μιας και εμφανίζονται ως αποτελεσματικές μονάδες με αποκλίσεις και στην παλαιότητα τους αλλά και στο μέγεθός τους.
2. Για τις καινούργιες αλλά και τις σχετικά παλαιότερες μονάδες προτείνεται αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για να καταστούν αποτελεσματικές.
3. Για τις μη αποτελεσματικές μονάδες προτείνεται αύξηση της κατανάλωσης θερμότητας, που μεταφράζεται είτε στη χρήση μεγαλύτερης ποσότητας καυσίμου είτε στη χρήση καυσίμου με μεγαλύτερη θερμογόνο δύναμη, για να καταστούν αποτελεσματικές.
4. Παρά το γεγονός ότι η αποτελεσματικότητα των μονάδων είναι ανεξάρτητη από την παλαιότητα τους, παρατηρείται ότι οι μονάδες εικοσαετούς λειτουργίας έχουν καλύτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά και εμφανίζονται με μεγαλύτερη συχνότητα στις θέσεις των αποτελεσματικών. Βέβαια υπάρχει και μια μονάδα που είναι αποτελεσματική αλλά είναι 33 έτη σε λειτουργία. Σε αυτό το σημείο καθοριστικό ρόλο έχει το γεγονός ότι οι ώρες λειτουργίας αυτής της μονάδας είναι ελάχιστες σε σύγκριση με τις υπόλοιπες.
5. Μεταξύ της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και της διαθεσιμότητας το ειδικό βάρος της πρώτης είναι πολύ πιο σημαντικό από της δεύτερης. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να δοθεί προτεραιότητα στην εύρεση λύσης για αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να βελτιωθούν οι μη αποτελεσματικές μονάδες.
6. Υπάρχει ένα πεδίο τιμών της ετήσιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και διαθεσιμότητας των μονάδων όπου καθιστά ως επί το πλείστον τις μονάδες αποτελεσματικές. Για την ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι μεταξύ 1.900.000 – 2.500.000 MWh και για την διαθεσιμότητα 88 – 90 %.

6.2.2 Σενάριο 2^ο : Αξιολόγηση των μονάδων με γνώμονα τα περιβαλλοντικά τους χαρακτηριστικά

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται στρατηγικές αξιολόγησης των μονάδων λαμβάνοντας υπόψη τα περιβαλλοντικά τους στοιχεία. Οι στρατηγικές αυτές περιλαμβάνουν 4 συνδυασμούς κατάλληλων μεταβλητών εισροών και εκροών για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας των μονάδων και τη βελτίωση της λειτουργίας τους όπου αυτή είναι εφικτή.

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 1

Στο συνδυασμό αυτό ως εισροές επιλέγονται τα χρόνια λειτουργίας και οι συνολικές ώρες λειτουργίας της κάθε μονάδας (με έτος αναφοράς το 2006) ενώ ως εκροές επιλέγονται η συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκφρασμένη σε MWh και το αντίστροφο των εκπομπών CO₂ εκφρασμένο σε 1/tn.

Διαγραμματικά οι εισροές και εκροές του Συνδυασμού 1 φαίνονται στον Πίνακα 6.5.

ΕΙΣΡΟΕΣ	ΕΚΡΟΕΣ
1. Έτος Έναρξης Λειτουργίας	1. Συνολική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας
2. Συνολικές Ώρες Λειτουργία	2. Εκπομπές CO ₂

Πίνακας 6.5 Συνδυασμός 1 Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 2

Στο συνδυασμό αυτό ως εισροές επιλέγονται η οι ώρες λειτουργίας της κάθε μονάδας και η θερμογόνος δύναμη του καυσίμου σε KJ/Kg ενώ ως εκροές επιλέγονται η συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκφρασμένη σε MWh και το αντίστροφο των εκπομπών CO₂ εκφρασμένο σε 1/tn. Να σημειωθεί ότι επιλέγεται το αντίστροφο των εκπομπών CO₂ και Τέφρας ως εκροή μιας και επιθυμούμε μείωση των εκπομπών CO₂ και Τέφρας.

Διαγραμματικά οι εισροές και εκροές του Συνδυασμού 2 φαίνονται στον Πίνακα 6.6.

ΕΙΣΡΟΕΣ	ΕΚΡΟΕΣ
1. Συνολικές Ώρες Λειτουργία	1. Συνολική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας
2. Θερμογόνος Δύναμη	2. Εκπομπές CO ₂

Πίνακας 6.6 Συνδυασμός 2 Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 3

Στο συνδυασμό αυτό ως εισροές επιλέγονται η εγκατεστημένη ισχύς σε MW και οι ώρες λειτουργίας της κάθε μονάδας ενώ ως εκροές επιλέγονται η συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκφρασμένη σε MWh και το αντίστροφο των εκπομπών CO₂ εκφρασμένο σε 1/tn.

Διαγραμματικά οι εισροές και εκροές του Συνδυασμού 2 φαίνονται στον Πίνακα 6.7.

ΕΙΣΡΟΕΣ	ΕΚΡΟΕΣ
1. Εγκατεστημένη Ισχύς	1. Συνολική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας
2. Συνολικές Ώρες Λειτουργία	2. Εκπομπές CO ₂

Πίνακας 6.7 Συνδυασμός 3 Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 4

Στο συνδυασμό αυτό ως εισροές επιλέγονται η εγκατεστημένη ισχύς σε MW και οι ώρες λειτουργίας της κάθε μονάδας ενώ ως εκροές επιλέγονται η συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκφρασμένη σε MWh και το αντίστροφο του ποσοστού Τέφρας (*) εκφρασμένο σε 1/tn %.

Διαγραμματικά οι εισροές και εκροές του Συνδυασμού 4 φαίνονται στον Πίνακα 6.8.

ΕΙΣΡΟΕΣ	ΕΚΡΟΕΣ
1. Εγκατεστημένη Ισχύς	1. Συνολική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας
2. Συνολικές Ώρες Λειτουργία	2. Τέφρα %

Πίνακας 6.8 Συνδυασμός 4 Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης

Οι συγκεκριμένες επιλογές των μεταβλητών εισροών και εκροών είναι τέτοιες που:

- με την εφαρμογή του 1^{ου} Συνδυασμού να διαπιστώσουμε :
 1. πως επηρεάζουν οι εκπομπές CO₂ σε συνάρτηση με την παλαιότητα των μονάδων την αποτελεσματικότητά τους,
 2. που δίνεται προτεραιότητα-στη μείωση των ωρών λειτουργίας μιας μονάδας ή στη μείωση των εκπομπών CO₂ - για να καταστούν οι μη αποτελεσματικές μονάδες πιο αποδοτικές.
- με την εφαρμογή του 2^{ου} Συνδυασμού να διαπιστώσουμε :
 1. πως επηρεάζουν οι εκπομπές CO₂ σε συνάρτηση με την θερμογόνο δύναμη του καυσίμου της κάθε μονάδας,
 2. που δίνεται προτεραιότητα – στη μείωση της ποσότητας του χρησιμοποιούμενου καυσίμου ή στη μείωση των εκπομπών CO₂ - για να καταστούν οι μη αποτελεσματικές μονάδες πιο αποδοτικές.
- με την εφαρμογή του 3^{ου} Συνδυασμού να διαπιστώσουμε :
 1. πως επηρεάζουν οι εκπομπές CO₂ σε συνάρτηση με την εγκατεστημένη ισχύ των μονάδων τους,
 2. αν και ποιες μονάδες είναι προτιμότερο να λειτουργούν περισσότερες ώρες οι μικρές ή οι μεγάλες;

- με την εφαρμογή του 4^{ου} Συνδυασμού να διαπιστώσουμε :
 1. πως επηρεάζει η τέφρα σε συνάρτηση με την εγκατεστημένη ισχύ των μονάδων τους,
 2. αν και ποιες μονάδες είναι προτιμότερο να λειτουργούν περισσότερες ώρες οι μικρές ή οι μεγάλες;

Συμπεράσματα-Προτάσεις

Με βάση τα υπολογιστικά αποτελέσματα για τους Συνδυασμούς 1, 2, 3, και 4 προκύπτουν τα παρακάτω :

1. Ανεξαρτήτως των ετών λειτουργίας μιας μονάδας αλλά και της εγκατεστημένης τους ισχύος επιτακτική θεωρείται η ανάγκη μείωσης των εκπομπών CO₂ για να καταστούν οι μη αποτελεσματικές μονάδες πιο αποδοτικές.
2. Πιο αναλυτικά μπορούμε να αναφέρουμε ότι η μείωση των εκπομπών πρέπει να συνοδεύεται με ταυτόχρονη αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Κάτι τέτοιο μοιάζει πρακτικά ανέφικτο μιας και η αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνοδεύεται πάντα με αύξηση των εκπομπών.
3. Επειδή λοιπόν μια τέτοια πολιτική εμφανίζει ιδιαίτερες δυσκολίες για την εφαρμογή της εναλλακτικά για τις μη αποτελεσματικές μονάδες προτείνεται καλύτερη ποιότητα καυσίμου καύσης και πιθανώς τοποθέτηση ηλεκτροστατικών φίλτρων στις μονάδες.
4. Επίσης δεν προτείνεται η μείωση των ωρών λειτουργίας διότι από τη μια θα υπάρχει περιορισμός στις εκπομπές αλλά στον αντίποδα θα δημιουργηθεί έλλειμμα στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

6.2.3 Σενάριο 3^ο : Αξιολόγηση των μονάδων με γνώμονα τα οικονομικά τους στοιχεία

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται στρατηγικές αξιολόγησης των μονάδων λαμβάνοντας υπόψη τα οικονομικά τους στοιχεία. Οι στρατηγικές αυτές περιλαμβάνουν 3 συνδυασμούς κατάλληλων μεταβλητών εισροών και εκροών για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας των μονάδων και τη βελτίωση της λειτουργίας τους όπου αυτή είναι εφικτή.

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 1

Στο συνδυασμό αυτό ως εισροές επιλέγονται τα σταθερά έξοδα κάθε μονάδας εκφρασμένα σε €/MW και τα μεταβλητά έξοδα εκφρασμένα σε €/MWh ενώ ως εκροές επιλέγονται η συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκφρασμένη σε MWh και η μέση διαθεσιμότητα.

Διαγραμματικά οι εισροές και εκροές του Συνδυασμού 1 φαίνονται στον Πίνακα 6.9.

ΕΙΣΡΟΕΣ	ΕΚΡΟΕΣ
1.Σταθερά Έξοδα	1.Συνολική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας
2.Μεταβλητά Έξοδα	2.Μέση Διαθεσιμότητα

Πίνακας 6.9 Συνδυασμός 1 Οικονομικής Αξιολόγησης

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 2

Στο συνδυασμό αυτό ως εισροές επιλέγονται η Εγκατεστημένη Ισχύς της κάθε μονάδας σε Mwh και τα σταθερά έξοδα κάθε μονάδας εκφρασμένα σε €/MW ενώ ως εκροές επιλέγονται η συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκφρασμένη σε MWh και η Μέση Διαθεσιμότητα.

Διαγραμματικά οι εισροές και εκροές του Συνδυασμού 1 φαίνονται στον Πίνακα 6.10.

ΕΙΣΡΟΕΣ	ΕΚΡΟΕΣ
1.Εγκατεστημένη Ισχύς	1.Συνολική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας
2. Σταθερά Έξοδα	2.Μέση Διαθεσιμότητα

Πίνακας 6.10 Συνδυασμός 2 Οικονομικής Αξιολόγησης

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 3

Στο συνδυασμό αυτό ως εισροές επιλέγονται τα χρόνια λειτουργίας και τα μεταβλητά έξοδα κάθε μονάδας εκφρασμένα σε €/MWh ενώ ως εκροές επιλέγονται η συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκφρασμένη σε MWh και το αντίστροφο των εκπομπών CO₂ εκφρασμένη σε 1/tn.

Διαγραμματικά οι εισροές και εκροές του Συνδυασμού 3 φαίνονται στον Πίνακα 6.11.

ΕΙΣΡΟΕΣ	ΕΚΡΟΕΣ
1. Έτος Έναρξης Λειτουργίας	1. Συνολική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας
2. Μεταβλητά Έξοδα	2. Εκπομπές CO ₂

Πίνακας 6.11 Συνδυασμός 3 Οικονομικής Αξιολόγησης

Οι συγκεκριμένες επιλογές των μεταβλητών εισροών και εκροών είναι τέτοιες που:

- με την εφαρμογή του 1^{ου} Συνδυασμού να διαπιστώσουμε :
 1. πως επηρεάζουν τα σταθερά και πως τα μεταβλητά έξοδα μιας μονάδας την αποτελεσματικότητα της,
 2. που δίνεται προτεραιότητα – στη μείωση των σταθερών ή των μεταβλητών εξόδων-για να καταστούν οι μη αποτελεσματικές μονάδες πιο αποδοτικές.
- με την εφαρμογή του 2^{ου} Συνδυασμού να διαπιστώσουμε :
 1. αν στις μονάδες μικρής ή μεγάλης εγκατεστημένης ισχύος είναι πιο εφικτή η μείωση των σταθερών εξόδων ώστε να βελτιώσουν αυτές την αποδοτικότητα τους,
 2. ποιες εναλλακτικές πολιτικές μπορούν να εφαρμοστούν για να καταστούν οι μη αποτελεσματικές μονάδες πιο αποδοτικές.

- με την εφαρμογή του 3^{ου} Συνδυασμού να διαπιστώσουμε :
 1. αν στις παλαιότερες ή στις νέες μονάδες είναι πιο εφικτή η μείωση των μεταβλητών εξόδων ώστε να βελτιώσουν αυτές την αποδοτικότητα τους,
 2. ποιες εναλλακτικές πολιτικές μπορούν να εφαρμοστούν για να καταστούν οι μη αποτελεσματικές μονάδες πιο αποδοτικές.

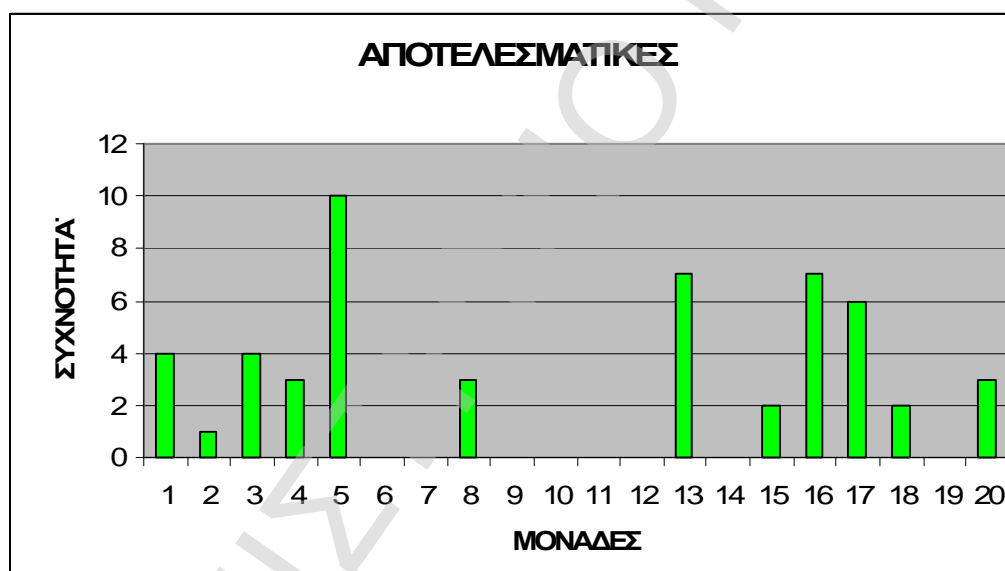
Συμπεράσματα-Προτάσεις

Με βάση τα υπολογιστικά αποτελέσματα για τους Συνδυασμούς 1,2 και 3 προκύπτουν τα παρακάτω :

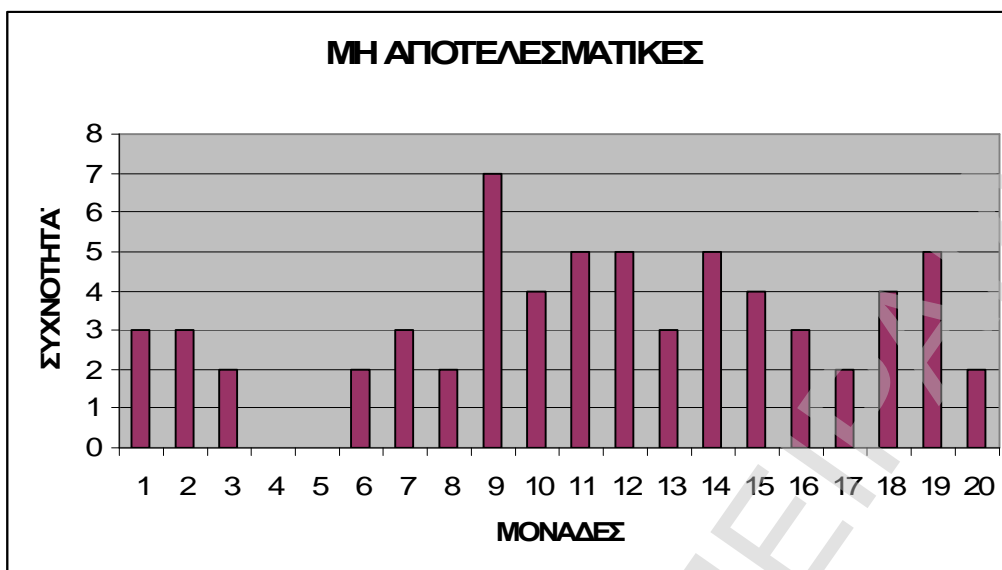
1. Η αποτελεσματικότητα των μονάδων δεν εξαρτάται από τα σταθερά έξοδα μιας και εμφανίζονται ακόμα και μονάδες με υψηλά σταθερά έξοδα αλλά με παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αντίστοιχη.
2. Αντίθετα η αποτελεσματικότητα των μεγάλων μονάδων εξαρτάται από τα μεταβλητά έξοδα της μονάδας μιας και έχουν περιθώρια βελτίωσής της με την μείωση αυτών.
3. Κρίνεται αναγκαία η μείωση των σταθερών εξόδων-έξοδα μισθοδοσίας και εργολάβων- ώστε να καταστούν οι μη αποτελεσματικές μονάδες πιο αποδοτικές.
4. Στις μονάδες τόσο μικρής όσο και μεγάλης εγκατεστημένης ισχύος προτείνεται αύξηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και ταυτόχρονη μείωση των εκπομπών CO₂ ώστε να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητά τους.
5. Για τις μονάδες με περισσότερα έτη λειτουργίας είναι αναγκαία αλλά και εφικτή η μείωση των μεταβλητών εξόδων λειτουργίας τους (έξοδα λειτουργίας, συντήρησης και καυσίμων) ώστε να βελτιώσουν την αποδοτικότητά τους.
6. Αντίθετα για τις μονάδες με λίγα έτη λειτουργίας δεν υπάρχουν περιθώρια μείωσης των μεταβλητών εξόδων τους οπότε εναλλακτικά προτείνεται η αύξηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και ταυτόχρονα η μείωση των εκπομπών CO₂ .
7. Για όλες τις μονάδες τα σταθερά έξοδα ως επί το πλείστον προέρχονται από την μισθοδοσία. Η ερμηνεία αυτής της παρατήρησης είναι ότι είτε υπάρχει πλεόνασμα προσωπικού είτε υψηλή μισθοδοσία.

6.3 Συχνότητα εμφάνισης αποτελεσματικών και μη αποτελεσματικών λιγνιτικών μονάδων

Μετά την εφαρμογή αυτών των 3 συνδυασμών για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας των Λιγνιτικών Μονάδων είμαστε σε θέση να προσδιορίσουμε τη συχνότητα εμφάνισης εκείνων των σταθμών που εμφανίζονται ως αποτελεσματικοί και μη (Διάγραμμα 6.2 και 6.3). Να σημειωθεί ότι για την αντικειμενικότερη κρίση των μονάδων ως μη αποτελεσματικές χαρακτηρίστηκαν οι μονάδες που η αποτελεσματικότητά τους κυμαίνεται χαμηλότερα από την τιμή 0,85. Η τιμή αυτή λήφθηκε μεν "αυθαίρετα" αποτελεί όμως σημείο καμπής της αποτελεσματικότητας για το πλήθος των 20 μονάδων που εξετάζουμε.

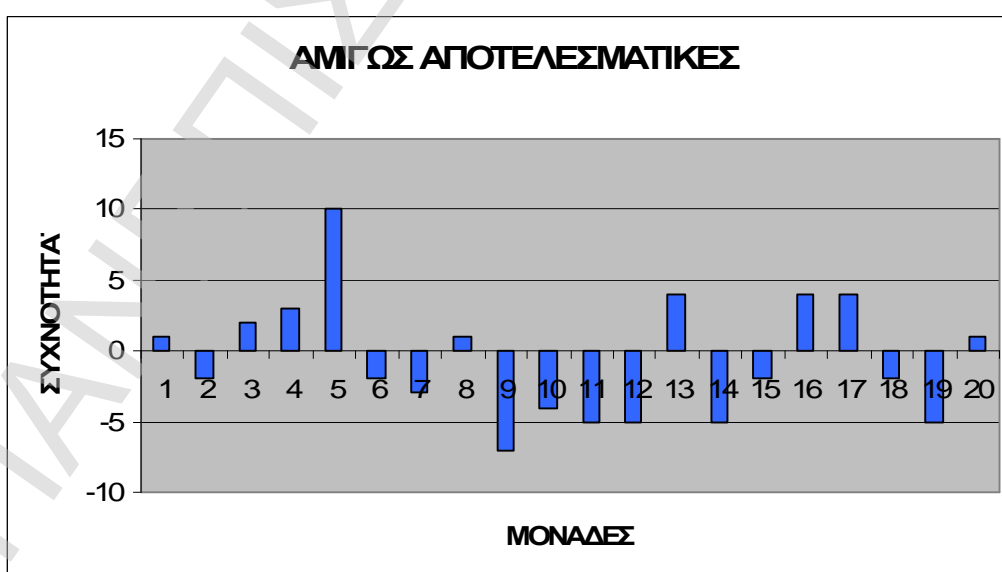


Διάγραμμα 6.2



Διάγραμμα 6.3

Με σκοπό να χαρακτηριστούν οι σταθμοί αμιγώς αποτελεσματικοί ακολουθεί το διάγραμμα 6.4 όπου εμφανίζεται η συχνότητα αποτελεσματικότητας των σταθμών αν αφαιρεθεί η συχνότητα της μη αποτελεσματικότητάς τους. Στην πραγματικότητα πρόκειται για την συγχώνευση των δύο παραπάνω διαγραμμάτων. Όπου εμφανίζονται αρνητικά πρόσημα σημαίνει ότι ή ότι ο σταθμός έχει μόνο αρνητική συμπεριφορά ή ότι οι αρνητικές συμπεριφορές των μονάδων του μοντέλου που εξετάζουμε υπερéχουν κατά την απόλυτη τιμή του αριθμού που εμφανίζουν αποτελεσματική συμπεριφορά. Αντίστοιχη είναι και η εξήγηση για το θετικό πρόσημο.



Διάγραμμα 6.4

Η πιο αποτελεσματική μονάδα του μοντέλου που εξετάσαμε είναι η Μονάδα 5 όπως φαίνεται από τα παραπάνω διαγράμματα. Εξετάζοντας τα επιμέρους στοιχεία όλων των συνδυασμών αξιολόγησης βγαίνει το συμπέρασμα ότι δεν υπάρχει κάποιο πρότυπο χαρακτηριστικών μιας συγκεκριμένης μονάδας. Τα παραπάνω συμπέρασμα προκύπτει από το γεγονός ότι σε επιμέρους τομείς που εξετάστηκαν (τεχνικά χαρακτηριστικά, περιβαλλοντικά και οικονομικά), προέκυψαν αποτελεσματικές μονάδες με εντελώς διαφορετικά στοιχεία χαρακτηριστικών(εγκατεστημένη ισχύς, χρόνια λειτουργίας κτλ). Αυτό που μας επιτρέπει το μοντέλο είναι να εντοπίζουμε σε ποιόν τομέα πάσχουν οι μονάδες και επεμβαίνουμε ώστε να βελτιώσουμε την απόδοσή τους αν αυτό είναι εφικτό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο :

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στο κεφάλαιο δίνονται συγκεντρωτικά τα συμπεράσματα που απορρέουν συνολικά από όλες τις δοκιμές του μοντέλου ως προς την τεχνική περιβαλλοντική και οικονομική διάσταση της λειτουργίας των λιγνιτικών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Αυτό που προκαλεί μεγάλη εντύπωση είναι ότι η λιγνιτική μονάδα 5 εμφανίζεται αποτελεσματική στις 10 από τις 11 δοκιμές του μοντέλου μας και σε συμπλήρωμα τις καλής της επίδοσης είναι ότι όχι μόνο δεν εμφανίζεται στη μια περίπτωση αρνητική, αλλά ότι έχει και στην περίπτωση αυτή υψηλό δείκτη αποτελεσματικότητας.

Πρόκειται για μια μονάδα εγκατεστημένης ισχύος 375MW με έτος έναρξης λειτουργίας το 1997. Παρατηρείται ότι η συγκεκριμένη μονάδα έχει αρκετές ώρες λειτουργίας αλλά και την υψηλότερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με τις υπόλοιπες μονάδες. Βέβαια έχει και υψηλές εκπομπές CO₂ αλλά συσχετιζόμενες με την αποτελεσματικότητά της με τις υπόλοιπες μονάδες είναι πιο φιλική προς το περιβάλλον.

Αναλύοντας κάποιος τα αποτελέσματα των δοκιμών του μοντέλου θα μπορούσε να προτείνει να παράγουμε την ηλεκτρική μας ενέργεια από μονάδες όπως η Μονάδα 5. Αυτός είναι και ο στόχος μας αλλά στην πραγματικότητα είναι ανέφικτο, κατά την προσωπική μου άποψη.

Είναι ανέφικτο διότι το κόστος της μετατροπής και εκσυγχρονισμού των λιγνιτικών μονάδων είναι υπέρογκο. Τα αποθέματα λιγνίτη στη χώρα μας δεν μας επιτρέπουν να κάνουμε μια τόσο μεγάλη επένδυση διότι δεν είμαστε σε θέση να διασφαλίσουμε το αν θα γίνει απόσβεση. Επίσης όταν όλοι στρέφονται στις εναλλακτικές μορφές παραγωγή ηλεκτρική ενέργειας όπως αιολική και ηλιακή όπου με την ανάπτυξη της τεχνολογίας γίνονται οικονομικά πιο προσιτές, θα ήταν λάθος μας να επενδύσουμε σε μια παλαιού τύπου τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Άρα λοιπόν είναι θεμιτό να γίνουν κάποιες βελτιώσεις στις υπάρχουσες μονάδες στον βαθμό που επιτρέπεται διότι υπάρχουν αρκετές παράμετροι που είναι αποτρεπτικοί. Για παράδειγμα μία τέτοια παράμετρος είναι η χαμηλή θερμογόνος δύναμη του λιγνίτη στην περιοχή της Μεγαλόπολης.

Οι προτεινόμενες λύσεις είναι:

1. Τοποθέτηση ηλεκτροστατικών φίλτρων σε όλες τις μονάδες. Είναι λύση με πάρα πολλά πλεονεκτήματα αφού μειώνει τις εκπομπές και έτσι τις καθιστά πιο αποτελεσματικές με βάση

τα περιβαλλοντικά κριτήρια. Επίσης μειώνοντας τις εκπομπές κάθε μονάδα θα μπορεί να αυξήσει τις ώρες λειτουργίας τις άρα και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

2. Αντικατάσταση ζημιογόνων τμημάτων των μονάδων όπου θα μειώσει τα έξοδά τους σε εργολάβους για την συντήρησή τους.
3. Χρησιμοποίηση των πιο αποτελεσματικών μονάδων ως βάση του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θέση σε θερμή εφεδρεία των μη αποτελεσματικών μονάδων για την κάλυψη αναγκών σε περιόδους αιχμής ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας.
4. Αύξηση των ωρών λειτουργίας μονάδων μικρής εγκατεστημένης ισχύος με σκοπό την αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
5. Αγορά μηχανημάτων που θα κάνουν πιο αποτελεσματικό διαχωρισμό στην εξόρυξη του λιγνίτη. Το μέτρο αυτό θα βοηθήσει ώστε να γίνεται καλύτερη καύση στις μονάδες και έτσι μπορούν να μειωθούν οι ώρες λειτουργίας ή με τις ίδιες ώρες λειτουργίας να έχουν μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.